



Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt.

Bericht vom 1. September 1914.

Inhalt: Eingesendete Mitteilungen: J. Blaas: Der Terlagosee in Südtirol. — J. Stiny: Zur Kenntnis des Mürztaler Granitgneises.

NB. Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Mitteilungen verantwortlich.

Eingesendete Mitteilungen.

J. Blaas. Der Terlagosee in Südtirol.

Die Straße von Trient nach Tione führt westlich durch die Velschlucht auf die Höhe von Cadine. Hier erreicht sie eine breite tal-förmige Mulde, welche ungefähr 6 km nördlich von Trient am westlichen Etschtalgehänge in etwa 600—700 m Meereshöhe beginnend gegen SW zum breiten Sarcatal zieht, dessen nördliche Fortsetzung eben diese Talmulde ist, so daß die Sarcaschlucht bei Toblino wie ein Seitenzweig dieses Tales erscheint. Nordwestlich von Cadine liegt in dieser Mulde der See von Terlago.

Der Seespiegel wird in den Karten mit 416 m Meereshöhe angegeben¹⁾. Der tiefste Punkt der Terraindepression, in welcher der See sich ausbreitet, liegt (nach Ferrari) in 405 m Meereshöhe. Von diesem Punkte steigt das felsige Gelände nach allen Seiten hin an. Der tiefste in das Becken führende Paß, jener von Cadine im Osten, liegt in ungefähr 450 m M.-H.; er verbindet das Tal der Vela mit dem Seegebiet. Über den nächsten, den Gaidoss-Paß (475 m), führt gegen SW die Straße nach Vezzano und Toblino. Gegen Westen gelangt man in 587 m über Covelo aus dem Becken und im N liegt, wie bereits erwähnt, der Beginn der Mulde etwa 450 m über der Etsch, also in zirka 600—700 m M.-H. Im übrigen erheben sich die Flanken der Mulde zu größeren Höhen (M. Gazza 1990 m, Paganella 2124 m). Es liegt also ein rings geschlossenes Felsbecken vor, in welchem Aufschüttungen, seien es glaziale oder rezente (Fosso maestro, Terlago), nur untergeordnet entwickelt sind²⁾.

Der See hat zwei Zuflüsse, von SW her den Fosso maestro und von Westen her die Roggia, welche den Schuttkegel von Terlago in den See herein gebaut und dadurch denselben in zwei durch eine seichte Brücke verbundene Becken geteilt hat.

¹⁾ Vgl. Damian, Seestudien. Mitt. d. k. k. geogr. Ges. Wien 1892, und Trener und Battisti, Il Lago di Terlago etc. Zeitschrift Tridentum 1898.

²⁾ Vgl. die Kartenskizze Fig. 1.

Seine Spiegelhöhe und demgemäß auch seine Flächenausdehnung am flachen SW-Gelände sind infolge des Fehlens eines oberflächlichen Abflusses sehr starken Schwankungen ausgesetzt, die für die Umwohner unangenehme wirtschaftliche und gesundheitliche Folgen nach sich ziehen. Es ist daher wohl begreiflich daß sie bemüht sind, möglichst Abhilfe zu schaffen.

Zur Regulierung des Wasserspiegels wurden mehrere Projekte ausgearbeitet, von denen eines die Ableitung des Überwassers in die Velaschlucht durch einen zirka 2 km langen Stollen vorsieht. Dieses Projekt wurde aus finanziellen Gründen (es soll ungefähr 100.000 K beanspruchen) aufgegeben. An seine Stelle trat ein anderes, auf Grund eines geologischen Gutachtens (g. G.) vom Tiroler Landesbauamt aufgestelltes Projekt, welches im folgenden kurzweg das „Projekt“ genannt werden soll¹⁾. Da gegen dieses Projekt von verschiedenen Seiten Bedenken erhoben wurden, veranlaßte die Behörde neuerliche Vorarbeiten und wünschte von mir ein geologisches Gutachten. Ich lieferte ein solches zur kommissionellen Verhandlung am 6. April 1914. Da meine Auffassung der Sachlage und jene des Verfassers des g. G. wesentlich auseinander gingen, erfuhr mein Gutachten, wie begreiflich, heftigen Widerspruch, der leider nicht bloß in den sachlichen Differenzen zum Ausdrucke kam, sondern auch eine persönliche Spitze besaß. Ohne daß ich vorläufig auf diese — aus Abneigung gegen derartige Dinge — reagieren möchte, bin ich doch gerade durch sie genötigt, mein Gutachten zu veröffentlichen, was übrigens wohl auch durch ein allgemeines wissenschaftliches Interesse, das die vorliegende Frage sicher besitzt, gerechtfertigt sein mag. Einerseits zum besseren Verständnis für den Fernerstehenden, anderseits in weiterer Ausführung des im Gutachten, seinem Zwecke entsprechend, öfter nur Angedeuteten habe ich Bemerkungen und Zusätze angefügt, die im Drucke durch kleinere Schrift hervorgehoben sind.

Geologisches Gutachten.

Der See und seine besonderen Verhältnisse.

Von einer Schilderung der geologischen Verhältnisse ist hier abgesehen. Diese sowohl als auch eine Reihe anderer wissenschaftlicher Erscheinungen und Tatsachen finden in der monographischen Arbeit von Trener und Battisti²⁾ (T. u. B.) eine sehr eingehende und anschauliche Schilderung. Ich muß aber aus dieser Publikation, auf welche sich das oben erwähnte g. G. vielfach stützt und beruft, als Erläuterung und zum besseren Verständnisse meines Gutachtens einige besonders wichtige Konstatierungen hervorheben. Unter diesen müssen zunächst besonders betont werden die Schilderungen der als „fenomeno carsico“ bezeichneten Erscheinungen, wie man sie in der genannten Arbeit an verschiedenen Stellen, besonders aber auf pag. 59—63 ausführlich beschrieben findet. Neben der Schilderung der oberfläch-

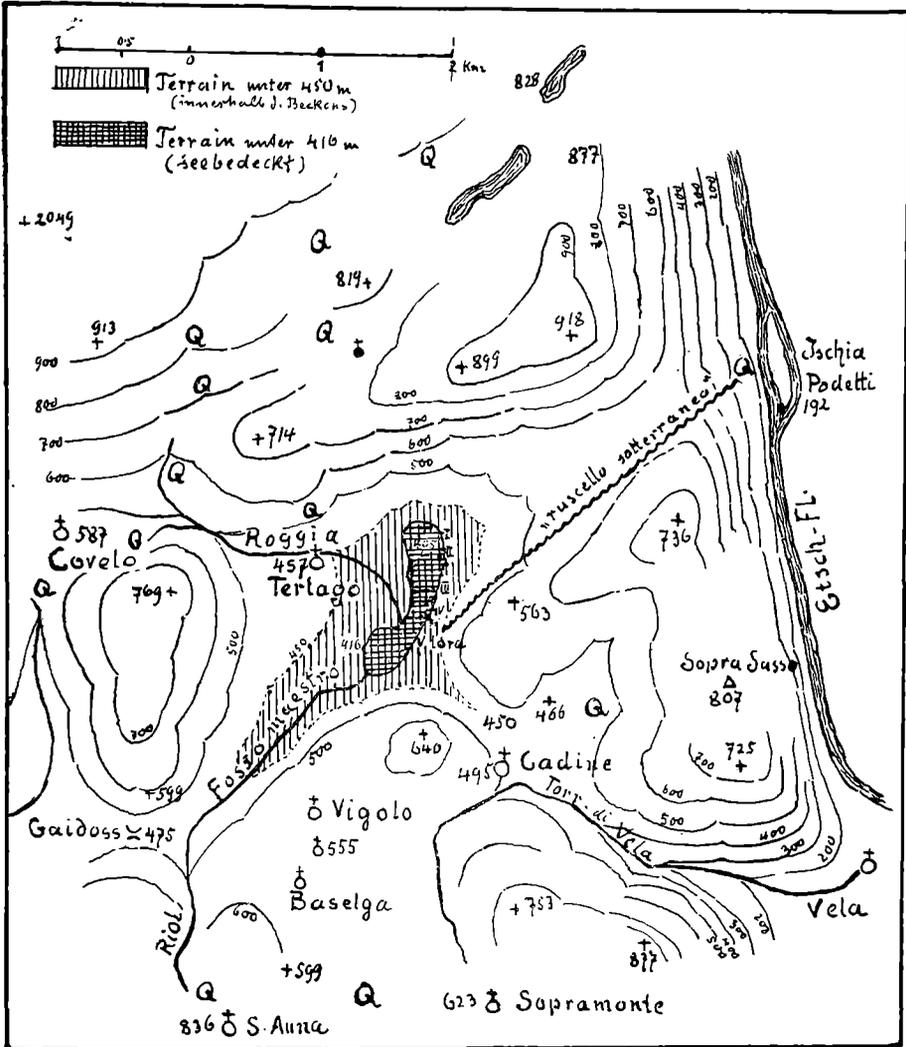
¹⁾ Vgl. Ferrari, Un progetto di difesa e di bonifica nella conca del lago di Terlago. Rivista Pro Cultura, Anno I. fasc. V. 1910.

