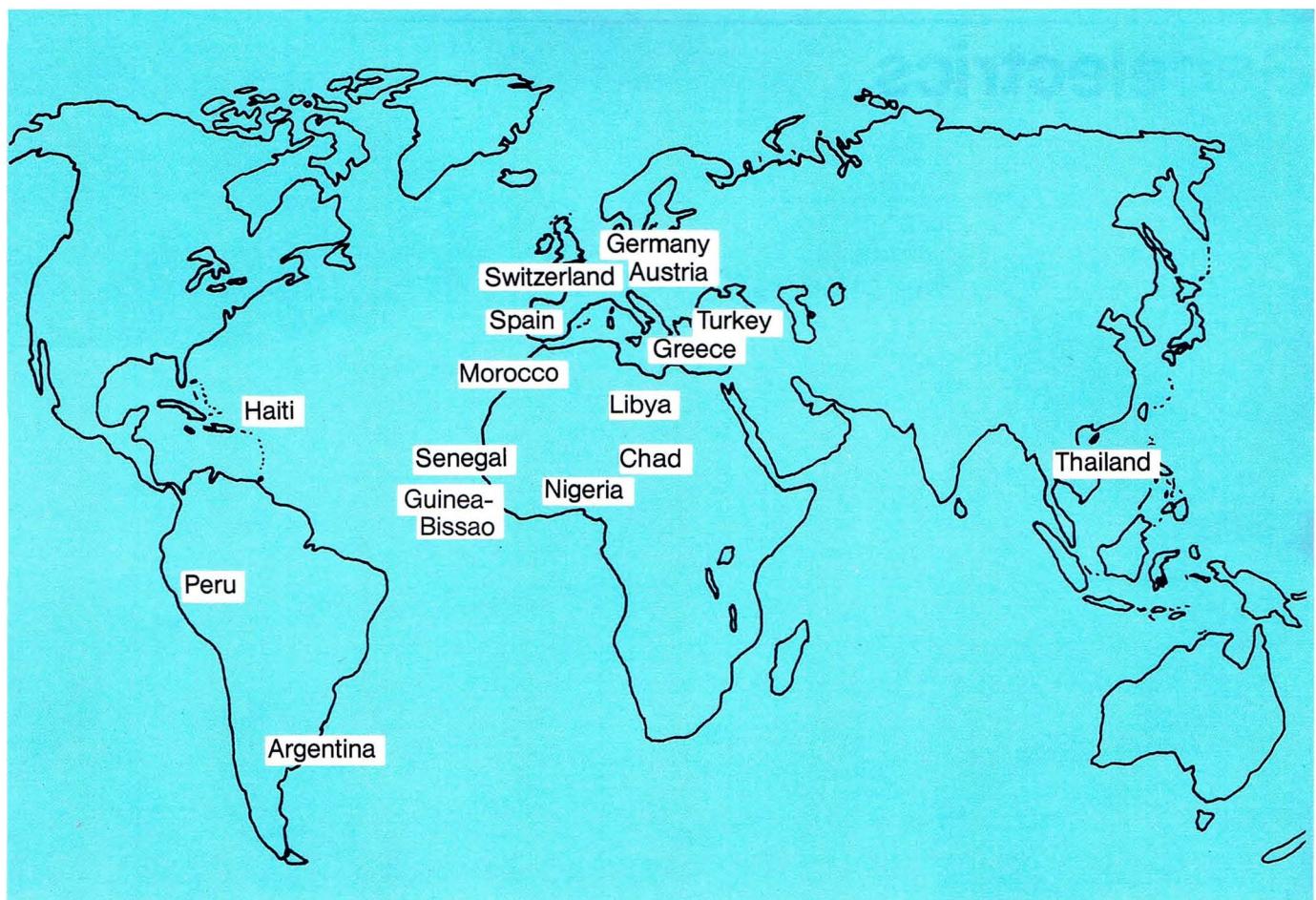


PRAKLA-SEISMOS AG

Geoelectrics





Title page: Survey equipment used in the transient method

Titelbild: Meßapparatur des Transientenverfahrens im Einsatz

Contents

Introduction	3
Application and Survey Methods	4
Survey Methods and Equipment	5
Resistivity Surveys	7
Induced Polarization Surveys (IP)	11
Self-potential Surveys (SP)	15
Electromagnetic Surveys	17

Inhalt

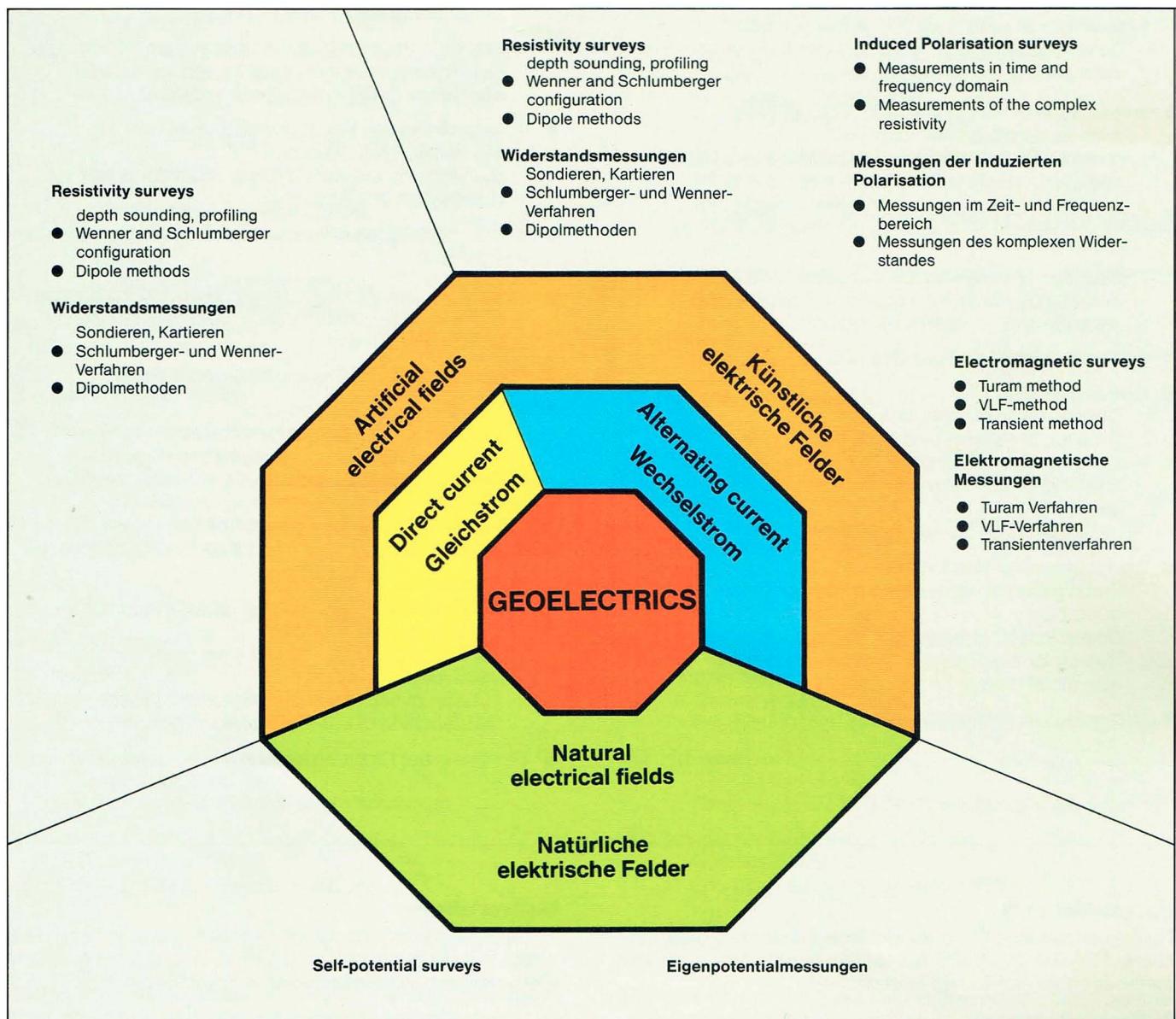
Einführung	
Anwendungsmöglichkeiten und Meßverfahren	
Meßverfahren und Apparaturen	
Widerstandsmessungen	
Messungen der induzierten Polarisierung	
Eigenpotentialmessungen	
Elektromagnetische Messungen	

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

PRAKLA-SEISMOS AG has adapted to the recent turbulent developments in the fields of digital surveying and digital data processing by further developing and/or purchasing modern geoelectric equipment.

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

An die stürmische Entwicklung der letzten Jahre auf den Gebieten der digitalen Meßtechnik und der digitalen Datenverarbeitung hat sich die PRAKLA-SEISMOS AG durch die Weiterentwicklung und/oder den Ankauf modernster geoelektrischer Geräte angepaßt.



Electrical methods are based on the measurement of the different electrical properties of the various subsurface layers. The geoelectrical information received at the earth's surface is dependent upon several factors:

- Geological structure (thickness and extent of layers, veins and fault systems...)
- 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 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 elektrisch leitenden Stoffen, ihre Verteilung, Mineralisation...)

Application

Electrical methods have a wide **spectrum of application** as a result of the 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
 - Determination of borehole location
 - Determination of lithological boundaries
- Prospection of sand, clay and gravel deposits
 - Determination of their extent and thickness
 - Estimation of the material quality
- Investigation of all types of hard rock deposits such as basalt, granite, gabbro...
 - Determination of extent and thickness of deposits and overburden
- Exploration and mapping of ore deposits (stocks, veins)
- Prospection of concentrations of conductive ore minerals especially of massive or disseminated sulphide ores
- Exploration for oil and gas deposits
- Civil engineering
 - Determination of layer structure
 - Location of caverns and faults
 - Location of permeable layers in dam construction
 - Mapping of fault systems in the basement especially for tunnel and dam construction
- Environmental protection
 - Investigation of waste dump sealing prior to dumping
 - Determination of leaks from existing waste dumps
 - Search for metal objects in old waste dumps (e.g. metal drums)
- Determination of direction of subsurface fracs

Anwendung

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
 - Bestimmung von Bohrstandspunkten
 - Bestimmung lithologischer Grenzen
- Prospektion von Sand-, Ton- und Kieslagerstätten
 - Bestimmung ihrer Ausdehnung und Mächtigkeit
 - Abschätzung der Materialbeschaffenheit
- Untersuchung von Hartsteinvorkommen aller Art wie Basalt, Granit, Gabbro...
 - Bestimmung von Ausdehnung und Mächtigkeit von Nutzgestein und Abraum
- Aufsuchen und Kartieren von stock- und gangförmigen Erzvorkommen
- Prospektion von Anreicherungen leitender Erzminerale insbesondere von kompakten oder feinverteilten sulfidischen Erzen
- Aufsuchen von Erdöl- und Erdgasvorkommen
- Baugrunduntersuchungen
 - Feststellung des Schichtenaufbaus
 - Ermittlung von Hohlräumen und Störungen
 - Feststellung wasserdurchlässiger Schichten beim Dammbau
 - Kartierung von Störungssystemen im Grundgebirge, insbesondere im Stollen- und Talsperrenbau
- Umweltschutz
 - Überprüfung der Abdichtung bei Mülldeponien vor dem Anlegen der Deponie
 - Ermittlung der Undichtigkeit einer bestehenden Mülldeponie
 - Aufsuchen von Metallgegenständen in älteren Mülldeponien (z.B. Metallfässer)
- Ermittlung der Richtung eines Fracs im Untergrund

Survey Methods

For the optimum solution of the aforementioned geological problems, PRAKLA-SEISMOS AG applies several proved **survey methods** either individually or combined:

- **Resistivity surveys**
 - DC and AC depth soundings
 - DC and AC profiling
 - Dipole methods
- **Self-potential surveys (SP)**
- **Induced-polarization surveys (IP)**
 - Frequency domain
 - Time domain
 - Measurement of the complex resistivity
- **Electromagnetic surveys**
 - Turam method
 - VLF-method
 - Transient method

Meßverfahren

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

- **Widerstandsmessungen**
 - Gleichstrom- und Wechselstromsondierungen
 - Gleichstrom- und Wechselstromkartierungen
 - Dipolmethoden
- **Eigenpotentialmessungen (SP-Messungen)**
- **Messungen der Induzierten Polarisation (IP-Messungen)**
 - Frequenzverfahren
 - Zeitverfahren
 - Messung des komplexen Widerstandes
- **Elektromagnetische Messungen**
 - Turam-Verfahren
 - VLF-Verfahren
 - Transientenverfahren

Equipment

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)
Installed in survey truck
Power source: 24 V Accumulator
- c) 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
Power source: 24 V Accumulator

2. Induced polarisation

- 2.1 Time/Frequency/Complex resistivity
 - Transmitter: Geotronics Type T2800
 - Receiver : Geotronics Type R5280
 - Power source: Generator
 - Transmitter: Geotronics Type FI-15A
 - Receiver : Huntec M4

Frequency
Time/Freq/
Comp. resist.

