

Bericht über die Tagung "Die Mammutpumpe bei Tiefbohrungen"

Unveröff. Bericht im ZGF/Berlin

Einleitung und Zusammenstellung: Chr. BRESKE, Berlin

1.0 Einleitung

In der Zeit vom 20. bis 25. 9. 1965 fand in Siófok am Balaton (Ungarn) eine Tagung mit dem Thema:

"Entwicklungsfragen der Wassergewinnung mittels Mammutpumpe und neuzeitliche Verfahren zum Brunnenausbau"

statt.

Es waren Teilnehmer aus der VR Polen, der CSSR, der RSVR und der DDR neben den ungarischen Gastgebern anwesend.

Da in der DDR zur Zeit die forcierte Einführung der Mammutpumpe in die hydrogeologische Erkundung und bei der Erschließung des Wassers erwogen wird, war die Thematik für die DDR-Vertreter aktuell und aufschlußreich.

Unter Pkt. 2.0 werden die Vorträge referiert. Der Beitrag von P. PÁKOSDY (Budapest) wird vollständig wiedergegeben, da die gleiche Problemstellung in der DDR vorliegt.

Nach der eigentlichen Tagung erfolgte eine Studienfahrt an den Fuß des Matras-Gebirges. Hier werden hydrogeologische Untersuchungsbohrungen in Vorbereitung für eine Braunkohlengewinnung im Tagebau niedergebracht. Wir erhielten einen Einblick in die hydrogeologische Situation dieses Gebietes und befuhren Bohrpunkte mit den gesetzten Grundwasserbeobachtungsrohren. In diesem Zusammenhang wurde uns die verbesserte fahrbare Bohranlage G 200 im Einsatz vorgeführt.

Der gegenwärtig in der VR Ungarn beschrittene Weg in der Wahl der Technik für die hydrogeologische Erkundung und Erschließung ist direkt mit der bis vor etwa einem Jahr in der VVB Feste Minerale vorherrschenden Auffassung vergleichbar. Er wird durch vorhandene Ausrüstungen und die z. Z. traditionellen Arbeitsmethoden in der weiteren Entwicklung teilweise gehemmt. Statt großkalibrig zu bohren, werden kleinkalibrige Bohrverfahren angewandt, die einen langwierigen und kostenaufwendigen Prozeß zur Vergrößerung des wirk-samen Brunnendurchmessers erfordern. Diese Tagung hat in sehr deutlicher Form die Schwierigkeiten des kleinkalibrigen Bohrens für die Erkundung des Minerals Wasser gezeigt und die Richtigkeit des von der VVB Feste Minerale eingeschlagenen Weges bestätigt.

2.0 Vortragsfolge

2.1 L. BÉLTEKY: Geologische Fragen des Druckluftpumpens auf Grund der Ergebnisse

Referiert von S. BUSSE (Berlin)

Der Vortrag befaßt sich mit dem Klarpumpen bzw. dem Entsanden eines Brunnens nach dem Einbau des Filters. Dieses Entsanden wird in Ungarn fast ausschließ-

lich mit Druckluft, also mit einer Mammutpumpe ausgeführt.

Zu Beginn wurde eine allgemeine hydrogeologische Charakteristik des Landes gegeben. Danach sind die pleistozänen Sedimente auf Grund ihrer Mächtigkeit und Verbreitung sowie ihrer Grobkörnigkeit die besten Grundwasserleiter. Weitere wichtige Grundwasserleiter sind die feinkörnigeren levantinischen Schichten (jüngeres Tertiär) und die unterschiedlich in der Körnung aufgebauten pannonischen Schichten. Letztere haben unter allen geologischen Schichtenfolgen des Landes die größte Ausdehnung.

Anschließend ging der Vortragende auf Fragen der Filterwahl und des Klarpumpens ein. Die Entscheidung über die Anwendung eines bestimmten Filtertyps wird durch die hydrogeologischen Faktoren des Grundwasserleiters (Zusammensetzung, Korngröße und prozentuale Kornverteilung) bestimmt. Während im Ausland verschiedene Filterkonstruktionen gebräuchlich sind, werden in Ungarn vorwiegend aus Stahl- oder Kunststoffrohren hergestellte Filter mit kreisrunden oder viereckigen Öffnungen angewendet. Die Öffnungen werden mit Drahtgewebe bedeckt, dessen Maschenabstand entsprechend der Korngröße des Grundwasserleiters gewählt wird. Bei feinkörnigem Sand (0,05 - 0,25 mm) dürfen 40 %, bei mittelkörnigem Sand (0,25 - 1,0 mm) 30 % und bei grobkörnigem Sand (1,0 - 3,0 mm) 20 % der Sandkörner durchgelassen werden.

Das Klarpumpen soll um den eingebauten Filter (mit entsprechendem Drahtgewebe) durch Entfernen derjenigen Sandkörner, die kleiner als die Filter- bzw. Drahtgewebeöffnungen sind, einen natürlichen Filter schaffen. Die erhöhte Porosität und Wasserdurchlässigkeit soll die Lebensdauer der Brunnen und die Menge der Wasserförderung erhöhen. Das Klarpumpen muß mit geringer Wasserförderung bzw. mit kleiner Strömungsgeschwindigkeit begonnen werden, damit sich nicht feinkörnige Sande außerhalb des Filtermantels verdichten, wodurch eine Verschlechterung der Durchlässigkeit in der Umgebung des Filters erreicht wird. Außerdem könnte durch dieses "Steckenbleiben" der feinkörnigen Bestandteile bei Inbetriebnahme des Brunnen ein Teil der Sandkörner frei werden und somit kein sandfreies Wasser gefördert werden. Zum anderen könnte durch Absinken schwebender Sandkörner ein Versanden des Filters eintreten.

Am vorteilhaftesten kann ein Entsanden in solchen Grundwasserleitern durchgeführt werden, die ungleichmäßig zusammengesetzt sind. Durch entsprechende Wahl des Drahtgewebes können in solchen Fällen ohne große Schwierigkeiten die Sandkörner entfernt werden, die für den Aufbau eines natürlichen Filters stören würden. Schwieriger ist das Entsanden in feinkörnigen Grundwasserleitern mit gleichförmigem Aufbau. Hier kann bei zu kleinem Drahtgewebe nur eine geringe Sandmenge entfernt und damit kein guter natürlicher Filter gebildet werden. Derartige Brunnen liefern zwar sandfreies Wasser, aber bei geringer Förderung. Bei zu großem Drahtgewebe kann zwar eine größere Wassermenge gefördert werden, aber das Wasser wird ständig Sand enthalten. Es wurde festgestellt, daß bei nahezu gleicher Korngröße die Maschenweite so

festzulegen ist, daß der Filter 25 - 35 % der gesamten Sandkornmenge durchläßt, um obige Mängel möglichst auszuschalten.

Für den Normalbetrieb entsandeter Brunnen wird in ungarischen Brunnennormen eine Wasserförderung von 67 % der größten Leistung des Klarpumpens festgelegt, um eine Versandung der Brunnen durch feinere Sande aus größerer Entfernung vom Filter (durch abnormal hohe Strömungsgeschwindigkeit des Wassers herangezogen) zu vermeiden.

Die Erhöhung der Pumpenleistung während des Klarpumpens kann erfolgen bis die Wasserförderung proportional mit der Absenkung ansteigt, bzw. bis die spezifische Ergiebigkeit unverändert bleibt. Die Dauer der Klarpumpversuche wird bei richtiger Filter- und Drahtgewebeabmessung mit 150 - 200 Stunden angegeben, d. h. nach dieser Zeit muß das geförderte Wasser sandfrei sein (maximal 0,5 g Sand in 100 l Wasser).

