

Überraschende Ergebnisse von Grundwasserentnahmen im südlichen Grazer Feld

Von H. NIEDERL (Graz)

1. Einleitung

Vor dem Einsetzen einer Baumaßnahme, in deren Verlauf mit Beeinflussungen des Grundwasserhaushaltes gerechnet werden muß, sind die mit den geplanten Maßnahmen zusammenhängenden Probleme zu untersuchen und zu klären.

Die Fragestellung betrifft den Verlauf des Grundwasserstromes, seine Geschwindigkeit und Mächtigkeit, sein Dargebot und das Ausmaß einer möglichen Beeinflussung. Durch geeignete Methoden der Beobachtung, Messung und Auswertung sind die Grundlagen für die Beurteilung der Auswirkung solcher Eingriffe in den natürlichen Wasserhaushalt zu schaffen.

Solche Untersuchungen setzen das Vorhandensein oder den Aufbau eines ausreichenden Beobachtungsnetzes und dessen laufende Überwachung durch einen längeren Zeitraum, die Auswertung der Ergebnisse sowie deren Zusammenfassung in übersichtlicher Form voraus.

Diese Voraussetzungen beinhalten damit auch Forderungen, deren Erfüllung meist wirtschaftliche Grenzen gesetzt sind: Die Abgrenzung des Einflußgebietes, die Zahl der zu schaffenden Meßstellen und die Dauer der Beobachtung werfen finanzielle Fragen auf. Sie mit den Erfordernissen der Untersuchung in Einklang zu bringen stellt oft eine schwierige Aufgabe dar.

Aber auch die Beschaffung anscheinend ausreichender Unterlagen und die dadurch ermöglichte Beurteilung der Verhältnisse schließt spätere Überraschungen nicht aus. Über einen solchen Fall wird nachstehend berichtet.

Wenn die Sachverständigen, der Bauherr und der Brunnenbauer aufgrund der Unterlagen und aus der Summe ihrer bisherigen Erfahrungen in einem bestimmten Gebiet der festen Überzeugung sind, daß die Förderung von 40 Sekundenlitern aus dem Grundwasserkörper nach der Abteufung eines neuen Brunnens keinerlei Schwierigkeiten bereiten könnte, dann darf wohl von Überraschungen gesprochen werden, wenn

- aus diesem Brunnen bestenfalls 10 l/s entnommen werden können,
- ein zweiter, in der Nähe abgeteufter Brunnen das gleiche unbefriedigende Resultat erbringt,

- in einer unmittelbar benachbarten Baugrube dann aber eine Wasserhaltung für mehr als 100 l/s eingerichtet werden muß und schließlich
- die länger dauernde Abpumpung dieser Menge einige weiter entfernte Brunnen stark beeinflußt, näher gelegene Brunnen aber nicht oder nur in geringerem Maße berührt.

2. Brunnenanlagen und die Wasserhaltung in der Baugrube einer Werksanlage im südlichen Grazer Feld

Die Werksanlage, bei deren Bau die zu beschreibenden Erfahrungen gemacht wurden, liegt im südlichen Grazer Feld (s. Fig. 1).

Das Grazer Feld nehmen jungquartäre Schotterterrassen ein, die eine Nord-Süd-Erstreckung von etwa 24 km und eine maximale Breite (Ost-West) von 8,5 km erreichen. Den Rahmen des Grazer Feldes bilden im Norden und Nordwesten paläozoische Gesteine (hauptsächlich Kalke, Dolomite und Schiefer des Devons), im Osten das aus jungtertiären Sanden und Tegeln modellierte Oststeirische Hügelland, im Südosten und Süden die tortonischen Leithakalke, Mergel und Tegel der Wildoner Berge und im Westen die älter pleistozäne Terrasse des Kaiserwaldes.

Die Hauptterrasse des Grazer Feldes ist die sogenannte „Steinfeldterrasse“ (V. HILBER, 1912). Sie tritt sowohl östlich als auch westlich der Mur auf, hat aber im Westen die weitaus mächtigste Ausbreitung. Es handelt sich um kaltzeitliche, fluviatile, sandige Schotter des früheren Würm. Diese Hauptterrasse weist eine zweite, etwas tiefer liegende und weniger ausgedehnte Stufe auf, die im Gelände nicht immer deutlich hervortritt.

Von der Würmterrasse ist der die Mur begleitende jüngste, holozäne Terrassenkörper durch eine deutliche Terrassenkante getrennt. Im Bereich von Graz ist dieser holozäne Schotterkörper auch noch in das unterlagernde Tertiär eingesenkt, so daß der Terrassensockel die oberflächige Terrassenkante von der Würm- zur Holozänterrasse nachzeichnet (vgl. Profile 2 und 3 bei H. FLÜGEL, 1960). Gegen Süden läuft diese Rinne im Tertiärsockel aus.

Die Mächtigkeit des Schotterkörpers sowohl der Würm- als auch der Holozänterrasse beträgt im Raume der Stadt Graz 25—30 m. In der holozänen Flur liegen die ergiebigen Grundwasserbrunnen der Stadt. Am Südende des Grazer Feldes ist die Mächtigkeit des Würmterrassenkörpers bei 8—10 m, die des holozänen Schotterkörpers bei 5—6 m.

