

druck die flache Lagerung der Gneisplatten begünstigt. Diese Umstände erschweren, ja verhindern eine lineare Einarbeitung der Wasseradern. So bleiben nicht zu feuchte, mehr obere, flache Hangteile, breite Rücken und Sättel mit beachtlicher Verwitterungskrume, ohne zu kräftigem Windschur, den Buckelalmen vorbehalten, wie es gerade die flachen Reste der Alten Landoberfläche zwischen 1800—2100 m sind.

Der Größenordnung nach sind die Schneefleckendellungen die größten, aber doch nur an bestimmte Hangteile gebundene Formen, die die Tendenz haben, größer und tiefer zu werden. Die Viehgangeln zeichnet dagegen universelle Verbreitung aus. Ihre Formen allerdings gehen über eine bestimmte Größe und Dichte nicht hinaus, sie werden zerstört und entstehen wieder und stellen damit eine Art Regulation der flächenhaften Boden- und Schuttabwanderung dar. Als die individuellsten und zugleich jüngsten Formen muß man die Buckelalmen, die über tiefer Bodenkrume einen fast rein vegetabilen Aufputz bilden, bezeichnen.

## Beitrag zur Grundwasserführung der Dobrudscha

Von Hannfrit Putzer, dzt. Criciuma, Brasilien

**Gliederung:** Geologische Einleitung. — Die einzelnen Grundwasser-Bereiche (I a Quartär/Alluvium; I b Quartär/Diluvium; II Pliozän; III Miozän; IV Kreide (IV a Senon, IV b Cenoman, IV c Unterkreide); V Malm; VI Keuper; VII Muschelkalk; VIII Unterdevon; IX Prä-Kambrium; X Kristallin; — Résumé. — Literatur.

### Geologische Einleitung

Die Dobrudscha ist eine ausgedehnte Steppenlandschaft, welche die nördliche Fortsetzung der bulgarischen Kreidetafel darstellt. Dank einer mächtigen Lößbedeckung ist das Land fruchtbar, trotz allgemeiner Wasserarmut. Der kleinere, nördliche Teil der Dobrudscha ist ein Hügelland in der Form eines weitgehend eingeebneten Rumpfgebirges, das heute fast ganz entwaldet und versteppt ist. Die viele Kilometer breite Talwanne des Donauunterlaufes mit ihren Altwässern, Seen und Sümpfen sowie die malerische Sumpflandschaft des Donaudeltas mit ihren „Schwimmenden Inseln“ (rumän. Plaur) und Millionen von Vögeln bildet die natürliche Grenze der Dobrudscha gegen die Walachei und Bessarabien. Das Überschwemmungsgebiet (rumän. Balta) des Donaudeltas ist eine ganz flache weite Depression unter dem Spiegel des Schwarzen Meeres. Die Limane südlich des Südarms sind Reste eines ehemaligen Golfs des Schwarzen Meeres. Der Hauptfluß ist in seinem gesamten Unterlauf durch natürliche Deiche (rumän. Grindul Malului) eingefaßt, die der Strom selbst aus Sinkstoffen aufgeschüttet hat.

In der Nord-Dobrudscha liegen auf engem Raum drei wesentliche geologische Bauelemente: im N der stark abgetragene Rest eines alten Faltengebirges mit kristallinem Gerüst aus Graniten und paläozoischen Gabbros, Dioriten und deren Ganggefolgschaft. Im Jura sind Diabase und Porphyre in den Komplex eingedrungen. Der Sedimentanteil dieses Faltengebirges besteht aus mächtigem Unterdevon, das z. T. fossilreich entwickelt ist (Tulcea). Klastisches Perm (Verrucano) ist nur an wenigen Stellen aufgeschlossen, während die gesamte Trias in vorwiegend alpiner Fazies weit verbreitet ist. Südlich schließt

sich eine breite und 70 km lange Oberkreidemulde an (Mulde von Babadag), an die sich, durch eine gewaltige Überschiebung getrennt, die Grünschieferzone anschließt, für die von rumänischen Geologen neuerdings präkambrisches Alter angenommen wird. Quartäre Gesteine entziehen weitgehend das alte Relief der direkten Beobachtung.

Im Gegensatz zu diesem komplizierten Gebirgsaufbau des Nordens ist die Süd-Dobrudscha ein viel einfacher gebautes Hochplateau, das von flach liegenden Kreide- und Tertiärtafeln gebildet wird, die allerdings außerhalb der Täler meist von quartärem Lehm und Löß verhüllt wurden.

Nach W und N fällt die Dobrudscha mit ausgeprägten Steilhängen zum breiten Donautal ab. Bei Turtocai bildet Pliozän die Geländestufe, zwischen Cernavoda und Harsova besteht das Steilufer aus Kreide und Malm, während zwischen Macin und Mahmudia Trias und Devon das hohe Kliff gegen die Donau-niederung bilden. Die Terrassen der Niederung gehören dem Tertiär und Quartär an. Aufschüttungsmassen des südlichen Donaudeltas bilden die Basis der verschifften Limane und ihrer Nehrungen zwischen Babadag und Constantza. Bis zur bulgarischen Grenze fällt die Tafellandschaft der Süd-Dobrudscha mit steilem Kliff zum Schwarzen Meer ab.

Tektonische Beanspruchungen haben einzelne Teile der Dobrudscha verschieden stark umgestaltet. Eine präsilurische Faltung verformte intensiv die Grünschiefer der zentralen Dobrudscha; im Devon fand eine geringe kaledonische Faltung statt; die varistische Orogenese brachte mächtige Plutone und Effusiva. Schließlich wirkte die altkimmerische Bewegung sehr intensiv auf die Trias, mit gleichzeitigem bedeutenden Vulkanismus.

Kleine Fischerdörfer mit schilfgedeckten Hütten sind die Siedlungen an der Donau, den Limanen und am Meer. Auf der dünnbesiedelten Plateaulandschaft und in den Tälern der Steppe des Nordens treffen wir kleine Dörfer, deren Bewohner Weizen und Mais, Melonen und Obst anbauen. Nur wenige Städte mit regem Handel gibt es, deren wichtigste der Hafen Constantza ist. Manche Orte tragen noch deutliche Züge der einstigen türkischen Besatzung: z. B. Tulcea, Mahmudia und Babadag, wo noch Moscheen und Minarette existieren. Zwei Bahnlinien erschließen das Land, die bedeutende Linie von W nach O Bukarest—Cernavoda—Constantza, die bei Medjidia von der N-S-Linie Tulcea—Basargic gekreuzt wird.