Das Klarpumpen ist in Ungarn von großer Bedeutung, weil die Korngrößen der Grundwasserleiter im allgemeinen gering sind und eine Kiesschüttung um die Filter kaum Verwendung findet.

Abschließend wurden kurz ökonomische Erwägungen dargelegt, z. B. bleibt durch nicht ordnungsgemäß durchgeführtes Entsanden die spezifische Ergiebigkeit geringer und bei erhöhtem Wasserbedarf für ein Wasserwerk müssen mehr Brunnen gebohrt werden, als bei richtiger Entsandung notwendig wären. Ferner wird bei nicht ordnungsgemäß durchgeführter Entsandung beim Dauerbetrieb des Brunnens eine größere Absenkung vorhanden sein, wodurch sich Mehrkosten an elektrischer Energie für die Förderung ergeben.

In der Diskussion wurde von polnischen Kollegen eingeworfen, daß die Entsandungspumpversuche einen höheren ökonomischen Aufwand bedeuten. In der Erwiderung dazu stellte BÉLTEKY fest, daß wegen der großen Bohrtiefen in Ungarn nur kleinere Bohrdurchmesser anwendbar seien und daher Kiesschüttungen nicht eingebracht werden könnten. Die Leistung der gebohrten Brunnen soll daher durch sorgfältigen Brunnenausbau und nachfolgendes Entsanden erhöht werden. Dadurch ist der höhere Aufwand durchaus ökonomisch zu vertreten.

2.2 P. PÁKOZDY: Technologische Probleme der Mammutpumpe und die weitere Entwicklung auf diesem Gebiet in der VR Ungarn

Übersetzte Originalfassung

Deutsche Bearbeitung: Chr. BRESKE

2.2.1 Einleitung

Gleich zu Beginn möchte ich Sie darauf hinweisen, daß der Zweck meines Vortrages - ebenso wie der übrigen Vorträge - eine Anregung zur Diskussion sein soll. Mit diesem Thema beabsichtige ich einerseits den Kenntnisstand und die Entwicklung der Technologie in Ungarn zu schildern und andererseits möchte ich uns bekannte oder von uns als wichtig bezeichnete Probleme erläutern und deren Lösung umreißen. Gleichzeitig möchte ich Ihre Probleme

auf dem Gebiet des Einsatzes der Mammutpumpe kennenlernen, wobei ich annehme, daß diese sich wahrscheinlich von unseren unterscheiden. Wir sind zuversichtlich, daß durch das Sammeln solcher Unterlagen die Möglichkeit gegeben wird, die gemeinsamen und die wichtigsten Aufgaben auszuwählen und vielleicht auch deren Lösung unter uns aufzuteilen.

Mein Vorschlag ist wie folgt gegliedert:

- a) Probleme der Wasserförderung mit Druckluft; Fragen, welche die Gesamtheit des technologischen Verfahrens berühren;
- b) Entwicklungsprobleme in Verbindung mit den angewandten Hilfsmitteln. Betrachtet man den Titel des Vortrages vom Standpunkt eines Maschineningenieurs, so sollte man sich in erster Linie mit den Entwicklungsmöglichkeiten der angewendeten Einrichtungen befassen. Meiner Ansicht nach ist aber auch die Wertung und Untersuchung der Methode notwendig, da durch sie die Bewertung der Hilfsmittel beeinflußt wird.

2.2.2 Die Wasserförderung mit Druckluft als eine Art der Technologie des Pumpens

Nach meinen Erfahrungen ist die Wasserförderung mit Druckluft beim Niederbringen von Bohrbrunnen, für das Klar- und Probepumpen als geeignete Methode zu bewerten. Die Berechtigung ihrer Anwendung wird von den Bohrtechnikern mit dem Sandgehalt des Wassers mit, der großen Förderhöhe und der Möglichkeit einer entsprechenden Eintauchtiefe begründet und diese Gründe sind entscheidend.

Im allgemeinen ist zum Klarpumpen in Bohrlöchern eine andere Methode kaum anwendbar, da die Bohrlöcher gegenüber den Brunnenschächten einen bedeutend kleineren Durchmesser aufweisen. Tauchpumpen mit kleinerem Durchmesser, Tiefpumpen mit lotrechter Welle oder Bohrlochpumpen, die auf die erforderliche Bohrtiefe eingebracht werden können, sind wegen ihrer Empfindlichkeit gegenüber der Verschleißgefahr des sandhaltigen Wassers nicht geeignet; tiefliegende Saugköpfe - Wasserstrahlpumpen - sind infolge ihres sehr schlechten Wirkungsgrades (ca. 20 %) nicht vorteilhaft. Und doch muß dieses letztgenannte Verfahren angewendet werden, wenn die Förderhöhe eine entsprechende Tauchtiefe nicht zuläßt, obwohl die Einrichtung individuell konstruiert werden muß, was sich nachteilig auswirkt.

Die Planung der technologischen Einzelheiten bezieht sich auf folgende Punkte:

- a) Auswahl der Einbauweise
- b) Feststellung der Luft- sowie der Förderrohrabmessungen
- c) Planung der Einbautiefen und des Eintauchkoeffizienten
- d) Auswahl des Mischkopfes
- e) Feststellung des erforderlichen Kompressor-Enddruckes sowie der Luftförderung des Kompressors

Zur Feststellung obiger Angaben geben die bisherigen, aus der Literatur bekannten Methoden sowie das auf Vorschlag des Kollegen N. PATAKI sich gegenwärtig verbreitende sowjetische Verfahren genügend Hilfe. Um jedoch die Entwicklungsrichtung in diesem Komplex sicher entscheiden zu können, sind die bis jetzt bekannten Berechnungsverfahren und Ausrüstungen nicht ausreichend.

Die derzeitigen Berechnungsverfahren gehen von der Gleichheit der beiden Endleistungen, welche zur Wasserförderung notwendig sind, also von der Kompressionsarbeit einerseits und von der durch die Wasserförderung geleisteten Arbeit andererseits, aus, wobei natürlich die Gleichheit zwischen beiden Seiten nur mit Berücksichtigung eines gewissen Wirkungsgrades angenommen werden kann. Die Werte dieses Wirkungsgrades werden jedoch meistens als Funktion einer einzigen Veränderlichen empirisch aufgestellt. Wir wissen jedoch nicht durch welche Umstände die übrigen Parameter bestimmt werden.

Die mathematisch gut variablen Gleichungen sind für die Beurteilung der Rolle und der Wichtigkeit der einzelnen Veränderlichen unbrauchbar, da die Möglichkeit des Auftretens von Fehlern in den empirisch aufgestellten Wirkungsgrad-Funktionen zu groß ist.

Als Beweis für diesen Mangel an Exaktheit genügt es zu erwähnen, daß z. B. bei der Berechnung der erforderlichen Luftmenge, unter Berücksichtigung der verschiedenen Bedingungen die dabei in ein gemeinsames Koordinatensystem einzutragenden Funktionslinien fast die ganze Fläche bedecken. Als weiteren Beweis für die Unsicherheit kann die Anzahl der vielartigen Mischköpfe genannt werden, welche von verschiedenen Autoren, Erfindern und Neuerern als das konstruktive Teil hingestellt wird, das den Wirkungsgrad der Mammutpumpe bedeutend verbessern soll. Interessanterweise konnte man in der jüngsten Vergangenheit auf Grund von Versuchen feststellen, daß gegenüber der bisher bestehenden Ansicht die Rohre des Mischkopfes von geringer Bedeutung sind, bzw. ihr Einfluß auf die Wasserergiebigkeit gering ist. Es kann nämlich gesagt werden, daß bei der einfachsten Konstruktion die besten Ergebnisse erzielt wurden. Aber auch diese letzte Ansicht kann nicht als vollwertig und abschließend angesehen werden, da nicht festgestellt werden konnte, ob beim Ändern der Mischkopftypen die übrigen, als Konstante eingestellten Parameter ihren Optimalwert besaßen.