Im Zuge der Planung der Werksanlage hat der Bauherr im Einvernehmen mit den zuständigen hydrographischen Dienststellen des Landes eine bedeutende Verdichtung der Grundwasserbeobachtungsstationen im engeren und weiteren Baubereich veranlaßt.

Im engeren Einflußbereich — der etwa der Größe des in Fig. 2 dargestellten Gebietes entspricht — genügten ursprünglich zwei Beobachtungsstellen der Hydrographischen Landesabteilung für die Grundwasserbeobachtung. Ihre Zahl wurde schon mehrere Jahre vor Baubeginn

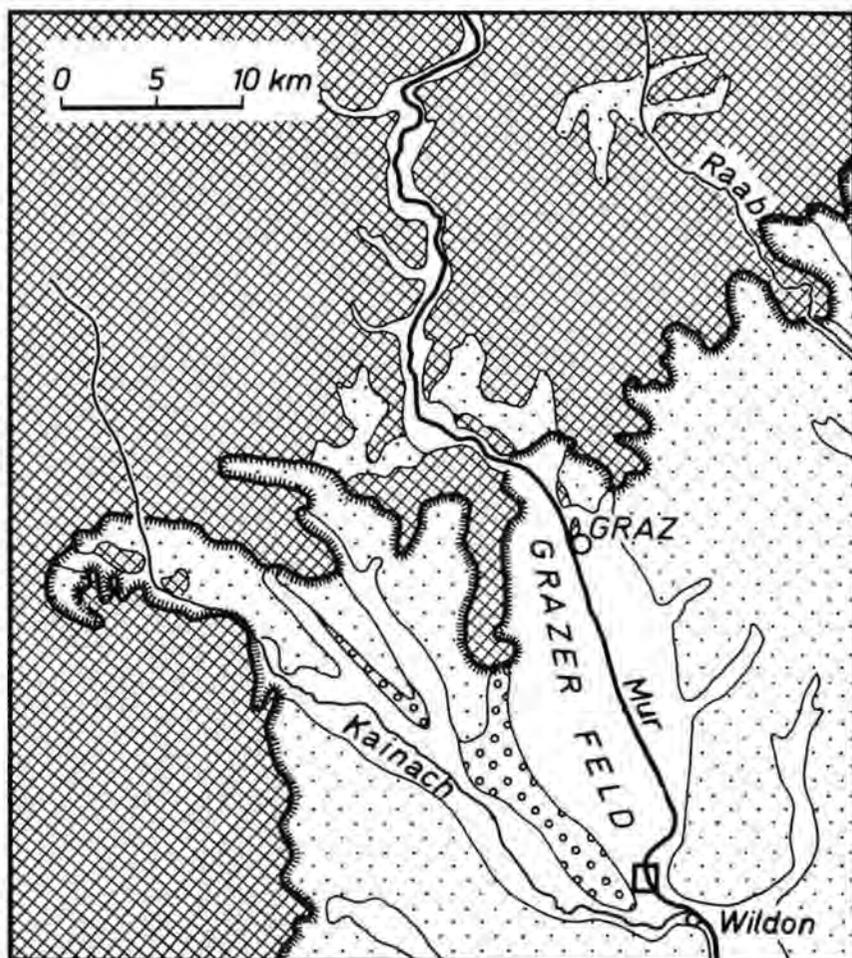


Fig. 1: Das Rechteck im Murbereich markiert die Lage des Untersuchungsgebietes. Raster: das Steirische Randgebirge (im Norden das Grazer Paläozoikum, im Nordwesten Kainacher Gosau, im Westen Korralpenkristallin). Punktiert: jungtertiäre Ablagerungen. Kleine Kreise: mittel- und alt-pleistozäne Terrassen. Weiße Flächen: holozäne und jungpleistozäne (Würm) Terrassensysteme. Starke Linie mit Zacken: Grenze zwischen dem Steirischen Randgebirge und dem Steirischen Becken.