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
- 3.3 Transient method
 - Geonics Type EM 37
 - Power source: Generator 400 Hz

The equipment listed under 1c, 2.1 and 3.3 allows digital survey data registration and storage on cassettes or discs.

Processing and preliminary interpretation of survey data on site can be made possible with the help of a computer and plotter (see next page). The use of this facility ensures a continuous check and optimum 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 if necessary.

Apparaturen

Zur Durchführung geoelektrischer Messungen stehen folgende **Apparaturen** 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 Gleichstrommessungen
Festeinbau im Meßwagen
Energieversorgung: 24 V Akku
- c) PRAKLA-SEISMOS Typ ELAD 10 für Gleich- und Wechselstrommessungen (tragbar)
mikroprozessorgesteuert
digitale Direktanzeige des scheinbaren spezifischen Widerstandes
Wahlmöglichkeit unterschiedlicher Rechnerprogramme
Energieversorgung: 24 V Akku

2. Induzierte Polarisation

- 2.1 Zeit/Frequenz/Komplexer Widerstand
 - Sender : Geotronics Typ T2800
 - Empfänger: Geotronics Typ R5280
 - Energieversorgung: Generator
 - Sender : Geotronics Typ FI-15 A
 - Empfänger: Huntec M4

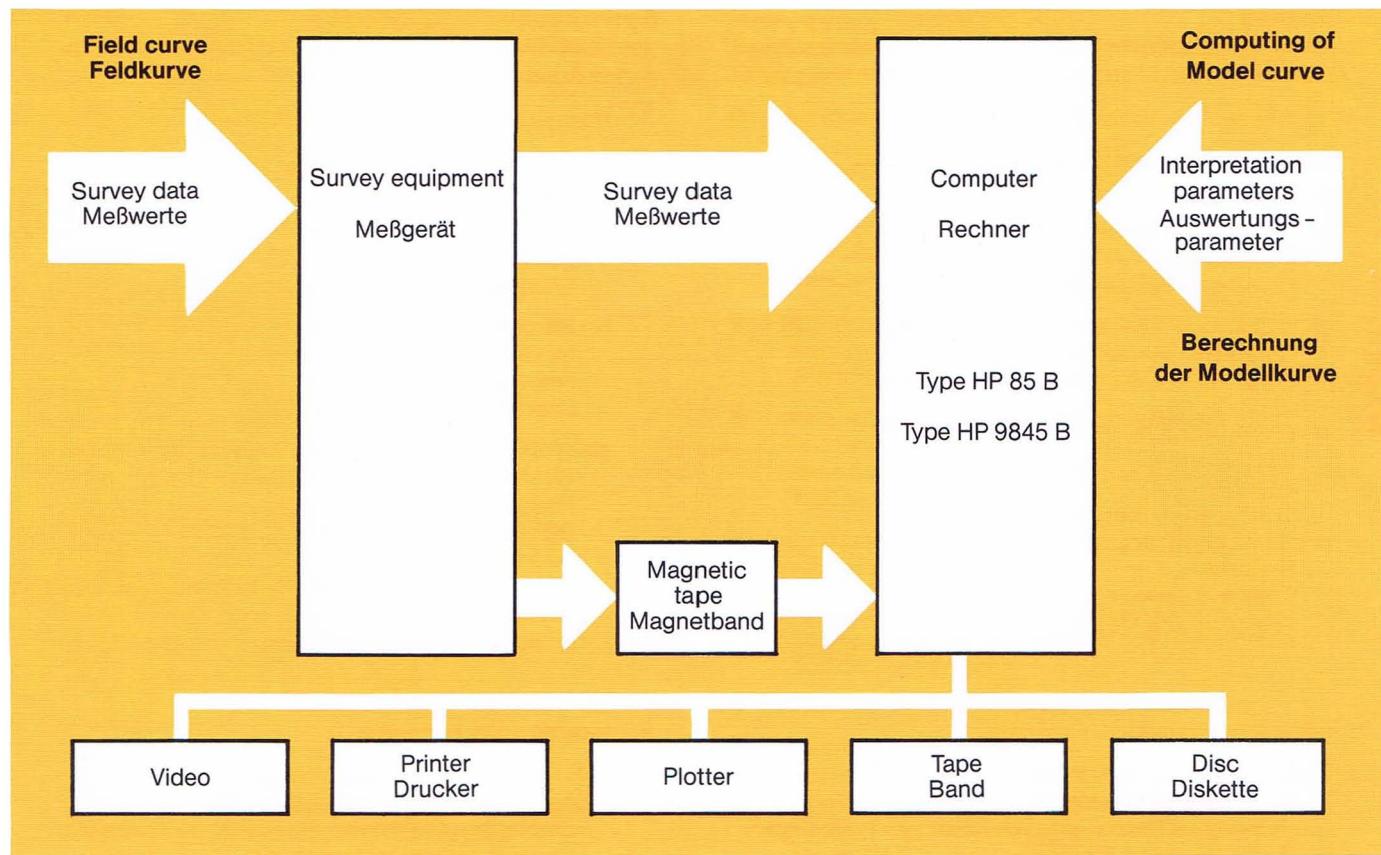
Frequenz
Zeit/Frequenz/
Komplexer
Widerstand

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
- 3.3 Transientenverfahren
 - Geonics Typ EM 37
 - Energieversorgung: Generator 400 Hz

Die Apparaturen 1c, 2.1 und 3.3 gestatten eine digitale Registrierung der Meßergebnisse und ihre Speicherung auf Kassetten bzw. Disketten. Es besteht die Möglichkeit, mit Hilfe eines Rechners und Plotters 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.



Data flow for on-site processing and interpretation of survey data

Datenfluß für Feldbearbeitung und -interpretation von Meßwerten

Computer with disc drive



Rechner mit Diskettenlaufwerk

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

- Determination of the depth and thickness of layers in areas of young sediments with rapid changes of thickness and facies.
- Determination of borehole locations.
- Solution of hydrogeological problems, such as ground-water investigation and determination of salt concentration in waters.
- Proof of horizontal deposits (clay, gravel, limestone, anhydrite, basalt, gabbro, granite...) and the determination of the overburden thickness.
- 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). Consequently a potential difference is produced between two electrodes (potential electrodes S) and the voltage is measured. The geometrical configuration of electrodes and the resistivity distribution in the subsurface define a specific voltage-current relationship, namely the apparent specific resistivity ρ_a . With larger electrode spacing the depth of investigation increases. To simplify the calculation of the specific resistivity certain linear electrode configurations which are symmetrical on either side of the survey point have been proved to work well. The application of *depth sounding* involves a configuration which is expanded step by step over the symmetry point so that the penetration depth is gradually increased.

The change of the apparent specific resistivity ρ_a can be ascertained from the current-voltage measurements. By comparing field curves with theoretical curves the resistivities and thicknesses of the subsurface layers can be determined. Computers enable an optimum data processing. The geological interpretation is made using past experience from the area or – more reliably – by tying in individual exploratory wells. The result of each depth sounding 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 showing depth, thickness and resistivity.

DC resistivity survey equipment EL 10 Gleichstromwiderstandsmeßapparatur EL 10



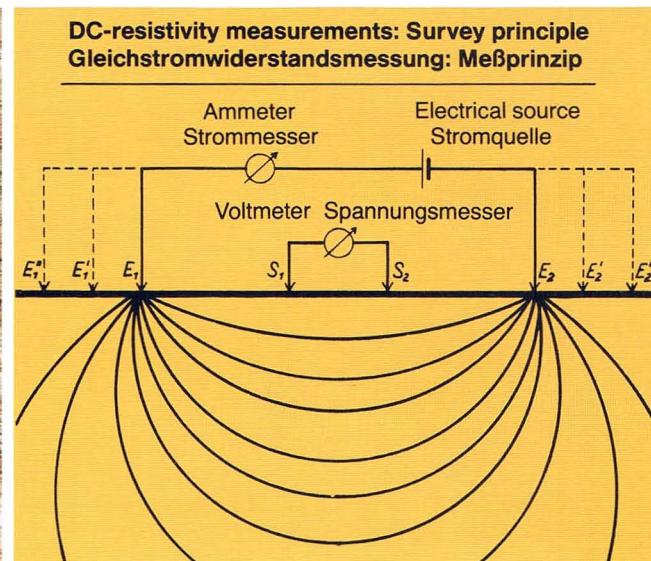
Geoelektrische Widerstandsmessungen sind ein unentbehrliches Hilfsmittel bei der Untersuchung oberflächennaher Schichten. Die Kernstücke der Anwendungsbereiche sind:

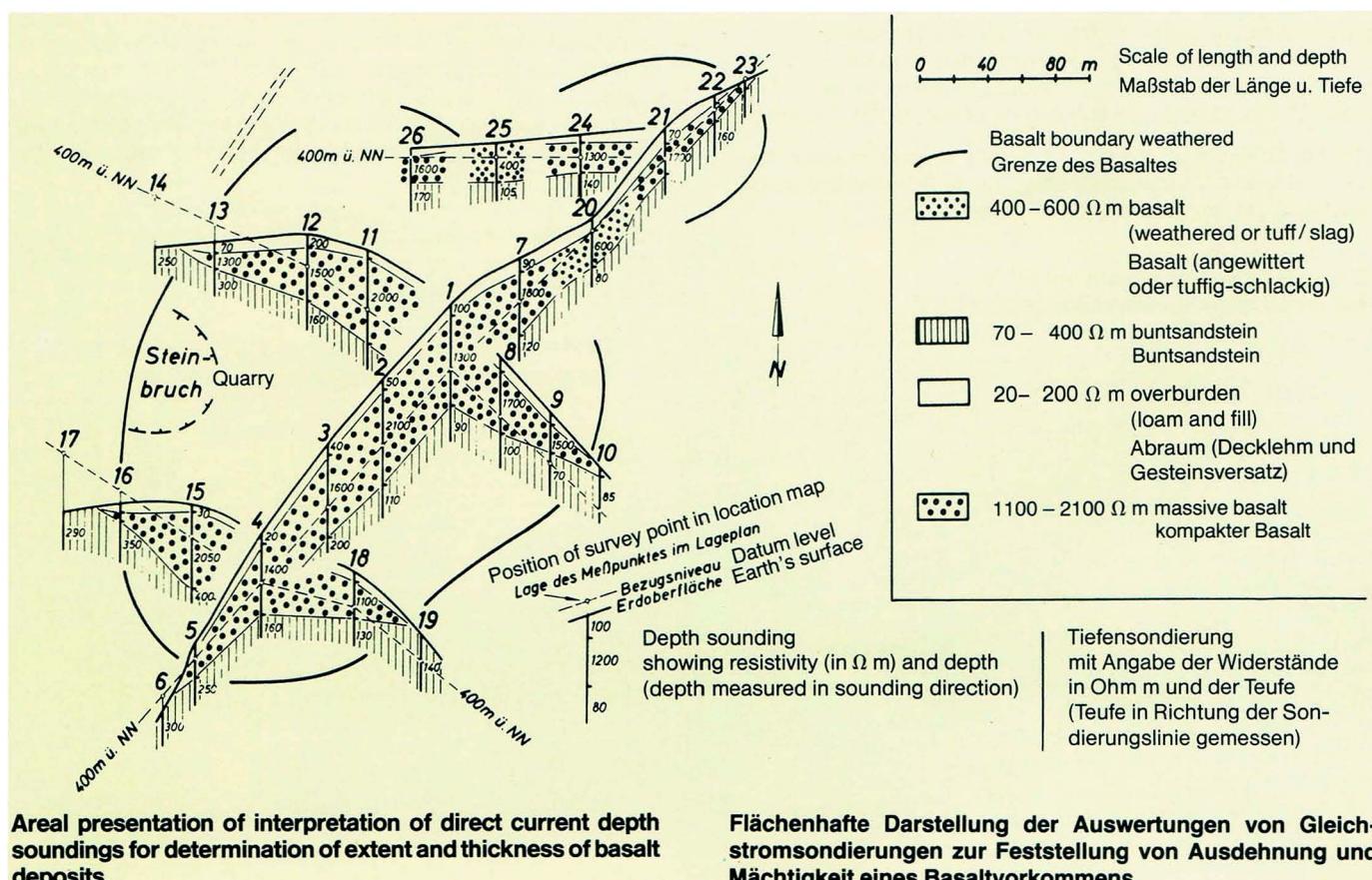
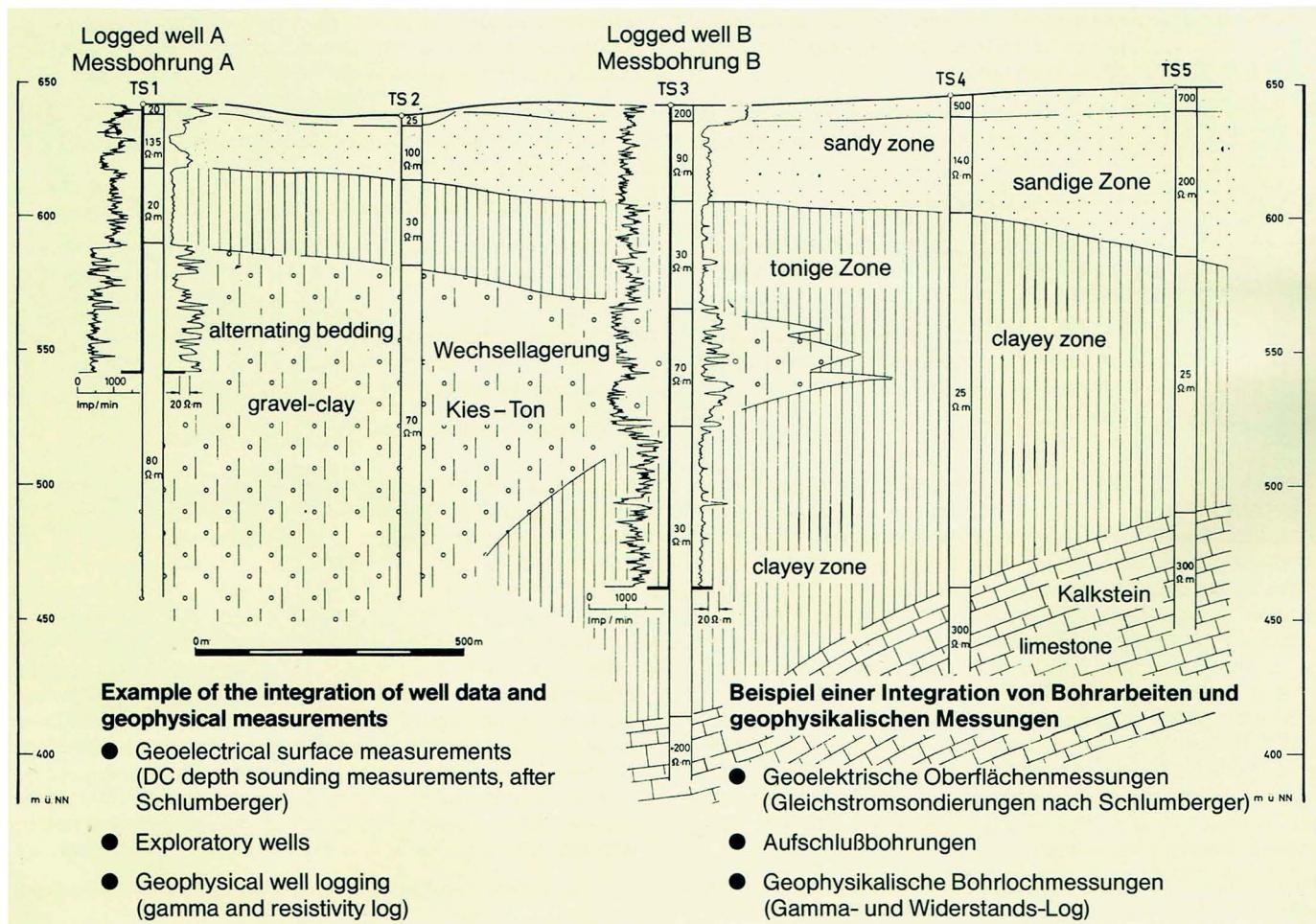
- Bestimmung der Tiefen und Mächtigkeiten von Schichten im Bereich junger Sedimente mit raschen Mächtigkeits- und Fazieswechseln.
- Bestimmung von Bohrungsanzahlspunkten
- Lösung hydrogeologischer Probleme, wie Grundwassererschließung und Bestimmung des Versalzungsgrades von Wässern.
- Nachweis flachliegender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

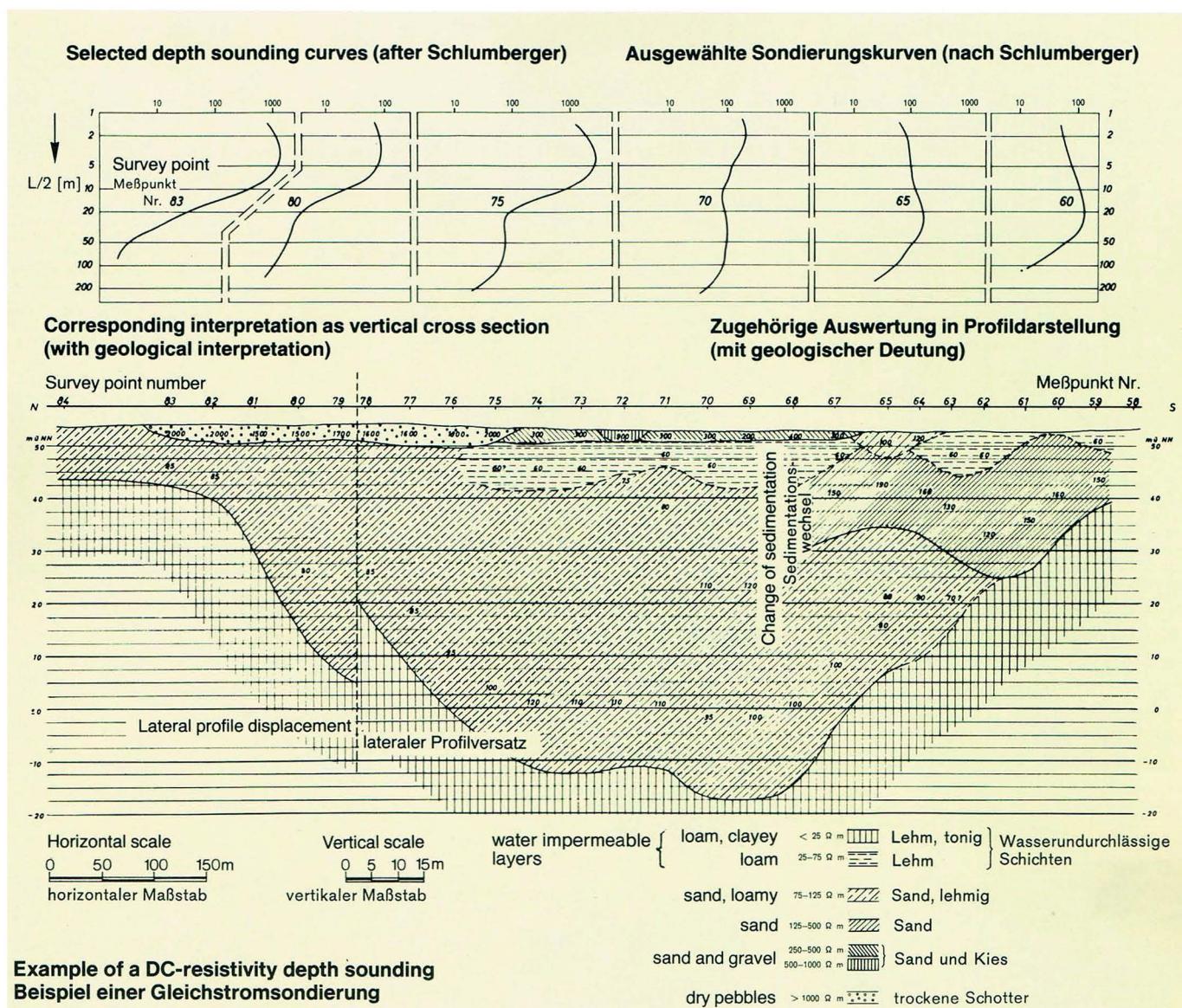
Bei *Gleichstromwiderstandsmessungen* wird dem zu untersuchenden Boden ein elektrisches Feld mit Hilfe zweier Elektroden (E) aufgeprägt. Zwischen zwei Sonden (S) entsteht eine Potentialdifferenz, die als Spannung gemessen wird. Für jede geometrische Anordnung von Elektroden und Sonden und jede im Untergrund vorhandene Widerstandsverteilung gibt es ein bestimmtes Spannungs-Strom-Verhältnis, das scheinbare spezifischen Widerstand ρ_a . Mit Vergrößerung des Elektrodenabstandes nimmt die Erkundungstiefe zu. Um die Berechnung des spezifischen Widerstandes zu vereinfachen, haben sich bestimmte, linienhafte, symmetrische Elektroden-Sonden-Anordnungen um einen Punkt bewährt. Zeigt man eine solche Anordnung über dem Symmetriepunkt schrittweise auseinander, so daß man eine immer größer werdende Tiefenwirkung erzielt, spricht man von einer *Gleichstromsondierung*.

Aus den Strom-Spannungsmessungen wird die Änderung des scheinbaren spezifischen Widerstandes ρ_a ermittelt. Durch den Vergleich Feldkurve – theoretische Kurve lassen sich die Widerstands- und Mächtigkeitsverhältnisse des Schichtenaufbaus bestimmen. Der Einsatz von Rechnern ermöglicht eine optimale Datenbearbeitung. Die geologische Interpretation ergibt sich aus gebietsbezogenen Erfahrungswerten oder – sicherer – aus dem Anschluß an einzelne Aufschlußbohrungen. Die Ergebnisse der Einzelsondierungen können in Säulenform dargestellt werden.

Werden Sondierungen linienhaft oder flächenhaft vorgenommen, können die Ergebnisse in Form von Vertikalschnitten oder als Isolinienpläne von Tiefe, Mächtigkeiten und Widerständen dargestellt werden.





