

János ASBÓTH

Műlyépitési Tervező Vállalat, Budapest

TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNG DES HYDRAULISCHEN TRANSPORTSYSTEMES
UND DER DEPONIERUNG VON ROTSCHLAMM.
KONDITIONIERUNGSVERSUCHE

Der Rotschlamm ist ein Nebenprodukt der Tonerdeherstellung auf Grund des Bayer-Verfahrens. Die Eigenschaften des Rotschlammes werden durch die chemische Zusammensetzung, durch die Art des Röstens und des Mahlens, durch die bei der Ausbeute verwendete Temperatur und die Zusatzmaterialie bestimmt.

Der Feststoffgehalt des Rotschlammes wird durch folgende Zusammensetzung gekennzeichnet:

| | | | |
|-----------|---------|-------------------|-----------|
| Fe_2O_3 | 35-45 % | V_2O_5 | 0,2-0,4 % |
| Al_2O_3 | 15-20 % | P_2O_5 | 0,5-0,8 % |
| SiO_2 | 8-14 % | CO_2 | 1,0-2,0 % |
| Na_2O | 8-10 % | SO_3 | 0,7-1,0 % |
| TiO_2 | 4-6 % | Erhitzungsverlust | 8-12 % |
| CaO | 1-3 % | | |

Die Zusammensetzung ändert sich in verhältnismässig geringem Masse.

Ca. 80 % der Körnung ist kleiner als 5 Mikrometer, ihre durchschnittliche Oberfläche beträgt 18-20 m²/g. Die Rotschlammteilchen von Kolloidmassen und die konzentrierte Aluminatlösung, sowie der Naturologgehalt ergeben eine stabile, toxtrope Emulsion.

Entsprechend der mineralischen Zusammensetzung des Rotschlammes verfügt er über hohe Materialdichte $\rho_s = 3,26 \text{ gr/cm}^3$. Gegenwärtig wird der Rotschlamm im Verhältnis 1:3 Gewichtanteilen Feststoff:Wasser-Gemisch hydraulisch in das Transportsystem geleitet. Auf die Halde befördert, setzt sich der Feststoff ab, das überflüssige Wasser wird über das Rückwassersystem in den Transportumlauf zurückgeleitet /siehe Abb. 1./.

Auf Grund der ungünstigen physikalischen Eigenschaften des Rotschlammes verfügt dieser auch nach der Sedimentation über eine äusserst geringe Scheerfähigkeit $\tau = 0-3^0$, $c = 10-16 \text{ kN/m}^2$, so ist er zum Dammbau aus eigenem Material nicht geeignet. Aus diesem Grunde müssen die Stützdämme der Rotschlammhalden immer aus anderem, festen Material -im Allgemeinen Erddämme - gebaut werden. Während der Sedimentation des Rotschlammes sickert Wasser in den Untergrund, dass Infolge seines Laugengehaltes /pH = 11-13/ stark umweltverunreinigend ist. Die Versickerung reduzierende Isolierung ist sehr kostenaufwändig.

Die zur Zeit vorhandenen Rotschlamm- Transport- und Deponierungssysteme sind also unvorteilhaft, sie transportieren den Rotschlamm in sehr hoher Verdünnung, es muss ein Rückwassersystem ausgebaut werden, der Energiebedarf ist sehr hoch. Die Menge des Sickerwas-

ersist gross, es ist umweltverunreinigend, der Haldenbau ist kostenaufwändig.

Zur Verminderung der erwähnten Nachteile wurde unsere Entwicklung mit Hinsicht auf die Erreichung folgender Ziele ausgearbeitet:

- der Transport des Rotschlammes soll in dichtestmöglichem Zustand auf die Art erfolgen, dass das Rückwassersystem weggelassen werden kann,
- der deponierte Rotschlamm soll keine Flüssigkeit an die Umgebung abgeben,
- auf der Halde soll das abgelagerte Material in womöglich kürzester Zeit erhärten,
- die Durchlassfähigkeit des erhärteten Rotschlammes soll so klein, wie möglich gehalten werden,
- der durch den deponierten Rotschlamm sickernde und abfliessende Niederschlag soll möglichst geringe Mengen von umweltschädlichem Material auslösen,
- entsprechend den obigen Bedingungen soll der konditionierte Rotschlamm ohne Stützdämme aus fremden Material deponierbar sein.

