



BERGMÄNNISCHE WASSERWIRTSCHAFT

1. LEHRBRIEF

BERGAKADEMIE FREIBERG · FERNSTUDIUM

Vorbemerkung	3
 1. TEIL: WASSERLÖSUNG	
1. Kapitel: Erscheinungsformen des Wassers über und unter der Tagesoberfläche und ihre natürlichen Zusammenhänge	
1 Kreislauf des Wassers	3
2 Auftreten und Arten von unterirdischem Wasser	
a) Anteil der Niederschläge im allgemeinen	6
b) Aufnahme und Weg der Niederschläge beim Eindringen in den Boden	8
3 Entstehung des Grundwassers	
a) Aus den örtlichen Sickerwassermengen	10
b) Durch Einsickerung von Flußwasser	13
4 Arten des Grundwassers und der Quellen	14
Seminar	18
2. Kapitel: Auftreten der Wässer im Bergbau	
5 Wasserzuflüsse in Grubenbauen	
a) Normale Wasserzuflüsse	20
b) Wassereinbrüche	21
6 Gebirgsstörungen als Wasserzubringer	22
7 Grundsätzliche Unterschiede der bergmännischen Wasserwirtschaft in den einzelnen Bergbauzweigen	23
8 Zusammensetzung des Grubenwassers	25
Seminar	27
3. Kapitel: Fernhaltung des Wassers vom Grubengebäude	
Vorbemerkung	29
9 Sicherung der Grubenbaue über Tage	
a) Vorkehrungen gegen Eindringen von Oberflächenwasser in die Gebirgsschichten	
b) Vorkehrungen, die Überflutungen bei Hochwassergefahr vorbeugen	29
10 Sicherung des Grubengebäudes oder der einzelnen Grubenbaue unter Tage	
a) Anwendung von Abbaumethoden mit planmäßigem Absenken des Hangenden und Spülversatz	31
b) Stehenlassen von Sicherheitspeilern	31
11 Wasserdichter Ausbau in Strecken	32
12 Versteinerung des Gebirges in Strecken	34
13 Sicherung der Grubenbaue durch Wasserabdämmungen	
a) Filterdämme	36
b) Undurchlässige Wasserdämme (Holz-, Mauer- oder Betondämme)	37
14 Dammtore	42
15 Wasserabdämmungen im Salzbergbau	44
Seminar	47

Mühle.

Bergmännische Wasserwirtschaft

in Tiefbaugruben

1. LEHRBRIEF

von Dr.-Ing. Hans Matschak

Professor an der Bergakademie Freiberg

und Dipl.-Berging. Rudolf Tropschug

wissenschaftlicher Mitarbeiter der Hauptabteilung Fernstudium
der Bergakademie Freiberg

Manuskript abgeschlossen im September 1957

Die Lehrbriefe der Hauptabteilung Fernstudium der Bergakademie Freiberg
sind über den Buchhandel zu beziehen.

Preis dieses Lehrbriefes: 2,00 DM

Alle Rechte vorbehalten, auch das des Nachdruckes
im Auszug, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung.

Bestell-Nr. 10079/1 · 1. Auflage · Ag 601/58/DDR

Herausgegeben von der Hauptabteilung Fernstudium der Bergakademie Freiberg im Auftrag
des Staatssekretariats für Hoch- und Fachschulwesen der Deutschen Demokratischen Republik
Herstellung durch den VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin W8, Niederwallstr.39
Druck: VEB (K) Mühlhäuser Druckhaus, Mühlhausen i. Thür.

Vorbemerkung

Die bergmännische Wasserwirtschaft umfaßt

1. die *Wasserlösung*, d. h. die Vorkehrungen zur Fernhaltung des Wassers vom Grubengebäude und zur planmäßigen Ableitung der Wässer aus den Grubenbauen;
2. die *Wasserhaltung* (Wasserhebung), d. h. die Vorkehrungen und Anlagen zum Heben der in den Grubenbauen zusitzenden Wässer bis zu einer Abflußstelle.

Die *planmäßige Vorentwässerung* des Deckgebirges ist zur Wasserlösung zu rechnen. Da sie im Braunkohlenbergbau beim Aufschluß und Betrieb im Vordergrund steht, wird sie in der Lehrbriefreihe Braunkohlentagebaukunde behandelt.

Die *Hydrologie* wird einleitend insoweit erläutert, als sie zum Verständnis der bergmännischen Wasserwirtschaft in Tiefbaugruben erforderlich ist.

1. TEIL: WASSERLÖSUNG

1. Kapitel: Erscheinungsformen des Wassers über und unter der Tagesoberfläche und ihre natürlichen Zusammenhänge

Kreislauf des Wassers

Der *Kreislauf* des Wassers verknüpft die räumlich getrennten Vorkommen des Wassers zu einem geschlossenen Ganzen. Das Wasser der Bäche, Flüsse, Seen und Meere bedeckt 71 % der gesamten Tagesoberfläche. Erwärmen sich die darüber strömenden kalten Luftmassen, so verdunstet eine größere Menge des Wassers und wird von der Luft in Form von Wasserdampf aufgenommen.

Infolge der stärkeren Erwärmung über Land, der dadurch bedingten Ausdehnung sowie der Aufnahme von Wasserdampf mit einem spezifischen Gewicht von 0,625 wird die Luft relativ leichter und steigt nach oben. Es entsteht hierdurch ein Unterdruckgebiet. In dieses strömen von der Seite her Luftmassen ein, die, mit Feuchtigkeit beladen, vom Meer her über das Festland kommen und in den aufsteigenden Luftstrom aufgenommen werden. Je höher die Luft aufsteigt, um so stärker wird die Abkühlung¹⁾, wodurch die relative Luftfeuchtigkeit steigt. In einer gewissen Höhe kann Temperaturgleichheit mit der umgebenden Luft eintreten. Dem Aufsteigen ist damit eine Grenze gesetzt. In ande-

¹⁾ Die durch Expansion bedingte Abkühlung der aufsteigenden Luft beträgt 1° C je 100 m.

ren Fällen kann das Aufsteigen bis in große Höhen weitergehen. Meist kühlt sich die Luft dabei bis unter den Sättigungsgrad ab, dadurch wird der Taupunkt unterschritten, und nun verdichtet sich der überschüssige Wasserdampf zu Wassertröpfchen oder Eisnadeln, die Wolken bilden. Eisnadeln und Tröpfchen wachsen zu Tropfen, die beim Niederfallen nicht mehr verdunsten können; es tritt Regen ein. Liegen die Temperaturen auch in Bodennähe unter 0°C , dann fällt der Niederschlag als Schnee oder Graupeln.

Der härtere Hagel entsteht in sehr hohen Gewitterwolken, die durch gelbgraue Farbe und unscharfe Begrenzung auffallen.

Der Tau entsteht in kühlen Nächten bei feuchter Luft und Windstille. Er ist für die Speisung der Gewässer ohne Bedeutung, um so größer ist aber seine Wichtigkeit für die Pflanzen in niederschlagsarmen Zeiten. Abb. 1 zeigt den erwähnten *Wasserkreislauf in einfachster Form* mit den absoluten Mengen in km^3/Jahr . Von $v_m =$

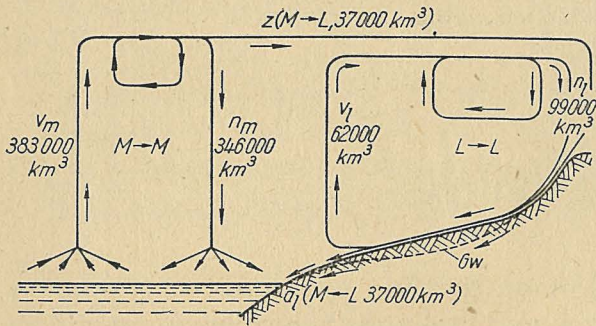


Abb. 1

Der Wasserkreislauf in einfacher Form mit den absoluten Mengen in Jahr in km^3/Jahr

$M \rightarrow M$ vom Meer zum Meer, $M \rightarrow L$ vom Meer zum Land, $L \rightarrow L$ vom Land zum Land, $M \leftarrow L$ vom Land zum Meer, G_w Grundwasser

ter Linie auf die stärkeren Niederschläge und auf die stärkere Verdunstung auf dem Meere zurückzuführen. Die übergetretene Menge a_l von $37\,000 \text{ km}^3$ verzweigt sich auf dem Festland, von dem sie teils nach Versickerung im Boden unterirdisch als Grundwasser G_w , teils oberirdisch dem Meere als Abflußmenge a_l zufließt. Demnach ersetzen die atmosphärischen Niederschläge das durch Verdunstung verlorengelungene Oberflächenwasser.

Der von den Luft- und Wasserdampfmassen zurückgelegte Weg beträgt im Monat etwa $10\,000 \text{ km}$, das ist mehr als die durchschnittliche Breite der Kontinente. Ein Wasserteilchen kommt demnach schon während eines Monats mehrfach mit dem Meer in Berührung, und das Bild eines über dem Lande sich schließenden Kreislaufes muß durch eine größere Zahl von Überstreichungen ersetzt werden, von denen jede etwas zur Ab-

$383\,000 \text{ km}^3$ aus dem Meer jährlich verdunsteten Wassers fallen $n_m = 346\,000 \text{ km}^3$ unmittelbar ins Meer selbst zurück. Die Differenz $z = 37\,000 \text{ km}^3$ tritt zum Festland über. Der vom Festland selbst verdunstete Teil beträgt $v_l = 62\,000 \text{ km}^3$, so daß über dem Festland insgesamt $n_l = 37\,000 \text{ km}^3 + 62\,000 \text{ km}^3 = 99\,000 \text{ km}^3$ Niederschläge fallen. Die erheblich größere Verdunstungsmenge über dem Meer ist einmal auf die größere Fläche der Meere gegenüber den Festlandflächen (71 % gegen 29 %), in zweiter

flußsumme von $37\,000\text{ km}^3$ beiträgt. Die Zahl der jährlichen Überstreichungen beträgt etwa 30 bis 40, d. h., jedes Wasserteilchen legt im Jahr 30 bis 40mal den beschriebenen Kreislauf zurück.

Abb. 2 zeigt den *Wasserkreislauf in erweiterter Form* mit den spezifischen Höhen in cm/Jahr unter Berücksichtigung der Überstreichungen. Es verdunsten im Jahre durchschnittlich $V_m = 106\text{ cm}^1$, von denen $N_m = 79\text{ cm}^2$) als Niederschlag ins Meer zurückfallen. Die Differenz von 27 cm tritt auf das Festland über und wird wegen der im Verhältnis 71:29 größeren Meeresfläche zu einer Niederschlags Höhe von $N_l = 67\text{ cm}^3$, von der $V_l = 42\text{ cm}^4$) zurückverdunsten. Der Abfluß $A_l = 25\text{ cm}^5$) kann beim Einstürmen ins Meer dessen Niveau (infolge der größeren Fläche) nur um 10 cm erhöhen. Die $V_l = 42\text{ cm}$ kehren über das Meer zurück und erzeugen einen indirekten Niederschlag von 17 cm. Er deckt mit dem direkten Niederschlag aufs Meer und der aus dem Abfluß hervorgehenden Erhöhung die Gesamtverdunstung des Meeres von $V_m = 106\text{ cm}^6$).

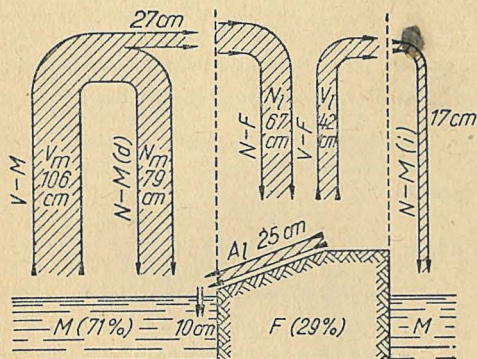


Abb. 2

Der Wasserkreislauf mit den spezifischen Höhen im Jahr (cm) unter Berücksichtigung der Überstreichungen

M Meer

F Festland

V-M Verdunstung-Meer

N-M (d) Niederschlag-Meer (direkt)

N-F Niederschlag-Festland

V-F Verdunstung-Festland

N-M (i) Niederschlag-Meer (indirekt)

A_l Abfluß für das gesamte Festland

Ausgehend vom Wasserkreislauf kann man für jedes beliebige Gebiet der Erdoberfläche die hydrologischen Verhältnisse zahlenmäßig durch die *Wasserbilanzgleichung* charakterisieren. Diese besagt in ihrer einfachsten Form $A = N - V$, daß die in einem Untersuchungsgebiet während eines gewissen Zeitabschnittes oberflächlich abfließende Wassermenge A gleich ist der Niederschlagsmenge N abzüglich der verdunsteten Wassermenge V . Der Wasserverbrauch der Pflanzen wird vernachlässigt. Die Beziehung gilt zunächst für Zeiträume von einigen Jahrzehnten, in denen sich Überschüsse aus regenreichen und Defizite aus trockenen Jahren ausgeglichen

¹⁾ $383\,000\text{ km}^3$
 361 Mio km^2 (Meeresfläche)

³⁾ $99\,000\text{ km}^3$
 149 Mio km^2 (Landfläche)

⁵⁾ $67\text{ cm} - 42\text{ cm}$

²⁾ $346\,000 - 62\,000\text{ km}^3$
 361 Mio km^2

⁴⁾ $62\,000\text{ km}^3$
 149 Mio km^2

⁶⁾ $17\text{ cm} + 79\text{ cm} + 10\text{ cm}$

haben. Für kürzere Zeiträume müssen Rücklagen R und Aufbruch der Rücklagen B aus früheren Jahren berücksichtigt werden, so daß die Gleichung $A + (R - B) = N - V$ zu schreiben wäre. Der Wert $(R - B)$ ist im außeralpinen Deutschland vom September bis März im Durchschnitt positiv, vom April bis August negativ und hat für das ganze Jahr einen konstanten Wert, der im Mittel 111 mm beträgt. Grundlegende Bilanzuntersuchungen in Mitteleuropa haben u. a. die Werte in Tabelle 1 ergeben.

Tabelle 1: Mittlere jährliche Niederschlags- und Abflußhöhen

Mittl. jährl. Nieder- schlagshöhe ¹⁾	Stromgebiet						Mittelwert für Mittel- europa		
	des Rheins		der Elbe		der Oder				
	<i>N</i>	911 mm		601 mm		588 mm		714 mm	
Mittl. jährl. Abflußhöhe	<i>A</i>	439 mm	% 48,2	443 mm	% 73,7	438 mm	% 74,4	446 mm	% 62,4
<i>V = N - A</i>		472 mm	51,8	158 mm	26,3	150 mm	25,6	268 mm	37,6

Die Messung der Wässer, die zum Abfluß gelangen, ist z. B. bei Entwässerungsarbeiten im Bergbau, Hochwasserschutz, Wasserversorgung usw. von besonderer Bedeutung.

2 Auftreten und Arten von unterirdischem Wasser

a) Anteil der Niederschläge im allgemeinen

Die in diesem Wasserkreislauf vorkommenden Arten des Wassers bezeichnet man wissenschaftlich als *vadose Wässer* (aus der Atmosphäre stammendes Wasser). Die Menge des dem Wasserkreislauf zusitzenden *juvenilen* (jugendlichen) *Wassers*, das ständig im Erdinnern bei der Entgasung des glutflüssigen Magmas neu entsteht, ist so gering, daß sie praktisch nicht in Betracht kommt. Wohl spielt aber juveniles Wasser bei Mineralquellen eine wichtige Rolle.

Die Höhe der atmosphärischen Niederschläge ist bestimmend für die Entstehung des Grundwassers. Es ist daher von großer Wichtigkeit, die Niederschläge ständig zu messen. Zur Bestimmung der Niederschlagshöhe oder Regenhöhe bedient man sich der Regennmesser oder Ombrometer (Abb. 3). Das *Ombrometer* besteht aus einem oben offenen, zylindrischen Auffanggefäß A mit scharf abgeschliffenem Rand von 15,96 cm Durchmesser, so daß die Auffangfläche genau 200 cm² beträgt. Das 45 cm hohe Auffanggefäß ist in einem Rahmen R so befestigt, daß die Auffangfläche 1 m über dem Boden liegt. Das untergestellte Meßglas M weist für je 2 cm³ einen Teilstrich auf, der einer Regenhöhe von 0,1 mm entspricht (200 cm² \times 0,01 cm = 2 cm³).

¹⁾ Als jährliche Niederschlagshöhe (Regenhöhe) bezeichnet man die Anzahl der mm, um welche ein ruhender Wasserspiegel durch das jährliche Niederschlagswasser anstiege, wenn kein Abfluß, keine Verdunstung und keine Versickerung eintreten würde.

In ein und derselben Gegend ist die Jahressumme der Niederschläge nicht gleichbleibend. Brauchbare Durchschnitte kann man daher nur durch Messungen erhalten, die über Jahrzehnte ausgedehnt werden (Tab. 2).

Abb. 3
Regenmesser (Ombrometer)
A Auffanggefäß
R Rahmen
M Meßglas

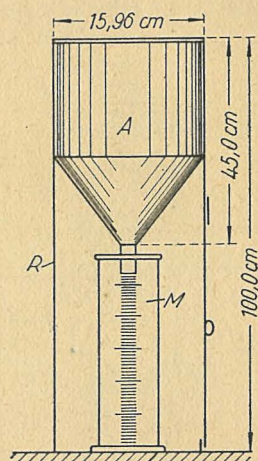


Tabelle 2: Jahresmittel der Niederschlagshöhen im mitteleuropäischen Raum (in mm)

550	in Ostpreußen	890	in Bayern
590	in Brandenburg, Pommern, Mecklenburg, Thüringen, Sachsen-Anhalt	1058	in Baden
660	in Sachsen	796	in Osterode am Harz
680	in Schlesien, Hessen	1300	in Schierke am Fuß des Brockens
700	in Schleswig-Holstein	1700	auf dem Brockengipfel
750	in Rheinland-Westfalen	1460	im südlichen Schwarzwald
870	in Württemberg	1900	in den Voralpen
		633	im Ostharz
		1030	im Westharz

Daran erkennt man, daß die Niederschlagshöhen

vom Osten nach dem Westen und Süden zunehmen,
mit der Höhenlage wachsen und

auf der den Regenwinden zugekehrten Seite der Gebirge höher sind als auf der entgegengesetzten Seite, die im sog. Regenschatten liegt.

Die Grenzwerte weichen erheblich von den Durchschnittswerten ab. In einem Fall stehen z. B. einem Jahresmittel von 680 mm ein Kleinstwert von 520 und ein GrößtWert von 1400 mm gegenüber. Durchschnittlich fallen im Frühjahr 22 %, im Sommer 36 %, im Herbst 24 % und im Winter 18 % des jährlichen Niederschlages. Der regenreichste

Monat ist im allgemeinen der Monat Juli. Die größten Tageshöhen sind von besonderer Wichtigkeit, weil sie oft schwere Schadenhochwässer verursachen.

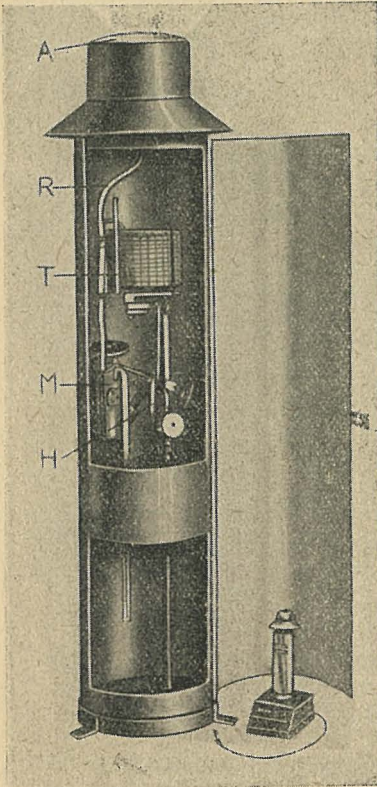


Abb. 4
Regenmesser der Firma Fueß, Dortmund
A Auffanggefäß R Zulaufrohr
M Meßgefäß T Trommel
H Heber

Man unterscheidet Regenstärke und Regenspende. Als *Regenstärke* wird nach DIN 4045 die Anzahl der mm Regenhöhe in 1 Minute bezeichnet. Als *Regenspende* dagegen bezeichnet man die in 1 Sekunde auf 1 ha Land fallende Literanzahl oder die in 1 Sekunde auf 1 km² fallende Kubikmeteranzahl ($1/s \cdot ha$ oder $m^3/s \cdot km^2$). Zur Ermittlung der Regenstärke dienen selbstschreibende Ombrometer, die den Verlauf des Regens (Zeitdauer, Regenanfang und -ende, Schwankungen der Dichte) durch eine Kurve darstellen. Abb. 4 zeigt einen *selbstschreibenden Regenmesser der Fa. Fueß, Dortmund*. Er besteht aus einem 1,0 m hohen Blechgehänge mit einem Meßgefäß, in welchem eine selbsttätige Meß- und Heizvorrichtung untergebracht ist.

Das Regenwasser fließt vom Auffanggerät A durch ein enges Zulaufrohr R in das Meßgefäß M, wo es einen Schwimmer aufwärts bewegt. Die Schwimmerbewegung wird mit Führungsstange und Schreibstift auf den Papierstreifen der durch ein Uhrwerk bewegten Trommel T aufgetragen. Bei leerem Meßgefäß zeigt der Stift die Nullstellung. Der Inhalt des Meßgefäßes beträgt 200 cm³ und entspricht in bezug auf die Weite des Auffanggefäßes (200 cm²) einer Regenhöhe von 10 mm. Ist das Meßgefäß gefüllt, wird die Wassermenge durch einen Heber H in das Sammelgefäß abgesaugt, das nochmals die Messung der gesamten Regenmenge ermöglicht.

Damit im Winter das Wasser im Meßgefäß nicht einfriert, wird durch eine elektrische Heizvorrichtung die Temperatur auf etwa + 3° C gehalten:

b) Aufnahme und Weg der Niederschläge beim Eindringen in den Boden

Das Eindringen der Niederschläge vollzieht sich am einfachsten in weiten Hohlräumen des Erdreiches, in offenen Klüften und Rissen sowie bei groben Trockenablagerungen (Sinkwasser). Bei dichter gelagerten Böden sind die Vorgänge bei der Wasseraufnahme komplizierter (Sickerwasser).

