

# Die Schlitzwände im Tagebau und Entwicklungsrichtungen der Entwässerungstechnik im Tagebau und Wasserbau

Bohdan Zakiewicz<sup>1</sup>

In einem polnischen Tagebau wurde eine Schlitzwand von 3,18 km Länge, 10 bis 12 m Tiefe und 0,45 m Breite nach einer neuartigen technologischen Konzeption realisiert. Die praktischen Ergebnisse, Schnittgeschwindigkeit, Ausführungszeit und Schlitzwand sowie die gesamten Kosten entsprechen dem Weltniveau.

Es wurde damit eine gute Grundlage geschaffen, die die breitere Einführung der Schlitzwandtechnik an Stelle der Brunnenentwässerung gestattet und in der Schlitzwandtechnik neue Lösungen und Verbesserungen einzuführen erlaubt.

## 1. Einleitung

Schlitzwände sind günstig im Falle stark mineralisierter aggressiver Wässer oder bei großem Zufluß, z. B. bei Flußterrassen mit Grobkies, der einen großen Durchlässigkeitskoeffizienten hat, oder in der Nähe großer Flüsse. Die Idee, den Grundwasserzufluß durch eine Schlitzwand abzuriegeln, ist genauso alt wie der Wasserbau.

Die Ausführung der ersten Schlitzwand im Tagebau wurde durch eine Anzahl von Versuchs- und Konstruktionsarbeiten vorbereitet. Für die erste Ausführungskonzeption waren Saugbohrmaschinen von Salzgitter Typ PS-150 oder Failing JED-A vorgesehen.

Das Ausführungsprogramm für die Schlitzwand im Schwefeltagebau wurde durch „HYDBOKOP“ 1960 ausgearbeitet. Die entsprechenden Maschinen wurden 1961 importiert, und 1962 wurden intensive Versuchsarbeiten durchgeführt.

Auf einem Versuchsfeld wurde 1963 ein Abschnitt einer Schlitzwand ausgeführt. Der Zweck der Untersuchungen auf dem Versuchsfeld war:

- das Überprüfen der Arbeitstechnologie,
- die Leistung der Failingmaschine zu bestimmen,
- das Feststellen von ökonomischen Kennzahlen.

Nebenbei wurden auch die Arbeiten über die Rezeptur des Dichtungsmittels sowie über die Vereinfachung der Herstellung der Dichtungswand im Bohrfräsaushub durchgeführt. Die Versuchsschlitzwand wurde als Quadrat 18 m × 18 m ausgeführt. Die Dichtigkeit der Schlitzwand wurde mittels Auspumpen eines Brunnens und durch die Beobachtung der Pegel ermittelt.

## 2. Das Projekt und Ausführung der Schlitzwand 3,18 km

### 2.1. Der Schnittmechanismus

Zur Anwendung kamen zwei Brunnenaugbohranlagen vom Typ Failing JED-A. Natürlich mußten die Bohranlagen vor der Anwendung umgebaut werden (Bild 1). Jede Anlage wurde auf einer Rahmentragplattform aufgestellt. Die Plattform ruht auf drei Paaren von Bau-

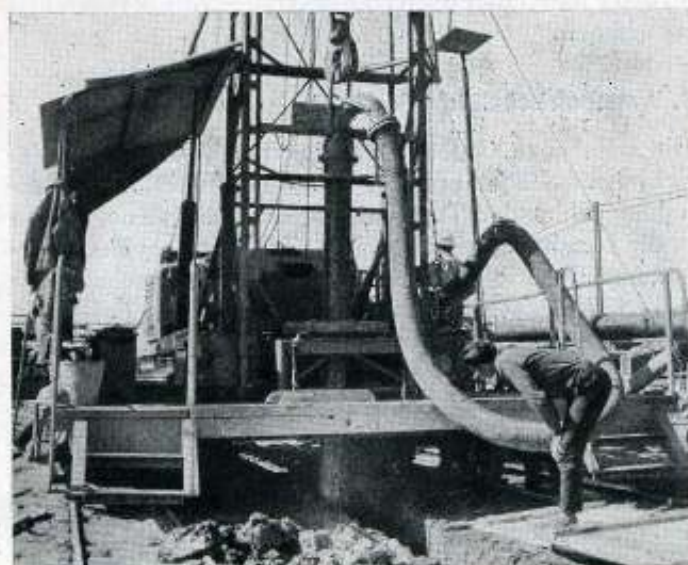


Bild 1. Umgebaute Failing-Saugbohranlage

wagen (Spurweite 600 mm), die sich auf zwei parallelen Gleisen bewegen konnten. Durch die Anwendung eines Kipprahmens wurde auch das Überfahren von Kurven möglich. Die horizontale Verschiebung der ganzen Anlage erfolgte mittels eines Haspels mit Handantrieb, der auf der Plattform aufgestellt und befestigt wurde. Die Seilscheibe wurde an den Gleisen verankert.

