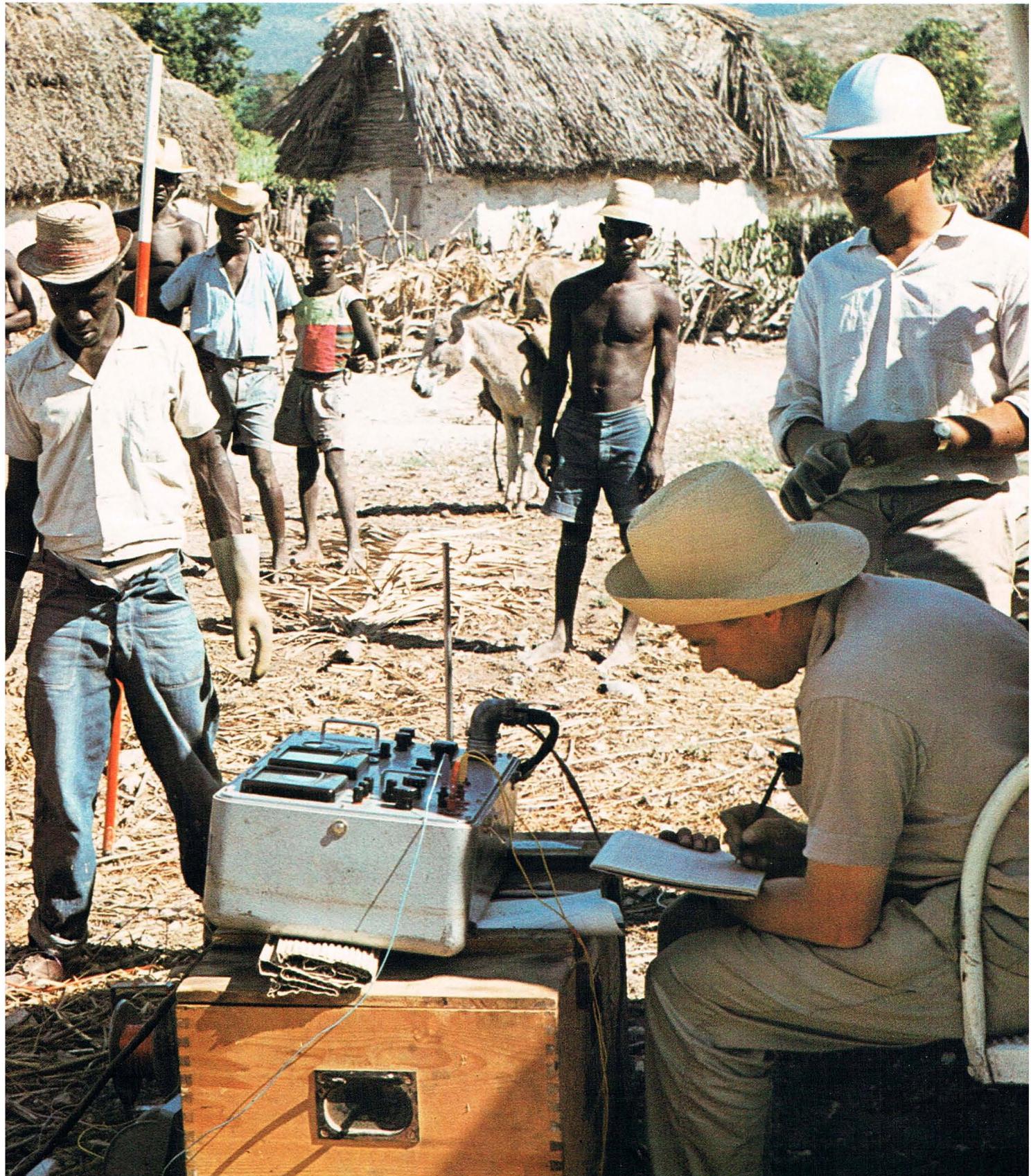


# PRAKLA-SEISMOS GMBH

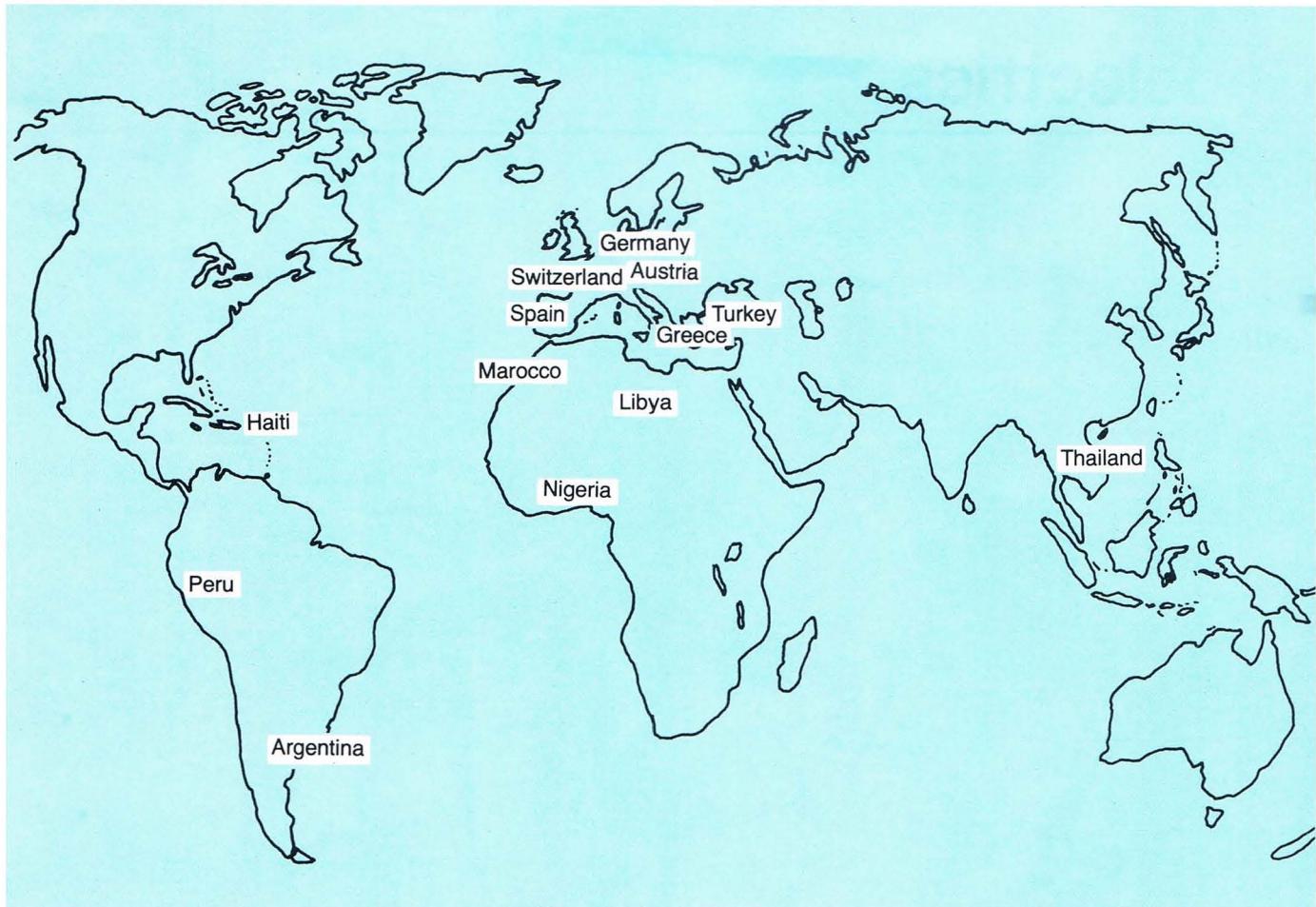


## Geoelectrics

---



# PRAKLA-SEISMOS' Geoelectrics during the last 15 years



Title page: Geoelectric surveys in Haiti

Titelbild: Geoelektrische Messungen in Haiti

## Contents

Introduction	3
Application and Survey Methods	4
Resistivity Surveys	6
Induced Polarization Surveys (IP)	10
Self-potential Surveys (SP)	12
Electromagnetic Surveys	13

## Inhalt

Einführung	
Anwendungsmöglichkeiten und Meßverfahren	
Widerstandsmessungen	
Messungen der induzierten Polarisation	
Eigenpotentialmessungen	
Elektromagnetische Messungen	

Geoelectrics is one of the oldest methods of applied geophysics. It has been used successfully by PRAKLA-SEISMOS GMBH for several decades for the investigation of near-surface problems to depths of approximately 1000 m.

PRAKLA-SEISMOS GMBH has adapted to the turbulent developments in the fields of surveying and data processing in the last years with its increased number of geoelectrical methods through further development and/or the purchase of the most modern equipment.

#### Resistivity measurements

- profiling, depth sounding
- Wenner and Schlumberger configuration
- Dipole methods

#### Induced-Polarisation measurements

- Measurements in time and frequency domain

#### Electromagnetic measurements

- Turam method
- Slingram method
- VLF method

#### Widerstandsmessungen

- Kartieren, Sondieren
- Wenner- und Schlumberger-Verfahren
- Dipol-Methoden

#### Messungen der Induzierten Polarisation

- Messungen im Zeit- und Frequenzbereich

#### Elektromagnetische Messungen

- Turam Verfahren
- Slingram Verfahren
- VLF Verfahren

#### Resistivity measurements

- profiling, depth sounding
- Wenner and Schlumberger configuration

#### Widerstandsmessungen

- Kartieren, Sondieren
- Wenner- und Schlumberger-Verfahren

The **electrical methods** are based upon the measurement of various electrical properties of the geological layers, existing in the underground. The geoelectrical information received at the earth's surface is dependent upon several factors.

- Geological structure (thickness and extent of layers, veins and faultsystems...)
- Ionic conductivity (influenced by physical and chemical parameters – such as porosity, formation fluid, grain size, polarization effects, over-voltage, oxidation, reduction, salinity, temperature, hydrostatic pore pressure...)
- Metallic conductivity (content of metallic conductive materials, their distribution, mineralization...)

Die Geoelektrik gehört zu den ältesten Verfahren der Geophysik. Sie wird von der PRAKLA-SEISMOS GMBH seit Jahrzehnten erfolgreich für die Bewältigung oberflächennaher Probleme bis zu einer Tiefe von ca. 1000 m durchgeführt.

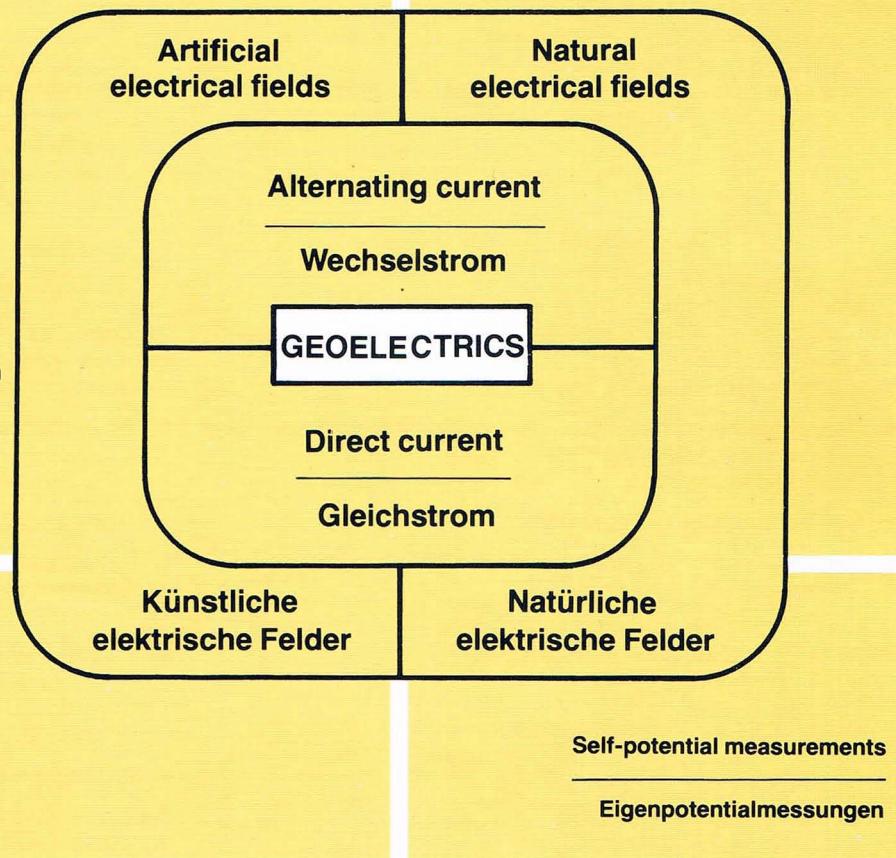
An die stürmische Entwicklung der letzten Jahre auf den Gebieten der Meßtechnik und der Datenverarbeitung, die das Angebot an geoelektrischen Verfahren vervielfachte, hat sich die PRAKLA-SEISMOS GMBH durch die Weiterentwicklung und/oder den Ankauf modernster Geräte angepaßt.