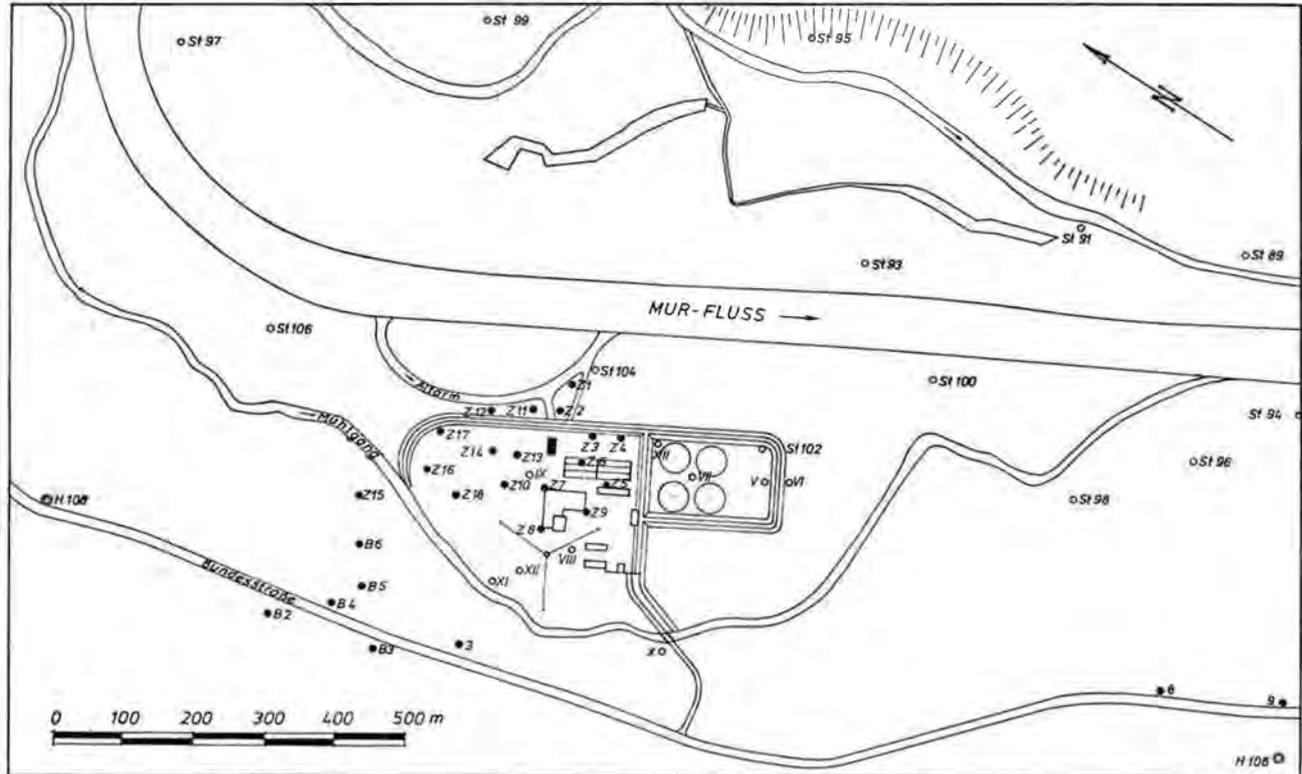


Fig. 2: Die Lage der Beobachtungsstellen und -brunnen im Untersuchungsbereich. H 106 und H 108 sind die ursprünglichen Beobachtungsstellen der Hydrographischen Landesabteilung. Ringe mit Punkt markieren die Sonden zur Verdichtung des Netzes vor Baubeginn, volle Punkte Bohrungen und Beobachtungsbrunnen nach Baubeginn.

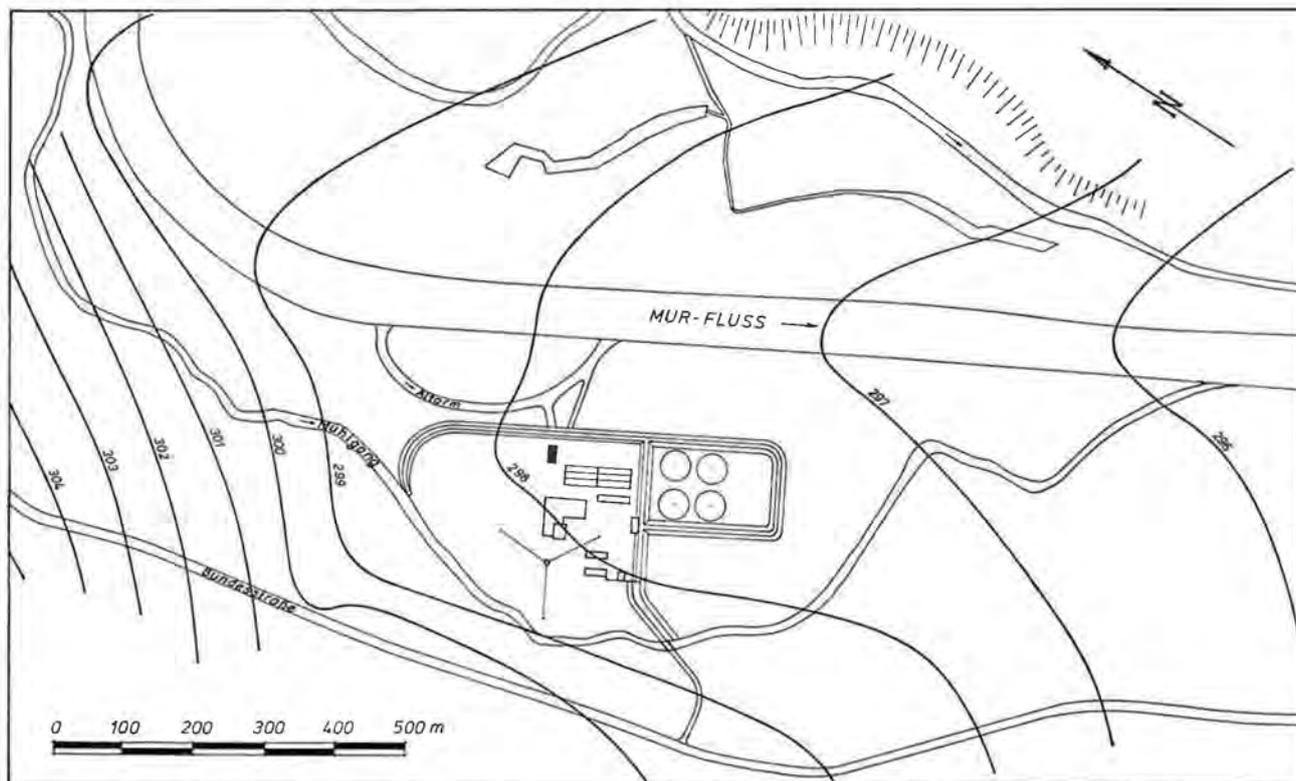


Fig. 3: Der Verlauf der ungestörten Grundwassergleichen. Das schwarze Rechteck ist der spätere Aushub für das Kühlwasserpumpenhaus. Hydroisotypien in Meter über Adria.

durch die Auswahl anderer Meßstellen und die Abteufung von Bohrungen im Baubereich wesentlich erhöht (s. Fig. 2, St. 89—104).

