

Literatur

- FINK, J.: Österreichs Böden im Spiegel der bodenbildenden Faktoren. — In Memoriam N. C. Cernescu et M. Popovát, Geol. Inst. Ser. C. Pedol. 18, Bucharest 1970: 7—34.
- Die Bodentypen Niederösterreichs. In: Atlas von Niederösterreich und Wien, Bl. 22, Hgg. v. d. Österr. Akademie d. Wiss. und Ver. f. Ldkde. von NÖ und Wien, Wien 1951—58.
- FINK, M. H.: Versuch einer Typisierung von Karstgebieten in Niederösterreich. — Actes du IVe Congres int. de Speleol. en Yugosl. Vol. III, Ljubljana 1968: 441—444.
- HAMBLOCH, H.: Über die Bedeutung der Bodenfeuchtigkeit bei der Abgrenzung von Phytotopen. — Ber. z. Dt. Ldkde. 18, Remagen 1957: 246—252.
- NAGL, H.: Karstmorphologische und -hydrologische Beobachtungen in den Göstlinger Alpen. — Die Höhle 21/1, Wien 1970: 9—32.
- NEEF, E.: Der Bodenwasserhaushalt als ökologischer Faktor. — Ber. z. Dt. Ldkde. 25, Bad Godesberg 1960: 272—282.
- NESTROY, O.: Sind im pannonischen Klimabereich Stickstoffverluste zu erwarten? — Im Blickfeld 25, hgg. v. d. Österr. Stickstoffwerken, Linz 1971: 2—6.

K. SACHARIEWA-KOWATSCHEWÄ, Sofia:

ÜBER DIE ENTSTEHUNG DES „STEINERNEN WALDES“ (POBITITE KAMENI) IN DER UMGEBUNG VON VARNA — BULGARIEN*

(Mit einer Abbildung im Text und 6 Bildern auf den Tafeln XIV bis XVII)

In der Nähe von Varna (westlich der Stadt) befindet sich der berühmte „Steinerne Wald“ (Abb. 1). Es wurden viele Versuche gemacht, eine wissenschaftliche Erklärung für die Genesis dieser Säulen zu geben, die eine sehr interessante geologische Erscheinung darstellen. Gewaltige zylindrische Säulen bis zu 7 m Höhe und manchmal mit einem Durchmesser bis zu 3 m, erheben sich großartig über der Sandoberfläche (Bild 1). Heute sind die Säulen in einigen Gruppen erhalten, von denen sich die größte unmittelbar an der Straße Sofia-Varna befindet. Sämtliche Säulen sind bereits von ihrem Grund aus von einer zylindrischen Zentralhöhle durchbohrt. Sie sind aus hellgrauem, festem kalkigem Sandstein aufgebaut. Gewöhnlich sind sie unregelmäßig in der Gegend verteilt, es gibt jedoch auch Stellen, wo sie in geraden Reihen angeordnet sind. Alle Säulen sind ursprünglich streng vertikal orientiert und gewöhnlich zylindrisch; nur ausnahmsweise trifft man pilz- oder schirmförmige oder solche, die sich in gewisser Höhe ober der Basis verbreitern, um sich nach oben wieder zu verzüngen. Bei einigen Säulen ist der zentrale Hohlraum mit stäbchenförmigen Bildungen ausgefüllt, angehäuft in verschiedenen Richtungen. In den meisten Säulen ist er jedoch leer (Bilder 3 und 4). Bei vielen der Säulen ist der zentrale Hohlraum durch eine vertikale Querwand geteilt (Abb. 4). Diese Querwand besteht aus dem gleichen Material, aus dem das Steinrohr besteht. Einige der Säulen bestehen ganz aus einer porösen Masse, aus stäbchenförmigen Bildungen oder aus Knollen verschiedener Größe, welche bei der Verwitterung der Säulen abbröckeln und umherliegend, den Sand bedecken. Wenn die Säule aus Knollen besteht, so beobachtet man eine charakteristische Regelmäßigkeit: die einen bestehen zur Gänze aus

* Bemerkung des Schriftleiters: Über den „Versteinernten Wald von Varna“ gibt es — wie das Schriftenverzeichnis ausweist — eine umfangreiche Literatur. Weit aus die meisten Erklärungsversuche deuten diese Steinsäulen als eine Erscheinung der Diagenese und späterer Auswitterung. Der „Steinerne Wald“ wäre demnach ein morphologisches Phänomen anorganischer Entstehung. In dem hier veröffentlichten Aufsatz wird nun gezeigt, daß tatsächlich Hölzer bzw. Baumstämme zur Entstehung dieser Sandstein-Säulen im Eozän Anlaß gegeben haben. Diese Erkenntnis erscheint auch vom Standpunkt des Geographen bzw. Morphologen bedeutsam.

kleinen, gleich großen Knöllchen von ca. 1 cm Durchmesser, andere nur aus mittelgroßen von ungefähr 5 cm Durchmesser und dritte nur aus großen Konkretionen ca. 20 cm Durchmesser (Bild 2).

Die Stärke der Säulen bewegt sich zwischen 0,5 und 3 m im Durchmesser. Beinahe alle haben horizontale oder schwach geneigte Spalten, denen entlang die oberen Teile sich gegenüber den unteren seitlich verschoben haben oder die oberen Teile sind in den Sand gestürzt.

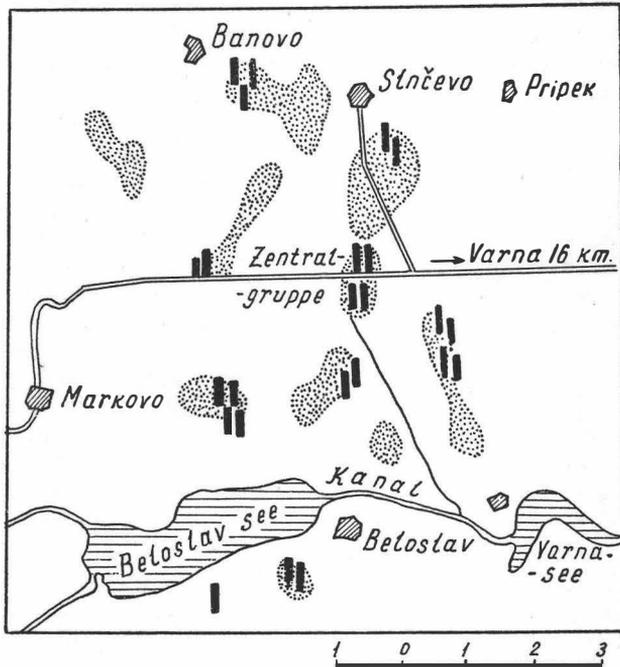


Abb. 1: Lageskizze des „Steinernen Waldes“ bei Varna

Nicht alle Säulen stehen einzeln und manchmal sind sie miteinander verwachsen. Die Verbindungen zwischen den verwachsenen Säulen sind verschieden; manchmal berühren sie sich nur mit den Seiten, manchmal kommt es zu einer völligen Vereinigung, so daß doppelte, dreifache oder sogar vierfache Säulen entstanden sind (Bild 3).