²⁾ Il Lago di Terlago e i fenomeni carsici etc. I. c.

lichen Korrosionen (Karren etc.) wird wiederholt auf die starke Zerklüftung des Gesteins und die Durchlässigkeit des Bodens für Wasser hingewiesen, was ich hier besonders hervorheben muß, da diese Eigenschaft des Bodens eine wesentliche Stütze meiner Auffassung ist.

Der See hat, wie erwähnt, zwei oberirdische Zuflüsse, aber keinen oberirdischen Abfluß. Der Seespiegel wird durch unterirdische Wasser-

Fig. 1.



Halbschematische Terrainskizze der Umgebung des Terlagoesee.

Maßstab: 1:56.000.

wege reguliert. Es ist eine begreifliche Neigung des Volkes, Wasser-
austritte in der Nähe von Seen und unterhalb von deren Niveau als
Ausflüsse des Seewassers aufzufassen. Das Volk scheut in diesem
Bestreben auch von ganz wunderlichen Vorstellungen nicht zurück,
wie durch viele Beispiele belegt werden könnte. Im vorliegenden Falle
hat man das fernliegende Ravina¹⁾, dann aber die Quellen bei Ischia
Podetti mit dem See in Verbindung gebracht. Letztere Meinung
wurde sodann durch die Untersuchungen von Trener und Battisti
gestützt²⁾.

Es ist klar, daß bei der starken Zerklüftung des Gesteins reiche
Abflußmöglichkeiten vorhanden sein werden, doch entziehen sich die
kleineren und die unter Wasser mündenden Wasserwege der unmittel-
baren Beobachtung. Von ihnen ist in den verschiedenen Besprechungen
und Verhandlungen über die vorliegenden Fragen kaum die Rede,
dagegen spielen einige der größeren Gesteinsspalten, die am östlichen
Ufer sichtbar werden und die offenbar eine Verbindung des Seewassers
mit dem Berginnern erkennen lassen, eine große Rolle. Es sind dies die
vielgenannten „Loren“³⁾, an denen der Eintritt von Seewasser in das
Gebirge mehr oder weniger deutlich zu sehen ist. Sie gelten als die
eigentlichen, man möchte — wenn man die Gesamtheit der hierher
bezüglichen Äußerungen im g. G. und im technischen Bericht im
Auge behält — fast sagen, die einzigen Abzugswege des Seewassers.

Für gewöhnlich vermögen die unterirdischen Abflußwege des
Wassers den Seespiegel in den normalen Grenzen zu erhalten, in
wasserreichen Zeiten aber genügen diese unterirdischen Abflußmöglich-
keiten nicht mehr, der Seespiegel steigt, und zwar in außerordentlichen
Fällen um 7—8 m über normal, wobei dann selbstverständlich besonders
die flachen Ufer mit ihren Kulturen überschwemmt werden. Man be-
greift daher das Bestreben der interessierten Gemeinden, Abhilfe zu
schaffen.

Die Projekte.

Es wurden drei Projekte vorgeschlagen:

- I. Herstellung eines Stollens, welcher das Überwasser in die Vela-
schlucht ableiten sollte.

Man verfolgte das Projekt, das ja zweifellos die radikalste
Abhilfe bieten würde, mit Rücksicht auf seine hohen Kosten
nicht weiter.

¹⁾ Vgl. Ferraris Abhandlung, *Rivista pro cultura* 1910, pag. 5.

²⁾ Die Beobachtungen von T. u. B. sind sehr gewissenhaft gemacht und, in-
soweit es sich dabei nur um den Nachweis eines Zusammenhanges zwischen See
und Quellen handelt, ist nichts dagegen einzuwenden. Auch ich halte einen gewissen
Zusammenhang für wahrscheinlich oder richtiger mit Rücksicht auf den Jod-Ver-
such (vgl. weiter unten) für erwiesen. Nur insofern, als die beiden Forscher ein
direktes Abfließen von Seewasser in einem offenen Gerinne annehmen, kommen sie
den Vorstellungen des Volkes entgegen, das bei solchen Zusammenhängen stets an
ein unmittelbares Abfließen denkt.

³⁾ Man zählt deren fünf (I—V, vgl. die Kartenskizze). Unter ihnen erweist
sich eine (die V.) als der wichtigste Seeabfluß; sie wird daher zumeist als die
„Hauptlora“ oder kurzweg als die „Lora“ bezeichnet.

II. Ableitung der Zuflüsse in ein anderes Talgebiet.

Doch stellte sich heraus, daß dies zum Teil unmöglich sei. Außerdem muß hier unter Verweis auf den weiteren Verlauf dieser Darstellung hervorgehoben werden, daß dieses Projekt die wesentlichste Ursache der See-Erhöhung nicht trifft, somit, auch wenn es ausführbar wäre, kaum den gewünschten Effekt haben würde.

III. Regulierung der Funktion der Loren. Dieses Projekt bildet den Gegenstand der gegenwärtigen Verhandlungen.

Nach dem g. G. lassen sich die auszuführenden Arbeiten in folgende drei Punkte zusammenfassen:

1. Reinigung der Loren von den sie verstopfenden Körpern.
2. Herstellung von Reinigungsbecken und Siebgeräten sowie Regulierschiebern vor den wichtigsten Loren.
3. Erniedrigung der natürlichen Einmündungen der Loren, um zeitweise oder dauernd den Seespiegel zu senken sowie die Herstellung von Stollen und Schächten, um durch Druckerhöhung die Abflußmenge auf den unterirdischen Wegen zu vergrößern.

Da das Seewasser nur auf unterirdischen Wegen abfließen kann, die Loren aber augenscheinlich sehr wesentliche Verbindungswege des oberirdischen Seewassers mit dem Berginnern darstellen, so versteht es sich von selbst, daß auf die Offenhaltung dieser Abzugswege ein besonderes Augenmerk zu richten sein wird. Man kann daher die Vorschläge sub 1 und 2 nur billigen.

Dagegen verdient der Punkt 3 eine eingehende Besprechung. Um den Gedankengang, auf welchem das Projekt beruht, richtig zu verstehen, muß das Wesentliche der gemachten Vorschläge kurz hervorgehoben werden. Ich tue dies an der Hand des g. G. und unter Bezugnahme auf den technischen Bericht.

Den Grundgedanken gibt das g. G. in Erläuterung des Profils Fig. 2. l ist die gegenwärtige Einmündung der Lora, a , b , c seien Verengerungen des unterirdischen Kanals, von denen angenommen wird, daß sie schlimmstenfalls gleichen Durchmesser haben wie a . hh' entspricht dem hydrostatischen Druck auf a . Es wird angenommen, daß man mit einem schrägen Stollen in 8—10 m Tiefe die Verengerung c erreichen wird. Hierdurch würde der Druck auf c entsprechend der Höhe hh' steigen und somit die Wasserabfuhr bei c vergrößert werden.

Den gleichen Effekt würde ein Schacht haben, im Falle der Abzugskanal eine mehr vertikale Lage hätte.

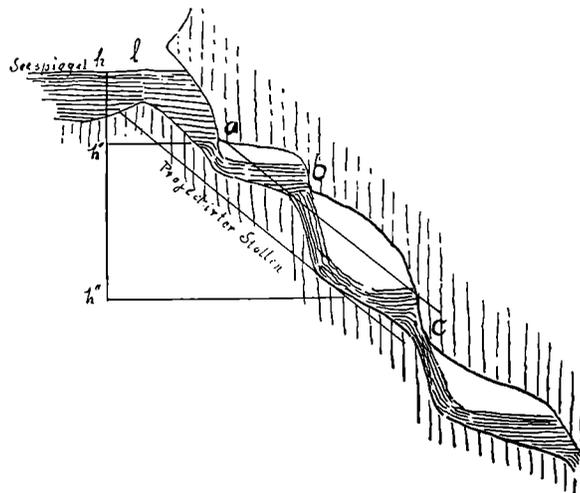
Dies das Prinzip. Die folgenden Ausführungen des g. G. beziehen sich auf besondere Eigentümlichkeiten der einzelnen Loren.