Das Sickerwasser *Sw* (Abb. 5) füllt zunächst die Lücken zwischen den Bodenkörnern der obersten Bodenschichten vollständig aus und dringt dann allmählich tiefer ein. Dabei

werden die einzelnen Körnchen von dünnen Wasserhäutchen umgeben (*Häutchenwasser Hw*), oder das Wasser bleibt in den Winkeln zwischen den Poren haften (*Porenwinkelwasser Pw*), größere untereinander zusammenhängende Porenräume werden ausgefüllt (*Kapillarwasser*), während ein Teil der Poren, besonders in den oberen Schichten, auch von Wasser freibleiben kann und mit Grundluft *Gl* (Bodenluft) durchsetzt ist. Man spricht in diesem Fall vom *offenen Kapillarsaum oK*. In den unteren Teilen entsteht der luftfreie *geschlossene Kapillarsaum gK*. Häutchen- und Kapillarwasser (oft als Haftwasser bezeichnet) bilden gemeinsam mit dem hygroskopischen Wasser die *Boden- oder Grundfeuchtigkeit*, die nicht durch Pumpen entfernt werden kann. Die untere Grenze dieser Grundfeuchtigkeit wird durch den darunter befindlichen *Grundwasserspiegel Gw* bestimmt. Je größer der in den einzelnen Bodenkörnern befindliche Porenraum ist, desto kleiner ist der Kapillarsaum und um so tiefer sinkt das Sickerwasser ein. Tonige Böden halten wegen ihres geringen Porenvolumens (Summe aller Hohlräume) und ihrer Quellfähigkeit das Sickerwasser bereits in den oberen Bodenschichten fest. Nach Überschreiten der Sättigung des betreffenden Bodens kann das einsickernde Wasser kapillar nicht mehr festgehalten werden und sinkt ab.

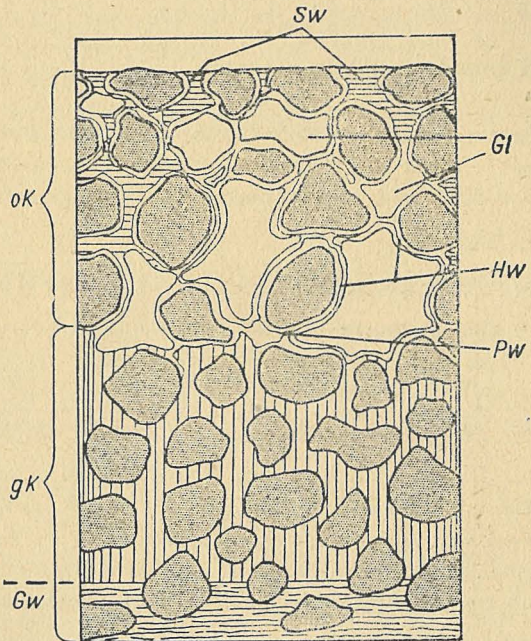


Abb. 5 Arten der Bodenwässer
Sw Sickerwasser
Hw Häutchenwasser
Pw Porenwinkelwasser
Gl Grundluft
oK offener Kapillarsaum
gK geschlossener Kapillarsaum
Gw Grundwasserspiegel

3 Entstehung des Grundwassers

In unseren Breiten schließt sich, wie bereits erwähnt, an die Kapillarwassermenge nach unten meist das Gebiet des zusammenhängenden Grundwassers an. Grundwasser ist vadoses Wasser, das im Bereich der Erdrinde in frei beweglicher Form auftritt.

Es bildet sich

- a) zum größeren Teil *aus den örtlichen Sickerwassermengen* und
- b) zum geringeren Teil *durch Einsickern von Flußwasser*, also mittelbar gleichfalls aus dem Niederschlag.

Zu a)

Für die Sickerwassermenge sind folgende Faktoren bestimmend:

die *Höhe und Art der Niederschläge*

Hohe Niederschläge liefern in der Regel auch viel Sickerwasser. Bei großer Regenintensität aber, wie z. B. bei einem Platz- oder Gewitterregen, kann das Wasser nicht rasch genug in den Erdboden einsickern und fließt daher zum größeren Teil oberflächlich ab. Bei gleichmäßig fallendem Landregen dagegen sickert ein weit größerer Teil ein.

die *Jahreszeit*

Am größten ist der Anteil des Sickerwassers an der Niederschlagsmenge im Frühjahr bei offenem Boden während der Schneeschmelze und im Herbst, geringer im Sommer infolge häufiger Gewitterregen und starker Verdunstung, am geringsten im Winter bei gefrorenem Boden.

die *Aufnahmefähigkeit des Bodens*

Sie wird außer von seiner Durchlässigkeit von der Oberflächengestaltung, der Oberflächenneigung und der Bodenbedeckung beeinflusst. Je geringer die Durchlässigkeit ist, um so mehr wird unter sonst gleichen Umständen als Oberflächenwasser abfließen, ohne einzusickern. Die Oberflächengestaltung (glatt, rau, wellig u. a.) bietet dem Abfluß mehr oder weniger großen Widerstand und beeinflusst hierdurch entsprechend die Versickerung. Eine starke Oberflächenneigung beschleunigt den Abfluß und verringert damit die Versickerung. Den Gegensatz zwischen dem Wasserhaushalt des Waldes und des Freilandes sowie die Grundwasserverhältnisse zeigt Abb. 6.

Der Wald beeinflusst die Wasserbilanz folgendermaßen: Ein Teil der Niederschläge wird von den Baumkronen aufgefangen (Tropfenabfang), und zwar um so mehr, je schwächer der Regen ist. Diese Menge wird auf 15 bis 25 % des Niederschlages geschätzt; hiervon läuft ein Teil an den Stämmen herunter. Der Abfluß im Wald ist geringer als im freien Felde, weil das Wasser leichter einsickert als im festeren Boden der freien Fläche. Die Verdunstung setzt sich zusammen einerseits aus der direkten Verdunstung von der Oberfläche des Bodens und andererseits der Transpiration, das ist die physikalisch bedingte Abgabe von Wasserdampf seitens der wasserreichen Pflanzen an den meist wasserärmeren Luftraum. Der Tropfenabfang durch die Bäume vergrößert

die Oberflächenverdunstung. Aus diesem Vergleich folgt, daß das freie Feld im allgemeinen mehr Oberflächenwasser an die Flüsse abgibt und daß die Waldbedeckung das Eindringen von Wasser in den Verwitterungsboden und damit die Grundwasserbildung begünstigt, allerdings auch einen stärkeren Verbrauch in Trockenzeiten be-

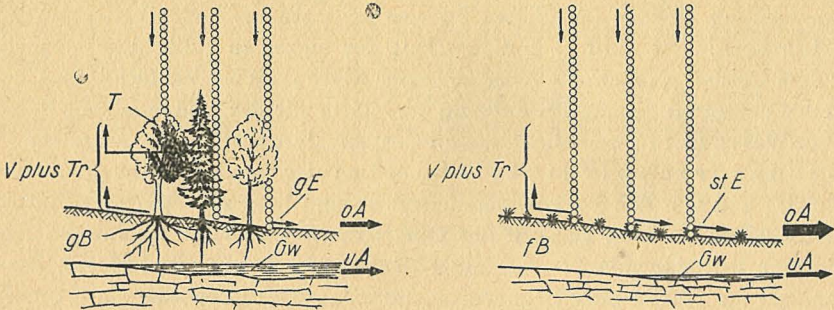


Abb. 6 Wasserhaushalt im Walde vor und nach der Entwaldung

Wald

T Tropfenabfang, *oA* oberirdischer Abfluß, *uA* unterirdischer Abfluß, *gB* gelockerter Boden, *V* Verdunstung plus *Tr* Transpiration gesteigert, *gE* geringe Erosion, *Gw* Grundwasser

Freiland

oA oberirdischer Abfluß, *uA* unterirdischer Abfluß, *fB* fester Boden, *V* Verdunstung plus *Tr* Transpiration verringert, *stE* starke Erosion, *Gw* Grundwasser

dingt. Außer durch Regulierung der Wasserbilanz macht der Wald seinen Einfluß noch in anderer Weise geltend; er mildert die Windwirkung und schützt so den Boden vor rascher Austrocknung. Die Schneedecken halten sich in den Wäldern länger. Eine wichtige Rolle spielt die *Pflanzenbedeckung*. Ihr Wasserverbrauch liegt teils unter, teils wesentlich über der Durchschnittsverdunstung des Bodens. Die Verdunstungsmenge z. B. einer Grasdecke ist etwa doppelt so groß wie die eines unbedeckten und unbearbeiteten Bodens.

Größere Sickerwassermengen von Regen und Schneeschmelzwasser stoßen normalerweise durch poröse, wasserdurchlässige (wasserführende) Gesteinsschichten, *Grundwasserleiter*¹⁾, bis zu einer wasserundurchlässigen oder wenig durchlässigen Gesteinsschicht vor, dem *Grundwasserstauer*²⁾, der ihnen den weiteren Weg in die Tiefe versperrt. Undurchlässigkeit finden wir vorwiegend in den massigen kristallinen und Eruptivgesteinen, z. B. im dichten Granit oder Gneis. Weiter gehören hierher kristalline Schiefer, Tone, Mergel, gewisse Sandsteine und Konglomerate sowie tonige Sande. Der Ton, einer der bekanntesten Wasserstauer, nimmt selbst sehr viel Wasser auf, leitet es aber nicht weiter. Durchlässigkeit finden wir vorwiegend in den losen Sanden und Kalken. Bei den losen Sanden ist die Durchlässigkeit wesentlich von der Korn-

¹⁾ Als Grundwasserleiter bezeichnet man Gebirgsschichten, die Grundwasser enthalten und geeignet sind, es weiterzuleiten (Grundwasserträger ist als Bezeichnung zu vermeiden).

²⁾ Grundwasserstauer sind Gebirgsschichten, die das Grundwasser stauen. Sie schließen nach oben und unten wasserdicht ab.

größe abhängig, sie vermindert sich schrittweise mit der Feinheit des Materials. Manche Sandsteine vermögen mit wachsender Lockerung sehr viel Wasser aufzunehmen und bilden daher *Wasserspeicher*; hierher gehören die Buntsandsteine verschiedener Gebiete (z. B. Saargebiet). Von besonderer Bedeutung ist die Wasseranstauung in sandreichen Schichten des Deckgebirges. Bekannt sind in dieser Hinsicht die Schwimmsandschichten mancher Gebiete (nördliches Ruhrgebiet, Aachener Gebiet). Bei den Kalken ist die Durchlässigkeit nicht eine Eigenschaft der einzelnen Kalkstücke, sondern sie kommt dem Gestein als Ganzem vermöge seiner Klüftigkeit zu. Vielfach bringt erst der Einfluß der Verwitterung eine Erweiterung der Klüfte mit sich, und man kann in solchen Fällen von Wasseradern sprechen, welche die Gesteine durchziehen. Die auftretende *Ver-sickerungsgeschwindigkeit* hängt von der inneren Reibung des Grundwasserleiters und von den Bodenwiderständen ab und liegt zwischen 1,2 m im Monat und 1,2 bis 2,0 m im Jahr. Das auf der Oberfläche des obersten Grundwasserstauers (Grundsohle) sich stauende Wasser bildet den *Grundwasserstrom*, der nach längerer Zeit als Quelle oder Brunnen an der Tagesoberfläche oder auch unter dem Spiegel von Wasserläufen oder Seen austritt. Das Grundwasser fließt, der Schwerkraft und dem Gefälle der aufstauenden Schicht folgend, in gleichmäßig ausgebildeten Gesteinen als breiter Grundwasserstrom. Die Fließrichtung des Grundwassers erhält man durch genaues Einmessen der Höhe des sog. *freien Grundwasserspiegels*, der mit der Kapillarwasserzone und dem Bodenluftgebiet in Verbindung steht und sich nach der Schwere einstellt. Danach werden die Linien gleicher Spiegelhöhe über NN, die *Grundwasserisohypsen*, gezeichnet (Abb. 7). Das Gefälle des

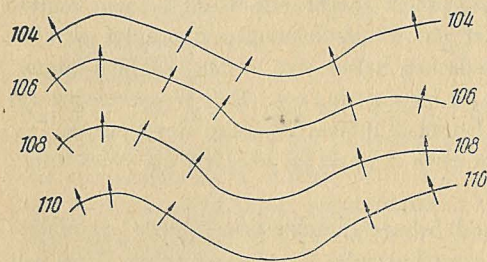


Abb. 7
Isohypsen und Fließrichtung des Grundwassers

geneigten Grundwasserspiegels und damit die Fließbewegung ist senkrecht zu den Isohypsen gerichtet und um so größer, je dichter die Isohypsen liegen. Die Geschwindigkeit des Grundwassers ist abhängig vom Gefälle¹⁾ und von der Durchlässigkeit der durchflossenen Gesteinsschichten des Grundwasserleiters. Man versteht unter Geschwindigkeit die *Filter- oder Durchgangsgeschwindigkeit*²⁾, nicht die Geschwindigkeit der Wasserteilchen selbst. Ist z. B. der Porengehalt des Gesteins 20 %, so ist die Filtergeschwindigkeit nur $\frac{1}{5}$ der Wassergeschwindigkeit. Sie schwankt erheblich, weil der innere Reibungswiderstand der wasserführenden Schichten sehr verschieden ist, und beträgt z. B. bei feinkörnigen Sanden und einem Gefälle von 1:3000 5 bis 5,5 m/Tag, bei Kiesen und einem Gefälle von 1:1000 10 bis 12 m/Tag. Der sich einstellende *Grundwasserspiegel* sucht infolge der kapillaren Wirkung des Ge-

¹⁾ Gefälle, das ist der auf die Längeneinheit des Fließgrundrisses bezogene senkrechte Höhenunterschied zwischen zwei Punkten.

²⁾ Die „Filter- oder Durchgangsgeschwindigkeit“ ist die gemittelte Fortbewegung des Querschnittes unter Einrechnung der festen in ihm liegenden Bestandteile.

steins den Formen des Geländes zu folgen, d. h., er liegt in Bergen höher als in Tälern. Die Bezeichnung Grundwasserhorizont muß vermieden werden, weil er vermöge seiner Neigung keinen Horizont darstellt. Der Spiegel wird in leicht durchlässigen Gesteinsschichten langsam abfallen, während er sich in Schichten, die dem Durchgang des Wassers eine große Reibung bieten, rasch absenken kann. Beim Auftreten mehrerer wasserundurchlässiger Schichten in verschiedener Tiefe sind mehrere Grundwasserspiegel möglich. Der *Grundwasserstand* wächst mit Zunahme der Niederschläge. Sein Ansteigen ist allerdings unregelmäßig. Im Sommer bewirken hohe Niederschläge nur ein schwaches, dagegen im Winter ein starkes Ansteigen des Grundwassers. Die Begründung dafür ist, daß die Verdunstung im Sommer viel stärker an den Niederschlägen zehrt als im Winter. Diese Tatsache ist deshalb wichtig, weil in Bergbaugebieten sinkende Ergiebigkeiten von Brunnen (infolge von Spiegelabsenkung) oft mit Unrecht dem Bergbau zur Last gelegt werden, während sie auf natürlichen Ursachen beruhen. Grundwässer, die tiefer als 7 bis 8 m unter Gelände liegen, zeigen keine Jahresschwankungen mehr. Weiter ist die Grundwassermenge eines Gebietes abhängig von der Art und Größe des Wassereinzugsgebietes. Hierbei unterscheidet man in Abb. 8 ein *oberflächliches* und ein *unterirdisches Einzugsgebiet*. Jenes ist durch die Oberflächenverhältnisse, dieses durch die Lage der unterirdischen Grundwasserstauer bedingt.

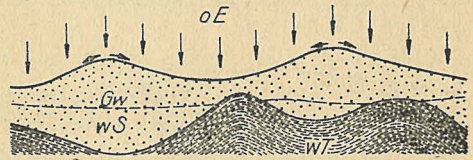


Abb. 8

Gegenstand zwischen oberflächlichem und unterirdischem – durch unterirdische Wasserstauer bedingtem – Wassereinzugsgebiet
 oE oberflächliches Einzugsgebiet
 wS wasserführender Sand
 wT wasserführender Ton
 Gw Grundwasserspiegel

Zu b)

Normalerweise kommuniziert das Grundwasser mit den Wasserläufen, die sein Verbreitungsgebiet durchziehen (undichtes Bachbett). Der Stand des Spiegels ist dann abhängig vom Wasserstand des Flusses. Es findet einerseits bei Hochwasser *Infiltration des Flußwassers* zu dem Grundwasserleiter, andererseits bei Trockenheit Austritt des Grundwassers in ein offenes Gewässer statt (Vorfluter)¹⁾. Kurzfristige Änderungen des Grundwasserspiegels können auch noch durch Druckschwankungen verursacht werden, die von den benachbarten Flüssen ausgehen. Auch plötzliche Anschwellungen im Vorfluter (Abb. 9) setzen sich durch Druckübertragungen in

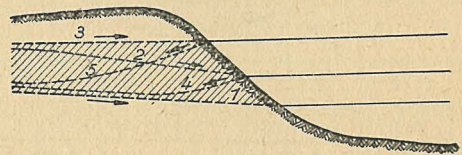


Abb. 9

Grundwasser am Vorfluter
 2 → Speisung durch Grundwasser
 4 und 5 ← Speisung aus dem Fluß
 1 und 3 → Dauerspiegel

¹⁾ Vorfluter = Gewässer, das die Abflußmengen eines anderen, hier des Grundwassers, aufnimmt.

ein Ansteigen des Grundwassers um (Linie 2), ohne daß ein erheblicher Mengentransport stattfindet. Bei steigendem Außenwasser hebt sich der Grundwasserstand teils durch Aufstau, teils durch Speisung aus dem Fluß (Linien 4 und 5). Die Linien 1 und 3 sind Dauerzustandslinien. Da das Grundwasser nach den Niederschlägen mit erheblicher Verspätung ansteigt, setzt man vorteilhaft die Grundwasserhöhen eines Monats mit den Regenhöhen des Vormonats in Beziehung.

4 Arten des Grundwassers und der Quellen

Der untere Teil der Abb. 10 zeigt ein auf einer wasserstauenden Gebirgsschicht fließendes Grundwasser, einen *Grundwasserstrom Gst*. Im oberen Teil der Abbildung stellt die undurchlässige Schicht eine Mulde dar; es tritt stehendes Grundwasser auf, ein *Grundwasserbecken Gb*.

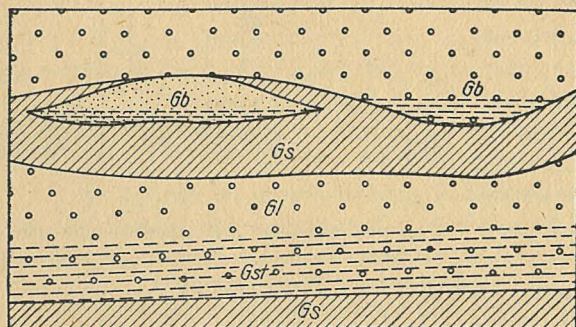


Abb. 10

Grundwasserstrom und stehendes
Grundwasserbecken
Gst Grundwasserstrom
Gb Grundwasserbecken
Gs Grundwasserstauer
Gl Grundwasserleiter

Liegen mehrere Lagen von wasserdurchlässigen Gebirgsschichten *Gl* übereinander (Abb. II), die durch Wasserstauer *Gs* voneinander getrennt sind, kann eine jede Grundwasser enthalten, *Grundwasserstockwerke*.

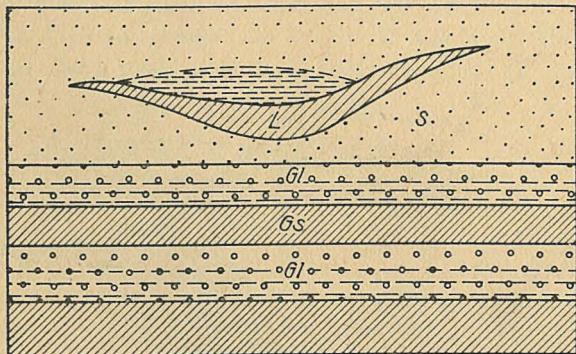


Abb. 11

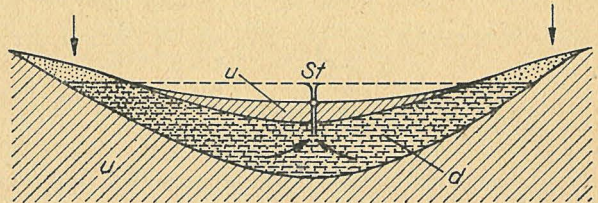
Grundwasserstockwerke (unten) und
schwebendes Grundwasser (oben)
Gl Grundwasserleiter
Gs Grundwasserstauer
L Ton- oder Lehm linse
S Sand oder Kies

Ein *schwebendes Grundwasserbecken* ist ein örtliches Becken, das z. B. von einer Ton- oder Lehm linse *L* innerhalb eines Sand- oder Kiesvorkommens *S* getragen wird.

Ist bei muldenförmiger Lagerung eine wasserdurchlässige Schicht d zwischen zwei undurchlässigen Schichten u eingeschlossen, so steht das Wasser unter einem gewissen Überdruck, der durch die Höhe der Einsickerungsstellen des Wassers über der Austrittsstelle bestimmt wird; man spricht von einem *gespannten Grundwasserspiegel* (Abb. 12). Da das Wasser unter natürlichen Verhältnissen nicht zum Vorschein kommt, sondern oft erst erbohrt werden muß, wird hier statt Quelle der Ausdruck Brunnen gebraucht (*artesischer Brunnen*).

