

tigen Barockbauten in neuem Glanze erstanden. Derzeit ist Würzburg bereits wieder eine Großstadt, mit rund 110.000 Einwohnern.

Der nächste deutsche Geographentag wird zu Pfingsten 1959 in Westberlin abgehalten werden, wo man zur gleichen Zeit die hundertste Wiederkehr des Todestages Alexander von Humboldts feierlich begehen wird.

RANDOLF RUNGALDIER:

#### Neue Ergebnisse der Grundwasserforschung in Ungarn

Gleichzeitig mit einer Reambulierung der Geologischen Karte von Ungarn in den Jahren 1950—55 wurden auch die Grundwasserhältnisse des Tieflandes untersucht und kartiert. Die Ergebnisse bilden den Inhalt eines inhalts- und umfangreichen Bandes<sup>1</sup>. Das Gebirge und die bereits früher genau kartierte Umgebung von Budapest wurden ausgelassen. Insgesamt wurden über eine Million gegrabene und rund 16.000 gebohrte (artesische) Grundwasserbrunnen untersucht, aus rund 1100 Brunnen wurden Wasserproben entnommen. Dieses große Material wurde zunächst zu einer genauen Karte der Brunnendichte (1 : 25.000) verarbeitet. Die festgestellte Wassermenge und Höhe des Wasserspiegels in den Brunnen zeigen zwar die Verhältnisse im Sommer, aber nicht die Schwankungen des Grundwasserspiegels und den Wassernachschub. Die festgestellte Brunnentiefe kennzeichnet das Minimum des Grundwasserstandes, d. h. „die untere Grenze der grundwasserführenden Schicht“.

Das „gespannte“ Grundwasser oder Druckwasser, das gerade für die Wasserversorgung weiter Teile des Großen Ungar. Tieflandes so wichtig ist, bildet sich unter undurchlässigen Schichten im Hangenden und stellt zweite und dritte Stockwerke des Grundwassers dar. Die große praktische Bedeutung der „Kenntnis der Brunnentiefe“ für die Anlage von neuen Brunnen liegt auf der Hand. Die Tiefe des Grundwasserspiegels, der wichtigste Faktor der Kartierung, wurde durch vier Jahre vom Frühling bis zum Herbst festgestellt, d. h. für die verschiedenen Brunnen zu verschiedenen Zeiten. Dieser wahrscheinlich aus Kostengründen entstandene große Mangel der Aufnahme ist die Ursache dafür, daß die für die Wirtschaft wichtigen jahreszeitlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels nicht genau festgestellt werden konnten.

Gemildert wird dieser Mangel allerdings durch die Tatsache von nur kleinen jahreszeitlichen Schwankungen für große Teile des Tieflandes, besonders im Kleinen Ungar. Tiefland und im Süden des Landrückens von Kumanien. Größere Spiegelschwankungen (über 1 m) treten vor allem im übrigen Gebiet zwischen Donau und Theiß auf. Dort wurde daher eine kleinere Anzahl von Brunnen in verschiedenen Jahreszeiten gleichzeitig gemessen. Die Darstellung der Grundwasser-Schwankungen unter 1 m ist auf der 1 m-Isobathenkarte nicht mehr möglich. Auch der Laie sieht ohneweiters ein, daß man — schon wegen Personalmangel — nicht gut eine Million Brunnen gleichzeitig mehrmals im Jahr untersuchen kann.

Da die genaue Seehöhe der meisten Brunnen unbekannt ist, kann zwar die genaue Seehöhe des Grundwasserspiegels nicht angegeben werden, wohl aber eine Isohypsenkarte mit 5 m Spielraum interpoliert werden. Diese Karte erlaubt in

<sup>1</sup> RÓNAI, A.: A magyar medencék talajvíze, az országos talajvíztérképező munka eredményei 1950—1955 (Das Grundwasser der ungarischen Becken, Ergebnisse der ungarischen Grundwasserkartierung 1950—1955). Annales Instituti Geologici Publici Hungarici (Jahrbücher der Ungar. Geolog. Anstalt), 46. Bd., 1. Heft. Budapest 1956. VI und 248 S., 94 Karto- und Diagramme, 10 Tab., 14 Photos, 7 Beilagen (insgesamt 125 Abb., Karten und Tab. im Text und auf Tafeln), deutsche (18 S.) und russische (6 S.) Zusammenfassung, Literatur (192 Nr.).

Verbindung mit den geologischen Kenntnissen vom Untergrund auch Schlüsse „über die wahrscheinliche Stromrichtung“ des Grundwassers.

Die Feststellung von Temperatur und chemischer Zusammensetzung des Grundwassers bildet eine wichtige Ergänzung des Brunnenkatasters. Das frühere „Hydrographische Institut“ (heute „Institut für Wasserwirtschaft“) hat besonders im Gebiet zwischen Donau und Theiß viele Brunnen alle drei Tage durch 15—20 Jahre registriert. Dieses Material wurde natürlich mitverwertet. Dazu kamen das Brunnennetz der Staatsbahnen, das viermal jährlich gemessen wurde, ferner Grundwasserangaben der geologischen und Bodenkarten, der zahlreichen Tiefbohrungen und neue Messungen, besonders in der Kleinen Ungar. Tiefebene und an der oberen Theiß.