Diese Bohrungen erbrachten Hinweise auf die Beschaffenheit des Untergrundes und die Mächtigkeit der wasserführenden Schicht: In den ufernahen Niederterrassen der Mur lagert über einer anscheinend dichten Unterlage von Tegeln ein im Mittel 8 Meter starker — in Körnung variabler — Schotterkörper, der einen etwa 6 Meter hohen Grundwasserstrom führt. Das Flußbett ist in den Schotterkörper eingeschnitten und kann infolge der an den Ufern abgelagerten Schwebstoffe — zumindest bei normaler Wasserführung — als dicht angesehen werden. Außerdem konnte festgestellt werden, daß die Anspeisung des Grundwassers von den das Grazer Feld umgebenden Höhenzügen her erfolgt.

Aufgrund der Erfahrungen im nördlichen und mittleren Grazer Feld bestanden keine Bedenken, für den speziellen Wasserbedarf des Werkes einen Brunnen abzuteufen, dessen Förderfähigkeit 40 l/s betragen sollte. Die Anspeisung schien gesichert, und eine nachteilige Beeinflussung der Wasserversorgungsanlagen der Anrainer war nicht zu befürchten. Die mit der Herstellung des Brunnens beauftragte Firma erklärte sich sogar bereit, die Entnahme der geforderten Wassermenge als gesicherte Dauerleistung zu garantieren. In Fig. 3 ist der Verlauf der ungestörten Grundwasserschichtenlinien zu diesem Zeitpunkt dargestellt.

Nach der Fertigstellung dieses Brunnens und während eines über 96 Stunden geführten Pumpversuches mußte die erste Überraschung zur Kenntnis genommen werden: Statt der geforderten und garantierten Förderleistung erbrachte der Brunnen nur ein Viertel der erwarteten Wassermenge, im besten Falle nämlich 10 l/s.

Da man vermutete, mit diesem Brunnen zufällig einen begrenzten, dichter gelagerten Bereich des Schotterkörpers angefahren zu haben, der eine größere Entnahme nicht zuließ, wurde ein neuer Brunnen (Fig. 2, Nr. VIII) abgeteuft. Aber auch an dieser Stelle konnte die Größenordnung der Entnahme nicht gesteigert werden.

Die daraufhin von der „Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz“ durchgeführten Versuche bestätigten wohl die Annahmen hinsichtlich der Strömungsrichtung des Grundwassers, ergaben jedoch in bezug auf die Fließgeschwindigkeit wesentlich niedrigere Werte als in den anderen Bereichen der Murterrassen. So waren zum Beispiel aus dem weiter südlich gelegenen Leibnitzer Feld Fließgeschwindigkeiten in der Größenordnung von 20 Metern je Tag bekannt. Die im Bereich der Werksbrunnen ermittelten Werte betragen aber nur 3 m je Tag und erklärten so die geringe Anströmung.

Während an der dauernden und gesicherten Bereitstellung von 40 l/s aus dem Grundwasser noch gearbeitet wurde, war mit dem Bau eines Kühlwasserpumpenhauses begonnen worden, das aus einem Altarm der Mur 4 m³/s entnehmen und dieses Wasser nach entsprechender Reini-

gung dem Werk zuführen sollte. Für die Herstellung der Bodenplatte dieses Bauwerkes mußte eine Baugrube ausgehoben und dicht umspundet werden, deren tiefster Punkt unter der Höhe aller anderen Aufschlüsse im Werksbereich lag. Aber noch im Schotterbereich war während des Aushubes der Einsatz einer dauernden Wasserhaltung erforderlich. Als schließlich der Schotterkörper zur Gänze ausgehoben war und die darunter liegende Tegelschicht angefahren wurde, stieß man auf mergelige Schichten mit karstartigen, wasserführenden Schläuchen. Um die Fortführung der Bauarbeiten überhaupt zu ermöglichen, mußten in ständigem und ununterbrochenem Pumpeneinsatz Wassermengen in der Größenordnung von über 100 l/s aus der Baugrube gefördert werden, also mehr als das Zehnfache der aus einem Brunnen zu gewinnenden Maximalmenge. Der Chemismus des Wassers war gleich dem des Grundwassers in den Brunnen (K. STUNDL, 1967).

Da die Größenordnung dieser aus dem Untergrund entnommenen Wassermenge Befürchtungen hinsichtlich eventueller Auswaschungen und damit verbundener möglicher Setzungen wichtiger Bauteile im Werksbereich aufkommen ließ (H. SEELMEIER, 1967), wurden Sofortmaßnahmen eingeleitet, die dem zeitgerechten Erkennen solcher Folgeerscheinungen sowie der Erfassung der Beeinflussungen des Grundwasserhaushaltes durch die Pumparbeit im weiteren Einflußbereich dienen sollten.