Abb. 12

Artesischer Brunnen

 u undurchlässig d durchlässig St mögliche Steighöhe

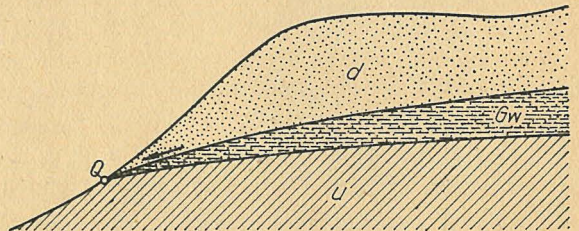
Als *Quelle* bezeichnet man eine Austrittsstelle des fließenden Grundwassers. Für die *Ergiebigkeit* der Quellen ist die Ausdehnung des Fanggebietes¹⁾ und die dort einsickernde Niederschlagsmenge maßgebend. Das Einheitsmaß für die Versorgung der Quelle mit Wasser ist die *Abflußspende*, die in $l/s \cdot km^2$ angegeben wird. Sie schwankt je nach der Aufnahmefähigkeit des Fanggebietes und den Niederschlagsverhältnissen erheblich. In den mitteldeutschen Gebieten beträgt die Abflußspende $2,5 l/s \cdot km^2$.

Quellen nach der Art ihres Zutagetretens

Die am stärksten verbreitete Quelle ist die *Schichtquelle* (Abb. 13). Das Wasser sammelt sich oberhalb einer undurchlässigen Schicht und muß gegen einen Talabhang Gefälle haben. Die Oberfläche des Grundwassers steigt vom Quellenband²⁾ mit leichter Wölbung konvex nach oben an.

Abb. 13

Schichtquelle

 u undurchlässig Gw Grundwasser d durchlässig Q Quellaustritt

Bei mehrfacher Wechsellagerung durchlässiger und undurchlässiger Schichten können Schichtquellen in mehreren Stockwerken auftreten.

In sonst undurchlässigem Gestein sind mehr oder weniger große Spaltensysteme, soweit sie nicht mit tonigen Zersetzungsprodukten verschmiert sind, in der Regel wasserfüh-

¹⁾ Als Fang- oder Einzugsgebiet versteht man die wasseraufnehmende Tagesoberfläche.

²⁾ Quellenband ist die Linie, längs welcher die Quelle zutage tritt.

rend (Abb. 14). An der Stelle, wo sie zu Tage austreichen, tritt am tiefsten Anschnittpunkt eine Quelle aus, die *Spaltquelle*.

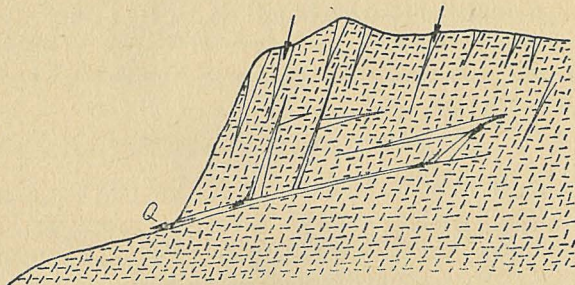


Abb. 14
Spaltquelle
Q Quellaustritt

Ist die undurchlässige Schicht eingemuldet, so sammelt sich das Grundwasser in der Mulde wie in einer schüsselförmigen Vertiefung so lange an, bis es am Rande überfließt (Abb. 15 *Überfallquelle*).

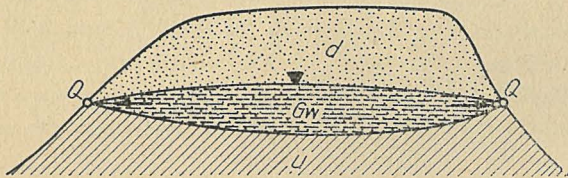


Abb. 15
Überfallquelle
„ undurchlässig
Gw Grundwasser
d durchlässig
Q Quellaustritt

Sind die Schichten gegeneinander verworfen, dann sammelt sich das Wasser in der durchlässigen Schicht an und tritt als *Stauquelle* an der Verwerfung aus (Abb. 16).

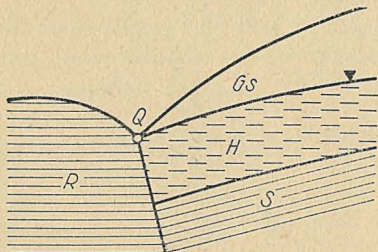


Abb. 16
Stauquelle an einer Verwerfung
R Rötelschiefer
H Hauptbuntsandstein
S Sohle
Gs Grundwasserspiegel
Q Quellaustritt

Lagert sich eine steilstehende Tonschicht an durchlässige Schotter an, dann wird das Grundwasser an ihrer Oberfläche zum Überlaufen gezwungen (Grundwasseraufforst).

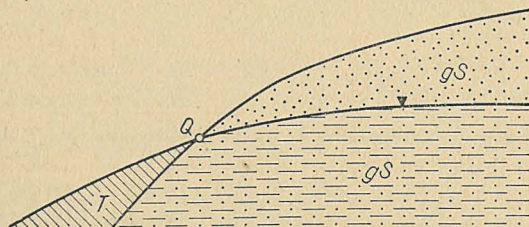


Abb. 17
Überfallquelle bei steilstehender undurchlässiger Schicht.
T Ton
gs glaziale Schiefer
Q Quellaustritt

Diese Quellenform (Abb. 17) kann sowohl als *Überfallquelle* wie als *Stauquelle* angesprochen werden. Schichtquellen, Spaltquellen, Stauquellen, Verwerfungsquellen führen im allgemeinen ständig Wasser, wenn auch ihre Schüttung oft in weiten Grenzen schwankt. Dagegen sind Überfallquellen oft unzuverlässig in ihrer Wasserpende.

Legt man der Einteilung der Quellen die Bewegungsrichtung des Wassers zugrunde, so unterscheidet man absteigende und aufsteigende Quellen.

Absteigende Quellen (Abb. 18) sind solche, deren Wasser dem Fallen der Spalten und Klüfte des wasserführenden Gebirges entsprechend immer tiefer verläuft, bis es auf einen Wasserstauer W trifft, der das Wasser zu Tage leitet.

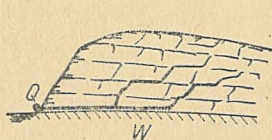


Abb. 18
Absteigende Quelle
W Wasserstauer
Q Quellaustritt

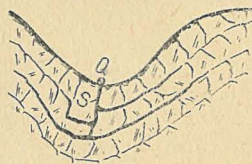


Abb. 19
Aufsteigende Quelle in einem Synklinaltal
S Spalt
Q Quellaustritt

Aufsteigende Quellen können dadurch zustande kommen, daß sich dem auf einer geneigten undurchlässigen Schicht fließenden Wasser ein Hindernis entgegenstellt, z. B. ein Felsriegel oder eine Ton- bzw. Mergelbank, und zwischen undurchlässiger und durchlässiger Schicht ein Spalt vorhanden ist, in welchem das Wasser hochsteigen kann. Eine aufsteigende Quelle kann auch dadurch entstehen, daß sich in einem Synklinaltal ein Spalt S befindet, zu dem das unterirdische Wasser hochsteigen kann (Abb. 19).

Die Einzugsgebiete bestehen nicht immer aus einer einheitlich aufgebauten Gebirgsformation, sondern setzen sich meist aus Urgebirge, festen Sedimenten und losen Trümmern zusammen. Infolgedessen laufen die Quellgänge im Innern des Gebirges bald auf-, bald abwärts. Abb. 20 zeigt, daß eine Quellader aus dem Urgebirge beim Eintritt in die Sedimente eine aufsteigende Quelle Q_1 bildet, dann die Sedimente als Überlaufquelle Q_2 verläßt, im Punkte Q_3 bei Schürfungen als absteigende Quelle in Erscheinung tritt und schließlich als sog. Schuttquelle Q_4 hervorbricht.

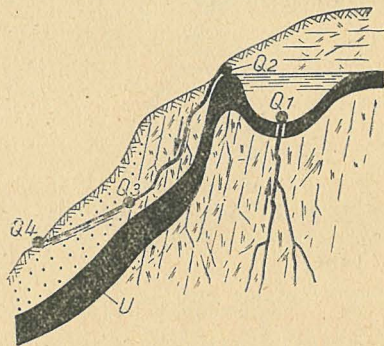


Abb. 20
Ein Quelllauf mit vier verschiedenen Quellaustritten
„ undurchlässig
 Q_1 aufsteigende Quelle
 Q_2 Überlaufquelle
 Q_3 absteigende Quelle
 Q_4 Schuttquelle

SEMINAR

1. Erläutern Sie die Vorgänge beim Wasserkreislauf!
2. Was besagt die Wasserbilanzgleichung?
3. Mit welchem Gerät wird die Niederschlags- oder Regenhöhe bestimmt?
4. Welche Arten des Bodenwassers kennen Sie?
- X 5. Wovon ist die Menge des Sickerwassers, die dem Grundwasserstrom zuströmt, abhängig?
- X 6. Wodurch wird die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens außer von seiner Durchlässigkeit noch beeinflusst?

X 7. Was bezeichnet man als Grundwasserleiter, ~~und~~ Grundwasserstauer und Grundwasserspeicher?

X 8. Was versteht man unter Grundwasserstrom, ~~und~~ Grundwasserspiegel und Grundwasserisohypsen?

9. Wann spricht man von einem freien Grundwasserspiegel und wann von einem gespannten Grundwasserspiegel?

X 10. Wovon ist die Durchgangsgeschwindigkeit des Grundwassers abhängig, und wieviel beträgt sie bei feinkörnigen Sanden und bei Kiesen?

11. Was ist eine Quelle?

12. Welche Bedingungen müssen für die Bildung eines artesischen Brunnens gegeben sein?

2. Kapitel: Auftreten der Wässer im Bergbau

5 Wasserzuflüsse in Grubenbauen

Die Stärke des Wasserzuflusses einer Grube charakterisiert man im allgemeinen durch den *Wasserzuflußkoeffizienten*, der eine auf 1 t des gewonnenen nutzbaren Minerals bezogene Wassermenge in m³ angibt. Den Wasserzufluß der Grube nimmt man im allgemeinen als normal an, obwohl gewisse Schwankungen dieses Zuflusses (durch Schneeschmelze, Dauerniederschläge) vorhanden sind. Man unterscheidet in den Grubenbauen

- a) *normale Wasserzuflüsse*, die regelmäßig durch die Wasserhaltung beseitigt werden;
- b) plötzliche Wasserzuflüsse, *Wassereinbrüche*.

Zu a)

Zu den *normalen Wasserzuflüssen* gehören die Wässer folgender Arten: *Tageswässer* (Oberflächenwässer)

Darunter versteht der Bergmann solche Wässer, die von der Tagesoberfläche durch den Ausfluß der Flöze, z. B. durch das undichte Bett schnell fließender Bäche und Flüsse, durch schlecht zementierte, alte Bohrlöcher oder durch Risse im Gestein u. a., unmittelbar den Grubenbauen regelmäßig zulaufen; sie können deshalb auch, wenigstens zum Teil, über Tage abgeleitet oder in oberen Teufen abgefangen werden.

Sickerwässer oder vadosa Wässer

Sie entstammen den atmosphärischen Niederschlägen oder den einsickernden Tageswässern. Diese durch das durchlässige Erdreich auf den erörterten Wegen einsickernden Wässer treten in offene Grubenräume aus. Auch kann das nutzbare Mineral selbst davon größere oder geringere Wassermengen aufnehmen oder enthalten.

Grundwässer

Die wasserführenden Schichten, die beim Auffahren der Baue durchörtert werden, verursachen einen größeren oder geringeren regelmäßigen Wasserzufluß in die Grubenbaue. Ferner können die durch Einwirkungen des Abbaus in Nebengesteinen entstehenden Risse bis zu höher liegenden wasserführenden Gebirgsschichten durchgehen und die Wege zum Eindringen der Grundwässer in die Grubenbaue bilden.

Juveniles Wasser

Dies ist Wasser, das sich in der Tiefe durch Kondensation vulkanischer Dämpfe bildet.

Spül- und Bohrwasser

Es handelt sich hierbei um mit Wasser vermischtes Versatzgut, das durch die Versatzrohrleitungen in den abgebauten Raum geleitet wird, oder um Wasser, das beim Spülbohren Verwendung findet.

Zu b)

Unter *Wassereinbruch* versteht man das plötzliche und meist unvermutete Einstürmen größerer Wassermengen in die Grubenbaue. Hierbei kann die Einstromung direkt von über Tage, aus dem Deckgebirge, in welchem die Grube baut, oder aus Ansammlungen im unverritzten Gebirge oder aus abgebauten Grubenräumen erfolgen. Vielfach ist der Einbruch mit dem einmaligen Einstürmen der Wassermengen beendet; er kann jedoch auch längere Zeit anhalten.

Man versteht unter *Überflutungen* das Eindringen größerer Wassermengen von der Hängebank des Schachtes durch diesen in die Grube. Im allgemeinen treten sie bei plötzlichen atmosphärischen Niederschlägen, Dauerniederschlägen oder bei der Schneeschmelze auf, die Hochwasser mit sich bringt. Dabei überschwemmt das über die Ufer von Fluß- oder Bachläufen tretende Wasser das umliegende Gelände und dringt in die Tagesöffnungen der Schächte ein, falls sie nicht hochwasserfrei liegen. Weiter kommen Überflutungen vor, wenn im Schachtgebiet liegende Umfassungsmauern (Dämme) von großen Wasserreservoirs durchbrechen.

Als *Wassereinbrüche aus dem Deckgebirge* bezeichnet man das plötzliche Austreten von Wässern aus den wasserstauenden Schichten des Deckgebirges. Verursacht wird dies oft dadurch, daß der Wasserstauer infolge der Abbauwirkungen zerreißt. Weiter können tektonische Gebirgsstörungen, insbesondere Verwerfer, die die wasserdurchlässigen Schichten durchsetzen, den Wässern die Möglichkeit zum Durchbrechen geben. Auf Gruben von geringer Teufe kann unter Umständen das Hangende über dem Abbauraum durch den starken Druck stark wasserhaltiger Sandschichten des Deckgebirges hereingepreßt werden, so daß die Sand- und Wassermassen in die Grubenbaue eindringen.

Die *Liegendgrundwasserdurchbrüche* finden eine Erklärung darin, daß nach *Etzold*¹⁾ dieser Grundwasserhorizont „infolge seines Abgesperrtseins durch auflagernde undurchlässige Schichten und der allgemeinen Neigung der ganzen Stufe unter bedeutendem artesischem Druck steht“.

Diesem Druck wird allgemein durch das Gewicht und die Starrheit des Flözes das Gleichgewicht gehalten. Die Größe des Druckes wird im allgemeinen vom Höhenunterschied zwischen dem Wassereinzugsgebiet und den Wasseraustrittsstellen abhängen, denn je höher das Wassereinzugsgebiet und je tiefer die Wasserdurchbruchsstelle liegt, desto stärker ist der Druck des Wassers, desto größer ist auch die Steighöhe des Grundwassers, wobei natürlich ein Teil der Steigkraft durch die Reibung verloren geht. Wird nun die Starrheit des Flözes durch den Verhieb geschwächt oder durch restlosen Abbau das Gewicht des Flözes weggenommen, so sind die Voraussetzungen für die Liegendwasserdurchbrüche gegeben. Doch scheint für das Zustandekommen der Durchbrüche vielfach noch ein weiterer Faktor eine Rolle zu spielen, und zwar läßt das der Umstand vermuten, daß das Grundwasser an höher gelegenen Stellen früher durchbricht als bei

¹⁾ *Etzold*, Die Braunkohlenformation Nordwestsachsens, Verlag W. Engelmann, Leipzig 1912, S. 31.

den unter gleicher Bedingung stehenden tieferen Stellen. Man kann diese Tatsache durch eine mehr oder weniger mächtige Tonschicht erklären, welche tatsächlich in stark schwankender Mächtigkeit das direkte Liegende der Kohle bildet und naturgemäß an den schwächsten Stellen zuerst durchbrochen wird.

Einbrüche von Wasseransammlungen nennt man das Hereinbrechen solcher Wässer, die sich *im unverritzten Gebirgskörper* angesammelt haben. Hierher gehören zunächst die bereits erwähnten Anspeicherungen in manchen Gesteinsarten. Weiter kann das Wasser in Hohlräumen, die sich in einigen Gesteinen durch Einstürze oder Auswaschungen bilden, in sog. Wassersäcken, in Grotten u. a. aufgespeichert sein. Solche Wasseransammlungen stellen stets gefährliche Speicher dar. Insbesondere können sich unter der Einwirkung des Abbaus Austrittswege in das Grubengebäude bilden.

Die plötzlichen Zuflufwässer sind in der Hauptsache die *Standwässer*. Darunter versteht der Bergmann das in abgebauten Grubenräumen angesammelte Wasser, das den Niederschlägen oder auch den Tageswässern entstammt. Hierher gehören vor allem alte Unterwerksbaue, alte Sumpfanlagen, Stellen, an denen die Wässer eine Staumöglichkeit haben. Deshalb stehen Standwässer oft hinter Versatz, hinter großen Brüchen in alten Bauen, hinter Branddämmen. Sie sickern oder fließen aus, sobald Schichten, die als Zuflufwege dienen können, angefahren werden.

Besonders gefährliche plötzliche Wasserzubringer sind unter Umständen stillgelegte ersoffene Anlagen oder Feldesteile benachbarter Gruben.

6 Gebirgsstörungen als Wasserzubringer

Beim Zufluf von Wasser in die Grubenbaue nehmen die Gebirgsstörungen eine besondere Stellung ein. Als häufig starke Wasserzubringer sowie wegen der gelegentlich bei ihnen auftretenden Gase sind die großen *Verwerfer oder Sprünge* vom Bergmann besonders zu beachten. Hier steht im Gegensatz zu den nur die Lage verändernden Faltungsvorgängen die Zerreißung von Gebirgsschichten. Die der Bewegungsbahn unmittelbar benachbarten Gesteine sind stark zerklüftet oder mehr oder weniger zertrümmert bzw. zerrieben. Daher können Verwerfer, die die Wasserstauer durchsetzen, unter Umständen als gefährliche Wasserzubringer auftreten, weil sie aus weiter Entfernung Wasser herleiten oder gute Verbindungen mit den wasserführenden Gebirgsschichten bilden können. Dagegen werden sich bei toniger oder plastischer Beschaffenheit die wasserstauenden Schichten durchbiegen, ohne zu brechen, oder durch Zuschlämmen und Aufquellen sich wieder schließen, so daß das Wasser gestaut bleibt.

Überschiebungen sind infolge ihrer Entstehungsursache (Stauchung) meist mit tonigen und leetigen Massen (Zerreibungsmassen) verkittet und führen nur in Ausnahmefällen Wasser.

7 Grundsätzliche Unterschiede der bergmännischen Wasserwirtschaft in den einzelnen Bergbauzweigen

Die verschiedenen Bergbauzweige nehmen eine besondere Stellung zum Wasser ein. Außer dem Braunkohlenbergbau sind sie aber bestrebt, das Wasser von den Gruben fernzuhalten, um einen möglichst geringen Wasserzufluß zu erzielen.

Die Deckgebirgsschichten, von denen die *Braunkohlenflöze* überlagert oder in welche die Flöze eingelagert sind, setzen sich vorwiegend aus Sanden und Tonen des Eozäns bzw. Miozäns und Schichten des Diluviums zusammen. Bei den Sanden handelt es sich teils um reine, teils um tonige Sande oder sandige Tone, die in Wechsellagerung auftreten. In diesen Schichten kommen verschiedentlich linsenförmige Kohlenstreifen vor. Der Ton tritt außer in sandiger Beschaffenheit als reiner Ton in Tonlagern auf, die zum Teil über den Braunkohlenflözen liegen. In den Tonschichten sind stellenweise wasserhaltige Sandlinsen eingelagert.

Die Wasserführung des Deckgebirges beschränkt sich nicht auf die diluvialen Schichten, vielmehr sind viele der eozänen Schichten auch stark wasserführend. Die Kohle selbst zeichnet sich gleichfalls durch Wasserreichtum aus.

Im Braunkohlenbergbau ist das Fernhalten des Wassers von den Grubenbauen in der Regel unmöglich. Daher arbeitet man durch Entwässerung auf einen geringen Wassergehalt des Hangenden hin. Dabei versteht man unter Entwässerung die planmäßige Abführung des Wassers aus dem Deckgebirge.

Die Entwässerung des Deckgebirges soll der Aufnahme des Abbaus stets vorangehen; man spricht daher auch von planmäßiger Vorentwässerung. In Braunkohlengruben sind zur Entwässerung von Deckgebirgen Wasserzuflüsse bis zu 200 m³/min bewältigt worden.

Die Entwässerung des Deckgebirges ist deshalb stets notwendig, weil Wasser über Grubenbauen immer eine Gefahr bedeutet und zu Wassereinbrüchen führen kann. Nicht entwässerte Kohle führt zu starkem Wasserzufluß im Grubengebäude, der gesundheitliche Nachteile mit sich bringt und dessen Bewältigung schwierig werden kann. In manchen Tiefbaugruben erstreckt sich die Entwässerung außer auf die bei der laufenden Liegendentspannung zuzitenden Wasser auch auf die Durchbrüche von Liegendgrundwässern. Handelt es sich um kleinere Durchbrüche und stehen die Wasser nur unter geringem Druck, so werden diese ohne besondere Schwierigkeiten durch Wasserseigen auf dem Liegenden laufend den Pumpstationen und schließlich der Hauptwasserhaltung zugeführt, von wo sie nach über Tage gehoben werden. Solche Liegendwässer wirken sich im allgemeinen nicht leistungsmindernd im Abbau aus, vorausgesetzt, daß beim Auffahren z. B. der untersten Scheibe bei quellendem Liegenden eine entsprechend starke Kohlenbank angebaut wurde, so daß ein Sohlennachriß nicht erforderlich wird. Bei stärkerem Druck haben die Durchbruchwässer in den weitaus meisten Fällen empfindliche Betriebsstörungen, die Versumpfungen ganzer Grubensohlen auf mehr oder weniger lange Zeit nach sich gezogen. In manchen Grubenfeldern hat es sich bei

Liegendwasserdurchbrüchen um gewaltige Wassermengen gehandelt, welche so nachhaltig waren, daß diese Gruben an den Durchbruchwässern ersoffen sind.