Die Failinganlage JED-A ist mit zwei Verbrennungsmotoren ausgerüstet, und zwar vom Typ GMC mit 120 PS Leistung bei 1000 bis 2000 U/min. Einer dieser Motoren dient als Antrieb des Drehtisches sowie des Aufzug- und Manipulationsgerätes, der zweite treibt die Kreiselpumpe Typ Gorman-Rupp an. Die Kreiselpumpe drückt das Wasser zu den Injektordüsen, die eine Saugwirkung auf die Spülung im Bohrfrässtrang hervorrufen. Während der Arbeit hat man teilweise einen Verschleiß der amerikanischen Pumpe festgestellt. Sie wurde durch eine polnische Pumpe vom Typ KA-150 ersetzt. Die Pumpe KA-150 hat eine Leistung von 4500 l/min bei 3,4 at. Die Pumpen KA-150 arbeiteten tadellos. Das 5gängige Getriebe des Rotationstisches ermöglicht eine



Bild 2. Frähbohrstrang

<sup>1</sup> Dipl.-Ing. Bohdan Zakiewicz, „HYDBOKOP“, Krakow/VR Polen



rungen voll genügen. Von Interesse ist aber das im Bereich der VVB Geologische Forschung und Erkundung entwickelte UWM-Pumpenwechselgerät des Typs PM3, das zur Zeit noch erprobt wird.

Einen erheblichen Einfluß auf die Ökonomie der Filterbrunnenentwässerung könnte eine Erhöhung der Lebensdauer der Brunnen haben. Aus diesem Grunde ist in der kommenden Zeit dem Problem der Regenerierung von Filterbrunnen bzw. der Vermeidung der Inkrustation an den Filterwandungen eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

#### 4. Wasserwirtschaftliche Probleme

Die gehobenen Grubenwässer werden überwiegend der Schwarzen Elster und der Spree zugeleitet. Eine Ausnahme bildet der Tagebau Berzdorf, der seine Wässer in die Lausitzer Neiße ausgießt. Zur Zeit liegt das Übergewicht der Einleitungen noch im Elstereinzugsgebiet; nach 1970 jedoch wird es sich als Folge einer Reihe von Tagebaueuaufschlüssen mehr und mehr in das Spree-Einzugsgebiet verlagern. Dadurch werden der Spree erhebliche zusätzliche Belastungen an Schadstoffen, insbesondere Eisen, Schwefelsäure und Schwebstoffe, zugeführt.

Die Spree mit ihren landschaftskulturellen Besonderheiten, z.B. der Spreewald, und die Beeinflussung des Wasserhaushaltes des Berliner Raumes stellt die Braunkohlenindustrie vor aufwendige Investitionsaufgaben zur Grubenwasserreinigung.

Das ist erforderlich, obwohl die Spree durch die Tagebaue im Baruther Urstromtal und im Bereich des Lausitzer Grenzwalles eine geringere Schadstoffbeeinflussung erfährt als die Schwarze Elster durch die Tagebaue des Lausitzer Urstromtales.

Die Wasserwirtschaft stellt an die einzuleitenden Grubenwässer folgende Bedingungen:

pH-Wert	> 6,5
Eisengehalt	< 5 mg/l
Feststoffgehalt	< 25 mg/l

Zur Einhaltung dieser Forderungen und zur Brauchwasserbereitstellung für Industrieanlagen werden komplexe wasserwirtschaftliche Einrichtungen projektiert, die gleichzeitig dem Hochwasserschutz und der Landeskultur dienen.

Typische Beispiele stellen die wasserwirtschaftlichen

Maßnahmen des Raumes Senftenberg und des Raumes Reichwalde-Boxberg dar.

Im Raum Senftenberg werden fünf Tagebaurestlöcher zur Reinigung von Grubenwässern und Fabrikabwässern, zur Aufnahme von Hochwasserstößen der Schwarzen Elster, zur Nutzung als Naherholungszentrum und zur Kraftwerks-Brauchwasserentnahme ausgebaut.

Im Raum Reichwalde-Boxberg wird eine gemeinsame Reinigungsanlage für die Tagebaue Reichwalde und Bärwalde mit Hochwasserschutzmaßnahmen für den Weißen und den Schwarzen Schöps, mit Brauchwasserbereitstellung für das Kraftwerk Boxberg und für das Kombinat „Schwarze Pumpe“ sowie mit Naherholungsmöglichkeiten geschaffen.

Ein noch nicht gelöstes Problem stellt die nutzbringende Verwertung des anfallenden Eisenhydroxidschlammes dar.

Wasserwirtschaftliche Maßnahmen nehmen einen nicht zu unterschätzenden Anteil an Betriebs- und Investitionskosten eines Tagebaus ein. Beispielsweise beträgt im Tagebau Koschen der Anteil der Kosten für die Wasserreinigung und Ableitung mehr als 5% der Tagebaubetriebskosten und die künftigen Investitionen für wasserwirtschaftliche Anlagen etwa 2,5% des Gesamtinvestitionsvolumens. In Vorbereitung befindet sich ein neues Gesetz zur Regelung der Einleitungsbedingungen für Industrieabwässer in die öffentliche Vorflut.

Es ist zu erwarten, daß die neuen Forderungen die Braunkohlenwerke vor zusätzliche ökonomische Belastungen stellen.

