

Tamás, MUHITS

MÉLYÉPÍTÉSI TERVEZŐ VÁLLALAT, Budapest

HYDRAULISCHER TRANSPORT UND DEPONIERUNG DER ASCH-FLUGASCH-DES

WÄRM-KRAFTWERKES PÉCS

In diesem Vortrag befasst sich der Autor mit den Wasserversorgungs- und Umweltschutz-Problemen der ungarischen Stadt Pécs in Verbindung mit dem nahegelegenen Wärmekraftwerk. Es wird weiterhin der Wasserhaushalt des hydraulischen Transportes von Asche-Flugasche des Kraftwerkes erörtert. Der projektierte Aufbau und die technischen Parameter der neuen, vom Kraftwerk in einer Entfernung von 12 km gelegenen, Halde und der hydraulischen Transportleitungen werden bekanntgegeben.

Pécs ist eine der schönsten, am Südhang des Mecsek gelegenen historischen Städte Ungarns, eine der ältesten Universitätsstädte Europas. Im 11. Jahrhundert wurde von Ludwig dem Grossen die erste Universität des Landes und der Stadt errichtet. Die Ereignisse der Geschichte und die Stürme haben die Stadt nicht verschont. Die Zeugen der verschiedenen geschichtlichen Epochen sind die altchristliche Kapelle, die auf romanischen Fundamenten aufgebaute Katedrale und die Infolge der beinahe 150 Jahre dauernden türkischen Besatzung errichteten Bauten, der Dschami und das Minarett.

Auch die industrielle Entwicklung hat die Stadt nicht verschont.

Die Grundlage der Entwicklung ist die in der Umgebung erschlossene und bis zum heutigen Tage beförderte, den ungarischen Verhältnissen gemäss, qualitätsmässig die beste Schwarzkohle des Landes.

Die Kohle ist die Grundlage der Energieproduktion. Schon in der Anfangszeit war es ersichtlich, dass der weniger wertvolle Teil der Kohle zur Herstellung der industriellen Energie der Stadt verwendet wird.

Das Anfang der sechziger Jahre errichtete Kraftwerk in Pécs ist inzwischen veraltet und die Rekonstruktion der Kessel ist zur Zeit im Gang.

Ausser der Energieherstellung versieht das Kraftwerk auch die Wärmeversorgung des Neubau-Wohnungsgebietes von Pécs. So ist die Erhaltung des Kraftwerkes in engem Zusammenhang mit dem Leben der Stadt.

Nicht nur die Herstellung der Energie verbindet das Kraftwerk mit der Stadt, sondern auch eine Vielzahl verschiedener gemeinsamer Probleme.

Eine der Schwerpunkte der gemeinsamen Probleme ist die gemeinsame Wasserbasis und die Behandlung der Asche- und Flugasche.

Eine der grössten Sorgen von Pécs ist die Wasserversorgung. Die steigenden Anforderungen der wachsenden Stadt haben schon seit zwei Jahrzehnten die sich unter dem Gebiete befindlichen Wasservorkommen überschritten.

Da in der Umgebung grössere Oberflächengewässer nicht vorhanden sind, werden die Wasserprobleme aus dem von der Stadt ca. 40 km entfernt gelegenen Oberflächenwasser der Donau gelindert.

Die Schwierigkeiten der Wasserversorgung für die Umgebung der Stadt wirken sich auch auf den Wasserhaushalt des Kraftwerkes aus, was zu äussersten Wassersparmassnahmen führt. Infolge des Wassermangels ist das Kraftwerk gezwungen die Wasserverluste aus dem hydraulischen Transport der Verfeuerungsrückstände des Kraftwerkes aus den biologisch gereinigten und desinfizierten Abwässern der Stadt zu ergänzen. Die Möglichkeiten des Kraftwerkes sind auch auf diesem Gebiete begrenzt. Die Kapazität der städtischen Abwasserreinigungsanlage ermöglicht den Verbrauch von ca.  $15.000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  gereinigtem Wasser.

Das andere gemeinsame Problem der Stadt und des Kraftwerkes ist die Deponierung der Verfeuerungsrückstände des Kraftwerkes.

Beim Bau des Kraftwerkes war es eindeutig, dass die hydraulisch beförderten Verfeuerungsrückstände auf dem in der Umgebung tiefer gelegenen Gelände deponiert werden.