Im allgemeinen werden bedeutende Wassermengen bereits beim Auffahren der Vorrichtungsbau und Sumpfstrecken gelöst. Um plötzliche Wasserzuflüsse zu vermeiden, werden, falls man den Kohlenverlust in Kauf nimmt, im Liegenden wie im Hangenden, wie bereits erwähnt, noch vielfach starke Kohlenbänke angebaut. Bei hochwertiger Kohle ist man jedoch, um diese Verluste zu vermeiden, zum Abzapfen des Liegend- und Hangendwassers übergegangen.

Der *Steinkohlenbergbau* hat mit Tageswasser sowie mit Wasser der Deckgebirgsschichten und des Steinkohlengebirges zu rechnen. Die Tageswässer finden Zufluß in die Gruben, die auf zu Tage gehenden Flözen bauen. Die Wässer in dem Deckgebirge gelangen in die Grubenbaue entweder durch Gebirgsbewegungen infolge des Abbaus, durch Annäherung an wasserführende Schichten oder durch Störungszonen. Das Steinkohlengebirge selbst führt im allgemeinen in größeren Teufen wenig Wasser.

Im Steinkohlenbergbau ist man bestrebt, die Wasserzuflüsse soviel als möglich von den Grubenbauen fernzuhalten, um die Selbstkosten durch Verringerung der Wasserhaltungskosten zu senken. Mit zunehmender Teufe verteuern die Wasserzuflüsse die Wasserhaltungskosten erheblich, zumal die Temperatur des Wassers zunimmt. Andererseits werden in größeren Teufen die Wasserzuflüsse deshalb geringer, weil wasserstauende Schichten in größerer Anzahl wirksam werden. Sind beim Steinkohlenbergbau im Hangenden wasserstauende Schichten vorhanden, so muß man trachten, durch geeignete Abbauverfahren das Deckgebirge unbeeinflusst zu erhalten. Es gibt aber auch Steinkohlengruben, bei denen das Verhältnis Wasserförderung zur Kohlenförderung höher liegt als 10:1 und sogar den Wert 15:1 überschreitet.

Am gefährlichsten sind die Wässer für den *Salz- und Kalibergbau*, der darauf bedacht sein muß, die Wässer von den Grubenbauen vollständig fernzuhalten. Das Salzgebirge wird von mächtigen, häufig stark wasserführenden triassischen Schichten überlagert, soweit es sich nicht um die Lagerstätten des Tertiärs oder um die typisch hannoverischen Salzstöcke handelt, über denen sich infolge der Lösetätigkeit der Oberflächenwässer ein Gipsklotz gebildet hat und die danach durch tertiäre Schichten überdeckt worden sind. Durch das im Hangenden und an den Flanken zuziehende Wasser ist das Salzgebirge von seiner Grenzfläche her mehr oder minder tief umgewandelt worden. Wenn die Grenzfläche von leichtlöslichen Kalisalzlagern oder von durchfließlichen Schichten, wie vom Hauptanhydrit, geschnitten wird, bieten sich den Wässern Wege, die bis tief in das Innere des Salzgebirgskörpers reichen können. Die eindringenden Wässer, die auf ihrem Wege entsprechend den jeweiligen Bedingungen Salze auflösen und dann vom Bergmann als *Laugen* bezeichnet werden, sind in den meisten Fällen eine Gefahr für die Grubenbaue. Aus sekundären Umsetzungsvorgängen bei der Bildung der Salzlagerstätten können auch sog. Restlaugen mit einem nahe der Sättigungsgrenze liegenden $MgCl_2$ -Gehalt auftreten, die besonders in den Klüften des Hauptanhydrits angetroffen werden.

Neben den natürlichen Wegen kann den Laugen ein weiterer Weg durch das Niederbringen von Schächten geöffnet werden, weshalb man beim Abteufen zum eisernen Aus-

bau der Schachtröhre bis in das unzersetzte Salzgebirge hinein sowie zu sonstigen besonderen Vorkehrungen gezwungen ist. Wenn der Hohlraum zwischen Schachtausbau und Gebirgsstoß durch die eingebrachten Füllmittel nicht richtig geschlossen ist oder wenn der zwischen Tübbingwand und Gebirgsstoß eingebrachte Beton durch den Angriff der Laugen zersetzt ist, können diese durch die Tübbingfugen und Schraubverbindungen in das Schachtinnere treten und unter Umständen auch bis in die Mauerung unterhalb der Tübbingsäule vordringen, wodurch der Schacht in unmittelbare Gefahr gerät.

Je nach ihrer Zusammensetzung löst die Lauge auf ihrem Wege am Schachtstoß Hohlräume von wenigen dm³ bis zu 50 m³ und mehr aus, die sich oft schlauchförmig als sog. Schloten in das Gebirge hineinziehen. Durch die Zersetzung des Betonmantels und durch Auflösung von Salz im anstehenden Gebirge können Tübbingsäule und Schachtmauerung stellenweise zu einem großen Teil ihres Umfanges freistehen, also ohne Verbindung mit dem Gebirge sein, wie dies im Jahre 1936 bei Reparaturarbeiten in einem Schacht im Werra-Fulda-Gebiet festgestellt wurde, wo der Schachtausbau in einem Abschnitt von 50 m (534–584 m) nur auf 13 % seiner Mantelfläche Berührung mit dem Gebirge hatte.

Beim Abbau im Kali- und Salzbergbau muß die Abbauart den Gebirgsverhältnissen angepaßt werden. Denn es kommt darauf an, den natürlichen Zusammenhang des gegen Wasserzuflüsse schützenden Deckgebirges ungestört zu erhalten. Aus diesem Grunde wendet man als Vorsichtsmaßnahme ausreichende Sicherheitspfeiler und Salzfesten an, die imstande sind, das Hangende zu tragen, oder man arbeitet mit Spülversatz.

Da im *Erzbergbau* die Gänge meist zu Tage ausgehen, ist der Wasserzufluß zu den Grubenbauen je nach der Art des Gebirges und der Lagerstätte verschieden groß. Wie bereits erwähnt wurde, treten die zusitzenden Wässer aus den Klüften und Rissen genügend klar heraus.

Auch im Erzbergbau wird man bestrebt sein, den Zufluß an Wasser gering zu halten und es möglichst dicht unter der Tagesoberfläche abzufangen.

8 Zusammensetzung des Grubenwassers

Die im Pumpensumpf sich sammelnden Grubenwässer werden auf ihrem langen Weg durch die Schichten des Deck- und Steinkohlengebirges durch mechanische und chemische Stoffe verunreinigt.

Durch den *Schlammasatz* (besonders feinkörniger Sande), wie er auf den Gruben vorkommt, die mit Spülversatz arbeiten, unterliegen insbesondere die bewegten Pumpenteile und die Rohrleitungen starkem Verschleiß und erhöhen dadurch die Wasserhaltungskosten. Aus diesem Grunde müssen die Grubenwässer von den sandigen Beimengungen gereinigt werden. Diesem Zweck dienen untertägige Sumpf- oder Kläranlagen. In diesen Anlagen werden die Wässer aufgefangen und gesammelt. Die spezifisch schwereren sandigen Bestandteile setzen sich auf der Sohle des Sumpfes ab, wobei

die feinsten Teilchen durch Koksfilter zurückgehalten werden. Auf dem Wasser schwimmende Teile hält man durch Filter oder Siebe vor dem Pumpensumpf zurück.

Die Tageswässer, die den Gruben mit geringem Deckgebirge zusitzen, sind in der Regel klar und süß. Dagegen sind die Grubenwässer durchweg stark *salzhaltig*, so daß sie als Nutz- und Gebrauchswasser nicht geeignet sind. Salzige Wässer greifen stählerne Pumpenteile an. Da die Fällung des Salzes vor der Hebung betrieblich nicht möglich ist, ist man gezwungen, Pumpenteile, die mit dem salzigen Wasser in Berührung kommen, aus Bronze oder Speziallegierungen herzustellen. Eine andere Maßnahme zum Schutze der Metallteile, insbesondere der Rohrleitungen, gegen Verkrustungen ist die Anwendung eines isolierenden Farbanstrichs, chemischer Mittel (im wesentlichen Salzsäure), weiter die Auskleidung mit Schmelzbasalt oder mit Zement. Auch erhöht der Gehalt an Salzen das spezifische Gewicht des Wassers (bei voller Sättigung um 21 %). Dadurch steigen der Kraftbedarf der Pumpen, die Druckbeanspruchung der verunreinigten Rohrleitungen und damit die Wasserhaltungskosten.

Saure Wässer, die schweflige Säure, Schwefelsäure, Kieselsäure oder Kohlensäure enthalten können, zerstören nach einer gewissen Einwirkungszeit das Metall der Pumpenteile und der Rohrleitung. Eine Neutralisation des Wassers kann in besonderen Klärbecken mit ungelöschem Kalk (5 bis 6 kg Ätzkalk je m³ Wasser) durchgeführt werden, der die Kieselsäure bindet. Da aber eine Entsäuerung durch ungelöschten Kalk

bei großen Wassermengen ziemlich kostspielig ist, wird diese Maßnahme sich auf Fälle beschränken, in denen saure Wässer vorübergehend, d. h. kurzfristig, auftreten. Bei stark sauren Wässern finden Pumpen mit säurebeständigen Speziallegierungen aus Chrom-Nickel, Phosphor-Bronze oder Kupfer-Nickel Anwendung. Ein in letzter Zeit häufig angewandtes Mittel zum Schutz gegen Zerstörung der Rohrleitungsteile ist die Auskleidung der Rohre mit einem Holzfutter *H* (Abb. 21). Dieses besteht aus einzelnen, etwa 10 bis 12 mm breiten Leisten mit trapezförmigem Querschnitt, die bei der Fertigung in die Rohre eingesetzt werden.

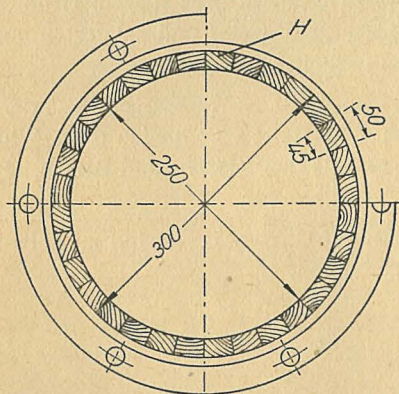


Abb. 21

Rohr mit holzgefütterten Innenwänden

H Holzfutter

Grubenwässer haben die Eigenschaft, in den Pumpen und Steigleitungen *Absätze* von kohlensaurem Kalk zu bilden, sobald aus dem in die Grubenbaue übertretenden, vom Druck befreiten Wasser die Kohlensäure entweicht. Hierbei geht der gelöste doppeltkohlensaure Kalk in unlöslichen, einfachkohlensaurer Kalk über. Die Steinansätze verringern die lichten Durchgänge der Laufräder sowie die Spielräume zwischen den festen und umlaufenden Teilen, wodurch der Wirkungsgrad der Pumpe sinkt. Die Rohrleitungsquerschnitte werden durch Steinansätze (Verkrustung) verengt, so daß der

Rohrleitungswiderstand nach einer gewissen Ansatzstärke erheblich ansteigt und dadurch die Gesamtpumpenleistung noch weiter sinkt. Die Ansätze wachsen mit der Betriebsdauer. Somit werden durch den Steinabsatz in den Pumpen und Rohrleitungen die Wasserhaltungskosten stark erhöht. Um der Bildung von Absätzen entgegenzuwirken, läßt man das Wasser vor dem Pumpensumpf durch Reisigkästen laufen.

Schwerspatbildungen sind im Ruhrgebiet mehrfach aufgetreten, sobald Wasser mit einem Chlorbariumgehalt mit Wasser, das Schwefelsäure führt, zusammentrifft. Daher wird man, wo es angängig ist, das Zusammentreten derartiger Wässer vermeiden müssen.

SEMINAR

13. Was versteht man unter Tageswasser im Gegensatz zum Grundwasser?

14. Was sind Standwässer?

15. Was versteht man unter einem Wassereinbruch?

16. Welche wesentlichen Wassereinbrüche kommen in Betracht?

3. Kapitel: Fernhaltung des Wassers vom Grubengebäude

Vorbemerkung

Die in die Grube eindringenden Wässer verursachen hohe Wasserhaltungskosten, und zwar

1. durch hohe *Anlagekosten*, deren Höhe ausschlaggebend durch das Leistungsvermögen der Pumpen bestimmt wird, das von der Höchstzuflußziffer und einem mehr oder minder großen Sicherheitsbeiwert abhängt, weiter durch die Größe und Zahl der für die Wasserhebung notwendigen Grubenbaue (Pumpenräume, Sümpfe, Sumpfstrecken), Wasserseigen und Rohrleitungen;
2. durch erhöhte *Betriebskosten* für die Unterhaltung der Pumpen und Leitungswege sowie für Instandsetzungsarbeiten;
3. durch *sonstige Kosten*:
 - a) vermehrte Förderkosten durch Mitfördern von Wasser und Nachfall, durch Förderausfälle und Materialeinbußen oder -schäden bei mehr oder weniger plötzlichen Wasserzuflüssen;
 - b) Leistungsabfall, Schichtkürzungen, Aufwendung für Wasserzulagen und Beistellung von Gummikleidung;
 - c) Verschlechterung der Grubenwetter durch zunehmenden Feuchtigkeitsgehalt und die dadurch bedingte Erniedrigung ihrer Kühlwirkung;
 - d) Gesundheitliche Schädigungen, Mannschaftsausfall durch Erkältungskrankheiten, Rheuma, Furunkulose und H_2S -Vergiftungen.

Die angeführten Faktoren ergeben die Notwendigkeit, das Wasser von den Grubenbauen fernzuhalten, um die Selbstkosten zu senken, die Rentabilität des Betriebes zu erhöhen und der Belegschaft bessere und gesündere Arbeitsbedingungen zu schaffen.

Gegen plötzliche Wasserzuflüsse kommen Vorkehrungen über und unter Tage in Betracht. Die Vorkehrungen über Tage sollen der Ansammlung gefahrdrohender Wassermengen vorbeugen, während die Vorkehrungen unter Tage bei eingetretenen Wasser einbrüchen die Grubenbaue und die Mannschaft schützen sollen.

9 Sicherung der Grubenbaue über Tage

Zu den Vorkehrungen über Tage gehören

- a) *Vorkehrungen gegen Eindringen von Oberflächenwasser in die Gebirgsschichten,*
- b) *Vorkehrungen, die Überflutungen bei Hochwassergefahr vorbeugen.*

Zu a)

Den *Gebirgsschichten* fließen aus den Gewässern an der Erdoberfläche (Flüsse, Bäche, Seen, Teiche) je nach der Bodenbeschaffenheit der Gewässer u. U. be-

trächtliche Wassermengen zu. Diese gelangen nicht nur in die Grubenbaue, sondern tragen auch zur Ansammlung von größeren Wassermengen im Gebirge bei. Stellt man nun Wasserzuflüsse aus den im Bereich der Grubenfelder liegenden Flüssen und Bächen fest, so wird man diese gerade führen (Begradigung), um Gefälle zu gewinnen. Demselben Zweck dient auch die Schaffung eines möglichst ebenen Fluß- oder Bachbettes durch Betonieren oder Ausstampfen mit Lehm oder Ton. Wasserläufe geringen Ausmaßes lassen sich in Geflüder fassen, um das Wasser auf kurze Strecken über quelfähiges oder wasserdurchlässiges Gebirge hinwegzuleiten. Diese Vorkehrungen erschweren zugleich das unmittelbare Eindringen des Wassers aus den Oberflächen-gewässern in die Gebirgsschichten.

Stehende und langsam abfließende Gewässer setzen, wie bereits erwähnt, auf ihrer Sohle eine aus Sinkstoffen bestehende Tonschicht ab, die das Wasser gut zurückhält. Abb. 22

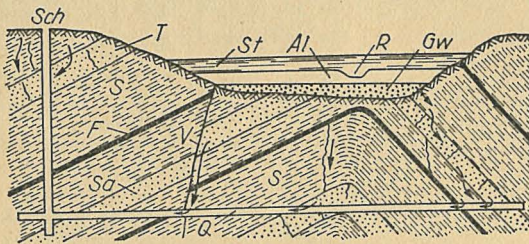


Abb. 22

Schematische Darstellung der Beziehungen zwischen Stausee, Grundwasser und Bergbau

- St Stausee
- R ehemalige Ruhr
- Gw Grundwasser
- Al Auelehm
- F Flöz
- S Schiefer-ton
- Sa Sandstein
- T tonige Verwitterungsprodukte
- V Verwerfung
- Sch Schacht
- Q Querschlag

zeigt in anschaulicher Weise die Beziehung zwischen Stausee *St*, Grundwasser *Gw* und Bergbau. Durch die tonige Beschaffenheit des Auelehms *Al* ist ein Undichtwerden des Wasserstauers trotz der Abbauwirkungen nicht zu befürchten.

Ist ein Verschlämmen des Untergrundes nicht möglich, müssen Seen und Teiche, weil sie unter dem Einfluß des Abbaus starke Wasserzubringer werden können, trocken gelegt und die ihnen zufließenden Gewässer abgefangen werden. Dies gilt nicht nur von natürlichen stehenden Gewässern, sondern auch von Wasseransammlungen, die in vorhandenen Tagesbrüchen (Pingen) entstehen. Diese sollen möglichst eingeebnet werden. Stößt dies auf Schwierigkeiten, muß zum Auspumpen geschritten werden.

Zu b)

Die wichtigste Vorkehrung zur Verhütung von Überflutungen ist das hochwasserfreie Ansetzen der *Tagesöffnungen der Schächte*. Erforderlichenfalls muß man bei ebenem Gelände die Rasenhängebank der Schächte, in deren Höhe die gesamte Verkehrsanlage liegt, aufsatteln (aufhöhen). Auch wird der Schachtkopf in der Regel wegen der oberen, zumeist lockeren Bodenablagerungen mit Mauerung wasserdicht ausgebaut, der dadurch ein Einsickern von vadosen Wässern verhindert. Um Überflutungen stillgelegter Schächte zu verhüten, empfiehlt es sich, diese, wenn sie für den Betrieb auch späterhin nicht mehr benötigt werden, zu verfüllen.

Um bei stärkeren Niederschlägen oder bei Tauwetter die Wasserzuflüsse von den Tagesöffnungen abzuhalten, zieht man um die Schächte Flutgräben und legt Durchlässe, Dämme und Deiche an. Wichtig ist, daß diese Vorkehrungen dauernd in gebrauchsfähigem Zustande sind.

Alte Bohrlöcher sollen verfüllt werden, insbesondere dann, wenn sie in Niederungen oder Senken stehen.

Auch beim *Ansetzen der Stollen* muß dem Hochwasser Rechnung getragen werden. Das Stollenmundloch muß mindestens oberhalb des Wasserspiegels der Tal-schle liegen. Im allgemeinen werden etwa zwanzig Meter, vom Mundloch an gerechnet, wegen der lockeren Beschaffenheit des Gesteins wasserdicht ausgebaut.

10 Sicherung des Grubengebäudes oder der einzelnen Grubenbaue unter Tage

a) Anwendung von Abbaumethoden mit planmäßigem Absenken des Hangenden und Spülversatz

Bei den Vorkehrungen zum Fernhalten des Wassers unter Tage muß als Grundsatz gelten, daß die Wasser möglichst dicht unter der Tagesoberfläche abgefangen werden. In erster Linie ist die *Abbaumethode und Versatzart*, wie dies in [7] bereits erwähnt wurde, für die Fernhaltung des Wassers von den Grubenbauen von großer Bedeutung. Aus diesem Grunde muß bereits bei der Planung des Abbaus auf die Gefahren von Wassereinbrüchen Rücksicht genommen werden. Insbesondere ist bei Abbau unter wichtigen Wasserläufen besonders guter Versatz erforderlich. Als tragfähigster Bergeversatz findet dabei der Spülversatz Anwendung, der sich nur bis auf etwa 80 bis 95 % der Lagerstättenmächtigkeit zusammendrücken läßt. Bei diesem dichten Versatz (Abb. 23) V reicht die durch den Abbau entstehende Absenkung nicht hin, den hangenden Grundwasserstauer Gst zu zerreißen und den Wassern des Grundwasserleiters Gl den Zutritt zu den durchlässigen Sandsteinschichten S zu eröffnen. Dagegen kann ein unzureichender Bergeversatz V_1 eine größere Senkung und damit ein völliges Durchreißen des Grundwasserstauers zur Folge haben.

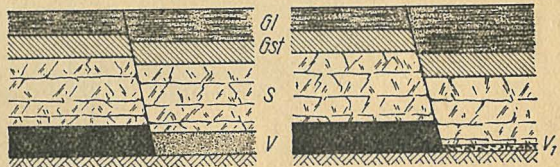


Abb. 23

Verschieden weitgehende Zerreißung des Hangenden in Abhängigkeit von der Vollständigkeit des Versatzes
 V dichter Versatz V_1 unzureichender Versatz
 Gst Grundwasserstauer Gl Grundwasserleiter
 S Sandsteinschichten

b) Stehenlassen von Sicherheitspfeilern

Unter den Vorkehrungen zum Schutze der Grubenbaue gegen Wasser- oder Laugen- gefahr kommt den Sicherheitspfeilern eine besondere Bedeutung zu. Im wesentlichen kommen zwei Arten von Sicherheitspfeilern in Betracht:

- a) Markscheidesicherheitspfeiler und
- b) die Sicherheitspfeiler gegen das Deckgebirge.