#### 5. Schlußbemerkungen

Aus den Darlegungen ist erkennbar, daß die Entwässerungstechnik im Lausitzer Braunkohlenrevier und darüber hinaus im gesamten Industriezweig Braunkohle völlig unprofiliert wird. Dabei wird davon ausgegangen, daß die Filterbrunnenentwässerung gegenüber der herkömmlichen Streckenentwässerung das wirtschaftlichere Verfahren darstellt.

Die Betriebe der Braunkohlenindustrie der DDR stehen erst am Anfang der umfassenden Anwendung der Filterbrunnenentwässerung. Es wird auch in der Zukunft eine enge Gemeinschaftsarbeit zwischen Praxis und Wissenschaft notwendig sein, um alle noch offenen Probleme in kürzester Zeit erfolgreich zu lösen.

Eingeg. am 5.6.1967

BT 8744

### VEB Hydrogeologie Nordhausen

vormals VEB Brunnen- und Pumpenbau Nordhausen  
Spezialbetrieb mit langjähriger Erfahrung im Brunnenbau

Wir führen aus: Erkundungsbohrungen im Locker- und Festgestein einschließlich aller Nebenarbeiten, deren Projektierung und Auswertung  
Versorgungsbrunnen für Industrie, Landwirtschaft und örtliche Wasserversorgung, Grundwasserbeobachtungsbohrungen

Zum Teil ist eine kurzfristige Auftragsrealisierung möglich. Anfragen und Aufträge sind zu richten an:

**VEB Hydrogeologie Nordhausen** - 55 Nordhausen/Harz  
Postschließfach 131 · Telex 061 8640



Arbeit im Bereich von 8 bis 140 U/min. Beim Bohrfräsverfahren arbeitet man durchschnittlich mit 20 bis 70 U/min. Das Schneiden des Schlitzes wurde in der Weise ausgeführt, daß die ganze Anlage auf dem Rahmen aufgestellt und bei rotierendem Fräsbohrstrang gleichzeitig langsam verschoben wurde. Das Schnittgerät (Schneidegerät) war ein Fräsbohrstrang mit Kragenverbindungen und mit Spezialfräskopf ausgerüstet (Bild 2).

Der Fräskopf wurde für Ton entwickelt. Der Ton liegt unter der wasserführenden Sandschicht. Der obere Teil des Fräsbohrstranges wurde mit Fingerfräsen im Abstand von 0,5 m ausgerüstet. Dieser Teil arbeitete von Anfang an tadellos. Der Fräskopf dagegen wurde umkonstruiert, um bessere Arbeitsverhältnisse zu schaffen (Bild 3).



Bild 3. Fräskopf

Der Stundenvorschub (Schlitztiefe 9 bis 10 m bei einem Einschnitt im Ton von 1,5 m) betrug anfänglich 0,3 m/h und stieg später bis auf 0,75 m/h. Bei manchen Abschnitten erreichte er sogar den Wert von 1 m/h, d.h. 10 bis 12 m<sup>2</sup>/h bzw. 240 bis 290 m<sup>2</sup>/24 h.

### 3. Die Ausführung des Aushubes für die Schlitzwand

Mit zwei tandemartig arbeitenden Anlagen wurden 15 m lange Abschnitte ausgehoben (Bild 4). Sie wurden schachbrettartig gefertigt und mit Dichtungsmittel ausgefüllt. Die Abschnitte waren während des Ausfräsens bis oben mit Spülung angefüllt. Die Tonspülung wurde durch eine Hauptrohrleitung von der Spülungsstation über eine Entfernung von 1500 bis 1800 m zur Anlage befördert.

