

# Die Anwendung geoelektrischer Sondierverfahren in der Bautechnik

Autor(en): **Fisch, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **115/116 (1940)**

Heft 21

PDF erstellt am: **19.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-51180>

## **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.

INHALT: Die Anwendung geoelektrischer Sondierverfahren in der Bautechnik. — Naturschutz und Landschaftsgestaltung. — Lichtentzug durch Nachbarbauten. — Mitteilungen: Messung von Pressgas mit einer Pflichterfüllung und Hilfsbereitschaft.

Gasuhr im Nebenschluss. Offenhaltung von Verkehrsstrassen im Winter. Eidg. Techn. Hochschule. Der Bau der Prugelstrasse. — Nekrologe: Julius Ammann. Albert Fritz. — Literatur: Naturschutz im Kanton Zürich. —

Band 115

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 21

## Die Anwendung geoelektrischer Sondierverfahren in der Bautechnik

Von Dr. W. FISCH, Geologe, Zürich

Die geophysikalischen Verfahren bezwecken die Untersuchung des Untergrundes auf der Grundlage der physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Schichten, wie Dichte, Elastizität, magnetische Suszeptibilität und elektrische Leitfähigkeit.

Für die Bedürfnisse der Bautechnik haben sich die geoelektrischen und von diesen besonders die sog. *Widerstandsmethoden* als am geeignetsten erwiesen. Sie beruhen auf der verschiedenen elektrischen Leitfähigkeit der einzelnen Gesteinsschichten. Diese wird in erster Linie durch den Wassergehalt und dessen Gehalt an Ionen bedingt, während die Gesteinsmasse an sich praktisch als Nichtleiter zu betrachten ist. Immerhin spielt die Struktur des Gesteins eine sehr wichtige Rolle, da sich je nach Porenvolumen, Porenform und Porenverteilung für den bergfeuchten und den wassergetränkten Zustand bestimmte Leitfähigkeiten ergeben, die sich bei den einzelnen Gesteinen innerhalb gewisser Grenzen bewegen.

Wird mittels einer Trockenbatterie über zwei etwa 30 cm tief in den Boden eindringende Metallstäbe (Stromelektroden  $S_1, S_2$ , Abb. 1a) ein künstlicher Stromdurchgang durch den Untergrund erzeugt, so bildet sich in diesem und damit auch an der Oberfläche eine ganz bestimmte Potentialverteilung. Im Falle einer zur Oberfläche parallelen Schichtfolge hängt jene ab von der spezifischen Leitfähigkeit und der Mächtigkeit der einzelnen Schichten, sowie der Anordnung der Stromelektroden. Mit Hilfe von zwei weiteren Elektroden (Potentialelektroden  $P_1, P_2$ ) kann an einem Potentiometer das für den betreffenden Untergrund spezifische Potentialgefälle an der Oberfläche gemessen werden und zwar als Funktion der Abstände zwischen Potential- und Stromelektroden. Zugleich wird an einem Milliampèremeter die Stromstärke abgelesen, wobei sowohl die Uebergangswiderstände als auch Polarisations- und vagabundierende Ströme ausgeschaltet werden. Damit ist die Möglichkeit einer elektrischen Abtastung des Untergrundes von der Oberfläche aus gegeben. Aus Potentialdifferenz, Stromstärke und Elektrodenabstand lässt sich der sogenannte scheinbare spezifische Widerstand für die betreffende Sondenstellung berechnen. Er ist das Ergebnis aller am Stromdurchgang beteiligten Schichten.

Um diese Widerstandsmessungen für Sondierzwecke anzuwenden, bedient man sich des Vergleichs mit theoretisch bestimmten Werten, die für die selben Elektrodenanordnungen und verschiedene Leitfähigkeits- und Mächtigkeitsproportionen ermittelt werden. Rein theoretisch kämen unendlich viele beliebige Elektrodenanordnungen in Betracht. Für die rationelle Durchführung der Operationen muss jedoch darnach getrachtet werden, sowohl möglichst einfache Berechnungsgrundlagen für die theoretisch und empirisch zu ermittelnden Widerstandswerte, als auch einfache Anordnungen für die sukzessiven Elektrodenstellungen zu erzielen. Deshalb werden die Operationen vorzugsweise auf einer geradlinigen Axe ausgeführt, wie dies z. B. bei der besonders einfachen Anordnung von *Wenner* der Fall ist (Abb. 1a).