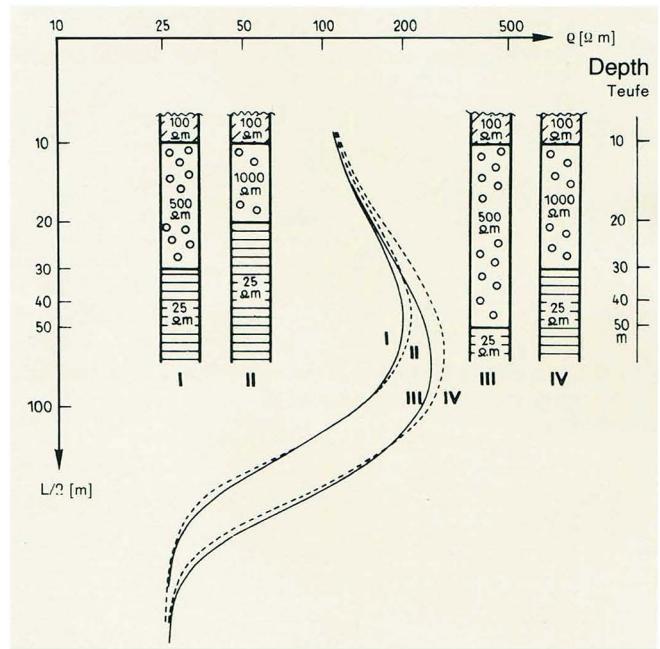
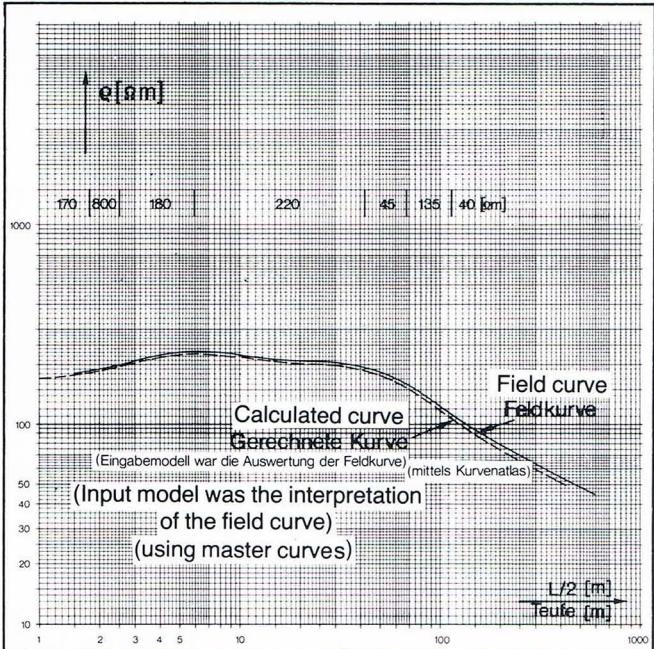


For large scale surveys and other special problems (e.g. plotting fresh water/salt water contacts, tracing specific subsurface inhomogeneities) **DC profiling** is often carried out. Profiling differs from sounding in that only a fixed distance between electrodes is used which has to be suited to the depth of the problem concerned. The advantages are lower costs and shorter survey times, although less information is obtained.

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 using the same procedure. At greater depths deviations resulting from different factors can be expected. In AC measurements the imaginary resistivity component (from capacitance and inductance) and the skin-effect (with increasing frequency displacement of the current flow towards the earth's surface) always play a part. However, AC methods are used in spite of these complications because during such measurements the interference from earth currents, stray currents, induction currents from electric trains and polarization potentials are avoided at the electrodes.

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 Skin-Effekt (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



Gleichstromsondierung

IP-surveys have gained considerable practical importance since the mid-fifties.

Their field of application is:

- Exploration for concentrations of conductive ore deposits, especially concentrated or disseminated sulphide ores.

and furthermore:

- Determination of salt water boundaries in sediments
- Differentiation of salt water bearing and clayey sediments
- Exploration for oil and gas deposits.

This geophysical prospection method, too, uses artificial electric fields to investigate the physical properties of the subsurface, in particular the property of induced polarization caused by the current flow. An important prerequisite for the occurrence of this polarization effect is the variation of the conducting mechanism in the subsurface rock layers.

If a direct current is fed into the ground via two electrodes of a dipole an underground electric field is formed whose properties are reflected at the surface by a characteristic potential distribution. If the primary current is abruptly interrupted the voltage drops rapidly to a specific level of the secondary potential and then decays with time as a transient voltage. The decay time is of the order of seconds or even minutes. A similar behaviour is observed when the current is switched on. The charges, similar to when charging a battery, are separated by the interaction between the metallic conducting mineral and the electrolyte filling of the surrounding rock. This process depends on the minerals surface state and on the pore liquid in the electrolyte. It is possible above an oil or gas deposit that the sulphureous and/or sulphurated hydrogen gases escaping from the deposit effect the precipitation of metal sulphides, which are responsible for the occurrence of the polarization effects.

This method has proved itself to be useful in the exploration for concentrated ore deposits as well as for finely disseminated ore deposits, which can hardly be detected by other methods. Positive experience has also been made with respect to determining a secondary effect over oil and gas deposits.

From this polarization effect it is possible to obtain information by recording the declining potential at a receiver dipole as a function of time (time domain); this yields the apparent polarizability.

When operating in the frequency domain, rectangular currents of two, or more, frequencies are used instead of interrupted direct current. Since the build-up and decay times of polarization are finite, the apparent specific resistivity decreases with increasing frequency. Two, or more, different apparent resistivities are obtained, from which the percent frequency effect (PFE) and the metal factor (MF) can be derived.

The complex resistivity survey represents a method in which the transmitter and receiver signal can be compared with one another in amplitude and phase. Consequently both the in-phase and out-of-phase components (real and imaginary parts) of the specific resistivity can be analysed.

IP-surveying is carried out along lines and by increasing the transmitter-receiver distance the depth of investigation can likewise be regularly increased.

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

Anwendungsgebiet ist die

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

ferner aber auch die

- Feststellung von Salzwassergrenzen in Sedimenten
- Unterscheidung von salzwasserführenden und tonigen Sedimenten
- Aufsuchung von Erdöl- und Erdgasvorkommen.

Auch bei dieser geophysikalischen Prospektionsmethode werden die physikalischen Eigenschaften des Erdbodens mittels künstlicher elektrischer Felder untersucht, speziell die Eigenschaft der durch den elektrischen Stromfluß hervorgerufenen induzierten Polarisation. Eine wesentliche Voraussetzung für das Auftreten der Polarisationserscheinungen ist die Änderung des Stromleitungsmechanismus in den Gesteinschichten des Untergrundes.

Wird über zwei Elektroden eines Dipoles Gleichstrom in den Boden geleitet, baut sich im Untergrund ein elektrisches Feld auf, dessen Eigenschaften sich an der Erdoberfläche durch eine charakteristische Spannungsverteilung widerspiegeln. Wird der Primärfluß schlagartig unterbrochen, so fällt die Spannung sofort steil ab bis auf ein bestimmtes Niveau der Sekundärspannung, um dann als Transientenspannung mit der Zeit abzunehmen. 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 Wechselwirkungen zwischen metallisch leitendem Mineral und Elektrolytfüllung des Nebengesteins getrennt. Dieser Vorgang ist von der Oberflächenbeschaffenheit des Minerals und der Porenflüssigkeit im Elektrolyten abhängig. Oberhalb einer Erdöl- oder Erdgaslagerstätte können die aus der Lagerstätte nach oben entweichenden Schwefel und/oder schwefelwasserstoffhaltigen Gase das Ausfällen von Metallsulfiden bewirken, die jetzt für das Auftreten der Polarisationseffekte verantwortlich sind.

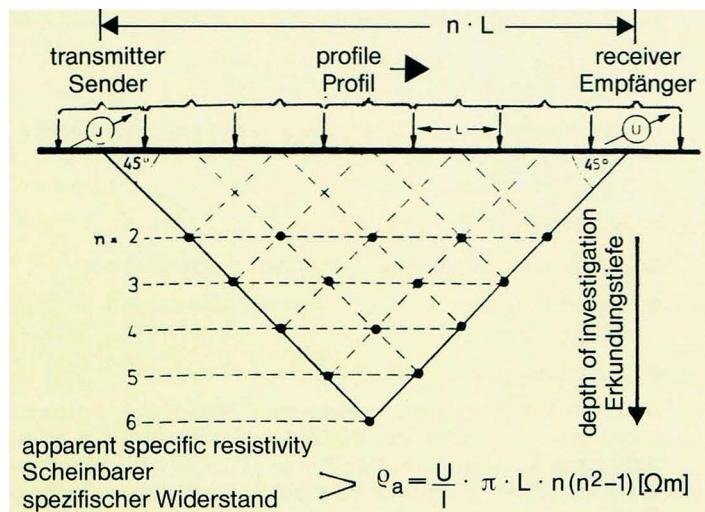
Diese Methode hat sich sowohl bei kompakten Erzvorkommen als auch bei feinverteilten Erzvorkommen, die anders kaum entdeckt werden können, gut bewährt. Ebenso sind gute Erfahrungen zur Bestimmung eines Sekundäreffektes von Erdöl- bzw. Erdgaslagerstätten gemacht worden.

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 Polarisation 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 (PFE) und der Metallfaktor (MF) abgeleitet werden können.

Die Messung des komplexen Widerstandes stellt eine Methode dar, bei der Sende- und Empfangssignal in Amplitude und Phase miteinander verglichen werden. So können beide, die phasengleichen und phasenverschiedene Komponenten (Real- und Imaginärteil) des spezifischen Widerstandes analysiert werden.

IP-Messungen erfolgen auf Profilen, wobei durch Erweiterung der Sender-Empfängerdistanzen die Erkundungstiefe in gesetzmäßiger Weise vergrößert werden kann.

**IP-configuration**

The depth of investigation is defined by the distance between transmitter and receiver dipoles

IP-Anordnung

Die Erkundungstiefe wird bestimmt durch den Abstand zwischen Sender- und Empfängerdipol