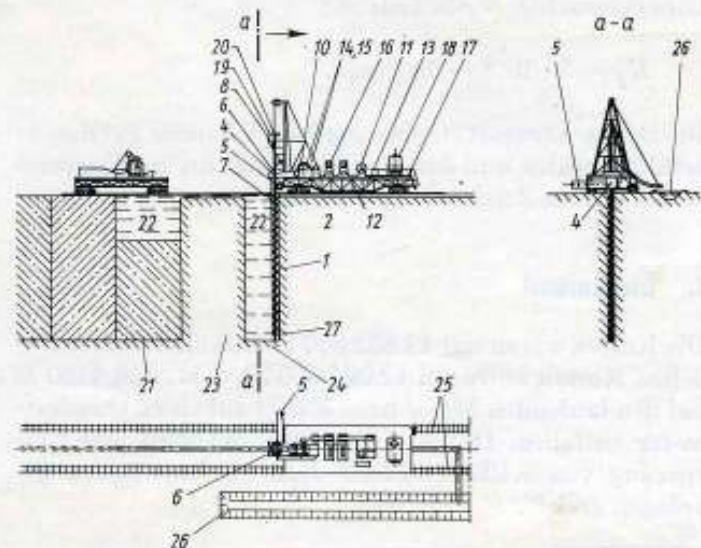


Bild 4. Saugbohrfräsmethode, Arbeitsschema

Die Tonspülung mit Bohrklein wurde in den Absetzgraben abgeführt, und von dort gelangte sie wieder in den Umlauf. Nach dem Ausfräsen eines Abschnittes durch die erste Bohrfräsanlage wurde er mit Bindedichtungsmittel ausgefüllt. Um eine dichte Verbindung mit den zwei folgenden Abschnitten herzustellen, führte die zweite Bohrfräsanlage eine senkrechte Bohrung in dem erstarrten Schlitzwandabschnitt aus, und danach folgte das Ausfräsen des Zwischenschlitzes zwischen zwei schon ausgeführten Schlitzwandabschnitten. Auf diese Weise entsteht eine einheitliche wasserundurchlässige Wand. Das Ausfräsen des Abschnittes geschah in der Weise, daß man zuerst ein Loch mittels des Bohrers ausführte und dann mit dem Bohrfrässtrang ein- oder zweistöckig das Ausfräsen durchführte.

Obwohl das zweistöckige Ausfräsen größere Vorschubleistungen erlaubt, hat es den Nachteil, daß sich die Dichtigkeit des sich an den Wänden selbständig bildenden Tonfilms sehr verschlechtert. Man kann im allgemeinen feststellen, daß die Ausführung, soweit es sich um den mechanischen Teil handelt, mit den Projektannahmen übereinstimmt. Die ursprünglichen Schwierigkeiten wurden mit wachsender Erfahrung des Bedienungspersonals beseitigt. Bei den weiteren Arbeiten wurde normaler Verschleiß, besonders der Dichtungen und Hülisen im Spülkopf sowie Krisele und Pumpengehäuse, festgestellt. Nach je 7 Tagen wurden die Düsen ausgewechselt und von Zeit zu Zeit die Injektorpumpenverengungen ausgebessert. Das wichtigste mechanische Element, der Rotationstisch, arbeitete trotz starken Seitendruckes einwandfrei.

### 4. Die Spülungsvorbereitungsanlage

Für das Bohrfräsverfahren benutzte man normale Spültrübe, die aus anstehendem Ton ohne Veredlungsmittel gefertigt wurde. Der Ton wurde mit einem Bagger gewonnen und mit einem Bandförderer zu den zwei Rührwerken Typ BAR-1 mit je 3 m<sup>3</sup> Volumen befördert. Die Rührwerke wurden über Riemen und Zahnradübersetzungen durch zwei Elektromotoren mit je 28 kW angetrieben.

Die Spültrübe aus den Rührwerken wurde wechselweise in zwei Bodenbehältern mit einem Gesamtvolumen von 110 m<sup>3</sup> gesammelt und von den Behältern über eine Leitung mit 300 mm Durchmesser zur Schlitzwandstrecke gepumpt. Es wurden drei Pumpen verwendet, wobei zwei Pumpen im Dauerbetrieb arbeiteten und die dritte als Reservepumpe diente.

Pumpencharakteristik: Kolbenpumpe Typ Glinik 4 1/2'', Leistung 450 l/min, Antriebsmotor elektrisch 28 kW, Höchstdruck 60 at, maximaler Druck bei 1500 m Leitungslänge 12 at.

Die Rührwerke stellten eine Spültrübe mit einer Dichte von 1,34 bis 1,5 t/m<sup>3</sup> her. Die Rührwerkleistung betrug 2,25 m<sup>3</sup>/h. Sowohl die Spültrübevorbereitungsanlage als auch die Rohrleitung arbeiteten einwandfrei.

### 5. Das Dichtungsmittel

Um die Dichtungswand richtig auszuführen, wurden Vorversuche auf einer 400 m langen Schlitzwandstrecke vorgenommen. Es wurden verschiedene Mittel sowie verschiedene Herstellungsweisen überprüft.



Im Projekt wird angenommen, daß das Ton-Zement-Injektionsgemisch im Absenkgraben vorbereitet wird und später im Schlitzwandaushub umgepumpt wird.

Das Zusammenmischen der einzelnen Teile des Gemisches sollte durch zwei amerikanische Kolbenpumpen Wheatley  $7\frac{1}{3} \times 10^9$  erfolgen. Das Gemisch sollte etwa 20 min lang pumpbar sein. Leider war diese Konzeption fehlerhaft, man bekam kein gleichmäßiges Gemisch, es

Zement – „Rejowice“ „350“ Portland,  
Injektol flüssig – „INCO“ Produktion,

Mengenzusammensetzung für die erste und zweite Methode: auf  $1 \text{ m}^3$  Spültrübe mit der Dichte  $1,2$  bis  $1,4 \text{ t/m}^3$  80 bis 126 kg Zement, 21 bis 23 l Injektol flüssig.

Mengenzusammensetzung für die dritte Methode: auf  $1 \text{ m}^3$  Spültrübe mit der Dichte  $1,2 \text{ t/m}^3$  250 bis 400 kg Ton in Stücken, 30 bis 40 kg Zement, 10 kg Injektol flüssig.