Der scheinbare spezifische Widerstand berechnet sich bei dieser Methode nach der Formel

$$\rho_s = 2\pi \frac{IV}{J}$$

$\rho_s$  = scheinbarer spezifischer Widerstand in  $\Omega m$

$IV$  = Potentialdifferenz zwischen  $P_1$  und  $P_2$  in Millivolt

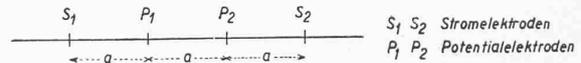
$a$  = Elektrodenabstand in Metern

$J$  = Stromstärke in Milliampère

Bei sehr kleinem Wert von  $a$  wird nur die oberste Bodenzone erfasst, während bei sehr grossem  $a$  der Widerstand der tiefern Schichten ausschlaggebend ist. Abb. 1b gibt einige Beispiele für den Verlauf des scheinbaren spezifischen Widerstandes im Falle des Zweischichtenproblems.

Während bei der *Wenner*-Methode bei den Feldoperationen sämtliche vier Elektroden verstellt werden müssen, wandern bei der Anordnung nach *Watson* nur die beiden Potentialelektroden, wobei eine Stromelektrode im rechten Winkel zur Operationsaxe so weit entfernt verlegt wird, dass ihr Einfluss auf die Potentialelektroden vernachlässigt werden kann. Bei dieser

a) Elektrodenanordnung nach Wenner



b) Widerstandsdiagramme (logarithmisch)

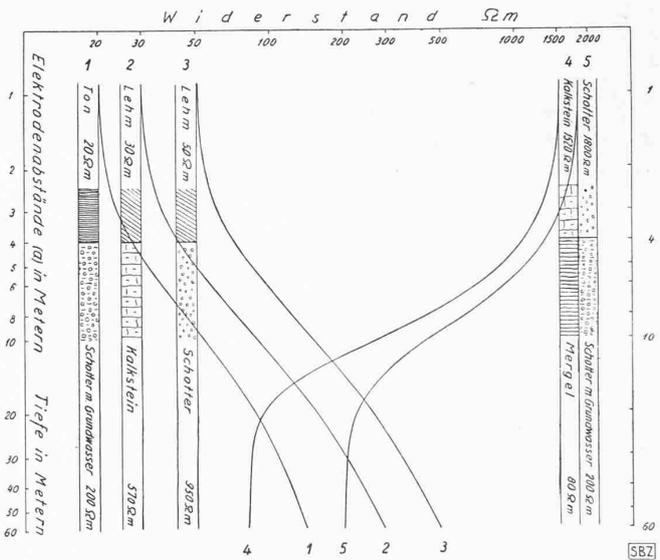


Abb. 1. Geoelektr. Sondierung, Zweischichtenproblem, Schichtgrenze 4 m

Methode ist jedoch zu berücksichtigen, dass das Zentrum des Wirkungsbereichs mit wachsenden Sondenabständen sich verlegt. Dies ist nur solange ohne Bedeutung, als die Beschaffenheit des Untergrundes in horizontaler Richtung unverändert bleibt.