Man versteht unter *Markscheidesicherheitspfeiler* das unverritzte Anstehenlassen der Lagerstätten beiderseits der Markscheide aneinandergrenzender Gruben auf eine bestimmte Distanz. Die Markscheidesicherheitspfeiler dienen der Schonung der markscheidenden Gruben vor gegenseitiger Gefährdung durch Wassereinbrüche und Gasausbrüche. Aus diesem Grunde sind für die Bergwerke der Deutschen Demokratischen Republik die Markscheidesicherheitspfeiler bei allen Steinkohlen-, Braunkohlen-, Erz- und Salzbergwerken amtlich vorgeschrieben. Im Steinkohlenbergbau müssen auf jeder Seite der Markscheide eines Bergwerkes Sicherheitspfeiler stehenbleiben, die rechtwinklig gegen die Markscheide gemessen mindestens zwanzig Meter betragen, so daß also ein Streifen von 40 m nicht abgebaut werden darf. Abbau innerhalb des Sicherheitspfeilers oder eine Durchörterung darf nur mit Genehmigung der Technischen Bergbauinspektion erfolgen. Nähern sich Grubenbaue den Markscheiden oder Betriebsgrenzen bis auf 50 m, so ist der Technischen Bergbauinspektion Meldung zu erstatten. Bei Annäherung des Abbaus von verschiedenen Grubenfeldern ist es zweckmäßig, ohne Sicherheitspfeiler zu arbeiten, weil dadurch ein gleichmäßiges Absenken der Hangendschichten erreicht wird. Andernfalls wird ein Zerreißen der wasserstauenden Schichten und hierdurch ein Eindringen von Wasser in beide Gruben begünstigt. Mit Rücksicht hierauf ist verschiedentlich der vollständige Abbau von der Technischen Bergbauinspektion gestattet worden. Der Abbau des Markscheidesicherheitspfeilers muß mit dichtem Bergeversatz erfolgen und unter der Bedingung, daß die Wetterführung der benachbarten Gruben unbeeinflußt bleibt.

Die *Markscheidesicherheitspfeiler im Salzbergbau* müssen der Wasser- und Laugengefahr wegen besondere Zuverlässigkeit aufweisen. Nach den Sicherheitsvorschriften müssen die Sicherheitspfeiler auf jeder Seite, rechtwinklig gegen die Markscheide, Feldesgrenze oder Betriebsgrenze gemessen, mindestens 50 m stark sein. Nähern sich die Grubenbaue den Markscheiden, Feldesgrenzen oder Betriebsgrenzen bis auf 200 m, so ist der Technischen Bezirks-Bergbauinspektion Meldung zu erstatten. Abbau und Durchörterungen scheiden der Wassergefahr wegen aus und bedürfen der Genehmigung der Technischen Bergbauinspektion.

Die *Sicherheitspfeiler gegen das Deckgebirge* müssen beim Abbau unter der Auflagerungsfläche wasserführender Schichten in vorgeschriebener seigerer Stärke stehenbleiben. Ihre seigere Mächtigkeit muß im Steinkohlenbergbau mindestens 20 m betragen und darf nur durch Schächte und Bohrlöcher durchörtert werden. In anderen Bergbauzweigen wird die Mächtigkeit von der Aufsichtsstelle festgesetzt.

II Wasserdichter Ausbau in Strecken

Der *wasserdichte Ausbau in Strecken u. a.* wird nur außerhalb der Abbauwirkung verwendet. Die Wasserzugänge einzelner wasserführender Klüfte und Spalten können in genügend festem Gebirge durch dichtes Ausfüllen mit bearbeiteten, flachen, trockenen Weichholzkeilen und darauf folgendem Pikotieren verdichtet werden,

d. h., wenn ringsum kein Keil anzubringen ist, erfolgt die weitere Verdichtung durch Eintreiben von etwa 30 cm langen Spitzkeilen. Sind keine offenen Lücken zum Einsetzen der Spitzkeile vorhanden, wird eine Räumnadel (Stahldorn mit Stiel) in die Holzpackung mit einem Vorschlaghammer hineingetrieben. Durch drehende Bewegung der Räumnadel mit Hilfe des eisernen Stieles kann diese leicht herausgezogen werden. In das entstandene konische Loch wird dann der Spitzkeil eingetrieben. Die Pikotage ist beendet, wenn mit der Räumnadel keine Löcher mehr in der Holzpackung hergestellt werden können. Die Festigkeit nimmt zu, weil das Holz trocken eingebracht wird und dann aufquillt. Diese Abdichtung hat sich im festen Gebirge gut bewährt. In der Strecke selbst kann anschließend ein wasserdichter Vollschrötausbau eingebracht werden. Bei größerem Wasserdruck wird man heute an Stelle des Vollschrötausbau eine wasserdichte Mauerung oder einen Tübbingbau wählen.

Falls Verwerfungen, die viel Wasser führen, mittels Strecken durchörtert werden müssen, ist das Verkeilen nicht anwendbar, weil das unmittelbar anstehende Gestein stets stark zerklüftet und mehr oder weniger zertrümmert ist. Da der Ausbau auf die Dauer dem Gebirgsdruck und dem Wasserdruck Widerstand leisten muß, wählt man für die Strecke die kreisrunde Querschnittsform. Derartige Streckenteile sichert man dann mit *Tübbingbau*. Dabei wird jeder Ring aus mehreren Segmenten zusammengesetzt. Zum Einbau der Tübbings (Abb. 24) verwendet man einen Plattformwagen mit einer

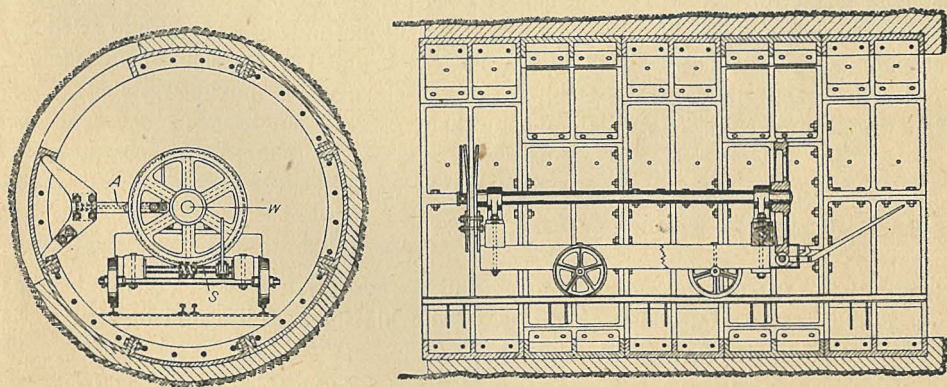


Abb. 24 Streckenausbau durch Tübbings bei Durchörterung einer wasserführenden Verwerfung
W Welle, S Schneckenrad, A radialer Arm

Welle W, die durch ein Schneckenrad S gedreht werden kann. Der Tübbing sitzt auf radialen Armen A. Diese drehen sich mit der Welle und sind radial verschiebbar. Der Anschluß der Tübbings an das wassertragende Gebirge vor und hinter der Störung wird durch den Einbau von Keilkränzen erreicht. Bei ungenügender Gebirgsfestigkeit muß man gemauerte Widerlager für die Keilkränze herstellen.

Einen Anschluß durch *Hinterfüllen der Tübbingringe* mit Zement zeigt Abb. 25. Hierbei werden die Tübbings in einer bestimmten Reihenfolge, z. B. von

rechts nach links, eingebaut. Rechts der Kluft *K* lassen sich die Tübbings leicht einbauen und mit Zement hinterstopfen, weil die Wässer nicht hindern. Dagegen muß beim Einbau der Segmentringe unmittelbar vor der Kluft das Wasser durch die Rohrleitungen *R*, die an Rohrstutzen der Ringe angeschlossen werden, abgeleitet werden. Vorerst muß der

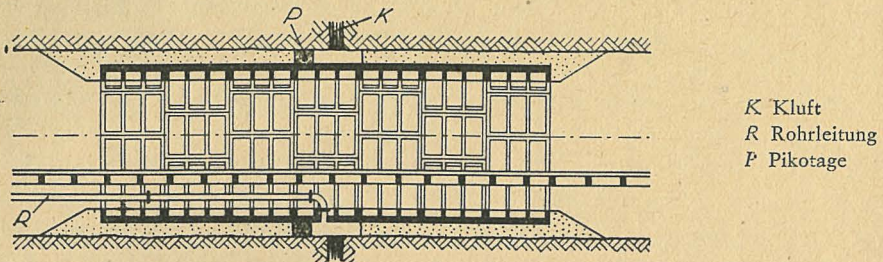


Abb. 25 Tübbinganschluß an das Gebirge mit Zement nach *Haniel* und *Lueg*

Raum zwischen den Tübbingsringen und dem anstehenden Gebirge vor der Kluft durch Pikotage *P* abgedichtet werden. Danach werden die übrigen Tübbings eingebaut und mit Zement hinterfüllt. Nach dem Abbinden des Zements werden die Rohre ausgebaut und die Rohrstutzen verschlossen.

Bei dem wasserdichten Streckenausbau ist noch auf die Errichtung von *Gewölbe-mauerung unter Wasserläufen* hinzuweisen. Diese Mauerung wird angewendet, wenn die Grubenbaue in geringer Tiefe unter Wasserläufen aufgeföhren werden, insbesondere wenn die Gebirgsschichten stark wasserdurchlässig sind. Solche Mauerungen müssen große Ausdehnungen erhalten.

12 Versteinung des Gebirges in Sirecken

Ein wichtiges Mittel zum Abschluß von bedrohlichen Wasserzugängen ist das Einbringen wasserabdichtender Materialien in die wasserdurchlässigen Klüfte und Spalten sowie in wasserdurchlässige Sande und Sandsteine.

Am häufigsten werden das Zementieren und die chemische Verfestigung angewendet. Diese Verfahren, die beim Abteufen von Schächten im standfesten Gebirge bei größerem Wasserzulauf (Schachtabteufen) behandelt wurden, finden bei günstigen Verhältnissen auch in Strecken Anwendung.

Das *Zementieren* geht von eigens dafür gestoßenen Bohrlöchern aus vor sich, in die Zementmilch¹⁾, erforderlichenfalls unter hohem Druck, eingepreßt wird. Der Zement setzt sich in den Hohlräumen ab und füllt sie allmählich völlig aus. Mit dem nachfolgenden Abbinden und Erhärten des Zements ist die Versteinung beendet.

¹⁾ Zementmilch ist eine Mischung mit mindestens 40 bis höchstens 65 Gew.-% Wasser. In größere Hohlräume werden dickflüssige Zementmischungen eingebracht.

Die erforderlichen Bohrlöcher werden um den Streckenumfang angeordnet. Sie haben etwa 30 bis 50 mm \varnothing und 6 bis 15 m Tiefe. Meist wird in das Bohrloch ein Zementierrohr eingebracht und durch Einzementieren in ihm befestigt. Dieses ist ein einfaches Stahlrohr, an das man den Zementierschlauch anschraubt. Wird eine Rückleitung für die Zementtrübe eingebaut, gelangt die abfließende Trübe wieder in das Mischgefäß. Der Druck, mit dem die Zementmilch eingepreßt wird, beträgt 20 bis 100 atü.

Erfolgreich ist das Zementieren bei festem, klüftigem Gebirge. Toniges Gebirge verhindert das gute Abbinden des Zements an das Gestein. Zement im Gemisch mit Schlamm ergibt meist keinen festen Körper; daher spült man den Schlamm aus den Bohrlöchern heraus oder drängt ihn durch hohen Druck weiter in das Gebirge hinein. Im Schwimmsand sowie im feinsporigen Gebirge läßt sich das Zementieren nicht durchführen, weil die Zementteilchen infolge Filterwirkung schon an den Eintrittsstellen zurückgehalten werden.

In Deutschland benutzt man zum Zementieren meist Hochofenzement. Dabei ist die Abbindezeit von großer Wichtigkeit. Bindet der Zement bereits während des Einpressens ab, entsteht ein loser Schlamm. Die Erstarrung der eingepreßten Zementmilch soll 2,5 bis 3,5 Stunden nach dem Anmachen beginnen, der Abbindeschluß soll 4,5 bis 5 Stunden nicht überschreiten und die Erhärtszeit etwa 24 Stunden betragen. Von wesentlicher Bedeutung ist die Mahlfineinheit, damit die Zemente auch in enge Spalten eindringen können. Durch Feinmahlen wird die Abbindezeit verringert. Die Dauer der Zementation wird bestimmt durch die Pumpbarkeit eines Zementbreis. Diese hängt vom Wasser-Zement-Verhältnis¹⁾ und dem Steifheitsgrad der Wasser-Zement-Mischung ab.

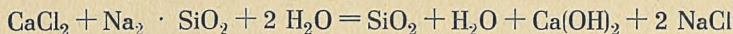
Beim Erstarren des Zementgemisches wird nur eine Wassermenge von etwa 20 % des Zementgewichtes chemisch gebunden. Um jedoch den Zementbrei durch Leitungen auf größere Entfernungen verpumpen zu können, ist ein Zusatz von 40 bis 60 % Wasser zu dem Zementgemisch erforderlich. Bei einem höheren Zusatz von Wasser tritt ein Entmischen des Zements ein. Beim Erstarren des Zementbreies scheidet sich das überschüssige, chemisch nicht gebundene Wasser oberhalb des Zementbreies ab.

Im allgemeinen wird bei Druckzementationen die Zementmischung durch höheren Wasserzusatz besonders dünnflüssig gemacht, damit man sie in die Gesteinsporen einpressen kann. Dünne Zementtrüben enthalten 5 bis 10 %, besonders dicke Trüben bis 70 % Zement. Je enger und verästelter die auszufüllenden Klüfte sind, um so leichtflüssigere Zementmilch preßt man ein. Die Spülung der Zementtrübe muß rasch und ohne Unterbrechung erfolgen. In keinem Falle darf Luft in den Zementstrom gelangen, da sonst Luftblasen in das Gebirge kommen und das Eindringen der Zementmilch erschweren. Solange die Trübe leicht aufgenommen wird, braucht der Druck nur gering zu sein. Wächst der Widerstand durch Bildung von Zementdruck im Gebirge, erhöht man den Druck.

In Deutschland hat das *chemische Verfahren von Joosten* (Gesellschaft für chemische Verfestigung und Abdichtung, Berlin Schöneberg) besondere Bedeutung

¹⁾ Das Wasser-Zement-Verhältnis gibt an, welcher Wasserzusatz, auf das Zementgewicht bezogen, nötig ist, um die Zementmischung verpumpen zu können.

erlangt. Es besteht darin, daß zwei echte chemische Lösungen in kleinen Intervallen nacheinander durch Bohrlöcher in das Gestein hineingepreßt werden. Die ausgefällten Niederschläge müssen unlöslich sein, fest an den Hohlraumwandungen haften und die Hohlräume dicht ausfüllen. Man verwendet zunächst eine Kieselsäurelösung und anschließend die Lösung eines Chlorsalzes. Die Reaktion verläuft etwa nach der Gleichung:



Hierbei scheidet sich $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ als festes Kieselsäuregel ab; aus Ca(OH)_2 bildet sich mit CO_2 aus der Luft oder aus dem Wasser CaCO_3 . Die im Kieselsäuregel vorhandenen starken Oberflächenkräfte bewirken die Verkittung der Massen. Die Verfestigung bzw. Abdichtung geht augenblicklich vor sich; denn die Reaktion bedarf nicht, wie bei Zement, einer Abbindezeit.

Dieses Verfahren wird angewendet, wenn es sich um enge Spalten, Haarrisse oder körniges, tonfreies und feinporiges Gebirge handelt, die für Zement nicht mehr durchlässig sind, oder wenn eine sofortige Abdichtung erfolgen muß. Weiter verwendet man dieses Verfahren beim Abdichten von Keilkränzen, insbesondere aber von Wasserdämmen, um die Grenzflächen zwischen Ausbau und Gebirge sorgfältig abzudichten.

13 Sicherung der Grubenbaue durch Wasserabdämmungen

Je nach Zweck und Verwendung unterscheidet man

- a) *Filterdämme*,
- b) *undurchlässige Dämme* (Holz-, Mauer- oder Betondämme).

Zu a)

Die *Filterdämme* haben den bei Wassereinbrüchen eingeschlammten Sand zurückzuhalten, damit das Wasser den Pumpen möglichst rein zufließt. Sie erfüllen auch im wasserdurchlässigen Gebirge ihren Zweck, sofern das Gebirge fest genug ist, daß es

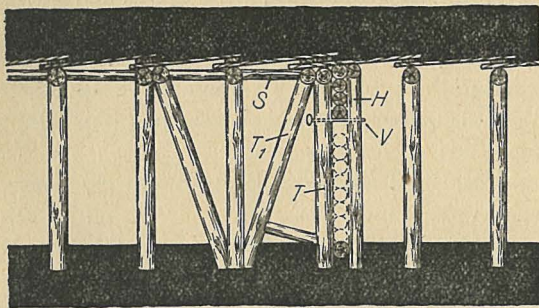


Abb. 26 Knüppel- oder Stempeldamm

T Türstock	T ₁ schrägstehender Türstock
S Spreizen	V Vorstecker
H Hilfshölzer	

nicht von dem durch die Spalten und Poren strömenden Wasser mit fortgerissen wird. Der Damm selbst muß stark genug gebaut sein, da er die Stoßkraft der beim Durchbruch andrängenden Sandmassen auszuhalten hat.

Im deutschen Braunkohlenwerk verwendet man hierzu *Knüppel- oder Stempeldämme* (Abb. 26). Als Widerlager für den einzusetzen den Knüppeldamm dient der

Türstock T , der gegen die vorderen Türstöcke durch Spreizen S versteift wird. Zweckmäßig werden noch schrägstehende Türstöcke T_1 eingebaut, um ein Umschieben des Ausbaus in Streckenrichtung zu verhindern. Etwa 15 bis 20 cm vor dem als Widerlager dienenden Türstock werden an den Stößen die Hilfhölzer H gestellt. Zwischen dem Türstock T und den beiden Hilfhölzern H werden die oberen Dammstempel zuerst bis an die Firste nach oben geschoben und durch einen Vorstecker V festgehalten. Sobald die unteren Stempel eingelegt sind, zieht man den Vorstecker heraus. Man muß dafür sorgen, daß dabei die oberen Hölzer nur soweit herunterfallen können, daß die Oberkante des Knüppeldammes über die Unterkante der Kappe hinaufreicht, damit ein einigermaßen dichter Abschluß erreicht werden kann. Dann wird zwischen Pfändlatte und Kappe hindurch oberhalb des Dammes Stroh und Heu eingestopft. Die gleiche Packung wird auch an der Sohle an den Stößen zwischen Damm und Hilfhölzer eingebracht.

Verwendet man Knüppeldämme für feinkörnige Sande, die evtl. durch den Damm hindurchkommen, so stellt man vor dem Damm in Entfernungen von zwei bis drei m durchlässige Wehre aus Bohlen auf, die auf der Innenseite mit Sackleinen ausgekleidet werden.

In weicher, durchlässiger Kohle ist zu befürchten, daß der Wassersand entweder um den Damm herumfließt oder durch die Kohle hindurchpreßt. In diesen Fällen baut man den Knüppeldamm in einem Schlitz S ein, der in der Streckenmauerung ausgespart wird (Abb. 27). Während des Hochmauerns werden die einzelnen Dammstempel ihrer Länge wegen schräg in den Schlitz eingebracht und dann im Schlitz selbst waagerecht angeordnet. Nach Fertigstellung des unteren Teiles werden die oberen Dammstempel, die nicht mehr schräg eingebracht werden können, von dem nach dem Baufeld waagerecht verlängerten Schlitz S_1 aus vorgeschoben und fallen in den senkrechten Teil des Schlitzes, ihn bis obenhin abschließend.

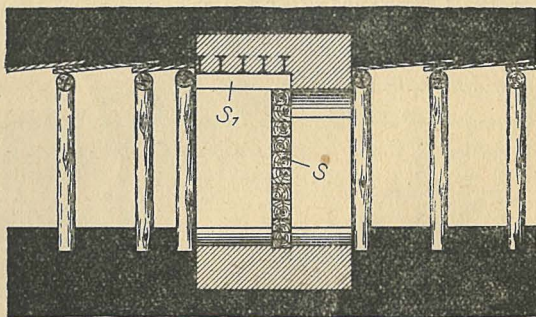


Abb. 27 Knüppeldamm in einem Schlitz der Mauerung
 S_1 verlängerter Schlitz S Schlitz

Zu b)

Unter *undurchlässigen Wasserdämmen* versteht man feste, geschlossene Dämme, die das Wasser dauernd oder zeitweise, ganz oder teilweise absperren. Solche Dämme können erforderlich werden,

- um Grubenteile abzudämmen, die für den Betrieb nicht mehr erforderlich sind;
- um Feldesteile, die erst später zum Verhieb gelangen, vorübergehend abzusperren;
- wenn feststeht, daß ein zeitweiliges oder dauerndes Ersaufen eines Teils des Grubengebäudes zu erwarten ist. Man gibt in diesem Falle den besonders gefährdeten Teil der Grube preis, um damit den übrigen Teil wasserfrei zu halten.

Für die Wahl des Standortes sind ausschlaggebend der Zweck des Dammes sowie die örtlichen hydrologischen Verhältnisse des Standortes unter Berücksichtigung der Abbauwirkungen. Es genügt nicht, die Dammstelle in festes und unzerklüftetes Gestein zu legen, sondern es dürfen auch von dem abgesperrten Grubenraum keine Spalten oder wasserdurchlässigen Gebirgsschichten zu den offenzuhaltenden Grubenbauen führen. Sandstein und Konglomerate eignen sich wegen ihrer Porigkeit weniger für die Errichtung von Wasserdämmen, am günstigsten sind feste tonhaltige Gesteine (sandige Tonschiefer). Muß trotz sorgfältiger Auswahl der Damm dennoch in ein Gebirge mit geringer Durchlässigkeit gestellt werden, so muß dieses durch Zementieren oder chemisches Versteinen abgedichtet werden. Durch Torkretieren der Stöße, Anordnen eines Längsdammes an den Querdamm und Abdichtung des Dammes mittels Zementhinterpressung läßt sich eine größere Dichtheit des Gebirges erreichen. Die Widerlager für die Abdämmung, die hinreichend tief in das anstehende Gebirge eingreifen müssen, werden mit Preßlufthämmern, von Hand mit Keilhau oder Schlägel und Eisen oder bei festem Gestein mit Bohrhämmern hergestellt, da sich bei Schiefarbeiten Risse bilden und sonstige Zerstörungen auftreten können. Bei der Herstellung mit Bohrhämmern wird Loch an Loch gebohrt; auf diese Weise werden die einzelnen Gesteinsstücke aus dem Gebirge herausgeschnitten.