Infolge ihrer Ausbreitung hat sich die Stadt immer mehr an das Kraftwerk angenähert. Die an den Umweltschutz und an den Komfort gestellten, immer höheren Bedingungen haben das Zusammenleben immer problematischer gestaltet. Die Stadt verträgt die Nähe der nicht bindefähigen, staubigen Halde immer weniger. Das Kraftwerk hat inzwischen die ihm zur Verfügung stehenden Gebiete verbraucht und möchte die Deponierung der Verfeuerungsrückstände auf ein neues Gebiet verlagern. Bei der Erwägung der Möglichkeiten haben die Inneren der Stadt Vorteile erzielt und das Kraftwerk war gezwungen weitere Perspektiven ergebende, jedoch in grösserer Entfernung gelegene Gebiete in Anspruch zu nehmen.

Ungarn ist ein kleines Land und es ist schwerm vom Standpunkt der Forst- und Landwirtschaft her nutzlose, von bewohnten Gebieten entfernt gelegene Gebiete zu finden, die von allen beteiligten Partnern auch genehmigt werden. Ohne die Schwierigkeiten zu detaillieren, ist es gelungen in einer Entfernung von 12 km vom Kraftwerk ein Tal zu finden, wo die Verfeuerungsrückstände des Kraftwerkes in Zukunft deponiert werden können.

Bei der Projektierung des Transportsystemes mussten auf Grund der folgenden technischen und wirtschaftlichen Bedingungen die Entscheidungen getroffen werden:

- Die Wasserbasis des Entsorgungs-Transportsystemes bildet ausschliesslich das gereinigte Abwasser der Menge von  $15.000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ .
- Bei Spitzenbelastung entstehen im Kraftwerk  $25 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$  Asche und  $175 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$  Flugasche.
- Die Asche ist innerhalb des Kraftwerkes durcherspülung zu sammeln.
- Die Flugasche ist betriebsmässig trocken, mittels Luftstrom zu sammeln, da das Kraftwerk diese zu einer höchstmöglichen Masse an die Bauindustrie verwerten möchte.
- Für den Transport der Flugasche muss auch ein Sammelsystem miterspülung für die gesamte, bei Spitzenbelastung anfallende Flugasche eingebaut werden.
- Den durcherspülung gesammelten Asche-Flugasche-Schlamm und die im Kraftwerk entstehenden, mit anderen Feststoffen belasteten Abwässer, den Kalkschlamm aus den Wasserenthärtern, das Spül- und Tropfwasser muss im Saugbereich der inneren Pumpenstation gesammelt werden und mittels den Schlamm-pumpen auf der Fernpumpstation, oder auf die in der Nähe des Kraftwerkes liegenden Havariehalde transportiert werden.
- Die mittels dem Luftstrom gesammelte Flugasche muss in den Sammelbunkern aufbewahrt werden. Entsprechend der heute bestehenden Technologie, muss die sich in den Bunkern befindliche Flugasche in Fahrzeuge des Landstrassentransportes verfüllbar sein, der verbliebene Rest muss gemeinsam mit der Feuerkammerasche hydraulisch auf die Halde befördert werden können.

Auf Grund der vereinfacht dargestellten Anforderungen ist auch die Spitzenbelastung des

Kraftwerkes auf verschiedene Transportzustände zusammenstellbar, die vereinfachten Materialtransport-Abbildungen stellen das Transportsystem dar.

Der gegenwärtige Vortag schliesst die gesamte Untersuchung des Wasserhaushaltes aus, es ergibt sich hier nur die Möglichkeit die Probleme der einzelnen Betriebszustände zu erörtern.

Abbildung 1.: Es werden die Material- und Energieansprüche des hydraulischen Transportes der festen Verfeuerungsrückstände im Kraftwerk bei Spitzenbelastung dargestellt.

Abbildung 2.: weist den Betriebszustand auf, wo ein bedeutender Anteil der Flugasche von Verkehrsfahrzeugen zur Herstellung von Zement abtransportiert wird und damit gleichzeitig wird infolge einer teilweisen Betriebsstörung des inneren pneumatischen Systemes ein Teil der Flugasche durch Verspülung abtransportiert.