Die bei einer geoelektrischen Sondierung erreichbare Tiefe ist abhängig von der Länge der Operationsaxe und der Art der Elektrodenanordnung. In der Praxis werden die Dispositionsmöglichkeiten etwa durch Faktoren verschiedener Art eingeeengt, wie z. B. bestimmte geologische Bedingungen, topographische Verhältnisse, im Boden verlegte metallische Leiter (Gussrohre u. dgl.), Gebäude, Strassen und andere Hindernisse. Diesen Umständen kann durch die Wahl bestimmter Elektrodenanordnungen begegnet werden, wie überhaupt die Widerstandsmethoden weitgehende Anpassungsmöglichkeiten an die örtlichen Verhältnisse bieten. Je nach dem Umfang des Objektes und dem Zweck der Untersuchung kann auch die Gruppierung der Sondierungen sehr verschieden gestaltet werden. Als besonders vorteilhaft und leistungsfähig haben sich die Serienmessungen erwiesen, wobei die Netzdichte der Beobachtungen den besondern Zwecken entsprechend beliebig angepasst werden kann bis zur praktisch lückenlosen Erfassung des Untergrundes längs bestimmter Profilaxen. Auf Grund vieljähriger Erfahrungen sind vom Verfasser einige Spezialmethoden ausgearbeitet worden, die den oben erwähnten Anforderungen Rechnung tragen und verschiedene Vorzüge der üblichen Messsysteme in sich vereinigen. Die Zahl der benötigten Hilfsarbeiter lässt sich dabei in vielen Fällen auf zwei bis drei Mann reduzieren. — Als besonderer Vorteil der Widerstandsmethoden ist ihre vorzügliche Tiefenwirkung hervorzuheben.

Die Anwendungsmöglichkeiten in der Bautechnik sind sehr vielfgestaltig. Bei Fundationen kommt die Bestimmung von Mächtigkeit und Beschaffenheit der Schuttdecke in Betracht, bei gewissen Felsarten die Mächtigkeit der Verwitterungszone. Im Bereich der Lockergesteine interessiert die vertikale und horizontale Ausdehnung der einzelnen Schichten wie Schotter, Sand, Lehm, sowie die Ausscheidung der homogenen und heterogenen