IP-transmitter IP-Sender

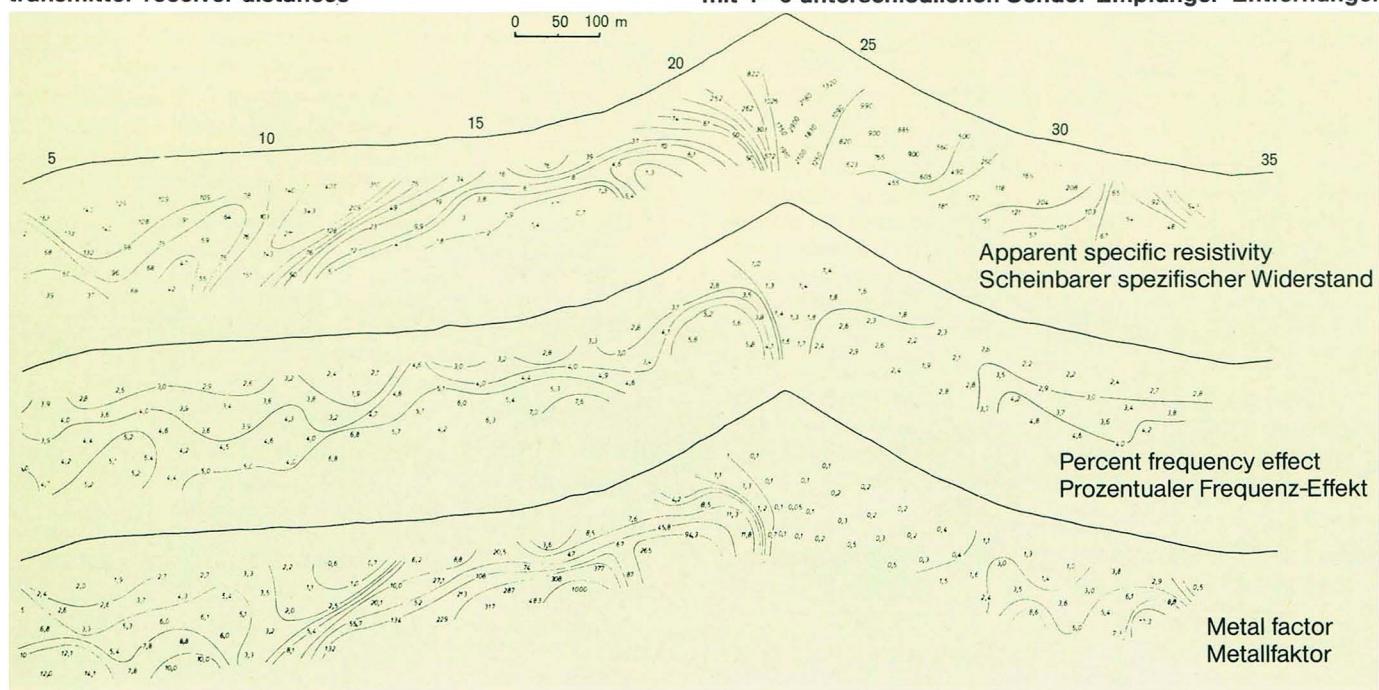


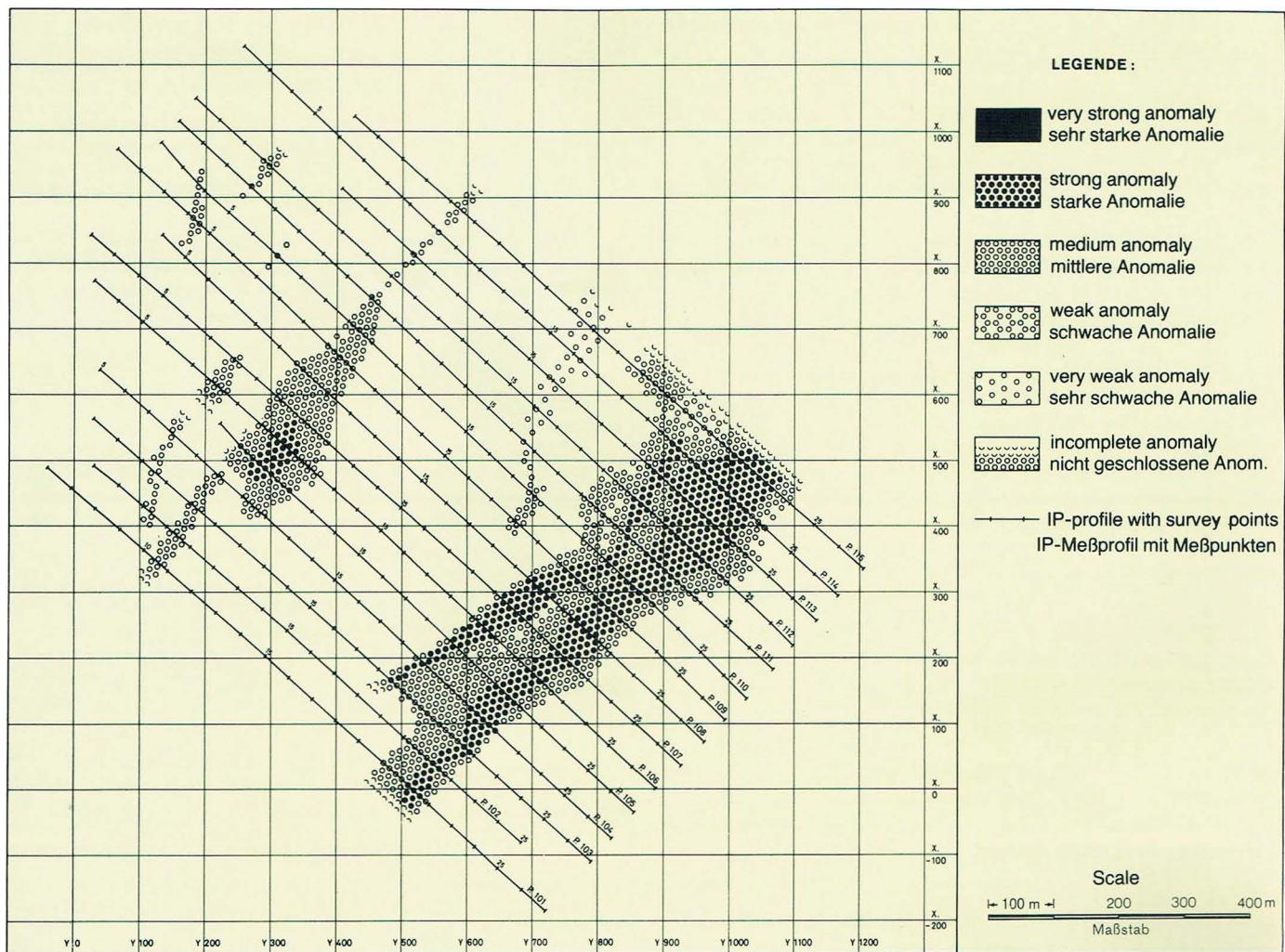
IP field layout IP-Feldauslage

IP-receiver IP-Empfänger

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



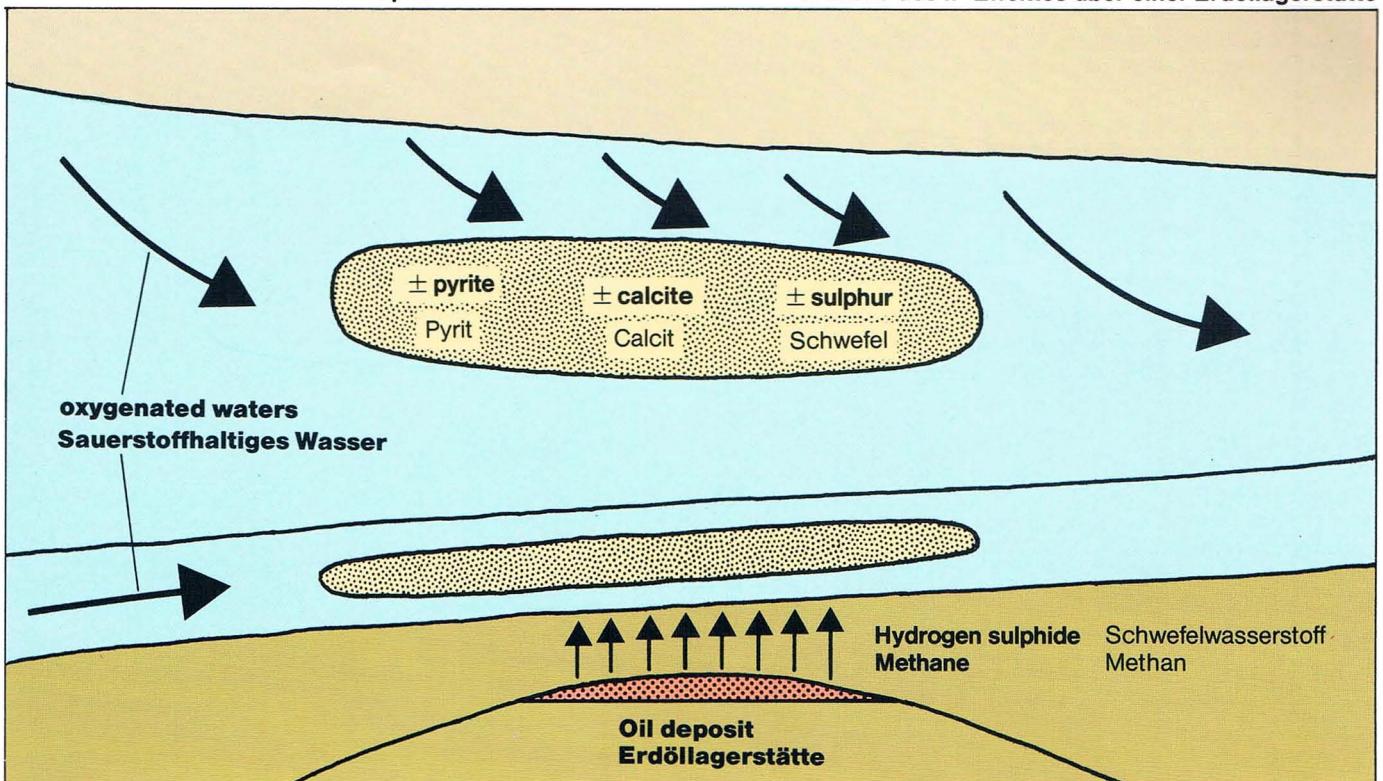


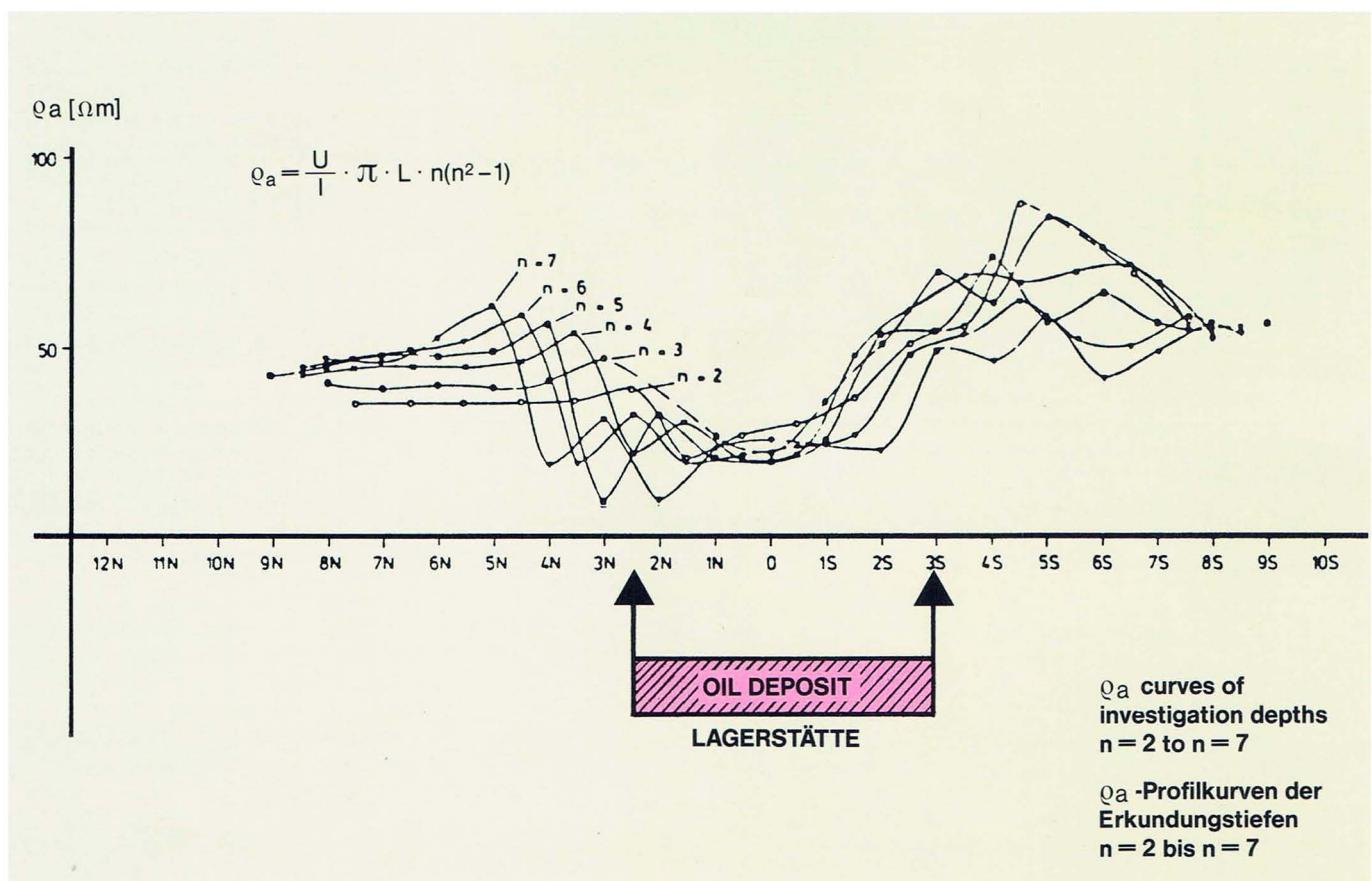
Mapping of sulphide ore deposits using IP-surveying