Bereits vor 130 Jahren wurden sie von V. TEPLJAKOW entdeckt und in einem Brief an den Komponisten RIMSKI-KORSAKOW begeistert beschrieben [28]. Die erste wissenschaftliche Erklärung ist T. SPRATT zu danken [26, 27], der ihre Bildung dem modellierenden Einfluß der atmosphärischen Agentien zuschreibt, wobei bei ihrer endgültigen Formung dem Sand ein großer Anteil zukommt. Die Meinung von T. SPRATT wurde von F. TOULA [29], G. ZLATARSKI [33] und J. GELLERT [10, 11] übernommen. Andere Autoren, die sich mit der Frage des Ursprungs der Säulen befaßt haben, sind H. und S. ŠKORPIL [25], P. BAKALOW [1], E. LAHN [20], G. VACHTL [32], K. EHRENBERG [9], V. RADEW [23], H. H. ULBRICH [31] u. a. Sie alle stützen sich haupt-

sächlich auf die Erosion und Deflation und sind nicht imstande, die regelmäßige Form der Säulen, die Anwesenheit einer Zentralhöhle, ihre senkrechte Orientierung zur Schichtung usw. zu erklären.

Grundverschieden von diesen morphogenetischen Theorien ist die Meinung von V. RADEW, laut welcher die Säulen eine biologische Erscheinung darstellen. Er nimmt an, daß die Säulen Aufbauten von riffbildenden Korallen sind. Als wesentlichste Widerlegung dieser Meinung kann die Tatsache angeführt werden, daß nirgends in Bulgarien während des Eozän riffbildende Korallen festgestellt wurden. Außerdem wurden bisher nirgends in der Welt Korallenbauten gefunden mit einer solchen Form und unter solchen Bedingungen, bei denen die Existenz von riffbildenden Korallen überhaupt nicht möglich ist.

Es bestehen noch viele Meinungen und Modifikationen der bestehenden Theorien. Etwas ausführlicher wollen wir auf die Theorie von St. BONTSCHEW [4] deshalb eingehen, weil sie bis vor kurzem als die maßgeblichste angenommen wurde. Um den Ursprung der Säulen zu erklären, benützt St. BONTSCHEW die Veröffentlichungen von P. GOTSCHEW [13, 14, 15] über den geologischen Aufbau der Gegend. Seiner Meinung nach sind die Säulen auf folgende Weise entstanden: auf dem Sandstein, in welchem die Säulen eingeschlossen sind, lagen in der Zeit des Lutétien von Spalten durchzogene Kalksteine. Die atmosphärischen Wässer, die sich den Spalten des Kalksteines entlang bewegten, wurden mit kohlenurem Kalk gesättigt. Auf ihrer Bewegung nach unten erreichten sie die unteren Sande, wo sie, in dem neuen Medium, das saure Calciumcarbonat als normales absetzten und die einzelnen Sandkörner zu kalkigem Sandstein verfestigten. Durch das Vorhandensein eines Systems von Spalten im darüber liegenden Kalkstein geschah die Verfestigung so, daß sich im Sande, als Stalaktiten- und Stalagmitenbildungen Säulen formten.

Bei einer ausführlicheren Prüfung der Frage des Ursprungs der Säulen erwies sich diese Meinung als ganz unbefriedigend. Die Analogie mit den Stalaktiten und Stalagmiten liegt ganz in der Ferne. In den Höhlen bilden sich diese Formen im Luftmedium, wobei sie sich aus vollkommen verständlichen Ursachen senkrecht orientieren. Unter dem Einfluß der gleichen Faktoren ist im Innern des Sandes die Bildung von senkrechtstehenden Säulen unmöglich. Die Bildung einer Vielzahl vertikaler Kanäle, in denen das Wasser aus den darüber liegenden Kalksteinen senkrecht nach unten fließen würde, erfordert das Zusammentreffen von Erscheinungen, von denen jede einzelne sehr wenig wahrscheinlich ist. Bei jedem Spaltungsgrad wäre die Bewegung des sich im Sand infiltrierenden Wassers vorwiegend von der Kapillarität des Sandes bedingt und das Wasser hätte sich in die verschiedensten Richtungen bewegt.

Gegen die Infiltrationstheorie spricht auch die Anwesenheit der Zentralhöhle in den Säulen (Bild 3 u. 4), die in manchen Fällen ziemlich große Ausmaße erreicht (bis zu 30 cm Durchmesser). In den Stalaktiten werden tatsächlich manchmal Zentralhöhlen beobachtet, jedoch stets mit minimalen Ausmaßen, dagegen in den Stalagmiten überhaupt nie.

Gegen die Theorie BONTSCHEW's können viele Tatsachen angeführt werden. Sie widerspricht auch dem geologischen Aufbau der Gegend. Der Kalkstein, aus dem die mit Calciumkarbonat angereicherten Lösungen flossen, liegt