## 6. Die Kontrolle der Schlitzwandmaterialgüte und der Wasserdichtigkeit der Schlitzwand

Die Kontrollversuche wurden durch Kontrollbohrungen und Sondierung durchgeführt. Während des Bohrprozesses wurden die Proben für die geotechnischen Versuche entnommen. Als Ergebnisse dieser Versuche stellte man fest, daß die weichplastische und plastische Konsistenz beim Rühren mit Fräsbohrstrang nach 1 bis 3, sporadisch 3 bis 5 Tagen entsteht. Steifplastische Konsistenz entwickelt sich im oberen Teil der Schlitzwand nach 1 bis 2 Tagen, bei den tieferen Partien nach 5 bis 7 Tagen, sporadisch nach etwa 10 Tagen. Die Rührung des trockenen Zements mit der Spültrübe mittels Fräsbohrstranges mit kleinen Drehzahlen war für die Gleichmäßigkeit der Mischung nicht günstig. Es handelt sich um die Zusammensetzung im vertikalen Profil. Durch den Rührprozeß mit dem Fräsbohrstrang, der den gleichen Durchmesser wie die Schlitzwandbreite hatte, trat eine Eindickung des Materials auf. Das führte zum Absetzen der Wand um durchschnittlich  $1,0$  bis  $1,5 \text{ m}$ . Auf den Abschnitten, wo man nicht mit dem Fräsbohrstrang rührte, hatte die Absenkung die Größe von  $0,1$  bis  $0,2 \text{ m}$ . Auf den Abschnitten, wo man das Polidispersionsbindemittel nach der dritten Methode verwendete, stellte man keine Absenkung fest. Die steifplastische und halbfeste Konsistenz entsteht durchschnittlich nach 12 Stunden. Die Dichtigkeitsversuche für die Schlitzwand wurden auch mit Brunnen durchgeführt. Die Brunnen waren  $5$  bis  $7 \text{ Meter}$  von der Schlitzwand entfernt. Die Piezometer waren vor und hinter der Wand in gleicher Entfernung von der Schlitzwand eingesetzt. Die Untersuchungen haben ergeben, daß die Dichtigkeit der Schlitzwand fast ideal ist.

Die Filtrierkonstante des Dichtungsmaterials nach Laborversuchen ergibt sich zu:

$$K_f = 5 \cdot 10^{-8} - 10^{-9} \text{ m/s.}$$

Die Beobachtungen ergeben, daß die Versuche gut durchgeführt wurden und daß die Dichtigkeit der Schlitzwand in den letzten 2 Jahren tadellos war.

## 7. Die Kosten<sup>2</sup>

Die Kosten waren mit  $12.622.000 \text{ Zł}$  kalkuliert. Die wirklichen Kosten betragen  $12.984.000 \text{ Zł}$ , d.h., daß  $4130 \text{ Zł}$  auf den laufenden Meter bzw.  $350 \text{ Zł}$  auf einen Quadratmeter entfallen. Durch die Schlitzwand wird eine Einsparung von  $5.190.000 \text{ Zł}$  im Jahr an Entwässerungsanlagen erzielt.

<sup>2</sup> Die Kosten sind in Złoty angegeben (Relation  $1 \text{ MDN} \approx 5 \text{ Złoty}$ )

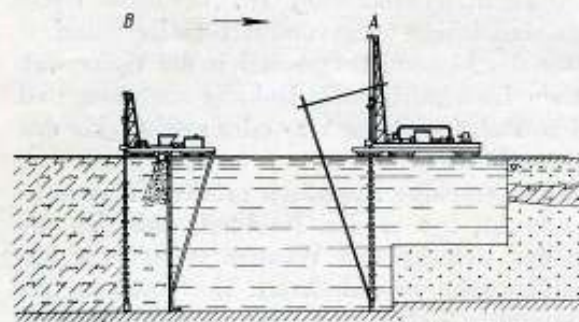


Bild 5. Saugbohrfräsmethode, Herstellung des Dichtungsmittels

trat eine frühzeitige Eindickung ein, wodurch das Gemisch nicht mehr pumpfähig war. Für das schnelle Vermischen und Überpumpen solcher Mengen reichte sogar die große Leistung der Wheatleypumpen nicht aus.

Da während der Ausführung keine anderen Maschinen eingesetzt werden konnten, wurde ein früher ausgearbeitetes Verfahren angewandt. Das Dichtungsgemisch wird bei diesem Verfahren unmittelbar im Schlitzwandaushub hergestellt. Für diesen Zweck hat man einen Spezialrührer entwickelt. Außerdem wurde das Gemisch auch mittels des Bohrfrässtranges gerührt. Leider wurde diese Methode bis zum Schluß verwendet, wodurch etwa  $40\%$  der Gesamtarbeitszeit der Maschinen beansprucht wurden.

Um die Schwierigkeiten des Rührens zu umgehen, entwickelte man eine dritte Art des Dichtungsbindemittels. Bei diesem Verfahren braucht man keinen Rührer. Der Ton wurde mit trockenem Zement gemischt und in den Schlitz, der mit Spülung und Injektol ausgefüllt war, eingeworfen. Das Ganze wurde durch einen schweren Bohrmeißel, der mit einer Bauwinde betätigt wurde, gemischt. Der Meißel reicht bis zur Schlitzwandsöhle (Bild 5). Als Endergebnis erhielt man nach 4- bis 5 Stunden eine monolithische, zuerst hartplastische und dann harte Dichtungswand. Der Zement-Injektol-Verbrauch verringerte sich um  $\frac{1}{3}$  im Vergleich zur zweiten Methode.