Die Auswahl derjenigen Fragen, welche für die Weiterentwicklung die wichtigsten sind, kann also mit obigen Berechnungen nicht verlässlich erfolgen. Unter den wichtigsten Detailfragen sollen die den Wirkungsgrad verbessernden Faktoren verstanden werden, welche das Mammutpumpen wirtschaftlicher gestalten. Folglich ist meiner Ansicht nach die grundlegende Untersuchung und möglichst exakte mathematische Beschreibung des physikalischen Prozesses der Druckluft-Wasserförderung von allererster Bedeutung. Die Reihenfolge der Wichtigkeit der einzelnen Parameter entweder aus obiger Formel

oder auf empirischem Wege festzustellen und sie zu beschreiben wäre also im Interesse der Ausarbeitung weiterer Entwicklungsvorschläge notwendig.

Es ist vielleicht überflüssig hervorzuheben, daß die oben erwähnten Untersuchungen eine sehr gründliche Vorbereitung erfordern und nur mit Unterstützung von umfangreichen Versuchen ein besseres Ergebnis liefern können, als die heute zur Verfügung stehenden Diagramme. Die auf die Untersuchungen anzuwendende Energie und die Kosten wären zweckmäßigerweise aus dem Entwicklungsfonds zu finanzieren, da sich ein Produktions-Betrieb mit seinen eigenen Mitteln dafür nicht mit der erforderlichen Sorgfalt befassen kann.

Die Formulierung der Aufgaben wäre meiner Ansicht nach am erfolgreichsten durch Sammlung der diesbezüglichen Ansichten wissenschaftlicher Organe (Technische Hochschulen in Budapest und Miskolc) und gesellschaftlicher Organe (Hydrogeologische Gesellschaft, Bergmännischer Verein) zu verwirklichen.

Ich empfinde es als eine Verpflichtung, daß der meritorische Teil der Untersuchungen von uns durchgeführt wird; unser letzter technischer Polyhistor, Géza Ábrahám PATTANTYUS, war meines Wissens nach der erste und einzige, der sich mit der mathematischen Formulierung der physikalischen Erscheinungen des Mammutpumpens befaßt hat.

In Zusammenhang mit der Methode der Technologie halte ich es für erforderlich, einige Entwicklungsmöglichkeiten zu erwähnen, welche sich auf solche Punkte beziehen, die bis heute als Nachteile der Methode bekannt waren:

a) Verhältnismäßig niedriger Wirkungsgrad

Das ist eine grundlegende Entwicklungsfrage. Die Auswahl der Konstruktionselemente, welche die größte Wirkungsgraderhöhung versprechen, ist infolge des Obengesagten durch Vermutungen zu treffen.

b) Ungünstige Wasserförderung und ungleichmäßige Wasserströmung in feinkörnigen Schichtenstrukturen

Beseitigung der "zerrenden" Wirkung des Pumpens beim Klar- und Probepumpen bei feinkörniger Schichtenstruktur (beim Klarpumpen grobkörniger Schichten ist das "Zerren" vorteilhaft) kann durch Änderung von Kompressoren mit größerer Gleichmäßigkeit der Luftförderung und durch Zwischenschalten von Luftbehältern mit gut bemessenem Volumen erreicht werden.

c) Die maximal erreichbare Wasserleistung

Zwei Lösungen sind im Zusammenhang mit diesem Problem denkbar:

I. Mit Rücksicht auf die Forderungen dieses Pumpverfahrens könnten von vornherein tiefere Brunnen gebohrt werden. Es könnten vergleichende Berechnungen angestellt werden, um festzustellen, welche Tiefenzunahme (mit Rücksicht auf die entsprechenden Mehrkosten) rentabel gegenüber einem teuren Pumpverfahren wäre.

Es müßte mit Versuchen gezeigt werden, welchen Einfluß ein tieferer Wassereintritt auf die Schicht hat, bzw. wie sich dieselbe ändern wird.

II. Zum Pumpbeginn wäre von einer anderen Wasserquelle aus ein künstliches, höheres Wasserniveau im Bohrloch zu schaffen, das später durch geförderte Wassermengen zu ersetzen ist, um eine entsprechende Eintauchtiefe zu sichern. Die Wirkung auf die Gebirgsschichten müßte jedoch unbedingt durch Versuche kontrolliert werden.

2.2.3 Konstruktionselemente

2.2.3.1 Der Kompressor

Es ist üblich, bei den Berechnungen den Gesamtwirkungsgrad (oder Anlagenwirkungsgrad) auf den Wirkungsgrad des Kompressors und die einzelnen Konstruktionselemente aufzuteilen. Demgemäß müßten wir eigentlich über den Wirkungsgrad des Kompressors separat sprechen. Hier können wir uns jedoch mit Wirkungsgrad-Fragen des Kompressionsprozesses und mit denen der Gestaltung des Kompressors nicht befassen. Wir können uns nur auf die Auswahl von seriengebauten Kompressoren beschränken, die jedoch für andere Zwecke hergestellt wurden. Leider stehen uns die Daten der in den befreundeten Staaten gebauten Kompressoren nicht in vollem Umfang zur Verfügung, um obige Frage zu entscheiden.

Nach dem Katalog ist der Wirkungsgrad des Kompressors, der für die Untersuchung in Ungarn eingesetzt ist, um 10 - 15 % besser als der Wirkungsgrad der üblichen Kompressoren, so daß die Kosten der Anschaffung teilweise durch Treibstoffeinsparung wettgemacht werden.

Es muß jedoch noch die Frage der Betriebscharakteristik sowie der Klassifikation der Kompressoren erörtert werden, da diese dem ursprünglichen Verwendungszweck entsprechend ausgebildet wurden. So wurden Kompressoren aus Gründen der Bruchsicherheit im allgemeinen auf einen maximalen Druck begrenzt. Das erfolgt jedoch auf verschiedene Weise. Beim Mávag-Kompressor werden z. B. beim Erreichen des Maximaldruckes durch eine entsprechende Einrichtung die Saugventile ausgeschaltet und der Kompressor wird leer laufen; dagegen wird beim Kompressor der Kältemaschinenfabrik der Überdruck durch ein Sicherheitsventil abgelassen und somit eine übermäßige Verdichtung verhindert. Es sollte aus Gründen der Wirtschaftlichkeit versucht werden, das erste Verfahren auch bei solchen Kompressortypen einzuführen, welche mit dieser Einrichtung nicht versehen sind. Weiterhin ist zu untersuchen, ob durch automatische Drehzahlverminderung bei kleinerem Luftbedarf Kraft zu sparen ist, gegenüber derjenigen Methode, bei der die überschüssige Luft ins Freie geblasen wird.

Es wäre zweckmäßig Berechnungen durchzuführen, um auf Grund der Daten bei bis jetzt abgeteuften Bohrungen ein optimales Kompressorsortiment festzulegen.

Vorausgesetzt, daß die Berechnungsmethoden richtig waren, kann man wegen eines zu niedrigen Maximaldruckes beim Kompressor die optimale Eintauchtiefe nicht verwirklichen oder man kann wegen ungenügender Luftlieferung des Kompressors nur einen Teil der Wassermengen nutzen.