Aus der Beschreibung des Rotschlammes ergibt sich, dass sowohl infolge der Parameter zum Transport von Dickschlamm /trockener Materialgehalt, Viskosität, Schlammgeschwindigkeit, Druck, Reibungsverlust/, als auch infolge der nach der Deponierung auf der Halde zu erwartenden Eigenschaften /Standfestigkeit, Wasserabgabe, Wasseraufnahmefähigkeit, Wasserdurchlässigkeit/ zur Optimierung - Abstimmung der in gewisser Masse entgegengesetzten Interessen des Transportes und der Deponierung - der Rotschlamm konditioniert werden muss.

Unsere technischen Untersuchungen bestanden aus Laborversuchen und etappenweisen Versuchen unter Betriebsverhältnissen und aus durchgängigen Transportversuchen.

Die Bedingungen zur Durchführung der Versuche wurden in einem Tonerdewerk gewährleistet, wo der Rotschlamm mittels Vakuumfiltern entwässert wird. Hier wurde zur Durchführung der Siebversuche siebnasses Material /Feststoffgehalt 51-58 %/ zur Verfügung gestellt. Das technologische Schema der im Betrieb zur Verfügung gestellten Einrichtungen ist in Abb. 2., die Verbindungen zwischen Aufgabestation, Transportleitungen und Halde sind in Abb. 3. dargestellt.

Bei den im Grossbetrieb durchgeführten Versuchen stand uns eine Pumpe des Types Schwing zur Verfügung, deren technische Daten die folgenden sind:

| | |
|----------------------------------|----------------------|
| Typ | KSP 17 |
| max. Transportleistung | 20 m ³ /h |
| max. Transportdruck | 100 Mpa |
| Motorleistung | 45 kW |
| Abmessung des Transportzylinders | Ø 150/1000 |
| Hubzahl | 17 |

Während der Konditionierungsversuche wurden die Einrühr- und Verdünnungsverhältnisse sowie die Dosierung der verschiedenen Bindematerialien und deren Wirkung untersucht.

WIRKUNG DER EINRÜHRUNG UND VERDÜNNUNG

Die Untersuchungen haben erwiesen, dass die Viskosität des mit Vakuumfiltern entwässerten Rotschlammes infolge des Einrührens stark abfällt. Die Verringerung der Viskosität hängt von der Rührintensität und der Rührzeit ab /Abb. 4/1/.

Wird der Rotschlamm hinsichtlich seinem Feststoffgehalt mit 5 % CaO-haltigem Kalkhydrat konditioniert, ändert sich die Viskosität im Vergleich zum eigentlichen Material nicht.

Wird der Rotschlamm hinsichtlich seines Feststoffgehaltes mit 6-15% Flugasche konditioniert, steigt bis zum vollständigen Vermischen die Viskosität stark an, nach ca. 20 min. jedoch, fällt diese trotz der Flugasche unter den Ausgangswert des Rotschlammes ab /Abb. 4/2, Kurven Nr. II. - III./.

Bei der Beimengung von grösserer Menge von Flugasche zu zur gleichen Zeit von Verdünnungswasser wurde der Abfall der Viskosität des Gemisches ausgewiesen, jedoch in geringerer Masse. Im Falle der Beimengung von 27,5 % Flugasche und 4,5 % Kalkhydrat wurden nach 2 Stunden, nach einem vorübergehenden Abfall, messbare Erhöhungen der Viskosität festgestellt /Abb. 4/2. Kurve Nr. IV./.

Auf Grund der früheren Erfahrungen konnte bei den Transportversuchen unter Betriebsverhältnissen durch Dosierung von Verdünnungswasser der Transportdruck reduziert werden. Das aus den Vakuumfiltern austretende, 41-45 % Wasser enthaltende, Material wurde auf 49 - 60 % verdünnt. Der beim Transport gemessene Druck hat in Abhängigkeit des Wassergehaltes die in Abb. 5/1. dargestellte Verteilung ergeben. Die parallel gemessenen Viskositätswerte wurden ebenfalls in prozentualen Anteil des Wassergehaltes dargestellt und es wurden ähnliche Verteilungen /Abb. 5/2./ erhalten.