Der im Verhältnis 1:3 Gewichtanteilen Feststoff:Wasser in grosse Entfernungen zu transportierende Asche-Flugasche-Schlammwirft eine Reihe von technischen Problemen auf. Davon das wichtigste die Aufrechterhaltung des kontinuierlichen Transportes. Der verhältnismässig dichte Schlammsetzt sich beim Abstellen des Transportes ab, und auf den mit Gefälle versehenen Strecken der 12 km langen Transportleitung verursacht er an den Tiefpunkten angelangt Verstopfungen. Um dies zu verhindern ist die Pumpengruppe des Transportsystemes mit ständig betriebsbereiten, automatisch anlassbaren Pumpen ersetzbar. Ein Problem verursacht auch das Umstellen von einer Fernleitung auf die andere. In der zum Abstellen vorgesehenen Fernleitung muss vom Beginn der Abstellung des Schlammtransportes während der Zeitdauer von 2 Stunden bis zum vollständigen Durchspülen der Fernleitung der Betrieb mit Klarwasser aufrechterhalten werden. Diesen Betriebszustand stellt Abbildung 3. dar.

Ein ähnliches Problem ergibt sich auch bei dem totalen Ausfall des Transportes mittels Luftstrom. Diesem zufolge muss der zum Verspülen benutzte Wasserstrom beinahe auf das doppelte erhöht werden, jedoch im Transportsystem muss bis zum vollständigen Durchspülen der Leitung der Betrieb aufrechterhalten werden und im Winterbetrieb infolge der Frostgefahr die Leitung entleert werden.

Die Anwendung einer der oben genannten Betriebszustände kann wann immer erfolgen.

Aus den Materialtransport-Abbildungen kann abgelesen werden, dass der Anspruch von Transportwasser beim hydraulischen Transport zwischen  $600 \text{ t.h}^{-1}$  und  $1690 \text{ t.h}^{-1}$  veränderlich ist. Bei Betriebsstörungen muss der höhere Transportwasserstrom technisch sofort, mit Hinsicht auf die im Verspülungsraum der Verspülungspumpen aufbewahrte Wassermenge von  $600 \text{ m}^3$ , spätestens in einer Stunde erfolgen. Die Frage wird noch dadurch erschwert, dass das als Ersatz zur Verfügung stehende desinfizierte Abwasser von der Abwasseranlage erst nach vier Stunden nach erfolgter Anforderung zur Verfügung steht.

Die Projektierung hat das Problem gelöst, indem der Unterschied zwischen dem zur Verfügung stehenden Transportwasserbasis und dem zum tatsächlichen Verbrauch benötigten Wasserstrom von dem auf der Halde ausgebildeten Absetzteich ersetzt wird. Dies ist bei der vorhandenen Halde begrenzt möglich, bei der neu auszubauenden Halde in vollem Masse durchführbar.

Bei der Wasserwirtschaft zum Transport der Asche-Flugasche des Kraftwerkes wurde auch die Wirkung der neu aufzubauenden Halde geprüft. Beim Materialtransport auf die neue Halde kann mit Rückwasser erst nach Ausbildung des Absetzteiches gerechnet werden, der entsprechend den Berechnungen - abhängig vom Niederschlag, Verdunstung, Sickerung -

erst nach 60-90 Tagen entsteht.

Für die Zeitspanne der Inbetriebsetzung ist der Wasserhaushalt entsprechend Abbildung 4 massgebend.

Auf Grund der Untersuchungen der kennzeichnenden Zustände des Wasserhaushaltes ist feststellbar:

- kurzfristige Spitzenansprüche sind durch Speicherung im System überbrückbar,
- dauernde, grössere Transportwasser-Anforderungen /Anfahren, erneutes Anfahren/ können von Ausserhalb nicht gelöst werden. Aus diesem Grunde muss ein Transportsystem erarbeitet werden, das im Normalbetrieb die zur Verfügung stehende Wasserbasis nicht überschreitet,
- die Wasserbasis von  $15.000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  kann im Falle eines 24-Stunden-Betriebes einen Volumenstrom von  $600 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  absichern. Der Feststoff von  $200 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$  muss daher in einem Gemischverhältnis von 3:1 Gewichtanteilen Feststoff:Wasser abtransportiert werden.

Der prinzipielle technische Aufbau der Schlammaufgabe-Station ist in Abbildung 5 dargestellt.