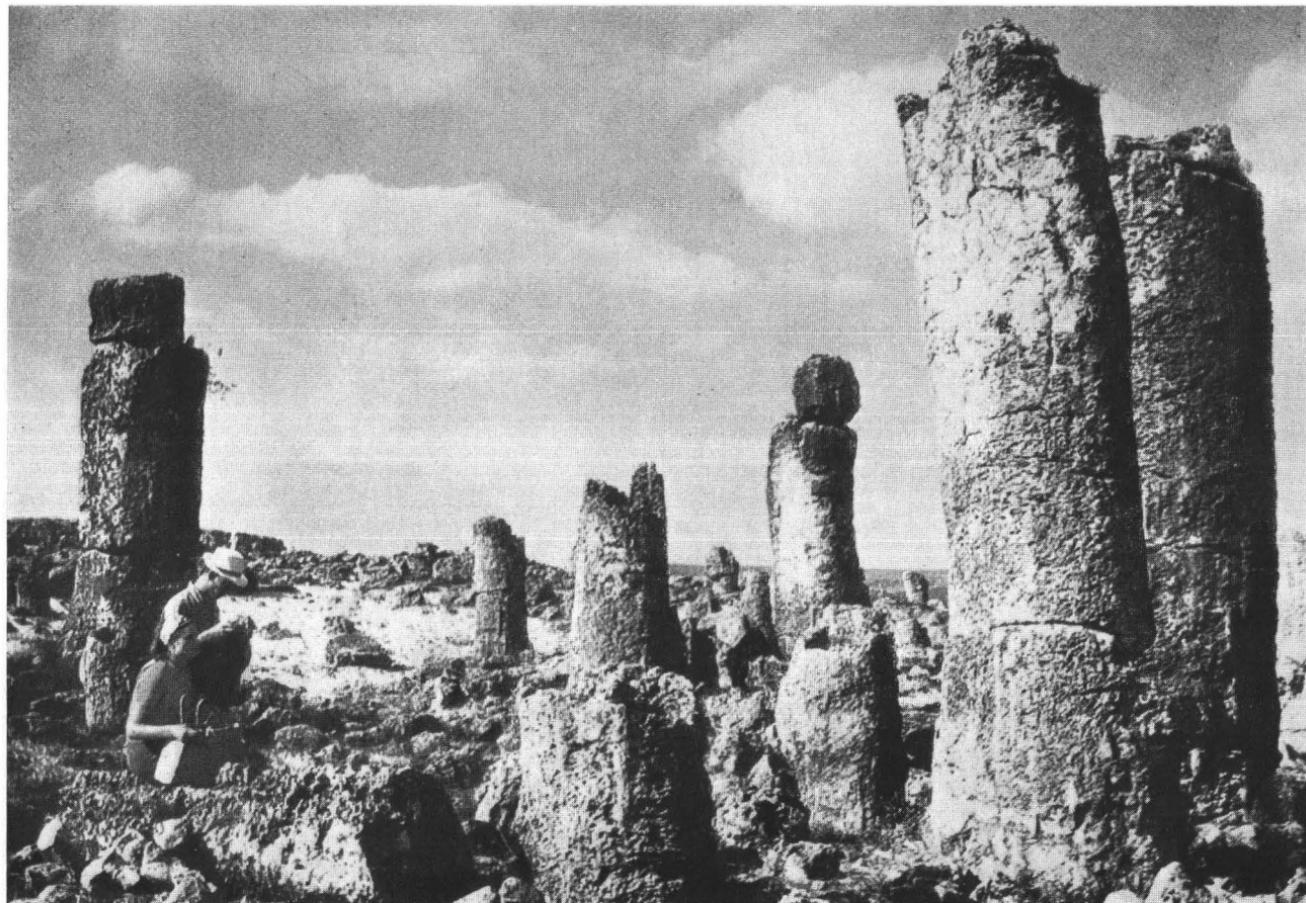


Bild 1: Ansicht der Landschaft des „Steinernen Waldes“ bei Varna

TAFEL XV

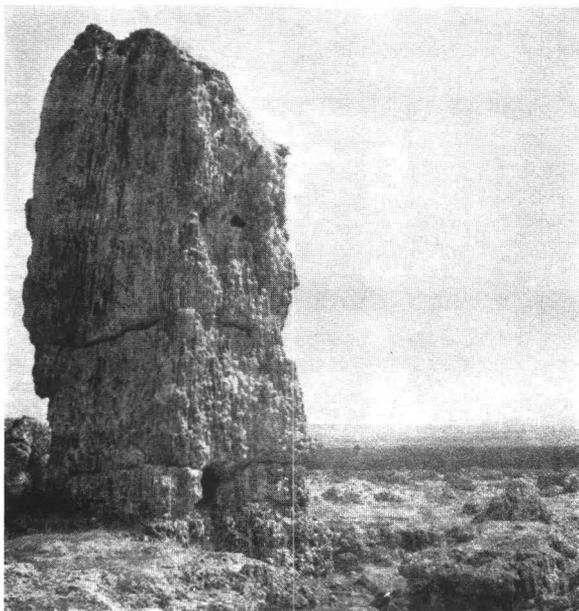


Bild 2:
Säule nur aus Knollen ge-
bildet

Bild 3:
„Zwillings-Säulen“.
Die „Zentralthöhlen“ sind
deutlich sichtbar



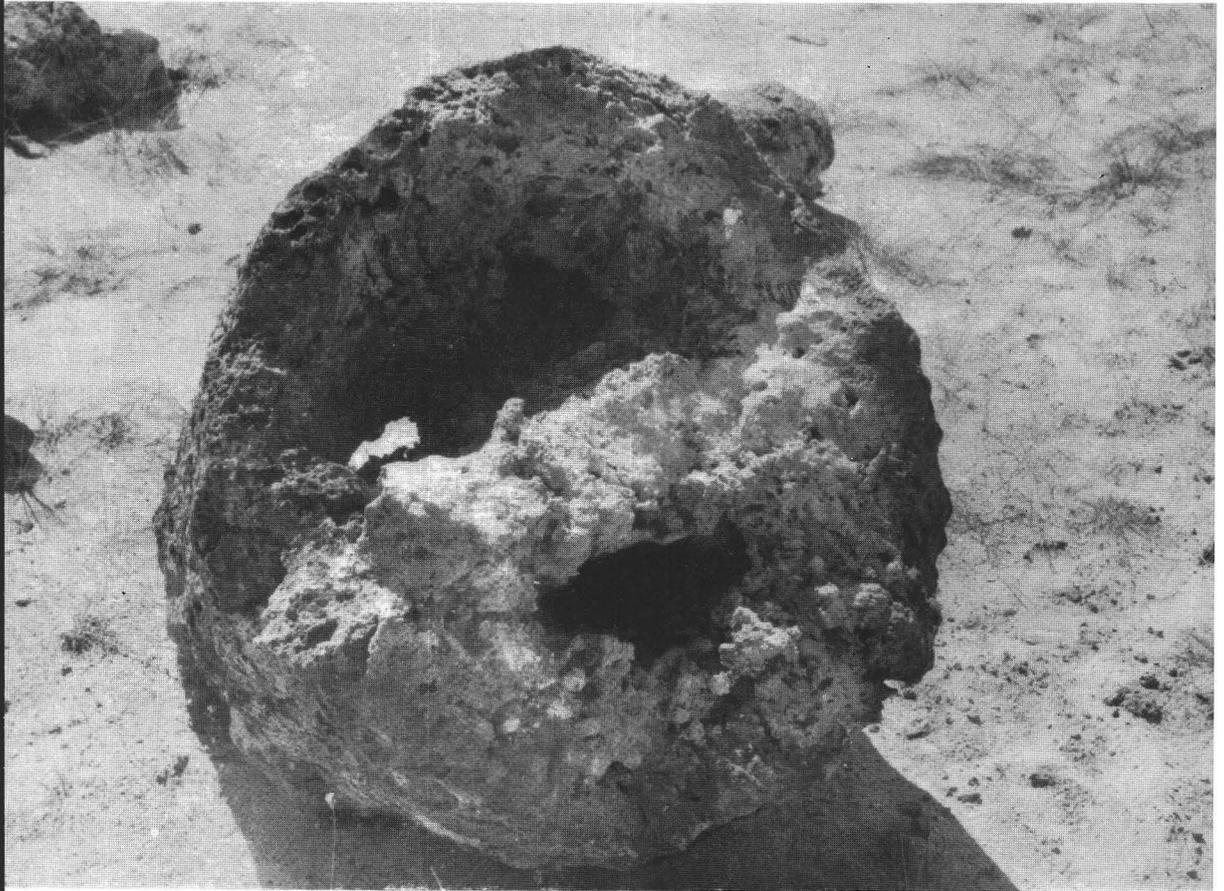


Bild 4: Querschnitt einer Säule mit geteilter Zentralhöhle

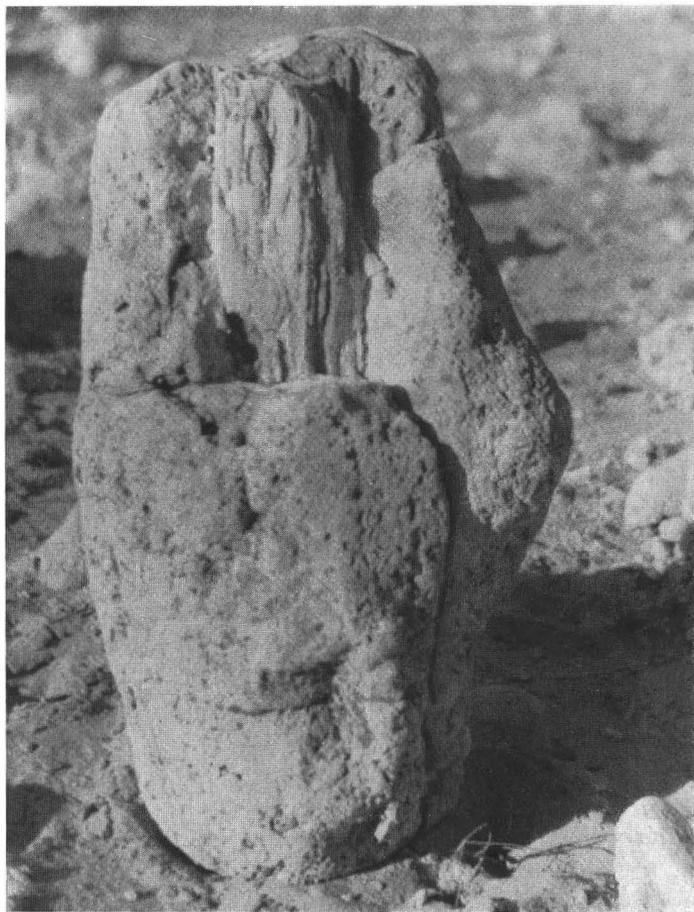


Bild 5: Säule mit zentralem verkieseltem Stamm

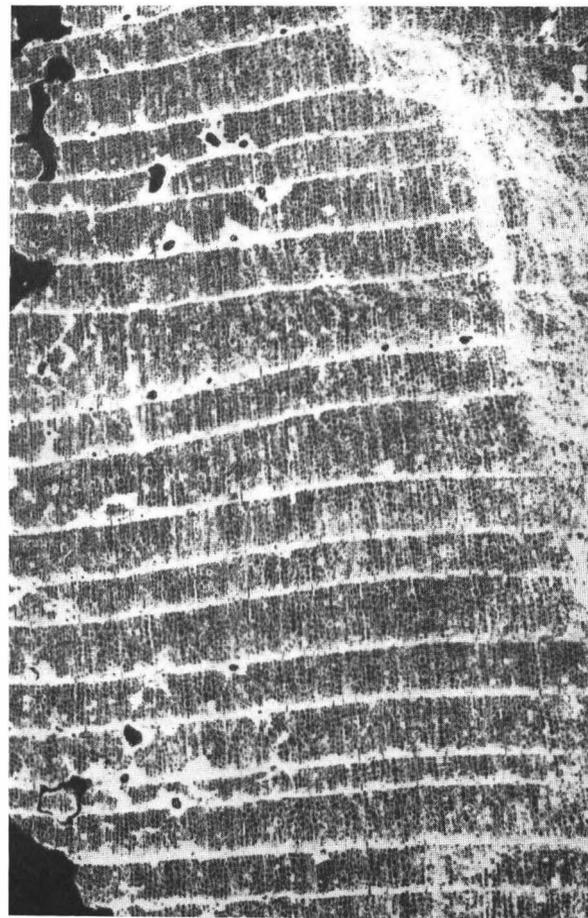


Bild 6: Fossiles Coniferenholz aus dem zentralen Stamm einer Säule. Querschnitt. Dünnschliff ca. 100 ×

hoch über den Säulen. Er ist von diesen durch eine mehrfache Alternation von lockerem Sand und festen Einschaltungen von festen, durch Sand verbundenen Nummuliten getrennt.

Der Wirklichkeit entspricht auch nicht die Behauptung BONTSCHEWS, daß das Gestein, aus dem die Säulen aufgebaut sind, nur für sie charakteristisch ist und sonst nirgends in der Gegend angetroffen wird. Der kalkige Sandstein, aus dem die Säulen bestehen, hat eine sehr große Verbreitung und weist eine deutlich ausgeprägte Schichtung auf. Die Schichten sind nicht mächtig, haben eine Streichrichtung von 70—110° und ein Fallen von 3—5° nach Osten.