Im Folgenden erörtert der Verfasser „Ursprung und Bewegung des Grundwassers“ mit Berücksichtigung der Sonderstellung des Ungar. Tieflandes, das nur selten freies Grundwasser, meist nur Druckwasser aufweist. Dieses steigt durch „Fenster“ der undurchlässigen Deckschichte als nur scheinbar echtes Grundwasser auf. Viele Tonlinsen im Untergrund erzeugen Stockwerkbau und örtliche Stufengliederung. Es handelt sich also um ein recht mannigfaltiges System von echtem und unechtem („schwebendem“) Grundwasser und viel Druckwasser, entsprechend dem geologischen Bau.

Der Verfasser gibt daher eine neue Definition des Grundwassers im Alföld. Er versteht darunter jedes oberflächennahe Wasser ohne zusammenhängende Sperrschicht im Hangenden mit einer Stufengliederung durch undurchlässige Tonlinsen und einer zusammenhängenden Sperrschicht im Liegenden. Die bisherige Auffassung spricht nur vom „freien“ Grundwasser, d. h. einer einzigen Grundwasserschicht.

Von den rund 43.000 qkm des Ungar. Tieflandes weisen rund 23.000 qkm (über 53%) undurchlässige Böden auf. Aus etwa  $1\frac{1}{2}$  Mill. Grundwasserbrunnen in ganz Ungarn werden täglich  $\frac{1}{8}$  Mill. cbm, jährlich 120 Mill. cbm Wasser geschöpft. Die Sommer-Niederschläge decken nur den Bedarf von Vegetation und Verdunstung (75% verdunsten im Alföld). Der Boden wird maximal nur 20—30 cm tief durchfeuchtet. Der Grundwasserspiegel wird nur durch die Niederschläge im Winterhalbjahr gespeist, wenn er nicht tiefer als  $1-1\frac{1}{2}$  m liegt. Da die Mindesttiefe des Grundwasserspiegels zwischen Donau und Theiß 5 m beträgt, erfolgt hier keine Berührung zwischen Grundwasser und Niederschlag, d. h. es besteht eine ständige Trockenzone zwischen durchnäßer Oberfläche und dem Grundwasser in allen Flugsandgebieten.

Die täglichen und jährlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels sind stetig: Sinken bei Tag und im Sommer, Steigen bei Nacht und im Winter. Dazu kommt noch eine klimatisch bedingte Spiegelschwankung von 14—17 Jahren (Max. oder Min.). Nachts besteht der „Ruhewasserspiegel“ infolge fehlender oder nur sehr geringer Verdunstung und Wasserentnahme durch die Pflanzen. Im Sommer herrscht daher ein „Depressionsspiegel“. Ab Herbst steigt das Grundwasser, ohne Rücksicht auf den Niederschlag, infolge verringerten Verbrauches durch die Lebewesen.

Der Verfasser sagt ferner (S. 222): „Ein weiterer merkwürdiger Umstand besteht darin, daß im Gebiet zwischen der Donau und der Thisza der Grundwasserspiegel an den Sandrücken im allgemeinen näher zur Oberfläche liegt als in den Lößgebieten, d. h. in mit weniger durchlässigen Ablagerungen bedeckten Gegenden. Und dies ist auch dann der Fall, wenn die Oberfläche der Sandhügel in absolutem Sinne höher liegt als jene der Lößstreifen.“ Hier dürfte

wohl der kapillare Aufstieg von Grundwasser im Sandboden zu bestimmten Tages- und Jahreszeiten die Ursache sein.

Die Frage nach der Herkunft und Speisung des Grundwassers beantwortet der Verfasser mit dem Hinweis auf das oberflächennahe „Schichtwasser“, das wieder dem „Sedimentationswasser“ entstammt. Dieses sinkt zusammen mit seinem Träger langsam in die Tiefe und sucht dem steigenden Druck nach oben auszuweichen. Es handelt sich also um fossiles Wasser, dessen Lage durch Bau- und Druckverhältnisse bestimmt wird und das durch Niederschlags- und Sickerwasser vermehrt wird. Durchlässige Schotterdecken und Schwemmkegel, verkarstete Kalkschollen und kluffreiche, wenn auch sonst undurchlässige Gesteine am Rande des Tieflandes bilden die wichtigsten Grundwasserstraßen. Das Schauspiel ist verwirrend und großartig zugleich: Das Wasser sinkt auf verschiedenen Wegen und in verschiedenen Mengen in die Tiefe, gerät unter zunehmenden Druck und steigt zum Teil wieder aufwärts. Dabei bewegt es sich waagrecht und senkrecht am schnellsten in Tonspalten. Dies alles zwingt zur Annahme einer bedeutenden unterirdischen Erosion.

