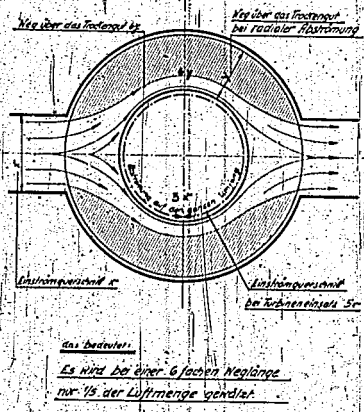
Warum werden die unter den einzelnen Punkten gestellten hohen Anforderungen im Turbinen-Trockner restlos erfüllt?

Weil alle Elemente, welche für die Trocknung Bedeutung haben, organisch vereinigt wurden. Diesen organischen Aufbau darf man nicht stören, indem man die Belüftungselemente außerhalb des Gehäuses anordnet, etwa so, wie wir dieses in der nachstehenden Skizze angedeutet haben. Denn sonst würden ja wieder die Nachteile in Erscheinung treten, um deren Beseitigung willen wir die hier beschriebene Turbinenkonstruktion geschaffen haben.



das bedeutet:

Es wird bei einer 6fachen Weglänge nur 1/5 der Luftmenge gehandelt.

Der Weg der Luft über die Scheiben ist so lang wie bei den auf der ersten Seite dargestellten ganz veralteten Kanälen, bevor diese durch die Querbelüftung verbessert wurden.

Die Luft würde sich auch um den inneren Mantel verdichten, entsprechend den Stromlinien, so daß dieselbe nur auf einem Bruchteil der Fläche wirksam wäre.

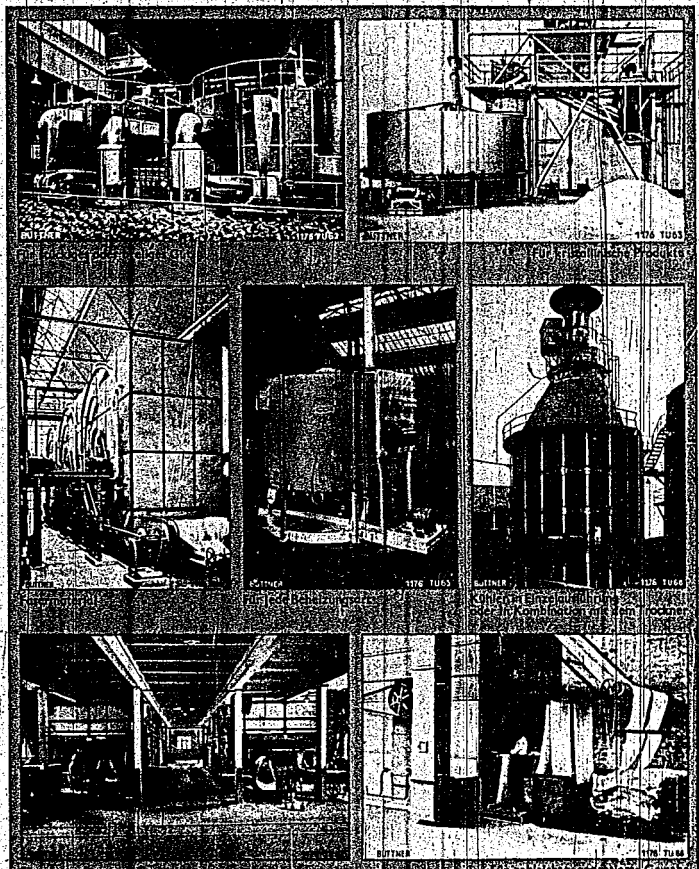
Die Luft tritt auf einem kleinen Teil des äußeren Umfanges der Scheiben ein, das ist nur ein Bruchteil der Luftmenge, die über den ganzen Umfang der Scheiben radial einströmen kann.

Bei dem vorliegenden langen Luftweg und so stark verringerter Luftmenge würde ein so großer Temperaturabfall eintreten, daß man auf Kosten des Dampfverbrauches mit hohen Abluftmengen arbeiten müßte, um Kondensation zu verhindern.

Die Heizfläche müßte zusammengezogen und alle vorstehend erwähnten Nachteile, wie hoher Kraftaufwand usw., mit in Kauf genommen werden.

Zugänglichkeit von außen wie von innen wäre beschränkt, und Anordnung von Lagerstellen einzelner Belüftungselemente innerhalb des Luftkreisstromes erforderlich.

Dieses Beispiel zeigt deutlich, welche Bedeutung der Turbinentrockner für die Praxis hat.