Wir können auch der Behauptung nicht zustimmen, daß die Bildung der Säulen heute noch andauere [3]. An den Wänden vieler Säulen werden außer Nummuliten und Alveolinen auch Terebratula-, Cardium-, Pecten-, Ostreaarten (die letzten wie im lebenden Zustand) angetroffen. Das zeigt, daß die Säulen lange Zeit nach deren Bildung unter Wasser geblieben sind. Dafür spricht auch die Struktur mancher Säulen, die aus regelmäßigen Kugeln bestehen. Manche Säulen sind aus Kügelchen mit einem Durchmesser von 1 cm aufgebaut, andere mit einem Durchmesser von 5 cm, und es gibt auch solche, die einen Durchmesser bis zu 20 cm aufweisen. Bei der Verwitterung lösen sie sich los und bedecken den umliegenden Sand. Die Bildung solcher regelmäßiger Kugeln ist außerhalb des Wassers unmöglich.

Die Einwände gegen die Infiltrationstheorie gelten in einem oder anderen Sinn auch für die anderen, bisher bestehenden Theorien. Bei den zahlreichen Exkursionen durch diesen so eigenartigen „Steinernen Wald“ stießen wir auf Tatsachen, die uns zu einer ganz anderen Erklärung seiner Bildung führten.

In der letzten Zeit wurde eine weitere Auffassung über den Ursprung des „Steinernen Waldes“ von zwei tschechischen Autoren, W. PANOŠ und J. SKACEL [22, 24] vertreten. Ihre Vorstellung über die Bildung der Säulen ist im wesentlichen folgende: Die durch die epirogenetische Senkung, seismische Vorgänge oder Rutschungen überflutete Strandvegetation wurde durch feinkörnige Sedimente bedeckt, entging jedoch einer Versteinerung. Nach dem Faulen der Stämme wurde ihr negativer Abguß von jüngerem, feinen Sand, der reich an karbonatischen Bindemitteln war, allmählich ausgefüllt. Übrig blieben in ihnen nur die Röhrrchen von Teredo, die meistens senkrecht und konzentrisch zur Säulenachse verteilt sind. Auf die zweite Behauptung gehen wir noch einmal später ein.

Als wichtigsten Befund und gleichzeitig unwiderlegbaren Beweis zur Bekräftigung ihrer Auffassung betrachten die beiden Autoren einen Gesteinsbrocken mit Teredoröhrrchen, der von ihnen im Sand zwischen den Säulen gefunden wurde. Auf Grund dieses Gesteinsbrockens gelangen sie zu ihrer Schlußfolgerung über die Genesis der Säulen. In Wirklichkeit stellt dieser von den Autoren als Säule bezeichnete Gesteinsblock, der ausführlich in allen ihren Veröffentlichungen beschrieben wird und figuriert, sogar nicht einmal ein Analogon einer Säule von Dikilitasch dar. Wie die Autoren selbst bemerken, ist der Kern der Säulen hohl oder mit angewehem Sand angefüllt (S. 11). Es handelt sich um die Zentralthöhle, die sämtliche Säulen vom Grund bis zur Spitze durchbohrt und die das wesentlichste und charakteristischste Merkmal der Säulen ist. Es hat allen Autoren, die sich mit dieser Frage beschäftigten, Schwierigkeiten bereitet. Stücke mit Teredoröhrrchen sind eine außer-

ordentlich häufige Erscheinung in der Gegend der Säulen. Sie sind seit langem allen bulgarischen Geologen bekannt, die sich mit der Stratigraphie der Gegend beschäftigt haben. Ihre Behauptung, sie seien dem Auge St. BONTSCHEVS entgangen, ist vollkommen verfehlt. Sie erklären damit dessen falsche Meinung über den Ursprung der Säulen, weil er sie als Stalaktitenstäbchen annahm. Es handelt sich um stäbchenförmige Bildungen in den Wänden mancher Säulen oder um ihre Zentralhöhle und durchaus nicht um Teredogänge. Wenn die beiden tschechischen Autoren sich wenigstens teilweise in der bulgarischen geologischen Literatur informiert hätten, so hätten sie sich davon überzeugen können, daß bereits 1926 der bekannte bulgarische Geologe P. GOTSCHEW [14], dem wir die besten Forschungen über die Stratigraphie des Eozäns in der Umgebung von Varna verdanken, von dem Sandstein der Säulen aus den Horizonten 1 a und 1 c seines Lutétien Teredorörchen nicht nur sammelte, sondern sie auch als *Teredo tournali* LEYM. bestimmte. So wäre es auch überflüssig gewesen, die von ihnen gesammelten Stücke zwei tschechischen Paläontologen vorzulegen, „die unabhängig voneinander arbeitend, zur Schlußfolgerung gelangten, es handle sich um Gänge der Bohrmuschel — *Teredo* sp.“ (S. 114). Es entspricht auch nicht der Biologie der Bohrmuschel die Behauptung, daß „die Rörchen senkrecht und konzentrisch zur Längsachse der Säulen liegen“. Bekanntlich macht sich die Bohrmuschel die Gänge parallel zur Längsachse der Holzfasern und nur unter besonderen Bedingungen bohrt sie das Holz senkrecht dazu an. Widersprüchlich ist auch die Behauptung der Autoren, daß „die Teredorörchen im ganzen Gebiet nur mit einem bestimmten Niveau verbunden seien, obwohl die Säulen vertikal stehen und in verschiedenen Niveaus entwickelt sind“ (S. 115). Auf derselben Seite, weiter oben, heißt es, daß „die Tereden auf verschiedenem Niveau die Baumstämme durchbohrt hätten“. Bereits P. GOTSCHEW behauptete in seinen Arbeiten über das Eozän von Varna [14, 15], daß die Rörchen von *Teredo tournali* LEYM. an zwei verschiedene Horizonte gebunden seien.

Bereits 1960, als wir die Erforschung des „Steinernen Waldes“ begannen, besuchten wir nicht nur die ganze Gegend, sondern untersuchten und photographierten jede Säule einzeln. Von diesen wurden mehr als 900 Photos gemacht. In den Wänden keiner einzigen Säule entdeckten wir Teredorörchen. Sie werden in verschieden großen Stücken, im Sand der ganzen Gegend verstreut angetroffen, weisen jedoch keinerlei genetische Verbindung mit den Säulen selbst auf.