Aus Text und Zeichnung geht hervor, daß der Abfluß des Seewassers frei in geschlossenem Kanal gedacht ist. Stellenweise sei das freie Fließen durch Verengerungen des Kanals gehindert. Hier finden Stauungen des Wassers statt. Durch Herstellung einer geschlossenen Wassersäule über einer tiefer liegenden Verengerung soll daseibst der Druck und damit die ausfließende Wassermenge vergrößert werden.

Über die weiteren Schicksale des Wassers unterhalb c wird zunächst nichts mitgeteilt.

Im technischen Gutachten wird angenommen, daß die einzelnen Loren in einen gemeinsamen unterirdischen Kanal einmünden. In diesem Kanal soll, wie erwähnt, das Wasser frei abfließen. Es wird die Geschwindigkeit des abfließenden Wassers und dessen Menge annähernd berechnet und aus der angenommenen Tiefenlage der Einmündungen der Loren in diesen unterirdischen „Bach“ die nötige Tiefe der Stollen und Schächte bestimmt.

Fig. 2.



Aus der ganzen Darstellung geht hervor, daß angenommen wird, daß dieser unterirdische Bach die infolge der ausgeführten Arbeiten (Stollen und Schächte) ihm in erhöhtem Maße zugeführte Wassermenge zu bewältigen imstande sein wird.

Außer der vermehrten Wasserabfuhr soll eine dauernde Erniedrigung des Seespiegels erzielt werden, um dem vermehrten Zuflusse wenigstens teilweise Raum zu schaffen. Die Erniedrigung des Seespiegels soll — abgesehen von dem vergrößerten Abfluß durch die Loren — durch Vertiefung der Mündung der letzteren bewirkt werden. (Ferrari l. c. pag. 8).

Vorstellungen der Projektanten über die „Wasserwirtschaft“ des Sees.

Diesen Vorschlägen liegen folgende Vorstellungen über das, was man etwa die „Wasserwirtschaft“ des Seegebietes nennen kann, zugrunde oder wenigstens sie lassen sich kaum anders als unter Zugrundelegung solcher Vorstellungen erklären.

a) Der See ruht in einem im großen und ganzen wasserdichten Becken¹⁾. Er wird gefüllt durch die beiden Bäche, den Bach in dem Fosso Maestro (Riol im Oberlauf genannt) und die Roggia bei Terlago sowie durch die Niederschläge.

Entsprechend dieser Vorstellung sollte den Übelständen durch Ableitung der beiden Bäche abgeholfen werden.

b) Der Seeabfluß erfolgt wesentlich durch die Loren, deren Mündung in der Nähe des Seespiegels liegt.

c) Die Loren sind die Ausgänge unterirdischer, geschlossener Kanäle, sie vereinigen sich in einem Hauptkanal (ruscello, emissario sotterraneo), welcher unten im Etschtal an den Quellen bei Ischia Podetti ausmündet.

d) In diesem Kanal fließt das Wasser im allgemeinen mit freier Oberfläche und nach den Gesetzen offen in Gerinnen fließender Gewässer (vgl. Ferrari pag. 6 und 12). Im oberen Teil, nahe an den Ausmündungen der Loren, werden Verengerungen der Kanäle angenommen, an denen sich das Wasser staut und hier unter Druck steht. Ob auch im unteren Teil des Kanalsystems (im ruscello), wird nicht klar gesagt.

Unter den supponierten Voraussetzungen kann man den Vorschlag, durch Entfernung der oberen Drosselungen (durch Herstellung eines Stollens) den Druck auf die tieferen Drosselungen und damit die daselbst ausfließende Wassermenge zu vergrößern, verstehen, desgleichen die Absicht, durch Vertiefung der Lorenmündungen den Seespiegel zu erniedrigen. Ob aber und inwieweit durch die vorgeschlagenen Arbeiten unter den gegebenen Voraussetzungen der Endzweck erreicht wird, dies zu beurteilen ist eigentlich Sache der Techniker und fällt ganz außer den Bereich meiner Wissenschaft. Der Techniker hätte zu erörtern, was zu geschehen hätte, wenn zum Beispiel die Drosselungen nicht an der erwarteten Stelle oder nicht in dem gewünschten Ausmaße ihrer Größe vorhanden wären, oder was die Folge wäre, wenn der „ruscello“ die zugeführten vermehrten Wassermengen nicht zu schlucken und abzuführen vermöchte und inwiefern dann, falls sich etwa infolge dieses Unvermögens der ganze Kanal bis hinauf zum See mit Wasser füllen sollte, die Stollen und Schächte noch ihren Dienst leisten würden und dergleichen mehr.

Man muß sich vergegenwärtigen, daß von den dem Projekt zugrunde liegenden Voraussetzungen nur sehr wenig durch unmittelbare Beobachtung sichergestellt ist. Von dem ganzen, mehr als 3000 m langen „emissario sotterraneo“ kennt man nur einige Meter am Loren-eingang. Ich muß nach den Beschreibungen im g. G. und bei Ferrari

¹⁾ Sowohl T. und B. als auch der technische Projektant müssen logischerweise den See auf undurchlässigem Grunde ruhen lassen. Trotzdem finden sich bei beiden, teils verschämt, teils ohne Bedacht auf die Konsequenzen, Sätze, welche die Durchlässigkeit des Seebodens aussprechen. So heißt es bei T. und B. (pag. 101): Che con molta probabilità vi sono anche fessure sotterranee sotto il pelo dell' acqua (scil. del Lago di Terlago). Ferner ergibt sich aus dem Vergleiche der durch die beiden Bäche dem See zugeführten Wassermenge (122 l/s nach Ferrari) und der durch die großen Loren abgeführten (72.5 l/s *ibid.*) sogar eine Abflußmenge von 49.5 l/s, das ist 40% der gesamten zugeführten auf anderem Wege, also „per altre lore e per crepacci“ (Ferrari l. c. pag. 7).

annehmen, daß diese wenigen Meter wirklich beobachtet wurden¹⁾, vielleicht zu Zeiten sehr niedrigen Seestandes. Zur Zeit meines Besuches waren die Loren ganz unzugänglich und auch meine Führer äußerten sich dahin, daß ihres Wissens ein tieferes Eindringen in die Loren unmöglich sei. Es ist daher nicht ausgeschlossen, daß wenigstens die tieferliegenden, angeblich streckenweise sich wiederholenden Verengerungen nicht unmittelbar beobachtet worden sind. Natürlich kennt man noch viel weniger den weiteren Verlauf und die Beschaffenheit des „ruscello“, also vor allem weiß man nicht, ob er imstande sein wird, eine größere Wassermenge zu bewältigen und doch ist dies eine der wichtigsten Voraussetzungen des Projekts.

T. und B. schließen aus dem reichen Erosionsrelief der Oberfläche auf ein ausgedehntes Karstphänomen im Innern des Gebirges. Ich möchte dies zwar nicht im gleichen Maße tun, denn dagegen spricht ja doch schon in erster Linie die Existenz des Sees und das rasche Verschwinden von Oberflächenwasser in diesem Gebiete deutet zunächst nur auf eine starke Wasserkapazität des Bodens hin. Aber gerade vom Gesichtspunkte der Verfasser des Projekts aus muß ein Eingriff in dieses komplizierte und geheimnisvolle unterirdische Höhlensystem bedenklich erscheinen. Im Gefühle dieser Unsicherheit und Gefahr mag denn auch die Mahnung des Projektanten im g. G. zur Vorsicht entsprungen sein: „un colpo di mina mal diretto può far perdere le tracce delle fessure, un colpo fortunato può aprire cavità sotterranee di qualche vastità, che possono mettere in grado una lora di assorbire tutta l'acqua necessaria.“ Aber was nützt hier die Sorge und Vorsicht, wenn man Schritt für Schritt nicht weiß, was man treffen wird, wenn das Übel schon geschehen sein wird in dem Moment, wo man erfährt, wie man es hätte vermeiden können.

Nach dem Gesagten glaube ich daher, daß man selbst vom Standpunkt der diesen Projekten zugrunde liegenden Vorstellungen aus kaum mit einiger Zuversicht hoffen darf, daß die projektierten Arbeiten wirklich zum erwünschten Ziele führen werden.

Ich vermag mich aber durchaus nicht auf diesen Standpunkt zu stellen, wie aus den folgenden Darlegungen hervorgehen wird.