Von den aus dem Kraftwerk kommenden drei Rohrleitungen /10,20,30/ kommt in einer oder in zwei Rohrleitungen der verspülte Asche-Schlamm in den Verteiler an.

Aus dem Verteiler ist der Ascheschlamm in einen, der beiden /füreinander auch als Ersatz dienenden/ Flugasche-Anfeuchter einleitbar. In die Flugasche-Anfeuchter strömt die Flugasche in geordnetem fluidisiertem Volumenstrom.

Aus dem Flugasche Anfeuchter ergiesst sich der Asche-Flugasche-Schlamm in ein der sich in Betrieb befindlichen Schlammansaugbecken. Zwischen dem Schlammansaugbecken und den Flugasche-Anfeuchtern entsteht eine betriebsmässige und eine dem Ersatz dienende Zirkulation zum Herstellen des zum Anfeuchten der Flugasche optimalen Volumenstromes, unabhängig von dem Ascheschlamm-Strom.

Zum Transport des Ascheschlamm-Stromes wurden vier in zwei Reihen geschaltete Pumpengruppen eingebaut. Von diesen werden in der ersten Zeitspanne nur drei Maschinengruppen montiert.

Eine Maschinengruppe ist geeignet zum Abtransport der gesamten Schlammmenge, die beiden anderen dienen als Ersatz. Davon dient die eine als Ersatz des Betriebsteiles, an der anderen werden Instandhaltungsarbeiten durchgeführt.

Die Pumpen saug- und druckseitig an Sammelrohre angeschlossen. An dies saugseitigen Sammelrohre schliessen sich die Pumpen und die Ansaugbehälter, an die druckseitigen Sammelrohre die Pumpen und die Fernleitungen an.

Es werden drei Fernleitungen gebaut. Davon befindet sich eine in Betrieb, die andere dient dem Ersatz, an der dritten werden vorbeugende Instandhaltungsarbeiten durchgeführt /z.B. Drehen der Rohre!/  
Die Fernleitungen sind mit schwingungsvermindernden Luftkessel-Druckstoss-Schutz versehen.

Die Fernleitungen sind mit schwingungsvermindernden Luftkessel-Druckstoss-Schutz versehen.

Die Schieber des Schlammsystemes werden hydraulisch betätigt. Die druckseitigen Schieber der Pumpen sind ausser dem Verriegeln auch zur Verhinderung der Rückströmung beim Abstellen geeignet.

Die hydraulischen Verhältnisse der Schlamm pumpen-Station sind in Abbildung 6 zusammengefasst.

Der benötigte Betriebsdruck zur Rückführung des gleichen Volumenstromes ändert sich in Abhängigkeit der Zeit und der Belastung des Kraftwerkes, da



- Infolge der anderweitigen Verwendung der Flugasche sich in Abhängigkeit der Belastung des Kraftwerkes der Feststoffgehalt des Schlammes bis zu einem Verhältniss von 1:3 Gewichtanteilen Feststoff:Wasser sich ändert.
- Die Transportentfernung erhöht sich, bzw. vermindert sich in Abhängigkeit des Einleitungsortes auf der Halde.
- Die Hubhöhe erhöht sich mit dem Auffüllungsgrad der Halde.

Die Transportverhältnisse in den Rohrleitungen sind auf Grund der obigen im Q-H-Feld im Bereich der höheren, als die kritische Geschwindigkeit durch einen Bereich zu kennzeichnen. Dieser Bereich wird einerseits von der, die kritische Geschwindigkeit verbindenden Linie, von oben von der Kennlinie der Pumpen in neuem Zustand und von der Kennlinie der Rohrleitung begrenzt.

Die hydraulischen Eigenschaften der Schlammumpen verschlechtern sich stufenweise von der ersten Inbetriebnahme bis zur Hauptreparatur.