#### Magneto-telluric measurements

- Measurements of telluric currents
- Magneto-telluric resistivity measurements
- AFMAG measurements

#### Magnetotellurische Messungen

- Messungen tellurischer Ströme
- Magnetotellurische Widerstandsmessungen
- AFMAG-Messungen



Die **elektrischen Verfahren** basieren auf der Messung der unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften der verschiedenen im Untergrund vorhandenen geologischen Schichten. Die durch sie an der Erdoberfläche erhaltene geoelektrische Meßinformation hängt von vielen Parametern ab:

- Geologischer Aufbau (Mächtigkeit und Ausdehnung von Schichten, Gängen und Störungssystemen...)
- Ionische Leitfähigkeit (beeinflußt durch physikalische und chemische Parameter wie Porosität, Porenfüllung, Korngröße, Polarisationseffekte, Überspannung, Oxydation, Reduktion, Salzgehalt, Temperatur, hydrostatischer Porendruck...)
- Elektronische Leitfähigkeit (Gehalt an elektronisch leitenden Stoffen, ihre Verteilung, Mineralisation...)

A wide **spectrum of application** of electrical methods is the result of the many factors mentioned above.

- Investigation of geological layers for water exploration
  - Mapping of aquifers
  - Exploration for mineral and thermal waters
  - Investigation of fresh water/salt water contacts
- Prospection of sand and gravel deposits
  - Determination of their extent and thickness
  - Estimation of the material quality
- Investigation of clay deposits
- Exploration and mapping of ore deposits (domes and veins)
- Prospection of concentrations of conductive ore minerals especially of massive and disseminated sulphide ores
- Investigation of all types of hard rock deposits such as basalt, granite, gabbro...
  - Determination of extent and thickness of deposits and waste
- Civil engineering
  - Determination of layer structure
  - Location of caverns and faults
  - Location of water permeable layers for dam foundations
  - Mapping of fault systems in the basement especially for tunnel and dam construction

For the optimal solution to the aforementioned geological problems, PRAKLA-SEISMOS GMBH applies several proved **survey methods** individually, and combined:

- **Resistivity measurements**
  - DC and AC depth-soundings
  - DC and AC profiling
- **Self-potential measurement (SP)**
- **Induced-Polarization measurements (IP)**
  - Frequency domain
  - Time domain
- **Electromagnetic measurements**
  - Slingram method
  - Turam method
  - VLF-method
- **Magneto-telluric measurements**

In addition to Geoelectrics PRAKLA-SEISMOS also offers the following geophysical survey methods

- Reflection Seismics\*
- Refraction Seismics\*
- Echo Sounding\*
- Magnetic, Gravimetric and Radiometric Surveys
- Drilling
- Borehole Surveys (an example for combined drilling and survey work may be seen at the top of page 7)

Aus der Vielzahl der genannten Parameter resultiert das reichhaltige **Anwendungsspektrum** der elektrischen Verfahren:

- Erkundung des Schichtenaufbaus für die Wassererschließung
  - Kartierung von Grundwasserleitern
  - Aufsuchen von Mineral- und Thermalwässern
  - Ermittlung von Süßwasser-Salzwassergrenzen
- Prospektion von Sand- und Kieslagerstätten
  - Bestimmung ihrer Ausdehnung und Mächtigkeit
  - Abschätzung der Materialbeschaffenheit
- Untersuchungen von Tonvorkommen
- Aufsuchen und Kartieren von stock- und gangförmigen Erzvorkommen
- Prospektion von Anreicherungen leitender Erzminerale insbesondere von kompakten und feinverteilten sulfidischen Erzen
- Untersuchung von Hartsteinvorkommen aller Art wie Basalt, Granit, Gabbro...
  - Bestimmung von Ausdehnung und Mächtigkeit von Nutzgestein und Abraum
- Baugrunduntersuchungen
  - Feststellung des Schichtenaufbaus
  - Ermittlung von Hohlräumen und Störungen
  - Feststellung wasserdurchlässiger Schichten beim Dammbau
  - Kartierung von Störungssystemen im Grundgebirge, insbesondere im Stollen- und Talsperrenbau

Zur optimalen Lösung der angesprochenen geologischen Probleme wendet die PRAKLA-SEISMOS GMBH mehrere bewährte **Meßverfahren** einzeln und auch in Kombination an:

- **Widerstandsmessungen**
  - Gleichstrom- und Wechselstromsondierungen
  - Gleichstrom- und Wechselstromkartierungen
- **Eigenpotentialmessungen (SP-Messungen)**
- **Messungen der Induzierten Polarisation (IP-Messungen)**
  - Frequenzverfahren (frequency domain)
  - Zeitverfahren (time domain)
- **Elektromagnetische Messungen**
  - Slingram-Verfahren
  - Turam-Verfahren
  - VLF-Verfahren
- **Magnetotellurische Messungen**

Zur **Ergänzung** der elektrischen Methoden bietet die PRAKLA-SEISMOS GMBH unter anderem folgende Verfahren an (entsprechende Broschüren liegen vor!):

- Reflexionsseismik\*
  - Refraktionsseismik\*
  - Durchschallungsverfahren\*
  - Magnetische, gravimetrische und radiometrische Messungen
  - Aufschlußbohrungen
  - Bohrlochmessungen
- (Beispiel für integrierte Bohr- und Meßarbeiten s. S. 7 oben)

\* A useful addition to our survey equipment for near surface problems is a mobile hydraulic hammer available for reflection and refraction seismics.

\* Neuerdings steht ein Hydraulikhammer der PRAKLA-SEISMOS GMBH für oberflächennahe Prospektion (Reflexions- und Refraktionsseismik) zur Verfügung.

The following **equipment** is available for geoelectrical surveys:

### 1. Geoelectrical resistivity depth sounding and profiling

- a) PRAKLA-SEISMOS Type EL 6 (for DC)
  - Portable
  - Power source: Generator
- b) PRAKLA-SEISMOS Types EL 8 and EL 9 (for DC)
  - Mounted in survey truck
  - Power source: 24 V Accumulator
- c) PRAKLA-SEISMOS Type ELAD (for DC)
  - Portable
  - Computer controlled
  - Direct digital display of apparent specific resistivity
  - Automatic suppression of interference in computer program
  - Power source: 24 V Accumulator
- d) PRAKLA-SEISMOS Type ELAD 10 (for DC and AC)
  - Portable
  - Controlled by integrated circuits
  - Direct digital display of apparent specific resistivity
  - Choice of various programs
  - Possibility of varying input impulse and sampling rate, allowing application for IP surveys
  - Power source: 24 V Accumulator

### 2. Induced-polarisation

- 2.1 Frequency domain
  - Transmitter: Geotronics Type T2800
  - Receiver : Geotronics Type R5280
  - Power source: Generator
- 2.2 Time domain
  - PRAKLA-SEISMOS Type ELAD 10  
(see 1.d)

### 3. Electromagnetics

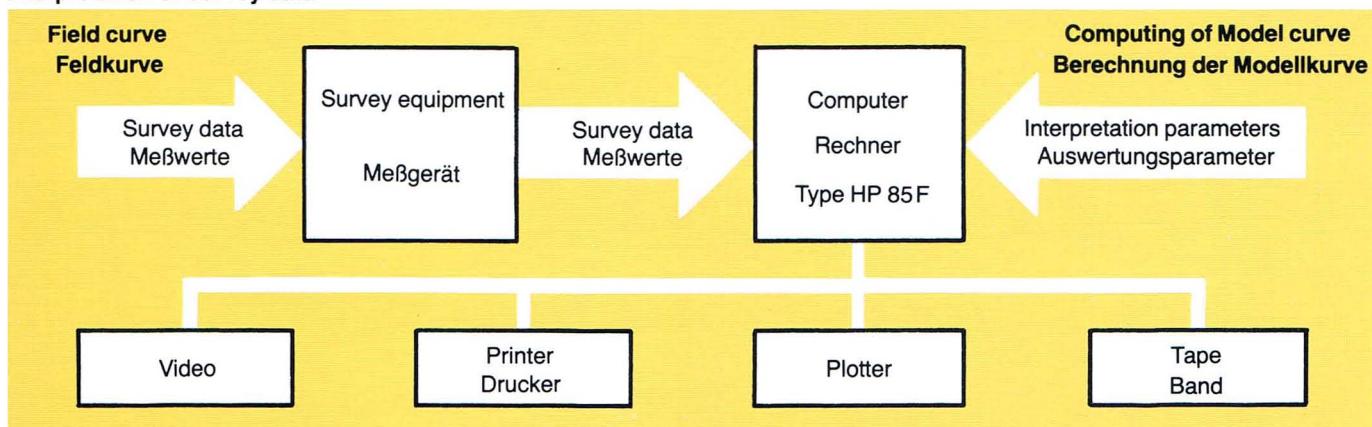
- 3.1 Turam method
  - Instrumentation: ABEM-Turam
  - Power source: Generator (220 Hz and 660 Hz)
- 3.2 VLF-method
  - Geonics Type EM 16
  - Accessory EM 16 R for resistivity profiling

The equipment under 1c, 1d, 2.1, 2.2 and 3.1 allow digital survey data registration and storage on cassettes.

Processing and preliminary interpretation of survey data on site can be made possible with the help of a computer and plotter installed in the survey truck (e.g. Hewlett Packard 85 F combined with 9872 A). The use of this facility ensures a continuous check and optimal control of the work in progress.

As a rule the final interpretation is carried out in PRAKLA-SEISMOS' Headquarters in Hannover where high performance data processing facilities are also available when necessary.

