

Zur Hydrologie des Segeberger Kalkbergs

Von JÜRGEN HAGEL, Stuttgart

Wenn der Verfasser, ehemaliger Segeberger und dem Kalkberg eng verbunden, dem Naturschutzbeauftragten für eben diesen Kalkberg, EKKE W. GUENTHER, zu seinem Ehrentag einen Beitrag widmet, so kann dieser nur von dem Segeberger Gipsfelsen handeln, hatten doch die Gespräche, die der damalige Geographiestudent in den fünfziger Jahren mit dem Kieler Geologen führte, hauptsächlich diesen Berg zum Gegenstand. Und da es jetzt zudem 100 Jahre zurückliegt, daß am Kalkberg erste hydrologische Untersuchungen begonnen worden sind, und andererseits der Jubilar selbst hydrogeologisch gearbeitet hat — der Verfasser hörte bei ihm im Wintersemester 1951/52 die Vorlesung „Geologie des Grundwassers“ —, bietet sich gerade das gewählte Thema an.

*

Zum ersten Mal wurde die Frage nach den Wasserverhältnissen am Segeberger Kalkberg sicherlich im Mittelalter gestellt, als nämlich — wahrscheinlich im 12. Jahrhundert — der Brunnen der Siegebürg 146 Ellen (84,2 m) tief in das Gestein hinabgetrieben wurde. Der Brunnen wurde jedoch offenbar nur von Regenwasser gespeist, wengleich die überlieferten Wasserstände ungefähr in demselben Niveau lagen wie die Wasserspiegel in dem Bohrloch von 1868/69 und im Schacht I 1871, nämlich 1612 in etwa 33,6 m, 1828 in etwa 35,0 m und 1955 in etwa 34,2 m über NN. Die Angaben über Wasserstände und Salzgehalt sind jedoch recht spärlich (vgl. J. HAGEL 1955).

Die nächsten Nachrichten über Wasser im Kalkberggebiet verdanken wir dem Steiger J. O. SUNNE, der 1804—1807 etwa 30 m östlich des Berggipfels eine Bohrung niederbrachte. SUNNE berichtete nämlich, daß in dem bis zu einer Teufe von 86,41 m niedergetriebenen Bohrloch 56,81 m unter Wasser gebohrt wurde. Außerdem meldete er, daß aus 63 m Teufe gewonnene Proben nach dem Trocknen mit einer weißen Kruste überzogen waren, die nach Salz schmeckte. Zwar wurde das Wasser im Bohrloch von Zeit zu Zeit untersucht, aber „kein Zeichen von Salz daran gefunden“. Der Wasserspiegel im Bohrloch stand nach einer Zeichnung Sunnes etwa 3,1 m und bei Beendigung der Bohrung rund 2,5 m unter dem Spiegel des Kleinen Segeberger Sees (J. HAGEL 1956, S. 117, 120 und 1963). Nähere Angaben über Schwankungen des Wasserspiegels finden sich in den Bohrberichten jedoch nicht.

Eine neue Phase der Erforschung und Nutzung des Kalkbergs, in der die Wasserverhältnisse eine entscheidende Rolle spielten, begann mit der Übernahme Schleswig-Holsteins durch Preußen: Es wurde im Januar 1869 Salz erbohrt und daraufhin ein Salzbergwerk errichtet. Die beiden niedergebrachten Bergwerks-

schächte liefen jedoch voll Wasser, Schacht I 1871, Schacht II 1877. Die dadurch ausgelösten hydrologischen Untersuchungen lieferten umfangreiche Meßreihen, die jedoch bisher nicht veröffentlicht sind. Über einige wichtige Meßergebnisse und insbesondere über das Ersaufen des Schachtes I hat der Verfasser bereits 1963 und 1966 berichtet, doch konnten inzwischen dank dem Entgegenkommen des Oberbergamts Clausthal, dem auch hier dafür gedankt sei, weitere Akten des ehemaligen Salzbergwerks ausgewertet werden, so daß jetzt ausführlichere Angaben über die damaligen Messungen gemacht werden können. Soweit keine andere Quelle angegeben ist, sind die im folgenden wiedergegebenen Werte und Zitate den Akten des Oberbergamts Clausthal entnommen.

Bereits während der 1868/69 niedergebrachten Bohrung stieß man auf Wasser, das einen geringen Salzgehalt — maximal 3,5% — aufwies. Nach einem reichlichen Wasserzufluß (wohl Ende Juni 1868) stellte sich der Salzgehalt auf 2% ein. In 124,29 m Tiefe brach am 13. 8. 1868 Süßwasser in das Bohrloch ein, und der Wasserspiegel stieg bis auf eine Höhe etwa in der Mitte zwischen dem Spiegel des Großen und dem des Kleinen Segeberger Sees. Erst Anfang 1869 stieß man auf gesättigte Sole, bald darauf, am 14. Januar, in 147,74 m auf das gesuchte Salz (J. HAGEL 1963). Etwa 125,20 m des Bohrlochs waren von Wasser erfüllt, das einen Salzgehalt von 25% aufwies (Akte 2).

Beim Niederbringen des ersten Schachts traf man zwar wiederholt auf „Klüfte von geringer Ausdehnung“, aus denen mäßige, oft „mit Sand vermischte Wasserzugänge“ erfolgten, doch waren diese Klüfte stets bald entleert und blieben dann trocken. Auch die in etwa 82 m Teufe angefahrne Kluft, aus der am 23. September 1871 der verhängnisvolle Wassereinbruch erfolgte, war mit einer „harten und zähen, sandigen Masse“ ausgefüllt. Wann sie angefahren worden ist, ließ sich bisher nicht ermitteln. Diese Kluft war 12 Zoll (31 cm) lang und bis 2 Zoll (5,2 cm) weit, und die Sohle des Schachts (das „Gesenk“) befand sich zur Zeit des Wassereinbruchs bereits 5,7 m tiefer (= 87,73 m). Der Druck des Wassers war so stark, daß der Versuch, die Kluft durch Keile abzudichten, mißlang (vgl. die ausführliche Beschreibung bei J. HAGEL 1966). Der Zufluß betrug anfangs rund 9 m³/h. Es geht aus den Bergwerksakten nicht hervor, warum der Wassereinbruch nicht schon beim Anschlagen eben dieser Kluft erfolgt ist, d. h., warum die Masse, welche die Kluft plombierte, zunächst gehalten und erst später nachgegeben hat. Ein Zusammenhang mit den Wetterverhältnissen ist nicht auszuschließen, ist doch im September 1871 mit 135 mm erheblich mehr Niederschlag als im Mittel der Jahre 1871—1880 (84 mm) gefallen, obwohl die Gesamtsumme des Jahres 1871 mit 674 mm etwas unter dem Mittel der Jahre 1871—1880 (744 mm) lag (Quelle 4). Wetterkarten, die gerade über die betreffenden Tage nähere Auskunft geben könnten, liegen für diese Zeit leider nicht vor (Quelle 4), doch spricht der Segeberger Bergwerksdirektor DÖRELL in seinem Bericht vom 25. 9. 1871 über den Wasserzudrang von „dem eingetretenen, periodischen Regenwetter“ (J. HAGEL 1966, S. 88). Dieses Wetter könnte zu einem Ansteigen der in den Klüften enthaltenen Wassermassen geführt und dadurch den Druck erhöht haben, so daß die Füllung der erwähnten Kluft nachgegeben hat. Denkbar wäre auch, daß die Kluftfüllung, die ja im Schacht der Luft ausgesetzt war, etwas trockener geworden und damit geschrumpft ist, so daß sie vom Wasser herausgedrückt werden konnte.