Bei bereits vorhandenem Wasserzulauf werden für das Herstellen eines Dammes in der Sohle meist zwei sog. Krippendämme vor und hinter dem zu errichtenden Widerlager gesetzt und die Wässer mit einem Rohr oder Gefluder über die Dammstelle fortgeleitet. Abb. 28a zeigt den Damm während seiner Errichtung. Zunächst werden in

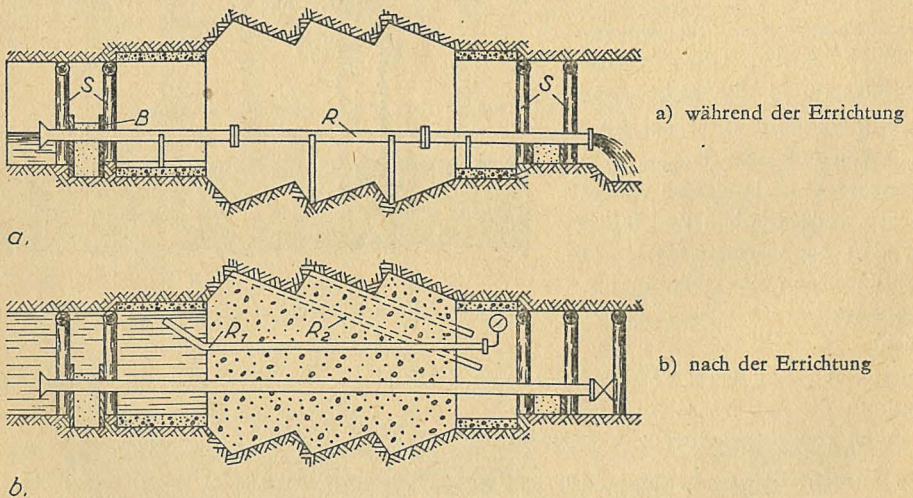


Abb. 28 Herstellung eines Krippendammes

S Stempel
 B Bohlenwände
 R Abflußrohr

R₁ Rohr für Messung des Wasserdruckes
 R₂ Rohr für Ausfüllung mit einer Zementlösung

der Strecke vier Stempel *S* gesetzt, und zwar je zwei Stempel zu beiden Seiten des Widerlagers. An den Innenseiten der Stempel werden Bohlenwände *B* eingebracht, der Zwischenraum wird mit Ton abgedichtet. Die unterste Bohle muß möglichst dicht an die Sohle anschließen, damit der eingebrachte Ton nicht herausgespült werden kann. Die oberste Bohle erhält einen Ausschnitt für das Abflußrohr *R* mit 200 bis 400 mm Ø. Dieses wird nach der Abflußseite mit dem erforderlichen Gefälle verlegt, so daß das Wasser während der Herstellung des unteren Teiles des Widerlagers und des Dammes die Arbeit nicht hindert. Abb. 28 b zeigt den Damm in fertigem Zustand. Zum Messen des Wasserdruckes ist nahe der Firste ein Rohr *R*₁ von 20 bis 25 mm Ø eingemauert. Weiter sind eiserne Rohre *R*₂ mit 35 bis 50 mm Ø eingemauert, durch welche nach dem Abbinden des Mauerwerkes mittels einer Spezialdruckpumpe eine Zementlösung zur Ausfüllung der Hohlräume gepumpt wird.

In festem Gebirge bei nur geringem Druck stellt man *Holz dämme* her. Da Balken geringerer Länge größere Druckbeanspruchung aushalten, verlegt man sie je nach Höhe und Breite des Dammes stehend oder liegend (stehende oder liegende Balkendämme). Bei ihnen wirkt der Wasserdruck rechtwinklig gegen die Längsrichtung der Balken. Die Widerlager werden bei stehenden Dämmen in Firste und Sohle, bei liegenden in den Streckenstößen hergerichtet.

Für große Wasserdrücke sind Balkendämme nicht verwendbar, da bei einem Druck von 9 at die Stärke für Fichtenholzbalken ungefähr gleich der Hälfte ihrer freitragenden Länge sein müßte.

Im allgemeinen verwendet man für *Mauerdämme* hartgebrannte, poröse, nicht glasierte Ziegel von mindestens 150 bis 180 kg/cm² Druckfestigkeit. Die Ziegel sind vor der Verwendung hinreichend mit Wasser anzufeuchten, damit sie nur wenig Wasser aus dem Mörtel anziehen. Hierbei wird Mörtel in die Außenporen der Steine angesaugt, wodurch das Material besser aneinander bindet. Der Mörtel darf durch diese geringe Wasserentziehung nicht zu trocken werden; er muß also genügend feucht sein.

Absolut dichte Mauern erreicht man nur durch Verwendung von Klinkern mit einer Mindestfestigkeit von 350 kg/cm². Diese nehmen auch eine geringe Menge Wasser auf, geben es aber nicht weiter. Als Mörtel eignet sich am besten ein Gemisch von hochwertigem, bei Bedarf schnell bindendem Zement mit scharfem, mittelkörnigem Quarzsand. Dieser muß frei sein von Ton und Bestandteilen, deren Zersetzungsprodukte den im Mörtel enthaltenen Kalk angreifen. Bei größeren Drücken hat sich ein Gemisch von einem Teil Zement und einem Teil Sand bewährt.

Für *Betondämme* muß ein möglichst fester und dichter Beton angewendet werden, wie man ihn durch eine Mischung (1 : 4 oder 350 kg Zement auf 1 m³ Beton) und eine sorgfältige Kornzusammensetzung erzielt. Als Zemente eignen sich die durch geringen Kalkgehalt und große Säurebeständigkeit gekennzeichneten Hochofen-Traß-Portland- oder Tonerde-Zemente. Die Zuschläge betragen rd. 65 % der Betonmasse; die Sandmenge soll sich zu den großen Zuschlägen wie etwa 2 : 3 verhalten. Grundsätzlich soll nur so viel Wasser zugegeben werden, daß das Gemisch beim Durcharbeiten die erforderliche Geschmeidigkeit hat. Je wasserreicher der Zementbrei ist, umso poriger

wird beim Erhärten der Beton. Der Wasserzementfaktor $\frac{\text{Wassergewicht kg}}{\text{Zementgewicht kg}}$ soll etwa 0,2 bis 0,4 betragen.

Zerstörungen des Betongefüges, die als Folge der Temperaturunterschiede beim Betonieren auftreten, können eingeschränkt werden durch Niedrighalten der Abbindewärme, und zwar durch Verwendung von Zementen mit geringer Abbindewärme, durch Beschränkung des Zementzusatzes auf das zur Erreichung der Betonfestigkeit, -dichtigkeit und -verarbeitbarkeit erforderliche Maß, durch Abkühlung der Zuschlagstoffe (die etwa 65 % der Betonmasse ausmachen), durch Berieseln mit kaltem Wasser oder Durchblasen kalter Luft, durch Betoninnenabkühlung unter Anwendung von Kühlrohren.

Beim Auftreten schädlicher Wässer ist der Beton an der Wasserseite mit Klinkern in Säurezement oder durch wasserabweisende Anstriche zu schützen. Als Anstrichmittel eignen sich z. B. Beersolit, Inertol oder solche, die den freien Kalk des Zements in unlösliche Verbindungen überführen wie Betonmurolineum, *Keßlersche Fluats* u. a. Am zweckmäßigsten erweist sich gegen Säureangriffe die chemische Versteinung nach *Joosten*.

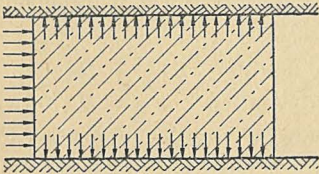


Abb. 29

Anpressung des Betons gegen die Gebirgswände infolge der Querausdehnung

Wasserdämme aus Ziegeln oder Beton wurden in früheren Jahren als Kugelgewölbe hergestellt und berechnet. Nach neueren Untersuchungen ruft der Wasserdruck von oft mehreren hundert Atmosphären nicht nur eine Querausdehnung des Betons hervor (Abb. 29), sondern beansprucht den Wasserdamm auf Abscheren und Haftfestigkeit. Nach den Gesetzen der Festigkeitslehre muß immer die ungünstige Beanspruchung in Rechnung gesetzt

werden, d. h., die Scher- und Adhäsionskräfte sind für Bemessung und Sicherheit des Dammes von ausschlaggebender Bedeutung. Abb. 30 zeigt einen als *Pfropfen ausgebildeten Wasserdamm*, der zur Entlastung des Wasserdruckes auf der Wasserseite und auf der dem Wasser gegenüberliegenden Seite kegelförmige Vertiefungen erhält und damit durch Erhöhung der Querausdehnung einen großen Teil des

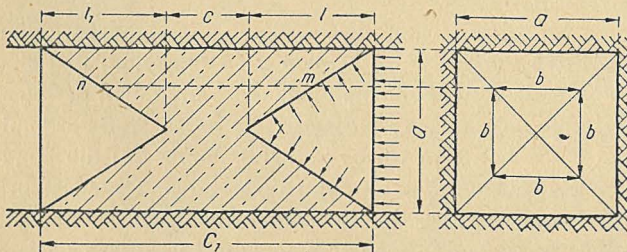


Abb. 30

Erhöhung des Einflusses der Querausdehnung durch Ausbilden des Pfropfs

a größte Streckenseite in m,
c₁ Gesamtlänge des Dammes
c geringste Dammstärke

horizontal gerichteten Wasserdruckes von Anfang an (wie durch Pfeile angedeutet wird) auf die Gebirgsstöße überträgt. Durch die erhöhte Anpressung an das Gebirge wird der Gleit- und Reibungswiderstand und damit die Haftfestigkeit des Betons am Gebirge wirksamer gestaltet. Bei einer Strecke von quadratischem Querschnitt ergibt sich die Formelentwicklung nach folgender Überlegung: Soll der Damm halten, muß Druckfläche (Dammquerschnitt) \times spez. Wasserdruck gleich dem Produkt aus Abscherfläche \times spez. Scherfestigkeit sein. Die Gesamtlänge des Pfropfens kann rechnerisch ermittelt werden nach der Formel

$$c_1 = \frac{p \cdot a}{4 \tau},$$

worin p = Wasserdruck in t/m^2 , a = größte Streckenbreite in m (oder Höhe), τ = Scherfestigkeit in t/m^2 bedeutet. Die geringste Dammstärke (in der Mitte des Dammes) ergibt sich zu $c = \frac{c_1}{4}$. Nach der Wasserseite greift der Damm um den Betrag $l = c$ vor und auf der dem Wasser gegenüberliegenden Seite um $l_1 = 2c$. Beträgt z. B. der größte auftretende Wasserdruck $p = 600 \text{ t/m}^2$, die größte Streckenseite $a = 4,0 \text{ m}$, die zulässige Scherspannung $\tau = 4,5 \text{ kg/cm}^2$ oder 45 t/m^2 , so ist die Gesamtlänge $c_1 = \frac{600 \cdot 4,0}{4,45} = 13,3 \text{ m}$; die geringste Dammstärke $= \frac{13,3}{4} = 3,3 \text{ m}$.

Wegen der zu geringen Haftspannung zwischen Beton und Gebirge von nur $3,0 \text{ kg/cm}^2$ genügt jedoch diese Ausführung des Pfropfens nicht. Daher ist man gezwungen, zur sicheren Übertragung des Druckes auf das Gebirge besondere Vorkehrungen zu treffen. Abb. 31 zeigt einen zweckmäßig ausgebildeten *Wasserdamm der Fa. Schlüter und Abeles*. Dieser ist durch widerlagerartige Einschnitte rings um die Strecke gegen Herausdrücken gesichert und nach der Wasserseite zu konisch erweitert. Im mittleren Teil der Pfropfenlänge, wo die größten Scherbeanspruchungen auftreten, wer-

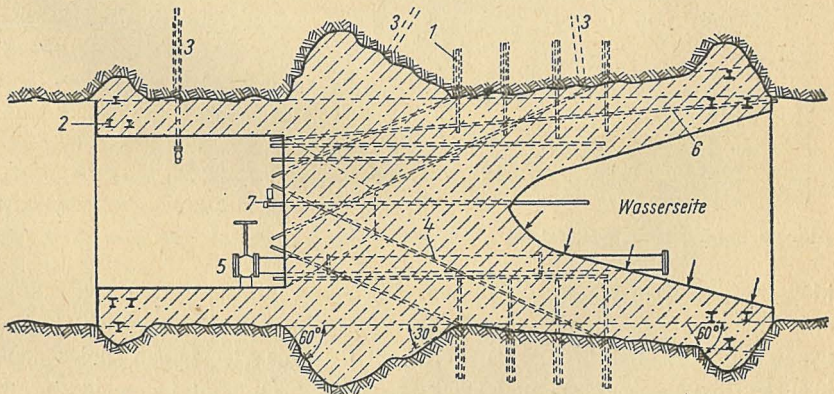


Abb. 31 Neuartiger Dammverschluß nach Schlüter

1 Rundeisenstäbe, 2 Schienen,

Rohre: 3 für Einbringung des Betons, 4 für nachträgliche Abdichtung,

5 für Entwässerung, 6 für Entlüftung, 7 für Druckmessung

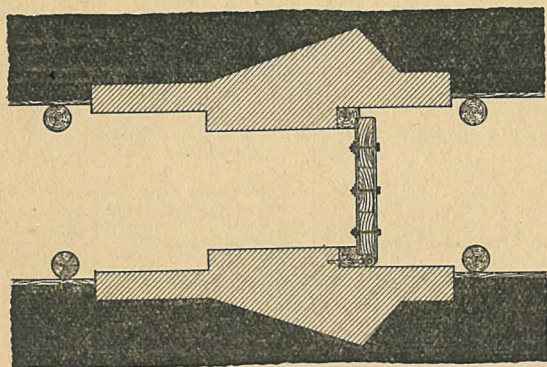
den Rundeisensplinte 1 mit etwa 40 bis 50 mm \varnothing in das feste Gebirge eingedübelt. Bei wenig widerstandsfähigem Gebirge sind zum Schutz gegen Verwitterung die beiden Enden des Dammes durch Schienen 2 bewehrt. Zum Einpressen von Zement in etwaige Klüfte des Gebirges vor Einbringung der Betonmassen dienen die Rohre 3, zur nachträglichen Abdichtung der Widerlager die Rohre 4. Weiter sind vorgesehen die für die Entwässerung 5, Entlüftung 6 und Druckmessung 7 erforderlichen Rohre.

14 Dammtore

Dammtore werden in Bauabteilungen errichtet, in denen man mit dem Einbrechen von Wasser rechnen muß. Sie bleiben also zunächst offen; der Verkehr zwischen den verschiedenen Grubenteilen vollzieht sich weiter. Im Fall einer Einbruchgefahr werden die Türen schnell geschlossen. Wie bei den Wasserdämmen ist auch für die Dammtore die Wahl des Standortes von größter Wichtigkeit; es gelten auch hier die gleichen Gesichtspunkte. Jedes Dammtor setzt sich zusammen aus dem Widerlager, dem Türrahmen und der eigentlichen Tür oder, wenn es ein Doppeltor ist, den Türen.

Wir verwenden Dammtore mit Holztüren und Dammtore mit Stahltüren.

Dammtore mit Holztüren sind nur bei einem Wasserdruck von nicht mehr als 10 bis 15 atü zulässig. Das Widerlager wird, solange es sich nicht um höhere Drücke als 30 bis 40 atü handelt, als Mauerwerk oder Beton aufgeführt (Abb. 32). Das Gewölbe



läßt eine entsprechend große Öffnung mit abgeschrägten Widerlagerflächen für den Holzrahmen frei. Er wird unter Tage zusammengesetzt. Die Holztüren werden in der Regel aus aneinandergefügt Balken in einer Stärke von 70 bis 75 mm hergestellt. Da die Balken dicht aneinander liegen müssen, werden sie mit Nut und Feder sowie durch Beschläge und Schrauben miteinander verbunden. Die Längsrichtung der Balken muß der

Abb. 32 Mauerdamm mit Holztür

kleineren Türdimension entsprechen. Die Abdichtung zwischen Türrahmen und Tür erreicht man durch eingelegte geteerte Filzstreifen, geteerten Hanf, Gummi u. a. Verwendet man Pfostentüren, so nagelt man drei bis vier Lagen gleich starker Pfosten kreuzweise übereinander, und zwar so, daß die äußeren Lagen in der Richtung der kleineren Türdimension liegen. Zwischen die einzelnen Pfostenlagen legt man eine Lage geteierter Leinwand ein.

In der Praxis werden meist *Dammtore mit Stahlblechtüren* oder mit Stahlgußtüren verwendet. Das Widerlager ist ein in das Gebirge eingelassenes Mauerwerk.

Seine Länge hängt von der Festigkeit des Gebirges ab. Für stärkere Gewölbe setzt man die Widerlager gegen das Gebirge ab, um nicht allzuviel Gestein nachnehmen zu müssen. Die eisernen Türrahmen werden durch Ankerbolzen befestigt, die im Mauerwerk vermauert sind. Sie bestehen wegen ihrer Größe und ihres Gewichts aus mehreren Teilen, die durch Verschraubung und Dichtungen verbunden werden. Ist der Türrahmen nur gesprengt, verstemmt man die Zwischenräume der Sprengstellen mit Rostkitt¹⁾ und läßt den Kitt erkalten und abbinden. Bei Türrahmen mit gehobelten Teilstücken werden Bleiplatten eingelegt, die nach dem Anziehen der Schrauben gleichfalls verstemmt werden. Im Türrahmen sind Öffnungen zur Befestigung von Rohren für das Abzapfen des Wassers, für das Manometer sowie für die Entlüftung. Die Stahltüren sind dem Wasserdruck entgegen aufgewölbt. Die Beanspruchung der Tür wächst:

mit dem Wasserdruck, der durch die Teufenlage des Dammtores gegeben ist; bei Wasserdrücken von 30 bis 40 at kommen Stahlblechtüren, bei höheren Drücken Stahlgußtüren in Betracht;

mit der Türgröße, für die namentlich die Anforderungen der Förderung und der Wetterführung maßgebend sind.

Ein für mehrere Türen gemeinsamer Rahmen hat den Nachteil, daß die Mittelrippe des Rahmens keine genügende Auflagefläche auf dem Widerlager hat. Daher gibt der Rahmen meist in der Nähe der Mittelrippen nach, wodurch die Türen undicht werden. Da man bei mehrtürigen Türrahmen meist rechteckige Türen anwendet, müssen die dabei erforderlichen halbzyklindrischen Türformen kräftiger konstruiert werden als die halbkugelförmigen Türformen.

Wenn *Dammtürrahmen und Dammtüren aus Gußstahl* nicht rasch genug beschafft werden können, stellt man sie notfalls aus 30 bis 50 mm starkem *Kesselblech* (Abb. 33) her. Als Türrahmen werden versteifte Kastenrahmen *K* verwendet, die mit konischen Auflageflächen den Wasserdruck vorwiegend als Seitendruck auf die Beton- oder Mauerwiderlager übertragen. Zweckmäßig besteht der Rahmen aus Einzelkästen (je nach Größe 4 bis 6 Stück), die durch Verschraubung oder Vernietung miteinander verbunden werden. Die Dichtungsflächen müssen, um einen dichten Abschluß zu erreichen, gut bearbeitet und nach dem Einbau mit Blei u. a. verstemmt werden. Die

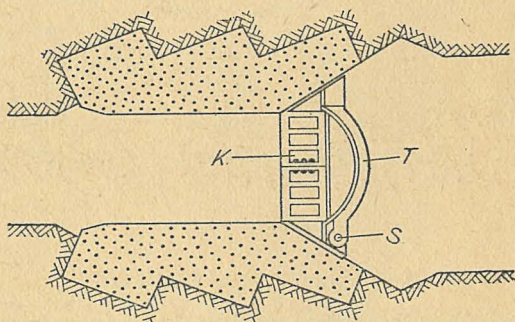


Abb. 33

Dammtor und Rahmen aus Kesselblech

K Kastenrahmen, *T* Dammtür, *S* Scharniere

¹⁾ Rostkitt besteht aus gesiebten gußeisernen Drehspänen, die, mit Essig angefeuchtet, warm werden und oxydieren. Nach dem Anfeuchten läßt man die Späne kalt werden und feuchtet sie nochmals mit Essig an.

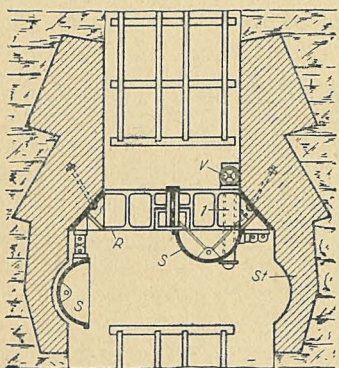
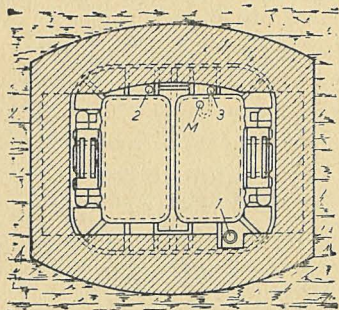


Abb. 34

Dammtor mit zwei Türen

R Rahmen, S Türen, St Stöße,

M Manometer, V Ventil

Rohre: 1 für Durchfluß, 2 für Luft-
abführung, 3 für Manometer

Dammtür *T* besteht, wie bereits erwähnt, aus gleich starkem Kesselblech, das nach der Wasserdruckseite entsprechend aufgewölbt und durch angeschweißte Querbleche von gleicher Stärke versteift ist. Ein einfacher und rascher Abschluß wird durch Anbringen von Scharnieren *S* erreicht. Die Anlageflächen der Dammtür sind beim Einbau den Rahmenflächen genau anzupassen und entsprechend abzudichten.