### Data flow for On-site Processing and Interpretation of Survey data



Datenfluß für Feldbearbeitung und -interpretation von Meßwerten

Zur Durchführung geoelektrischer Messungen stehen folgende **Geräte** zur Verfügung:

- 1. **Geoelektrische Widerstandssondierungen und -kartierungen**
  - a) PRAKLA-SEISMOS Typ EL 6 (für Gleichstrommessungen)
    - tragbar
    - Energieversorgung: Generator
  - b) PRAKLA-SEISMOS Typ EL 8 und EL 9 (für Gleichstrom – Festeinbau im Meßwagen messungen)
    - Energieversorgung: 24 V Akku
  - c) PRAKLA-SEISMOS Typ ELAD (für Gleichstrommessungen)
    - tragbar
    - rechnergesteuert
    - digitale Direktanzeige des scheinbaren spezifischen Widerstandes
    - automatische Unterdrückung von Störeffekten im Rechnerprogramm
    - Energieversorgung: 24 V Akku
  - d) PRAKLA-SEISMOS Typ ELAD 10 (für Gleich- und Wechselstrommessungen)
    - tragbar
    - mikroprozessorgesteuert
    - digitale Direktanzeige des scheinbaren spezifischen Widerstandes
    - Wahlmöglichkeit unterschiedlicher Rechnerprogramme
    - Variationsmöglichkeit des Meßimpulses und der Sampling Rate, daher auch für IP-Messungen einsetzbar
    - Energieversorgung: 24 V Akku

### 2. Induzierte Polarisation

- 2.1 Frequenzverfahren
  - Sender : Geotronics Typ T2800
  - Empfänger: Geotronics Typ R5280
  - Energieversorgung: Generator

- 2.2 Zeitverfahren
  - PRAKLA-SEISMOS Typ ELAD 10 (vgl. 1 d)

### 3. Elektromagnetik

- 3.1 Turam-Verfahren
  - Gerätetyp ABEM-Turam
  - Energieversorgung: Generator (220 Hz und 660 Hz)

- 3.2 VLF-Verfahren
  - Geonics Typ EM 16
  - Zusatzgerät EM 16 R zur Widerstandskartierung

Die Apparaturen 1c, 1d, 2.1, 2.2 und 3.1 gestatten eine digitale Registrierung der Meßergebnisse und ihre Speicherung auf Kassetten.

Es besteht die Möglichkeit, mit Hilfe eines im Meßwagen installierten Rechners (z. Z. Hewlett Packard 85 F) und Plotters (z. Z. Hewlett Packard 9872A) bereits im Felde die angefallenen Meßdaten zu bearbeiten und vorläufige Interpretationsergebnisse zu erzielen (s. Ablaufschema). Somit ist eine ständige Kontrolle und optimale Steuerung der durchzuführenden Arbeiten gewährleistet.

In der Regel erfolgt die endgültige Auswertung in der Zentrale der PRAKLA-SEISMOS, wo im Bedarfsfall Programme des leistungsfähigen Datenzentrums zur Verfügung stehen.

Geoelectrical resistivity measurements are an indispensable aid to the investigation of near-surface layers. The most important fields of application are:

- Determination of the depth and thickness of layers in the area of young sediments with rapid changes of thickness and facies.
- Solution of hydrogeological problems, such as ground-water exploration and determination of salt concentration in waters.
- Proof of nearly horizontal deposits (clay, gravel, limestone, anhydrite, basalt, gabbro, granite...) and the determination of the amount of waste.
- Civil engineering.

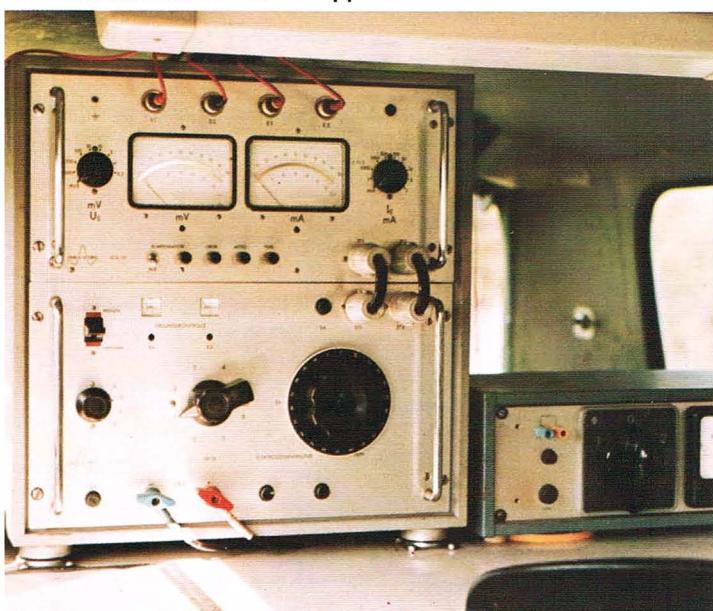
All **resistivity methods using direct current (DC)** employ an electrical field which is introduced into the ground through two electrodes (current-electrodes E). The procedure then is to determine a potential difference between two non-polarizable electrodes (potential-electrodes S) by measuring the voltage. For each geometrical configuration of the electrodes and for each resistivity distribution, existing in the underground, there is a defined voltage-current relation, the apparent specific resistivity  $\rho_a$ . With larger electrode spacing the depth of investigation increases. To simplify the calculation of the specific resistivity particular linear electrode configurations symmetrical to the survey point have been proved. When a configuration is spread out over the symmetry-point step by step, so that the penetration effect is increased, this method is called **depth sounding**.

The change of the apparent specific resistivity  $\rho_a$ , can be ascertained from the current-voltage measurements. By the comparison of field curves and theoretical curves the resistivities and thicknesses of the subsurface layers can be determined. For special problems curves of multi-layer cases can be calculated by computer. The geological interpretation results from experience or – more reliably – in connection with several exploratory wells. The result of each depth-sounding measurement can be presented in columns.

If the soundings are carried out linearly or over an area, the results can be presented as vertical sections or isoline maps of depths, thicknesses and resistivity.

#### DC-Resistivity survey equipment EL 9

Gleichstromwiderstandsmeßapparatur EL 9



Geoelektrische Widerstandsmessungen sind ein unentbehrliches Hilfsmittel bei der Untersuchung oberflächennaher Schichten.

Die Kernstücke der Anwendungsgebiete sind:

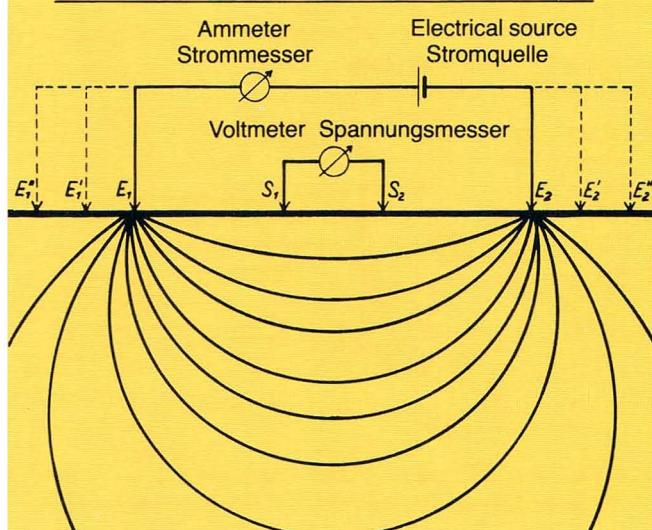
- Bestimmung der Tiefen und Mächtigkeiten von Schichten im Bereich junger Sedimente mit raschen Mächtigkeits- und Fazieswechseln.
- Lösung hydrogeologischer Probleme, wie Grundwassererschließung und Bestimmung des Versalzungsgrades von Wässern.
- Nachweis flachliegender Lagerstätten (Ton, Kies, Kalk, Gips, Basalt, Gabbro, Granit...), sowie die Ermittlung ihrer Abraum-mächtigkeiten.
- Baugrunduntersuchungen.

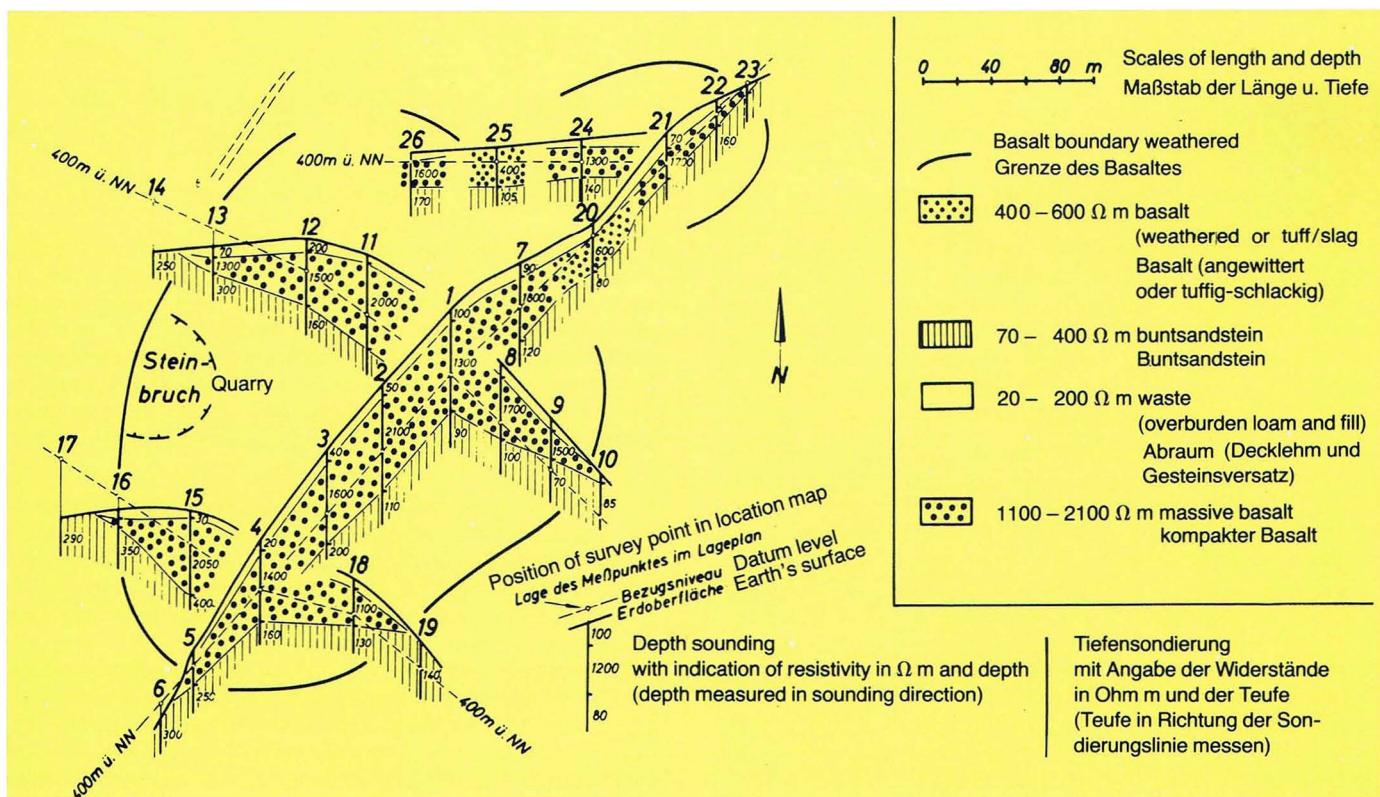
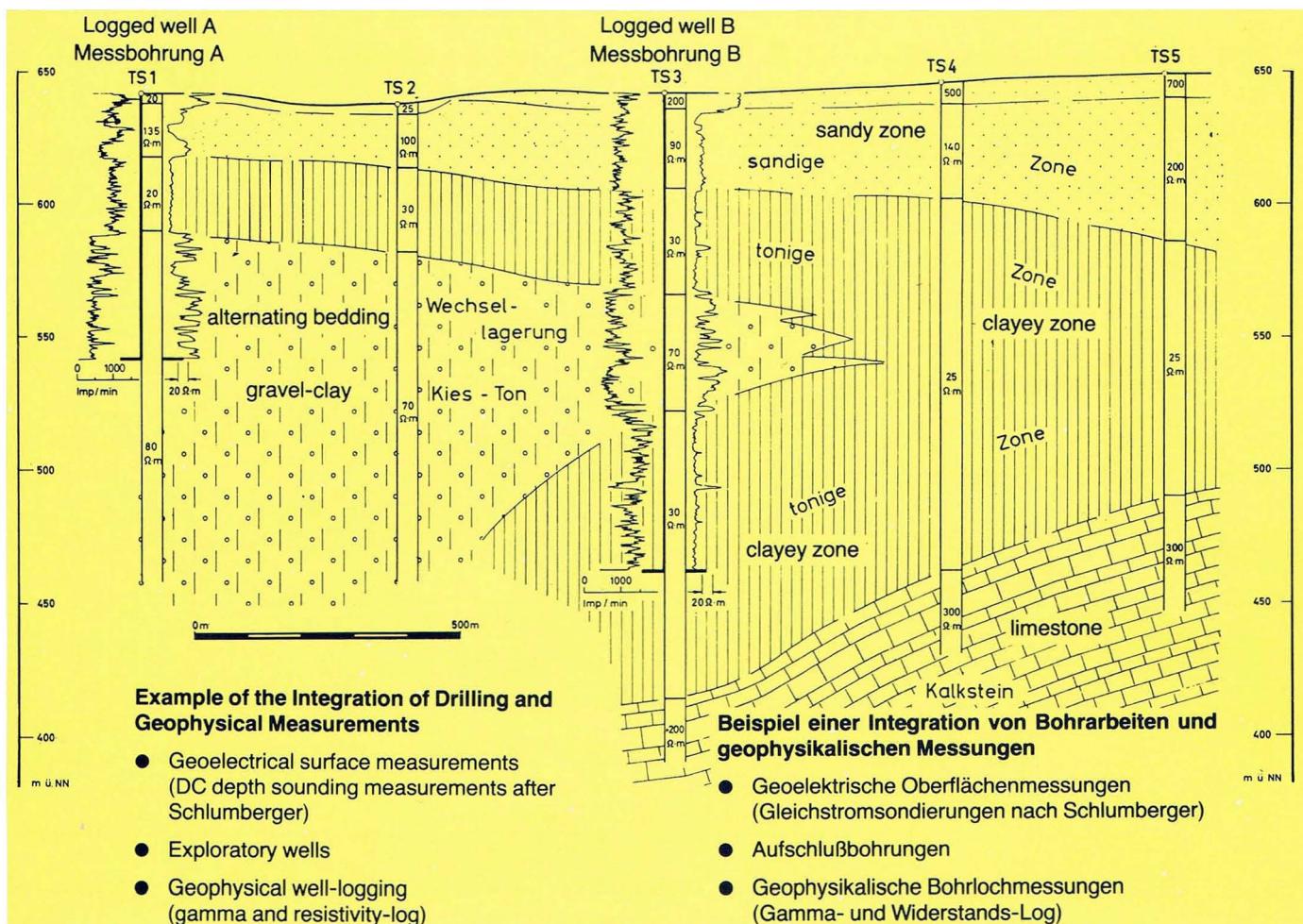
Bei **Gleichstromwiderstandsmessungen** wird dem zu untersuchenden Boden ein elektrisches Feld mit Hilfe zweier Elektroden (E) aufgeprägt. Mit Hilfe zweier nichtpolarisierbarer Sonden (S), zwischen denen man die Spannung mißt, wird eine Potentialdifferenz ermittelt. Für jede geometrische Anordnung von Elektroden und Sonden und jede im Untergrund vorhandene Widerstandsverteilung gibt es ein bestimmtes Spannungs-Strom-Verhältnis, den scheinbaren spezifischen Widerstand  $\rho_a$ . Mit Vergrößerung des Elektrodenabstandes nimmt die Erkundungstiefe zu. Um die Berechnung des spezifischen Widerstandes zu vereinfachen, haben sich bestimmte linienhafte, um einen Punkt symmetrische Elektroden-Sonden-Anordnungen bewährt. Zieht man eine solche Anordnung über dem Symmetriepunkt schrittweise auseinander, so daß man eine immer größer werdende Tiefenwirkung erzielt, spricht man von einer **Gleichstromsonderung**.