Das am 23. 9. 1871 in den Schacht eingedrungene Wasser stieg in den ersten Tagen unvermindert an. Mit der Annäherung an das Niveau des Großen Segeberger Sees nahm die Steiggeschwindigkeit allmählich, dann mehr und mehr ab, bis am 7. 10. 1871 der höchste Stand erreicht war: 23,27 m unter der Hängebank = 5,05 m über dem Wasserspiegel des Großen und 3,88 m unter dem des Kleinen Segeberger Sees (Abb. 1). Die gleiche Höhe hatte auch das Wasser in dem 1868/69 niedergebrachten Bohrloch (vgl. Abb. S. 91 bei J. HAGEL 1966). Diesen Stand erreichte das Wasser nur noch am 21. 10. 1871 — einige Tage nach dem Abbrechen des ersten Abschöpfversuchs — mit 23,26 m, sonst aber nicht mehr, weil es später durch den Speisewasserstollen einen um einige Meter tiefer gelegenen Abfluß erhielt (Verhandlungsprotokoll vom 12. 9. 1878). Anfangs wies das Wasser keinen Salzgehalt auf. Auch während der ersten Versuche der Wasserförderung wurden keine hohen Salzgehalte festgestellt. So gab DÖRELL in einem Bericht von Ende März 1873 an, daß vom 11. bis 18. 2. 1872 Wasser gefördert und dabei am 14. 2., d. h. nach drei Tagen, ein Salzgehalt von 1% gemessen wurde; nach der Förderung vom 9.—11. 6. 1872 wurde ein Salzgehalt von $1\frac{1}{2}$ —2% ermittelt. Nach einem neuen, nur wenige Stunden dauernden Versuch am 29. 6. 1872, bei dem $1\frac{1}{2}$ —2% Salzgehalt gemessen wurden, stieg das Wasser ab 1. 7. rascher wieder an als früher. Bei neuerlicher Wasserförderung wurden dann am 2. 7. $6\frac{1}{2}$, am 3. 7. mittags $8\frac{1}{2}$, abends 10% Salzgehalt ermittelt, am 9. 7. 16%, und der Salzgehalt war am Gesenk ebenso groß wie der des abgepumpten Wassers. Der zu einem Gutachten aufgeforderte Prof. HÖRMANN/Berlin zog in seinem Bericht vom März 1873 daraus den Schluß, daß am 1. Juli 1872 ein Durchbruch von Salzwasser „durch eine jedenfalls sehr weite Kluft“ erfolgt sei und daß dieses Salzwassers mit dem Salzlager in Verbindung stehe. Es fiel ihm auf, daß der Wiederanstieg des Wassers nach dem Abbrechen der Pumpversuche seit dem 1. 7. 1872 zunächst rascher, dann aber langsamer als vorher erfolgte. Er nahm an, daß dieser Unterschied auf das Zudringen verschiedener Wassermassen zurückzuführen sei: zunächst — rascher — Zudrang von Salzwasser vom Salzlager her, dann — langsamer — Zustrom von Süßwasser aus dem „schwimmenden Gebirge“ (= stark wasserhaltiges Pleistozän) bzw. „dem etwas sumpfigen Grunde in der Umgebung des Gypsberges“.

Die Versuche, den Schacht mit Hilfe des Fördergefäßes leerzuschöpfen, scheiterten wegen der unzureichenden Ausrüstung. Es wurden deshalb die Maschinenanlage verbessert und Hubsätze verwendet und schließlich zwei Pumpensätze eingebaut. Doch es half alles nichts: Je tiefer man den Wasserspiegel im Schacht absenkte, desto langsamer kam man voran, bis schließlich ebenso viel Wasser zuströmte wie man zutage pumpte. Um Klarheit über die Herkunft des Wassers zu bekommen, wurden ab 26. Oktober 1872 gemessen:

der Stand des Hubzählers (zur Errechnung der abgepumpten Wassermenge)	2mal täglich
der Wasserstand im Schacht	2mal täglich
Temperatur und Salzgehalt am Wasserspiegel im Schacht . .	2mal täglich
die Lufttemperatur	4mal täglich
die Wassertemperatur des Großen Sees	1mal täglich
die Wassertemperatur in der Trave unterhalb der Wassermühle und der Lohgerberwerkstätte	1mal täglich

Nach den von Berginspektor DÖRELL danach aufgestellten und regelmäßig an das Oberbergamt übersandten Tabellen wurde Abb. 1 gezeichnet und für den September 1871 sowie für die Zeit nach Mitte Januar 1873, für die solche Tabellen fehlen, durch eine ähnliche Darstellung von Prof. HÖRMANN (Bericht vom März 1873), die auch die Wassertemperaturen des Großen und des Kleinen Segeberger Sees, nicht aber die abgepumpten Mengen enthält, ergänzt.

Die obere Kurve in Abb. 1 zeigt die Wasserstände im Schacht I, die jeweils um 6 und um 18 Uhr von der Hängebank (= 0 m) aus gemessen worden sind. (Die gesamte Schachttiefe betrug 87,73 m; die unteren rd. 30 m sind in Abb. 1 weggelassen.) Darunter sind die abgepumpten Wassermengen aufgetragen, die jeweils um 12 Uhr bestimmt worden sind. Ein Vergleich beider Darstellungen zeigt, daß das Abpumpen des Wassers nur bis zu einem bestimmten Niveau, nämlich bis maximal 46,48 m am 7. 12. 1872, d. h. bis etwa 18 m unter den Spiegel des Großen Segeberger Sees Erfolg brachte. Auch alle Versuche, die auf $4\text{ m}^3/\text{min}$ bezifferte Pumpleistung zu steigern, zeitigten kein besseres Ergebnis. Der Wasserzudrang zum Schacht erreichte am 10.—12. 1. 1873 den Höchstwert von $4,0415\text{ m}^3/\text{min}$ (Bericht DÖRELLS Ende März 1873). Gelegentlich war er sogar größer als die abgepumpte Menge, so daß der Wasserspiegel trotz unverminderter oder sogar erhöhter Pumpleistung stieg. Dies war z. B. am 30. 10., am 3. und 21. 12. sowie insbesondere — trotz verstärkten Abpumpens — am 1.—6. 11. 1872 der Fall. Am 5./6. 1. 1873 wurde mit 5900 m^3 in 24 Stunden die höchste Pumpleistung überhaupt erzielt; trotzdem stieg das Wasser um 64 cm. In seinem Bericht vom 9. 1. 1873 schrieb DÖRELL, dies sei nicht anders zu erklären, „als daß durch die eingetretenen, periodischen, starken Regengüsse, sowie durch das Aufthauen des Schnees größere Wassermengen angesammelt, und dem Schacht zugezungen sind, die Abnahme des Salzgehalts dann veranlaßt haben, und schließlich erst weggepumpt werden mußten, was durch den günstigen Einfluß des trockenen Wetters noch wesentlich gefördert ist.“ In der Nacht vom 6. zum 7. 1. stieg nämlich der Salzgehalt plötzlich auf 21%, und der Wasserspiegel konnte in 12 Stunden um 13 cm gesenkt werden. Ebenso werden für den 7. 12. 1872, als der Wasserspiegel im Schacht nach der tiefsten Absenkung auf 46,48 m plötzlich wieder stieg, „ungestüme, regnerische Wetter“ erwähnt. Schließlich geht aus den vorliegenden Berichten hervor, daß sich am Boden des Schachtes Schlamm absetzte.