Die hydro-geologischen Verhältnisse der Dobrudscha sind wegen des unterschiedlichen Baues und der verschiedenen geologischen Geschichte auf engem Raum recht verschieden. Eine Reihe Beobachtungen über die Grundwasserführung seien im folgenden mitgeteilt. Bei den Grundwasserfeststellungen half mein Freund Prof. M ä g d e f r a u, dem ich an dieser Stelle dafür danken möchte.

Die Übersichtskarte Abb. 1, zeigt die hydro-geologischen Bereiche der Dobrudscha.

### Die einzelnen Grundwasser-Bereiche

#### Grundwasser-Horizont Ia: Quartär, Alluvium

Dieses weitverbreitete, flächenhafte Grundwasser lagert in den jüngsten Sedimenten, vor allem in den Sanden und Kiesen der Donauterrassen. Es spielt eine große Rolle, da es sich in 2—8 m Tiefe leicht erschließen läßt, Süßwasser ist, und dank der natürlichen Filterung, meist sauber und einwandfrei.

Die Grundwasservorräte sind sehr groß und werden erst zum kleineren Teil wirtschaftlich genutzt. In den Terrassen wird das Grundwasser hydrostatisch vom Niveau der nahen Donau beeinflusst, d. h. der Spiegel steigt rasch bei



Abb. 1. Hydrologische Übersichtskarte der Dobrudscha. Grundwasser-Bereiche: punktiert: ganz flaches flächenhaftes G.W. im Alluvium (Ia). Weiß: flaches, meist mineralisiertes flächenhaftes G.W. Ib an der Lößbasis. Waagrecht schraffiert: tieferes flächenhaftes G.W. in Pliozän (II) und Kreide (IV). Schräg schraffiert: tiefes Kluft-G.W. im Kristallin (X), Schiefern (IX) und paläozoisch-mesozoischen Kalken (III, V—VIII) ——— Eisenbahn, ▨▨▨▨ Überschiebung. Orte: D Duca, A Agighiol, Bes. Bes-Tepe, P Parlitz, MC Mihai Cogalnicu, Cat Cataloi, N Nalbant, RF Regele Ferdinand, GP General Praporgescu, CdJ Ceamurlia de Jos, CdS Ceamurlia de Sus, VB Vintila Bratianu, Do Domnesti, Sa Sacele, Sib. Sibioara, Dl Dorobantzul, MV Mircea Voda, Se Seimeni, PA Poartu Albu, F I Ferdinand I, VT Valul Traian, Bas Basarabi.

Hochwasser und fällt bei Niedrigwasser. Die Gewinnung dieses Wasser ist nur in der langgestreckten schmalen Uferzone der Donau möglich. Die hier angelegten Brunnen sind stets ausreichend versorgt. In den Talalluvionen der kleinen Bäche, die zur Donau und in die Limane fließen, kann das G.W. I a ebenfalls in kleinem Ausmaß erschlossen werden, allerdings sind hier die Grundwasserträger meist lehmige Feinsande und zudem ist das Speichervermögen gering, so daß besonders in der regenarmen Süd-Dobrudscha die Brunnen der kleinen Täler oft versiegen.

Beispiele für G.W. I a: Brunnen in Isaccea 5—7 m tief, längs der Uferstraße auch im Sommer ausreichend. Nördlich Nicolitzel 12 m, hier steht das Grundwasser im Schutt des abgetragenen Gebirges in einem Talkessel. Casla 6—7 m, desgleichen Tulcea und Malcoci. Caraibil am Entensee wird ausschließlich aus G.W. I a versorgt, Tiefe 5—6 m. In Vintila Bratianu mineralisiertes G.W. bei 6 m, in Poartu Albu süßes Wasser 6—8 m tief. In Medjidia wird unhygienisches Wasser aus verwehrten 1—3 m tiefen Brunnen der versumpften Bachzone entnommen und durch Träger in der Stadt verteilt. Brunnen in Castelul bis 8 m, in Mircea Voda, Satul Nou, Faclia, Saligny und Stefan cel mare 2—7 m tief, sehr reichliche Schüttung. Die Versorgung im Gebiet von Cernavoda ist gut. In Seimeni Mici 2 Brunnen mit 4 m im Donautal, in Dunarea 3—5 m tief. Ferdinand I hat viele Flachbrunnen 4—8 m tief, Principele Mihai 6 m, im Tal bei Julia viele Brunnen mit 5—6 m, in Alba bis 5 m, in Turcoaia, Macin, Smerdani 4—8 m und ebenso in vielen anderen kleinen Orten der Talaue.

#### Grundwasser-Horizont Ib: Quartär, Diluvium

Viel weiter verbreitet, nämlich fast im gesamten Land, ist das flächenhafte Grundwasser an der Basis des porösen Löß. Die Qualität dieses Grundwassers ist in der Dobrudscha ebenso wie in den angrenzenden Lößsteppen Rumäniens und Bessarabiens schlecht (siehe Putzer & Martin, Manusk.). Grundwasserträger ist der durchlässige Löß, der mantelartig die Senken, Vorland und Hänge, aber auch die Kuppen der Hügel bedeckt. In den unteren Abschnitten der Täler ist er bis 10 m mächtig. Am Meer taucht der Löß an mehreren Stellen unter das Niveau des Schwarzen Meeres und beweist junge Landsenkungen. Als Grundwasserstauer wirken die verschiedenen älteren Gesteine im Liegenden des Löß. Das Grundwasser im Löß ist meist minderwertig, da durch Verdunstungsprozesse Salze angereichert werden, besonders  $\text{CaSO}_4$ , aber auch  $\text{NaCl}$  (relative Nähe des Meeres!) und  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , wodurch dieses mineralisierte G.W. für den menschlichen Genuß wenig geeignet wird. Für die landwirtschaftliche Nutzung spielt jedoch dieses G.W. I b eine außerordentliche Rolle, da es an vielen Punkten anzutreffen ist und die Brunntiefe meist unterhalb 10 m bleibt.