Unklar und nicht akzeptabel ist für uns die Erklärung der Autoren über die Entstehung der Säulen: „Nach dem Verfaulen der sekundär versunkenen eozänen Baumvegetation wurde der negative Abguß der Bäume allmählich mit jüngerem feinen Sand ausgefüllt, der reich an Karbonatbindemitteln war. In ihm blieben nur die Teredorörchen erhalten, wobei die Diagenese in den späteren Entwicklungsperioden der Gesteinsschichten erfolgte“ (S. 115). Für uns bleibt unklar, welche diese gewaltigen Stämme der sekundär versunkenen Eozänwälder waren, deren Kerne heute die Säule darstellen. Ferner wann sie zum erstenmal und wann sie sekundär versanken?

Auf Grund der Vorstellungen dieser Autoren von der Bildung der Säulen müßte der die Säulen einschließende Sandstein älter sein als die Säulen selbst. Diese Behauptung widerspricht den Tatsachen, da in dem Sandstein der Säulen und im Sandstein des einschließenden Gesteins gleichaltrige und gleichartige Fossilien wie zum Beispiel *Nummulites planulatus* LAM., *N. aqui-*

tanicus BEN., *Operculina canalifera* d'ARCH *Alveolina* sp. u. a. angetroffen werden. Außerdem machen demnach die Höhlen, die als Negative der mit Sand bedeckten Holzstämme in der Folge mit jüngerem Sand ausgefüllt werden, eine ziemlich fortgeschrittene Diagenese der einschließenden Sedimente und einen erheblichen Altersunterschied zwischen dem die Säulen einschließenden Gestein und dem die Säulen selbst bildenden Sandstein notwendig. Kein einziger Autor, der sich mit der Geologie der Gegend beschäftigt hat, konnte aber einen solchen Altersunterschied feststellen. Es ist bekannt, daß nicht nur die fossilen Foraminiferen, von denen oben die Rede war, sondern auch viele andere Muscheln, Schnecken, Brachiopoden, nicht nur in den Säulenwänden, sondern auch im Sandstein, in dem sie eingeschlossen sind, angetroffen werden.

An mehreren Stellen wird in dem Artikel der beiden Autoren behauptet, die Säulen befänden sich auf verschiedenen stratigraphischen und topographischen Niveaus. Daß sich die Säulen auf einem verschiedenen topographischen Niveau befinden, ist offensichtlich. Jedoch der Wirklichkeit widerspricht absolut die Behauptung, sie befänden sich in verschiedenen stratigraphischen Horizonten und gingen durch mehrere derselben hindurch. Ihre Erklärung ist, dies könne auf die sämtliche Schichten durchstoßenden gewaltigen Stämme zurückgeführt werden oder es handle sich nur um verschiedene Teile von bereits diagenetisch verhärteten Stammkernen, die von der Brandung oder von Küstenströmungen während der Ablagerung höherer Eozänschichten in die Bucht geschwemmt worden sind. Endlich ihre letzte und nach ihrer Ansicht wahrscheinlichste Vermutung, es könne sich um Überreste einer Vegetationsdecke der höheren Teile der Küstenzone handeln, die durch allmähliches Versinken später überflutet wurden. Alle diese Annahmen finden keine reale Bestätigung im geologischen Aufbau der Gegend. Das verschiedene topographische Niveau ist auf die zahlreichen Verwerfungen zurückzuführen, die die ganze Gegend durchschneiden und durch die hauptsächlich die Säulen sichtbar wurden ohne eine genetische Verbindung mit diesen Verwerfungen zu haben. Sie trugen nur zu ihrer Loslösung von dem sie umhüllenden Gestein bei. Auf diese Verwerfungen ist auch die geradlinige Lage der Säulen an einigen Stellen zurückzuführen, wie z. B. in der „Straschimirowskata grupa“ in der Gruppe am östlichen Abhang des Kanlakawak-Flusses u. a.

Es ist ebenfalls unklar, auf Grund welcher Beobachtungen W. PANOŠ und J. SKACEL behaupten, die kugelförmigen Bildungen, aus denen einige Säulen aufgebaut sind (Bild 2) seien Verwitterungserscheinungen. Diese Bildungen mit verschiedenem Durchmesser in den verschiedenen Säulen zeigen eine konzentrische Struktur und können keine Verwitterungserscheinung sein.

Bei der Beschreibung der einzelnen Säulen verallgemeinern die Autoren viele Merkmale, die nur für einige von diesen charakteristisch sind, z. B. die Rippen an der inneren Oberfläche der Zentralhöhle, die parallel zur Längsachse der Säulen verlaufen u. a.

Es ist ebenfalls unverständlich, an welche Stratigraphie der Gegend sich die beiden Autoren halten. Sie behaupten, die Säulen seien einmal im Lutet, dann wieder im Ipres eingeschlossen oder sie sprechen allgemein von Eozän.

Über die Stratigraphie des Alttertiär bei Varna ist bereits ziemlich viel geschrieben worden. Ebenso bestehen viele Meinungen darüber [2, 14, 15]. Nach PANOŠ und SKACEL ist es vollständig unklar, in welchen Horizont des

Eozän die Säulen eingeschlossen sind. Deshalb ist auch ihre Behauptung über die verschiedenen stratigraphischen Niveaus, in denen sich die Säulen befinden sollen, unbegründet.

Wir gingen etwas ausführlicher auf diese Meinung ein, weil die beiden Autoren die Bildung der Säulen auch unter Mitwirkung von Bäumen erklären und gleichzeitig Anspruch auf die Priorität dieser Auffassung erheben. Bereits in seiner ersten Veröffentlichung zu dieser Frage zitiert J. SKACEL [24] unseren Artikel „Über den Ursprung des Steinernen Waldes in der Nähe von Varna“ [8]. Dort wird kurz das wesentliche unserer Auffassung, nämlich, daß die Säulen unter Mitwirkung von Pflanzen gebildet worden seien, lange vor dem Erscheinen ihrer ersten Veröffentlichung zu dieser Frage dargelegt.