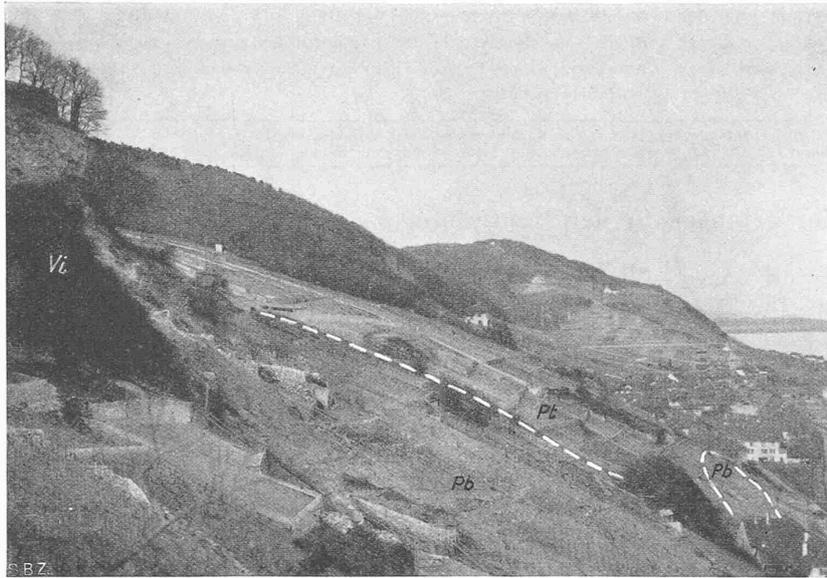


Abb. 3. Der Rutschhang aus SW; Pb Purbeckmergel, Pt Portlandkalk

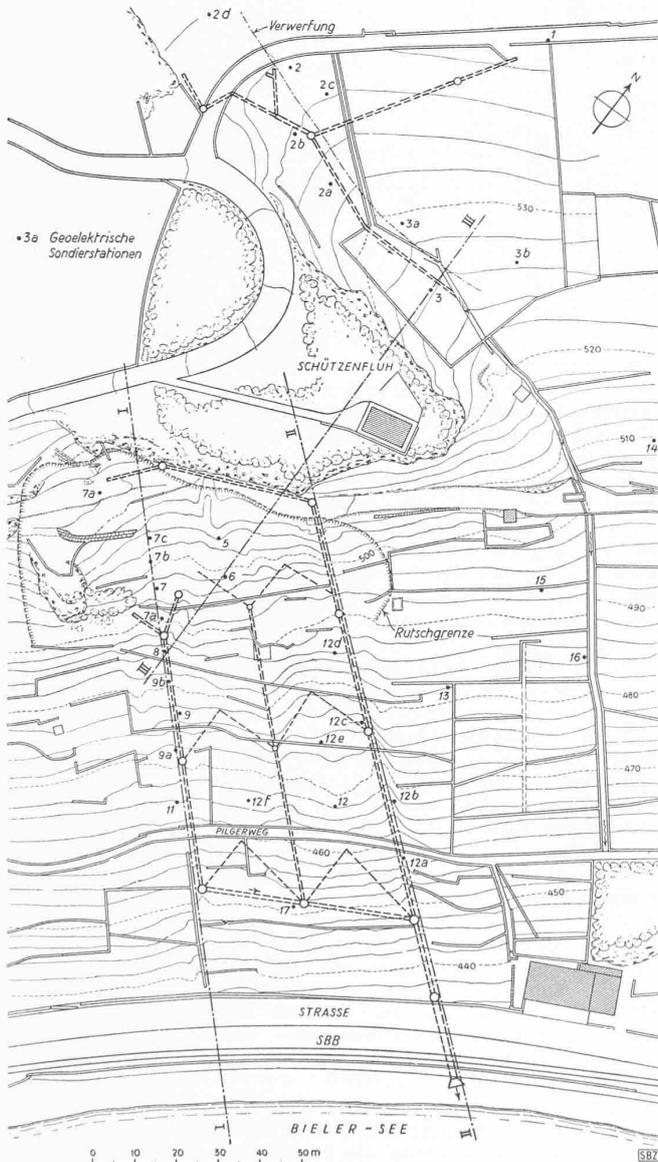


Abb. 2. Lageplan der Rutschung bei Ligerz, mit Sondierprofilen und Eintragung der durchgeführten Entwässerung  
Abb. 2 bis 4 mit Bewilligung der Eidg. Landestopogr. vom 17. III. 1940 gemäss B. R. B. vom 3. Oktober 1939

Strecken im Hinblick auf die Setzungsverhältnisse. Auf Grund der geoelektrischen Abklärung lässt sich die Anordnung der Kontrollbohrungen und die Entnahme der erforderlichen Bodenproben besonders zweckmässig gestalten. Bei gewissen Bauten spielt die Kenntnis des Aushubmaterials eine wichtige Rolle hinsichtlich seiner weitem Verwendung für Betonierung (Schotter) oder Abdichtung (Lehm).

Bei Kraftwerk-, Schiffahrt- und Tunnelbauten interessiert allgemein die Verbreitung der verschiedenen Gesteine wie z. B. Kalk, Mergel, Sandstein, Schiefer usw., die Feststellung allfälliger verborgener Talrinnen, das Vorhandensein von Rutschmassen u. a. m. Für die Stabilisierung von Rutschungen ist die Kenntnis der festen Felsunterlage hinsichtlich der Tiefe der Entwässerungsgräben von Bedeutung, wie aus dem nachfolgenden Beispiel ersichtlich ist.

Die Anlage und Nutzung von Steinbrüchen wird oft weitgehend bestimmt durch die Mächtigkeitsverhältnisse der Deckschicht. Der Verlauf der Felsoberfläche kann unter Umständen sehr unregelmässig sein. Die geoelektrische Abklärung dieser Frage schützt vor Überraschungen und ermöglicht die Wahl

der günstigsten Abbaustellen. Auch andere Lagerstätten wie Ton, Schotter usw. lassen sich nach Ausdehnung, Tiefe und Homogenität untersuchen. Bei Luftschutz- und andern unterirdischen Anlagen kann neben den Fundationsverhältnissen die Möglichkeit der Gewinnung von Bodenluft aus Schotterablagerungen geprüft werden. Stark poröse Schotter zeichnen sich durch sehr hohe Widerstände aus.

Ein besonders wichtiges Anwendungsgebiet für die Widerstandsmethoden bilden ferner die Grundwasservorkommen. Die Abgrenzung ihrer Ausdehnung und Mächtigkeitsverhältnisse erlaubt die Wahl der günstigsten Entnahmestellen. Schliesslich sei noch erwähnt, dass geoelektrische Sondierungen auch auf Wasserflächen, wie z. B. Uferstrecken, Buchten oder offenen Seeflächen und z. T. auf Flüssen möglich sind.