G.W. I b tritt besonders häufig auf in der pontischen Steppenebene zwischen dem Dobrudschahorst und dem Meer. Z. B. sind in Sarinasuf außer zwei Pumpbrunnen alle anderen Brunnen dieses Horizontes ungenießbar. Duca hat mineralisiertes Wasser in allen Brunnen bis 7 m Tiefe, in Hagighiol bis 5 m, in Sabangia bei 13 Brunnen (Tiefe 3—7 m), Versorgung sehr schlecht, daher benutzt man dort Zisternen für den Trinkwasserbedarf. Im Ostteil von Sarichioi ist das Wasser I b versalzen, bei Brunntiefen bis 10 m, in Vintila Bratianu viele salzige Brunnen bis 6 m, in Ceamurlia de Jos versalzene Brunnen 6—11 m, Navodari und Valea Neagra bis 10 m. Im Carasutal zwischen Cernavoda und Medjidia wird die Lößdecke bis 20 m mächtig, hier ist sie teils durch großartige Erosionsformen zerschnitten (Balkas). An der Lößbasis treten flach O-fallende Kalke

der Unterkreide auf, über denen sich schwach mineralisiertes G.W. I b staut (Abb. 2).

Die meisten Orte auf der Lehm-Löß-Hochfläche haben dieses mineralisierte Grundwasser erschlossen, vor allem auf den semi-ariden Hochflächen des Südens zwischen Medjidia—Silistra—Basargic. Die Brunnen im Löß von Deliorman trocknen im Sommer vielfach aus.

Gelegentlich wird der Löß von diluvialen Terrassensanden unterlagert, so in der Nähe der Donau. Diese älteren Sande führen Süßwasser, die Schichten halten aber nicht auf größere Erstreckung aus. Solches Wasser liefert anscheinend ein 8 m tiefer Ziehbrunnen nördlich Sabangia.

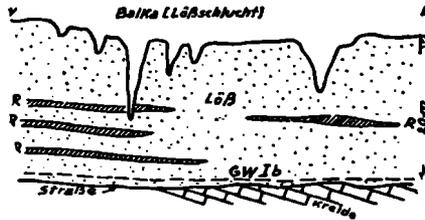


Abb. 2. Profil an der Straße Medjidia—Cernavoda. Löß mit drei Rotlehmhorizonten (fossile Böden „R“), eingeschnittenen Balkas, an der Basis Kalke der Unter-Kreide. Grundwasser I b an der Basis des Löß.

#### Grundwasser-Stockwerk II: Tertiär, Pliozän

Pontisch-dazische Gesteine sind nur in der Süd-Dobrudscha bekannt, sie sind in einem schmalen sich zur Donau neigenden Streifen zwischen Turtucaia und Silistra angeschnitten. In den kleinen zur Donau entwässerten Tälchen entspringen hier Quellen. Das Pliozän enthält in seinen detritischen Schichten drei Grundwasserträger mit flächenhaftem Grundwasser. Die beiden oberen Horizonte sind sandige Lagen, durch Tonmergel in 20—25 m Abstand getrennt, die leicht erreichbares Wasser liefern. Das höchste G.W. II tritt an den Talflanken, der tiefere Horizont auf der Talsohle in freier Form als kleine Quellen zutage. Hierzu gehören die Quellen von Turtucaia, Belitza, Babuc u. a. Ein noch tieferer Grundwasserhorizont ruht auf Tonen des Mäot an der Pliozänbasis, seine Schichtquellen treten am Fuß des rechten Donauhanges zutage. Eine Reihe flacher Brunnen wird aus diesem Grundwasserträger gespeist, und zwar im Unterlauf der Nebentäler und in der Nähe des Stromes. Das tiefste G.W. II ist weniger ergiebig als die beiden höheren Horizonte.

#### Kluft-Grundwasser III: Tertiär, Miozän

Nur das Sarmat ist im Miozän der zentralen und südlichen Dobrudscha Grundwasserträger im Tertiär. Hier bauen 60—135 m mächtige poröse und klüftige Kalke mit Tonlagen das Sarmat auf. Das Grundwasser bewegt sich im Kluftnetz und Porenraum der Kalksteine. Eine gefaßte Quelle des G.W. III entspringt am N-Ausgang von Constantza nahe der Hauptstraße nach Ovidiu. Die Wasserleitung von Constantza dürfte einen Teil ihres Wassers ebenfalls dem Sarmat entnehmen. Westlich der Stadt, am Berge Tazlu, speist dieses süße, aber harte Wasser die 15—20 m tiefen Schachtbrunnen. Die Zahl der Brunnen nimmt hier nach S und W ab. Medjidia erhält sein Süßwasser aus dem Sarmat bei

ca. 35 m Tiefe durch Pumpbrunnen. Die Stadt ist sehr schlecht versorgt, da der weitaus größere, hochgelegene Teil der Stadt weder Brunnen noch Quellen hat. Das Wasser muß von dem einzigen Pumpbrunnen des tief gelegenen Marktes gegen Bezahlung in die obere Stadt gefahren werden. Aus dem sandig-kalkig entwickelten Torton werden wenige, 14—23 m tiefe Brunnen in höheren Ortslagen von Seimeni Mici und Seimeni Mari beliefert. Das Sarmatgrundwasser spielt eine wichtige Rolle in der Süd-Dobrudscha bis ins östliche Deliorman. Hier sind drei Grundwasserhorizonte im Sarmat unterscheidbar, das hier als Grundwasserstockwerk zu beurteilen ist. Der höchste Horizont III a gehört dem Ober-Sarmat an und speist die Quellen im Basargictal. Das Wasser ist in geringer Tiefe in Brunnen gewinnbar, die Schüttung der Quellen ist z. T. sehr reichlich, sie betrug nach M a c o v e i (1927) in den Quellen bei Baspunar, Adanciufa und Mabas Ciamurlui je 200 cbm/std. Der nächsttiefer Horizont III b, dem Mittelsarmat zugehörig, ist innerhalb der Hochebene von Balcic-Basargic nachgewiesen, wo ausreichende Schichtquellen die Orte Balcic, Basargic, Bogdaili und Caraili versorgen. Auch Nastradin und Cobadin erhalten ihr Wasser aus G.W. III b. — Der tiefste Horizont III c gehört dem Untersarmat an und wird in den Tälern der Süd-Dobrudscha durch zahlreiche meist kleine Quellen entwässert, ebenso im Raum südlich Mangalia an der Küste. Nach P a s c u (1928) wird die Schwefelquelle von Mangalia aus Sarmatkalk gespeist. Wo auf der weiten Hochfläche selbst Brunnen bis in diesen ersten Horizont mit Süßwasser abgeteuft werden, muß bis in erhebliche Tiefe gebohrt werden, da das G.W. III c hier bis 60 m tief liegt. Das Sarmat der Tiefbohrung Negru Voda ist z. B. 65 m mächtig, während es in den Bohrungen zwischen Constantza und Mangalia bis 135 m erreicht. Wahrscheinlich gehören auch die mächtigen Karstquellen bei Devnia zu diesem Horizont, die in einem breiten Tal entspringen und hartes Wasser liefern.