In Ungarn werden zwei, als typisch zu betrachtende Kompressoren für die Mammutpumpe verwendet:

- a) "Mavag" Zyklon-Type mit zwei Druckstufen, drei Zylindern; kommt mit Dieselmotor als Maschinengruppe in den Handel; anhängerbefähigt; $v = 5 \text{ m}^3/\text{min}$, $p_{\text{max}} = 7 \text{ atü}$, Luftbehälter = $0,13 \text{ m}^3$; ursprünglicher Verwendungszweck: Antrieb von Preßluftwerkzeugen;
- b) Type der "Kältemaschinenfabrik", mit zwei Druckstufen, drei Zylindern; mit Elektromotor als Maschinengruppe verwendet; $v = 1,6 \text{ m}^3/\text{min}$, $p_{\text{max}} = 10 \text{ atü}$, ohne Luftbehälter; wurde ursprünglich als Kühlkompresseur verwendet.

Die angegebenen Parameter bedeuten die zur Verfügung stehende höchste Leistung und den höchsten zur Verfügung stehenden Druck.

Im Zusammenhang mit dieser Frage ist es meiner Ansicht nach notwendig, daß:

1. die Daten der in den sozialistischen Staaten hergestellten Serienkompressoren zusammengestellt werden, um eine optimale Auswahl treffen zu können;
2. schwedische und englische Schraubenkompressoren, sowie westdeutsche Zentrifugal-Kompressoren, auf Grund von Katalogdaten ausgewählt und erprobt werden, um festzustellen, welchen Einfluß die gleichmäßige Luftlieferung auf die gleichmäßige Wasserlieferung ausübt, da die letztere bei feinkörnigen Schichten sehr wichtig wäre (im Bedarfsfalle könnte eine "zerrennde" Wirkung durch Regeln der Luftspeisung erreicht werden);
3. den Betrieb der Kompressoren regelnde Maschinenelemente und Regelsysteme ausgearbeitet werden.

2.2.3.2 Luftbehälter für Kompressoren

In Zusammenhang mit den angewandten Behältern muß mit Bedauern festgestellt werden, daß die Abmessungen, die durch eine bekannte Formel berechnet werden können, nicht erreicht werden. Der Grund liegt einerseits darin, daß die Behälter, die zu den betreffenden Kompressoren gehören, für andere Zwecke dimensioniert wurden und daß andererseits bei den teilweise im eigenen Betrieb hergestellten Behältern eine gewisse Abneigung gegenüber den strengen und sogar übertriebenen Forderungen der Sicherheitsorgane für Luftbehälter besteht. Beim Kompressor der ersten Type (Mavag) wird der von der Herstellerfirma vorgesehene Behälter verwendet; bei der anderen Type wird kein Behälter angeschlossen, sondern der Kompressor wird direkt an das Luftförderrohr angeschlossen. Letztere Anordnung verhindert die Abscheidung von Öl aus der Druckluft und folglich wird das geförderte Wasser durch Öl verunreinigt. Der Schmierölverbrauch wird dann unwirtschaftlich.

Ein weiteres Untersuchungsobjekt ist der Einfluß der Abmessungen des Luftbehälters auf die Gleichmäßigkeit der Wasserförderung und zwar nicht nur bei optimalem Lufteintritt, sondern auch bei geringeren Bohrteufen, wo we-

gen der kleineren Eintauchtiefe der Betrieb mit einer großen Luftmenge aufrechterhalten werden muß. Ich halte es für notwendig und zweckmäßig, daß solche Luftbehältertypen entwickelt werden, die den Sicherheitsforderungen entsprechen, aber einer fortlaufenden periodischen Prüfverpflichtung nicht unterliegen. Ich denke hier in erster Linie an Behälter aus Rohren mit kleineren Durchmessern, welche zur Gewichtsverminderung aus Aluminium hergestellt werden könnten. Das Problem wäre so zu lösen, daß der Behälter aus Aluminium-Rohren geschweißt werden könnte, daß sich die Ein- und Austrittsstutzen an ein kurzes Rohrstück anschließen, um die Reibungsverluste der durchströmenden Luft zu mindern und der Inhalt der übrigen Rohre, die als Seitenkanäle angeschlossen sind, wie ein Luftkessel wirken. Mit Rohren in zwei oder drei Reihen übereinander könnte eine solche Luftbehältereinheit auf kleiner Grundfläche ausgeführt werden und durch den Einbau von Ablenkleitungen wäre auch die Möglichkeit vorhanden, das Öl während des Betriebes abzuscheiden.

2.2.3.3 Leistungen

In unserer bisherigen Praxis haben wir Luftrohre (Gasrohre mit Muffenverbindungen in der üblichen Ausführung), ebenso wie Wasserförderrohre aus Stahl (an den Enden außen aufgestauchte Futterrohre) verwendet. In beiden Fällen hat man die Rohre in Fabrikationslängen (5 - 8 m) eingebaut. Die Verbindung zwischen dem Luftrohr und dem Kompressor war ein Niederdruck-Gummischlauch mit Textileinlage. Der Nachteil dieser angewandten Leitungen ist ihr verhältnismäßig hohes Gewicht und folglich die hohen Transport- und Verladekosten, weiterhin der schwerfällige Einbau infolge der Schraubverbindung sowie die langen Einbauzeiten.

Folgende Entwicklungsmöglichkeiten sind gegeben:

- a) Anwendung von Aluminiumrohren; in erster Linie für die Luftleitung mit schnell verschließbarem Bajonettverschlüssen, welche jedoch gegen ein unbeabsichtigtes Öffnen gesichert sein müssen.
- b) Als Vorbedingung der Anwendung von Kunststoffrohren muß ein entsprechendes Verfahren für die Verbindung der Rohre vorhanden sein. Anforderungen an die Rohrverbindung: Entsprechende Festigkeit und Haltbarkeit, kleiner Durchmesser, welcher jedoch keine Verengungen des Strömungsquerschnittes verursachen soll. Der gegenwärtig bei Bewässerungen angewandte Spannbügel kommt wegen seiner Außenabmessungen nicht in Frage, ebenso wie die Außenmuffe mit Gummidichtung aus Festigkeitsgründen keine Aussichten auf eine Anwendung hat.
- c) Man könnte auch die Anwendung eines Kunststoffrohres als Luftleitung in Betracht ziehen, wobei die Länge des Rohres der größten Tauchtiefe entsprechend auszulegen ist und das Rohr (besser Schlauch) wird dann auf eine Trommel gewickelt. Das Strecken des Rohres würde durch das Gewicht des Mischkopfes erfolgen. Die Eintrittsleitung, vom Kompressor oder vom

Luftbehälter kommend, könnte an die Trommelwelle durch eine entsprechende drehbare Stopfbüchse angeschlossen werden. Das aufgewickelte Rohr nimmt wenig Platz in Anspruch, kann leicht befördert werden und die Einbauzeit würde bedeutend verkürzt werden. Es wäre auch eine Änderung der Tauchtiefe während des Betriebes möglich. Als Nachteil würde aber empfunden werden, wenn ein Teil des Rohres auf der Trommel aufgewickelt bliebe und der Reibungswiderstand der überflüssigen Rohrlänge in Erscheinung tritt.

- d) Hier wären die Probleme einzureihen, welche sich an den verschiedenen Geschwindigkeiten der Ein- und Austrittsstellen des Wassers ergeben, welcher Umstand z. B. zur Ungleichförmigkeit der Wasserförderung bzw. zur beträchtlichen Verschlechterung des Wirkungsgrades führen kann. Als eine Lösung bietet sich die entsprechende Gestaltung des Strömungsquerschnittes an oder es können die Abmessungen der Förderrohre an geeigneter Stelle verkleinert werden oder aber es kann der Durchmesser des Luftrohres im unteren Rohrabschnitt vergrößert werden. Im ersten Fall würde als parallele Entwicklungsarbeit die Konstruktion einer einfachen Packertypen notwendig sein, auf welcher der verengte Rohrabschnitt verlässlich aufgehängt werden kann, wenn das Futterrohr als Wasserförderrohr verwendet wird.