Die rasche Durchführbarkeit der Widerstands Sondierungen und ihre verhältnismässig geringen Kosten gestatten, die Untersuchungen auf ein reichlich bemessenes Gebiet auszudehnen, wodurch z. B. die Dispositionsmöglichkeiten und allfälligen Varianten von Anfang an überblickt werden können. Dies wird besonders bei Projektstudien von Nutzen sein, wo die Abklärung der Untergrundverhältnisse durch Bohrungen vorerst noch nicht oder nur in sehr beschränktem Umfang in Frage kommt. Auch hinsichtlich der Kalkulationen für die Bauausschreibungen sind die Widerstandsmethoden geeignet, wichtige Unterlagen über den Charakter, horizontaler und vertikaler Verbreitung der verschiedenen Gesteinstypen, Abmessungen usw. zu liefern, was für den Bauherrn wie für den Unternehmer von Nutzen ist.

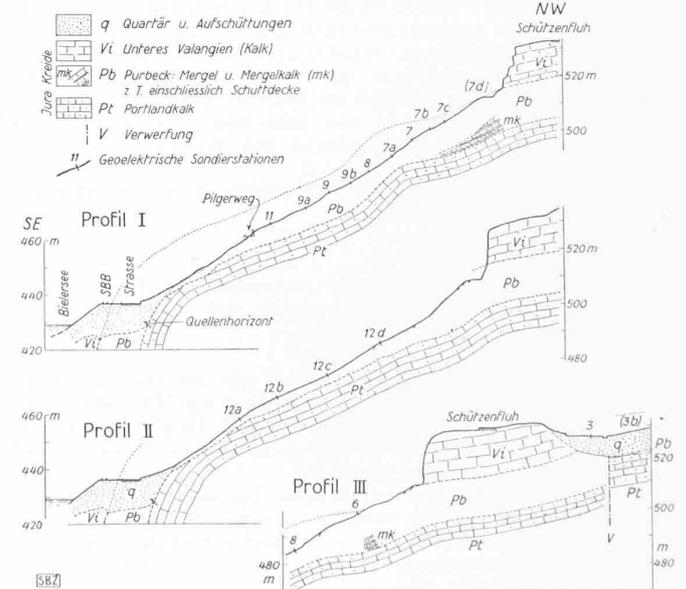


Abb. 5. Geologisches Profil gemäss geoelektr. Sondierung. — 1 : 2500

Nebst den in Abb. 1b enthaltenen Beispielen betreffend die Feststellung von bestimmten Schichtwechslern nach den entsprechenden Widerstandsdiagrammen seien im Folgenden mit Bewilligung der Baudirektion des Kantons Bern und der Eidg. Landestopographie vom 17. März 1940 (gemäss B. R. B. 3. Okt. 1939) die Ergebnisse der geoelektrischen Untersuchung eines Rutschgebietes beschrieben.

Ende März 1937 ereignete sich am Bielersee zwischen Ligerz und Twann eine Rutschung, die die Verschüttung der Strasse und die Gefährdung der Bahnlinie zur Folge hatte. Zur Abklärung der Situation (Abb. 2 bis 4) wurde vom Verfasser eine geologische, geoelektrische und hydrologische Untersuchung durchgeführt, deren Ergebnisse durch die Abb. 5 bis 7 illustriert werden. Die Rutschung erfolgte in den Purbeckmergeln (Profil II), dem obersten Schichtglied des Jurasystems. Sie sind auf der Ligerzer Seite und bei der Schützenfluh noch vom Valangienkalk der Unterkreide überlagert (Abb. 4), während nordöstlich gegen Twann das Liegende des Purbecks, der Portlandkalk zutage tritt (Abb. 3). Die Schichten fallen ungefähr parallel mit dem Hang und tauchen an dessen Fuss steil in die Tiefe. Der Anriss verläuft unmittelbar unter der Schützenfluh in einer Breite von 90 m. Im Plan Abb. 2 rechts unten und in der benachbarten Uferzone entspringen verschiedene grosse Quellen (Abb. 5, Profil I), die jedoch mit der Rutschung in keinem Zusammenhang stehen, da sie ihren Weg in einem tiefern Niveau durch den Portlandkalk nehmen. Die Ursache des Rutsches ist in der Infiltration der Purbeckmergel zu suchen, wobei der klüftige Valangienkalk der Schützenfluh und der höhern Teile des Berghanges als Einzugsgebiet in Betracht kommt. Besonders interessante Verhältnisse ergaben sich in der kleinen Talung unmittelbar nördlich der Schützenfluh. Mittels geoelektrischer Sondierungen konnte dort eine mit Rhone-Glazialschutt erfüllte Rinne festgestellt werden, deren Entstehung an eine Verwerfung geknüpft ist (Pofil III). Das in dieser Mulde sich sammelnde Grundwasser gelangte durch die Valangienkalke der Schützenfluh zum Teil in die Rutschzone, wo es von