Kartierung sulfidischer Erzvorkommen mit IP-Messungen

Cause of the IP effect over an oil deposit

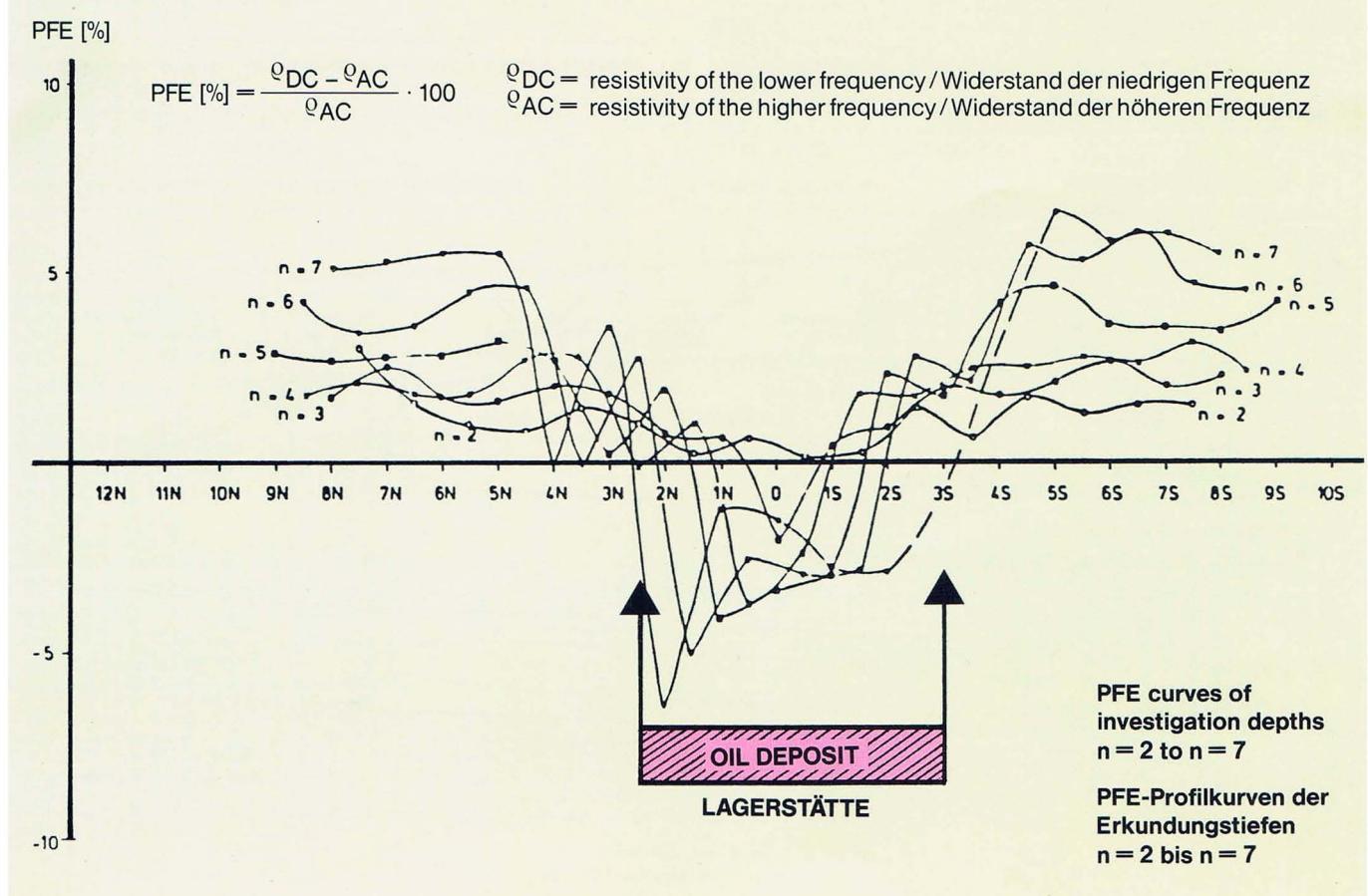
Ursache des IP-Effektes über einer Erdöllagerstätte





IP-survey over an oil deposit

IP-Messung über einer Erdöllagerstätte



Self-potential surveys (SP) are suitable

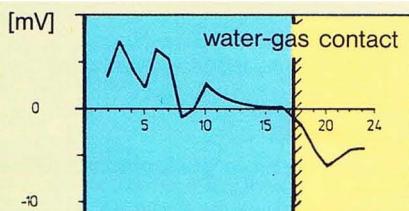
- for the exploration and mapping of concentrated ore deposits occurring as stocks and veins.
- for mapping fault systems in the basement, especially with regard to initial investigations in mining and dam building.
- for determining leakage in existing waste dumps.
- for simultaneous surveying in frac location for determining the time and direction of fracture (specially for frac location potential surveys of the natural fields - self-potential surveys - as well as surveys of the artificially produced fields).

The self-potential is the natural electrical potential existing in the earth, a geological body or some other survey object. Between two points in the ground a natural potential difference exists which can be as much as several volts or as little as a fraction of a millivolt (mV). In fact every survey on naturally moist ground means surveying over an electrolyte.

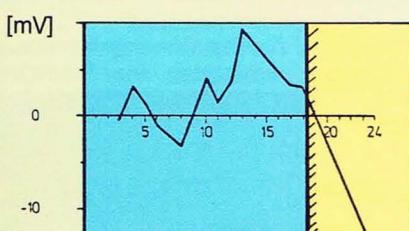
There are various ways in which self potentials can arise, such as:

- Contact potentials, occur when rocks with different physical or chemical properties come into contact with one another. As a result of chemical reactions electrical currents arise at the rock contact surfaces.
- Filtration potentials, occur in near-surface permeable rocks through which liquid (water) flows.
- Flow potentials, arise at rivers for example.
- Redox potentials, occur when the upper part of an ore body comes into contact with an electrolyte where the pore water contains a high proportion of O₂. As a result of the oxidation process electrical currents are likewise produced.

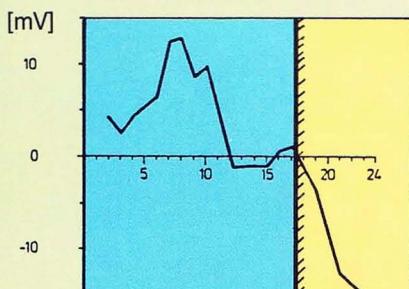
The potential differences are measured by means of up to 216 nonpolarizable electrodes and one or several base station electrodes.



Profile 1



Profile 2



Profile 3

Self-potential survey over a gas reservoir
Eigenpotentialmessung über einem Gasspeicher

Eigenpotentialmessungen (SP) 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.
- Ermittlung der Undichtigkeit einer bestehenden Mülldeponie
- Parallelmessungen in der Fracortung zur Bestimmung des Zeitpunktes und der Richtung des Aufbruches (speziell bei der Fracortung werden sowohl Potentialmessungen des natürlichen (Eigenpotentialmessungen) als auch eines künstlich angeregten Feldes gemacht).

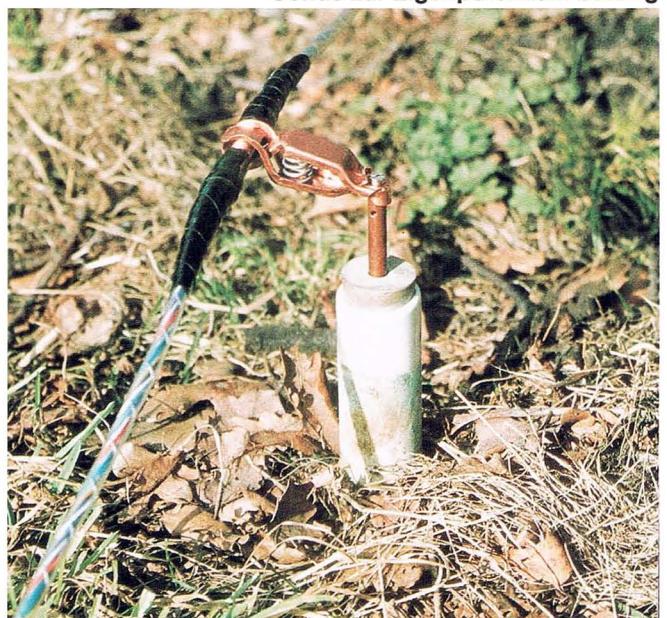
Eigenpotential ist das dem Erdboden, geologischer Körper oder anderem Meßobjekt eigene natürliche elektrische Potential. Zwischen zwei Punkten des Erdbodens besteht eine natürliche Potentialdifferenz. Sie kann einige Volt oder nur Bruchteile von einem Millivolt (mV) betragen. Jede Messung am naturfeuchten Boden bedeutet eine Messung an einem Elektrolyten.

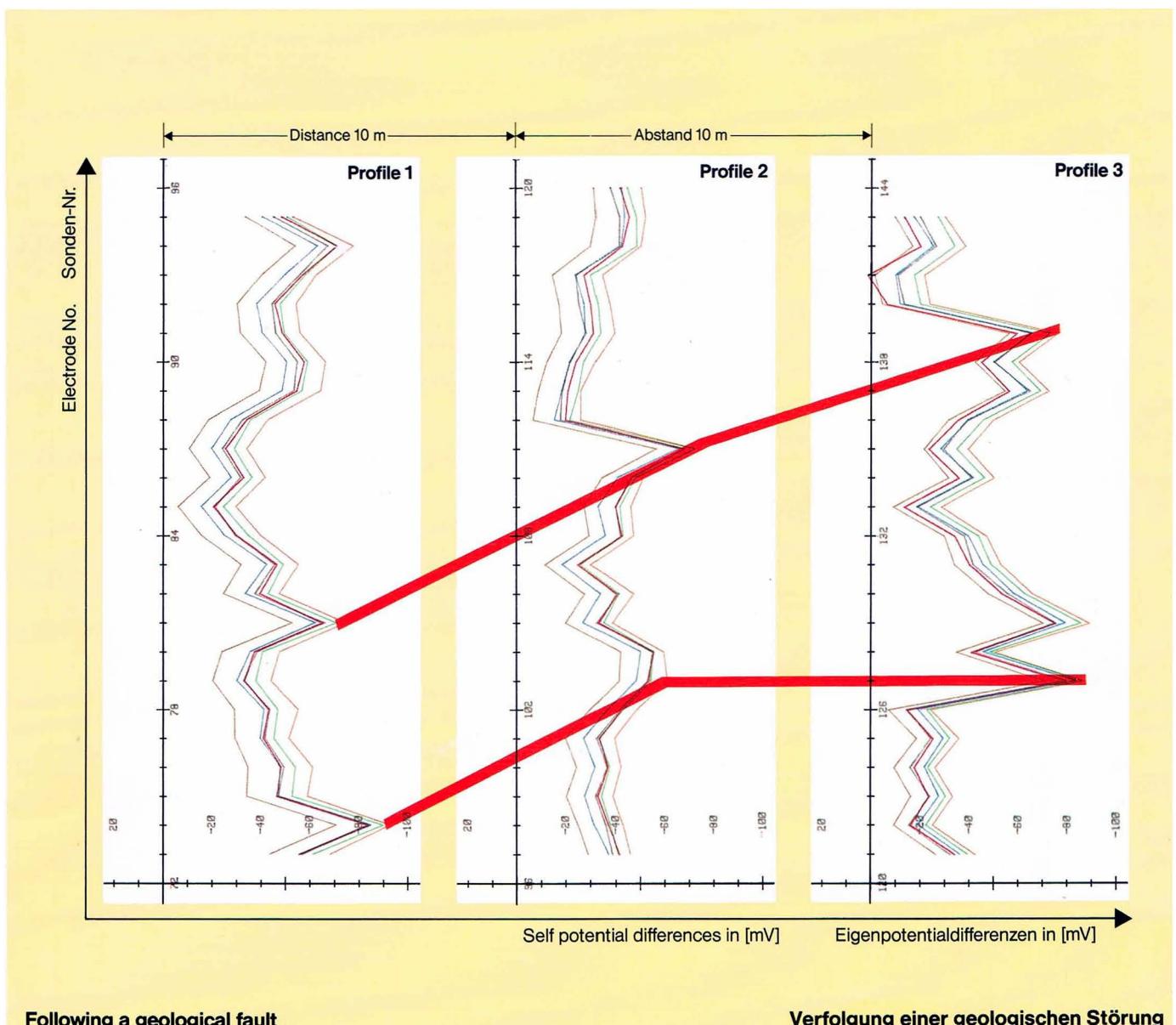
Verschiedene Entstehungsmöglichkeiten von Eigenpotentialen sind möglich, u. a.:

- Kontaktpotentiale
Gesteine mit verschiedenen physikalischen oder chemischen Eigenschaften, die miteinander in Kontakt kommen. An den Berührungsflächen der Gesteine entstehen durch chemische Reaktionen elektrische Ströme.
- Filtrationspotentiale treten in oberflächennahen permeablen Gesteinen auf, wenn hier Flüssigkeit (Wasser) in Bewegung ist.
- Strömungspotentiale treten bei freien Strömungen (Flüsse) auf.
- Redox-Potentiale treten auf, wenn ein Erzgang mit seinem oberen Teil in einen Elektrolyten hineinragt, dorthin, wo das Porenwasser einen hohen O₂-Gehalt aufweist. Durch die nun auftretenden Oxydationsvorgänge werden ebenfalls elektrische Ströme hervorgerufen.

Mit bis zu 216 nicht polarisierbaren Meßsonden und einer oder mehreren Basissonden werden die Potentialdifferenzen ermittelt.

Electrode for self-potential survey
Sonde zur Eigenpotentialmessung





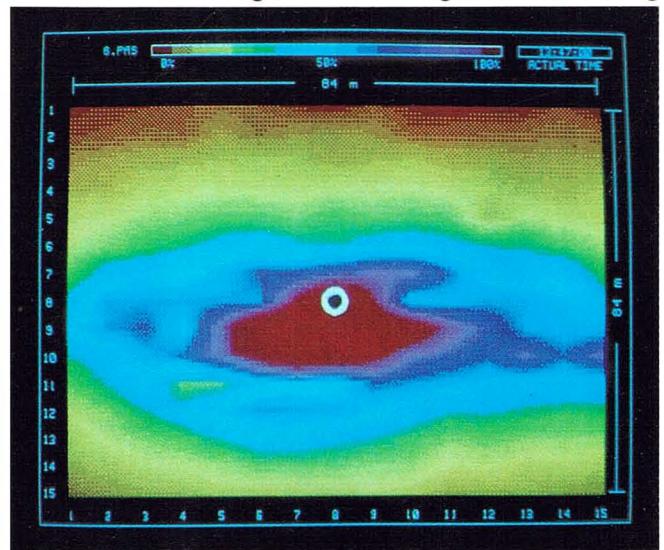
Following a geological fault

Verfolgung einer geologischen Störung

Self-potential survey during frac location
Eigenpotentialmessung bei einer Frac-Ortung



Presentation of results showing frac location
Ergebnisdarstellung einer Frac-Ortung



Electromagnetic survey methods have mainly proved to be useful in the investigation of inhomogeneities in geological structure, for example,

- Exploration and mapping of deposits occurring as stocks and veins
- Civil Engineering projects in which it is important to recognize faulting in the foundation rock (mining, tunnelling, dam construction...)
- Ore prospection
- Thermal water exploration
- Detection of metals in waste dumps.

Electromagnetic methods are based on the inductive measurement of the alternating magnetic field which is produced by an alternating current passed into the ground. The various methods applied nowadays differ from one another in respect of the geometry, of the transmitting and receiving equipment and of the ground coupling. Present techniques include the *Turam* and *VLF-methods*, etc.

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

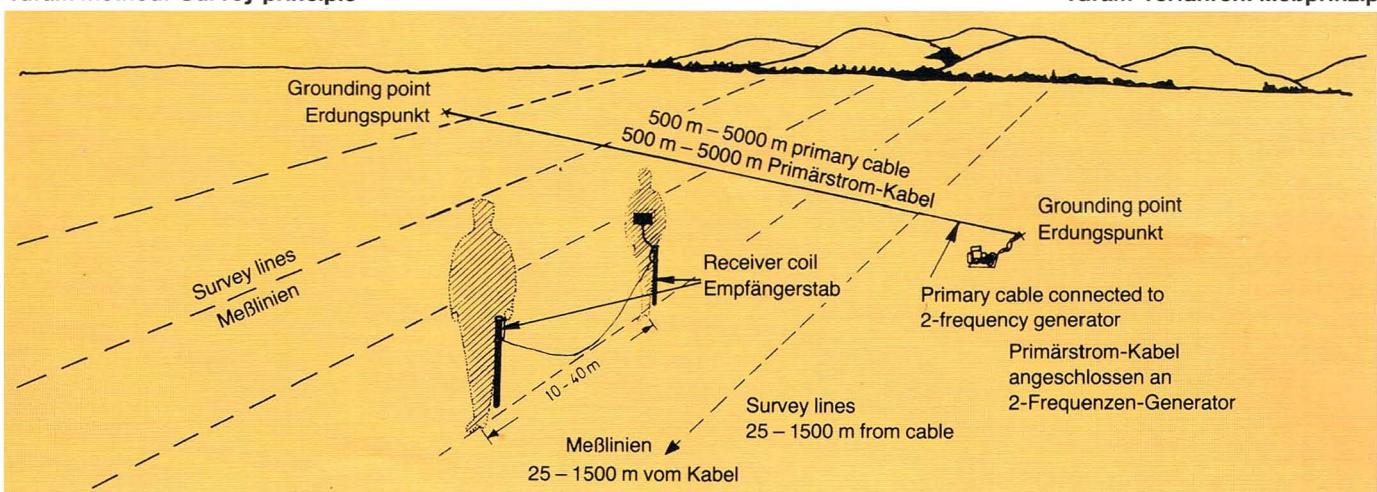
Die **elektromagnetischen Aufschlußverfahren** haben sich hauptsächlich bei der Erkundung von Inhomogenitäten im geologischen Aufbau bewährt, z.B.:

- 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...).
- Erzprospektion
- Thermalwassersuche
- Metallsuche in Mülldeponien

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, in den Sende- und Empfangseinrichtungen und in der Ankopplung an den Boden. Darunter fallen das *Turam*- und *VLF*-Verfahren, u.a.

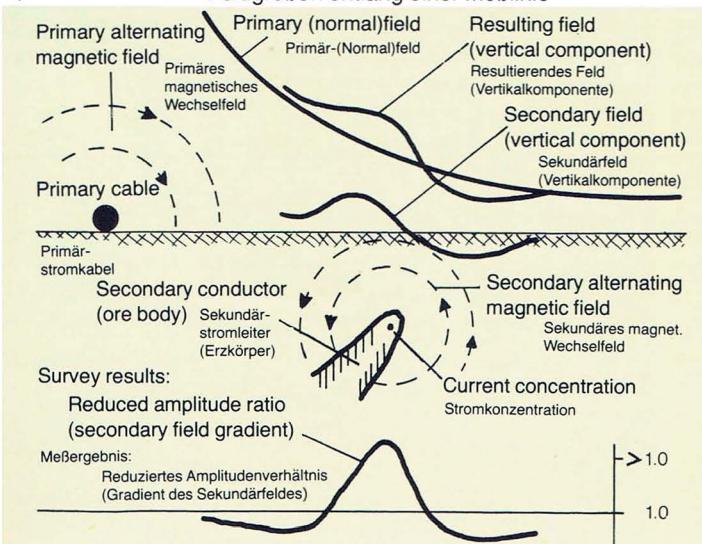
Für spezielle Probleme ist es natürlich möglich, jede andere gewünschte Sender-Empfänger-Anordnung zu benutzen.

Turam method: Survey principle



Turam method: Characteristics of relevant field parameters along a survey line

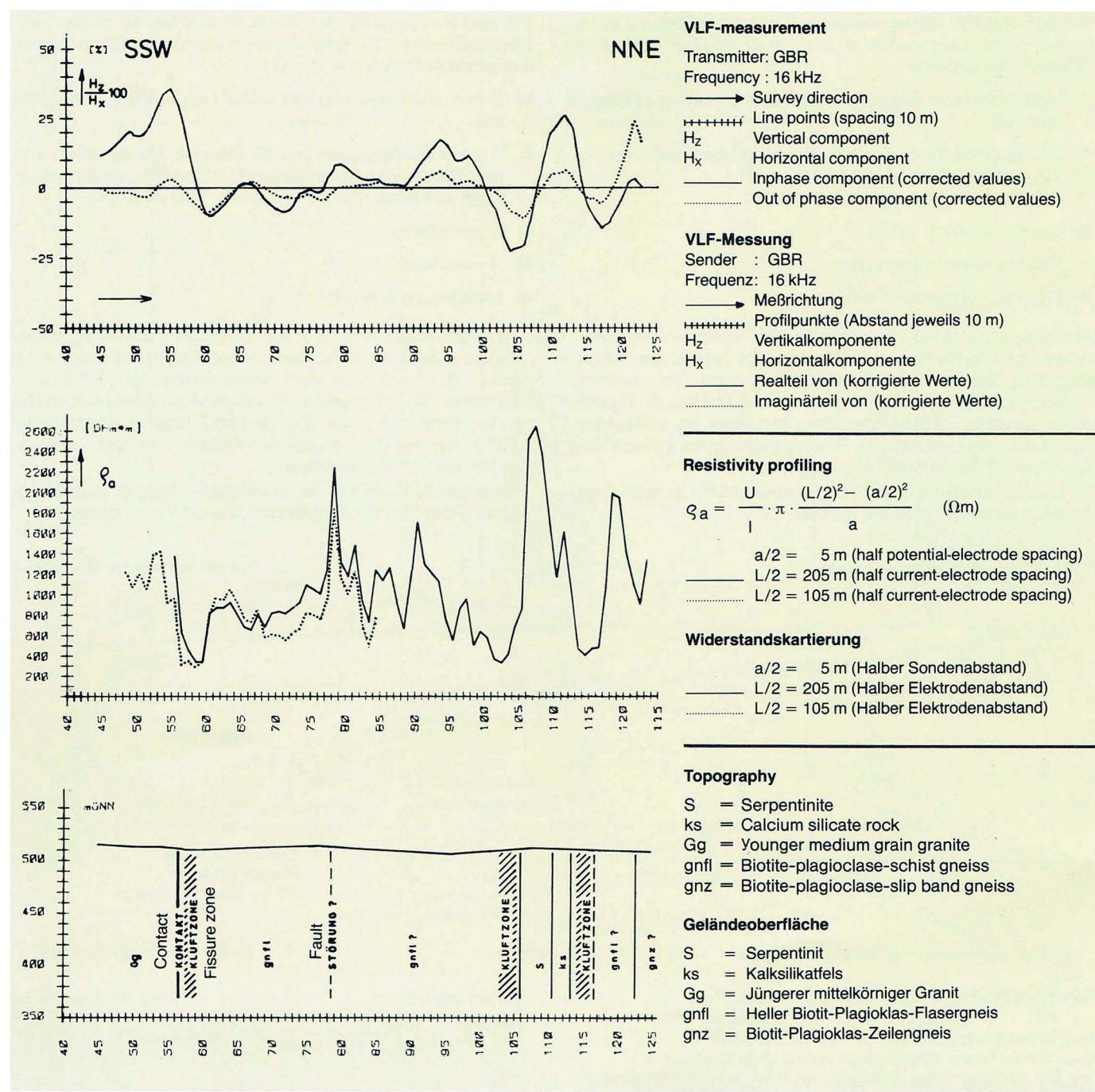
Turam-Verfahren: Verlauf der interessierenden Feldgrößen entlang einer Meßlinie



Turam equipment



Turam-Meßapparatur



Example of a combined geoelectric investigation (VLF-survey and resistivity profiling)

Beispiel einer kombinierten geoelektrischen Erkundung (VLF-Messung und Widerstandskartierung)

In the *transient method* the transmitter current of the primary field is made up of a number of alternating bipolar current pulses. The decay time of the secondary field is then measured during transmitter off-time, i.e. when the primary field no longer exists. Different transmitter current frequencies are possible.