Im Prinzip kann in Abhängigkeit des Transportes, vom Zustand der Pumpe und des Rohres jeder Punkt des Bereiches als Arbeitspunkt betrachtet werden. Daraus resultiert, dass die Anwendung von Pumpen mit beständiger Umdrehungszahl die Menge der transportierten Flüssigkeit sich stark verändert. Der annehmende, oder abtransportierte Flüssigkeitsstrom kann durch Einleitung von Ersatzwasser oder durch Drehzahländerung im Gleichgewicht gehalten werden. Die Aufrechterhaltung des optimalen Flüssigkeits-Stromes hat auf Grund der Untersuchungen während der Projektierung eine Vielzahl von Vorteilen. Davon sind die wichtigsten:

- Unabhängig von den momentanen hydraulischen Verhältnissen arbeitet das Ferntransportsystem mit einem grösseren Volumenstrom als der Volumenstrom des Asche-Flugasche-Schlammes, also mit einem Volumenstrom der höher ist als der Bedarfsfall. /Der Unterschied zwischen dem Ascheschlamm-Strom und dem Volumenstrom der Pumpe wird durch Einleitung von Ersatzwasser ausgeglichen!/  
 - Bei geringen Hubhöhen wird infolge der Erhöhung des Flüssigkeitstransportes das Gleichgewicht des Wasserhaushaltes nicht gestört.
- Durch Drehzahlregelung werden teils bei dem Antrieb der Schlammumpen, teils bei den Rückwasserpumpen innerhalb von vier Jahren, infolge der Energieeinsparung die Investitionskosten ausgeglichen.
- Es kann immer eine, die kritische Geschwindigkeit überschreitende, die Rohrleitung weniger verschleissende Strömungsgeschwindigkeit aufrecht erhalten werden.

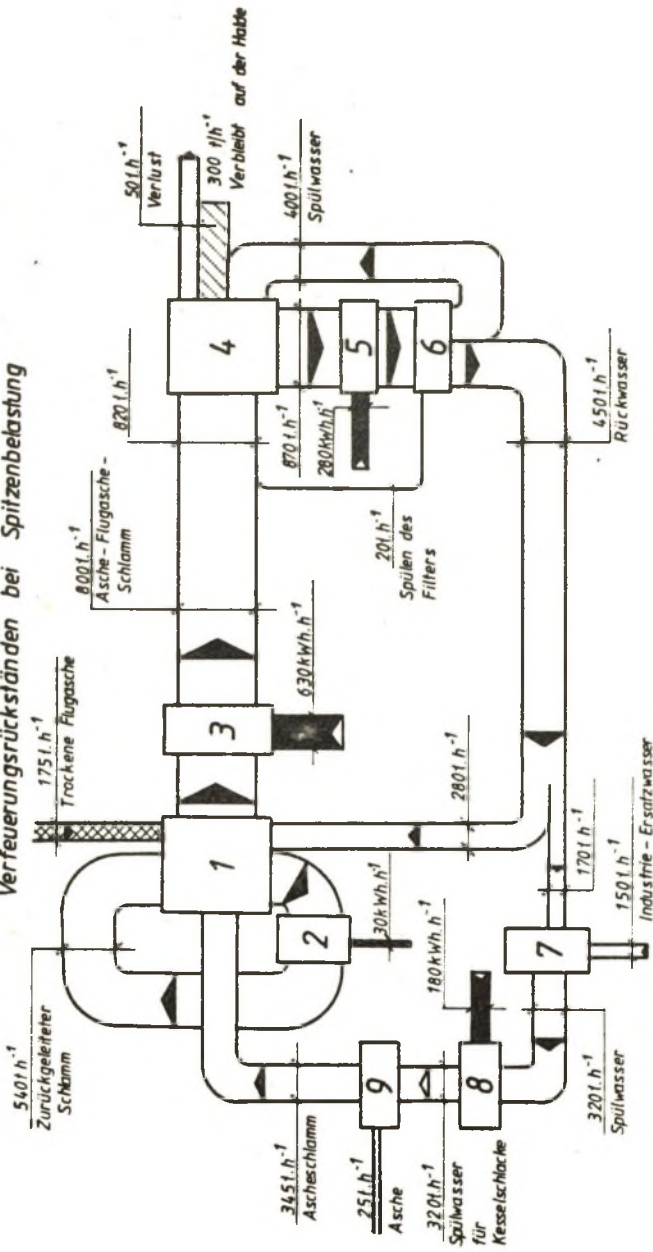
Die benötigte Hubhöhe wird von zwei in Reihe geschalteten Schlammumpen erreicht. Davon wird eine mit beständiger Umdrehungszahl, die andere mit Kaskadenregelung veresehener Umdrehungszahl betrieben.