Zum besseren Verständnis der Sachlage wird es notwendig sein, hier aus der Abhandlung von T. u. B. sowie aus den Erläuterungen Ferraris einiges auszugsweise hervorzuheben.

Einen wesentlichen Teil der Abhandlung von T. u. B. bildet der Nachweis, daß die Quellen von Ischia Podetti (Wolkenstein) im Etschtale²⁾ direkte Ausflüsse des Terlagosees sind in der Weise, daß das Seewasser längs nordöstlich den Berg durchsetzenden Spalten frei abfließend den Quellenpunkt erreicht. Dieser „torrente emissario del lago“ oder „ruscello sotteraneo“ (Ferrari) soll alle Eigenschaften eines offen am Tage fließenden Baches haben. Es ist interessant zu hören, wie sich der Techniker Bildung und Verlauf dieses unterirdischen Kanals vorstellt. „Le acque che scendono dal lago attraverso il monte fino al Ischia Podetti devono ubbidire alle leggi generali del moto. L'imboccatura principale che è la più distante fra quelle conosciute trovasi a 415 m sul livello del mare e le sorgive all' Ischia Podetti sono a 192 m. La differenza di livello fra l' origine e la fine del ruscello sarebbe quindi di 223 m. Essendo la linea aerea fra origine e foce di

¹⁾ Vgl. Ferrari l. c. pag. 3.

²⁾ Sie liegen zirka 6 km oberhalb Trient am Fuße des westlichen Berghanges in 192 m Meereshöhe.

3300 m, la pendenza media del ruscello dovrebbe essere del 67·5‰. Tale pendenza costante non può venir nè acquistata nè mantenuta da tutto il corso d' acqua perchè partendo questa in principio sotto pressione costante (?) è naturale che abbia saputo dare al rivo pendenza maggiore che nell' ulteriore percorso, dove la pressione viene a cessare, la forza di erosione, proporzionale al quadrato della velocità, e la forza d' attrito derivante dalla resistenza delle rocce, sono i principali elementi che concorrono a stabilire la pendenza della linea di percorso: la forza iniziale di pressione viene man mano sfruttata dalla resistenza, ed all' acqua non può restar nell' ulteriore corso che il movimento per gravità. È ovvio perciò che il corso sotterraneo sarà prima ripido e poi più dolce, seguendo le stesse leggi che regolano i letti dei torrenti aperti, come un ruscello che giungendo con grande veemenza nel passo della valle è costretto ad andar man mano perdendo la sua forza avulsiva e perciò, depositando le materie che teneva sospese, forma il cosiddetto profilo di compensazione del suo letto. Come in questo caso la forza avulsiva che scema va formando il profilo col deposito del materiale che teneva sospesa, così nel nostro la forza erosiva ne deve formare un altro sotto leggi analoghe. La sua forma corrisponderà perciò approssimativamente, almeno nel primo tratto a quella d'una parabola coll' vertice all' inizio della corrente presso il lago e colla concavità rivolta in alto.

È ovvio perciò che decrescendo la pendenza e con essa la velocità dell' acqua la sezione di passaggio del ruscello abbia a divenir sempre più grande per raggiungere il massimo dove la pendenza si equilibra definitivamente per proseguire costante sino allo sbocco. Dove incominci la pendenza costante è difficile dirlo: forse in nessun punto e forse l'acqua prima di venire a giorno all' Ischia Podetti formerà sifone¹⁾.

Abgesehen von der eigentümlichen Art und Weise, wie sich das parabolische Gefälle sozusagen von oben herab ausgebildet haben soll, fällt in dieser Darstellung die Annahme eines „Druckes“ („pressione costante“) im Oberlauf des Baches auf. Es fließt doch nach der Darstellung bei T. und B. sowie nach dem g. G. das Seewasser von der Oberfläche frei in den Kanal ein.

Um den Zusammenhang der Quellen mit dem See zu erweisen, wurden von T. und B. verschiedene Wege eingeschlagen. Nachdem der Versuch durch Einschütten von schwimmenden Pulvern (Spreu, Sägespänen) in die Lora V erfolglos geblieben, da diese Substanzen an den Quellen nicht zum Vorschein kamen, beschlossen die beiden Forscher einerseits den Seeabfluß an der Lora durch Ausräumen des zuführenden Kanals, in dem sich allerlei Unrat angesammelt hatte, zu vergrößern, andererseits durch möglichstes Absperrn dieses Weges zu verringern. Den Effekt dieser Arbeiten beschreiben die Forscher in folgender Weise. Die Ausräumung wurde am 10. Oktober 1897 (wahrscheinlich vormittags) durchgeführt. „La mattina del giorno dopo si constatò un aumento di mm 23 sopra l'idrometro (an den Quellen?) mentre il lago era diminuito di mm 50.“ Am folgenden Tage (11. Oktober) wurde die Lora verschlossen (9 Uhr vormittags). „La sera dello stesso giorno (12) alle ore 16·45 l' idrometro all' Ischia segnava 12 mm; il giorno seguente alle 8·30 30 mm, alle 14 37 mm in modo tale che dopo la chiusura si ebbe una diminuzione complessiva di mm 60.“ Diese Angaben sind nicht recht verständlich; jedenfalls erfährt man zu wenig über die Quantität der Vermehrung und Verminderung des Wassers an den Quellen. Man beachte, daß eine Absenkung des Sees um 50 mm bei einer Oberfläche von 0·296 km² (nach T. und B.) einer Wassermenge von 14,800.000 l entspricht. Da diese Wassermenge von vormittags 10. Oktober bis morgens 11. Oktober, also in etwa 20 Stunden noch über den gewöhnlichen Ablauf (69·3 l/s) abgeflossen sein muß, was einer Mehrleistung von 205 l/s entspricht, so müßte die Lora während dieser Nacht 69·3 + 205 l/s = 274·3 l/s, das ist also fast viermal soviel als gewöhnlich, abgeführt haben und die Quellen, deren Ergiebigkeit mit 150 l/s angegeben wird²⁾, würden in dieser Nacht auf mehr als das Doppelte ihres gewöhnlichen Standes gestiegen sein (150 + 205 l/s). Ob das „aumento di 23 mm sopra l' idrometro“ diese Vermehrung anzeigen soll, kann wohl nicht angenommen werden.

Es scheint also hier ein Beobachtungsfehler vorzuliegen oder es besteht keine so unmittelbare Kanalverbindung zwischen See und Quellen.

¹⁾ Ferrari, l. c. pag. 5.

²⁾ Ferrari, l. c. pag. 6.

Ermutigt durch den Erfolg dieses Experiments machten die beiden Forscher noch einen Versuch, indem sie dem an der Lora ausfließenden Wasser Jod zusetzten. Auf etwas umständlichem¹⁾ Wege gelang schließlich der Nachweis von Jod an den Quellen von Ischia. Die Zeit, welche das Wasser vom See bis zu den Quellen braucht, erscheint in den beiden Versuchen ziemlich verschieden, im ersten Fall 7, im zweiten wenigstens 40 Stunden²⁾.

Nach Ferrari führen, wie schon erwähnt, die Loren 72·5 *l/s* ab. Das Fließen erfolgt in offenem Gerinne, das bei einer Länge von etwas über 3300 *m* ein Gefälle von 67·5‰ besitzt. Es ist gewiß nicht so leicht, sich von der Beschaffenheit eines solchen Gerinnes, in welchem eine derartige Wassermenge mit solch geringer Geschwindigkeit abfließt, eine Vorstellung zu machen!

Nach den Beobachtungen von T. und B. in der Zeit vom 3.—6. Oktober 1897 schwankte die Temperatur der Quellen von Ischia zwischen 10° und 11·5°. Diese Schwankungen sollen nach Ansicht der Beobachter möglicherweise mit Temperaturschwankungen des Sees infolge der Insolation und der nächtlichen Irradiation zusammenhängen. Wenn dies wirklich der Fall wäre, dann müßte man tatsächlich an einen innigeren und unmittelbaren Zusammenhang von See und Quellen denken. Dann müßten aber noch viel mehr die jährlichen Temperaturschwankungen des Seeoberflächenwassers³⁾ an den Quellen bemerklich sein.

Mit Rücksicht darauf, daß im Oktober die Oberflächentemperatur des Seewassers wenig vermindert bis auf 8 *m* Tiefe reichte (12·4°—11·7°)⁴⁾ kann die tägliche Schwankung nur geringfügig sein; bei den jährlichen Schwankungen handelt es sich um Differenzen von mehr als 20° (August 22·9°, Dez. nahezu 0°). Nun ist mir zwar die Wintertemperatur der Quellen von Ischia nicht bekannt, allein der Umstand, daß diese Quellen einmal für eine Wasserversorgung von Trient in Betracht kamen oder gekommen wären, wenn ihre Höhenlage eine Druckleitung ermöglicht hätte, schließt ganz aus, daß diese Quellen so bedeutenden Temperaturschwankungen ausgesetzt sind.