EINWIRKUNG DER DOSIERUNG VON HYDRAULISCHEN BINDEMATERIALIEN AUF DIE PHYSIKALISCHEN EIGENSCHAFTEN DES ROTSCHLAMMES

Es wurden Versuche mit CaO, Flugasche + CaO und CaO-haltiger Flugasche durchgeführt. In der folgenden Tabelle werden die wichtigsten physikalischen Eigenschaften des mit hydraulischen Bindematerialien konditionierten Rotschlammes dargestellt:

| Gefilterter Rotschlamm | | q_u kN/m ² | K cm/sec. | Zerfall % | Wasseraufnahme % |
|---|--|----------------------------|-------------------|--------------|---------------------|
| Laborversuch | 95% Rotschlamm + 5% CaO | 210 | $6 \cdot 10^{-7}$ | 0,041 | 0,05 |
| | 70% Rotschlamm + 25% Flugasche + 5% CaO | 750 | $1 \cdot 10^{-6}$ | ∅ | 0,02 |
| Etappenweiser Versuch unter Betr. Vhl. | 70 % Rotschlamm + 30% bindefähige Flugasche /CaO=5%/ | 520 | $1 \cdot 10^{-6}$ | ∅ | 0,02 |
| | 95% Rotschlamm + 5% CaO | 296 | $6 \cdot 10^{-7}$ | 0,405 | 0,414 |
| | 70% Rotschlamm + 30% bindefähige Flugasche /CaO=6%/ | 465 | $9 \cdot 10^{-7}$ | 0,87 | 0,90 |

Um zu verdeutlichen was die Ergebnisse, der sich aus der Verfestigung ergeben, bedeuten und wie sich diese im Verhältnis zu den originellen Eigenschaften des Rotschlammes verhalten, muss folgendes festgestellt werden:

In der bodenmechanischen Praxis können die gebundenen Böden, deren einseitige Druckfestigkeit $q_u=200-400$ kN/m² als sehr gute Böden betrachtet werden. Die über diesem Wert liegenden Böden sind schon als ausgesprochen harte Böden zu betrachten. Bezüglich des unbehandelten Rotschlammes beträgt dessen einseitige Druckfestigkeit bei Dünnschlammtransport $q_u=10$ kN/m², in dichtem konsolidiertem Zustand $q_u=20-30$ kN/m². Der qualitätsmässige Unterschied ist also erheblich.

TECHNISCHE ERFAHRUNGEN WÄHREND DES TRANSPORTVERSUCHES

Während den Versuchen wurde festgestellt, dass die Viskosität des von den Sieben kommenden Schlammes durch Einrührung vermindert werden muss. Das Material muss womöglich in durchgehendem Betrieb transportiert werden. Bei jeglicher vorgesehener, oder Infolge von Betriebsstörung eintretender, Abstellung muss die Leitung sofort gereinigt werden.

Bei betriebsmässiger Anwendung muss ein Ersatz eingestellt werden, in solchen Fällen wird die Reinigung nur von Zeit- zu Zeit benötigt /betriebsmässige Einfuhr von Reinigungsballen in den Schlammstrom/. Kürzere Abstellungen von 1-2 Stunden im Winter, sind auch wegen der Frostgefahr nicht zu empfehlen.

Vor dem erneuten Anfahren kann die Reinigung mit Gummi-Schwamm-Bällen erfolgen, durch Verwendung des von den Dickschlammumpen gelieferten Schlammdruckes.

Die Versuche sind erfolgreich zu betrachten, da an der Pumpe des Types Schwing während der Versuchszeit nur geringe Instandhaltungsarbeiten durchgeführt werden mussten.

EINWIRKUNG DES KONDITIONIERTEN ROTSCHLAMMES AUF DIE NATÜRLICHE UMWELT

Vom Gesichtspunkt des Umweltschutzes her wurde der sich abgesetzte, dichte, konditionierte Rotschlamm und die Wirkung des auf die Halde fallenden Niederschlagwassers getrennt untersucht.