Die Spiegelschwankungen des Grundwassers im Tieflande sind von der Korngröße abhängig: Je feinkörniger das Material, desto größer die Schwankungen. Der Einfluß der großen Flüsse des Ungar. Tieflandes auf die Grundwasserschwankungen reicht nur auf 2—3 km, was auch anderwärts bestätigt wurde. Zwischen Donau und Theiß betragen die Schwankungen im vieljährigen Mittel 2—3 m, östlich der Theiß 3—5 m.

In der Chemie des Grundwassers ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen der Kleinen Tiefebene und dem übrigen Pannonien sowie der Großen Tiefebene und ihren Rändern. Transdanubien (Pannonien) ist das Gebiet des weichen Grundwassers mit geringem Mineralgehalt wegen der Filterwirkung der weithin verbreiteten Schotterfluren — ausgenommen den Hanság mit großem Mineralgehalt. Im Alföld sind die Verhältnisse viel bunter, es gibt hier keine große, einheitliche „Grundwasserlandschaft“. Die Mineralisation nimmt gegen das Innere zu: An den Rändern etwa 1.000 mg/l Salzgehalt, im Innern 4—5.000, so daß hier das Grundwasser als „Mineralwasser“ im schlechten Sinne bezeichnet werden kann. Die Hauptsalze entstammen dem Natrium, Schwefel und Chlor.

Zum Schlusse behandelt der Verfasser noch kurz die Beziehungen zwischen Bau und Grundwasser des Alfölds, dessen Spiegel im Durchschnitt 3—4 m tief liegt. Boden- und Reliefunterschiede bedingen die oft großen Abweichungen vom Mittelwert. Dazu kommt die Wirkung von Grundwasserscheiden in Form von stehengebliebenen Diluvialrücken zwischen absinkenden Schollen. Der Verfasser zählt ein halbes Dutzend solcher Rücken — meist in NW-Richtung — auf. Ihre Kenntnis ist auch für das Studium der waagrechteten Bewegung des Grundwassers wichtig.

Die Hauptfrage nach den Ursachen, der Größe und Wirkung der Grundwasserspiegelsenkung im Ungar. Tiefland im Zusammenhang mit den Flußregulierungen und Entsumpfungen und dem erhöhten Wasserverbrauch der Gegenwart kann wegen der beschriebenen Unvollständigkeit des sonst gerade in diesem Werke so gewaltigen Untersuchungsmaterials nicht einwandfrei beantwortet werden, d. h. sie kann nicht zahlenmäßig belegt werden. An der längst richtig vermuteten Ursache und ihren Folgen ändert sich aber auch ohne Kenntnis des genauen, örtlich und zeitlich verschiedenen Betrages der Grundwassersenkung grundsätzlich nichts.

Die dauernden Eingriffe des Menschen in den Haushalt der Natur, in diesem Falle besonders in den Wasserhaushalt, im Wege der weiteren Umwandlung der Naturlandschaft in die heutige Kulturlandschaft und der durch die allgemeine Bevölkerungszunahme und die Industrialisierung bedingte, gewaltig gesteigerte Wasserverbrauch haben in bestimmten Gebieten bereits zu einer bedrohlichen Grundwassersenkung und Verknappung des immer mehr zu einem der wichtigsten Rohstoffe der modernen Wirtschaft gewordenen Nutz- und Trinkwassers geführt. Die moderne Planwirtschaft ist daher nicht nur in Europa auch zu einer Bewirtschaftung der vorhandenen Wasservorräte gezwungen, um einem gefährlichen Notstand vorzubeugen. Dies setzt jedoch die genaue Untersuchung der Grundwasserverhältnisse voraus, deren Methode und Ergebnisse im vorliegenden Werke für das Ungar. Tiefland mustergültig dargestellt werden.

Darüber hinaus ergeben sich aber auch neue Erkenntnisse über den Bau des Untergrundes, bzw. die Bestätigung geologischer, auf Bohrungen und Schwere-messungen gestützter Untersuchungen seitens der Grundwassererforschung.

Die große meridionale Bruchlinie, der die Donau auf der Strecke Waitzen—Vukovar (240 km Luftlinie, 343 Strom-km) folgt, entspricht der Hauptsenkungsachse des innerkarpatischen Raumes, dessen Leitlinien in abgeschwächter Form den Strukturlinien des abgesunkenen kristallinen Schollenlandes entsprechen. Die Grundwasserverhältnisse sind bis zu einem gewissen Grade ein Abbild der Oberflächenverhältnisse (Relief und Klima). Denn es besteht ein grundsätzlicher Unterschied zwischen Transdanubien und dem Alföld. Das erstere unterliegt eben noch stärker dem Einfluß des Westens, es ist sozusagen noch mehr ein erweitertes östliches Alpenvorland mit mannigfaltiger landschaftlicher Gliederung. Das Tiefland östlich der Donau und besonders östlich der Theiß führt dagegen ein vom Westen nur wenig beeinflusstes, stärker kontinentales Eigenleben, das auch durch andere Bodenarten gekennzeichnet ist. So wirkt sich die Sonderart einer Landschaft bis auf den Untergrund und damit auf die Grundwasserverhältnisse aus. Diese Erkenntnis ist für den Geographen wichtig und wertvoll.