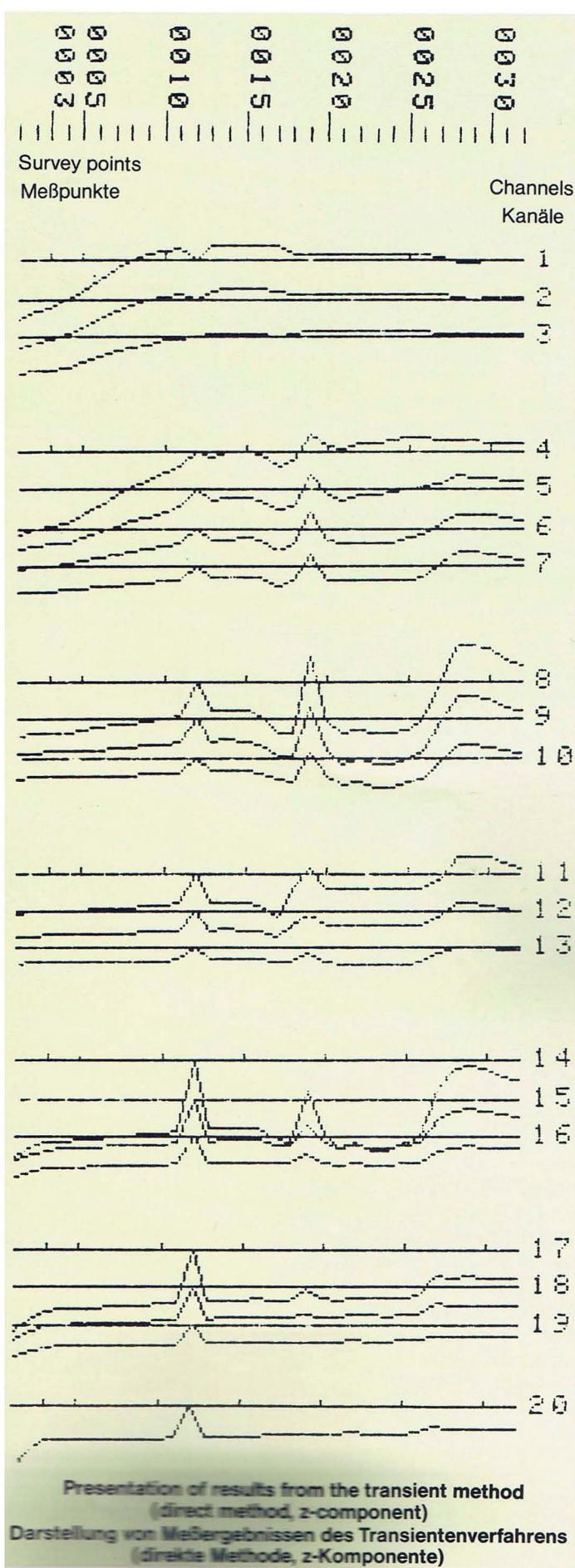
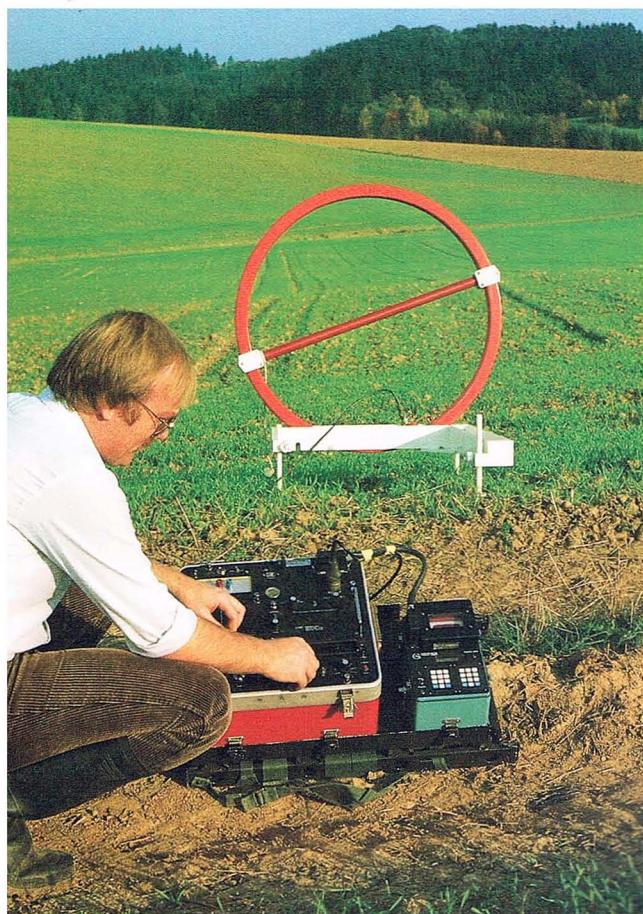
Two survey methods exist and are applied for different tasks: in the direct method the transmitter loop remains stationary while the receiver loop is moved from one survey point to the next; in resistivity sounding the transmitter loop, which is square, is moved along the survey line and measurement is made at the centre of the loop. Prospection depths are about 500 m.

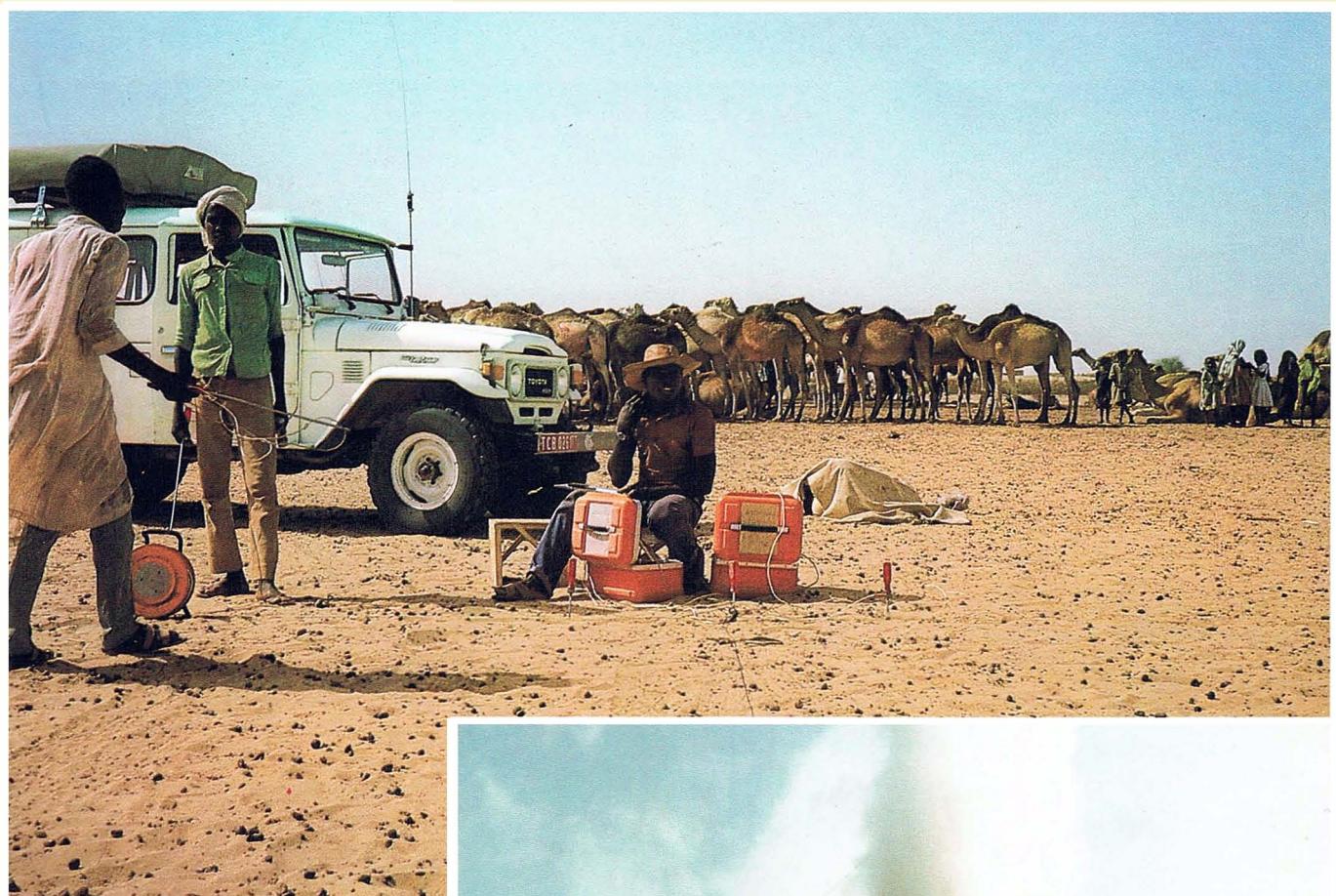
Beim *Transientenverfahren* besteht der Sendestrom des Primärfeldes aus einer Anzahl wechselnder bipolarer Stromimpulse. Gemessen wird die Abklingzeit des sekundären Magnetfeldes während der stromlosen Phase, also wenn das Primärfeld nicht mehr vorhanden ist. Verschiedene Frequenzen des Sendestromes sind möglich.

Der jeweiligen Aufgabenstellung angepaßt bestehen zwei Meßmethoden: bei der direkten Methode bleibt die Sendeschleife liegen und die Empfängerspule wird von Meßpunkt zu Meßpunkt bewegt. Bei der Widerstandssondierung ist die Sendeschleife quadratisch und wird auf dem Profil bewegt, gemessen wird jetzt im Zentrum der Schleife. Die Prospektionstiefe beträgt ca. 500 m.



Survey equipment used in the transient method
Meßapparatur des Transientenverfahrens im Einsatz





African field work
Afrikanische Meßimpression



“Birth” of a thermal spring
(photo: Klöckl, Bad Radkersburg)
(Depth : 1800 m,
water temperature: 80°C)

„Geburt“ eines Thermalbades
(Foto: Klöckl, Bad Radkersburg)
(Bohrteufe: 1800 m,
Wassertemperatur: 80°C)



PRAKLA-SEISMOS AG · BUCHHOLZER STR. 100 · P.O.BOX 510530
D-3000 HANNOVER 51 · FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY
PHONE: (511) 64 20 · TELEX: 922847 + 922419 + 923250 · TELEFAX: 6422193
© Copyright PRAKLA-SEISMOS AG