2.2.3.4 Armaturen

Der Mischkopf

Die Konstruktionsmöglichkeiten und die Wirksamkeit der Mischköpfe habe ich schon unter Punkt 2.2.1 erwähnt. Wegen seiner einfachen Ausführung und seiner leichten Herstellbarkeit wird der sogenannte schräg eingesägte Mischkopf, welcher sich in den Versuchen der Versuchsabteilung der MEFO in Györszemere bewährt hat, immer mehr angewendet. Bis wir den Einfluß des Grades der Entlüftung des Wassers nicht genau erforscht haben, kann die Konstruktion eines neuen Mischkopfes nicht zu den dringendsten Aufgaben gerechnet werden.

Bohrkopfarmaturen

Das sogenannte Knierohr, welches zur Auflösung und Abdichtung der Luft-, Förder- und Peilrohre dient, wird in verschiedenen Ausführungen eingesetzt. Leider ist nicht bei allen die Dichtung und die hydraulische Ableitung des anfallenden Wassers einwandfrei verwirklicht. Es wäre zweckmäßig, eine Möglichkeit für die Aufstellung zumindest von Werkstandards zu schaffen. Bei der Gestaltung muß die Mehrzwecknutzbarkeit gesichert werden, damit der Vorschlag von KONYOR, einen ungehinderten Durchfluß bei guter Abdichtung für 3 Leitungen am Bohrkopf zu gewährleisten, erfolgen kann. Danach sollen mit einer minimalen Anzahl von Einheiten die verschiedensten Förder-, Luft-, Peil- und Futterrohre angeschlossen werden können. Im Interesse der optimalen Platzausnutzung der Futterrohre mit verschiedenem Durchmesser, kann die Anordnung der Rohre verschiedener Durchmesser innerhalb des kleinsten

Kreises mit Einlagen, in welche zentrische Bohrungen angebracht sind, verwirklicht werden.

Anlaßventile

Wenn ein so hoher Anlaßdruck erforderlich wird, daß der Maximaldruck des Kompressors überschritten wird - was praktisch vorkommt, wenn eine Absenkung erwartet wird bzw. bei tiefstem Wasserstand - so kann die Aufgabe durch ein entsprechend tief eingebautes, regulierbares Ventil gelöst werden. Es ist jedoch ein Ventil zu konstruieren, in welchem inwendig der Durchmesser des Luftrohres auf ein Minimum verengt werden kann, außen jedoch unverändert bleibt und außerdem leicht bedienbar ist. Bei der jetzt probeweise verwendeten Lösung wurde das Ventil von der Erdoberfläche mit Bowdenzug betätigt, welcher neben dem Luftrohr hinuntergeführt wurde. Um die Gefahr des Steckenbleibens zu vermindern, sollte entweder eine Lösung mit automatischer Öffnung und Schließung oder eine solche Lösung, die das leichte Einführen und nachträgliche Einhängen des Drahtes durch das Luftrohr ermöglicht, angewandt werden.

2.2.3.5 Instrumente, Messungen, Automatisierung

Die Messung der geförderten Wassermenge kann infolge der intermittierenden Wasserförderung nur mit Ausgleichsmethoden gelöst werden. Gut hat sich der Meßwert-Behälter, System PATAKI (Poncelet-Abart) bewährt. Wegen seiner einfachen Ausführung und verhältnismäßig exakten Angabe der Wassermenge beabsichtigen wir seine obligatorische Einführung.

Die Messung der verbrauchten Luftmenge mit Meßöffnung und Differentialmanometer ist umständlich und erfordert große Fachkenntnis. Sie ist auch nur unter Probebedingungen einsetzbar. Die Ausarbeitung einer einfachen Meßmethode wäre wünschenswert.

Für den im Pumpensystem ablaufenden Vorgang ist der herrschende Druck charakteristisch, der beim Eintritt ins Luftrohr gemessen wird. Die Änderungen der Absenkung (Betriebswasserniveau) und gleichzeitig des Druckes sind im Prinzip mit dem Aufbauprozeß des natürlichen Filters proportional. In Kenntnis der exakten Zusammenhänge dieses Vorganges könnte die optimale Zeitdauer der einzelnen Pumpperioden festgestellt werden. Eine solche Untersuchung wäre wirtschaftlich wahrscheinlich begründet, da man mit der Einsparung überflüssiger Pumpstunden rechnen kann.

Die Automatisierung im Pumpenbetrieb bedeutet, daß gleichzeitig mit den sich unbeeinflussbar ändernden Parametern (Absenkung des Brunnenwiderstandes), die übrigen variablen Parameter der größten Wirtschaftlichkeit entsprechend geändert werden. Als solch variabler Parameter kann einzig die eingeblasene Luftmenge genannt werden. Ohne den genauen Zusammenhang zu erforschen, kann eine Automatisierung nicht geplant werden.

Bei den Kompressoren haben wir schon erwähnt, daß das Ablaßventil, welches bei Überdruck wirksam wird, als eine Art der Automatisierung angesehen werden kann, obwohl es eigentlich eher zur Sicherheitstechnik gehört. Bei der Arbeit der Kompressoren gibt es jetzt schon eine gewisse Automatisierung, welche jedoch, wie z. B. beim "Mavag-Kompressor", unseren Bedürfnissen nicht angepaßt ist. Falls weniger Druckluft benötigt wird, als der Kompressor liefert, so wird im Behälter des "Mavag"-Kompressors der Luftdruck ansteigen und der Automat wird durch Heben der Saugventile den Kompressor auf Leerlauf stellen. Weiter wird der Antriebsmotor durch den bekannten Zentrifugalregler automatisch auf eine wirtschaftlichere niedrige Drehzahl eingestellt.

In der Praxis der Arbeit mit der Mammutpumpe kann die automatische Regulierung jedoch nicht verwendet werden, da in der Bohrung in den meisten Fällen die gesamte lieferbare Luftmenge verbraucht wird, ohne daß der Druck steigt. Folglich wird der Automat nicht beeinflußt und die Luftförderung wird nicht vermindert.

Eine Herabsetzung der gelieferten Luftmenge kann nur durch teilweises Ablassen erfolgen, was jedoch einen Leistungsverlust bedeutet. Eine unseren Bedürfnissen entsprechende Automatisierung würde entstehen, wenn der Kompressor auf einen beliebigen Druck (aber kleiner als der Maximaldruck) eine ausgewählte Luftmenge, möglichst mit minimalem Kraftstoffverbrauch, liefern könnte. Die gegenwärtige Möglichkeit, die gelieferte Luftmenge durch Drehzahlverminderung zu beschränken, entspricht nicht den Vorstellungen, da bei einer niedrigeren Drehzahl der spezifische Kraftstoffverbrauch einer Kraftmaschine bedeutend schlechter wird.

2.2.4 Zusammenfassung

Der Vortrag beschäftigt sich mit der Technologie der Mammutpumpe, wie sie in Ungarn angewandt wird und behandelt die einzelnen Teile, die hierzu erforderlich sind. Dazu werden Entwicklungsvorschläge für die einzelnen Elemente gemacht. Die Mammutpumpe wird als zweckmäßig für das Klar- und Probepumpen beurteilt.