Der Energieverbrauch des Systemes ist eine kennzeichnende Angabe:

- Der projektierte Energieverbrauch des Schlammtransportes, ohne Drehzahlregelung beträgt 7.950.000 kWh.
- Der Energieverbrauch bei Drehzahlregelung beträgt 5.630.000 kWh.
- Die Einsparung pro Jahr beträgt 2.320.000 kWh, der Energieverbrauch beim Abtransport von 1 t Verfeuerungsrückstand beträgt 5,86 kWh/t.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Adam KLICH

Material- und Energiefließbild für den hydraulischen Ferntransport von festen  
Verfeuerungsrückständen bei Spitzenbelastung



1. Flugascheeinrichtung
2. Rückwasser Pumpstation
3. Schlamm- und Aschebehälter
4. Habbe
5. Rückwasserpumpe
6. Rückwasserfilter
7. Industriewasser - Behälter
8. Spülwasser - Behälter
9. Spülwasser - Pumpe

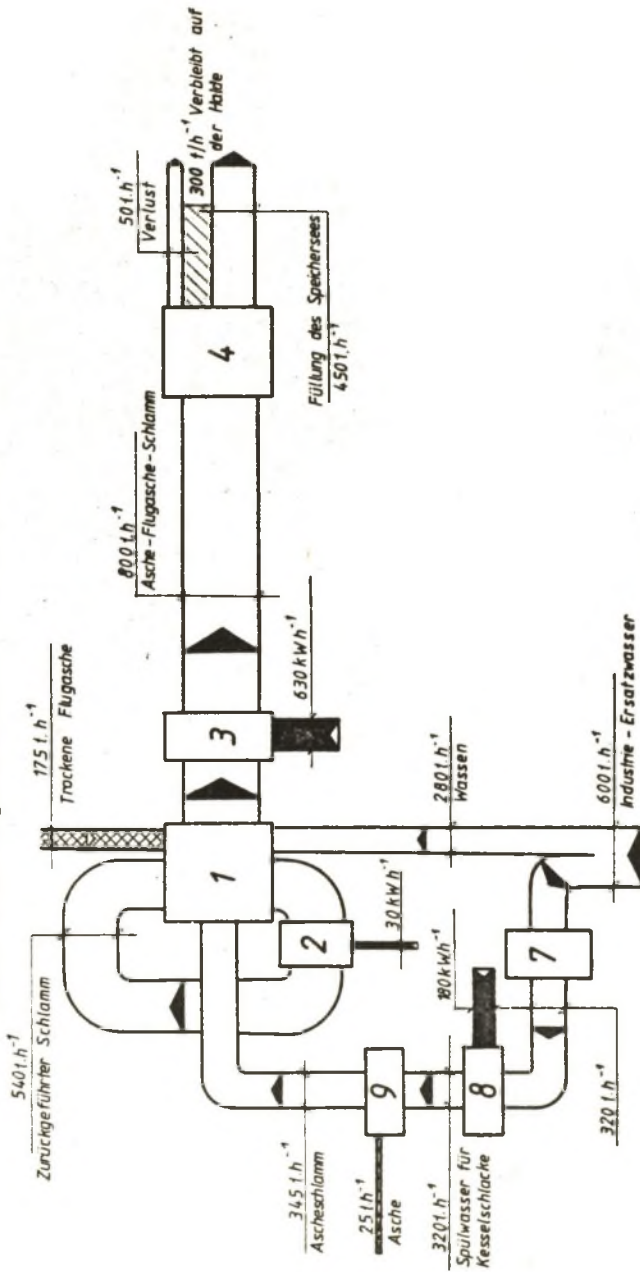
Abb. 1







Material- und Energiefließbild für den hydraulischen Ferntransport von festen Verfeuerungsrückständen bei Anfahrbetrieb



- 1. Flugascheeintragsanlage
- 2. Rückwasser-Pumpstation
- 3. Schlamm-Pumpstation zur Fernleitung
- 4. Halde
- 5. Industrie-Ersatzwasser
- 6. Spülwasser-Pumpstation
- 7. Industrie-Ersatzwasser - Behälter
- 8. Spülwasser-Pumpstation
- 9. Verpflügung der Schlacke