Entsprechend den bodenmechanischen Untersuchungen beträgt der Wassergehalt des dichten, konditionierten Rotschlammes ca. 50-55%, die Wasserkapazität 40-50%. Bei der Deponierung auf die Halde wird die über der Wasserkapazität liegende Wassermenge /ca. 0-5%/ auf Grund der chemischen Untersuchungen nach 5-6 Stunden chemisch gebunden, sickert nicht in den Untergrund, sondern wird während des Bindevorganges in das Material eingebaut.

Während den Untersuchungen der Einwirkungen des Niederschlagwassers wurde die Durchlassfähigkeit der auf der Halde abgesetzten Materiale geprüft. Es wurde festgestellt, dass dessen Wert $k=10^{-6}$ bis 10^{-7} beträgt. In der Auswertung bedeutet dieses, dass es sich im Prinzip um wasserundurchlässiges Material handelt. Der Wert entspricht den Bedingungen für Wasserundurchlässigkeit des Untergrundes beim Bau von Abfallhalden.

Auf Grund der chemischen Untersuchungen des Niederschlagwassers wurde festgestellt, dass aus dem nicht konditionierten dichten Rotschlamm 17,3 mg/g Natrium-Ionen gelöst werden, aus dem mit Kalk konditionierten Rotschlamm nur ca. 40% der obigen Menge, bei dem mit bindefähiger Flugasche konditionierten Rotschlamm werden nur ca. 10-20% gelöst.

Die Vergleichstellung der Deponierung des dünnen und dichten Rotschlammes ergibt folgendes:

Infolge der Charakteristik des Systems wird der Rotschlamm auf die Halde in vier- bis fünffacher Verdünnung transportiert. Hingegen wird beim konditionierten Rotschlamm-System das gesamte Wasser vom Material gebunden, Umweltverunreinigungen werden nur durch den Niederschlag verursacht.

Infolge der entscheidend geringeren Wasserbelastung und der Löslichkeit, bedeutet das Transportsystem des konditionierten Rotschlammes verglichen mit dem Dünnschlammssystem eine qualitative Verbesserung, um ein- bis zwei Grössenordnungen kleinere Umweltbelastung.

Diese Feststellung ist, Infolge der Erhärtung des Materiales auf der Halde, auch auf die Staubbildung zutreffend.

Die Infolge des hydraulischen Bindematerials erhärtende Rotschlammhalde benötigt keinen Stützdamm aus fremdem Material, die Erhöhung der Halde ist aus eigenem Material durchführbar.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Adam KLICH

Wpłynęło do Redakcji 1987.02.09

ROZWÓJ TECHNOLOGII SYSTEMÓW HYDRAULICZNEGO TRANSPORTU I SKŁADOWANIA CZERWONEGO SZLAMU

S t r e s z c z e n i e

W publikacji przedyskutowano wybrane zagadnienia dotyczące systemów hydraulicznego transportu i składowania czerwonego szlamu, jako produktu odpadowego z metody Bayera (wytwarzanie wodorotlenku glinu). Scharakteryzowano cechy fizykochemiczne szlamu. Przedstawiono i porównano systemy transportu hydraulicznego i składowania czerwonego szlamu w stanie rozrzedzonym i zagęszczonym. Przytoczono wyniki pomiarów lepkości i spadków ciśnień w zależności od zawartości wody w zagęszczonym szlamie. Wykazano, że dodatek popiołów lotnych i tlenku wapnia powoduje zestalenie się szlamu. Wskazano, że transport hydrauliczny i składowanie szlamu w stanie zagęszczonym ogranicza zagrożenie środowiska naturalnego

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ СИСТЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ И СКЛАДИРОВАНИЯ КРАСНОГО ШЛАМА

Р е з ю м е

В работе обсуждаются избранные проблемы, касающиеся систем гидравлической транспортировки и складирования красного шлама, в качестве продукта отхода по методу Байера (образование гидрооксида алюминия).

Охарактеризованы физикохимические свойства шлама.

Представлены и сравнены системы гидравлической транспортировки и складирования красного шлама в разбавленном и сгущённом состоянии. Приведены результаты измерения вязкости и уменьшения давления в зависимости от содержания воды в сгущённом шламе.