Ich glaube daher, daß der Gedanke, die beim ersten Versuche von T. und B. beobachteten Mengen- und Temperaturschwankungen könnten eine andere Ursache gehabt haben, nicht ganz abzuweisen sein dürfte. Jedenfalls können sie nicht als Beweis für einen unmittelbaren Zusammenhang durch einen Abflußkanal verwendet werden. Dies schließt aber nicht aus, daß Veränderungen im Seestande und Seeabfluß, also Veränderungen im Grundwasserstande, auch bemerkliche Veränderungen in der Temperatur und der Ergiebigkeit der Quellen hervorrufen können, die den beobachteten ähnlich sind. Ich glaube, die Beobachtungen von T. und B. stehen weniger im Widerspruch mit meiner im Folgenden dargelegten Auffassung der Verhältnisse als mit ihrer.

Grundwasserverhältnisse.

In den geologischen sowohl wie in den technischen Ausführungen zum Projekt vermißt man die Berücksichtigung eines wesentlichen Faktors der Wasserwirtschaft des Seegebietes. Es ist nie die Rede vom Grundwasser. Und doch spielt dasselbe eine wichtige, wenn nicht die wichtigste Rolle in den vorliegenden Fragen.

Grundwasser in dem weiteren hier gebrauchten Sinne des Wortes ist die Durchfeuchtung oder Durchtränkung mit Wasser aller Teile der festen Erdrinde von einer gewissen Höhe bis zu einer gewissen Tiefe. Die Oberfläche des Grundwassers nennen wir den Grundwasserspiegel. So wie die Verbreitung des Grundwassers selbst, so hängt auch diese Oberfläche wesentlich von der Wasserkapazität

¹⁾ In der genauen Beschreibung der ausgeführten chemischen Reaktionen fällt die Anwendung von CO_2 zur Zerlegung von etwa gebildetem Jodkalk auf.

²⁾ 39—59 Stunden nach T. und B. l. c. pag. 102 und 126.

³⁾ Nach dem Versuch, durch Absperrn des Seeabflusses an der Lora den Quellenausfluß zu vermindern, kann es sich doch nur um solches handeln.

⁴⁾ Vgl. Tabelle bei T. und B. pag. 109.

des Gesteins und nicht zuletzt von der Form der Oberfläche des Terrains, vom Relief des Landes ab. Ganz allgemein, abgesehen von lokalen Störungen durch die Gesteinsbeschaffenheit, den Gesteinswechsel, dessen Struktur und anderen Faktoren ist der Grundwasserspiegel eine Art unterirdisches Abbild des oberflächlichen Reliefs in abgerundeter, ausgeglichener, kontrastärmerer Form.

Es kann hier selbstredend auf den vielumstrittenen Begriff „Grundwasser“ nicht näher eingegangen werden. Wie man sieht, deckt sich meine Auffassung wesentlich mit jener Grunds¹⁾ und Keilhacks²⁾. Mögen im Karste Verhältnisse zutreffen, die nicht einwandfrei durch die Annahme gewöhnlichen Grundwassers (oder „Karstwassers“) erklärt werden können, so kann doch in unserem Falle ein solcher Einwand nicht gemacht werden, weil hier ein „Karstphänomen“ im vollen Sinne dieses Wortes nicht vorliegt. Wollte man diesem Namen, mit welchem man doch in erster Linie die Vorstellung einer ausgedehnten unterirdischen Erosion verbindet³⁾, einen solchen Umfang geben, daß auch Verhältnisse wie in der Umgebung des Terlago-sees von ihm umfaßt werden, dann müßte man unser ganzes Porphy- und Dolomitgebiet ein Karstgebiet nennen, was bisher doch nicht üblich war.

Die am Aufbau der Umgebung des Sees vorwiegend beteiligten Gesteine sind — abgesehen von den in geringerer Ausdehnung vorhandenen Kreide- und Tertiärschichten — ein deutlich geschichteter Dolomit im Liegenden und deutlich geschichteter Kalk (Lias) im Hangenden. Sicher verhalten sich bei genauerem Zusehen beide Gesteine hinsichtlich ihres Einflusses auf die unterirdischen Wasserläufe schon infolge ihrer Struktur und Lagerung nicht ganz gleich. Ich glaube aber, daß man bei dem Umstande, als beide Gesteine reichlich von quer durchsetzenden Spalten durchzogen sind, für die vorliegende Betrachtung von diesem Unterschiede ohne Gefährdung des Endergebnisses absehen kann.

Die Taltiefenlinien schneiden den Grundwasserspiegel eines Gebirges an und geben dem Grundwasser Gelegenheit zu oberflächlichem Abfluß. Es neigt sich daher der Grundwasserspiegel gegen die Taltiefen hin. Das Gefälle des Grundwasserspiegels gegen diese Tiefenlinien steigt mit der geringeren Durchlässigkeit des Bodens und mit den vermehrten Niederschlägen und umgekehrt. In einem und demselben Gebiet schwankt die Höhe der Neigung des Grundwasserspiegels nur mit den zugeführten Wassermengen, also mit der Witterung und mit den Jahreszeiten.

Dies auf unser Gebiet angewendet ergibt das in Fig. 3 schematisch dargestellte Verhältnis.

$gtrq$ sei das Gebirgsrelief. Unter gewissen Bedingungen könnte der Grundwasserspiegel die Form aaq haben. Da bei q entweder das Talgrundwasser des Etschtals oder der Taglauf der Etsch oder endlich undurchlässige Alluvionen das Grundwasser des Gebirges stauen, wird es hier als Quelle q austreten⁴⁾.

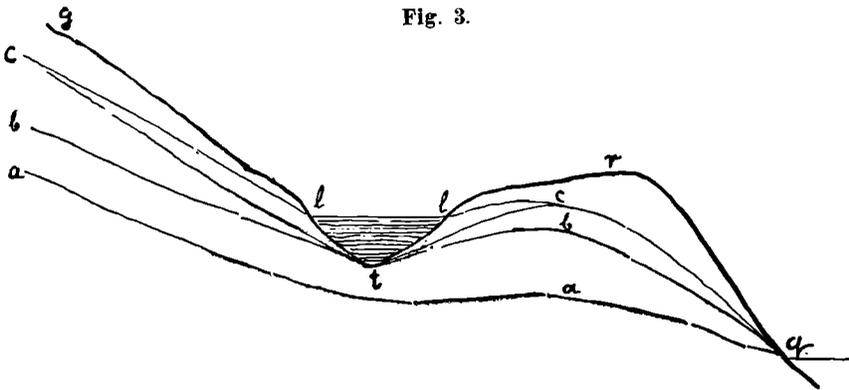
¹⁾ Zur Frage des Grundwassers im Karst. Mitt. d. k. k. Geograph. Ges. Wien 52. Bd. 1909.

²⁾ Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. Berlin 1912.

³⁾ Vgl. Kater, Karsthydrographie „Zur Kunde der Balkanhalbinsel“. H. 8. Sarajevo 1909.

⁴⁾ Quellen bei Isch. Pod.

Im Falle stärkerer Wasserzufuhr kann der Grundwasserspiegel bis $btbq$ steigen. Wäre t eine Taltiefenlinie, also eine Linie mit Gefälle, so würde das hier als Quelle austretende Grundwasser am Tag (als Bach, Fluß) abfließen. Es ist klar, daß in diesem Falle eine etwaige Steigung des Grundwasserspiegels infolge vermehrter Wasserzufuhr nur das Gefälle, etwa in der Form $ctcq$ erhöhen und somit die Ergiebigkeit der Quelle bei t und den Tagabfluß daselbst vermehren kann. Hätte aber die Terrainvertiefung bei t kein Gefälle, läge hier ein rings geschlossenes Becken vor, so würde ein Steigen des Grundwasserspiegels eine Wasseransammlung im Becken, einen See, erzeugen. Es hätte dann der Grundwasserspiegel die Lage $cllcq$ und es ist klar, daß der Seespiegel nichts anderes ist als der zutage tretende Grundwasserspiegel¹⁾.



Der Terlagosee ein Grundwassersee.