Abb. 34 zeigt ein *Dammtor mit einer zweiflügeligen Tür*. Der Rahmen *R* liegt keilförmig im Mauerwerk. Er besteht wegen seiner Größe und seines Gewichts meist aus mehreren Teilen, die unter Tage zusammengebaut und verschraubt werden. Für hohe Drücke wendet man runde Türen *S* in Halbkugelform an. Die Beanspruchung der Türen wächst mit zunehmender Türgröße. Maßgebend für die Größe sind namentlich die Anforderungen der Förderung und Wetterführung. Meist wird eine Breite von 0,9 bis 1,0 m und eine Höhe von 1,8 bis 2,0 m genügen. Um bei geöffneten Türen den erforderlichen Querschnitt frei zu halten, müssen die Stöße *St* auf der Wasserseite stärker herausgearbeitet werden. Im unteren Teil des Rahmens ist ein Rohr *1* vorgesehen, das als Wasserseige dem Grubenwasser den Durchfluß gestattet; es kann durch ein auf der Druckseite vorgeschraubtes Ventil *V* abgesperrt werden. Oben im Rahmen ist ein Rohr *2* zur Luftabführung und ein Rohr *3* für das Manometer *M* zur

Messung des Wasserdruckes angebracht. Auf der Wasserseite in genügendem Abstand vom Dammtor ist ein Gitter anzubringen, um Holzteile abzufangen; andernfalls ist ein Öffnen der Dammtür in Frage gestellt.

15 Wasserabdämmungen im Salzbergbau

Besondere Sorgfalt erfordern *Wasserabdämmungen im Salzbergbau*. Trifft man unerwartet in einer Strecke Laugen an, so setzt man im allgemeinen dicht an der Zuflußstelle einen provisorischen Damm, den man raschestens durch einen endgültigen Damm im günstigen Gebirge ersetzt. Da das Gebirge wasserlöslich ist, gehören Mauerdämme zu den Arbeiten, die außer praktischer Erfahrung größte Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit erfordern. Bei der Schaffung der Widerlager muß bis an das festanstehende Gebirge ohne Sprengarbeit ausgespitzt werden. Als Mauerwerk müssen

hartgebrannte Klinker verwendet werden. Als Mörtel wird Magnesiazement verwendet, der mit trockenem, scharfkantigem Sand angemacht wird. Für Beton ist in jedem Einzelfall Zementart und Mischung mit Behandlung durch Versuche zu erproben, weil die verschiedenen zudringenden Laugen von bestimmtem Einfluß sind.

Bei nichtsulfatischen Steinsalzlauge ist Portlandzement oder Hochofenzement brauchbar.

Bei sulfatischen Laugen ohne wesentlichen Anteil an $MgCl_2$ hat sich der kalkarme, kieselsäurereiche Hochofenzement am besten bewährt, und zwar „Thuringia“ von der Maxhütte in Unterwellenborn (Saale). Durch Zusatz von Soda u. a. kann das Abbinden beschleunigt werden.

Bei konzentrierten $MgCl_2$ -Laugen und im Carnallit ist allein Magnesiazement beständig. Die Abbindetemperatur, die bei reinem Magnesiazement bis zur Siedetemperatur steigen kann, wird durch eine Mischung mit Hochofenzement (etwa 3:1) auf 30 bis 34° C gesenkt; vorteilhaft ist, die Mauer in einzelnen Scheiben oder wenigstens in Teilstücken zu errichten, andernfalls tritt durch eine hohe Abbindetemperatur eine ungünstige Beeinflussung des Abbindens ein.

Für die Wasserdichtigkeit des Betons ist aber nicht allein die Eigenart des Zements und die Mischung (Zuschlagstoffe) maßgebend, vielmehr spielt auch der Abbinde- und Erhärtungsprozeß eine entscheidende Rolle. Der Zement, bei dem Berührung mit Lauge in Frage kommt, muß daher während des Abbindens feucht gehalten werden; denn eine plötzliche Austrocknung führt zur Bildung von Schwundrissen und damit zum Eindringen des Wassers. Ein Zusatz von 7 % Wasser ist im allgemeinen als Optimum anzusehen. Weiter ist für eine gute Dichte durch festes Einstampfen zu sorgen. Um zu vermeiden, daß Wasser durch das Gebirge um den Damm dringt und dabei dieses auflöst, arbeitet man darauf hin, daß hinter dem Damm eine gesättigte Lösung entsteht.

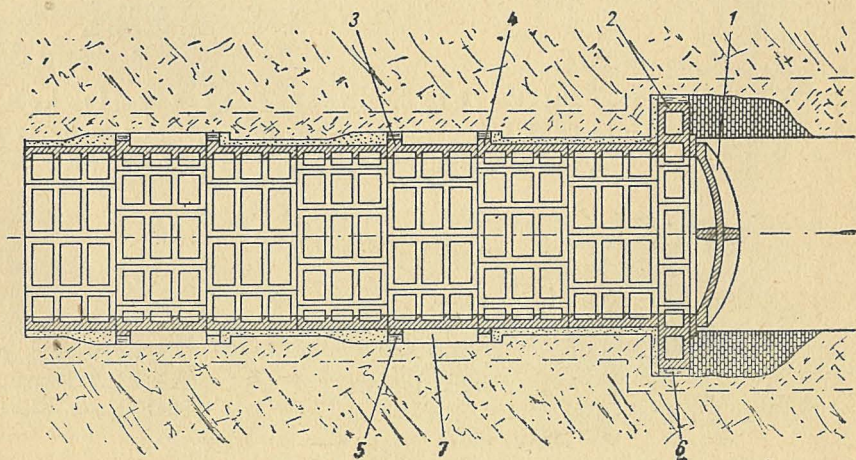


Abb. 35 Dammanlage nach Graefe

1 Rahmen, 2 Keilkranz, 3 und 4 äußere Flanschen, 5 Pikotage zwischen Flanschen und Salzstoß, 6 Pikotage zwischen Keilkranz und Salzstoß, 7 Luftkammer

Zu diesem Zweck errichtet man in der betreffenden Strecke in Abständen von etwa 15 m einige Mauern und bildet auf diese Weise mehrere Kammern. In diese Kammern wird Carnallit oder Chlormagnesium eingeführt.

Wenn man in nicht ganz sicher erscheinenden Feldesteilen Untersuchungsstrecken auf-führt, ist es zweckmäßig, in gewissen Abständen Dammtore einzubauen. Während man bei der Verdämmung durch Ausmauern der Strecke undichte Stellen nicht feststellen und nachdichten kann, gewährt der *Damm nach Graefe* (Abb. 35) einen dichten Abschluß zwischen Salz und Tübbings und gestattet vor allem eine ständige Prüfung der Zuverlässigkeit der Verdämmung. Der Rahmen der Dammtür 1 legt sich gegen einen Keilkrantz 2, an welchen eine Anzahl deutscher Tübbings angebaut ist. Von den Ringen besitzt der zweite und dritte je einen äußeren Flansch 3 und 4. Zwischen diese äußeren Flanschen und dem Salzstoß ist eine Pikotage 5 und zwischen dem äußeren Umfang des Keilkranzes und dem Salzstoß eine Pikotage 6 angesetzt. Der Raum zwischen den beiden ersten Tübbingsringen und dem Salz wird mittels einer hydraulischen Presse mit Magnesia-zement ausgefüllt. Die Pikotagen 5 und 6 haben den Zweck, einen geschlossenen Raum zu bilden, der ein völliges Ausfüllen des Raumes zwischen Tübbingswan-dungen und Salz mit Magnesia-zement ermöglicht. Zwischen dem dritten Tübbingsring und dem Salzstoß ist eine Luftkammer 7 als Untersuchungs- und Preßkammer geschaf-fen, die dazu dient, die Zuverlässigkeit der Dichte zwischen dem Magnesia-zement und dem Salzstoß zu untersuchen. Man führt von Zeit zu Zeit Chlormagnesiumlauge unter hohem Druck in die Preßkammer ein. Ein mit dieser verbundenes Manometer läßt er-kennen, ob der Abschluß zwischen dem Magnesia-zement und dem Salzstoß noch ein-wandfrei ist.

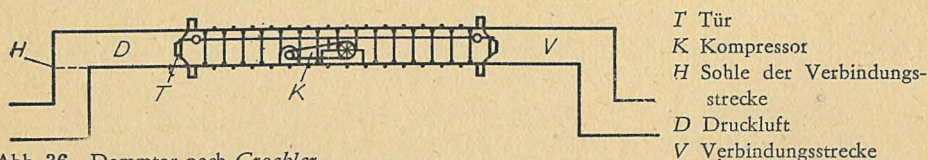


Abb. 36 Dammtor nach Groebler

Nach Groebler legt man die *Verbindungsstrecke V* zwischen zwei *Salzbergwerken* in einer Länge von etwa 300 m um etwa 4 m höher als den übrigen Teil der Strecke (Abb. 36). Hinter der Tür *T* stellt man einen Kompressor *K*

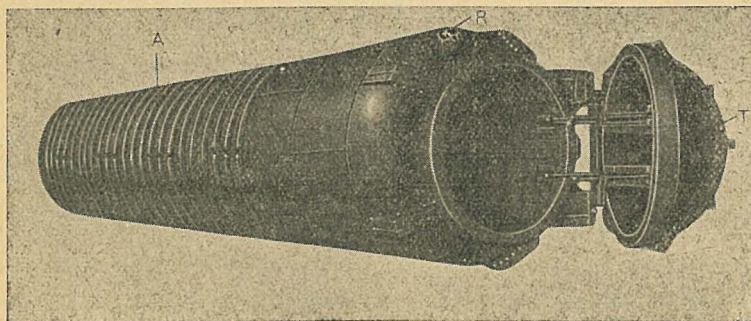


Abb. 37
Dammtorverschuß
für Salzbergwerke
(nach Groebler)
T Dammtür
R Türrahmen
A Tübbingausbau

auf. Ersäuft das eine Bergwerk und die Wässer haben die Höhe H erreicht, wird die Dammtür T geschlossen und der Raum zwischen H und dem Dammtor mit Druckluft D angefüllt. Bei 500 m Teufe muß der Kompressor Luft von etwa 60 atü erzeugen, nach Bedarf wird Luft durch zeitweises Arbeiten des Kompressors nachgepumpt.

Abb. 37 zeigt einen *Dammtorverschluß nach Groebler* für 100 at. Die Dammtür T ist in Halbkugelform ausgebildet. An den wasserdicht im Widerlager eingebauten Türrahmen R schließt sich ein Tübbingsausbau A der Strecke von entsprechender Länge an, der durch Zementhinterpressung wasserdicht an das Gebirge anschließt.

SEMINAR

21. Welche Faktoren erfordern das Fernhalten der Wässer von den Grubenbauen?

22. Welche Vorkehrungen kommen gegen das Eindringen von Oberflächenwasser in die Gebirgsschichten in Betracht?

23. Welche Vorkehrungen trifft man zur Verhütung von Überflutungen durch Tageswasser?

24. Nennen Sie die Vorkehrungen zur Sicherung des Grubengebäudes oder der einzelnen Grubenbaue unter Tage gegen Wasser- oder Laugengefahr!
25. Wie werden Streckenteile waserdicht ausgebaut?
26. In welchem Gebirge ist ein erfolgreiches Zementieren möglich?
27. Wann preßt man leichtflüssigere Zementmilch (5 bis 10 % Zement) ein?
28. In welchen Fällen wendet man das chemische Verfahren von Joosten an?

4. Kapitel: Planmäßige Ableitung der Wässer aus den Grubenbauen

16 Wasserhaltungsstollen, Aus- und Vorrichtungsstrecken und Wasserseigen

Die Bedeutung der *Wasserhaltungsstollen* besteht darin, daß sie zur Ableitung der zuziehenden Wässer aus den überlagernden Gebirgsschichten und gleichzeitig der zugehobenen Wässer aus dem umgehenden Tiefbaubetriebe dienen. Durch die Hebung der Wässer nur bis zur Stollensohle wird erheblich an Kraft gespart, und damit werden die Betriebskosten für die Wasserhebung beträchtlich herabgesetzt. Der Schlüsselstollen von 31 km Länge im Mansfeldschen führt noch jetzt sämtliche Wässer aus den Tiefbauten der Mansfelder Gruben ab. Die Hubhöhe verringert sich damit um 80 bis 100 m. Der Ernst-August-Stollen, rund 23,6 km lang, nimmt den Wasserhaltungen der Gruben des Oberharzes etwa 400 m Hubhöhe ab. In den Rothschönberger Stollen im Freiburger Erzbergbau, dessen unterirdisches Netz von Wasserläufen etwa 50 km Gesamtlänge beträgt, werden 2,5 m³/min Wasser gepumpt, soweit es nicht im Tiefbau gebraucht wird. Die Hubhöhe verringert sich um etwa 250 m. Auf dem Dreibrüderschacht in Brand-Erbisdorf bei Freiberg wird die Gefällhöhe zwischen Tagesoberfläche und Stollensohle von 250 m für die Erzeugung elektrischer Energie mittels einer unter Tage aufgestellten Wasserturbine ausgenutzt, deren Abwässer dann auf der Stollensohle abfließen.

Die Neigung der *Ausrichtungsstrecken* muß mit Rücksicht auf den Abfluß des Wassers zum Füllort des Hauptschachtes oder Wasserhaltungsschachtes im Mittel etwa 1:1000, bei unruhigem, quellendem Liegenden 1:500 betragen.

Die Wässer der *Vorrichtungsstrecken* werden in *Wasserseigen* (durch Mauerwerk oder Holzbretter verfestigte Gräben) die man zweckmäßig am Stoß auf der Leerseite anlegt, bis zum Schacht abgeführt. Der Querschnitt der Wasserseige muß nach der Menge des abzuführenden Wassers, nach dem Gefälle und nach dem Gebirge (Ton quillt!) bemessen werden. Bei starkem Wasserzufluß verwendet man unter Umständen die Sohle in ihrer gesamten Breite als Abfluß und verlegt die Gleise auf ein Tragwerk darüber. In manchen Fällen ist es ratsam, das Wasser durch Rohrleitungen dem Schacht zuzuführen, besonders bei Grubenwässern mit höherer Temperatur oder stärkerem Gehalt an schädlichen Gasen und bei warmen Frischwetterern, um diese nicht durch übermäßige Feuchtigkeitsaufnahme zu verschlechtern.

17 Zäpfung der Standwässer

Um der Gefahr eines plötzlichen Wassereinbruches aus abgesoffenen alten Bauten vorzubeugen, werden vor dem Durchschlag mit Grubenbauen die Wässer abgeleitet.

Steht das Wasser in den abgesoffenen Bauen nicht unter zu hohem Druck, gelingt es meist, sich den Standwässern mit Strecken zu nähern, um von diesen aus ein Anbohren und Anzapfen vornehmen zu können. Da die Kohle meist keine genügende Widerstandsfähigkeit besitzt, wird man möglichst im Gestein an die Standwässer heranfahren. Der Vortrieb der Strecken in Kohle muß bei Drücken von weniger als 1 atü in einem Abstand von mindestens 10 Metern eingestellt werden. Das Oberbergamt Dortmund läßt nur eine Annäherung auf 50 m zu, bei höherem Druck nur auf 100 m.

Der *Vortrieb der Lösungsbaue* darf nur *unter gleichzeitigem Vorbohren* erfolgen, um eine zu große Annäherung an das Standwasser zu verhüten. Dabei müssen die Vorbohrlöcher nach verschiedenen Richtungen gebohrt werden; im festen Gestein müssen die Bohrlöcher mindestens 4 m, in der Kohle mindestens 10 m lang sein. Zahl, Richtung und Tiefe der Bohrlöcher sind täglich in Listen einzutragen. In den Bohrlöchern ist bei Auftreten von Wässern regelmäßig der Druck zu messen.

Die Lösungsbaue dürfen nur auf Grund markscheiderischer Messungen aufgefahren werden. Bei ihrem Auffahren ist nur elektrische Fernzündung zulässig, die von gesichertem Standort aus betätigt werden muß.

Bei starken Druck müssen die *Standwässer aus größerer Entfernung* angebohrt und abgezapft werden. Als Bohreinrichtung wird meist die Craelius-Maschine von *Lange, Lorecke & Co.*, Heidenau/Sa., verwendet. Von Bedeutung ist die Festigkeit des Gebirges, weil das abströmende Wasser die Bohrlöcher zu erweitern sucht. Daher müssen beim Vorbohren Holzspunde bereitgehalten und die Bohrlöcher rechtzeitig verschlossen werden. Als Spunde verwendet man zweckmäßig harte, konisch zugeschnittene Pfosten von 1,5 bis 2,0 m Länge. Um zu verhüten, daß die Spunde beim Antreiben aufsplintern, werden sie am Ende mit Bandeisenringen versehen.

Im Braunkohlengebirge ist die Gefahr des Ausfeilens an der Bohrlochmündung besonders groß. Deshalb werden die Streckenfirste oder -stöße, an denen man die Bohrlöcher ansetzen will, mit besäumten, dicht aneinanderliegenden Pfosten verschalt; hinter der Verschalung wird eine Lage Heu oder Moos fest bis an das Gebirge eingestopft. Dann bohrt man das Bohrloch durch die Verschalung hindurch.

Bei größerem Wasserdruck ist es sicherer, die Bohrlöcher zu verrohren. Hierzu verwendet man die sog. Standrohre, die in besondere Standrohrlöcher einzementiert werden. Durch diese Standrohre werden die erwähnten Vorbohrlöcher gebohrt. Ist das trennende Gesteinsmittel zum Einsetzen eines Rohres zu schwach, verstärkt man es vor Ort der Strecke durch einen entsprechend starken Mauerdamm, in welchen die Rohre eingemauert werden. An die Rohre werden zur Regulierung des Wasseraustrittes Ventile angeschlossen.

Eine besondere Gefahrenquelle bilden Stauwässer, weil sich bei Zersetzung von Schwefelkies Schwefelwasserstoff bildet, der aus dem abfließenden Wasser austritt. Man verspundet die Bohrlöcher gleich beim Antreffen von Wasser; gegebenenfalls führt die mit Sauerstoffgeräten ausgerüstete Mannschaft das Verspunden durch.

Nach den Sicherheitsvorschriften muß ein Vorbohrloch mindestens 5 m über die Abschlaglänge hinaus vorgebohrt werden. Bei weniger festem Gebirge kann die TBBI eine größere Länge vorschreiben.

Mit Rücksicht auf die Unzuverlässigkeit alter Grubenrisse muß die Zahl, Richtung und Länge der Vorbohrlöcher so gewählt werden, daß das Nebengestein der Grubenbaue während ihres Vortriebes stets auf eine genügende Erstreckung untersucht ist, d. h. eine Gebirgsbrust von genügender Stärke gegen das Standwasser ansteht. Abb. 38 zeigt die *Anlage von Vorbohrlöchern im Vortrieb* für den Fall, daß die genaue Lage des Standwassers nicht bekannt ist. Das Bohrloch 1 von 5 m Länge ist in der Mitte der Ortsbrust in der

Streckenachse gebohrt. Die weiteren Bohrlöcher liegen unter einem Winkel von 45 Grad, und zwar das Bohrloch 2 in der Mitte der Firste schräg aufwärts, das Bohrloch 3 in der Mitte der Sohle schräg abwärts und die Bohrlöcher 4, 5, 6, 7 von 3,6 m Länge an den Stößen dicht oberhalb der Sohle und dicht unterhalb der Firste schräg seitwärts.

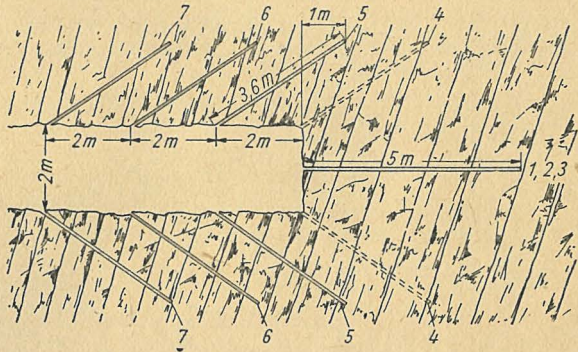


Abb. 38 Anlage von Vorbohrlöchern im Vortrieb
1 bis 7 Bohrlöcher

Hat man das Standwasser angebohrt, muß das Wasser in dem Maße abgezäpft werden, wie es der Leistungsfähigkeit der Wasserhaltungsmaschinen entspricht. Zur Regulierung der austretenden Wasser sind an den Standrohren Ventile angeschlossen. Ist festgestellt, daß das Standwasser bis auf ungefährliche Mengen abgefließen ist, darf die Durchörterungsarbeit begonnen werden.

Abb. 39 zeigt eine *einfache Bohreinrichtung, die zum Abzapfen des*

- 1 Standrohr
- 2 Flansch
- 3 Träger
- 4 Ventil
- 5 Bohrrohr
- 6 Stopfbüchse
- 7 Absperrventil

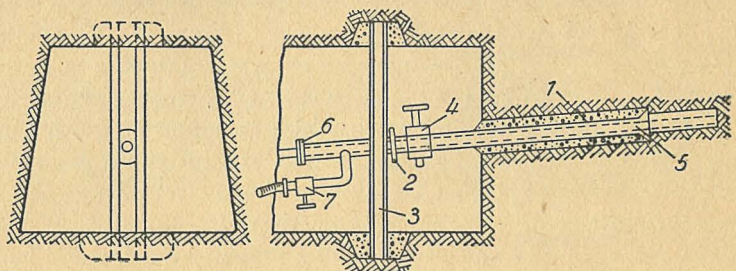


Abb. 39 Einfache Bohreinrichtung zum Abzapfen des Wassers

Wassers dient. Im Bohrloch, das mit einer Handdrehbohrmaschine hergestellt wird, ist bis zu 3 m Tiefe ein am Ende kegelförmig erweitertes Standrohr 1 von 75 mm Ø einzementiert. Dieses stützt sich mit einem angegossenen Flansch 2 gegen die beiden fest eingebühten vertikalen Träger 3 ab, damit beim Schließen des Ventils das Abflußrohr durch den hydrostatischen Druck nicht herausgedrückt wird. Das Rohr erhält ein Ventil 4 mit einer Öffnung für den Durchgang des Bohrrohres 5. Das Ventil ermöglicht, die Bohrlöcher fertigzustellen und nach dem Anbohren von Wasser das Rohr zu verschließen. Das Bohrrohr trägt inwendig einen konischen Stopfen, der sich beim Zurückschleudern des Gestänges gegen den Verschlußflansch legt und abdichtet. Zur Abdichtung der Eintrittsstelle des Bohrers in das Standrohr ist eine Stopfbüchse 6 und zur Regulierung des Wasserabflusses eine Abzapfleitung mit einem Absperrventil 7 angebracht. In einer Entfernung von 20 bis 30 m von der Ortsbrust errichtet man für den Fall eines Wassereinbruches ein Dammtor.