In unserer ersten Publikation über den Ursprung des „Steinernen Waldes“ äußerten wir die Meinung, daß die wahrscheinlichste Entstehungsweise dieser so interessanten Säulen ihre Bildung um die unter das Niveau des Ipresbeckens versunkenen Bäume ist. Die Ursachen für die Senkung können verschieden sein, jedoch nach dem tektonischen Aufbau der Gegend zu schließen, ist es wahrscheinlicher, daß sie lokalen Charakters waren. Die versunkenen Bäume wurden bald mit terrigenem Material bedeckt. Da die Bäume zu faulen anfangen, haben manche von den Gasen, die sich bei diesem Prozeß ausscheiden, zur Anreicherung des Meeresswassers mit CaCO_3 beigetragen. Deshalb ist der Sand um die Zentralhöhle der Säulen, der dem faulenden Stamm am nächsten war, am festesten gebunden. Inkohlungsbedingungen waren nicht vorhanden und deshalb faulte allmählich das ganze Holz, ein sehr langwieriger Prozeß, bei dem sich eine gewisse Diagenese des terrigenen Materials vollzieht, das die gewaltigen Stämme begraben hat. An der Stelle der verfaulten Stämme bildete sich die Zentralhöhle der Säulen, die sie vom Grund bis zur Spitze durchzieht und die ihr wichtigstes Merkmal darstellt. Die Säulen selbst sind etwas wie „Inkrustationen“ rings um die Stämme der versunkenen Bäume oder „Konkretionen“ in der Gesamtmasse des Sandsteins, in dem sie sich befinden.

Zu dieser Schlußfolgerung gelangten wir bereits vor Veröffentlichung unseres Artikels über diese Frage [8], jedoch damals waren wir infolge des von uns noch zu ungenügend gesammelten Fossilmaterials nicht imstande, zu ermitteln, welche Pflanzen sich an der Bildung der Säulen beteiligt haben. Deshalb äußerten wir dort die Annahme, daß es sich nicht nur um Küstenwälder handeln kann, sondern vielleicht auch um Riesenalgen, die während dieser Zeit im Meeresbecken lebten.

Später beim Studium der Literatur über diese Frage stießen wir auf Beschreibungen ähnlicher Formen in anderen Gegenden der Welt. Es zeigte sich, daß bereits Ch. DARWIN 1831 während seiner Reise mit Beagle den „Steinernen Wald“ auf Cap Bald Head in Südwestaustralien beschrieb, der aus zylindrischen Formen besteht, die in der Mitte ebenfalls hohl und im kalkigen Sandstein eingeschlossen sind. Dieser „Steinerne Wald“ ruft laut dieser Beschreibung vollkommen den Eindruck des bulgarischen „Steinernen Waldes“ hervor. Die Bildung dieses „Steinernen Waldes“ erklärt DARWIN auf ähnliche Weise [6]. In unserem Artikel „Über die Verbreitung der Strukturen ähnlich des ‚Steinernen Waldes in der Umgebung von Varna‘ außerhalb Bulgariens“ [19] geben wir Nachrichten über andere ähnliche „Steinerne Wälder“, die auf allen Erdteilen und in vielen geologischen Systemen verbreitet sind.

Für den Ursprung dieser Wälder werden häufig ganz naive Erklärungen gegeben und die richtige Deutung dieses so interessanten paläobiologischen Phänomens ist von wissenschaftlicher Bedeutung.

Bei unseren späteren Exkursionen gelang es uns, Säulen zu entdecken, in deren Zentralhöhle der Baumstamm vollständig erhalten war, um den sich die Säule gebildet hatte. Eine der Säulen war am oberen Ende geschlossen, worauf wahrscheinlich auch zurückzuführen ist, daß der fossilisierte Stamm erhalten blieb. Die obere Säulenhälfte war abgebrochen und zur Seite gefallen. Aus dieser war ein Teil des fossilisierten Stammes gerutscht und der von ihm zurückgelassene Hohlraum in der Mitte der Säule stellte eine echte Zentralhöhle dar, wie in allen anderen Säulen. Von diesem fossilisierten Stamm und von allen übrigen, die wir gefunden und gesammelt haben, machten wir Dünn- und Anschliffe, die nicht nur eine Gattungsbestimmung, sondern auch eine Artbestimmung ermöglichen. Der erste Stamm, den wir aus der Zentralhöhle der oben geschilderten Säule herauszogen, erwies sich als Stamm eines Nadelbaumes, der *Taxodium miocaenicum* HEER (Bilder 5 und 6) am nächsten kommt. Reste eines anderen fossilisierten Stammes entdeckten wir ebenfalls in der Zentralhöhle einer riesigen Säule. Gewaltige fossilisierte Stämme mit vollkommen erhaltener Struktur fanden wir an vielen Stellen in der Gegend der Säulen. Manche von diesen zeigen die Struktur von Laubbäumen. Viele von den limonitisierten Kernen, die am Grund der Säulen im Sand verstreut sind, stellen fossilisierte Hölzer dar. Von allen diesen Materialien wurden gelungene Dünn- und Anschliffe gemacht, die ebenfalls eine Artbestimmung der fossilisierten Stämme ermöglichen. Alle diese Materialien sind Gegenstand einer Untersuchung und werden demnächst veröffentlicht. Diese Funde sind ebenfalls von großer Bedeutung, weil sie ein Licht auf den Artbestand der eozänen Baumvegetation in Bulgarien werfen.

Ein gewisses Analogon zu den Säulen bei Varna stellt der „Steinerne Wald“ beim Dorf Nanowiza im Bezirk Kurmovgrad, im Rhodopengebirge dar. Die senkrecht stehenden, einige Meter hohen Stämme sind in beinahe horizontal liegende Sandsteine des Alttertiär eingeschlossen. Der Mantel um die fossilisierten Stämme ähnelt sehr stark den Säulen bei Varna. Eigentlich stellt der „Steinerne Wald“ beim Dorf Nanowiza ein fixiertes Vorstadium der Säulenbildung bei Varna dar.

Die „Steinernen Wälder“ erweisen sich demnach nicht nur als merkwürdige Erscheinungen oder Naturschönheiten, sondern als Erscheinungen, die ein tieferes Verständnis der geologischen Vorgänge ermöglichen und unsere Vorstellungen von den klimatischen und anderen physiko-geographischen Bedingungen usw. erweitern.