Das Bindemittel nach der dritten Methode hat hervorragende Eigenschaften und ist besonders für alle dauerhaftesten Schlitzwände geeignet.

### 5.1. Zusammensetzung des Dichtungsmittels

Den größten Anteil hatte die Spültrübe, die aus Ton von Krakow hergestellt wurde.

Fraktionszusammensetzung:

Fraktionen:	sandige	schluffige	tonige
Gehalt [%]	10,4 bis 14,2	47 bis 55,5	34,1 bis 38,8
Dichte der Spültrübe für das Fräsen	1,1 bis $1,2 \text{ t/m}^3$ ,		
Dichte der Spültrübe für Bindemittel	1,2 bis $1,4 \text{ t/m}^3$ ,		



## 8. Die Ergebnisse

1. Das Bohrfräsverfahren eignet sich sehr gut für die Ausführung der Schlitzwände in feinkörnigen, schluffigen, sandigen und feinkiesigen Böden. Die Schnittgeschwindigkeit bei einer Tiefe bis zu 10 m, einer Breite von 0,45 m, Tonschnitt 1,5 m beträgt 240 bis 290 m<sup>2</sup>/24 h. Es handelt sich um Fräsgeschwindigkeit in losem Boden. Für Randhydrotechnik, lange Bodenstaudämme und Tagebau kann man die ökonomische Einschnitttiefe auf 25 bis 30 m, für Tiefbaue auf bis zu 450 m angeben.
2. Für einen Tagebau genügt es zur Grundwasserabriegelung vollkommen, daß auf den Seitenwänden ein Tonbelag aus der zirkulierenden Spültrübe entsteht. Ausfüllmaterial kann nur als Abstützungsmittel dienen; z. B. Ausfüllung mit Sand. In letzter Zeit wurde im „HYDROKOP“ eine neue Technologie für die Spültrübe ausgearbeitet, die es ermöglicht, daß sich aus der Spültrübe selbständig in optimaler Weise ein Tonfilm auf den Seitenwänden ausscheidet. Der Schlitz wird nachher mit irgendeinem Mittel ausgefüllt, z. B. mit Bohrklein. Die Veredlung der Spültrübe durch Zusatz von Montmorillonit oder durch Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ist in manchen Fällen ungünstig. Es wurden auch Versuche durchgeführt, die wasserdichte Wand unmittelbar beim Fräsen im Aushub herzustellen.
3. Für die Ausführung von dauerhaften Schlitzwänden ist die dritte Methode besonders günstig, da sie sehr billig und einfach in der Ausführung ist. An Stelle von Injektol kann man (das ist von der Tonart abhängig) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-Lösung oder ein Gemisch aus Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> und Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> verwenden. In manchen Fällen ist es möglich, die wasserdichte Schlitzwand unmittelbar im Aushub herzustellen.
4. Die Spültrübedichte soll 1,05 bis 1,25 t/m<sup>3</sup> betragen, sie ist von der Tonart abhängig.
5. Da die Herstellungsmethoden der Spültrübe aus nicht gemahlene Tonstücken einer Verbesserung bedürften, wurden in letzter Zeit keramische Knetter verwendet. Die Transportmethode der Spültrübe mittels Stahlrohrleitungen, auch für längere Schlitzwandstrecken, kann als sehr gut bezeichnet werden.
6. Die Prüfmethode der Dichtigkeit der Schlitzwand mittels Brunnen und Piezometer hat sich als gut erwiesen.
7. Die Kosten eines Quadratmeters der Schlitzwand beim Fräsbohrverfahren, 10 Meter Tiefe, in Serienfertigung, können auf 280 Zl festgesetzt werden.

## 9. Projekt einer 6-km-Schlitzwand in einem Tagebau<sup>3</sup>

Die Breite beträgt 0,25 m, die Tiefe 16 bis 32 m. Die Ausführung soll auf der Wislaterrasse in Mittelkies,

<sup>3</sup> Polnisches Patent Nr. 50800

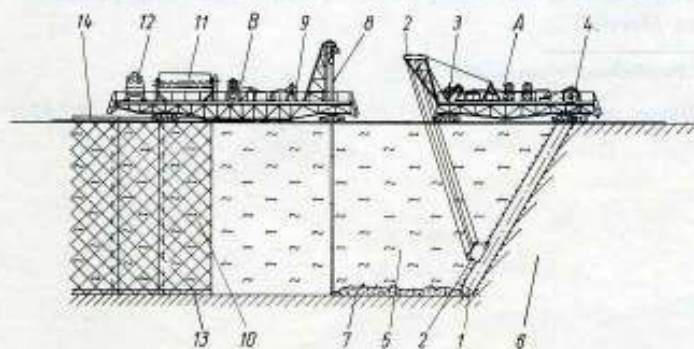


Bild 6. Kettenfräsauslegeranlage

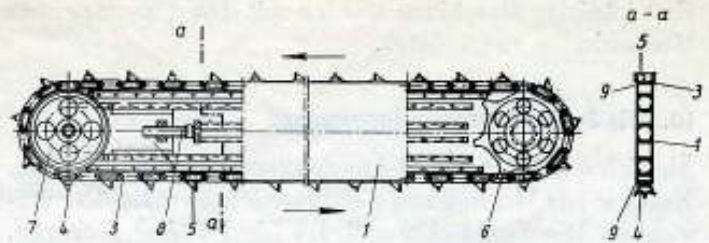


Bild 7. Kettenfräsausleger

Sand und Schluffboden erfolgen. Die Einbindetiefe in die Basistonschicht beträgt 1,5 m.