#### Grundwasser-Stockwerk IV: Kreide

Die Kreideformation ist in ihrer Gesamtheit ein Grundwasserstockwerk mit verschiedenen Grundwasserträgern, die aber nicht alle im gleichen Gebiet auftreten. Im Senon der Nord-Dobrudscha befindet sich das höchste Grundwasser IV a dieses Stockwerks. Es speist praktisch den Bereich der Kreidemulde von Babadag. Das Senon wird von einer Schichtfolge scherbigiger weißer Mergel mit Glaukonit, von kreidigen Mergeln, Kalksandsteinen und Konglomeraten aufgebaut. Schieferige Tonmergel wirken als Staufflächen für das flächenhaft vorhandene Grundwasser in den einzelnen Trägern. So entnehmen dem Senonsandstein die wenigen Süßwasserbrunnen des Westteils von Vintila Bratianu ihr Wasser aus 10—14 m Tiefe (dort allgemeine Versorgung durch salziges G.W. I b schlecht!), im benachbarten Jurilofca reichen die Süßwasserbrunnen bis 23 m in die Obere Kreide. Das süße und weiche Sandsteinwasser liegt in Casla 15—20 m tief, in Lunca nur 8—10 m, während die vier süßen Schachtbrunnen in Ceamurlia de Jos 8—12 m tief sind. An der Wegegabel zwischen Ceamurlia de Jos und Ceamurlia de Sus schneidet ein Schachtbrunnen dieses G.W. IV a in 13 m Tiefe an. Im Bereich der alten Türkenstadt Babadag entspringen dank dem muldenartigen Einfallen der Sandsteine mehrere Quellen. An dem großen nach W ausbiegenden Bogen der Straße von Babadag nach Constantza (NW Punkt 232 der rumän. Karte 1:300.000) tritt das Grundwasser IV a beiderseits der Straße frei zutage. Auf der Westseite liegt eine große Tränkanlage, die von einer mächtigen Schichtquelle, die noch im Hoch-

sommer ca. 60 cbm/24 std schüttet. Einige 100 m weiter nördlich fließt eine kleine Quelle, die aber in heißen Sommern versiegt. Die Stadt Babadag entnimmt ihr Gebrauchswasser einem nach N fließenden Bach, außerdem befinden sich im Nordteil des Ortes wenige Schachtbrunnen mit G.W. IV a.

Die zur Wasserversorgung von Constantza niedergebrachte Bohrung erschloß im oberkretazischen Sandstein gutes weiches Wasser, die Oberkreide reicht von 60—130 m unter die Erdoberfläche. — Einige wenige, aber ergiebige Schachtbrunnen von beträchtlicher Tiefe erschlossen westlich Constantza längs der Bahn und Asphaltstraße das flächenhafte Grundwasser der tiefsten Oberkreide im Cenoman, G.W. IV b (die Formation ist auf einigen rumän. Karten als „mittlere Kreide“ bezeichnet). Das Cenoman besteht aus Sandsteinen, Konglomeraten, sandigen Kalken und Mergeln. Grundwasserträger sind die Konglomerate und Sandsteinbänke. Die tiefsten Punkte des G.W. IV b liegen westl. Constantza an der Kreuzung der Asphaltstraße mit dem Trajanswall, hier liegt das Grundwasser in 25 m Tiefe, bei Hasancea (= Valul Traian) in 30—35 m, bei Omurcea (= Valea Seaca) in 18—25 m und Basarabi bis 12 m unter dem Gelände. Die Umrandung der Kreidemulde von Babadag bringt das Cenoman in einem schmalen Streifen zutage. Hier speist G.W. IV b aus Sandsteinen die wenigen, 16—20 m tiefen Schachtbrunnen von Jenisala am Fuß der Ruinen von Heraclea. Der gleiche klastische Grundwasserträger der cenomanen Nord-Umrandung speist die Brunnen im Nordteil von Babadag, die 5—15 m tief sind. — Auf dem rechten Ufer der Slava Russa an der Straßenbrücke N Baja ist ein Schachtbrunnen 12 m tief, der sommers austrocknet. Günstig ist die Versorgung aus diesem Horizont in Baja, dessen zahlreiche süße Brunnen das Wasser in 9—12 m antreffen.

Sehr eindrucksvoll sind die Grundwasserverhältnisse in dem kleinen Dorf „General Praporgescu“, das am NW-Rand der großen Kreidemulde von Babadag liegt. Hier treten die Schichtköpfe der tiefen Oberkreide an den Hügelhängen im Dorf zutage, und an mehreren Stellen entquillt den Schichtflächen der flach geneigten Sandsteinbänke reichliches weiches Süßwasser. Die stärkste der Quellen ist im Dorfzentrum gefaßt, wir maßen noch im Hochsommer eine Schüttung von fast 100 cbm/24 std. — Im nahen Mircea Voda versiegt der 13 m tiefe Dorfbrunnen im August regelmäßig, und die Bevölkerung entnimmt ihren Bedarf einer starken Schichtquelle aus dem Cenomansandstein ca. 2 km N des Dorfes.

Die Untere Kreide liefert dagegen nur selten Grundwasser. Einzelne kleine Kreideschollen sind im Tal von Basarabi nach Cernavoda vielfach an der Hangkante aufgeschlossen. Bei Seimeni, nahe Cernavoda, bei Saligny und Stefan cel Mare enthält das Apt etwas Grundwasser IV c. Grundwasserträger ist ein Konglomerat über einer Erosionsdiskordanz, zum Teil sind die 5—10 m mächtigen Konglomerate noch unverfestigt und bestehen aus Kiesen und Sanden. Die Brunnen treffen das G.W. IV c in 10—20 m Tiefe. — In Poartu Albu werden die vielen flachen Brunnen von flächenhaftem Grundwasser IV c aus dem Barrême gespeist. Grundwasserträger ist ein sandiger Kalkstein über dem Rudistenkalk. Das Wasser wird in 6—10 m tiefen Brunnen erfaßt. Den Aufbau der tiefen Kreide zeigt Abb. 3. Toniger Kalk des obersten Barrême und Mergel des Valangien wirken als Stauhorizonte.

In der Süd-Dobrudscha bilden mehrere 100 m massiger Kalke der Unterkreide ein für die Grundwasser-Erschließung höchst ungünstiges Schichtpaket. In dem mächtigen Komplex ist nur Kluff-Grundwasser zu erwarten, dessen Auf-findung mehr Sache des glücklichen Zufalls als der planmäßigen Forschung ist. Die wenigen dortigen Brunnen sind nach M u r g o c i (1914) 60 bis 140 m tief.