Abb. 4

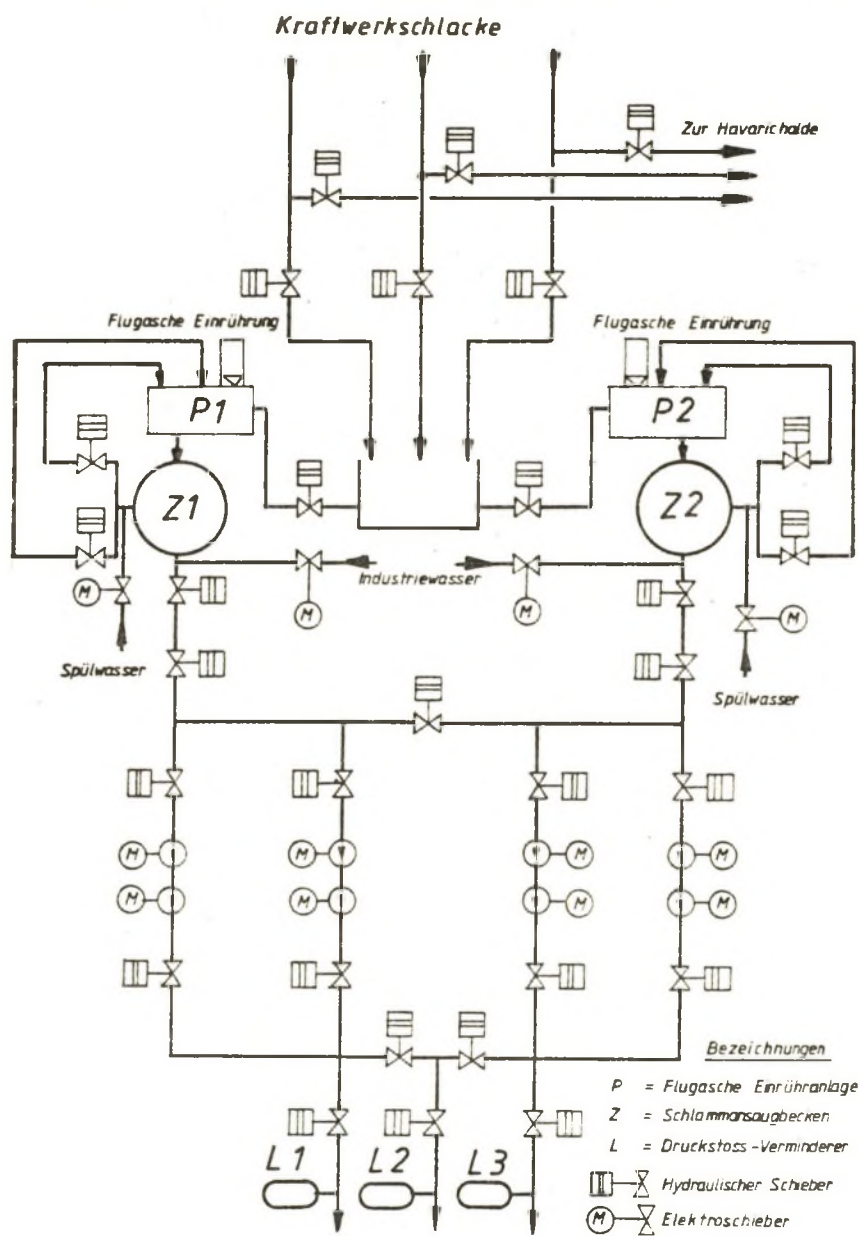


Abb. 5

Zur Halde Szemely

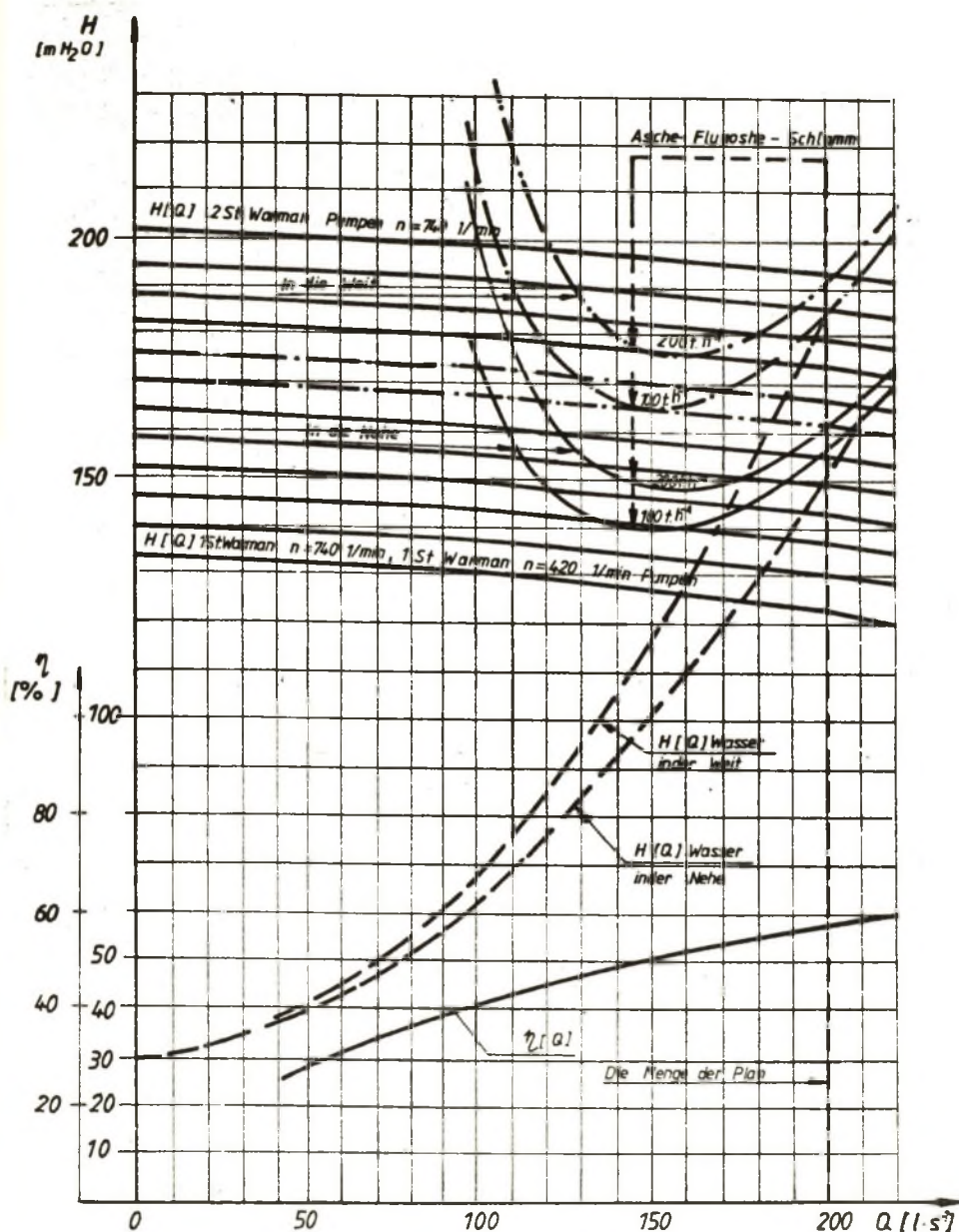


Abb. 6 Betriebsverhältnisse der in Reihe geschalteten Schlammumpen

TRANSPORT I SKŁADOWANIE POPIOŁÓW LOTNYCH  
Z ELEKTROCIĘPŁOWNI PECS

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

W pracy przedstawiono problemy zaopatrzenia w wodę i ochrony środowiska węgierskiego miasta Peca, w odniesieniu do położonej w pobliżu elektrociepłowni. Przeanalizowano gospodarkę wodną układu hydraulicznego transportu popiołów lotnych z elektrociepłowni. Przytoczono założenia i parametry techniczne projektowanego układu hydraulicznego transportu, odprowadzającego popioły na składowisko oddalone o 12 km. Przedyskutowano różne sytuacje ruchowe mogące wystąpić w praktyce. Przedstawiono schemat instalacji i charakterystyki układu pompowego.

ТРАНСПОРТ И СКЛАДИРОВАНИЕ ЗОЛ-УНОСОВ  
С ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В ПЭЦС

Р е з ю м е

В работе представлены проблемы снабжения водой и охраны окружающей среды венгерского города ПЭЦС, по отношению к расположенной поблизости теплоэлектростанции.

Приводятся данные и технические параметры проектированной гидравлической системы транспортировки, отводящей золы на складские дворы, находящиеся в 12 километрах.

Обсуждаются разные ситуации, возникающие в практике.

Представлена схема устройства и характеристика насосной системы.