Literatur

- [1] BAKALOV, P.: Pobitite kamani (Dikilitasch-Varnensko). — Priroda, 22/1, Sofia 1922.
- [2] BOMBITA, Gh.: Ipresianul de la Varna. — Bul. sci. A. R. P. R. Geol. si Geogr. 2, Bucuresti 1957.
- [3] BONTSCHEV, E.: Pobitite kamani. — Priroda, 4, Sofia 1955.
- [4] BONTSCHEV, St.: Die Entstehung der eigenartigen Steinsäulen (Dikilitasch) bei Varna. — Geol. Balk., 1, Sofia 1934.
- [5] BULGURKOV, K.: Uidi drvoprobivatschi etc. — Prirodoznanie, 3, Sofia 1941.
- [6] DARWIN, Ch.: Voyage d'un naturaliste autour du monde fait à bord du navire le „Beagle“ de 1831/36. — Paris 1875.
- [7] DAVITASCHVILI, L.: History and ecology of the molluscan fauna of the early Pliocene basin. — Probl. of Pal. 2—3, Moscow 1937.
- [8] DAVITASCHVILI, L. u. KOVATSCHIEVA-SACHARIEVA, K.: O prozhodjenje „Kamenogo lessa“ bliz Varni. — Soobst. A. N. Gruz. SSR., 30, Tbilisi 1963.
- [9] EHRENBERG, K.: Gedanken zur Ent-

- stehung des Dikilitasch. — Wiss. Jahrb. DDSG. I, Wien 1938.
- [10] GELLERT, F. J.: Die Neogenbuch von Varna und ihre Umrandung. — Balkanförsch. Geol. Inst. Univ. Leipzig, Abh. mathem.-phys. Kl., Sächs. Akad. Wiss., 41, Leipzig 1929.
- [11] — Die eigenartigen Verwitterungs- und Landschaftsformen des Dikilitasch-Sandsteines in Nordost-Bulgarien. — Geol. Rundsch., 23, Stuttgart 1932.
- [12] GESSNER, F.: Van Gölü. Zur Limnologie des großen Soda-Sees in Ost-anatolien (Türkei). — Archiv f. Hydrobiol., 53, Stuttgart 1957.
- [13] GOTSCHÉV, P.: Das Eozän in Nordost-Bulgarien. — Tr. na Bul. Prirodoizp. dr., 12, Sofia 1926.
- [14] — Paläontologische und stratigraphische Untersuchungen über das Eocän von Varna. — Zeitschr. Bulg. Geol. Ges., 5, Sofia 1933.
- [15] — Geologische Skizzen über die Umgebung der Seen von Varna. — ibidem, 6, Sofia 1934.
- [16] HAMILTON, G. W.: On a specimen of Numm. Rock from the neighbourhood of Varna. — Quart. J. Geol. Soc. London, 11, P. I, London 1854.
- [17] KOVATSCHÉVA-SACHARIEVA, K.: Noch ein „Steinerne Wald“ in Bulgarien. — Soobst. A. N. Gruz. SSR., 36, Tbilissi 1964.
- [18] — Über den Ursprung des „Pobitite Kamani“ in der Umgebung von Varna. — Priroda, 5, Sofia.
- [19] — Über die Verbreitung der Strukturen ähnlich dem Steinernen Wald außer dem Territorium der Bulgarischen Volksrepublik. — Soobst. A. N. Gruz. SSR., 42, Tbilissi 1966.
- [20] LAHN, E.: Der „Steinerne Wald“ von Varna (Ostbulgarien). — Zentralbl. f. Min. etc., Jg. 1932, Abt. B, Stuttgart 1932.
- [21] MANDEV, P.: Über das Paläogen im Varna-Gebiet. — Ann. Univ. Sofia, Biol.-Geogr. Fak., 49, (Geologie), Sofia 1955.
- [22] PANOS, V. & SKACEL, J.: Zur Frage der Entstehung der Steinsäulen „Pobitite Kamani“ usw. — Z. f. Geomorph., NF. 10, Berlin 1966.
- [23] RADEV, V.: Die Dikilitaschsäulen vom biogenetischen Standpunkt. — Ann. Univ. Sofia II, Phys.-math. Fak., 3, Sc. Nat. 35, Sofia 1939.
- [24] SKACEL, J.: Ke vzniku sloupovitych tvaru „Pobitite kamni“ u Varny u Bulharsku. — Zprav. ust. ČSAV. u Opave Pr. Vedy, 128—V, 1963.
- [25] ŠKORPIL, H. u. K.: Zwanzigjährige Tätigkeit der Archäologischen Gesellschaft in Varna. — Izvestia Archeol. dr. kn. 7, Varna 1921.
- [26] SPRATT, T.: Varna Bay and the Lake of the Alladhyn. — Quart. J. Geol. Soc. London, 12, London 1856.
- [27] — On the Geology of Varna and the neighbour parts of Bulgaria. — ibidem, 13, London 1857.
- [28] TEPLJAKOV, V.: Pisma iz Bolgarii. Moskva 1933.
- [29] TOULA, F.: Geologische Untersuchungen im Östlichen Balkan. — Denkschr. Akad. Wiss. Wien, mathem.-nat. Kl., 57, 1890.
- [30] — Dasselbe, ibidem, 59, Wien 1892.
- [31] ULBRICH, H.: Ein steinerne Wald. — Kosmos, Jg. 1939, Stuttgart 1939.
- [32] VACHTL, J.: Kameny les etc. — Veda prir. rocn. 15, Praha 1934.
- [33] ZLATARSKI, G.: Geologie Bulgariens. Sofia 1927.

Hans PRAŽEN, Wien:

FLÄCHENVERZEICHNIS DER ÖSTERREICHISCHEN FLUSSGEBIETE DES HYDROGRAPHISCHEN DIENSTES

Aus der Sicht des Technikers bildet die Kenntnis der geographischen Gliederung des Gewässernetzes und der zugehörigen Größen der Einzugsgebiete, aus denen der gefallene Niederschlag abfließt, eine wesentliche Voraussetzung für die hydrographische Erforschung jedes Landes.

Das Flußgebiet ist das eigentliche Arbeitsfeld des Hydrographen und des Wasserbautechnikers. Es wird von Wasserscheiden begrenzt, die sich aus den Graten der Gebirge, den Sattellinien der Gebirgspässe und den Scheitellinien der Hügellandschaft zusammensetzen. Im Karst- und Dolomitgebiet sind die Wasserscheiden schwer und nur theoretisch eruierbar und verlieren sich völlig im Flachland. So besteht das Flußgebiet aus den Einzugsgebieten der zufließenden Bäche, das Stromgebiet aus der Gebietssumme seiner Zuflüsse und letztlich das Meeresgebiet aus den ihm angehörenden Stromgebieten.

Die Abgrenzungen und die Planimetrierungen der Einzugsgebiete für die vom Hydrographischen Zentralbüro nach dem 2. Weltkrieg veröffentlichten Flächenverzeichnisse erfolgten auf den vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen herausgegebenen Österreichischen Karten 1:50.000, die teils in einer provisorischen, teils in einer endgültigen Ausgabe vorliegen.