Aus den Strom-Spannungsmessungen wird die Änderung des scheinbaren spezifischen Widerstandes  $\rho_a$  ermittelt. Durch den Vergleich Feldkurve – theoretische Kurve lassen sich die Widerstands- und Mächtigkeitsverhältnisse des Schichtenaufbaus bestimmen. Für spezielle Probleme können auch Kurven für Mehrschichtfälle vom Computer gerechnet werden. Die geologische Deutung ergibt sich aus Erfahrungswerten oder – sicherer – aus dem Anschluß an einzelne Aufschlußbohrungen. Die Ergebnisse der Einzelsondierungen können in Säulenform dargestellt werden.

Werden Sondierungen linienhaft oder flächenhaft verteilt durchgeführt, können die Ergebnisse in Form von Vertikalschnitten oder in Form von Isolinienplänen von Tiefen, Mächtigkeiten und Widerständen dargestellt werden.

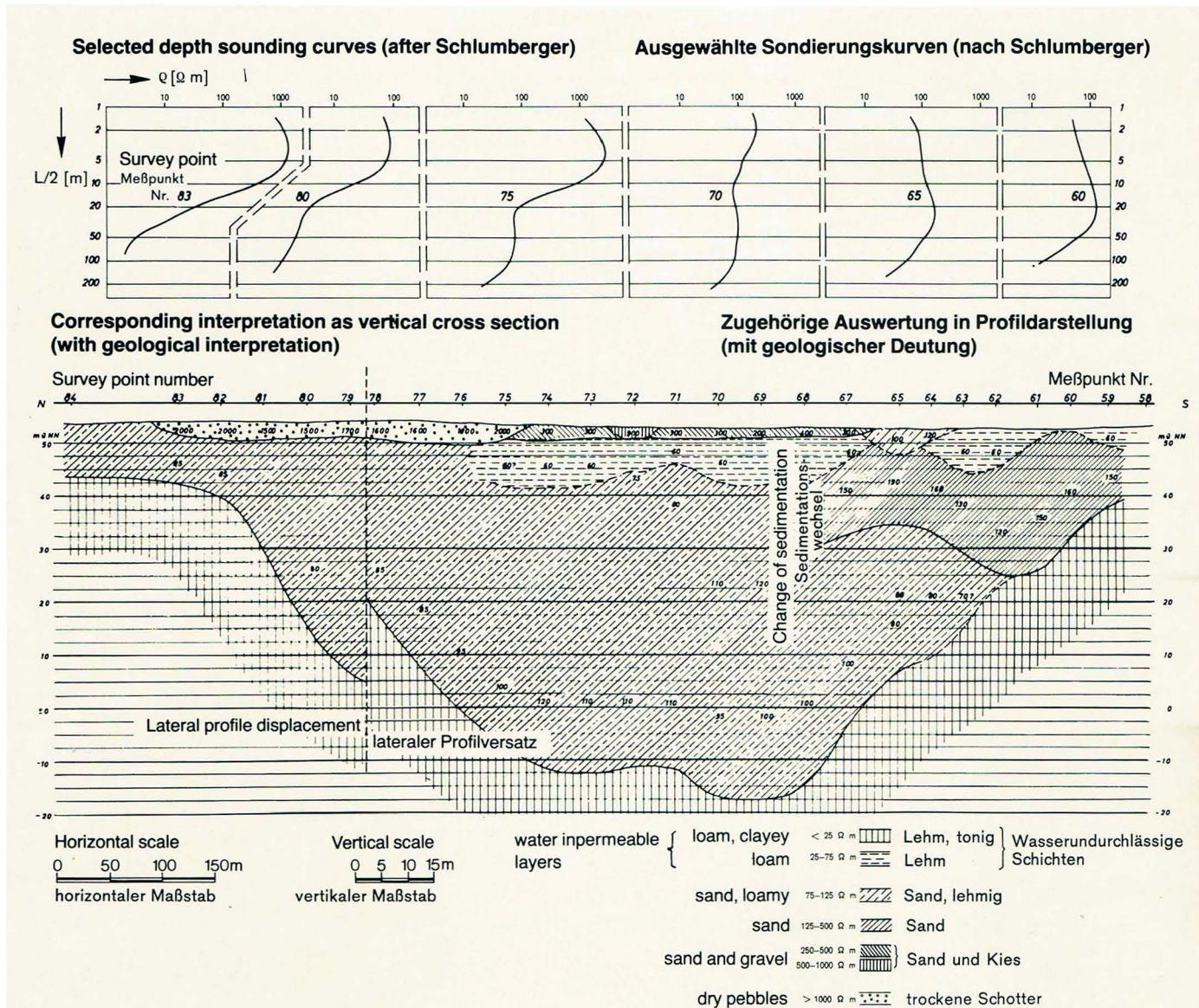
#### DC-Resistivity measurements: Survey Principle Gleichstromwiderstandsmessung: Meßprinzip





Areal Presentation of Interpretation of Direct Current Depth Soundings for Determination of Extent and Thickness of Basalt deposits.

Flächenhafte Darstellung der Auswertungen von Gleichstromsondierungen zur Feststellung von Ausdehnung und Mächtigkeit eines Basaltvorkommens.

**Example of a DC-Resistivity Depth Sounding**

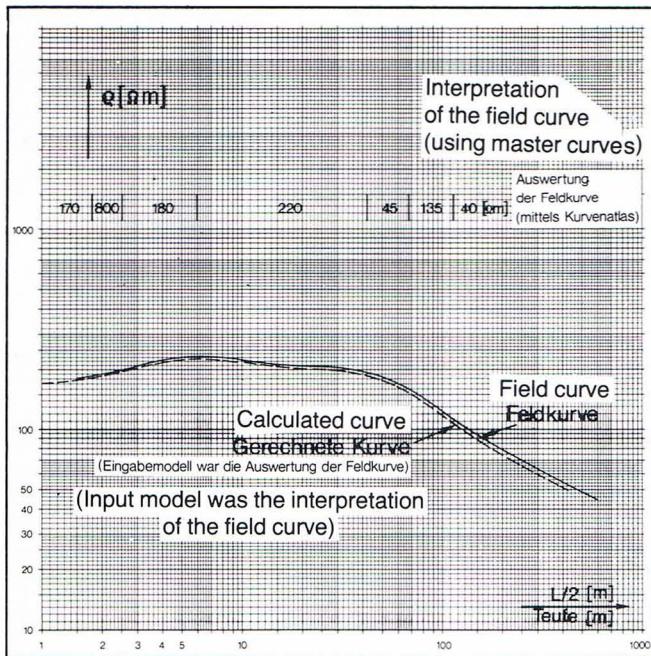
For large scale surveys and other special problems (e.g. plotting of fresh water/salt water contacts, tracing of specific covered inhomogeneities) **DC-profiling** is often carried out. Profiling differs from sounding in that only a fixed electrode distance is used, which has to be suited to the depth of the problem concerned. The advantages are reduced costs and time, although a reduction in the amount of information must be taken into consideration.

Geoelectrical **resistivity measurements using alternating-current (AC)** are also 4-point methods. In principle the same conditions are valid as for DC-methods. As long as the investigation depth is small the interpretation can be carried out by the same procedure. At greater depths deviations resulting from different factors can be expected. By AC-measurements the imaginary resistivity component (from capacities and inductivities) and the skin-effect (with increasing frequency displacement of the current-flow towards the earth's surface) will always play a part. If, neglecting these complications, AC-methods are used, then because during those measurements the interference from earth currents, stray currents, induction currents from electric vehicles and polarization potential are avoided at the potential electrodes.

**Beispiel für eine Gleichstromsondierung**

Für großflächige Übersichtsmessungen und andere spezielle Probleme (z.B. Kartieren der Süßwasser-Salzwassergrenze, Verfolgung bestimmter überdeckter Inhomogenitäten) werden häufig **Gleichstromkartierungen** durchgeführt. Der Unterschied zum Sondieren liegt darin, daß hierbei nur ein fester Elektrodenabstand benutzt wird, der der Tiefe des Problems angepaßt ist. Der Vorteil besteht im geringeren Kosten- und Zeitaufwand, wobei allerdings eine geringere Aussagekraft in Kauf genommen werden muß.