Ein Vergleich der Wasserstands- und der Salzgehaltskurve läßt erkennen, daß der Salzgehalt des Wassers im Schacht zunahm, sobald Wasser abgepumpt wurde, aber wieder zurückging, wenn das Pumpen unterbrochen wurde. Dies gilt nach dem Bericht HÖRMANN'S (März 1873) nicht allein für die Oberfläche, sondern auch für das Wasser im Gesenk. Der Sachverhalt kann damit erklärt werden, daß sich versickerndes Regen- oder Schmelzwasser über das salzigere Wasser schichtete und beim Pumpen als erstes gefördert wurde, daß dann aber salzigeres Wasser nachströmte. Ähnliche Beobachtungen beschreibt W. CARLÉ (S. 112—113) vom Haalbrunnen in Schwäbisch Hall. Das Vorhandensein einer solchen Schichtung wird überdies durch Tab. 2 belegt. Den niedrigsten Salzgehalt hatte das Wasser in Schacht I während der in Abb. 1 dargestellten Zeit zu Pumpbeginn (26. 10. 1872 mit $\frac{3}{4}$ %) und nach Pumpende am 18. 2. 1873 mit 0,5%. Am 22. und 27. 11. 1872 waren es 3%. Die höchsten Salzkonzentrationen

nen wurden am 7.—8. 12. 1872 mit 23% sowie am 24. 12. 1873 und 7. 1. 1873 mit 22,5%, und zwar jeweils nach längerem Abpumpen, verzeichnet.

Die Temperaturkurve zeigt beim Abpumpen jeweils einen geringen Anstieg, beim Ansteigen des Wassers im Schacht dagegen jeweils einen geringen Rückgang. Hier ist ebenfalls an eine Überschichtung durch kaltes Niederschlags- oder Schmelzwasser zu denken, doch ist auch zu berücksichtigen, daß Wasser, das — wie die Sole vom Salzlager — aus größerer Tiefe zuströmt, eine etwas höhere Temperatur hat. In der Regel zeigte auch das salzreichere Wasser eine höhere Temperatur als das salzärmere (vgl. auch Tab. 3). Die Höchstwerte wurden am 23. und 24. 12. 1872 mit $11^{\circ}\text{R} = 13,7^{\circ}\text{C}$ gemessen, die Tiefstwerte am 1. 2. 1873 mit $6^{\circ}\text{R} = 7,5^{\circ}\text{C}$ und am 17. 12. 1872 mit $7^{\circ}\text{R} = 8,8^{\circ}\text{C}$. Mit Hilfe der Temperatur versuchte HÖRMANN übrigens zu belegen, daß das Salzwasser von dem in 148 m Tiefe erbohrten Salzlager kommt. Nimmt man nämlich, so argumentierte er, als Jahresdurchschnittstemperatur $7,5^{\circ}\text{R}$ (= Wert für Hamburg = $9,4^{\circ}\text{C}$) und eine Zunahme um 1 Grad Réaumur (= 0,8 Grad Celsius) je 30 m Tiefe an, so muß Sole von $11,5^{\circ}\text{R}$ aus mindestens 117,6 m Tiefe kommen. Da beim Zuströmen zum Schacht (= Aufsteigen) eine Abkühlung erfolgt, ist sogar eine noch größere Herkunftstiefe anzunehmen. Für 149 m errechnete HÖRMANN $12,1^{\circ}\text{R}$.

Die Temperaturänderungen zeigen keine Übereinstimmung mit denen des Großen Sees, des Kleinen Sees und der Luft. Sie sind sowohl in den ersten Dezembertagen als auch um den 20. und um den 31. 12. 1872 sogar gegenläufig zu den Schwankungen in den beiden Seen. Das Wasser im Schacht ist demnach von diesen beiden Wasserkörpern unabhängig. Darauf weisen auch zwei Mitteilungen DÖRELLS hin, wonach an den zwei Pegeln, die man im Kleinen Segeberger See angebracht hatte, zur Zeit des Wassereinbruchs in Schacht I und an den Tagen danach keine wesentliche Veränderung des Wasserstandes festgestellt werden konnte (s. J. HAGEL 1966, S. 88, und Telegramm DÖRELLS vom 26. 9. 1871).

Während man noch mit dem Wasser im Schacht kämpfte, lief auch der an der Ostseite des Steinbruchs durch den Gips geschlagene Stollen voll, der durch eine Wasserleitung Speisewasser vom Großen See zum Kesselhaus heranführen sollte (vgl. J. HAGEL 1963). Aus einer sandigen Schicht floß süßes Wasser in den Stollen. Dabei änderte sich der Wasserstand im Bergwerksschacht nicht. Bemerkenswert ist, daß aus einer Kluft im Anhydrit nahe über der Sohle des Stollens stets dann Wasser eindrang, wenn der Wasserspiegel im Schacht eine bestimmte Höhe erreichte (so am 23. 11. und 13. 12. 1872), daß der Zufluß aber aufhörte und der Stollen wieder trockenfiel, wenn aus dem Schacht abgepumpt wurde (so am 28. 11. 1872 lt. Bericht vom 22. 12. 1872). Es muß also eine Verbindung zum Schacht bestanden haben. Übrigens berichtete DÖRELL am 9. 1. 1873, daß beim Bau des Stollens im Gips eine Schlotte von ziemlicher Größe getroffen worden sei, „in welcher horizontal abgelagerte Thonschichten von geringer Mächtigkeit den Niederschlag aus Wasser deutlich erkennen ließen“. Eine ähnliche Schichtung ist gegenwärtig in der Kalkberghöhle nahe der Wendeltreppe freigelegt; dort hat EKKE W. GUENTHER im Winter 1955/56 für das Geologische Institut in Kiel einen Lackfilm aufgenommen.

Da das völlige Leerpumpen des Schachtes nicht gelang und dieser für den Einbau größerer Pumpsätze zu eng war, begann man im Jahre 1873, einen zweiten Schacht abzuteufen und eine große Wasserhaltungsmaschine aufzustellen (vgl.