Abb. 40 zeigt das *Abzapfen eines mit Salzwasser ausgefüllten Baufeldes* mit Hilfe eines Sumpfquerschlag, der bis auf 2,6 m an die ersoffenen Grubenbaue herangetrieben ist. Da die vorhandene Gesteinswand zwischen dem Lösungsbau

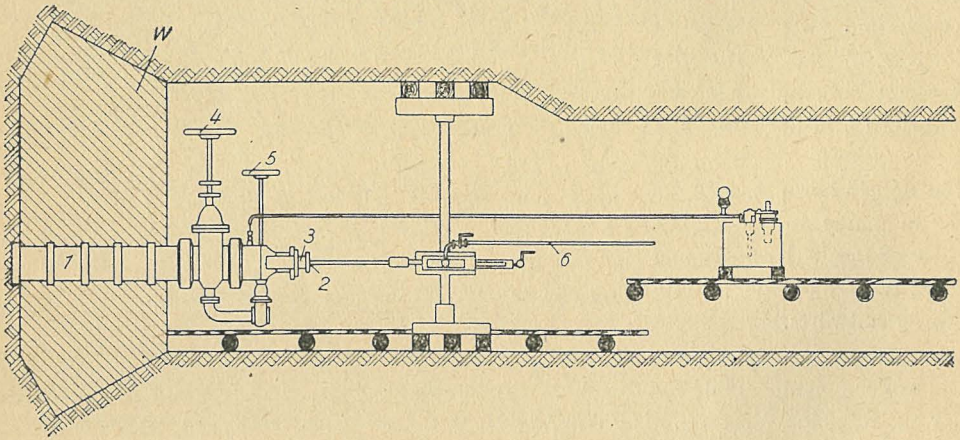


Abb. 40 Entwässerung eines Feldes unter Zuhilfenahme eines Dammes vor Ort
 W Wasserdamm, 1 Standrohr, 2 Eintrittsstelle der Bohrstange, 3 Stopfbüchse,
 4 Wasserschieber, 5 Schieber, 6 Druckwasserleitung

und dem zu lösenden Grubenbau zu schwach ist, um ohne Gefährdung Standrohre einzusetzen, ist vor Ort des Querschlag, ein wasserdichter, 2 m starker Wasserdamm W errichtet, in welchen zwei mit Außenrippen versehene Standrohre 1 eingesetzt werden. Die Eintrittsstelle der Bohrstange 2 in das Standrohr ist durch eine Stopfbüchse 3 abgedichtet. Zwischen Stopfbüchse und Standrohr ist ein Wasserschieber 4, ein Ablaufrohr mit Schieber 5 und eine Druckwasserleitung 6 vorgesehen. Das Druckwasser drückt im Falle eines Durchschlages eine Kautschukliderung an das Bohrgestänge, verhindert dadurch ein Zurückschleudern des Bohrgestänges. Das Abflußrohr hat den Zweck, eine den Abschluß etwa hindernde Verschlämmung des Hauptschiebers zu beseitigen.

Abb. 41 zeigt das *Anzapfen eines ersoffenen Schachtes* von einem Unterfahrungsquerschlag aus mit einem etwa 40 Grad ansteigenden Bohrloch.

Zunächst wird ein Bohrloch von 2,75 m Länge und 120 mm Durchmesser hergestellt. In dieses wird ein Standrohr 1 eingebracht, das durch die konische Erweiterung 2 und durch den Betonkonus 3 genügend festgehalten wird. In das Standrohr wird das Bohrgestänge 4 von 100 mm Durchmesser hindurchgeführt. Zur Regulierung des abfließenden Wassers ist das Absperrventil 5 eingebaut. Für das zurückfließende Spülwasser ist ein Stutzen vorgesehen, der mit einem Hahn 6 verschließbar ist. Weiter ist eine Stopfbüchse mit einem Kautschukschlauch 7 vorgesehen, der durch den Wasserdruck kräftig gegen das Bohrgestänge gepreßt wird und dessen Herausschleudern verhindert.

Als Bohrvorrichtung wird heute meist die Craelius-Kernbohrmaschine verwendet.

Zum Schutze der mit den Lösungsarbeiten Beschäftigten sind eine Reihe von besonderen *Sicherheitsmaßnahmen* erforderlich:

1. *Staudämme* müssen vorbereitet und das Material dazu muß vorrätig gehalten werden, um hereinbrechende Wasser vorübergehend aufzuhalten und dadurch die Fluchtwege zu sichern. Vorteilhafter ist die Sicherung durch ein Dammtor.
2. *Fluchtwege* dürfen nicht stark ansteigend aufgefahren werden, weil in steilen Strecken die Flucht schwierig ist. Sie müssen gut und sicher ausgebaut werden; die abfließenden Wasser sollen in einem besonderen Gerinne abgeführt werden. Fluchtwege sind zu markieren, ständig zu beleuchten, am zweckmäßigsten mit ortsfester elektrischer Beleuchtung, und von der Zapfstelle bis zu den Staudämmen mit einem Führungsseil oder -geländer zu versehen. Ferner sollen sie von Wagen und Material freigehalten werden.
3. *Auftretende Gase* (CH_4 , CO_2 , H_2S) müssen durch eine geregelte Wetterführung beseitigt werden. Erforderlichenfalls müssen die Lösungsbaue mit Sonderbewetterung versehen werden.
4. Als *Geleucht* kommen elektrische Mannschaftslampen in Betracht; offenes Geleucht ist verboten.

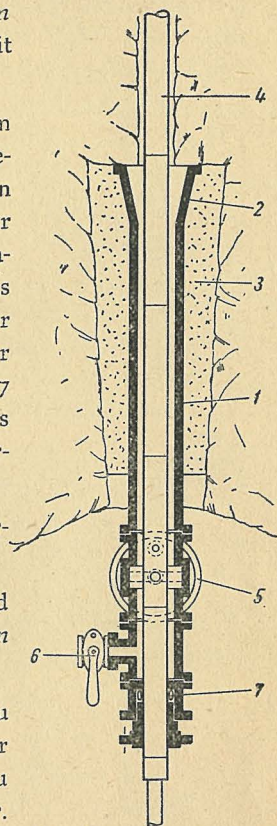


Abb. 41

Abzapfen eines ersoffenen Schachtes von einem Unterfahrungsquerschlag aus

- 1 Standrohr
- 2 konische Erweiterung
- 3 Betonkonus
- 4 Bohrgestänge
- 5 Absperrventil
- 6 Hahn
- 7 Stopfbüchse mit Kautschukschlauch

5. *Gasschutzgeräte* müssen in der Nähe der Arbeitsstelle bereit gehalten werden. Das Durchhörtern in die Standwässer und das Abzapfen muß mit Gasschutzgerät ausgeführt werden.
6. Den bei der Lösung von Standwässern beteiligten Aufsichtspersonen sind *Sonderisse* auszuhändigen, aus denen die im Gefahrenbereich vorhandenen Strecken einschließlich der Fluchtwege sowie die Gebirgsverhältnisse zu ersehen sind. In schwierigen Fällen ist bei den eigentlichen Lösungsarbeiten die Anwesenheit des Betriebsleiters oder Obersteigers erforderlich.

SEMINAR

29. Wann baut man Mauerdämme
und wann Dammtore ein?

30. Welches Gebirge ist für die
Dammstelle geeignet?

31. Wie müssen die Widerlager
der Mauer- oder Betondämme
hergestellt werden?

32. Wie ermöglicht man, bei bereits vorhandenem Wasserzu-
lauf den unteren Teil des
Widerlagers eines Strecken-
dammes trocken herzustellen?

33. Aus welchen Teilen besteht das Dammtor?
34. Wann baut man konische Gußringrohre ein?
35. Welche Verfahren kommen für die Lösung der Standwässer in Betracht?
36. Wie muß das Auffahren der Lösungsbaue erfolgen, um eine zu große Annäherung an das Standwaser zu verhüten?
37. Wann muß die Lösung der Standwässer durch Anbohren erfolgen, und wie verfährt man dabei?
38. Welchem Zweck dienen Standrohre?

SEMINAR - ANTWORTEN UND LÖSUNGEN

1. Der Wasserkreislauf setzt sich aus folgenden Vorgängen zusammen:
 Verdunstung des Wassers der freien Wasserflächen (Bäche, Flüsse, Seen und vor allem der Meere) und Bildung von Wasserdampf;
 Kondensation des Wasserdampfes in der Atmosphäre und Bildung von Wassertröpfchen;
 Niederfallen dieser Wassertröpfchen zur Erdoberfläche (Niederschläge);
 Oberflächlicher und – nach Versickerung – unterirdischer Abfluß der Niederschlagswasser in die Meeresbecken.
2. Die Wasserbilanzgleichung besagt in ihrer einfachsten Form $A = N - V$, daß die in einem Untersuchungsgebiet während eines gewissen Zeitabschnittes oberflächlich abfließende Wassermenge A gleich ist der Niederschlagsmenge N , abzüglich der verdunsteten Wassermenge V .
3. Zur Bestimmung der Niederschlags- oder Regenhöhe bedient man sich der Regenschirm oder Ombrometer.
4. Bodenwasser sind Sickerwasser, Sinkwasser, Bodenfeuchtigkeit (Häutchen- und Kapillärwasser), Grundwasser.
5. Die dem Grundwasserstrom zufließende Menge des Sickerwassers ist abhängig von der Höhe und der Art der Niederschläge, von der Jahreszeit und von der Aufnahmefähigkeit der Bodenschichten.
6. Die Aufnahmefähigkeit des Bodens wird außer von seiner Durchlässigkeit noch von der Oberflächengestaltung, Oberflächenneigung und Bodenbedeckung beeinflusst.
7. Als Grundwasserleiter bezeichnet man Gebirgsschichten, die Grundwasser enthalten und geeignet sind, es weiterzuleiten. Grundwasserstauer sind wasserundurchlässige Gebirgsschichten, die das Grundwasser stauen. Wasserspeicher sind Wasseranstauungen in sandreichen Schichten, z. B. Schwimmsandschichten.
8. Das auf der Oberfläche des Wasserstauers sich stauende Wasser bildet den Grundwasserstrom. Die obere Begrenzung des Grundwasserstromes bezeichnet man als Grundwasserspiegel. Die Linien gleicher Spiegelhöhe über NN nennt man Grundwasserisohypsen.
9. Wenn das Grundwasser mit der Kapillärwasserzone und dem Bodenluftgebiet in Verbindung steht, spricht man von einem freien Grundwasserspiegel. Auf diesen wirken nur die Schwerkraft und der Luftdruck ein. Wenn dagegen das Grundwasser durch eine wasserundurchlässige Schicht abgedeckt wird, bildet sich ein gespannter Grundwasserspiegel.
10. Die Durchgangsgeschwindigkeit des Grundwassers ist von der Durchlässigkeit der Bodenschichten und vom Schichtengefälle abhängig und beträgt bei den feinkör-

nigen Deckgebirgssanden und einem Gefälle von 1:3000 5 bis 5,5 m/Tag, bei Kiesen und einem Gefälle von 1:1000 10 bis 12 m/Tag.

11. Eine Quelle ist eine Austrittsstelle des fließenden Grundwassers.
12. Für die Bildung eines artesischen Brunnens muß ein gespannter Grundwasserspiegel zwischen zwei muldenförmigen, wasserundurchlässigen Gebirgsschichten eingeschlossen sein, so daß ein Bohrloch springendes Wasser liefert.
13. Unter Tageswasser im Gegensatz zum Grundwasser versteht man im Bergbau das von Tage her unmittelbar durch Spalten oder dgl. zufließende oder in das Erdreich eindringende Wasser, das unmittelbar in die Grubenbaue austritt, ohne sich auf einer wasserstauenden Schicht anzusammeln.
14. Standwässer sind die sich in alten Grubenbauen, Spalten, Klüften oder Störungen ansammelnden Wassermengen, die vorwiegend dem Zufluß der Tageswässer entstammen.
15. Unter einem Wassereinbruch versteht man das plötzliche und meist unvermutete Einstürmen größerer Wassermengen in die Grubenbaue.
16. Als wesentliche Wassereinbrüche kommen Überflutungen, Einbrüche aus dem Deckgebirge, Einbrüche aus Wasseransammlungen, Einbrüche von Standwässern in Betracht.
17. Von den Gebirgsstörungen sind als starke und gefährliche Wasserzubringer sowie wegen der dabei auftretenden Gase die Verwerfer besonders zu beachten. Sie können Wasserstauer durchsetzen und den Wässern die Möglichkeit zum Durchbruch geben.
18. Im Braunkohlenbergbau soll die Entwässerung des Deckgebirges dem Beginn des Abbaues vorangehen, weil das Fernhalten des Wassers von den Grubenbauen in der Regel unmöglich ist.
Im Steinkohlenbergbau ist man bestrebt, das Wasser von den Grubenbauen so viel als möglich fernzuhalten, um die Selbstkosten zu verringern.
Der Salz- und Kalibergbau ist, bedingt durch die Wasserlöslichkeit des Minerals, darauf bedacht, den natürlichen Zusammenhang des gegen Wasserzuflüsse schützenden Deckgebirges ungestört zu erhalten und damit das Wasser von den Grubenbauen vollständig fernzuhalten.
Im Erzbergbau sind je nach Art des Deckgebirges die Wasserzuflüsse verschieden groß; man trachtet hier, den Zufluß möglichst dicht unter der Tagesoberfläche abzufangen.
19. Durch schlammige Grubenwässer (Sand, Schlamm, Bohrschlamm) leiden die beweglichen Teile der Pumpen, Säuren und salzige Wässer, z. B. schwefelige Säure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Kohlensäure, greifen das Metall der Wasserhaltungsmaschinen an. Absatzbildende Wässer, z. B. aus kohlensaurem Kalk oder aus Schwerspat, verursachen Querschnittsverminderung der Hebeeinrichtungen.
20. Schlammige Wässer werden unter Tage im Sumpf oder in Kläranlagen von den sandigen Beimengungen gereinigt; das geklärte Wasser läuft über Wehre dem Saugbrunnen zu.

Gegen saure Wässer ist ein Neutralisieren durch gebrannten Kalk zweckmäßig. Rohrleitungsteile kleidet man vorteilhaft mit einem Holzfutter aus. Bei salzigen Wässern empfiehlt es sich, die Pumpenteile nicht aus Eisen, sondern aus Bronze oder anderen widerstandsfähigen Legierungen herzustellen. Absatzbildende Wässer läßt man zweckmäßig vor dem Pumpensumpf durch Kaskaden mit Reisigbündeln laufen, um der Bildung von Niederschlägen oder Verkrustungen in den Rohrleitungen entgegenzuwirken.

21. Faktoren, die das Fernhalten des Wassers von den Grubenbauen erforderlich machen:

hohe Anlage- und Betriebskosten für die Hebung des Wassers,
vermehrte Förderkosten und Mineralverluste,
Leistungsabfall beim Auffahren von Grubenbauen und bei der Gewinnung im Abbau,
Verschlechterung der Grubenwetter,
erhöhte Unfallgefahr und gesundheitliche Schädigungen.

22. Das Eindringen von Oberflächenwasser in die Gebirgsschichten sucht man zu verhindern durch Begradigen oder Umleiten von Bächen und Flüssen, Betonieren des Bach- oder Flußbettes oder Ausstampfen mit Lehm, Trockenlegen von Teichen oder Seen, Fassen des Wassers im Gefluder, Einebnen oder Auspumpen von Pingen.
23. Man trifft zur Verhütung von Überflutungen durch Tageswasser folgende Vorkehrungen: Schächte und Stollen hochwasserfrei ansetzen, nötigenfalls Rasenhängebank der Schächte aufhöhen, Schachtkopf wasserdicht mauern, Flutgräben, Dämme und Deiche anlegen.
24. Vorkehrungen zur Sicherung des Grubengebäudes oder der einzelnen Grubenbaue unter Tage gegen Wasser- und Laugengefahr sind eine entsprechende Abbau-methode und Versatzart, Stehenlassen von Sicherheitspfeilern oder Bergfesten, wasserdichter Ausbau, Zementieren und chemische Verfestigung des Gebirges.
25. Durch Pikotieren von Störungsklüften oder Spalten, durch Ausbau mit Vollschrötzimierung, durch wasserdichte Mauerung oder Ausbau mit Gußringen werden Streckenteile wasserdicht ausgebaut.
26. Das Zementieren läßt sich nur in festem, klüftigem, tonfreiem Gebirge mit Erfolg anwenden, wo sich die Zementmilch leicht und schnell verteilt und dann schnell abbindet.
27. Je enger und verästelter die auszufüllenden Klüfte sind, um so leichtflüssigere Zementmilch preßt man ein.
28. Das chemische Verfahren nach *Joosten* wendet man an, wenn es sich um enge Spalten, Haarrisse oder körniges, tonfreies und feinporiges Gebirge handelt, bei denen für Zement keine Durchlässigkeit mehr vorhanden ist, oder wenn eine sofortige Abdichtung erfolgen muß.
29. Handelt es sich um einen dauernden Abschluß, damit das Grubengebäude oder Teile davon vor dem Ersaufen bewahrt bleiben, so errichtet man Wasserdämme.

Bei vorübergehendem Abschluß oder auch bei nur voraussichtlicher Gefährdung werden Dammstore eingebaut.

30. Für die Dammstelle eignet sich festes, unzerklüftetes Gebirge; es dürfen von der Wasserseite keine Spalten oder durchlässigen Gebirgsschichten zur Luftseite führen. Am günstigsten sind feste tonhaltige Gesteine; Sandstein und Konglomerate eignen sich wegen ihrer Porigkeit hierzu weniger.
31. Bei der Herstellung der Widerlager müssen Erschütterungen des Gebirges vermieden werden; daher darf man Sprengarbeit nicht anwenden. Für die Arbeit benutzt man Handfäustel und Eisen, Abbauhämmer oder Bohrhämmer. In sehr festem Gebirge wird mit Bohrhämmern Loch an Loch gebohrt, und so werden die einzelnen Gesteinsstücke aus dem Gebirge herausgelöst.
32. In der Regel wird bei bereits vorhandenem Wasserzulauf der untere Teil des Widerlagers eines Streckendamms durch Einbau zweier sog. Krippendämme trocken hergestellt.
33. Das Dammstor besteht aus Widerlager (Mauerwerk oder Beton), Türrahmen (Holz, Stahlguß), Tür (Gußstahl oder Kesselblech in Halbkugelform), Türen (Gußstahl in halbzyklindrischer Form).
34. Konische Gußringrohre verwendet man für sehr hohe Drücke, wenn die Dichtigkeit des Mauerwerks nicht genügt.
35. Die Lösung der Standwässer erfolgt mittels der Grubenbaue und durch Anbohren.
36. Das Auffahren der Lösungsbaue darf nur unter gleichzeitigem Vorbohren erfolgen.
37. Die Lösung durch Anbohren erfolgt bei starkem Wasserdruck. Man verfährt hierbei so, daß man zunächst ebenso wie mit Strecken vorgeht, dann aber besondere Bohreinrichtungen benutzt, die es ermöglichen, die Standwässer aus größerer Entfernung anzubohren und abzapfen.
38. Bei mittelfestem oder weichem Gebirge und hohem Wasserdruck werden Standrohre in besondere Standrohrlöcher einzementiert, um einem Ausfeilen insbesondere der Bohrlochmündungen zu begegnen. Dadurch, daß man die Standrohre mit Abschlusseinrichtungen versieht, kann man den Abfluß regeln.

BILDQUELLENNACHWEIS

Die Zeichnungen zu den Abbildungen wurden in der Hauptabteilung Fernstudium an der Bergakademie Freiberg angefertigt, z. T. in Anlehnung an folgende Quellen:

Wundt, Gewässerkunde, Springer-Verlag, Berlin 1953 (1, 2, 6, 12, 13, 15, 16, 17)

Kegel, Bergmännische Wasserwirtschaft, Verlag Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1950 (3, 4, 24, 25, 26, 27, 32, 33, 35, 37, 38, 40, 41)

Palz, Grundgewässerkunde, Lagerstättenlehre des unterirdischen Wassers, Verlag Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1951 (5, 10, 11)

Kukuk, Geologie, Mineralogie und Lagerstättenlehre, Springer-Verlag, Berlin 1951 (8, 22)

Prinz und Kampe, Handbuch der Hydrologie, Verlag Julius Springer, Berlin 1934 (18, 19, 20)

Terpigorew, Handbuch für den Erzbergbau, VEB Verlag Technik, Berlin 1954 (21)

Heise-Herbst-Fritzsche, Lehrbuch der Bergbaukunde, Verlag Springer, Berlin 1950 (23)

Schlüter und Abeles, Neuartiger Dammverschluß, Verlag Glückauf, Essen 1931 (29, 30, 31)

Fjodorow, Hauptgrubenbaue, VEB Verlag Technik, Berlin 1954 (28a und b, 34, 39)

Spackeler, G., Lehrbuch des Kali- und Steinsalzbergbaues, Verlag Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1950 (36)

INHALTSVERZEICHNIS

(Fortsetzung von der 2. Umschlagseite)

Seite

4. Kapitel: Planmäßige Ableitung der Wässer aus den Grubenbauen

16 Wasserhaltungsstollen, Aus- und Vorrichtungsstrecken und Wasserseigen	49
17 Zäpfung der Standwässer	50
Seminar	54
Seminar · Antworten und Lösungen	56
Bildquellennachweis	60

Bild 1: Grundwasserstrom u. stehende
" 2: Grundwasserbecken
" 3: Artesischer Brunnen

Abb.: 10, 11 u. 12 im Matschak,
Bergmännische Wasserversorgung
Seite 14, 15

Bild 11: Zerstörung des Hangeudon
in Abhängigkeit von der
Tragfähigkeit des Versatzes

Abb. 23 im Matschak, Bergmännische
Wasserversorgung, Seite 31

Bild 19: Bohrloch in Bohrereinrichtung
mit Zapfen von Handwasser

Abb. 39 Matschak, Bergmännische
Wasserversorgung,
Seite 51