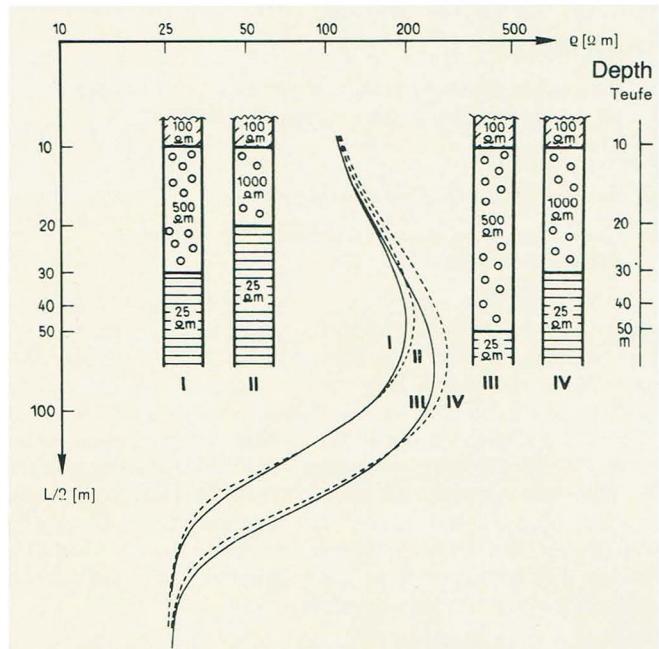
Bei den geoelektrischen **Wechselstromwiderstandsmessungen** handelt es sich ebenfalls um Vierpunktverfahren. Für sie gelten im wesentlichen die gleichen Voraussetzungen wie für die Gleichstromverfahren. Solange die geforderte Aufschlußtiefe gering ist, kann die Auswertung in gleicher Weise durchgeführt werden. Bei größeren Tiefen sind Abweichungen zu erwarten, die verschiedene Ursachen haben. Bei Wechselstrommessungen wird immer die imaginäre Widerstandskomponente (durch Kapazitäten und Induktivitäten) und der Skineffekt (mit steigender Frequenz Verdrängung der Strombahnen an die Erdoberfläche) eine Rolle spielen. Wenn man trotz dieser Komplikationen Wechselstromverfahren verwendet, dann deshalb, weil bei Wechselstrommessungen die Störungen durch Erdströme, vagabundierende Ströme, Rückströme von elektrischen Verkehrsmitteln und Polarisationspotentiale an den Sonden wegfallen.

**DC Depth Sounding:**

Comparison of a Field curve with a Computer calculated curve (the depth of the resulting resistivity layer limits can be read in m on the L/2 axis).

**Gleichstromsondierung:**

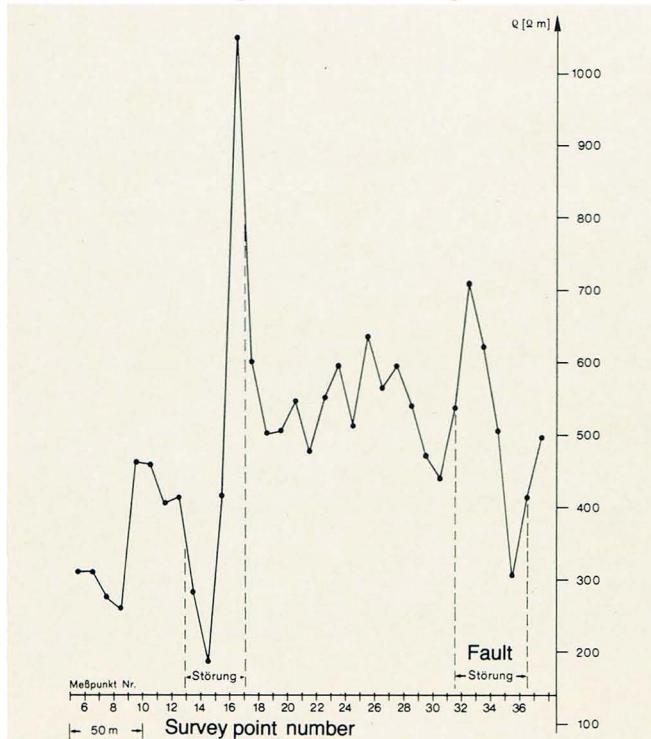
Vergleich einer Feldkurve mit einer vom Computer gerechneten Kurve (die Tiefe der angegebenen Widerstandsschichtgrenzen können an der L/2 Achse in m abgelesen werden).

**DC Depth Sounding:**

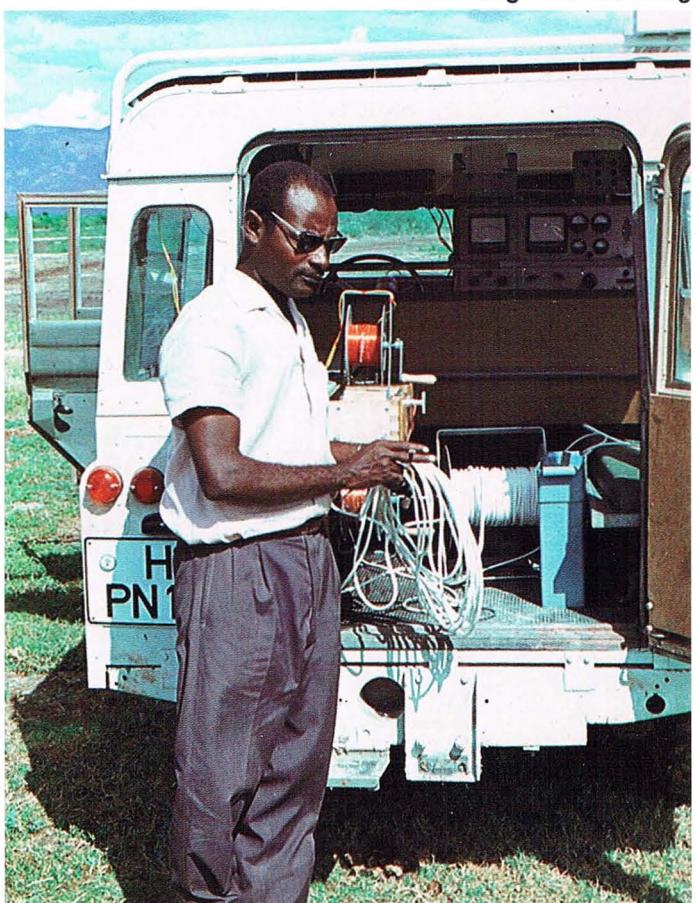
Interpretation of 4 DC Depth Sounding measurements and the Presentation in Columns.

**Gleichstromsondierungen:**

Auswertung von vier Gleichstromsondierungen und Darstellung in Säulenform

**DC-Proiling in profile presentation**  
**Gleichstromkartierung in Profildarstellung**

Survey preparation  
Vorbereitungen zur Messung



IP-surveys have gained great significance since the mid-fifties.

Field of application is:

- exploration of concentrations of conductive ore deposits, especially massive or disseminated sulphidic ores.

and furthermore:

- determination of salt water in sediments
- differentiation between salt water conveyed and clayey sediments.

If direct-current is conducted through the two electrodes of a dipole into the ground, an artificial electrical field is built up in the subsurface, which is reflected at the earth's surface through a characteristic voltage distribution. If the primary current is suddenly interrupted, the measurable secondary potential does not decay at once, but decreases exponentially, similar to a condenser decay curve. The declination-time is a matter of seconds or even minutes. When switched on, a similar effect can be observed. The charges are separated by electrochemical reactions of minerals with the electrolyte of the surrounding rock, similar to the charging of a battery. This process is dependent upon the size of the surface area of the mineral in the electrolyte.

Consequently this method has proved successful by massive or disseminated ore deposits, which can hardly be detected by other methods.

From this polarization effect it is possible to ascertain survey information by recording the declining potential at a receiver-dipole as a function of time (time domain), which results in the apparent polarizability (chargeability).

During operations in the frequency domain, rectangular currents of two, or more, frequencies are used instead of interrupted direct current. Since the build-up and decline times of polarization are limited, the apparent specific resistivity decreases with increasing frequency. Two, or more, different apparent resistivities are obtained, from which the percentual frequency effect and the metal content may be derived.

IP-measurements are executed in lines, whereby different depths of investigation may be achieved by different transmitter-receiver configurations.

### Departure for the survey area

(altitude 5000 m, Argentinian Andes)

Aufbruch ins Meßgebiet (Höhenlage 5000 m, argentinische Hochanden)

Die **IP-Messung** hat seit Mitte der 50er Jahre große praktische Bedeutung.

Anwendungsgebiet ist die

- Exploration auf Anreicherungen metallisch leitender Erzminerale, insbesondere kompakter und feinverteilter sulfidischer Erze,

ferner aber auch die

- Feststellung von Salzwasser in Sedimenten
- Unterscheidung von salzwasserführenden und tonigen Sedimenten.

Wird über zwei Elektroden eines Dipoles Gleichstrom in den Boden geleitet, baut sich im Untergrund ein künstliches elektrisches Feld auf, dessen Eigenschaften sich an der Erdoberfläche durch eine charakteristische Spannungsverteilung widerspiegeln. Wird der Primärstromfluß schlagartig unterbrochen, so bricht die meßbare Sekundärspannung nicht sofort zusammen, sondern fällt exponentiell ähnlich einer Kondensatorenentladungskurve ab. Die Abfallzeit liegt in der Größenordnung von Sekunden oder sogar Minuten. Ähnlich verhält es sich beim Einschalten des Stromes. Es werden nämlich die Ladungen, ähnlich wie beim Aufladen einer Batterie, durch Wechselwirkung zwischen Mineral und Elektrolyt des Nebengesteins getrennt. Dieser Vorgang ist von der Oberflächengröße des Minerals im Elektrolyten abhängig.

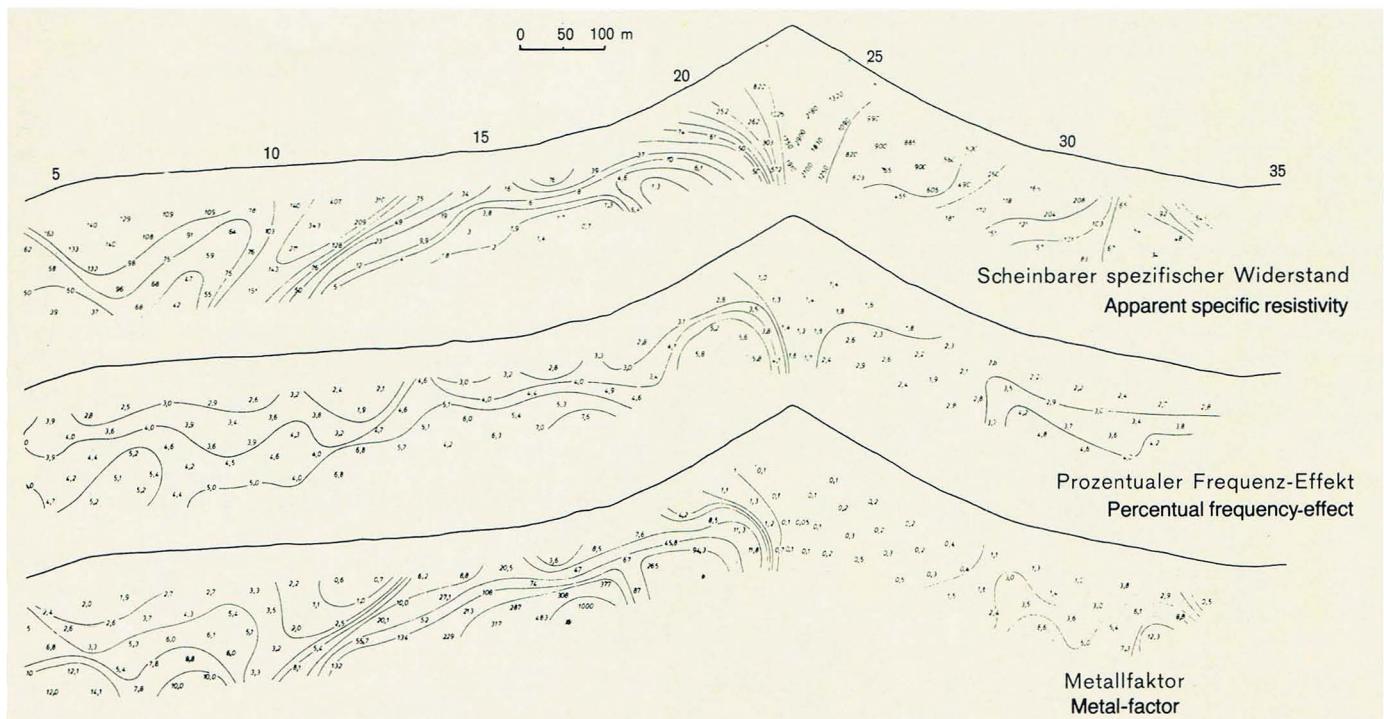
Daher hat sich diese Methode sowohl bei kompakten Erzvorkommen als auch bei feinverteilten Erzvorkommen, die anders kaum entdeckt werden können, gut bewährt.