W. RIEHN und C. MEINICKE 1875). Beide Schächte waren von Rand zu Rand etwa 18,5 m und mit ihren Mittelpunkten 23,5 m voneinander entfernt. Auch für den zweiten Schacht hat man durchaus mit einem Wassereinbruch gerechnet. So schrieb der Oberberghauptmann KRUG von Nidda (Berlin) am 12. 12. 1876 an das Oberbergamt, es bestehe, da die Sohle des Schachtes II Ende November bereits 73 m unter dem Wasserspiegel des Schachtes I gelegen habe, Anlaß zu der Besorgnis, daß plötzlich ein Wasserdurchbruch nach Schacht II eintreten „und die daselbst beschäftigten Arbeiter gefährden möchte“. Es wurden daher besondere Vorsichtsmaßnahmen angeordnet. Man hoffte jedoch, den erwarteten Wasserzudrang mit Hilfe der neuen großen Maschine bewältigen zu können.

Tabelle 1
Veränderungen der Wasserstände nach dem Einbruch des Wassers
im Schacht II in Segeberg

Datum	Uhrzeit	Wasserstand unter der Hängebank ¹⁾ in		Bemerkungen
		Schacht II	Schacht I	
23. 3. 1877	23 Uhr	91,70 m	30,83 m	(erste Messung)
	24 Uhr	87,25 m	31,20 m	
24. 3. 1877	1 Uhr	81,05 m	31,72 m	(ab hier gekürzte Wiedergabe)
	2 Uhr	75,25 m	31,53 m	
	3 Uhr	72,00 m	31,30 m	
	4 Uhr	68,50 m	31,26 m	
	5 Uhr	65,55 m	31,26 m	
	6 Uhr	61,60 m	31,06 m	
	7 Uhr	57,80 m	30,46 m	
	8 Uhr	54,90 m	29,91 m	
	9 Uhr	51,40 m	29,81 m	
	10 Uhr	48,05 m	29,81 m	
	11 Uhr	44,72 m	29,81 m	
	12 Uhr	42,40 m	29,80 m	
	15 Uhr	34,90 m	29,52 m	Salzgehalt 3% (letzte Messung in Schacht I)
	17 Uhr	32,07 m	29,29 m	
	19 Uhr	31,24 m	29,20 m	
25. 3. 1877	19 Uhr	30,24 m	*	Salzgehalt am Wasserspiegel in Schacht II 4%, im abgepumpten Wasser $5\frac{1}{2}\%$
27. 3. 1877	7 Uhr	29,86 m	.	
21. 4. 1877	10 Uhr	29,50 m	.	

¹⁾ Die Hängebank von Schacht II lag 10,8 cm höher als die von Schacht I.

Die Angaben entstammen einer für 1877 aufgestellten Tabelle, die in Akte 1, Vol. V (1878) bei Brief Nr. 2584 abgelegt ist.

Das erste Wasser in Schacht II wurde bei 115,95 m Tiefe angetroffen. Beim Niederschlagen eines Bohrlochs für den Sprengsatz spritzte ein Wasserstrahl, der viel Sand und 8,5% Salz enthielt, etwa 2 m hoch heraus, doch verstopfte der mitgerissene Sand das Loch von selbst. Beim Ausräumen des Bohrlochs wiederholte sich der Vorgang noch einmal. Dann wurde das Loch mit einem Holzpflock verstopft (Bericht DÖRELLS vom 16. 1. 1877), und sicherheitshalber wurden vor weiterem Abteufen erst zwei Pumpsätze eingebaut. Am 21. 3. 1877

begann man ein neues Sprengloch zu bohren. Nach etwa 12 cm stieß man auf eine zähe, tonige Masse, aus der bald Wasser empordrang, doch versiegte das Wasser nach kurzer Zeit von selbst. Bei einem neuen Versuch am 23. 3. 1877 bohrte man wiederum zähen schwarzen Ton an, ohne daß jedoch Wasser austrat. Erst etwas später begann Wasser aus dem Bohrloch zu fließen, zunächst allmählich, dann etwas stärker. Eine Abdichtung des Lochs war nicht möglich. Deshalb setzte man sogleich die Pumpanlage in Betrieb, doch fiel diese nach wenigen Umdrehungen wegen eines technischen Fehlers aus (Bericht DÖRELLS vom 24. 3. 1877). Das Wasser stieg, während der Wasserspiegel in Schacht I etwas schwankte (Tab. 1). Mit 61 mm lag der März-Niederschlag zwar etwas über dem Durchschnitt von 1871—1880 (= 51 mm) (Quelle 4), doch sind in den Berichten DÖRELLS diesmal keine Hinweise auf ungünstige Witterungsverhältnisse enthalten.

Besonders deutlich wurde der Zusammenhang zwischen den beiden Schächten im Frühjahr 1878, als lediglich in Schacht II gepumpt wurde. Die dabei in beiden Schächten gemessenen Werte sind für ein Beispiel in Abb. 2 dargestellt, der die tabellarischen Übersichten des Beginspektors DÖRELL zugrunde liegen. Sie lassen erkennen, daß sich — wie auch sonst bei Pumpbeginn — Salzgehalt und Temperatur sehr rasch neu einstellten und dann pendelten. Auch am 18. 1. 1878 zeigte sich der Zusammenhang zwischen beiden Schächten: Als die Pumpanlage auf Schacht II stillgelegt werden mußte, stieg das Wasser nicht nur in diesem, sondern auch im 1. Schacht, obwohl die Wasserförderung dort erheblich verstärkt wurde, von etwa 45,90 m auf 41,40 m am 19. 1. 1878 abends. Ähnliches hatte sich im Mai 1873 beim Bohrloch gezeigt: Wurde in Schacht I gepumpt, so sank auch der Wasserspiegel im Bohrloch, wenn auch langsamer als im Schacht, und nach Beendigung des Pumpens stieg er langsamer als der im Schacht, lag aber immer höher als dieser.

Erfolg schien ein Abpumpversuch am 15. 5. 1877 zu bringen, als der Wasserspiegel in Schacht II in wenigen Stunden bis auf 87,60 m unter die Hängebank heruntergezogen werden konnte. Ein Schaden am oberen Hubsatz unterbrach die Arbeit. Bei einem weiteren Versuch am 23./24. 5. 1877 konnte das Wasser in 8,5 Stunden von 32,20 m bis auf 87 m abgesenkt werden. Wiederum trat ein Schaden auf, und das Wasser stieg wieder, doch noch am 24. 5. begann der nächste Versuch. Diesmal konnte der Wasserspiegel zwischen 12 und 24 Uhr nur noch bis auf 60,20 m hinabgezogen werden. „Dann aber muß der Hauptdurchbruch der Soole stattgefunden haben, denn trotz des angestrengtesten Pumpenbetriebes fand von dieser Zeit an ein beständiger Wasseraufgang bis auf etwa 42 m Tiefe unter Tage statt, und es ist seitdem noch nicht wieder gelungen, den Wasserspiegel unter 46 m Tiefe herunterzuziehen“ (Bericht DÖRELLS vom 10. 5. 1878 und Tabellen für 1877). Außerdem stieg der Salzgehalt stark an.