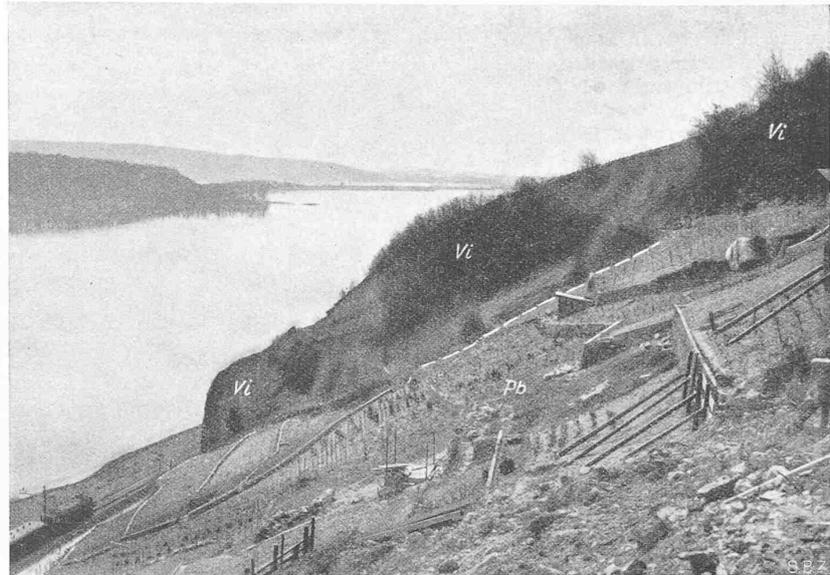


Abb. 4. Der Rutschhang aus NO; Pb Purbeckmergel, Vi Unterer Valangien-Kalk

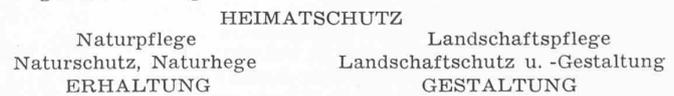
Ing. O. Kissling (Bern) mittels Färbung festgestellt werden konnte. Es ergab sich somit die Möglichkeit, einen Teil des Infiltrationswassers durch Drainage der Mulde direkt abzuleiten.

Für die Entwässerung der Rutschung selbst und die zu ergreifenden Konsolidierungsmassnahmen war es von Wichtigkeit, die Mächtigkeit der in Bewegung geratenen Purbeckschichten, also die Tiefe des Portlandkalkes zu kennen. Die auf Grund der Widerstandsondierungen gestellten Prognosen sind in der Abb. 5 wiedergegeben. Es geht daraus deutlich hervor, dass die Mächtigkeit des Purbecks von Profil I nach Profil II, d. h. in nordöstlicher Richtung abnimmt. In den beiden Profilaxen wurden nun zwei Sickerschlitze von 325 m Länge und zum Teil bis 8 m Tiefe ausgehoben, was die direkte Kontrolle der Prognosen ermöglichte. Den Vergleich von Voraussage und tatsächlichem Befund zeigen die Profile Abb. 6 u. 7 auf Grund der von Kreisoberingenieur F. Greppin (Biel) zur Verfügung gestellten Unterlagen. Die Angaben bezüglich der verborgenen Mulde nördlich der Schützenfluh wurden durch die dortigen Grabungen ebenfalls bestätigt. Die Baudirektion konnte deshalb feststellen, dass die angetroffenen Verhältnisse eine schöne Uebereinstimmung mit der geoelektrisch ermittelten Prognose gezeigt haben und dass die Angaben dazu beitrugen, die Entwässerungs- und Konsolidierungsarbeiten projektgemäss und ohne Mehrkosten durchzuführen.