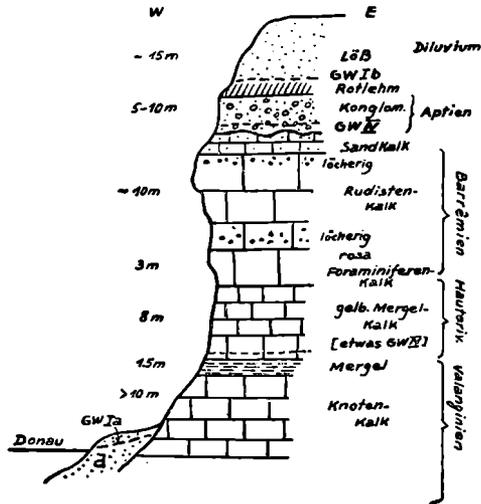


Abb. 3. Profil der Unter-Kreide am Steilrand bei Cernavoda. Flaches G.W. Ia im Alluvium der Donauterrasse, mineralisiertes G.W. Ib an Lößbasis, tieferes G.W. IV im Apt und zuweilen im Hauterive.

#### Kluft-Grundwasser V: Jura, Malm.

Der Oberjura der zentralen Dobrudscha besteht aus reinen weißgelblichen sehr splittrigen Kalken und Mergelkalken. Häufig sind die Kalke als Krinoidenkalke ausgebildet. Die Malmkalke sind durch die kimmerische Tektonik sehr stark zerklüftet und z. T. verkarstet. Ihre Fazies ist grundwasserfeindlich, nur schwierig zu erschließendes Kluftgrundwasser ist zu erwarten. Die Stadt Ovidiu bekommt ihr Wasser aus dem Malm, es ist süßes, sehr hartes und hygienisch bedenkliches (Karst!) Wasser. Die Brunnen sind 20—28 m tief und schütten reichlich. Corbul de Jos dürfte zu seiner ungenügenden Versorgung dieses Grundwasser V beanspruchen, die Brunnen sind 10—15 m tief, in Navodari 8—16 m. In Dorobantzul (NO Cernavoda) gibt es viele flache Süßwasserbrunnen von 4—10 m Tiefe, die aus Malmgrundwasser gespeist werden, ein Brunnen ist mit einer Motorpumpe ausgerüstet.

#### Grundwasser-Horizont VI: Trias, Keuper.

Triassische Gesteine sind in mehrminder großen isolierten Schollen nur in der Nord-Dobrudscha bekannt, wo sie durch die Erosion freigelegt sind. Im Keuper sind helle feste Sandsteine und Kalksandsteine entwickelt, die nur an wenigen Stellen durch Fossilien sicher eingestuft werden konnten. Z. T. werden diese klastischen sterilen Schichten als „Grestener Schichten“ gedeutet (Lias). Die klastischen Lagen stellen Grundwasserträger dar, die aber dank der geringen Einzugsgebiete nur geringe Wasservorräte beherbergen. Grundwasser VI ist nur selten erschlossen. Die Brunnen von Naibant treffen, je nach Oberflächenrelief und Lößmächtigkeit, den Grundwasserspiegel in 7—18 m Tiefe. Ein Teil der Brunnen von Regele Ferdinand mit Tiefen von 7—15 m gehört diesem Horizont an. Flachbrunnen in Alba erreichen das G.W. VI bei 5 m. Nördlich

Alba entspringt W der Straße nach Maidanchioi eine starke gefaßte Quelle, die noch im Hochsommer ca. 50 cbm/24 std. schüttet.

#### Kluft-Grundwasser VII: Trias, Muschelkalk.

Die mittlere Trias ist in der Nord-Dobrudscha in alpiner Fazies verbreitet, zwischen der Kreidemulde von Babadag und dem Unterlauf der Donau bis an deren Delta. Der Muschelkalk besteht aus mächtigen rotbunten Kalken und grauen Dolomiten und Kalken in vielfacher Wechsellagerung, die durch jüngere magmatische Gesteine z. T. umkristallisiert wurden und heute als Marmoralkale und Talkschiefer vorliegen. Die Kalk- und Dolomitschichten sind stark zerklüftet, disloziert, oft steilgestellt und schon vor langer Zeit z. T. intensiv verkarstet (Abb. 4). Im Karst sinkt das Wasser schnell ab. Das Grundwasser wandert auf

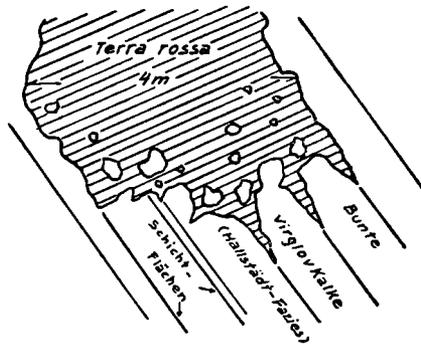


Abb. 4. Karst-Schlote in der Trias, 10 m unter dem Gelände im Steinbruch von Isaccea. Die Zacken der mit Terra rossa gefüllten Schlote greifen in die Schicht-fugen der steilstehenden bunten Muschelkalle und zeigen die Tätigkeit des früheren Grundwassers, die zur Verkarstung geführt hat.

den tausend Klüften der tektonisch stark beanspruchten Kalke, an manchen Stellen hat es zu erheblichen Auskolkungen und Spalten geführt, wie in den ausgedehnten Steinbrüchen von Isaccea zu beobachten ist. Das G.W. VII ist nicht horizontgebunden, sondern ausschließlich Spaltengrundwasser. Das süße aber sehr harte G.W. VII der Mittleren Trias spielt in der Nord- und Nordost-Dobrudscha wirtschaftlich eine große Rolle, wenn es auch dank mangelhafter Filterung hygienisch nicht einwandfrei ist, aber alles flacher liegende Grundwasser (Ib) ist versalzen. Recht interessant sind die hydrogeologischen Verhältnisse in der Trias längs der Donau zwischen Isaccea und Tulcea bis Mah-mudia. Das eingedrungene Tagwasser sinkt in den meist steilstehenden bunten Karbonatgesteinen auf Spalten bis zum hydrostatischen Niveau der Donau ab, und der Stand des Grundwasserspiegels in den hier niedergebrachten Brunnen ist vom Wasserstand der Donau abhängig. Durch die randlichen Terrassen drückt das Donau-Wasser auf die von Sickerwasser erfüllten Spalten und Klüfte innerhalb der Triaskalke und sperrt damit das weitere Absinken des Kluftwassers in größere Teufe. Im schlecht versorgten Isaccea, das hoch über der Donau auf Löß gebaut ist, der als Mantel die Triasfelsen zudeckt, stand im Hochsommer der Wasserspiegel in den wenigen Tiefbrunnen bei 32—36 m unter Gelände. Das

Wasser war trüb und unhygienisch und reichte nicht zur Versorgung aus, es war die Zeit des Niedrigwassers der Donau. Bei ansteigendem Wasserstand des Stromes stieg unmittelbar auch das Wasser in den Brunnen (Abb. 5).