Über die ausgeführten Anlagen
für die verschiedensten Industrien vom größten bis zum kleinsten Typ

BÜTTNER-WERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
UERDINGEN NIEDERRHEIN

für die verschiedensten Industrien vom größten bis zum kleinsten Typ

BÜTTNER-WERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
UERDINGEN (NIEDERRHEIN)

TITLE PAGE

18. Die Schwelung von festen Brennstoffen und ihre Bedeutung für die Beschaffung von flüssigen Treib- und Brennstoffen.
The low-temperature carbonization of solid fuels and their importance for the obtaining of liquid fuels.

Frame Nos. 970 - 979

970

Die Schwelung von festen Brennstoffen und ihre Bedeutung für die Beschaffung flüssiger Treib- und Brennstoffe

Von Dr.-Ing. F. A. Oelken VDI, Frankfurt a. M.

Sonderdruck aus dem Berichtswerk über die 74. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Darmstadt 1936 (VDI-Verlag G.m.b.H., Berlin NW 7)

971

Die Schwelung von festen Brennstoffen und ihre Bedeutung für die Beschaffung flüssiger Treib- und Brennstoffe

Von Dr.-Ing. F. A. Oetken VDI, Frankfurt a. M.

Eine der wichtigsten Probleme zur Lösung der Frage der Versorgung Deutschlands mit Rohstoffen ist die Deckung des Bedarfs an Mineralölen. Verschiedene neue Verfahren zur Herstellung von Mineralölen aus festen Brennstoffen gelangen gegenwärtig zur großtechnischen Anwendung, um unsere bisherige Abhängigkeit vom Auslande zu beseitigen. Zu diesen Verfahren gehört die Schwelung von festen Brennstoffen. Ihre neuere Entwicklung und ihre Bedeutung für die deutsche Mineralölversorgung sollen geschildert werden.

Die Schwelung von Brennstoffen ist die trockene Destillation bei Temperaturen von 450 bis 550° C. Zur Durchführung der Schwelung müssen die Brennstoffe zunächst getrocknet und anschließend durch schonende Erhitzung auf die erforderliche Schweltemperatur gebracht werden, wobei eine Überhitzung und Aufspaltung der gebildeten Teernebel zu verhindern ist. Für die Zuführung der Wärme bestehen zwei verschiedene Wege: Die unmittelbare Wärmeübertragung durch Spülgase, welche den Brennstoff umspülen bzw. durchspülen, und die mittelbare Wärmeübertragung durch eine Wandung hindurch, welche Heizmittel und Brennstoff voneinander trennt.

Die ältere Schwelerei-Industrie in Schottland und Deutschland bediente sich ausschließlich mittelbar beheizter Öfen. Dies sind die schottische Schieferretorte und der Rollofen für deutsche Braunkohle. Beide sind heute noch in zahlreichen Ausführungen in Betrieb,

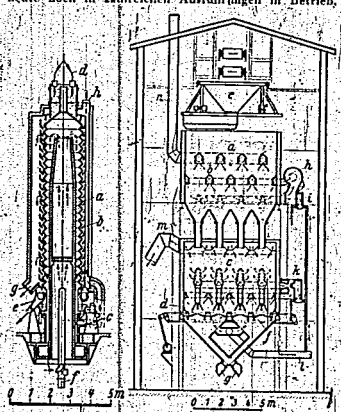


Abb. 1 (links). Stehender Drehofen, Bauart Geißen
a drehbarer Blechkörper; b feststehende Leitung; c Antriebsvorrichtung des Blechkörpers; d Kohlenaufgabe; e Schwelkoksentnahme; f Luftzuführung; g Schwelgasabsaugung; h Abzugsleitung

Abb. 2 (rechts). Spülgasschwelofen, Bauart Lurgi
a Kohlebunker; b Trockenraum; c Schneidwerk; d Schwelkokskühlraum; e Brechkokmaschine für Koks; f Austragvorrichtung für Schwelkoks; g Schwelkokswägung; h Umlaufgebläse der Trockenanlage; i Heizgasofen der Trockenanlage; k Heizgasofen der Schwelanlage; l Zufuhr von gereinigtem Spülgas; m Abzug von Spülgas-Schwelgasgemisch; n Abzug der Abgase der Trockenanlage