### Naturschutz und Landschaftsgestaltung

Von GUSTAV AMMANN, Gartenarchitekt B. S. G., Zürich<sup>1)</sup>

Es scheint vielleicht etwas abwegig, heute über dieses Thema zu sprechen und doch ist es eigenartig, wie der Begriff Landschaft jetzt in den Vordergrund zu rücken scheint, während es gestern noch das «neue Bauen» war, das nun nicht mehr so aktuell erscheint. — Die Systematik unseres Themas würde etwa folgendes Bild ergeben:



Wir sehen also unser Thema deutlich aufgespalten in zwei Hauptgruppen, einmal in die Erhaltung und dann in die Gestaltung der Landschaft.

Zum Kapitel *Erhaltung*, also der Naturpflege und des Naturschutzes, sei auf das Buch «Naturschutz im Kanton Zürich» hingewiesen, das 1939 im Morgarten-Verlag A. G. erschienen ist (vgl. unter Literatur am Schluss dieser Nr.). Alle Freunde des Naturschutzes werden an diesem Werke Freude haben, allen, die sich mit diesen erhaltenden und wissenschaftlichen Teilfragen unseres Themas orientieren wollen, bedeutet es eine Fundgrube.

Das massgebende Werk über die *Gestaltung* der Landschaft durch den Menschen verdanken wir Schutze-Naumburg, der in drei Bänden seiner Kulturhandbücher diesen andern Teil des Themas mit den bekannten, schönen und treffenden Gegenbeispielen be-

<sup>1)</sup> Nach einem Vortrag im Z. I. A. am 27. März 1940

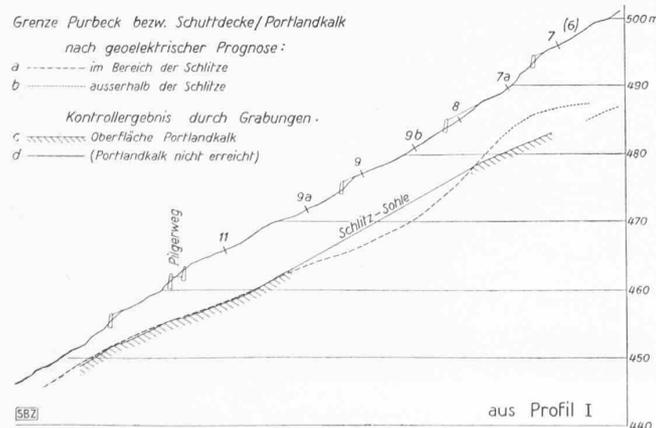
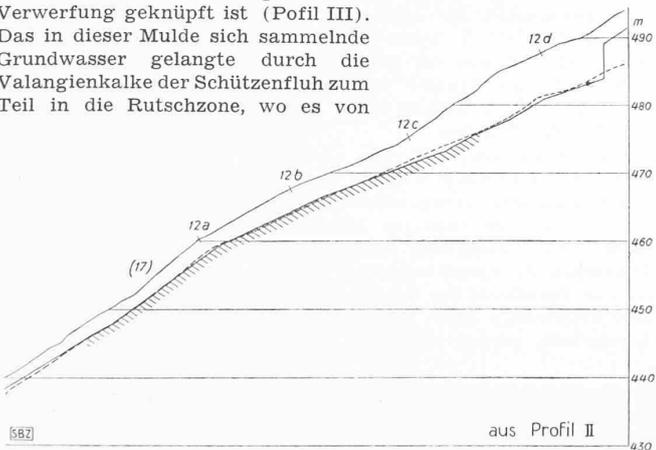


Abb. 6 u. 7. Vergleich der geolog. Prognose und des Ergebnisses. 1 : 1000