Nach dieser Auffassung präsentirt sich der Terlagosee als ein „Grundwassersee“²⁾. Seine Spiegelhöhe hängt von der Höhe des Grundwasserspiegels ab, so wie umgekehrt diese von jenem. Grundwasserspiegel und Seespiegel sind korrelative Größen, das Steigen des einen bewirkt ein Steigen des anderen und umgekehrt. Es ist sehr zu beachten, daß der Seespiegel, soweit er Grundwasserspiegel ist, durch unterirdische Zuflüsse gespeist wird. Unterhalb des Grundwasserspiegels $cllcq$ sind alle Poren und Spalten mit Wasser erfüllt³⁾. Wollte man dies nicht annehmen, so müßte

¹⁾ Also ganz dasselbe, was entsteht, wenn in einem Grundwasserträger von der Oberfläche her eine Grube ausgehoben wird.

²⁾ Nicht im Sinne dieses Wortes bei Keilhack (Grundwasser- und Quellenkunde), der unter diesem Namen Grundwasseransammlungen in beckenförmigen Vertiefungen des Grundwasserstauers versteht.

³⁾ Der Gebirgskörper unterhalb des Grundwasserspiegels muß, wie dies auch der Durchschnitt andeutet, ganz allgemein mit Wasser durchfeuchtet angenommen werden. Würde es sich um eine genauere Darstellung der Verhältnisse des Grundwassers in diesem Gebiet handeln, so müßte die Tektonik des Gebirges, also vor allem die großen Störungslinien, welche besonders im W vom See, aber auch auf

man entweder die Existenz von Grundwasser überhaupt in Abrede stellen oder den Grundwasserspiegel unterhalb des Sees vorbeiführen, also etwa in *aaq*. In beiden Fällen müßte man ein wasserdichtes Seebecken annehmen, denn wäre es durchlässig, so müßte Seewasser versinken und dadurch den Grundwasserspiegel allmählich wieder bis zum See auffüllen, also den zuerst gesetzten Fall herbeiführen. Die Annahme aber eines wasserdichten Beckens stoßt bei der bekannten allgemeinen Zerklüftung des Gesteins auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Sie ist um so unhaltbarer, als ja gerade die Tatsache des Abflusses von Seewasser in das Innere des Gebirges das Gegenteil beweist.

Man vergleiche hierzu das oben über das Verhältnis von Seezufuß und Seeabfluß durch die Loren Gesagte. Das gleiche geht auch aus der Tatsache hervor, daß die Quellen von Ischia mehr Wasser führen (150 l/s in wasserarmer Zeit, Ferrari l. c. pag. 6), als in den Loren abfließt (72.5 l/s), sogar mehr als die beiden Bäche, Fosso maestro und Roggia, dem See zuführen (122 l/s). „Ci sono in quelle rocce calcaree cavità numerose, che possono riempirsi d'acqua“¹⁾.

Der See hat aber auch oberirdische Zuflüsse; es sind die beiden Bäche und die Niederschläge. Beide verdienen im vorliegenden Falle eine größere Beachtung als dies unter gewöhnlichen Umständen nötig wäre. Hätte das Niederschlagsgebiet des Sees einen oberirdischen, fluviatilen Abfluß, so käme das Niederschlagswasser für den Grundwasserstand nur insoweit in Betracht, als es in den Boden einsinkt, der oberflächlich abfließende Teil würde aus dem Gebiete abgeführt werden. Hier im Terlagogebiet kommt der ganze Niederschlag — insoweit er nicht verdunstet — dem Grundwasser direkt oder indirekt, insofern er nämlich oberflächlich in den See fließt, zugute. Der durch das Niederschlagswasser erhöhte Seespiegel staut den Grundwasserabfluß in den See, hat also notwendig eine Erhöhung des Grundwasserspiegels zur Folge. Grundwasser- und Seespiegel werden also zu Zeiten größerer Niederschläge stärker steigen als dies der Fall wäre, wenn fluviale Abflüsse vorhanden wären.

Während der Niederschläge führen die beiden Bäche gutenteils Niederschlagswasser unmittelbar dem See zu. Zur übrigen Zeit fließt in ihnen Quellwasser ab. Da dieses letztere aber wieder vom Grundwasser und zum guten Teil, wenn nicht vollständig, vom Grundwasser des Seegebietes stammt, so kommt hier der merkwürdige Fall vor, daß das Grundwasser, indem es durch die Quellen den See speist, sich selber speist: die Quellen entlasten das Grundwasser, der See belastet es wieder.

Immerhin aber ist die Wasserzufuhr durch die Bäche eine äußere, es erhöht sich der Seespiegel durch diese Zufuhr nicht von unten,

der Ostseite, vorbeiziehen und längs welcher Gesteine von verschiedener Durchlässigkeit aneinanderstoßen, beachtet werden. Für die vorliegende Frage aber sind die dadurch bedingten Veränderungen des Bildes nicht so wesentlich, daß sie in dieser übersichtlichen Darstellung berücksichtigt werden müßten. Für diese ist nur der Umstand von Bedeutung, daß im Gebiet des supponierten unterirdischen Abflusses eine allgemeine Durchtränkung des Gesteins vorhanden ist, weil mit dieser Voraussetzung die Vorstellung von einem freien Abfluß des Seewassers innerhalb dieser Durchtränkung unvereinbar ist.

¹⁾ Ferrari l. c. pag. 7.

sondern von oben. Man kann daher am Seewasser 2 Teile unterscheiden: den von unten gespeisten eigentlichen Grundwasserteil und den von oben zugeführten Tagwasserteil. Dieser letztere erhöht den Seespiegel über den benachbarten Grundwasserspiegel im Gebirge und dieser erhöhte Teil des Sees wird gegen das Berginnere auf den dortigen Grundwasserspiegel abfließen (sichtbare Abflüsse des Seewassers an den Loren¹⁾), so lange als dieser nicht im gleichen Tempo sich zu erhöhen vermag. Hätte das Grundwasser des Gebirges keine unterirdischen Auswege, so würde dieser Zufluß von der Seeseite natürlich sofort den Grundwasserspiegel erhöhen, dieser wieder den Seespiegel und so fort bis endlich das ganze Becken erfüllt wäre und dann ein „Überfließen“. ein oberflächlicher Abfluß, sich einstellen würde.

Aus den geschilderten ungewöhnlichen Verhältnissen des Sees erklären sich auch seine ungewöhnlichen Hochwasserstände zu Zeiten allgemeinen Hochwasserstandes oder außerordentlicher Niederschläge. Während in der Regel von den Niederschlägen nur ein Teil das Grundwasser speist, der andere oberflächlich abfließt, kommt hier der ganze Niederschlag — abgesehen natürlich von der Verdunstung — dem Grundwasser zugute, und zwar der eine Teil unmittelbar, der andere dadurch daß er oberflächlich in den See fließt und durch dessen Hochstand den Grundwasserspiegel hebt.

Aus der Kartenskizze und dem schematischen Schnitte Fig. 3 entnimmt man den Zusammenhang der Quellen von Ischia Podetti mit dem Grundwasser des Gebietes. Der Wasseraustritt an diesen Quellen muß den Grundwasserspiegel senken, wodurch neuen Infiltrationen, seien sie solche der Niederschläge oder solche aus dem Tagwasserteil des Sees, Platz geschaffen wird, die sodann selbst wieder den gleichen Weg gehen werden, so daß schließlich tatsächlich Seewasser an den Quellen erscheinen kann. Dies geschieht aber, wie unmittelbar ersichtlich ist, nicht durch einfachen Abfluß in einem unterirdischen Bach, sondern infolge des allgemeinen Grundwasserabflusses.

Aus der Terrainskizze ersieht man, daß der kürzeste und einfachste Weg des Seewassers, ein Weg, der am wenigsten durch Grundwasser anderer Herkunft begangen wird, der Weg zur Vela ist und es wäre eine schöne Aufgabe, den tatsächlichen Zusammenhang zwischen Vela und Terlagosee durch ein Experiment aufzudecken. Die Velaschlucht ist der tiefste Einschnitt in das Gebirge in der Nachbarschaft des Sees. Würde der Einschnitt nur wenig (kaum 2 km) weiter nach W reichen, so würde er das Becken von Terlago zu entwässern geeignet sein. Gegen diesen Einriß hin muß sich der Grundwasserspiegel von N, S und W her senken. Durch den Velabach erfolgt die wesentliche Entwässerung des benachbarten Gebirges, und zwar vorwiegend durch unterirdische Zuflüsse²⁾, da oberirdische nur spärlich vorhanden sind.