Die von Anbeginn laufende Kontrolle der Hausbrunnen im gesamten möglichen Einflußbereich erbrachte eine in Anbetracht der Umstände positive Überraschung: Lediglich drei Brunnen, nämlich B 4, B 5 und B 6, zeigten eine Absenkung, während bei allen anderen Anrainern, sowohl unmittelbar benachbarten als auch vom Werksbereich weiter entfernten, keine Beeinflussung auftrat.

Während einer notwendigen zehntägigen Unterbrechung der Pumparbeit, die zur annähernden Wiederauffüllung des Grundwasserkörpers auf den Stand vor dem Pumpeneinsatz führte, wurde die rasche Abteufung von 18 zusätzlichen Bohrungen und die Einbeziehung von fast 20 weiteren Grundwasserbeobachtungsstationen veranlaßt (s. Fig. 2). Die Ergebnisse der zusätzlichen Messungen an diesen Stellen erlaubten eine detaillierte Darstellung der Veränderungen im Grundwasserkörper.

Die in Fig. 3 ausgewiesenen Grundwasserisohypsen können als ungestört betrachtet werden und gelten als Ausgangspunkt für die weiteren Untersuchungen und Betrachtungen, die sich auf den wieder einsetzenden Dauerbetrieb der Pumpen während der weiteren Bauarbeiten beziehen.

Die nunmehr Tag und Nacht durchgeführte Beobachtung der Grundwasserstände ließ nach sechs Tagen die Erreichung eines annähernd konstant bleibenden Absenkungszustandes erkennen, der in Fig. 4 festgehalten ist.

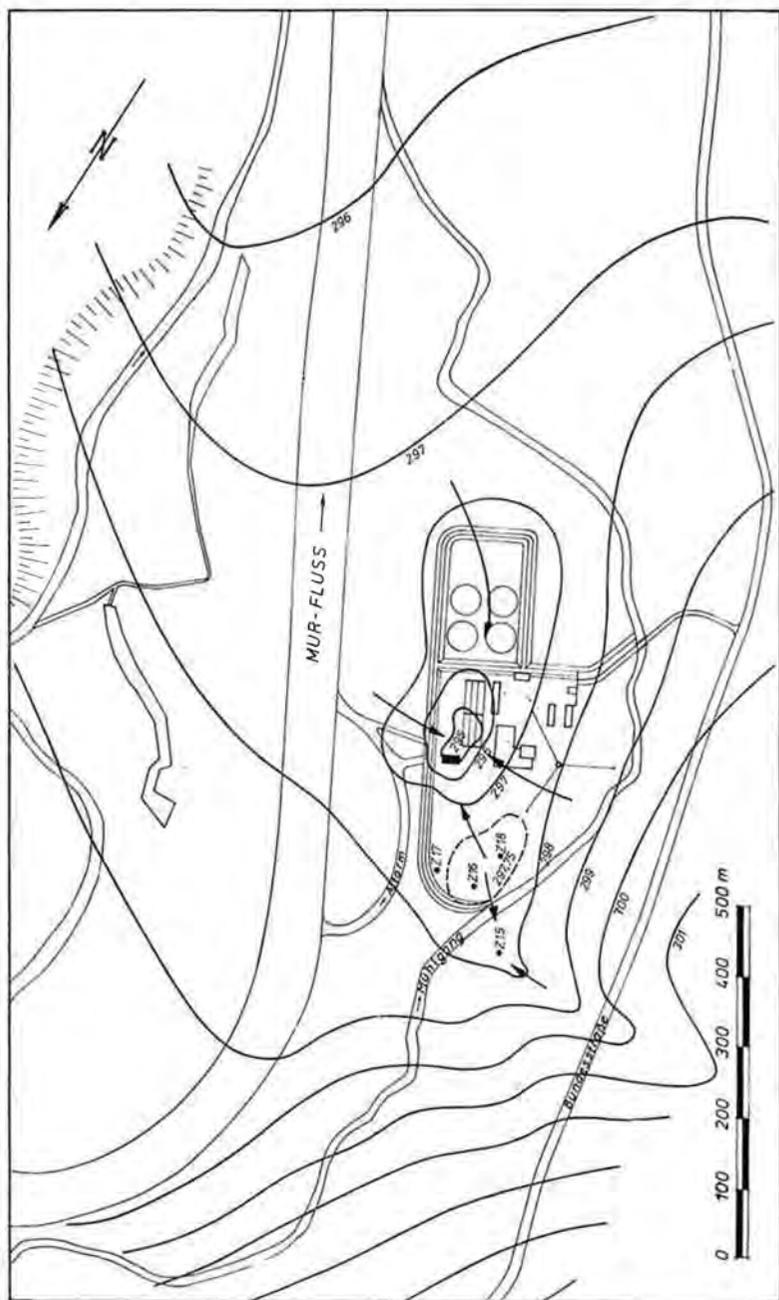


Fig. 4: Der Grundwasser-Absenkungstrichter um die Baugrube.