Ein Schachtbrunnen 2 km SO Isaccea an der Hauptstraße nach Tulcea traf die gleichen Verhältnisse an, das trübe Wasser stand bei 28,5 m. Prinzipiell ähnlich ist die Lage des G.W. VII bis nach Mahmudia.

Etwas 6 km S Isaccea entspringt an der Landstraße nach Tulcea eine mächtige kühle Quelle, die von Kluftwasser aus der Trias gespeist wird. Noch im Hochsommer schüttet sie 70 cbm/24 std. Dieser Grundwasseraustritt wird ebenfalls durch den hydrostatischen Druck der nahen Donau verursacht. — Vor der Wegegabel nach Telitza mißt ein Schachtbrunnen an der Straße 20 m, der Brunnen ist sehr vernachlässigt und hat Schmutzwasser. In Somova wird das Kluftwasser der Trias in 9—12 m Tiefe angetroffen. In den höheren Ortsteilen von

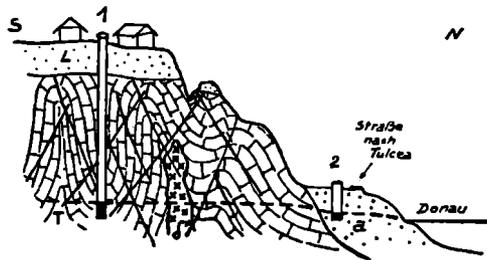


Abb. 5. Profil durch die mittlere Trias bei Isaccea. L Löß, T Muschelkalk, gefaltet, a Terrasse, d Diorit, 1 Tiefbrunnen G.W.-Spiegel bei 36 m, 2 Flachbrunnen G.W.-Spiegel bei 6 m. Abhängigkeit des Kluft-Grundwassers vom Wasserstand in der Terrasse und der Donau.

Casla tritt G.W. VII bei 28 m auf, 3 km S des Ortes tritt es als Kluft-Quelle zutage. Der Talkessel von Bes-Tepe hat unter mächtiger Lößdecke anstehende Triaskalke und Paläozoikum. Ein Teil der Brunnen mit 12—30 m Tiefe wird aus Kluftwasser G.W. VII gespeist. — Mahmudia verfügt über sehr hartes Wasser aus dem Muschelkalk, deshalb wird zum Waschen nur das viel weichere Donauwasser genommen. In der kleinen Stadt ist ein Brunnen mit 15 m Tiefe mit einer Pumpe versehen.

Zwischen Mahmudia und der Kreidesenke von Babadag ist das harte Kluftgrundwasser aus dem Muschelkalk das einzige relativ leicht erreichbare Süßwasser der Steppe. So versorgt es die tiefen Schachtbrunnen von Sarichioi, im Westteil 15—20 m tief liegend. 3 Süßwasserbrunnen in Sabangia sind 12—16 m tief. In den Außenbezirken von Hagighiol wird dieses G.W. bei 15—25 m Tiefe erreicht, und in Duca bis zu 27 m. Dieser Ort hat auch einen salzigen Brunnen von 20 m Tiefe. Hier ist anzunehmen, daß oberflächennahes mineralisiertes Grundwasser von der Lößbasis (G.W. I b) aus in die Spalten der unterlagernden Triaskalke gewandert ist und das süße Wasser des G.W. VII verdirbt. — Am Bahnhof Congaz speist das süße G.W. VII den 11 m tiefen Brunnen, in Mihai Cogalniceanu zahlreiche Brunnen von 10—16 m Tiefe, während weiter im N in Cataloi der Spiegel der Triasbrunnen erheblich tiefer liegt, von 18 m bis 26 m, je nach dem Oberflächenrelief, ebenso in Principele Mihai bei 28 m. Schachtbrunnen von Regele Ferdinand werden, soweit nicht aus Keuper, durch Kluft-

wasser des Muschelkalks in 7—15 m Tiefe beliefert. Ein 27 m tiefer Schachtbrunnen mit hartem Süßwasser befindet sich an der Straßenkreuzung Julia—Alba—Regele Ferdinand.

#### Kluft-Grundwasser VIII: Devon, Unterdevon

Devonische Gesteine gehören dem Gebirgsgerüst des alten Dobrudschahorstes an und treten nur in der Nord-Dobrudscha in vielen kleinen Schollen zutage. Die Fazies des Devons ist sehr verschieden. Verbreitet sind Sandsteine, die stark an den Harz erinnern, Quarzite, Schiefer und metamorphe Gesteine. In der NO-Dobrudscha kommen rekristallisierte Kalke vor. Hochmetamorphe Gesteine sind in der NW-Dobrudscha nahe magmatischen Gesteinen verbreitet. Diese Gesteine sind sämtlich mangels Porenraum wenig geeignet zur Aufnahme von flächenhaftem Grundwasser, nur Kluftgrundwasser ist festgestellt. Je nach dem Relief 10—22 m tiefe Schachtbrunnen in Domnitza Maria entnehmen ihr Wasser den Klüften im unterdevonischen Quarzit und Sandstein, bedeckt von mächtigem Löß. Auch hier beeinflusst der hydrostatische Druck der nahen Donau den Wasserspiegel in den Brunnen. Dasselbe gilt für Parlitza, dessen süßes klares Wasser aus 20—36 m tiefen Schachtbrunnen stammt, die in devonische Quarzite abgeteuft sind. Auch ein Teil der bis 27 m tiefen Brunnen des weiten Talkessels von Bes-Tepe wird von diesem G.W. VIII versorgt. Die oft verschlammten Schachtbrunnen von Regina Maria mit 12—16 m Tiefe gehören hierher, wie auch Cerna und andere Orte des NW daraus beliefert werden.