¹⁾ Zur Zeit meines Besuches war ein Abfließen von Wasser in die Loren nur bei III und V zu beobachten, in den übrigen stand das Wasser vollkommen ruhig. Von Lora III berichtet Ferrari, daß sie in der Regel nicht „funktioniert“, während von anderen, die damals ruhten (I, II) das Gegenteil gesagt wird. Es scheint somit, daß die Tätigkeit der Loren eine sehr wechselnde ist.

²⁾ Es ist vielleicht beachtenswert, daß die größte Lora, die V., der Velaschlucht zunächst liegt, also in der tiefsten Linie des Grundwasserspiegels. Bei sinkendem Grundwasserspiegel wäre die natürlichste Entleerung des Sees durch die Lora V gegen diese Linie, also gegen die Velaschlucht hin, zu erwarten.

Einer Entwässerung des Gebirges durch diesen Quertaleinriß ist auch der gegen W gerichtete Schichtenfall besonders günstig.

Das Niederschlagsgebiet des Seebeckens wird von T. und B. mit 27.43 km^2 angegeben. Die jährliche Niederschlagshöhe liegt in der Nähe von 100 cm^1). Hiernach berechnet sich nach Abzug von etwa $\frac{1}{3}$ a conto der Verdunstung eine Abflußmenge von zirka 580 l/s . Dieser Menge stehen die 150 l/s , welche an den Quellen von Ischia ausfließen, gegenüber; alles übrige muß auf anderem Wege abfließen!

Folgerungen aus diesen Darlegungen für das Projekt.

Einen wesentlichen Teil der Tatsachen, auf welchen die soeben dargestellten Vorstellungen beruhen, bildet die offenkundige, allüberall zu sehende Zerklüftung des Gesteins. Sie bedingt die starke Aufnahmefähigkeit des Bodens für Wasser, sie ermöglicht die gründliche Durchtränkung des Gesteins mit Wasser, sie erklärt das rasche Steigen des Grundwassers in Zeiten reicher Niederschläge. Es mag ja sein, daß die Versumpfung des Gebietes längs dem Fosso Maestro zum Teil von den Seeüberschwemmungen herrührt. Nach meiner Überzeugung hat aber daran einen noch viel größeren Anteil das Steigen des Grundwassers²⁾ in dieser, der Tiefenlinie des ganzen Beckens folgenden Rinne, gegen welche hin notwendig das Grundwasser von allen Seiten zufließen muß. Ist ja doch die Überflutung nach dieser Auffassung wesentlich nichts anderes als das Zutagetreten des Grundwassers.

Die Gesteinsklüfte haben die verschiedensten Dimensionen und Richtungen, sie besitzen alle Übergänge von kapillaren Rissen bis zu meterweiten Spalten. Die größeren Spaltrisse folgen zum Teil den Schichtungsflächen, zumeist aber setzen sie quer durch. Einzelne sind durch Verwitterung und Erosion erweitert.

Die Loren sind nichts weiter als große erweiterte Spalten, die teils den Schichtflächen folgen und in diesem Falle, da die Schichtfläche nur eine flache Neigung gegen die Horizontale hat, tatsächlich eine Art „Boden“ zeigen, zum größeren Teil aber sind es Querklüfte, welche natürlich nichts besitzen können, was man etwa einen Boden nennen könnte, abgesehen etwa von Verstopfung durch Fremdkörper. Diese Klüfte setzen mehr oder weniger steil in die Tiefe und es ist kein zwingender Grund vorhanden, anzunehmen, daß sie eben gerade im Seeniveau endigen. Vor allem aber liegt gar kein Anlaß vor, die Loren als rings geschlossene Kanäle anzusehen, etwa als eine Art Röhren, deren eine Mündung am Seeufer, deren andere unten im Etschtal bei den Quellen von Ischia Podetti sich befindet. Ich glaube, es ist ganz unnötig, auf die Unmöglichkeit einer solchen gekünstelten Vorstellung näher einzugehen.

Daß auch bei T. und B. die Vorstellung besteht, die Lorenmündungen lägen nur an der Seeoberfläche und reichten nicht in die Seetiefe, geht unter anderem auch daraus hervor, daß sie bei ihrem Versuche durch Vermehrung und Verminderung des Seeabflusses den Zusammenhang des Sees mit den Quellen von Ischia Podetti zu erweisen, dies durch Reinigen und Verschließen des Loreneinganges am

¹⁾ Vgl. H. v. Ficker, Klimatographie von Tirol und Vorarlberg. Wien 1909.

²⁾ Nach Ferrari pag. 8 und 13 führt der Riol oberhalb des Gaidosspasses 7 l/s , am Einfluß in den See aber 104 l/s (!), ohne daß unterhalb Gaidoss größere Tagzufüsse vorhanden wären!

Seeufer erreichen zu können glaubten. Wenn angenommen worden wäre, daß die Lorenmündungen weiter unter die Seeoberfläche reichten, hätte man sich von der oberflächlichen Absperrung wenig Erfolg versprechen dürfen.

Wenn die Loren Klüfte in zerspaltelem Gestein sind, versteht es sich von selbst, daß ihr Innenraum mit dem Innenraum der übrigen Klüfte und schließlich des ganzen Kluftsystems in Verbindung steht. Es wird niemand behaupten wollen, daß es wahrscheinlich sei, daß alle übrigen Klüfte vor den „Lorenklüften“ haltmachen oder ihnen aus dem Wege gehen werden. Findet aber eine Verbindung des gesamten Kluftsystems statt, so findet auch eine Kommunikation des Kluftinhaltes, des Grundwassers, statt, das heißt die Lorenklüfte sind so wie die übrigen, unterhalb des Grundwasserspiegels liegenden Klüfte mit Grundwasser erfüllt. In denselben findet also kein Wasserabfluß mit freier Oberfläche statt; das Wasser im Kluftsystem steht unter hydrostatischem Druck, soweit derselbe nicht durch Reibung aufgehoben wird.

Mit der Vorstellung einer vollständigen Erfüllung der Hohlräume unterhalb des Seeniveaus mit Wasser, also mit der Aufgabe des freien Abflusses von Seewasser in Kanälen verlieren die supponierten Verengerungen der „Röhrenkanäle“ ihre Bedeutung, die Stollen und Schächte, die ja vollständig im Grundwasser liegen müßten, würden an den bereits bestehenden Verhältnissen nicht das Geringste ändern, was hier wohl nicht weiter zu begründen sein dürfte.

Wie schon oben erwähnt, sind Seespiegel und Grundwasserspiegel korrelative Dinge in gleicher Weise wie die Oberfläche von Flüssigkeiten in kommunizierenden Gefäßen. Man kann wohl den einen und damit auch den anderen der beiden Spiegel erniedrigen, wenn man aus einem der beiden Gefäße Flüssigkeit entfernt. Wollte man aber, wie dies nach dem Projekt zu geschehen hätte, den Spiegel im einen Gefäß (dem See) dadurch erniedrigen, daß man aus ihm Wasser in das andere (den Grundwasserbehälter) übergießt, dann würde man wohl eine wahre Sisyphosarbeit leisten.

Es wurde hier ein Versuch gemacht zur Erklärung der eigenartigen Erscheinungen am Terlagosee auf Grund einer Annahme, deren Zutreffen indirekt schon dadurch wahrscheinlich gemacht wird, daß sich aus ihr alle Erscheinungen ungezwungen erklären. Wie schon oben hervorgehoben wurde, ist die Existenz des Sees an sich schon ein Beweis für das Vorhandensein von Grundwasser in der geschilderten Form, weil ohne diese Voraussetzung zur Erklärung der Existenz des Sees sehr gekünstelte Annahmen (ein undurchlässiges Becken mitten im durchlässigen Gebirge) gemacht werden müssen. Wenn schon für die Grundlagen eines Erklärungsversuches ein besonderer Beweis ihres Zutreffens erbracht werden soll (wie dies der Verfasser des g. G. von mir für meine „Grundwassertheorie“ verlangte), so müßte dies meines Erachtens zunächst nicht von jenem geschehen, der eine allgemein verbreitete und bekannte Tatsache (Grundwasser) und allgemein gültige Gesetze zur Erklärung eines Falles heranzieht, sondern von jenem, der das Vorhandensein ganz eigenartiger Verhältnisse und besonderer Ausnahmefälle behauptet, wie dies von den Projektanten geschieht. Jedenfalls müßte vor allem gezeigt werden, daß man mit dem gewöhnlichen Grundwasser zur Erklärung der Erscheinungen nicht auskommen kann, daß Grundwasser im Sinne meiner Darstellung nicht vorhanden sein könne. Dies zu erweisen hätte aber außer mit der Existenz des Sees noch mit anderen Schwierigkeiten zu kämpfen.