Wegen technischer Mängel wurde ein großer Teil des Jahres 1877 mit der Aus- und Verbesserung der Maschinenanlage verbracht. Erst am 7. 1. 1878 konnte auf Schacht I und am 10. 1. 1878 auf Schacht II mit dem Abpumpen in größerem Ausmaß begonnen werden. Die Wasserstände wurden viermal, Temperaturen und Salzgehalte dreimal täglich ermittelt und tabellarisch zusammengestellt. Mit dem Abpumpen in Schacht I sank auch der Wasserspiegel in Schacht II bis auf 32,70 m am 9. 1. abends (Schacht I: 38,23 m). Wieder stiegen Temperatur und Salzgehalt mit Beginn des Pumpens rasch an, und zwar sowohl am Wasser-

Tabelle 2
Temperaturen und Salzgehalte in verschiedenen Tiefen der
Segeberger Bergwerksschächte¹

1. 3. 1878 18 Uhr Abpumpen morgens eingestellt						7. 3. 1878 6 Uhr Abpumpen seit 1. 3. eingestellt					
Schacht I			Schacht II			Schacht I			Schacht II		
Tiefe	°R	Salz %	Tiefe	°R	Salz %	Tiefe	°R	Salz %	Tiefe	°R	Salz %
40,96	7,80	6,75	36,10	9,75	3,00	35,78	6,10	0,00	31,42	8,10	1,50
						40,00	6,20	0,60	40,00	8,10	1,50
						45,00	6,75	6,50			
50,00	9,90	18,75	50,00	10,25	3,50	50,00	8,50	14,25	50,00	8,60	1,80
60,00	10,40	21,75	60,00	10,25	3,50	60,00	8,50	14,00	60,00	9,10	2,50
70,00	10,40	22,00	70,00	10,30	3,50	67,00	8,40	14,50	70,00	9,10	2,75
			80,00	10,40	3,50				80,00	9,30	3,00
			90,00	10,60	21,00				90,00	9,50	3,00
									95,00	9,30	3,60
			100,00	10,60	22,25				100,00	9,40	16,75
			115,00	10,60	22,25				115,00	8,75	18,00

20. 4. 1878 6,28 bzw. 7,30 Uhr Abpumpen seit 16. 4. eingestellt						14. 8. 1878 6,12 bzw. 6,37 Uhr Abpumpen seit 13. 7. eingestellt					
Schacht I			Schacht II			Schacht I			Schacht II		
Tiefe	°R	Salz %	Tiefe	°R	Salz %	Tiefe	°R	Salz %	Tiefe	°R	Salz %
						28,75	8,75	0,50			
						30,00	9,10	0,60	29,08	9,25	1,30
37,40	7,30	2,00	34,30	8,80	1,50				35,00	9,25	0,60
40,00	8,25	6,10	40,00	8,90	1,50	40,00	9,10	0,60	40,00	9,30	0,80
45,00	9,50	15,00									
50,00	9,40	15,00	50,00	9,00	1,75	50,00	9,10	0,60	50,00	9,40	0,80
55,00	9,50	15,40				55,00	9,10	0,70			
60,00	9,25	15,40	60,00	9,25	3,80	60,00	9,20	0,80	60,00	9,40	0,80
67,00	9,00	15,40	65,00	9,60	9,60	67,00	9,25	1,00			
			70,00	9,75	12,00				70,00	9,50	0,80
			80,00	10,10	14,50				80,00	9,60	0,90
			90,00	10,30	15,00				90,00	9,75	0,90
			100,00	10,40	15,00				100,00	9,80	0,90
			105,00	10,60	19,75				105,00	9,80	1,00
			110,00	10,50	19,00				110,00	9,90	1,30
			115,00	10,50	19,25				115,00	9,90	1,00

¹) Die Tiefen sind von den Hängebänken aus gemessen. Die Hängebank von Schacht II lag 10,8 cm höher als die von Schacht I. Die geringste Tiefenangabe bezeichnet den Wasserstand. 1 Grad Réaumur = 1,25 Grad Celsius.

spiegel als auch nahe über der Schachtsohle, wo jetzt das Wasser abgepumpt wurde, doch im gepumpten Wasser rascher als am Wasserspiegel. Im allgemeinen waren Temperatur und Salzgehalt in der Tiefe höher als am Wasserspiegel (vgl. Tab. 2). Eine derartige Schichtung wurde übrigens auch am 7. 4. 1954 festgestellt, als die aus dem Soleschacht, dem ehemaligen Schacht I, geförderte Sole aus 40 m Tiefe 0,52%, aus 70 m 7,4% und aus 120 m 14% Salzgehalt aufwies (Quelle 5). Daß der Sprung zur starken Konzentration in beiden Schächten in verschiedener Tiefe erfolgt (Tab. 2, 1. 3. 1878), dürfte auf die unterschiedliche Lage der Pumpensätze zurückzuführen sein. Mußte das Pumpen wegen aufgetretener Defekte

unterbrochen werden, so stieg der Wasserspiegel wieder und nahmen Temperatur und Salzgehalt ab. Gelegentlich zeigen — wahrscheinlich infolge von Niederschlägen — auch Temperatur und Salzgehalt am Wasserspiegel Schwankungen. Im Mai 1878 führte die nachströmende Sole Sand in den Schacht II oder zeigte sich schmutzig und trübe. Auch wird um dieselbe Zeit von vielen Gasbläschen in der Sole berichtet, doch liegt eine Analyse derselben nicht vor.

Trotz der stärkeren Maschinenanlage und trotz gleichzeitiger Wasserförderung auf beiden Schächten — zusammen bis $9 \text{ m}^3/\text{min}$ — gelang es nicht, den Wasserspiegel unter ein bestimmtes Niveau abzusenken, und trotz fortgesetzten Pumpens stieg der Wasserspiegel zwischendurch auch immer wieder einmal etwas an. Gegenüber den für Schacht I geschilderten Verhältnisse ergaben sich auch sonst keine wesentlichen Abweichungen. Deshalb kann hier auf eine ausführlichere Beschreibung verzichtet werden, doch seien in Tab. 3 einige Extremwerte mitgeteilt. Berücksichtigt man den Höhenunterschied der beiden Hängebänke, dann lagen die Wasserspiegel in beiden Schächten vor Pumpbeginn am 7. 1. 1878 gleich hoch, nämlich etwa $0,60 \text{ m}$ über dem Spiegel des Großen Segeberger Sees; das Wasser konnte nicht höher steigen, weil es über den Speisewasserstollen einen Abfluß fand.