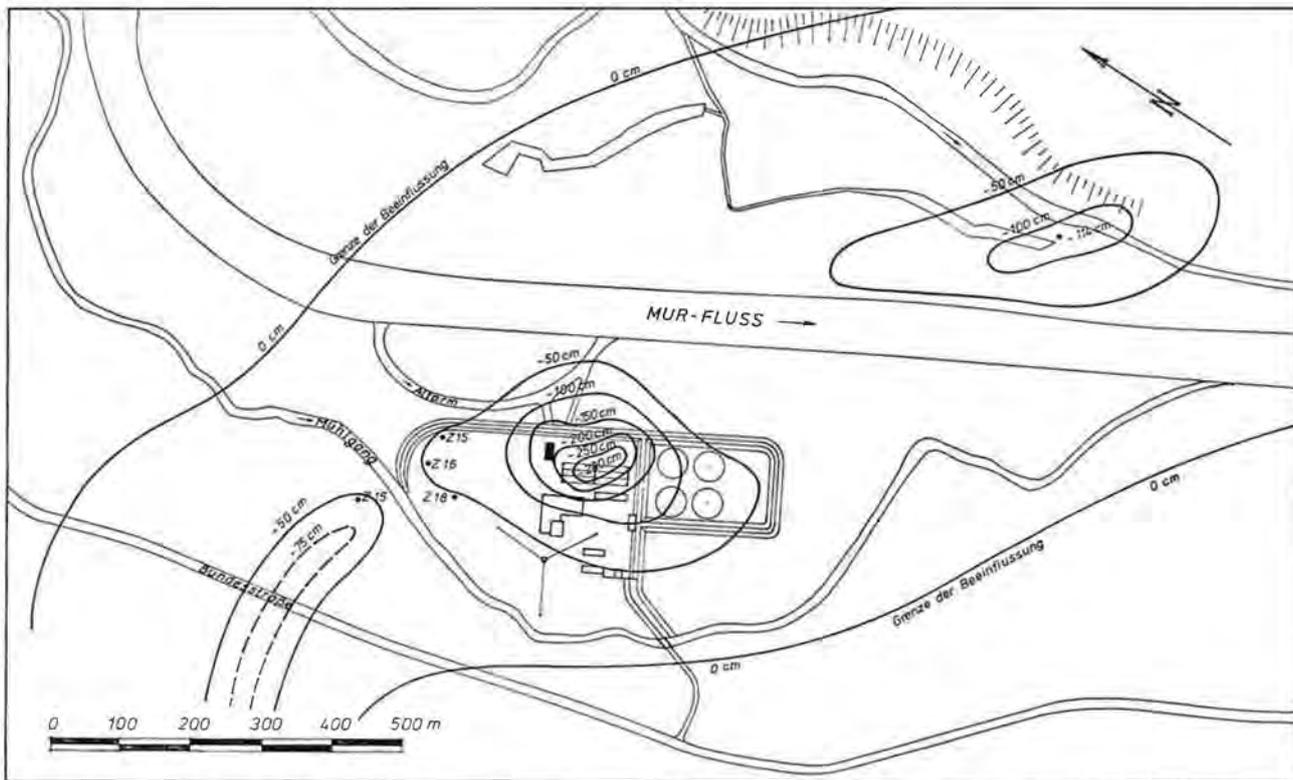


Fig. 5: Die Linien gleicher Absenkung des Grundwassers durch die Wasserhaltung in der Baugrube (volles schwarzes Rechteck). Deutlich zeichnen sich zwei Sekundärtrichter ab, von denen der eine sogar jenseits des Flusses lag.

Die Grundwasserspiegelhöhen zeigen einen unregelmäßigen Absenkungstrichter um die Baugrube. Weiters ergab sich die absonderliche Erscheinung, daß der Grundwasserspiegel in der am weitesten grundwasserstromaufwärts befindlichen Bohrung (Z 15) tiefer lag als bei den Bohrungen Z 16, Z 17 und Z 18. Die in der allgemeinen Gefällsrichtung verlaufende Profillinie zeigte zwischen Z 15 und Z 16 ein umgekehrtes Gefälle. Daraus war zu schließen, daß im Bereich von Z 15 die Karströhren des tertiären Untergrundes in Kontakt mit einer gröberen Partie der quartären Talfüllung stehen und Grundwasser aus diesem Bereich direkt in die Baugrube gezogen wurde.

Eine Erhärtung dieser Annahme ergab sich auch aus der Abgrenzung der durch den Pumpeneinsatz beeinflussten Bereiche: In Fig. 5 sind die Linien gleich großer Absenkungen gegenüber dem unbeeinflussten Grundwasserspiegel eingetragen, wie sie sich als Folgeerscheinung der Pumpung ergeben haben. Aus ihrem Verlauf werden nicht nur die Grenzen der Beeinflussung erkennbar, sondern auch der Verlauf des wasserführenden Karstsystems, das sich in schlauchartiger Form über die Punkte der größten Absenkungen erstreckt, wo ein direkter Kontakt mit dem Grundwasserkörper der Schotterterrasse besteht.