Die Schlitzwand wird mit einer Kettenfräsauslegeranlage ausgeführt (Bild 6). Als Schnittgerät dient ein schnellläufiger Kettenfräsausleger mit auswechselbaren Schneiden und Schneideschaukel (Bild 7). Das Arbeitsprinzip besteht im Schrägmschneiden unter der Eigenmasse des Auslegers. Die Bewegung des Bohrkleins erfolgt mechanisch oder hydraulisch mit speziellen Flachschaufeln. Die Kettengeschwindigkeit ist regelbar von 0,1 bis 1,0 m/s. Die Kette kann infolge der guten Schmierwirkung der Tonspültrübe mit ziemlich großer Geschwindigkeit arbeiten. Der Kettenausleger ist als ein Profilrahmen mit zwei Rädern ausgebildet. Das eine Rad ist freilaufend und mit einem Kettenspannungsmechanismus gekoppelt, das zweite ist das Antriebszahnrad der Kette. Die Achse dieses Rades ist die Drehachse des ganzen Kettenauslegers. Der maximale Arbeitswinkel zur Horizontalen beträgt 75 bis 80°.

Die Schnitttiefe ist von 0 bis 23 m stetig regelbar. Die Kette wird mit einem Verbrennungsmotor Typ Wola, 300 PS Leistung, über Kettenübersetzung angetrieben. Ein Turm und ein System von Seilscheiben und eine Bauwinde ermöglichen das Aufheben und Senken des Kettenschneidenauslegers. Das wiederum ermöglicht das Regulieren des Schnittdruckes und der Schnitttiefe.

Der Auslegerrahmen ist nur in senkrechter Ebene steif. Da der Ausleger an Seilscheiben aufgehängt ist, braucht er nicht in waagerechter Ebene steif zu sein. Das ermöglicht, die Rahmenbreite bis zu 20 cm zu verringern. Die Schlitzwandbreite beträgt 25 cm. Man kann senkrechte glatte Wände erhalten.

Die Schnittleistungen betragen 100 m<sup>2</sup>/24 h bei einer Schnitttiefe von 16 bis 17 m und 80 bis 90 m<sup>2</sup>/24 h bei einer Schnitttiefe von 23 m, d. h. 1600 bis 2000 m<sup>2</sup>/24 h. Gegenüber dem Fräsbohrverfahren erreichen diese Leistungen das 6fache bei gleicher Tiefe und können sogar noch erhöht werden. Diese Zahlen demonstrieren einen Fortschritt im Vergleich zur bisherigen Methode der Ausführung von schmalen Schlitzwänden.

Für die 6-km-Schlitzwand wird ein gewöhnlicher, nicht gepanzerter Kettenschneidenausleger mit einer maximalen Länge von 25 m und einer Eigenmasse von 14 t verwendet. Die Antriebsmotoren sind jedoch überdimensioniert, um die Verwendung des schweren, gepanzerten Auslegers zu ermöglichen.

Diese Ausleger werden bei der Ausführung einer Schlitzwand in hartem Boden, Schiefer und weichem Felsen sowie für den 30-Meter-Ausleger eingesetzt.

Die erste Maschine wird mit einem Mechanismus komplett ausgerüstet, der das Schneiden und Wegschaffen des Bohrkleins ermöglicht, jedoch werden Fahrmechanismus sowie Automatik, die den Vorschub mit der Fortbewegung zusammenkoppelt, fehlen. Anstatt dieser Ausrüstung wird eine mechanische Seilwinde verwendet.



Erst künftige Maschinen werden mit den erstgenannten Mechanismen ausgerüstet.

## 10. Die Spültrübevorbereitungsanlage

Ähnlich wie bei der 3,18-km-Schlitzwand wird Ton von Krakow zur Herstellung nichtveredelter Spültrübe verwendet. Die Spüldichte soll 1,4 bis 1,5 t/m<sup>3</sup> betragen. Der Ton wird zuerst im keramischen Quetscher aufgearbeitet. Die Spülung wird in Rührgeräten mit 3 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen gefertigt. Sowohl die Quetscher wie auch die Rührgeräte sind auf einer fahrbaren Plattform angeordnet, die periodenweise zur Arbeitsfront fortgeschoben wird.

## 11. Wasserdichte Wand

Die wasserdichte Wand wird auf den beiden Seiten des Schlitzes ausgebildet durch selbständig aus der Spülung ausgefällten Ton oder durch doppelseitig mit Asphalt bestrichene Jutestücke in Breiten von 4,5 m, die mit Betonbalken belastet werden. Die Überlappung beträgt 0,5 m. Die Berührungsstellen werden selbständig mit Spültrübe zusammengeklebt und zusätzlich durch das Ausfüllungsmaterial der Schlitzwand zusammengepreßt.