В работе указывается; что добавка золы-уноса и окиси извести вызывает затвердевание шлама. Показано, что гидравлическая транспортировка и складирование шлама в сгущённом состоянии уменьшает угрозу загрязнения окружающей среды.

Prinzipschema des Transportes und der Deponierung
von Rotschlamm /zwischen Erddämmen/

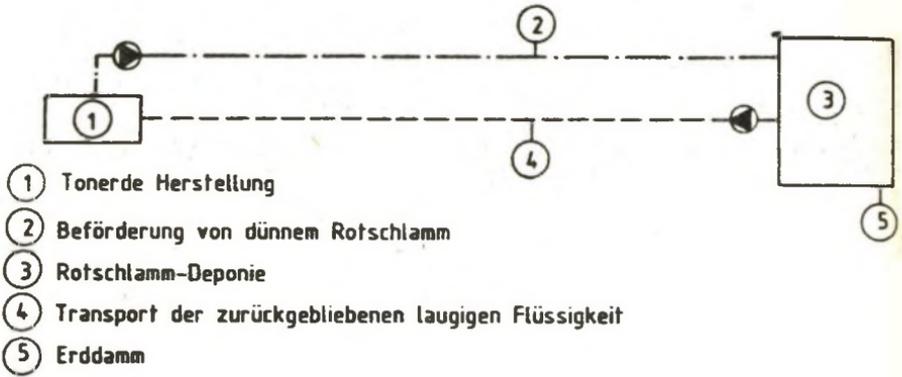


Abbildung 1.

Prinzipschema der Konditionierung, des Transportes und
der Deponierung von dichtem Rotschlamm

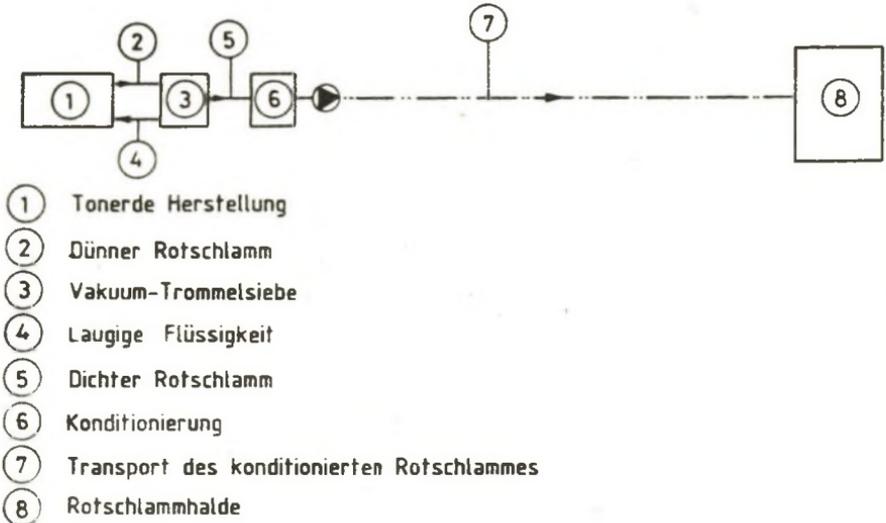


Abbildung 2.