Am 13. 7. 1878 wurde der Pumpbetrieb ganz eingestellt. Der Wasserspiegel stieg bis Anfang Oktober in Schacht I bis auf $27,67 \text{ m}$, in Schacht II auf $28,12 \text{ m}$ unter der Hängebank; die Salzgehalte an der Schachtsohle gingen bis auf $0,25\%$ in Schacht I (16. 9. 1878) und $0,90\%$ in Schacht II (19. 8. 1878) zurück und pendelten dann etwas über diesen Werten (z. B. in Schacht II in 115 m Tiefe am 4. 9. 1878 $1,5\%$, am 7. 9. 1878 $3,0\%$ — vgl. Tab. 2). Dennoch hat man weiter

Tabelle 3
Extremwerte während der Messungen im 1. Halbjahr 1878

	Schacht I		Schacht II	
Größte abgepumpte Wassermenge in $\text{m}^3/24 \text{ h}$	4 194,06	28. 2. 78	9 063,08	7. 2. 78
höchster Wasserstand ¹⁾	27,63 m	7. 1. 78 ²⁾	27,73 m	7. 1. 78 ²⁾
tiefster Wasserstand ¹⁾	47,00 m	15. 1. 78	46,20 m	13. 4. 78
Höchste Wassertemperatur am Wasserspiegel	9,0°R	28. 1. 78	10,5°R	28. 2. 78
im abgepumpten Wasser	11,1°R	28. 2. 78	11,3°R	25. 2. 78
Niedrigste Wassertemperatur am Wasserspiegel	2,75°R	1. 2. 78	6,75°R	10. 1. 78
im abgepumpten Wasser	3,4°R	3. 2. 78 ³⁾	4,5°R	3. 4. 78
Höchster Salzgehalt am Wasserspiegel	22,0%	18. 1. 78	17,9%	6. 4. 78
im abgepumpten Wasser	24,0%	16. 1. 78	24,0%	17. 1. 78
geringster Salzgehalt am Wasserspiegel	0,0%	9. 1. 78	1,5%	10. 1. 78 ²⁾
im abgepumpten Wasser	2,0%	7. 1. 78	0,25%	3. 4. 78 ²⁾

1) Jeweils von der Hängebank aus gemessen. Die Hängebank von Schacht II lag $10,8 \text{ cm}$ höher als die von Schacht I.

2) Vor Pumpbeginn

3) Temperatur am Wasserspiegel $4,6^\circ\text{R}$

Zur Umrechnung: $1 \text{ Grad Réaumur} = 1,25 \text{ Grad Celsius}$

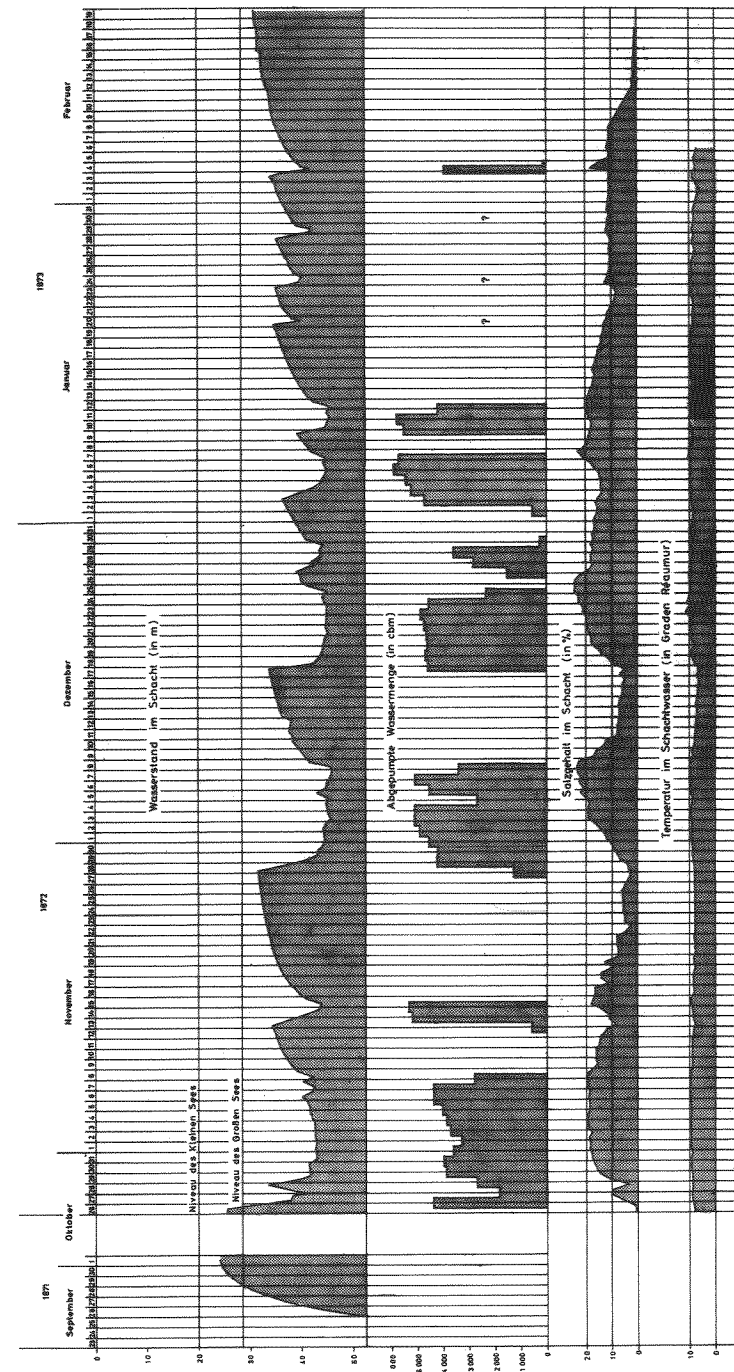


Abb. 1:
Auswirkungen des Abpumpens auf Wasserstand, Salzgehalt und Wassertemperatur im Schacht I des Segeberger Salzbergwerks Ende 1872 / Anfang 1873. Abgeänderte Darstellung in Anlehnung an eine Zeichnung aus dem Hörmann-Gutachten von 1873. Nähere Einzelheiten im Text. Umrechnung: $8^\circ\text{R} = 10^\circ\text{C}$.