Die Asphaltierung der Jute wird gleich am Bauplatz mit einer primitiven Anlage durchgeführt. Asphaltierte Jute wird auf Kerne für 4500 m<sup>2</sup> der Schlitzwand aufgewickelt. Das Absenken der Jutebahnen wird von einer Trommel, die auf einer Plattform befestigt ist, vorgenommen. Die Hilfsplattform bewegt sich in einigen Metern Entfernung hinter der Fräsmaschine.

Nach Absenkung werden die Jutebahnen abgeschnitten und auf der Bodenoberfläche verankert.

## 12. Die Kosten der 6-km-Schlitzwand

Nach Vereinbarung mit dem Investbetrieb sollten die Kosten für 1 Meter 160 Zl betragen. Der vereinbarte Zeitbedarf für die Ausführung von 120000 m<sup>2</sup> Schlitzwand beträgt für die grundsätzlichen Arbeiten 6 Monate. Man hofft, daß infolge schon während der Ausführung verbesserter Technologie die Kosten auf 80 Zl für 1 m<sup>2</sup> gesenkt werden können, wie auch die Ausführungszeit auf 3 Monate reduzierbar sein wird.

Die Schlitzwand von 6 km Länge im Tagebau wird in 9 Jahren eine Einsparung von 66000000 Zl bringen. Darüber hinaus werden noch etwa 5000000 Zl jährlich eingespart, da die Entschädigungskosten als Folge von Bergbauschäden kleiner werden.

## 13. Die perspektivischen Möglichkeiten der Schlitzwandanwendung im Bergbau und Wasserbau

### 13.1. Schachtbau

Im „HYDROKOP“ wurde ein Projekt für die Anwendung einer wasserdichten Betonwand zum Schutz eines

Kupfererzschachtes ausgearbeitet. Eine runde Betonwand mit einem Durchmesser von 8 m wird bis zu einer Tiefe von 300 bis 350 m im Bohrfräsverfahren unter dem Schutz einer schweren Barytpültrübe ausgeführt. Die Wand wird später durch abgesenkte Rohre von unten betoniert. Je nachdem, ob die Wand einschalig oder 2- bis 3schalig, was günstiger sein könnte, ausgeführt wird, soll der Einschnittdurchmesser 0,5 bis 1 m betragen. Im Inneren des auf diese Weise erhaltenen Betonzylinders wird der Schacht mit den üblichen Methoden errichtet. Eine spezielle Technologie sowie das Gewicht des Fräsbohrstranges (35 t) werden gewährleisten, daß die Bohrungen genau senkrecht sein werden.

Es besteht evtl. die Möglichkeit, diese Abschirmmethode in eine Methode der Schachtausführung umzuwandeln. Diese Abschirmmethode kann beim Auftreten von Schwimmsand um die Hälfte billiger sein als die Gefriermethode.

### 13.2. Tagebau

Außer den schon besprochenen Schlitzwänden (3,18 km und 6 km) werden jetzt die Möglichkeiten untersucht, die Schlitzwände in einer ganzen Reihe von Braunkohlentagebauen und Schwefeltagebauen einzuführen.

Ein besonderes Problem stellen die Abschirmungsmöglichkeiten in sandigen tieferen wasserführenden Horizonten dar. Zur Lösung dieses Problems ist schon in den Jahren 1960/1962 eine Methode der pneumatischen Abschirmung ausgearbeitet worden; es besteht auch ein Projekt „Torpedoabschirmung“.

Das letztere ist eine Abwandlung einer Schlitzwand, wobei die Arbeit der Fräsmaschine durch in Bohrungen eingelegte Rohrtorpedos ausgeführt wird.

Die Richtung und die Größe des entstehenden Kammer-schlitzes ist von der geometrischen Art und der gleichzeitigen Zündung der Torpedos abhängig. In das Innere der Torpedokammer wird dann unter Druck das Dichtungsmittel eingepumpt. Die Dichtungsmittel basieren auf Ton-Zement-Mischungen oder nur auf Ton.

### 13.3. Wasserbau

Die Entwicklung der Abschirmmethoden erlaubt jetzt eine breitere Anwendung, wobei die Dichtwände nicht nur in Fundamentgruben usw., sondern auch zum Abdichten von Wasserbecken angewendet werden können. Es besteht sogar die Möglichkeit, anstatt der Betonausmauerung der Kanäle die Schlitzwände einzuführen. Die Schmalschlitzmethoden ermöglichen nicht nur tiefe Wasserabschirmung.<sup>4</sup>

Sie kommen jetzt grundsätzlich in Frage für tiefe Dränagen, die mit traditionellen Methoden (breitdimensionierter unterstützter Aushub) nicht durchzuführen sind. Diese letzte Entwicklungsrichtung schafft auch für Tagebaue neue Perspektiven, Entwässerungsprobleme zu lösen.

<sup>4</sup> Polnisches Patent 50707