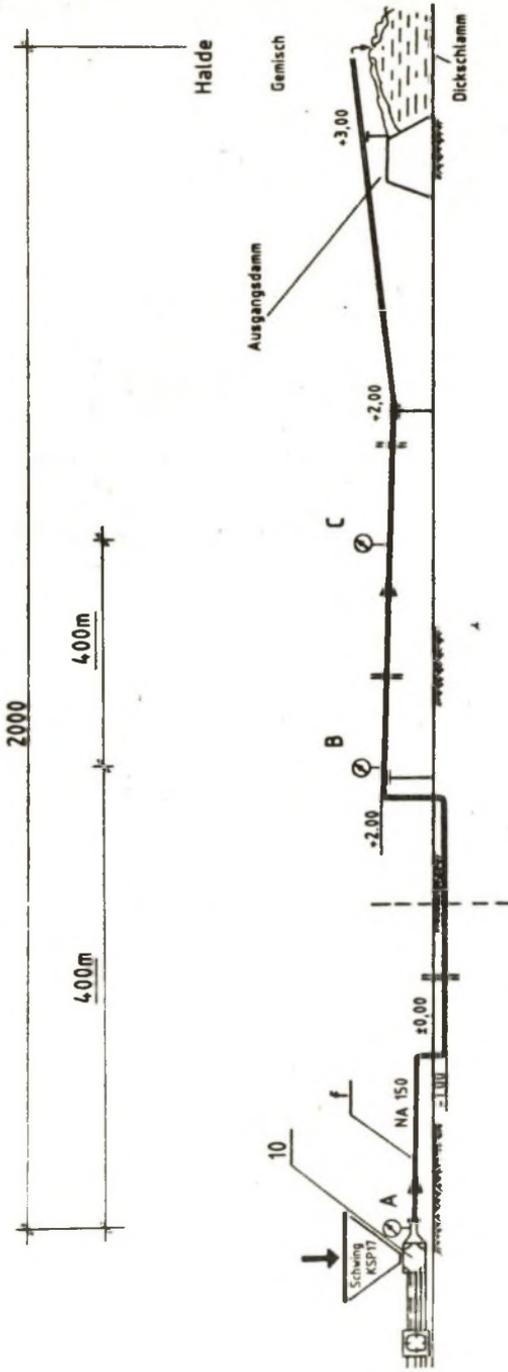
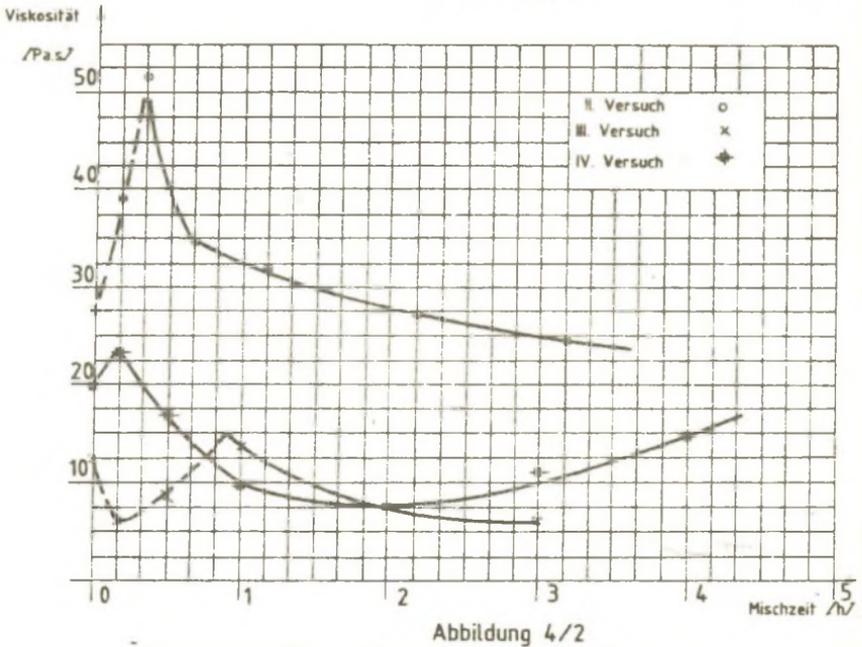
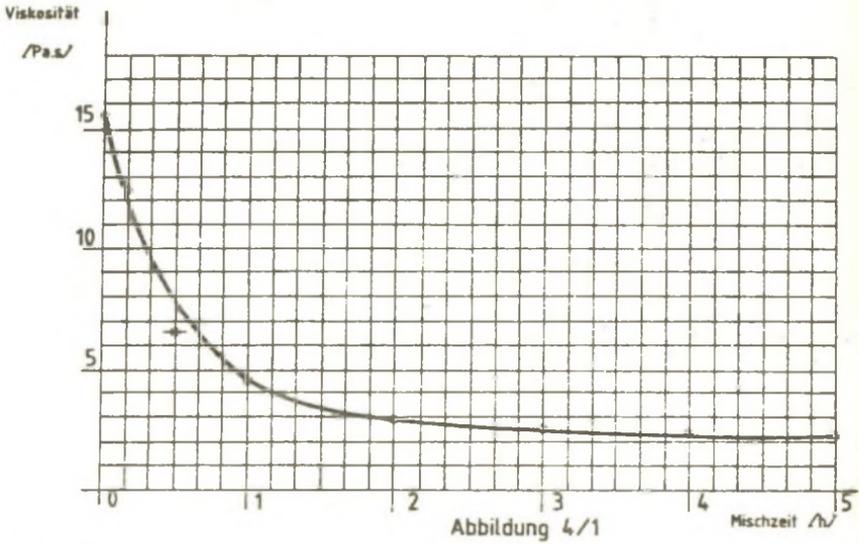