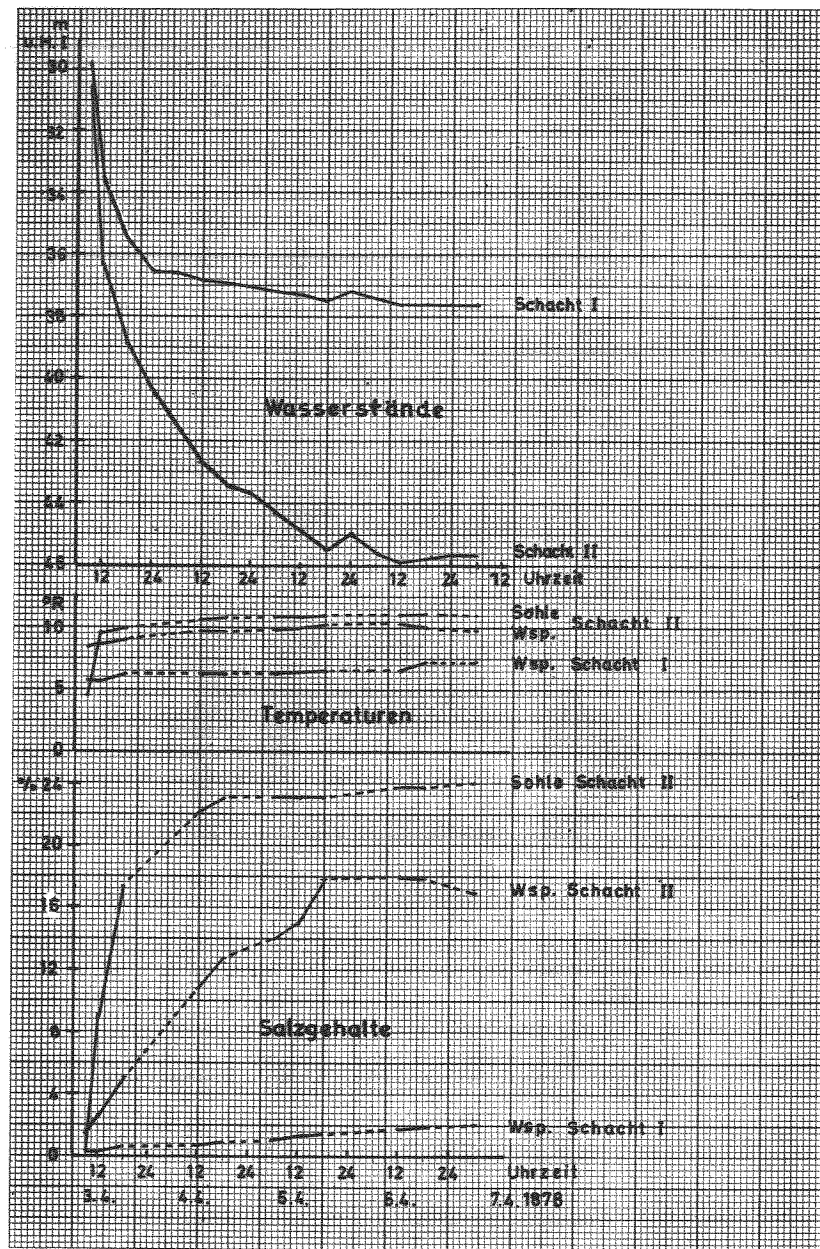


Abb. 2:

Auswirkungen des Abpumpens in Schacht II auf die Wasserverhältnisse in beiden Segeberger Bergwerksschächten. Die Darstellung beginnt am 3. 4. 1878 vor dem Abpumpen. Temperaturen und Salzgehalte wurden nachts nicht gemessen. Über den Anstieg beider Wasserstände am 5. 4. 1878 um 24 Uhr liegen keine näheren Angaben vor; wahrscheinlich ist um diese Zeit Niederschlag gefallen. Vergleiche auch die Angaben im Text. Abkürzungen: u.H.I. = unter Hängebank I (die auf die Hängebank von Schacht II bezogenen Tiefenangaben sind entsprechend umgerechnet); Wsp. = Wasserspiegel. Umrechnung: $8^{\circ}\text{R} = 10^{\circ}\text{C}$, $1 \text{ Grad Réaumur} \equiv 1,25 \text{ Grad Celsius}$.

überlegt, ob die Salzgewinnung nicht doch noch in irgendeiner Form ermöglicht werden könnte. Es gelang auch — was in der Literatur bisher nicht erwähnt ist —, beide Schächte abzudichten und leerzupumpen (Akten 1 und 3). Die Marktlage hatte sich aber inzwischen erheblich verschlechtert, und es waren auch wirtschaftliche Überlegungen, die schließlich zum Aufgeben des Projektes führten. Es sei aber noch erwähnt, daß in dem auf der Sohle mit Beton abgedichteten Schacht I im Jahre 1879 noch eine Bohrung niedergebracht wurde. 85,60 m unter der Hängebank — also oberhalb der alten Sohle (87,73 m) — erfolgte ein heftiger Wasserzudrang, der beträchtliche Sandmassen mitführte und die Röhrentour bis 77 m unter Tage mit Sand auffüllte. Möglicherweise handelt es sich um Sand, der während des Abpumpens in den früheren Jahren von dem nachströmenden Wasser herangeführt worden ist. Auch im Verlauf der weiteren Bohrung wurden im Anhydrit Sand und Ton angetroffen.

Einem Vorschlag E. W. GUENTHERS folgend, haben der Pumpenwärter A. Tödt und der Verfasser in der Zeit vom 20. Mai bis 10. Dezember 1951 teils allein, teils gemeinsam im Solepumpenschacht, dem ehemaligen Schacht I, Lotungen vorgenommen. Es sollte die Höhenlage des Wasserspiegels ermittelt und darüber hinaus festgestellt werden, ob sich der Wasserstand beim Abpumpen der Sole verändert. (Die Meßergebnisse aus der Bergwerkszeit waren damals, da nicht publiziert, noch nicht bekannt.) Das Abpumpen der Sole erfolgte nur an einzelnen Tagen. Meist wurde 24 Stunden lang gepumpt und dabei $259,2 \text{ m}^3$, d. h. $0,18 \text{ m}^3/\text{min}$, maximal in 28,5 Std. $307,8 \text{ m}^3$ gefördert. Das wirkte sich auf den Wasserstand nicht aus, im Gegenteil: bei Regen stieg dieser trotz Abpumpens sogar an, so z. B. am 10. 8. 1951, als er nach starken Niederschlägen mit $31,68 \text{ m} + \text{NN}$ einen Höchststand erreichte. Ab Ende Oktober wurden die Lotungen täglich vorgenommen, um die Auswirkungen des ersten Regens nach der seit 27. 9. anhaltenden Trockenheit bestimmen zu können. Gegen Ende der Trockenperiode erreichte er am 29. 10. 1951 mit $31,36 \text{ m} + \text{NN}$ seinen tiefsten Stand. Auf die ersten Niederschläge reagierte er mit geringen Schwankungen, und nach heftiger gewordenen Regenfällen erreichte er am 25. 11. 1951 mit $32,04 \text{ m} + \text{NN}$ den höchsten gemessenen Stand. Ein Vergleich mit den von der Wetterstation (B-Station) der Imkerschule Bad Segeberg gemessenen Niederschlagswerten ergab, daß der Wasserspiegel um ein Mehrfaches des Niederschlages steigen kann. Das kann damit erklärt werden, daß die Klüfte, in denen sich das Wasser sammelt, nur einen Bruchteil der Fläche einnehmen, auf welcher der Niederschlag fällt. Die während eines Regens vorgenommenen Lotungen zeigten einen höheren Stand als diejenigen vor und nach dem Niederschlag. Es erfolgt also nach dem Regen auch wieder ein rascher Ausgleich. Der Grund hierfür dürfte in der Klüftigkeit des Untergrundes zu suchen sein. Zum Vergleich der Höhenangaben sei erwähnt, daß der Wasserspiegel des Großen Segeberger Sees heute in $28,9 \text{ m}$, der des Kleinen Segeberger Sees in $37,9 \text{ m} + \text{NN}$ liegt.