Es wird zunächst als wichtig erachtet, den gesamten Vorgang mathematisch und physikalisch zu untersuchen und die optimalsten Ergebnisse zusammenzufassen, um so diese Methode mit vollem Erfolg einzusetzen.

Im weiteren setzt sich der Autor mit der Notwendigkeit bzw. Möglichkeit der Verbesserung bzw. Modernisierung und Vervollkommnung der einzelnen Faktoren auseinander (Kompressoren, Luftbehälter, Förder- und Luftrohre, Meßinstrumente).

2.3 N. PATAKI: Einige wesentliche Fragen der Betriebslehre vom Luftdruck-
Wasserheber

Referiert von D. QUAST (Nordhausen)

Für den Bau von Brunnen sowie für hydrogeologische Untersuchungsarbeiten werden in Ungarn vornehmlich die Rechtsspülbohrverfahren mit aufbereiteter Tonspülung angewendet. Um die dabei eintretende Verdichtung der Bohrlochwand zu beseitigen und zur Vergrößerung des Brunnen-Fassungsvermögens, das wegen der mit diesem Bohrverfahren nur möglichen, relativ kleinen Bohrdurchmesser sehr gering wäre, muß eine intensive Entsandung, die in der Regel 100 - 200 h dauert, durchgeführt werden.

Weiterhin werden zur Begründung die "speziellen" hydrogeologischen Verhältnisse in Ungarn angeführt. Diese sind zu etwa 96 % durch klastische, sehr feinkörnige Sedimente gekennzeichnet (60 % der Korngrößen liegen zwischen 0,1 - 0,2 mm; Ungleichförmigkeitsgrad < 5).

Für diese Entsandung kann wegen der kleinen Bohr- ϕ nur die Mammutpumpe eingesetzt werden. Für deren Bemessung gibt es bis heute keine exakten mathematischen Ableitungen. In Ungarn werden seit etwa 2 Jahren erfolgreich empirische Formeln sowjetischer Autoren benutzt, die im Vortrag erläutert wurden. Vergleiche mit Formeln anderer in- und ausländischer Autoren haben gezeigt, daß die der sowjetischen Bearbeiter der Wirklichkeit am nächsten kommen.

Der Vortrag behandelt extraktiv die Fragen der Dimensionierung der Mammutpumpe wie: Luftbedarf,

Anlaß- und Betriebsdruck,

Abmessung des Förder- und Luftrohres,

Energiebedarf und Wirkungsgrad.

Dabei werden Formeln und Abbildungen des Lehrbriefes

"Die praktischen Erfahrungen und Grundprinzipien der

modernen Wasserförderung mittels Mammutpumpe" (von N. PATAKI)

verwendet, der in einem deutschsprachigen Nachdruck vorliegen wird (s. Referat im WTI-Heft Nr. 14/65, S. 42/43).

2.4 L. KONYOR: Verfahren zur Senkung des Brunnenwiderstandes mittels
Mammutpumpe

Referiert von S. SCHMANDRA (Zerbst)

Ausgehend von der Wirtschaftlichkeit von Bohrbrunnen, ausgedrückt durch den "Wirksamkeitsfaktor" als Quotient der "Effektiven Produktivität" q und der "theoretischen Produktivität" q_0 , wird die Bedeutung des Brunnenwiderstandes nachgewiesen.

$$\xi = \frac{q}{q_0}$$

Nach der Gebrauchsformel für gespanntes Grundwasser von G. THIEM (bezeichnet als "Theoretische Produktivität")

$$q_0 = \frac{2\pi \cdot k \cdot m \cdot S_0}{\ln \frac{R}{r}} \quad [m^3/s]$$

und die

"Effektive Produktivität"

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot m \cdot (S_0 \pm \varepsilon)}{\ln \frac{R}{r}} \quad [m^3/s]$$

ergibt die Ableitung des sogenannten

"Wirksamkeitsfaktors"

$$\xi = \frac{1}{1 \pm \frac{\varepsilon}{S_0}}$$

Versuchsreihen haben zur Ermittlung von "Wirksamkeitsfaktoren" geführt und werden im "Unternehmen für Wasserforschung und Bohrungen" (Budapest) angewendet.

Durch die Beziehung

$$N = \frac{n}{\xi_a}$$

wird die erforderliche Anzahl der Brunnen ermittelt, wobei n die theoretische Anzahl der Brunnen ist, und ξ_a der durchschnittliche "Wirksamkeitsfaktor".

Die charakteristische Größe für die Wirtschaftlichkeit von Brunnen ist der Brunnenwiderstand ε als veränderlicher Faktor. Ihn zu beeinflussen und so günstig wie nur möglich zu gestalten, ist eine sehr entscheidende Forderung.

Es werden zwei Phasen bei der Senkung des Brunnenwiderstandes unterschieden.

1. Zerstörung und Beseitigung der Spülungskruste und Imprägnationszone
2. Klarpumpen

Die Aufgabe beider Phasen ist es, die sich beim Spülbohren bildenden drei Zonen (Spülungskruste, Imprägnations- und Infiltrationszone) zu regenerieren und darüber hinaus einen natürlichen Kiesfilter durch gründliche Entsandung zu schaffen.

Der technologische Vorgang der beiden Phasen unterscheidet sich grundsätzlich dadurch, daß der Brunnen zur Zerstörung und Beseitigung der Spülungskruste und der Imprägnationszone großen Druckänderungen ausgesetzt wird und zur Reinigung der Infiltrationszone sowie für den natürlichen Aufbau eines Kiesfilters sukzessive Leistungssteigerungen vorgenommen werden. Für beide Phasen wird das Mammumpumpverfahren verwendet und als das wirksamste sowie auch wirtschaftlichste Verfahren bezeichnet.

Die erste Phase kann nach folgenden Methoden erreicht werden:

1. Erzeugung von Druckschwankungen durch kurzzeitige Unterbrechung des Förderstromes und Bewegung des Mischkopfes.

Die Anwendung einer flexiblen Luftleitung ist vorteilhaft.

Da mit dieser Methode nur "Wirksamkeitsfaktoren" von $\xi = 0,3$ bis $0,4$ erreicht werden, kommt sie nicht mehr zur Anwendung.

2. Erzeugung von Druckschwankungen und Änderung der Fließrichtung durch wechselweise Filterspülung mittels Spülpumpe und Mammutpumpe in einem Verhältnis 1 : 4 bis 1 : 5.

Zur Anwendung kommt ein Spülkopf, mit dem der gesamte Filter abgefahren wird.

Diese Methode ist sehr wirkungsvoll, da eine intensive Filterreinigung erreicht wird.

3. Gleichzeitiges Spülen und Fördern mittels Mammutpumpe. Es erfolgt eine besonders starke Auflockerung der Filterzone, was sich als sehr günstig erwiesen hat.

Nach dieser Methode werden für die erste Phase 24 bis 48 Stunden benötigt.

Das Spülrohr kann gleichzeitig als Maßrohr für den Betriebs-Grundwasserspiegel dienen.

4. Zur Instandsetzung verkrusteter Brunnen wird eine Kombination von chemischer und mechanischer Einwirkungen mit Erfolg eingesetzt.

Für die zweite Phase der Brunnenbehandlung hat sich das unter 3. genannte Prinzip bewährt. Gearbeitet wird aber nach sukzessiver Leistungssteigerung und in der Regel mit 4 bis 6 Zwischenstufen. Sehr wichtig ist dabei die Spülung des Filters.

Bei der Regelung der Fördermenge haben sich zwei Methoden bewährt:

1. Änderung der Eintauchtiefe des Luftrohres
2. Regelung der Luftmenge

Die Leistungssteigerungen werden jeweils nach dem Erreichen eines Beharrungszustandes vorgenommen.