#### Kluft-Grundwasser IX: ? Prä-Kambrium

Feste dunkelgrüne Schiefer, ohne erkennbare Schichtung, mit Quarzlin sen und Quarzgängen, werden als fragliches Silur gedeutet, jedoch hat Murgoci schon 1914 und 1915 präkambrisches Alter der Grünschieferzone für wahrscheinlich gehalten. Sicher ist, daß diese Chlorit-Epidot-Schiefer stark gefaltete Reste eines alten Falteengebirges darstellen; sie durchziehen in einem 40—50 km breiten, NW—SO streichenden Streifen die mittlere Dobrudscha südlich der großen Überschiebung von Pecineaga-Ceamurlia de Jos. Die Grünschiefer sind in ihren petrographischen Abwandlungen ein für flächenhaftes Grundwasser sehr ungünstiges Gestein, da sie mangels Porenraum keinen eigentlichen Grundwasserträger abgeben. Jedoch in ihrem weitverzweigten Kluftnetz sammelt sich reichlich Kluftgrundwasser und kann auch erschlossen werden, da die Spalten sich im Schiefer in größerer Teufe schließen, wie sich im Erzbergwerk von Altan-Tepe zeigt. Die Klüfte im Grünschiefer enthalten weiches gutschmeckendes Süßwasser, das manche Brunnen und reichlich fließende Quellen speist. Seine wirtschaftliche Bedeutung ist groß, zumal das sonst leicht erreichbare Grundwasser an der Lößbasis überall mineralisiert ist. Das Gebiet der Grünschiefer-Zone ist semiaride Steppe. Das G.W. IX versorgt z. B. den Betrieb der Kupfer-Pyrit-Erzgruben von Altan-Tepe und die Dörfer Tepe und Eski-Baba. In Mihai Viteatzul treffen die Brunnen das Wasser in 10—15 m Tiefe, in Simoe bei 10—12 m, in Istria sehr unterschiedlich von 8—26 m, was bei der fast ebenen Oberfläche der Steppe nur durch die räumliche Anordnung der Spalten bzw. durch deren Tiefgang im alten Gebirge zu erklären ist. In Dorotea liegt der Grundwasserspiegel bei 10 m Tiefe, in Unsprecei Mai bei 15—17 m. Viele Brunnen in Domesti (= Cogeanlac) sind 10—20 m tief, in Sacele 6—10 m, in Corbul de Sus 6—17 m. Der letzte Ort ist überreich mit vorzüglichem Wasser versorgt, da eine mächtige

Spaltenquelle mit 120 cbm/24 std. auch im Sommer mitten im Ort fließt, es ist die stärkste Quelle, die wir beobachtet haben. — Die Süßwasserbrunnen von Valea Neagra treffen das G.W. IX bei 15—20 m. Im Bereich N Medjidia erreichen die Brunnen das Wasser im Schiefer in geringerer Tiefe, in Baltagesti bei 7—9 m, davon ein Brunnen mit Pumpe ausgestattet, viele Brunnen in Gabiori sind 12 bis 16 m tief, in Carol I 4—10 m, von denen 3 Brunnen Pumpen haben. In Sibioara werden die Brunnen wieder tiefer, Wasserspiegel bei 15—22 m, auch hier fanden wir einen Pumpbrunnen.

#### Kluft-Grundwasser X: Kristallin

Einen beträchtlichen Teil der festen Gesteine in der Nord-Dobrudscha nehmen die kristallinen Massive der Granite und Diorite ein, außerdem treten an vielen Punkten diabasische Ergußgesteine und an zwei Stellen ausgedehnte Porphyridecken auf. Da diese Gesteine kein zur Wasseraufnahme geeignetes Volumen haben, spielen sie in der Grundwasserführung keine Rolle. Nur gelegentlich wird Wasser aus den Klüften dieser Gesteine genommen. Bei Telitza entspringt eine kleine Quelle einem Diabas, das Wasser ist weich und vorzüglich. In Cerna wird der Ort aus dem Granit mit weichem Süßwasser versorgt. Die Brunnen sind hier 30—40 m tief und liefern besonders gutes Wasser. Der Granit gehört zum Massiv von Priopcea. Einige Brunnen mit 10—20 m Tiefe erhalten ihr Süßwasser aus Spalten des Granitmassivs vom Jacob Deal.

Die angeführten Beispiele über die verschiedene Heimat des Grundwassers in der Dobrudscha stellen nur einen Ausschnitt dar, der aber für dieses Steppenland charakteristisch ist. Es wird gezeigt, wie abwechselnd und interessant in semiariden Lande mit uneinheitlicher, ja „bewegter“ geologischer Vergangenheit und bunter petrographischer Zusammensetzung auf kleinem Raum die hydrogeologischen Verhältnisse sein können. Die angegebenen Brunnentiefen und die Übersichtskarte (Abb. 1) mögen Hinweise für die Praxis sein.

#### Résumé

Dans notre étude nous avons décrit des provenances diverses de l'eau souterraine dans la Dobroudgea. Ce pays de steppes est composé de plusieurs matières diverses dont l'âge et formation sont très différents. La Dobroudgea du Nord est un tronc fort dénudé d'une montagne de vieux plissements. Nous avons des schistes probablement pré-cambriens, Dévonien Inférieur, Permien, Triasique et le Crétacé Supérieur, formant un pli synclinal. La Dobroudgea Méridionale est un haut-plateau plus simple consistant du Crétacé et Tertiaire. La glaise quaternaire et le loess couvrent le plus les roches plus vieilles. Les régimes de l'eau souterraine sont très variables.

Le niveau Ia, Quaternaire, Alluvium, le moins profond, 2—5 m, spécialement dans les terrasses du Danube a une importance considérable pour les villages des vallées.

Le niveau Ib, Quaternaire, Diluvium, se trouve à la base du loess vaste. Le plus souvent l'eau ne vaut rien, elle est minéralisée par  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaSO}_4$  et  $\text{CaCO}_3$ . Cette eau joue un rôle important pour l'agriculture et l'élevage du bétail, le plus à une profondeur jusqu'à 10 m, ainsi exploitée très souvent dans les plaines pontiques entre le horst et la mer.

Le niveau II. Pliocène (Pontique), démontré seulement dans la Dobroudgea Méridionale entre Turtucaia—Silistra. Ce niveau contient 3 nappes

d'eau souterraine douce dans sables, séparés par marnes imperméables. Il y a des petites sources au „talweg“.

L'étage III, Miocène. Nous avons le plus l'eau des fissures du calcaire sarmatien dans la Dobroudgea Centrale et Méridionale. La conduite d'eau à Constantza y prend une partie de son eau potable. Profondeur des puits de 15 à 20 m. Dans la région orientale de Deliorman il y a trois niveaux à nappes d'eau, jouant un rôle important. La profondeur des puits atteint 60 m.