Aus diesem Polarisationsverhalten ergibt sich die Möglichkeit eine Meßinformation zu gewinnen, indem man die abfallende Spannung über einen Empfangs-Dipol als Funktion aufnimmt (time domain). Es ergibt sich die scheinbare Polarisierbarkeit.

Beim Arbeiten im Frequenzbereich (frequency domain) benutzt man statt unterbrochenem Gleichstrom Rechteckströme von zwei (oder mehr) Frequenzen. Da die Aufbau- und Abfallzeiten der Polarisierung endlich sind, nimmt der scheinbare spezifische Widerstand mit zunehmender Frequenz ab. Man erhält zwei (oder mehr) verschiedene scheinbare spezifische Widerstände, aus denen der prozentuale Frequenzeffekt und der Metallfaktor abgeleitet werden können.

IP-Messungen erfolgen auf Profilen, wobei durch unterschiedliche Sender-Empfänger-Entferungen unterschiedliche Erkundungstiefen erreicht werden.





IP-results on a profile, recorded with 4 – 6 different transmitter-receiver distances

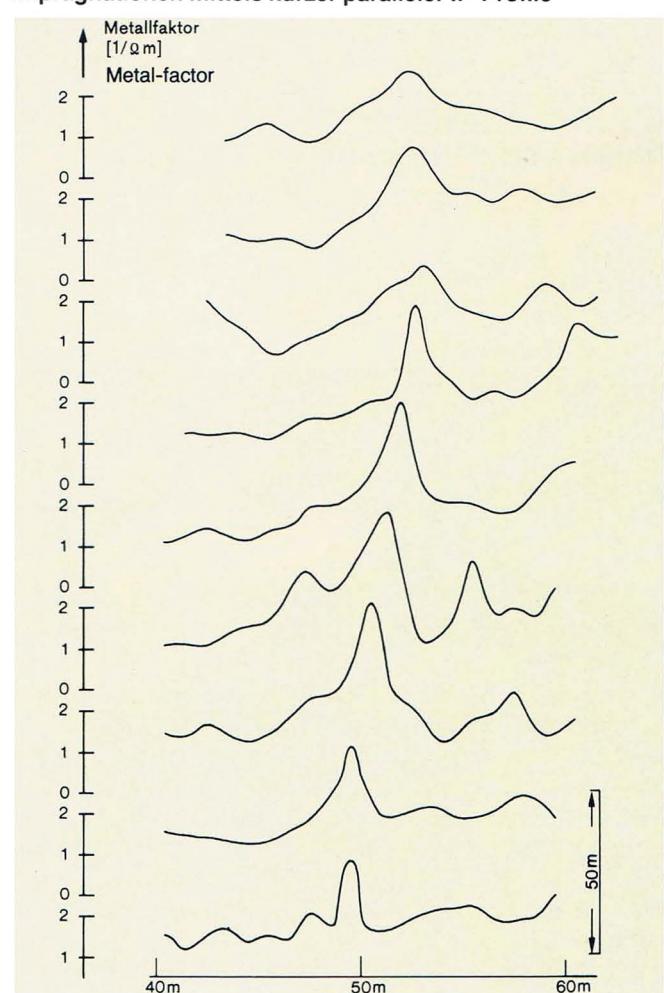
IP-Meßergebnisse entlang eines Profiles, aufgenommen mit 4 – 6 unterschiedlichen Sender-Empfänger-Entfernungen

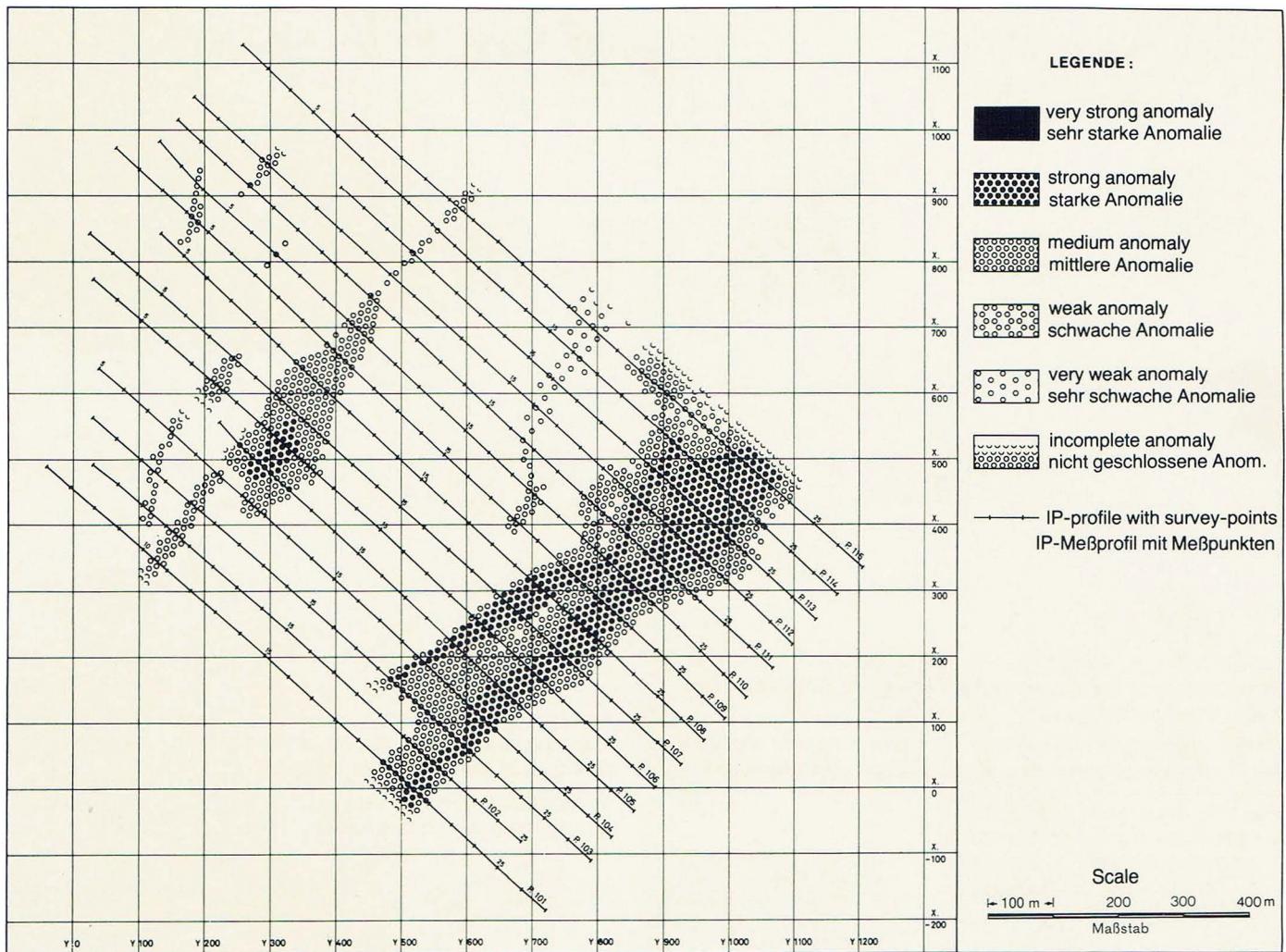
Portable Geotronics IP-equipment  
Tragbare Geotronics IP-Apparatur



Mapping of a covered Baryte vein with Galena dissemination using short parallel IP-profiles

Verfolgung eines überdeckten Barytganges mit Bleiglanz-imprägnationen mittels kurzer paralleler IP-Profile





Mapping of Sulfidic Ore deposits with IP-surveying

Kartierung sulfidischer Erzvorkommen mit IP-Messungen

## Self-potential Surveys (SP)

**Self-potential Surveys (SP)** are suitable

- for exploration and mapping of dome- and vein-form compact ore deposits.
- for mapping of fault systems in the basement, especially with regard to pre-investigations in tunnel and dam building.

Here, potential differences, based on chemical and electrochemical processes and also on the flow mechanisms, are measured. Self-potentials can arise for example in the vicinity of ore deposits, when penetrating surface water stimulates oxydation reactions, which produce characteristic electrical currents.

The self-potential measurements are particularly low in operational costs.

## Eigenpotentialmessungen

**Eigenpotentialmessungen (SP- oder self potential)** eignen sich

- zur Aufsuchung und Kartierung von stock- und gangförmigen, kompakten Erzvorkommen,
- für die Kartierung von Störungssystemen im Grundgebirge, insbesondere bei Voruntersuchungen im Stollen- und Talsperrenbau.

Dabei werden Potentialdifferenzen gemessen, die auf chemischen und elektrochemischen Prozessen sowie auf Strömungsvorgängen beruhen. Eigenpotentiale können z.B. in der Umgebung von Erzlagerstätten entstehen, wenn durch eindringendes Oberflächenwasser Oxydationsvorgänge angeregt werden, die charakteristische elektrische Ströme hervorrufen.

Die Eigenpotentialmessungen lassen sich mit besonders geringem Kostenaufwand durchführen.

**Electromagnetic survey methods** have mainly been successful for the reconnaissance of inhomogeneities in geological structures, for example,

- Search and mapping of dome- and vein-form deposits
- Civil Engineering when it is important to recognize faulting in basement complexes (galleries, tunnels, dam construction...)

The electromagnetic methods are based on the inductive measurement of alternating magnetic fields, which are produced by alternating current conducted to earth. The various applied methods at present differ in the geometry of transmission and receiving devices, in the methods of how they are placed on site and in the ground coupling. The **Slingram**, **Turam** and **VLF configurations** have been particularly successful.

For special problems it is of course possible to use any other desired transmitter / receiver system.