Abbildung 3.

Verbindung zwischen Aufgabestation, Transportleitung und Halde

Änderung der Viskosität des Rotschlammes im Verhältnis der Mischzeit



Änderung der Viskosität bei zeitabhängiger Dosierung verschiedener Mengenanteile von kalkhaltiger Flugasche, Wasser und Rotschlamm

Zusammenhang zwischen Transportdruck und Wassergehalt

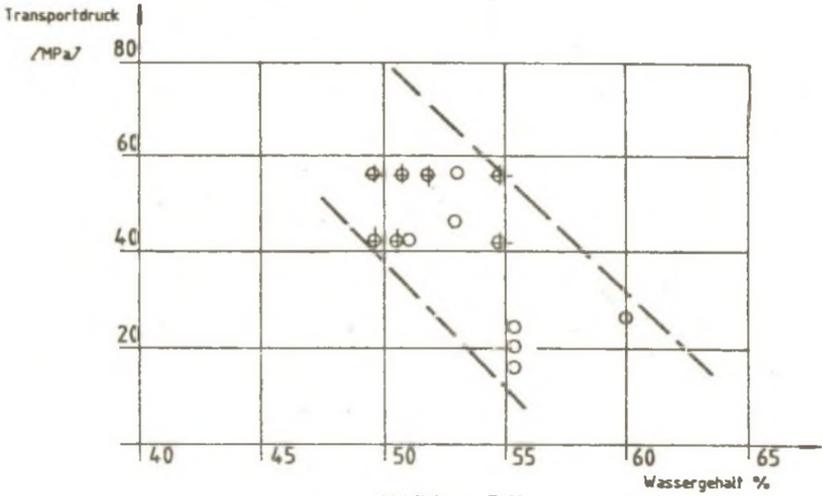


Abbildung 5/1

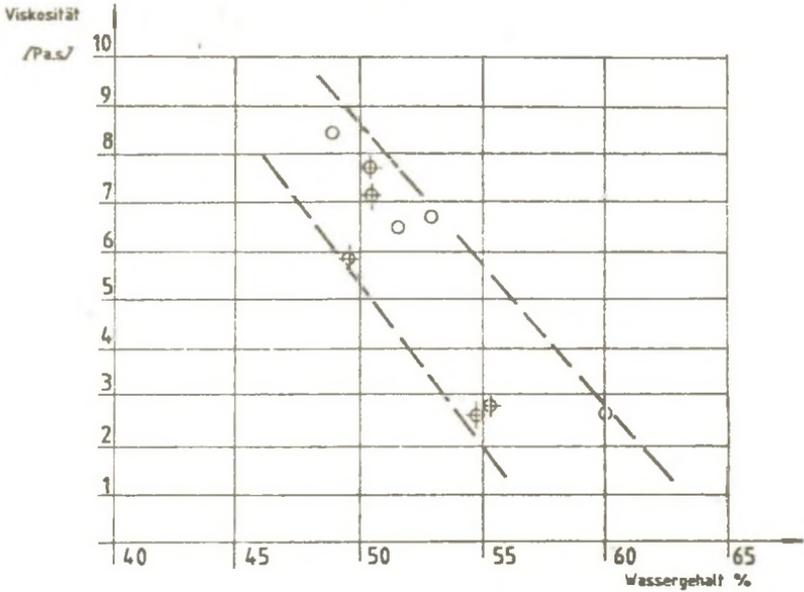


Abbildung 5/2

Zusammenhang zwischen Viskosität und Wassergehalt