Während der einzelnen Zwischenstufen nach ca. 50 bis 80 % der Zeitdauer ist eine gründliche Reinigung des Filters vorzunehmen. Die Leistungssteigerung des Förderstromes ist nur soweit vorzunehmen, wie sie durch den Bedarf bestimmt wird.

Die maximale Brunnenleistung wird überwiegend nicht ermittelt. Die durchschnittliche Zeitdauer zur Bildung eines natürlichen Kiesfilters beträgt 100 bis 120 Stunden.

Im Festgesteinsbereich findet das Mammutpumpverfahren ebenfalls Verwendung. Sehr gute Erfolge werden beim Freispülen von Gängen und Hohlräumen erzielt, was zur vollständigen Reinigung von feinkörnigen Ablagerungen führt. Um den Brunnenwiderstand so gering wie möglich zu halten, werden Filter ohne Gewebe eingebaut.

Die Verminderung des Brunnenwiderstandes ist aber nicht nur bei seinem Bau von Bedeutung, sondern auch für die wirtschaftliche Nutzung. Daher ist die

Instandhaltung von Brunnen so wichtig.

Nach der Methode unter Punkt 4. mit einer 6%-tigen Salzsäure sind Erfolge zu verzeichnen, wo die Brunnenleistung um 400 % bei nur unwesentlicher Erhöhung der Wasserspiegelabsenkung anstieg.

2.5 Chr. BRESKE: Anwendung des Mammutpumpverfahrens in der hydrogeologischen Erkundung und Erschließung im Bereich der VVB Feste Minerale

(Gekürztes Vortragsmanuskript)

Einleitung

Um zu diesem speziellen Komplex eine Aussage machen zu können, war es zunächst erforderlich, einen kurzen Überblick über unsere hydrogeologischen Erkundungs- und Erschließungsarbeiten zu geben.

Die in letzter Zeit stärker ausgewertete Literatur und Erfahrungsaustausche ließen die Einführung des Mammutpumpverfahrens stärker in den Vordergrund treten. Am aufschlußreichsten und interessantesten ist der Lehrbrief von N. PATAKI "Die praktischen Erfahrungen und Grundprinzipien der modernen Wasserförderung mittels Mammutpumpe" (siehe WTI (1965) H. 14, S. 42/43).

Bisherige Anwendung des Mammutpumpverfahrens in der DDR

Lockergestein

Im Lockergesteinsbereich der DDR wurden die ersten Versuche im Juli 1962 südlich Berlin durchgeführt. Hier wurde ein Bohrloch im Rahmen der Erkundung für sofortige Nutzungszwecke ausgebaut und mit der Mammutpumpe abgepumpt. In konzentrischer Anordnung wurde mit einer 2"-Luftleitung, 168er Steigleitung in 273er verrohrtem Bohrloch der Druckluftpumpversuch erfolgreich durchgeführt. Die Anordnung oberhalb des Bohrloches war so gestaltet, daß das Wasser-Luftgemisch auf eine schirmartige Prallfläche trifft, wo die erste Entlüftung erfolgt und dann über ein offenes Gerinne zum Poncellet-Behälter geleitet wurde. Zu bemerken ist noch, daß am unteren Ende der Luftleitung eine spezielle Düse angebracht war. Dieser Pumpversuch brachte nach 70 Minuten den ersten Beharrungszustand bei einer Wasserleistung von 58 m³/h und einem Wirkungsgrad der Mammutpumpe von 11 %.

Später wurde dieser Einsatz der Mammutpumpe im Lockergestein auf das Abpumpen von Grundwasserbeobachtungsrohren beschränkt. Die im Rahmen der Erkundungsarbeiten sehr zahlreichen zu setzenden Grundwasserbeobachtungsrohre werden einmal zur Funktionskontrolle dieser Rohre selbst und zum anderen bei Einsatz der Counterflush-Methode zur Untersuchung der Grundwasserleiter mit der Mammutpumpe abgepumpt. Diese Praxis hat sich bisher sehr bewährt.

Festgestein

Die Bohrungen, die im Festgestein mit Schürfbohrgeräten abgeteuft werden, sind am zweckmäßigsten mit der Mammutpumpe zu testen. Einerseits läßt der

relativ kleine Bohrdurchmesser nur den Einbau von begrenzt leistungsfähigen Unterwasser-Motorkreiselpumpen bis etwa $30 \text{ m}^3/\text{h}$ zu und andererseits muß ein Entsandern und Freispülen des Bohrloches erfolgen, wozu die Uta-Pumpe nicht geeignet ist. So kann zunächst mit der Mammutpumpe der technische Pumpversuch erfolgen. In diesem Zusammenhang ist besonders zu betonen, daß für technische Pumpversuche allgemein die Mammutpumpe das idealste Aggregat ist. Die praktische Nichtverschleißbarkeit der Eihrichtung und die Möglichkeit, die Leistungsgrößen größer vorzusehen als beim geplanten hydrogeologischen Pumpversuch, geben die Voraussetzung für die optimale Durchführung dieser Arbeiten und damit eines aussagekräftigen, erfolgreichen hydrogeologischen Pumpversuches.

Die für technische Pumpversuche auch oftmals gebräuchliche Kolbenpumpe kann vor allem wegen ihrer Leistungsbegrenzung bei bedeutend höherem Zeitaufwand für das Klarpumpen nur in speziellen Fällen einen qualitativen hydrogeologischen Pumpversuch gewährleisten.

Bei hydrogeologischen Pumpversuchen können nun je nach Durchmesser der eingebauten Luftleitung und Steigleitung bei paralleler Wasserspiegelmessung durch ein Beobachtungsrohr bis zu über $100 \text{ m}^3/\text{h}$ Wasserleistung erbracht werden; dies ist natürlich abhängig von dem Abgabevermögen des Grundwasserleiters und der hydrogeologischen Aufgabenstellung. Auch hier wird die konzentrische Methode angewandt.

Normalerweise erfolgt der Einbau der Steigrohre bis maximal 80 m (abhängig vom eingesetzten Kolbenverdichter).

Bei Pumpversuchen über 24 Stunden werden 2 Kolbenverdichter eingesetzt, an die ein Verteilerstück mit entsprechenden Anschlüssen angebracht wird. Diese Anschlußleitung ist so gestaltet, daß nach einer festgelegten Zeit von einem Kolbenverdichter auf den anderen umgeschaltet werden kann, ohne den Pumpversuch unterbrechen zu müssen. Beim Umschalten läßt sich eine gewisse Schwankung der Schüttungsmenge nicht vermeiden, die durch Zwischenschaltung eines Luftbehälters etwas gemildert werden kann.

Die hohe Leistungsfähigkeit der Mammutpumpe bringt es mit sich, daß die Zeit der Pumpversuche durch den schnelleren Eintritt des Beharrungszustandes bedeutend verkürzt werden kann.

Bei bestimmten Bedingungen wird der Einsatz einer Fernsehsonde in hydrogeologischen Bohrungen notwendig. Bei diesem Einsatz muß das Bohrloch einwandfrei klar gespült und die Bohrlochwand gesäubert sein.