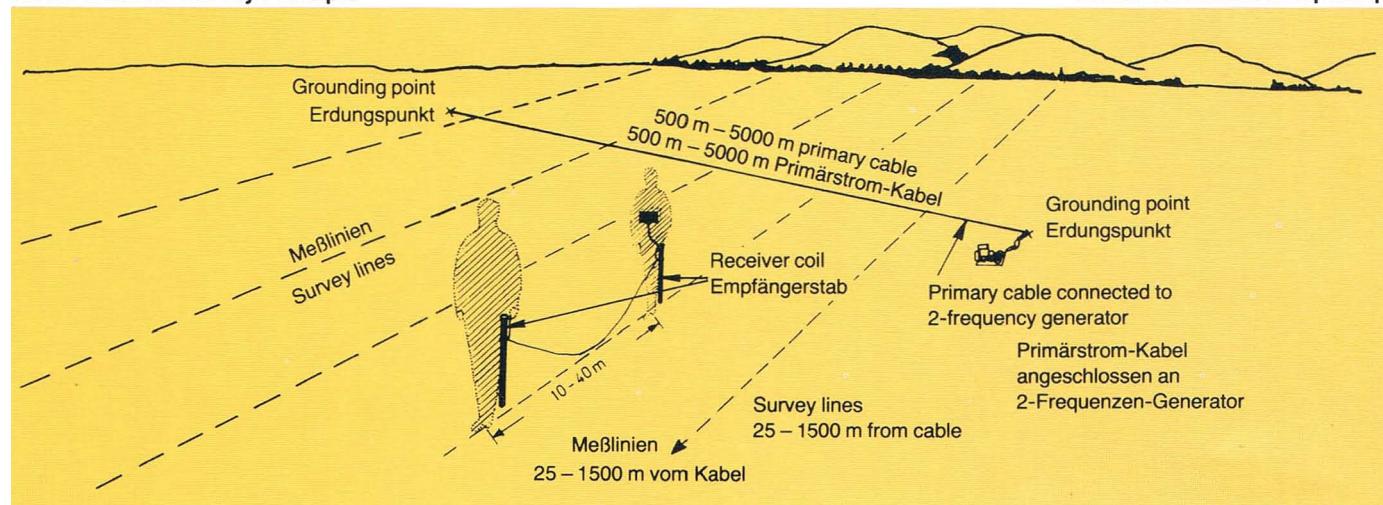
Die **elektromagnetischen Aufschlußverfahren** haben sich hauptsächlich bei der Erkundung von Inhomogenitäten im geologischen Aufbau bewährt, z.B.:

- Suche und Kartierung stock- und gangförmiger Lagerstätten
- Baugrunduntersuchungen für Projekte, bei denen es von entscheidender Bedeutung ist, Störungen im Grundgebirge zu kennen (Stollen-, Tunnel-, Talsperrenbau...).

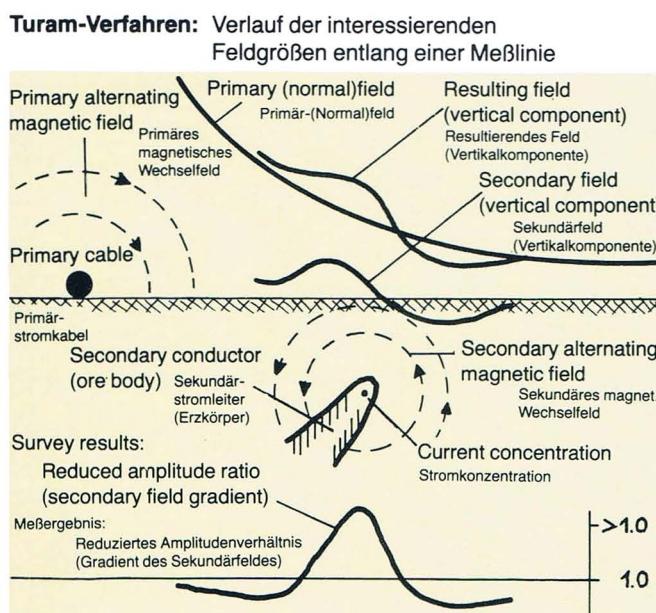
Die elektromagnetischen Verfahren beruhen auf der induktiven Messung des magnetischen Wechselfeldes, das durch einen dem Boden zugeführten Wechselstrom hervorgerufen wird. Die einzelnen zur Zeit angewandten Verfahren unterscheiden sich in der Geometrie von Sende- und Empfangseinrichtung, in der Methode wie sie im Gelände bewegt werden und in der Ankopplung an den Boden. Besonders bewährt haben sich **Slingram**-, **Turam**- und **VLF-Verfahren**.

Für spezielle Probleme ist es natürlich möglich, jede andere gewünschte Sender-Empfänger-Anordnung zu benutzen.

**Turam method: Survey Principle**



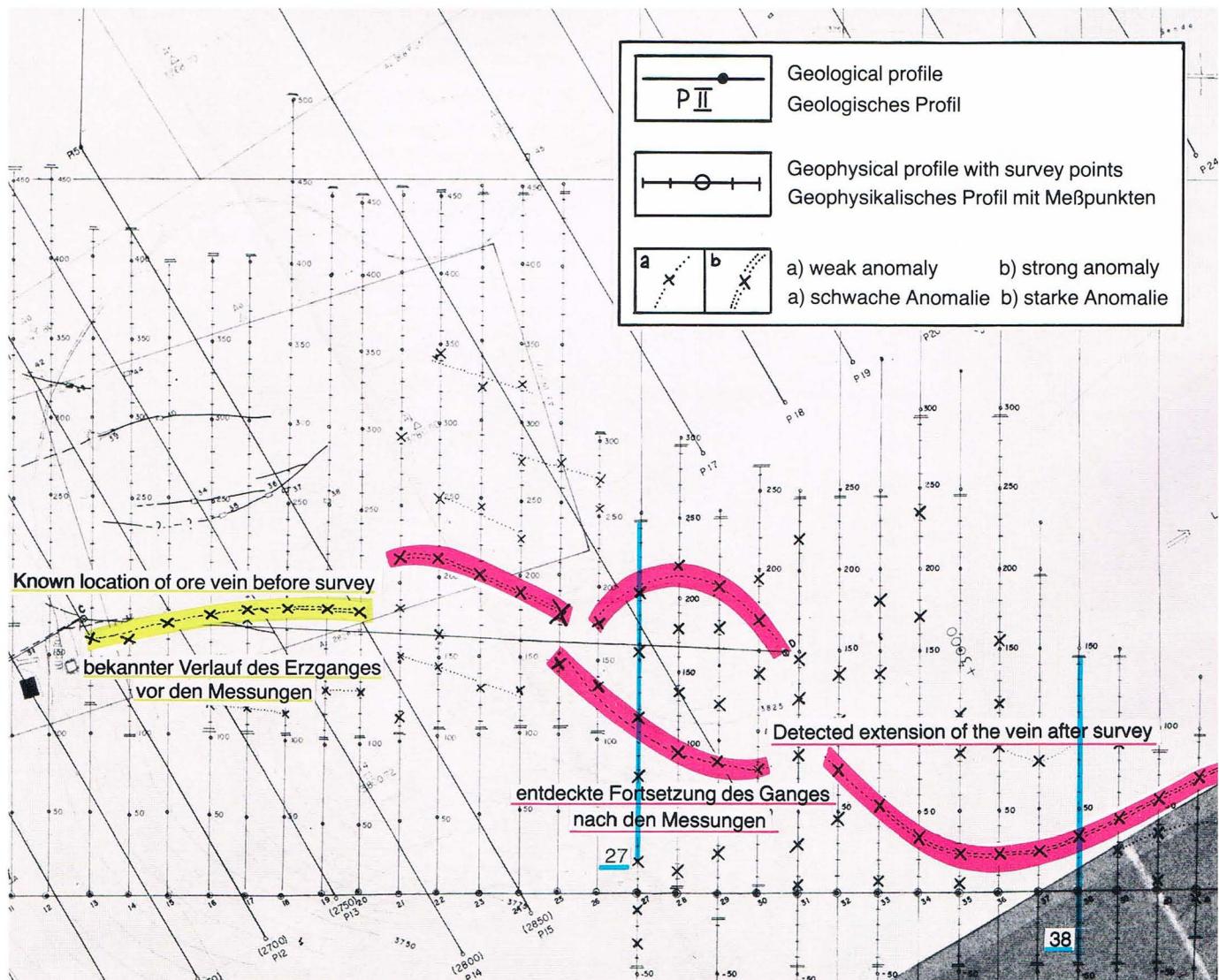
**Turam Method:** Characteristics of Relevant Field Parameters along a Survey line



**Turam-equipment**



**Turam-Meßapparatur**



**Fig. 1: Location map**

## **Example of Ore Prospecting for a Lead-Zinc-Silver Mine in the Andes in Argentina (3800 m).**

The Turam surveys were carried by PRAKLA-SEISMOS on behalf of the "GTZ, Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit" (Mision Alemana de Cooperacion Tecnico Minera).

Fig. 1 shows the location map of the survey area with the known position of the ore vein before and the detected extension of this vein after the survey: The vein was displaced by a geological fault.

Fig. 2 shows two typical survey lines with corresponding geological cross-section. Position and depth of the geophysical anomalies are indicated by large points in the geological cross sections.

Line 38 shows a clearly defined anomaly indicating the position of the ore vein.

Line 27 was surveyed in an area where the vein branches on the side of a mountain. In addition to the main anomaly, several smaller anomalies can be recognized, indicating conducting inhomogeneities.

PRAKLA-SEISMOS would like to thank the GTZ, the Mision Alemana de Cooperacion Tecnico Minera and the Banco Nacional de Desarrollo Argentina for their permission to publish the above data.

**Abb. 1: Lageplan**

## Beispiel einer Lagerstätten-Exploration für eine Blei-Zink-Silber Mine in den Hochanden Argentiniens (3800 m).

Die Turam-Messungen wurden von PRAKLA-SEISMOS im Rahmen eines Projektes der »GTZ, Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit« (Mision Alemana de Cooperacion Tecnico Minera) durchgeführt.