L'étage IV, Crétacé. Une nappe importante de l'eau douce ex excellente se trouve dans le grès sénonien de la cuvette de Babadag, élément dominant de structure géologique, profondeur des puits de 10 à 25 m, quelques sources fortes. Le Cénomanié produit de l'eau douce à l'ouest de Constantza d'une profondeur de 20 à 35 m. Au village de „General Praporgescu“, à la Dobroudgea du Nord, on observe des nombreuses sources jaillissantes de l'affleurement du Crétacé, le débit est ca. 100 cbm/jour. Le Crétacé Inférieur, dont l'affleurement distingué nous étudions près de Cernavoda, ne produit que des quantités faibles entre Medjidia et Cernavoda. Dans la Dobroudgea du Sud nous avons quelques puits très profonds jusqu'à 140 m.

L'étage V, Malm, Jurassique Supérieure. Les calcaires du Malm, compactes, sont très fissurés par la tectonique kimmérienne, contenant de l'eau douce mais dure seulement dans l'est de la Dobroudgea centrale.

Le niveau VI, Keuper, Triasique. Des restes isolés du Keuper, grès solide et grès calcaire contiennent une certaine petite quantité de l'eau douce. Profondeur des puits de 7 à 20 m, seulement dans la Dobroudgea du Nord.

L'étage VII, Triasique Moyen (Virglorien). Les roches triasiques de la Dobroudgea du Nord, calcaires bariolés et dolomites, du facies alpin, sont plissés intensivement, disloqués et fissurés, démontrant souvent des phénomènes du karst (fig. 4). Il y a seulement de l'eau des fissures, dure et souvent malpropre. Le long du bord du Danube les relations étroites entre le niveau hydrostatique du fleuve et l'eau souterraine des puits sont remarquables. L'eau du fleuve repousse à travers les sables des terrasses empêchant l'infiltration de l'eau des fissures vers une plus grande profondeur. La profondeur des puits est différente suivant le relief de 20 à 40 m. Nombreux villages du nord sont établis par cette eau (fig. 5).

L'étage VIII, Dévonien Inférieur. Nous ne pouvons qu'observer l'eau de fissures en couches de grès, schistes cristallins, quartzites, calcaires cristallins et roches métamorphiques seulement dans la Dobroudgea du Nord. La profondeur des nombreux puits vacille de 10 à 36 m.

L'étage IX, ? Pré-Cambrien. Des schistes verts foncés, solides, probablement pré-cambriens forment une longue zone en direction NW—SE d'une largeur de 40 à 50 km dans la Dobroudgea Centrale, au d'un charriage énorme. Ils sont fissurés et disloqués extraordinairement; l'eau abondante se ressemble au dedans un réseau étendu, souvent exploitée. L'eau douce, non dure, excellente a une importance économique essentielle, parce que l'autre eau souterraine est saline. Beaucoup de villages, même la mine à pyrite cuprifère à Altan-Tepe, sont fournis de cette eau. Les puits atteignent une profondeur de 8 jusqu' à 26 m. Une à Corbul de Sus a un débit abondant d'une eau délicate de 120 cbm/jour, même en plein été.

L'étage X, l'eau de fissures des roches ignées. Des roches cristallines occupent un terrain étendu dans la Dobroudgea du Nord. Mais les granites, diorites, diabases et porphyres ne jouent qu'un petit rôle du régime de

l'eau souterraine. Quelques fissures sont aquifères d'une profondeur de 30 jusqu' à 45 m. Peu de villages sont fournis de cette eau, dont qualité est excellente.

Nous avons choisi des exemples les plus caractéristiques pour les niveaux et étages particuliers du régime de l'eau souterraine. Les profondeurs observées des puits à beaucoup de points, et la carte synoptique hydro-géologique (fig. 1) peuvent apporter une aide efficace à la recherche pratique de l'eau souterraine dans ces régions de steppes.

#### Literatur

- Macovei, M. C.: Relation sommaire sur l'hydrologie de la Dobrogea méridionale. C. R. de Séances T. VI, 1927.
- Murgoci, G.: Certetari geologica in Dobrogea nordica. An. Inst. Geol. Rom. V (1911) 1914.
- Études géologiques dans la Dobrogea du Nord. An. Inst. Geol. Rom. VI (1912) 1915.
- Pascu, R.: Carierele si apele minerale din Dobrogea. Inst. Geol. Rom. vol. VI, fasc. I, 1928.
- Putzer, H. & Martin, G.: Hydrogeologie von Bessarabien. Manuskript 1944, im Druck.
- Adresse des Autors: Dozent Dr. Hannfrit Putzer, Criciuma, Santa Catarina, Brasilien, Dep. Mineral.

## 100 Jahre Veränderungen des Goldberggletschers in der Sonnblickgruppe

Von Erik Arnberger

Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts sind, wie bekannt, unsere Alpengletscher, mit Ausnahme weniger Jahre mit stationärem Verhalten oder geringer Vorstöße, in starkem Rückgang begriffen. Bei zahlreichen großen Gletschern ist der Rückgang in den letzten 100 Jahren sogar ein ununterbrochener, während sich bei mehreren kleineren und mittleren Gletschern in den neunziger Jahren und um die Jahrhundertwende, sowie im zweiten und dritten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts Vorstöße feststellen ließen.

Fast bei allen Alpengletschern zeichnet sich sehr klar und deutlich der Hochstand um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts durch einen gewaltigen, oft bis zu hundert Meter und darüber, mächtigen Moränenwall ab, der oft viele Hunderte Meter — bei manchem großen Gletscher sogar erheblich über einem Kilometer — vor dem heutigen Ende das ehemalige Zungenbecken umsäumt. Seit diesem Hochstand hat man mit mehr und mehr wachsendem Interesse die Veränderungen der West- und Ostalpengletscher beobachtet und schließlich auch wissenschaftlich untersucht. Die letzten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts standen bereits im Zeichen systematischer Gletschermessungen und auf die klassischen Gletscherforschungen in den Westalpen, zu deren ausgezeichnetsten Vertretern P. L. Mercanton, F. A. Forel, E. Muret u. a. gehörten, folgten sehr bald auch solche im Ostalpenraum (E. Richter, S. Finsterwalder und H. Hess zählen hier zu den bedeutendsten Gletscherforschern dieser Zeit). Eduard Richter war es auch gelungen, die Mittel des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines der Gletscherforschung dienstbar zu machen, also