Bei dem üblichen Durchspülen wird diese Forderung aber nicht immer erfüllt, zumal bei Bohrungen, bei denen Spülungsverluste auftreten. Zum Beispiel wurde bei der Bohrung Hohenwussen 2, die in einer Teufe von 380 m im Buntsandstein stand, der Einsatz der Fernsehsonde vorgesehen. Die Mammutpumpe wurde so eingebaut, daß der Ansaugpunkt bei 365 m stand. Die Luftleitung wurde bis 80 m eingebaut und es wurde mit einer Leistung von etwa $7 \text{ m}^3/\text{h}$ gepumpt. Zunächst wurde Dickspülung aus dem Bohrloch gefördert. Nach 80 Stunden wurde der Klarpumpversuch beendet. Dieser Pumpversuch wurde insgesamt 120 Stunden

gefahren mit einer Absenkung von 64 m. Anschließend erfolgte der Einsatz der Fernsehsonde, mit der ein einwandfreies Bild erzielt werden konnte. Die Mammutpumpe bietet also die beste Voraussetzung, eine Bohrung für die Fernsehsonde meßreif zu machen.

Linksspülbohrverfahren

Bei diesem Komplex, der sowohl das Locker- als auch das Festgestein betrifft, kommt dem Druckluftpumpversuch besondere Bedeutung zu. Seit etwa zwei Jahren sind das reine Saugbohren und das Lufthebebohren in der hydrogeologischen Erkundung und Erschließung in unserem Bereich eingeführt. Speziell das Lufthebebohren führte praktisch automatisch die Mammutpumpe ein.

Das Bohrgestänge, ein selbst hergestelltes Flanschgestänge mit seitlich vorhandenen Luftrohren, hat einen Durchmesser von 150 mm lichter Weite.

Hier wird also die parallele Methode angewandt, während bei den Saugbohranlagen ein 2"-Luftrohr in das 150er Saugbohrgestänge eingeführt wird, und dann nach konzentrischer Anordnung gearbeitet wird. Dazu ist auch ein sogenannter Mammutkopf entwickelt worden, durch den das 2"-Luftrohr in konzentrierter Form eingeführt wird.

Die Anwendung der Mammutpumpe erfolgte zunächst für das Klarpumpen und wurde dann auch im Festgestein in unverrohrten Bohrungen mit 500 bis 600 mm Durchmesser auf Zwischenpumpversuche ausgedehnt. In diesen Fällen wurde nur der Spülteich abgesperrt und der Meißel einige Meter von der Bohrlochsohle gehoben. Bei diesen Zwischenpumpversuchen werden der Wasserandrang und die Qualität des Wassers, insbesondere Salzgehalt und Härtebestimmung, untersucht.

Einschätzung der Druckluftpumpversuche seitens der Hydrogeologie

Vor Verabschiedung der Erkundungsrichtlinie und Vorratsklassifikation für das Mineral Wasser ist z. Z. folgendes zu bemerken:

Die Einsatzmöglichkeit ist vorwiegend nur in niederen Untersuchungsstadien gegeben, wo durch die Bohrungen lediglich der Nachweis von Grundwasserleitern und der Qualität des Grundwassers zu erbringen sind.

In höheren Untersuchungsstadien kann dieses Verfahren zur Abgrenzung der unterirdischen Einzugsgebiete in Anwendung kommen. Weiterhin sind durch die Möglichkeit des Abpumpens der gesetzten Beobachtungsrohre im Verlauf langwieriger Untersuchungsarbeiten und auch in der Umgebung bestehender Grundwasserfassungsanlagen jederzeit Entnahmen von Wasserproben zur Bestimmung eventuell zu befürchtender Qualitätsveränderungen der Grundwasserleiter gegeben.

In der DDR ist diese Tatsache vielfach von ausschlaggebender Bedeutung, da durch die häufig auftretenden hohen Chloridgehalte an Störungen und Strukturen Qualitätsveränderungen bei zunehmender Grundwasserförderung auftreten bzw. zu erwarten sind.

Als negativ muß aber herausgestellt werden, daß bei Druckluftpumpversuchen an 2"-Grundwasserbeobachtungsrohren, wie oben schon erwähnt, keine Wasser-
spiegelmessungen während der Zeit des Pumpens möglich sind. Äußerst positiv
hingegen ist die Tatsache, daß versandete oder von oben verstopfte Grundwas-
serbeobachtungsrohre sich durch das Druckluftpumpverfahren regenerieren las-
sen, ohne daß dabei die Pumpeinrichtung einem wesentlichen Verschleiß unter-
liegt. Dadurch können in Gebieten mit hochliegendem Grundwasserspiegel (über
vakuummetrischer Förderhöhe) regenerierte Grundwasserbeobachtungsrohre spä-
ter jederzeit mit einer Kreiselpumpe abgepumpt werden. Dadurch können even-
tuell weitere hydrogeologische Untersuchungsbohrungen eingespart werden.
Anfänglich wurde bei der Einführung der Druckluftpumpversuche vielfach die
Meinung vertreten, daß beim Einsatz einer Mammutpumpe nicht die Gewähr ge-
geben ist, eine den tatsächlichen Verhältnissen entsprechende Analyse des
Grundwassers zu erhalten. Es wurden aus diesem Grunde im Gesamtbereich der
VVB Feste Minerale Pumpversuche an Bohrungen mit Uta- oder Kreiselpumpen und
danach mit Mammutpumpen gefahren, um aus den gewonnenen Wasseranalysen eine
Beeinträchtigung der Wasserqualität durch die Vermischung mit der Druckluft
erkennen zu können.

Aus der qualitätsmäßigen Auswertung der vorliegenden Analysenergebnisse kann
zusammenfassend gefolgert werden, daß eine Beeinträchtigung der Qualität des
Grundwassers durch den Einsatz der Mammutpumpe bei hydrogeologischen Pumpver-
suchen nicht erkannt werden kann. Eine Erhöhung des Eisengehaltes findet nur
in sehr geringem Maße statt, wo hingegen Eisenbikarbonat überwiegend in
Eisenhydroxyd zerfällt.

Da das vorliegende Analysenmaterial jedoch noch nicht repräsentativ genug
ist, sind sooft als möglich Vergleichsanalysen vorgesehen, um eine generelle
Beseitigung dieser Behauptung zu erhalten.

Der zukünftige Einsatz der Mammutpumpe

In den nächsten Jahren ist im Rahmen der Forschungs- und Entwicklungsarbeit
im Bereich der VVB Feste Minerale ein Thema über die Abgrenzung des mögli-
chen Einsatzes der Mammutpumpe in der hydrogeologischen Erkundung und Er-
schließung vorgesehen.

In Auswertung unserer eigenen praktischen Erfahrungen sowie des internatio-
nalen Kenntnisstandes soll dieses Thema bearbeitet werden. Es muß dabei na-
türlich auf die Ökonomie als besonderes Kriterium hingewiesen werden. Die
Breite der Anwendung der Mammutpumpe wird letztlich davon abhängen, inwie-
fern dieses Verfahren sich als ökonomischer erweist, als das bisherige Pum-
pen mit Kolben-, Uta- und Kreiselpumpen.

Im Rahmen dieser Betrachtungen ist natürlich zu berücksichtigen, inwieweit
durch den Einsatz der Mammutpumpe unter Berücksichtigung der hydrogeologi-
schen Aufgabenstellung der Enddurchmesser der Bohrungen zu verringern und
damit der bohrtechnologische Ablauf an sich wirtschaftlicher zu gestalten
ist.

Durch Vergleichsanalysen muß endgültig bestätigt werden können, daß der Chemismus des Wassers nicht so beeinträchtigt wird, daß die hydrogeologische Aussagefähigkeit darunter leidet. Letzlich ist das Problem der Regelbarkeit der Förderung unsererseits noch nicht befriedigend gelöst.

Abschließend kann festgestellt werden, daß der Einsatz der Mammutpumpe von vielen Faktoren beeinflusst wird, und daß es darauf ankommen wird, auf Grund einer komplexen Analyse die Abgrenzung der Einsatzmöglichkeiten unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Aussagefähigkeit und der Wirtschaftlichkeit vorzunehmen.