In der Arbeit von T. und B. werden außer jenen von Ischia noch andere Quellen im Gebirge um den See und über demselben erwähnt. Ich hebe unter

diesen nur einige hervor¹⁾, so die Quellen des Fosso Maestro und der Roggia. Erstere in einer Meereshöhe von ungefähr 800—900 *m*²⁾ aufgehend zeigen Temperaturen um 8° C, letztere in ungefähr 500—600 *m* solche um 10° C (Messungen von T. und B. im Herbst und Winter). Die Quellen sind perennierend, die Temperaturen, wenig schwankend, entsprechen der Höhenlage der Quellen, so daß letztere als gut bezeichnet werden können. Außer diesen werden von T. und B. noch andere Quellen mit ähnlichen Eigenschaften aufgezählt, und zwar im Westen und Norden des Sees. Auch östlich vom See findet sich in der Mulde nördlich von Cadine eine Quelle in zirka 460 *m* Meereshöhe, so daß rings um den See in verschiedenen Höhen über demselben Quellen auftreten. Wo anders her, wenn nicht vom Grundwasser, sollen diese Quellen ihre Nahrung schöpfen? Und wenn im Gebirge um den See und in dessen nächster Nachbarschaft unter gleichen geologischen Verhältnissen Grundwasser vorhanden ist, welche Nötigung besteht denn, gerade im Seeuntergrunde und auf der Strecke des supponierten Kanals kein Grundwasser anzunehmen?

Zusammenfassung.

Den Vorschlägen zur Behebung der Übelstände im Seegebiet, welche durch ungewöhnliche Schwankungen des Seespiegels hervorgerufen werden, liegt eine Vorstellung zugrunde, deren wesentlicher Inhalt darin besteht, daß der in wasserdichtem Becken ruhende See unterirdische Abflußmöglichkeiten in Form von in Kanälen frei fließendem Wasser besitze, die wohl die gewöhnlichen Zuflüsse zu bewältigen vermögen, die aber bei Hochwasser ihre Dienste versagen. Das Projekt möchte diesen Abflußwegen sozusagen unter die Arme greifen und ihre Leistungsfähigkeit dadurch erhöhen, daß die hemmende Wirkung der Verengerungen im oberen Teil des Kanalsystems durch Druckerhöhung vermindert wird.

Wir haben uns einen Augenblick auf den Standpunkt der Voraussetzungen dieses Projekts gestellt und dabei gefunden, daß die vorgeschlagenen Arbeiten vielleicht zum Ziele führen könnten, wenn alle diese Annahmen, der freie unterirdische Abfluß, die Verengerungen der Kanäle in der Nähe des Sees, die Fähigkeit des Hauptkanals, eine größere Wassermenge abzuführen usw. wirklich zutreffen. Wir waren aber genötigt, hervorzuheben, daß fast alle diese Voraussetzungen, also fast die ganze Basis des Projekts, vollkommen hypothetischer, ja fast willkürlicher Natur sei, so daß möglicher-, ja wahrscheinlicherweise das Projekt nicht den gewünschten Erfolg haben würde, wenn auch nur eine dieser Voraussetzungen nicht zuträfe.

Hiernach müßte das Projekt selbst vom eigenen Standpunkt aus noch viel sicherer fundiert werden als dies bis jetzt der Fall ist.

Wir sind aber, wie erwähnt, nicht in der Lage, diesen Standpunkt einzunehmen und die Vorstellungen der Projektanten von der unterirdischen Wasserwirtschaft zu teilen. Welche Gründe könnten wir anführen, um das Fehlen von Grundwasser im ganzen Gebirgskörper östlich vom See zu erklären? Und doch müßten wir diese Annahme machen, um ein freies Abfließen des Seewassers in einem Kanal zu verstehen. Oder sollen wir vielleicht innerhalb des Grundwassers einen geschlossenen Kanal etwa nach Art einer Röhrenleitung eingefügt uns denken?

¹⁾ Vgl. hierzu die Kartenskizze.

²⁾ Leider finden sich bei T. und B. für die Quellenpunkte keine Höhenangaben.

Sobald wir aber die Zerklüftung des Gesteins und somit die Kommunikation des hypothetischen Kanals mit dieser Zerklüftung zugeben, entsteht sofort vor unserem geistigen Auge eine Durchträngung des Gesteins und es entwickeln sich Grundwasserverhältnisse gleich den von uns oben geschilderten, mit welchen dann natürlich all die erwähnten Schwierigkeiten für das Projekt verknüpft sind.

Wir werden somit ganz von selbst auf die von mir entwickelte Auffassung von der Wasserwirtschaft des Seegebietes geführt und da diese Auffassung jene der Projektanten ausschließt, entfallen nach meiner Überzeugung und — wie ich glaube — auch für jeden unbefangenen Urteilenden die Grundlagen des Projekts.

Eine wirkliche Abhilfe kann nur dadurch geschaffen werden, daß das im See sich sammelnde überrnormale Grundwasser in ein anderes Talgebiet abgeleitet wird. Als solches kommt nur der Einriß des Velabaches in Betracht. Ich habe schon oben erwähnt, daß das Becken von Terlago seine bedauerlichen Eigenschaften verlieren oder richtiger nicht erhalten haben würde, wenn der Einriß der Velaschlucht um etwa 2 km weiter nach W reichte. Da die Natur diese Arbeit selbst nicht geleistet hat, muß der Mensch nachhelfen.

Man sieht, unsere Betrachtungen führen schließlich zum ersten Projekt zurück, dessen Zweckmäßigkeit übrigens ja von allen Seiten anerkannt wurde. Der Standpunkt, von dem aus die Projektanten am Eingange ihre Auseinandersetzungen dieses Projekts beiseite setzen und jener, der mich am Schluß meiner Ausführungen nötig, wieder darauf zurückzukommen, ist ein sehr verschiedener und dementsprechend auch das Urteil. Jene glaubten, auf dieses Projekt verzichten zu können, weil sie an seine Stelle ein anderes, billigeres, und, wie sie meinten, ebenfalls zum Ziele führendes, setzen konnten. Ich greife wieder zu ihm zurück, weil ich überzeugt bin, daß es eine andere Möglichkeit der Abhilfe nicht gibt.

Kurz gesagt, ergibt sich also, daß der Unterschied zwischen meiner Auffassung der Sachlage und jener des Verfassers des g. G., resp. von T. und B., wesentlich darin besteht, daß nach meiner Auffassung alle Erscheinungen ungezwungen aus dem Vorhandensein von Grundwasser sich erklären, während die Genannten von diesem ganz absehen und sowohl für die Existenz des Sees als auch für dessen Abfluß ganz besondere Verhältnisse annehmen, die ihr Analogon im Karstgebiete haben. Wenn Grund (l. c.) im Karste zur Erklärung der verwickelten Phänomene glaubt mit Grundwasser (Karstwasser) auskommen zu können, so mag ihm vielleicht mit Recht eingewendet werden, daß zur Erklärung aller Phänomene seine Hypothese nicht ausreicht (Katz u. a.), da offenkundig Verhältnisse vorliegen, die nur sehr schwer mit der Grundwasserhypothese vereinbar sind. Ich glaube aber daß man in unserem Falle nicht nur nicht auf Tatsachen hinweisen kann, die mit der Grundwasserhypothese unvereinbar wären, sondern daß man umgekehrt den Tatsachen Gewalt antun muß, um sie ohne diese Hypothese (etwa durch Karstphänomene, Karstgerinne) zu erklären.

Man wird vielleicht gegen meine Auffassung einwenden, daß durch die Untersuchungen von T. und B. ein unmittelbarer Zusammenhang vom See und den Quellen von Ischia erwiesen sei. Demgegenüber ist natürlich zu bemerken, daß aus der Tatsache eines Zusammenhanges noch nicht die Richtigkeit der Erklärung dieses Zusammenhanges folgt. Auch nach meiner Auffassung ist, wie schon erwähnt, ein Zusammenhang vom See und den Quellen von Ischia nicht ausgeschlossen.

Nur hinsichtlich der Art des Zusammenhanges gehen unsere Meinungen weit auseinander. Nach T. und B. und den Projektanten rinnt der See einfach in einem unterirdischen offen fließenden Bach gegen die Quellen hin aus, nach meiner Darstellung ist der See ein Teil jenes Grundwasserkörpers, von welchem auch die Quellen ihre Nahrung erhalten.