Damit ist aber auch eine Erklärung über die Mechanik des bisher geschilderten Ablaufes möglich. Bei der Entnahme größerer Wassermengen aus dem untiefen Karstsystem wirken dessen Schläuche als eine Art Wasserleitung, die an den erwähnten natürlichen Verbindungsstellen auch aus dem darüber liegenden Grundwasserhorizont gespeist wird. Die Umgebung der Kontaktstellen wird dabei stärker beeinflusst, und es treten innerhalb kurzer Zeit sekundäre Absenkungstrichter auf, während der restliche Grundwasserkörper relativ unberührt bleibt.

3. Die Ergebnisse eines Färbeversuches

Den effektiven Beweis für die Richtigkeit der Annahme, daß die Wasserentnahme aus den Karstschläuchen im Sockel der Schotterterrasse zu sekundären Absenkungstrichtern im Grundwasserkörper in den überlagernden Schottern führen kann, sollte ein Markierungsversuch erbringen.

Bei dem unter der Leitung von Prof. Dr. J. Zörl durchgeführten Färbeversuch wurden am 28. 1. 1968 in der Zeit von 10.00 bis 11.00 Uhr 5 kg Uranin AP, vorgelöst in 50 l Wasser, in die Bohrung Z 15 eingebracht. Die Beobachtung erfolgte durch Probenziehung aus allen vorhandenen Bohrungen und Brunnen im Bereich des Werkes und auch noch jenseits der Mur im Gebiet der KG Mellach. Nach einer bereits am 27. 1. 1968 gezogenen Vorprobe wurden vom 28. 1., 12 Uhr, bis 31. 1., 20 Uhr, die Proben alle 4 Stunden, am 1. und 2. 2. 1968 zweimal täglich und bis 9. 2. 1968 einmal täglich gezogen.

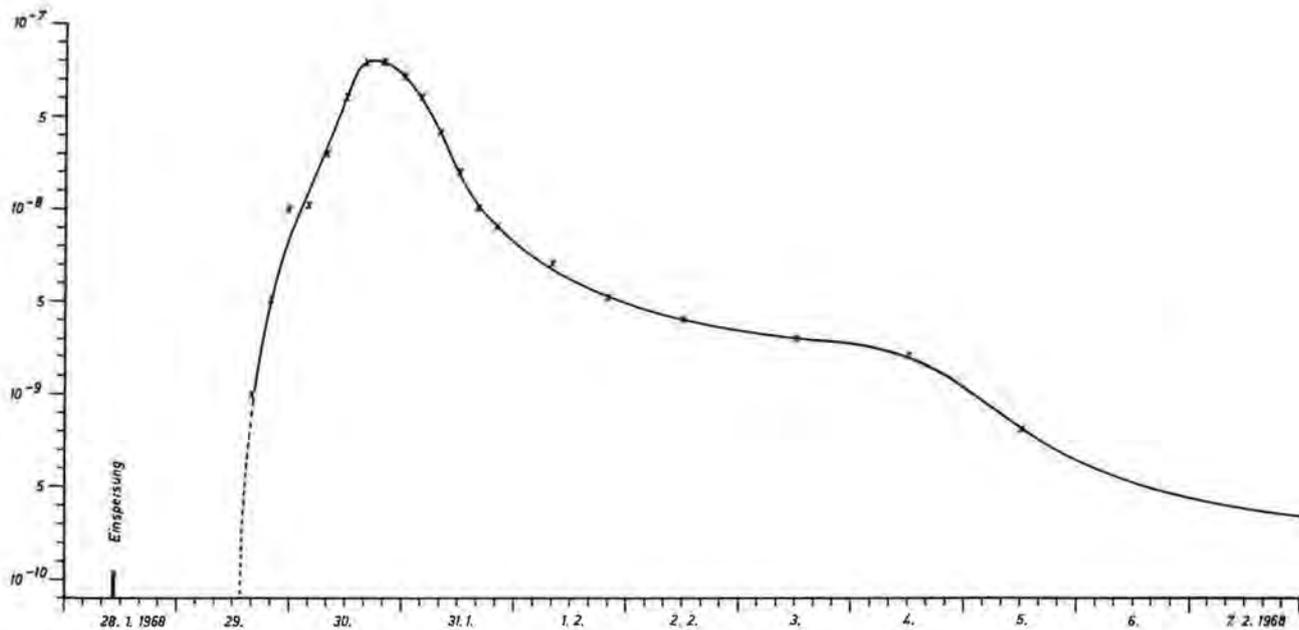


Fig. 6: Konzentration—Zeit-Kurve des Uranindurchganges in der Baugrube (nach J. ZÖRL, 1968).

Insgesamt wurden 766 Proben untersucht. Uraninpositiv waren nur die bei der Wasserhaltung in der Baugrube entnommenen Proben, alle anderen blieben negativ. In der Baugrube ergab sich eine klare Durchgangskurve des Farbstoffes (Fig. 6). Hier zeigte die Probe vom 29. 1. 1968, 16.30 Uhr, erstmals eine Uraninkonzentration von 10^{-9} . Bis 30. 1., 16.30 Uhr, stieg die Konzentration auf $8 \cdot 10^{-8}$. Die Grünfärbung des Wassers war zu dieser Zeit auch im Abflußgerinne zur Mure deutlich zu erkennen. Bis zum 4. 2. ging die Konzentration auf $2 \cdot 10^{-9}$ zurück, die letzte Probe vom 9. 2. zeigte nur mehr Spuren. Bis einschließlich 4. 2. 1968 wurden 1050 g, das sind 21% der eingesetzten Farbmenge, durch den Wasserauftrieb in der Baugrube wieder ausgebracht. Bei den gegebenen Verhältnissen muß mit einem Adsorptionsverlust von ca. 50% gerechnet werden. Der Rest dürfte im Einspeisungsbereich in höheren Schotter- und Sandpartien lagern, von wo er bei steigendem Grundwasser neuerdings ausgeschwemmt werden kann (J. ZÖRL, 1968).