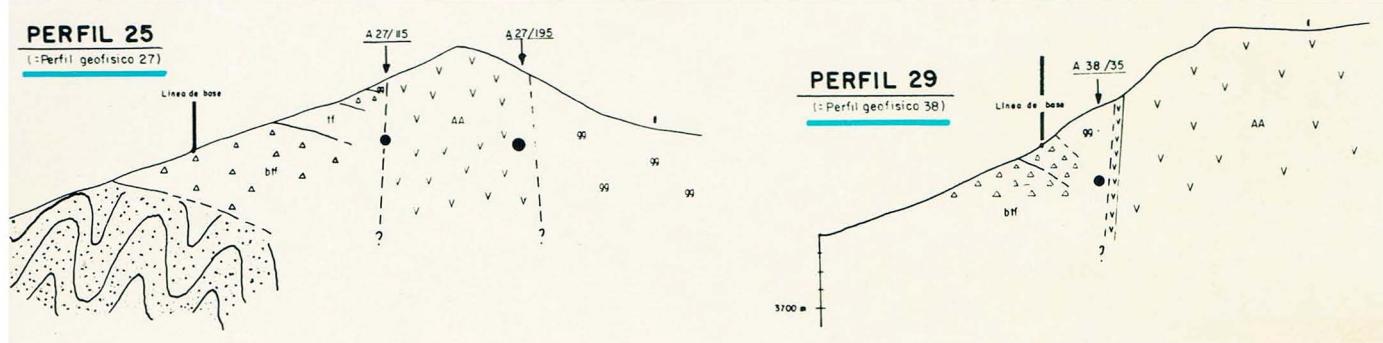
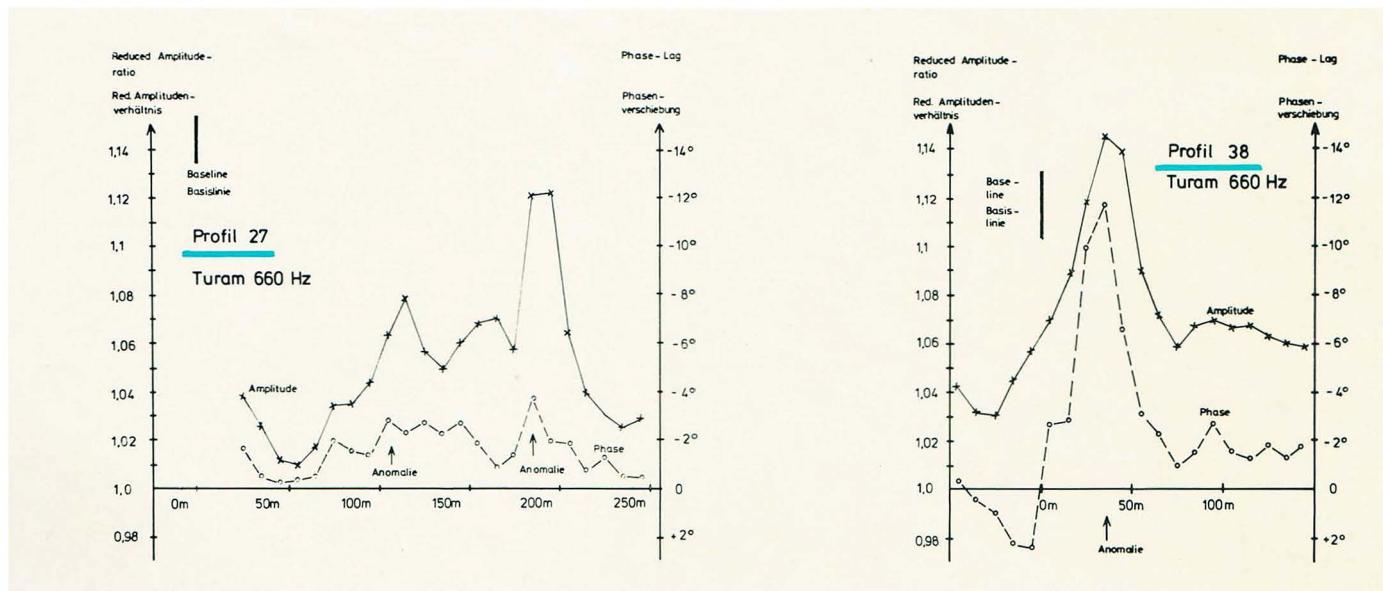
Abb. 1 zeigt den Lageplan des Meßgebietes mit dem bekannten Verlauf des Erzganges vor den Messungen und der entdeckten Fortsetzung des Ganges nach den Messungen: Der Erzgang wurde durch eine geologische Störung versetzt.

Abb. 2 zeigt zwei typische Meßprofile mit dazugehörigen geologischen Vertikalschnitten. Position und Tiefenlage der geophysikalischen Anomalien sind in den geologischen Vertikalschnitten durch dicke Punkte markiert.

Profil 38 zeigt eine klar ausgeprägte Anomalie, die die Position des Erzganges angibt.

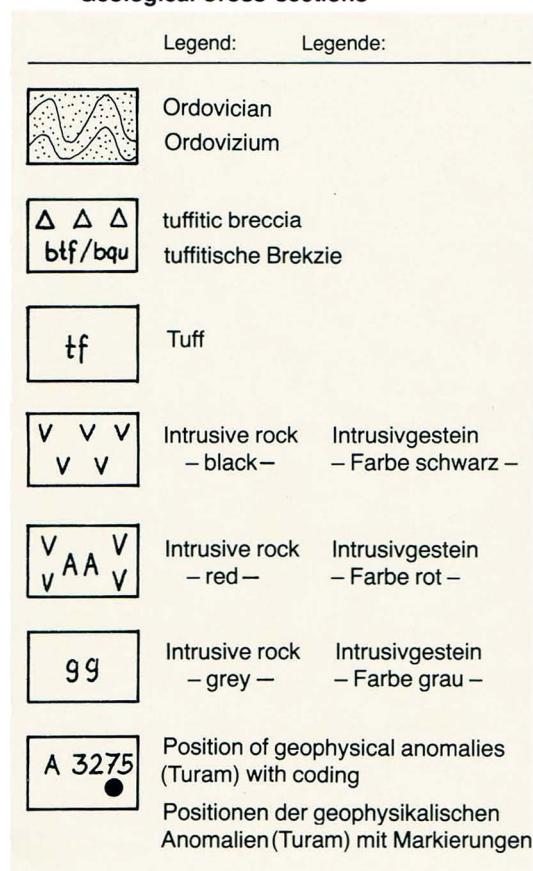
Profil 27 wurde in einem Gebiet gemessen, wo sich der Gang an der Flanke eines Berges verzweigt. Neben der Hauptanomalie sind mehrere kleinere Anomalien zu erkennen, die auf leitfähige Einlagerungen hinweisen.

Für die Genehmigung zur Publikation sei der GTZ, der Mision Alemana de Cooperacion Tecnico Minera sowie der Banco Nacional de Desarollo Argentina herzlich gedankt.



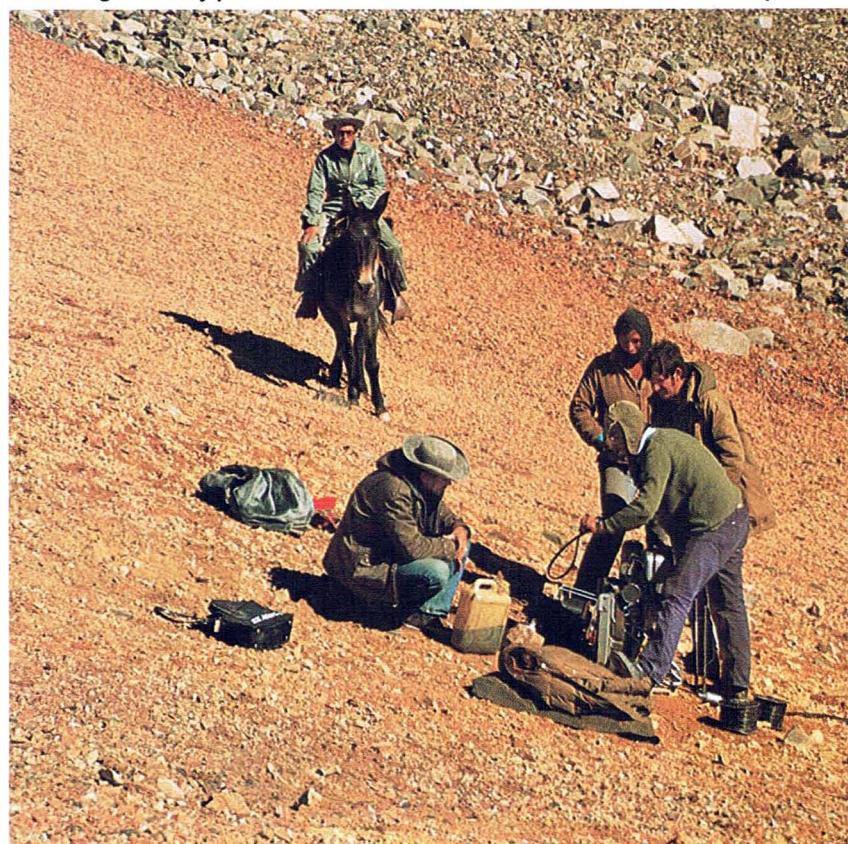
**Fig. 2: Survey lines with corresponding Geological Cross-sections**

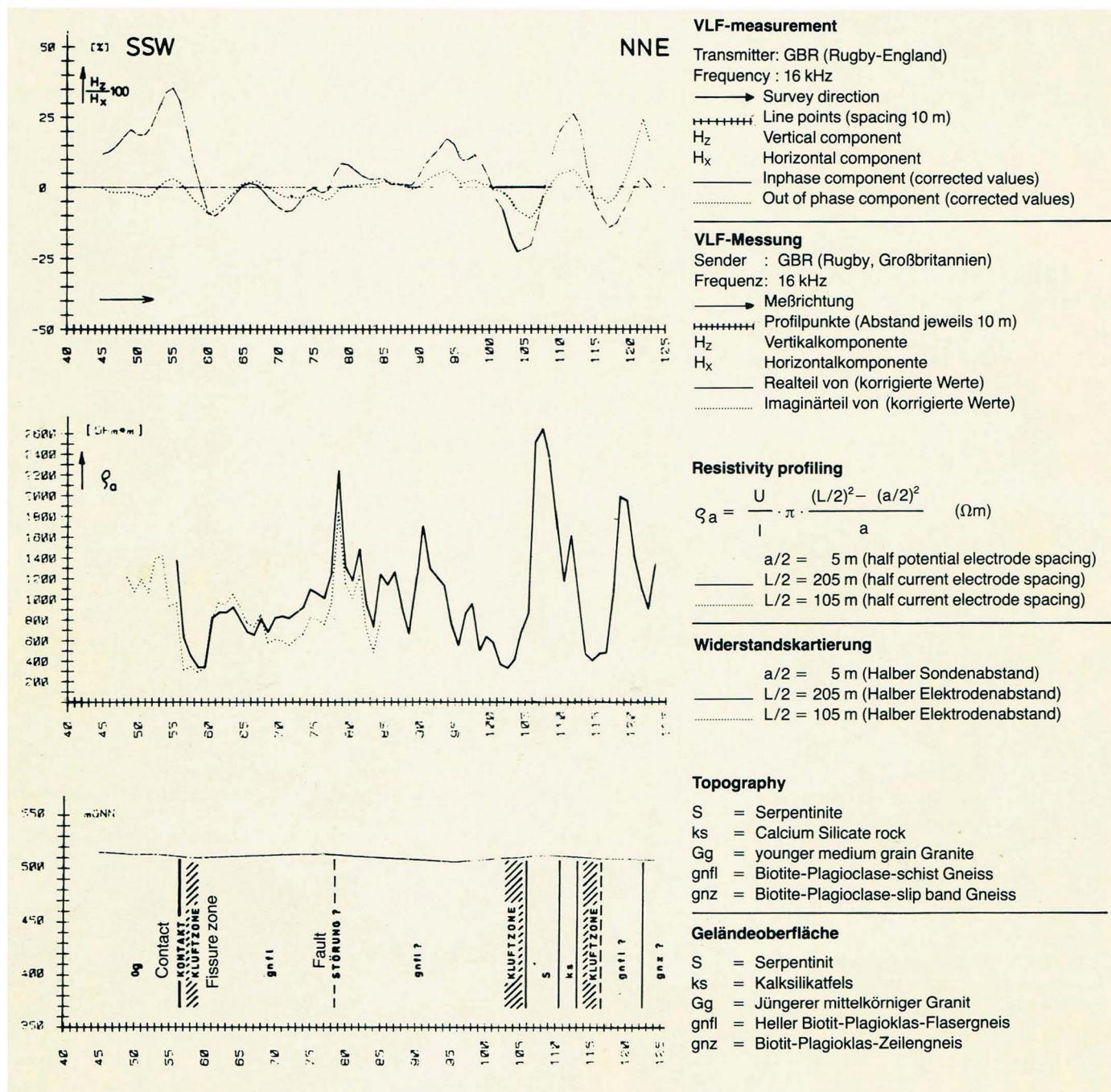
**Abb. 2: Meßprofile mit zugehörigen geologischen Vertikalschnitten**



**Checking a survey point**

**Kontrolle eines Meßpunktes**



Example of a Combined Geoelectric Investigation  
(VLF survey and Resistivity profiling)Beispiel einer kombinierten geoelektrischen Erkundung  
(VLF-Messung und Widerstandskartierung)

PRAKLA-SEISMOS GMBH · HAARSTRASSE 5 · P.O.B. 4767 · D-3000 HANNOVER 1  
PHONE: (5 11) 80 72-1 · TELEX: 9 22 847/9 22 419 · CABLE: PRAKLA · GERMANY

© Copyright PRAKLA-SEISMOS GMBH, Hannover 1981