J. KAMRATH (Stadtverwaltung Bad Segeberg) lotete im Januar bis November 1962 wöchentlich die Wasserstände sowohl im Solepumpenschacht als auch in einem Bohrloch bei dem erwähnten Aufschluß in der Kalkberghöhle nahe der Wendeltreppe. Beide Punkte sind rund 150 m voneinander entfernt. KAMRATH fand im Soleschacht Wasserstände zwischen $30,55$ und $31,63 \text{ m} + \text{NN}$, in der Höhle solche zwischen $31,72$ und $32,72 \text{ m} + \text{NN}$. Bei den Messungen fielen die Unterschiede in der Höhenlage der Wasserstände auf: der geringste Unter-

schied betrug 81 cm (14. 1. 1962), der größte 1,48 m (25. 11. 1962). Allerdings hatten auch die Wasserstände in den beiden Bergwerksschächten nach längeren Pumpausen nicht das gleiche Niveau — die Angaben in Tab. 2 für den 7. 1. 1878 sind eine Ausnahme —, doch waren die Unterschiede nicht so groß. Sie betruhen z. B. in der ersten Oktoberhälfte 1878, als die Wasserspiegel tagelang den gleichen Stand einhielten, 34 cm. Ferner erschien 1962 bemerkenswert, daß sich die Wasserstände im Januar bis März zwar unterschiedlich, aber gleichsinnig, im Juni bis August und im November dagegen deutlich gegenläufig änderten. Auch fallen die Maxima beider Meßreihen nicht zusammen (Höhle: 18. 2. 1962 mit 32,72 m, Soleschacht: 28. 1. 1962 mit 31,63 m) doch wurden die Tiefststände an beiden Stellen am 9. 9. 62 mit 31,72 m bzw. 30,55 m verzeichnet. Die Erfahrungen von 1951 zeigen allerdings, daß der Wasserstand schon innerhalb weniger Tage erheblich schwanken kann, z. B. vom 25. 11. 1951 mit 32,04 m auf 31,54 m am 27. 11. 1951. Damit erweisen sich Meßabstände von einer Woche als zu groß.

Zusammenfassung

1. Alle überlieferten, nicht durch Abpumpen beeinflussten Wasserstände im Kalkbergbereich liegen zwischen den Wasserspiegeln der beiden Segeberger Seen. Ein Zusammenhang mit diesen scheint heute nicht zu bestehen.

2. Bei den Wassereinbrüchen strömte zunächst Süß- oder nur salzarmes Wasser zu. Ein Zufluß stärkerer Sole setzte erst mit verstärktem Wasserzudrang ein, d. h., das Abpumpen aus den Schächten hat offenbar zu einer Öffnung oder erheblichen Erweiterung von Klüften geführt.

3. Mäßiges Abpumpen (z. B. Soleförderung 1951) wirkt sich nicht auf den Wasserstand aus. Bei einer Wasserförderung von 9 m³/min gelang es 1878 zuletzt nicht, den Wasserspiegel mehr als 18 m unter den Spiegel des Großen Segeberger Sees abzusenken.

4. Die beiden Bergwerksschächte, das Bohrloch von 1868/69 und der Speisewasserstollen standen über Klüfte miteinander in Verbindung, da sich künstliche Veränderungen des Wasserstandes in einem Schacht auch an den anderen Stellen bemerkbar machten. Wenn das Ausmaß der Absenkung dabei ein geringeres war (Abb. 2), so kann dies damit erklärt werden, daß sich um eine Abpumpstelle herum ein Absenktrichter ausbildet.

5. An der Oberfläche weist das Wasser keinen oder nur einen geringen Salzgehalt auf. Salzgehalt und Temperatur des Wassers nehmen mit der Tiefe zu. Beim Abpumpen größerer Wassermengen dringt starke Sole mit etwas höherer Temperatur aus der Tiefe nach, wobei mitunter auch Sand und Schlamm mitgeführt werden.

6. Die Sole weist zumindest zeitweise viele Gasbläschen auf (1878, 1956). K. STEIN konnte darin 1956 Stickstoff nachweisen.

7. Stärkere oder anhaltende Regenfälle wirken sich — auch während des Abpumpens von Wasser — rasch auf den Wasserstand aus, der sogar um ein Mehrfaches des Niederschlages steigen kann, doch tritt auch sehr bald wieder ein Ausgleich ein.

8. Zahlreiche Klüfte durchsetzen das Gestein. Sie sind nicht nur in der Kalkberghöhle deutlich zu erkennen, sondern sind auch in Bohrungen und Schächten angetroffen worden und aus den oben dargestellten Ergebnissen zu erschließen.

9. Klüfte und Schloten sind vielfach mit Ton, Sand und Lehm erfüllt. Deren Schichtung, die beispielhaft in der Höhle nahe der Wendeltreppe aufgeschlossen, aber auch an anderen Stellen beobachtet worden ist, weist auf Ablagerung durch Wasser in relativ junger Zeit hin (vgl. die Ausführungen am Schluß der Abhandlung von K. GRIPP 1913).

Literatur

- CARLÉ, W. (1965): Die natürlichen Grundlagen und die technischen Methoden der Salzgewinnung in Schwäbisch Hall (I). Jh. Ver. vaterl. Naturkunde Württemberg, 120 Jg., S. 79—119.
- GRIPP, K. (1913): Über den Gipsberg in Segeberg und die in ihm vorhandene Höhle. Jb. Hamburg. Wiss. Anstalten XXX, 1912, 6. Beiheft: Mitt. aus dem Mineralog.-Geolog. Inst., S. 35—51.
- HAGEL, J. (1955): Der Brunnen der Siegeburg in dem Segeberger Kalkberg. Die Heimat, 62. Jg., S. 205—209.
- HAGEL, J. (1956): Die ersten Bohrungen am Segeberger Kalkberg. Heimatkd. Jb. Kreis Segeberg, 2. Jg., S. 112—124.
- HAGEL, J. (1963): Segeberger Bergleute kämpften gegen das Wasser. Die Heimat, 70. Jg., S. 193—197.
- HAGEL, J. (1966): Mit großer Gewalt drang das Wasser in den Schacht. Ein Kapitel aus der Geschichte des Segeberger Salzbergwerks. Heimatkd. Jb. Kreis Segeberg, 12. Jg., S. 81—92.
- RIEHN, W., und C. MEINICKE (1875): Die 450pferdige Wasserhaltungsmaschine auf dem Schachte II des fiscalischen Steinsalz-Bergwerks zu Segeberg. Z.f.d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preuß. Staate, 23. Bd., S. 255—276.
- STEIN, K. (1969): Stickstoff in der Segeberger Salzsole. Schr. Naturw. Ver. Schlesw.-Holst., Bd. 39, S. 63.

Akten und andere Quellen

- Akten des Oberbergamts Clausthal Tit. IX^{12f}, No. 2:
Vol. I: 1869—1872
Vol. II: 1873
Vol. III: 1874 — 30. 11. 1876
Vol. IV: 1. 12. 1876 — 31. 12. 1877
Vol. V: 1. 1. — 1. 7. 1878
Vol. VI: 1. 7. 1878 — 31. 12. 1879
Vol. VII: 1. 1. 1880 — 31. 3. 1881
- Akten des Deutschen Zentralarchivs, Abt. Merseburg, Rep. 121, Abt. F, Tit. Xs, Sect. 8, No. 102, Vol. 1, Brief der Segeberger Stadtkollegien vom 15. 1. 1869 an den Minister für Handel und Gewerbe.
- Akten ebenda, Vol. 7, Jahresbericht der Berginspektion Segeberg für das Rechnungsjahr 1880/81.
- Briefe des Deutschen Wetterdienstes, Zentralamt, Offenbach, vom 17. 1. und 13. 3. 1972 an das Geogr. Inst. der Univ. Stuttgart z. H. des Verf.
- Akten der Stadtverwaltung Bad Segeberg