Das Versuchsergebnis bewies eindeutig, daß durch die Wasserhaltung nicht nur das Grundwasser im quartären Schotterkörper unmittelbar um die Baugrube abgesenkt wurde, sondern durch zurückgreifende Karstschläuche 280 m grundwasserstromaufwärts im Bereich der Bohrung Z 15 Grundwasser abgezogen wurde, wodurch hier ein **sekundärer Grundwassertrichter** entstand. So wird auch der außergewöhnlich schnelle Farbdurchgang erklärlich. Auf eine Entfernung von 280 m erfolgte das erste Auftreten des Markierungsmittels in der Baugrube etwa 28 Stunden nach der Einspeisung, das Maximum des Durchganges trat 54 Stunden nach der Einspeisung auf. Das ergibt eine durchschnittliche Fließgeschwindigkeit von 5,2 m pro Stunde (10^{-3} m/s) bzw. ca. 120 m pro Tag.

Sicherlich ist die hohe Fließgeschwindigkeit hauptsächlich durch das Vorhandensein großlumiger Karstschläuche bedingt. Andererseits ist es aber unwahrscheinlich, daß die ausgewaschenen Klüfte im tertiären Untergrund nicht an vielen Stellen direkten Kontakt mit dem Grundwasser im quartären Schotterkörper haben. Daß das Wasser aber aus einzelnen Bereichen besonders stark abgezogen wird, ist ein Hinweis darauf, daß im quartären Schotterkörper Partien recht unterschiedlicher Korngröße und Durchlässigkeit vorliegen. So ist der eigenartige Verlauf der Hydroisohypsen wahrscheinlich ein Ausdruck des Zusammenwirkens von Karstwasserwegen in der tertiären Basis und örtlich verschiedener Durchlässigkeit des quartären Akkumulationskörpers. In dieses Bild paßt auch das Ergebnis der im April 1967 durchgeführten Messung der Grundwasserfließgeschwindigkeit westlich der Bohrung Z 10, die hier Werte von nur 3 m pro Tag ergab.

Literatur

- FLÜGEL, H.: Die jungquartäre Entwicklung des Grazer Feldes (Steiermark). Mitt. Österr. Geogr. Ges., 102, 1, Wien 1960.
- HILBER, V.: Taltreppe. Graz 1912.
- KOLLMANN, K.: Jungtertiär im Steirischen Becken. Mitt. Geol. Ges. Wien, 57, 2, Wien 1964.
- KOPETZKY, G.: Das Miozän zwischen Kainach und Laßnitz in Südweststeiermark. Mitt. Min. f. Bergbau, Geologie und Technik, 18, Graz 1957.
- SEELMEIER, H.: Baugeologie, Kühlwasserpumpenhaus. Unveröff. Gutachten, Graz 1967.
- STUNDL, K.: Untersuchung von Wasseraustritten und Brunnen. Unveröff. Gutachten, Graz 1967.
- ZÖRL, J.: Bericht über die Ergebnisse eines Färbeversuches. Unveröff. Gutachten, Graz 1968.

Summary

The Grazer Feld south of Graz-town is an area of young quaternary gravel terraces (Würm and Holocene), the thickness of which declines from some 30 m in the north to 6 up to 10 m in the south. The basis of the quaternary gravels consists of tertiary claystones in the northern and middle part of the Grazer Feld, in the south, however, of marls and limestones of the Tortonian.

In the course of the excavation for the construction of a pumping station for cooling water from the river in the south of the Grazer Feld (fig. 1), the quaternary gravels were excavated to the marl base. In the pumping, which is necessary for this, not only ground water flowed out of the gravel body, there was also an encroachment from shallow water-carrying karst tubes in the marl into the pit.

Observations of numerous boreholes and wells resulted—beside the cone of influence around the excavation — in a depression of the groundwater table in various wells situated in some distance, whereas the table in some near wells and boreholes remained uninfluenced. This led to the assumption that on pumping of larger quantities of water from the very shallow karst tubes in the marls, these tubes function as a sort of water pipe which is fed at the places of contact of the karst system with the groundwater body situated in the overlying gravels from this very body. Thus the groundwater body in the environment of these places of contact is more heavily influenced, and within a short time, secondary cones of influence occur, whereas other areas remain uninfluenced.

The correctness of this assumption was corroborated by a tracing experiment. The sodium fluorescein which was injected into a borehole reappeared only in the excavation. The groundwater in boreholes between the point of injection and the excavation, however, remained uninfluenced. The experiment showed an average flow velocity of 120 m a day between the point of injection and the excavation. As against this, the flow velocity of the groundwater in the gravel body of this area is only 3 m a day.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Hans NIEDERL, Leonhardgürtel 10, A-8011 Graz.