werden aber nicht mehr neu gebaut. Zwischen diesen alten Ofenbauarten, die nur eine Tagesleistung von 3 bis höchstens 15 t aufwiesen, und den heutigen Großöfen mit einer Tagesleistung von mehreren hundert t steht eine in viele Hunderte gehende Zahl von Ofenkonstruktionen, von denen die meisten nicht über das Versuchsstadium hinausgekommen sind. Der Grund für die auf diesem Gebiete so zahlreichen Mißerfolge ist darin zu suchen, daß die besonderen Eigenschaften der zu verschwelenden Brennstoffe und der Erzeugnisse der Schwelung sowie die Frage der Baustoffe nicht genügend berücksichtigt worden sind. Es sei z. B. daran erinnert, daß man in Deutschland lange Jahre hindurch im Bau von liegenden Drehöfen die ideale Lösung für einen Schwelofen sowohl für Steinkohle wie auch für Braunkohle und Ölschiefer sah. Der liegende Drehofen ist für alle diese Brennstoffe nicht sehr geeignet. Steinkohle muß bei der Schwelung eingeweicht werden, um aus der blähenden Kohle einen festen Koks zu erzeugen. Braunkohle und Schiefer, welche stark zur Staubentwicklung neigen, müssen so weitgehend wie möglich im Rückstand erhitzt werden, damit der sich bildende Schwelteer nicht durch zu großen Staubgehalt verunreinigt und für die Weiterverarbeitung wertlos wird. Allen diesen Forderungen entsprach der liegende Drehofen von vornherein nicht und konnte somit auch nicht zum Enderfolg gebracht werden.

Bauart der wichtigsten Schwelöfen.

Bei dem Versuch, einen Überblick über die neuere konstruktive Entwicklung der Schwelöfen zu geben, kann dabei auf die Schilderung der Mehrzahl der Bauarten verzichtet werden, da diese die von der Praxis geforderten Bedingungen niemals erfüllen können. Ich beschränke mich hier auf die Erläuterung der Bauarten, welche in größerem Umfange in die Schwelindustrie des In- und Auslandes Eingang gefunden haben, um auf diese Weise einen Begriff von der apparativen Gestaltung zu geben.

Schwelöfen für Braunkohle.

Für Deutschland steht die Schwelung von Braunkohle im Vordergrund. Auf der Grundlage der teerreichen mitteldeutschen Braunkohle sind in der Nachkriegszeit zwei Schwelofenbauarten entwickelt worden, die umfangreiche Anwendung gefunden haben, und zwar der mittelbar beheizte Geißenofen und der mit Spülgas arbeitende Lurgiofen. Die besonderen Kennzeichen des Geißenofens, Abb. 1, sind: Trocknung des Brennstoffs bis auf 15% Restfeuchtigkeit in einem besonderen Trockner, Erhitzung der vorgetrockneten Kohle in einem stehenden drehbaren Ofen aus Spezialeisen, dabei fortwährende Wendung des Brennstoffs während der in dünner Schicht erfolgenden Schwelung und sofortige Absaugung der Schwelerzeugnisse aus der Brennstoffschicht. Mehr als 30 Geißenöfen mit einer Tagesleistung je Ofen von rd. 150 t (bezogen auf Rohbraunkohle) sind in Deutschland aufgestellt worden. Die größten derartigen Anlagen sind in Verbindung mit Kraftanlagen zur Ausführung gelangt.

Das Lurgi-Spülgas-Verfahren, Abb. 2, weist folgende Merkmale auf: Unterteilung des Arbeitsvorganges im Schwelofen in drei Abschnitte: Trocknung des Brennstoffs bis auf 0% Restfeuchtigkeit, Schwelung, Kühlung des Schwelkokses, Sicherung der

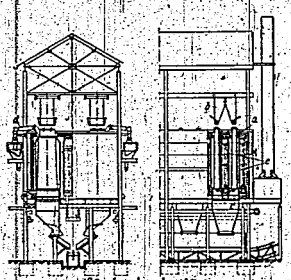


Abb. 3. Schwelofen für Steinkohle, Bauart Coalite
a Schwelretorte; b Beschickungsgut; c Entnahmevorrichtung für Schwelkoks; d Abzug für Schwelgase; e Heizgaskanäle

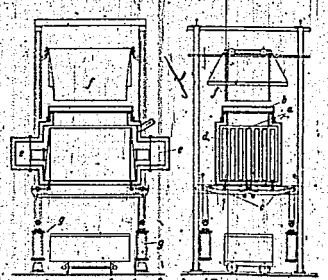


Abb. 4. Schwelofen für Steinkohle, Bauart Krupp
a Schwelzellen; b oberer Ofenverschluß; c unterer Ofenverschluß; d Heizkammern; e Gaskanal für den Heizgasumlauf; f Beschickungskasten; g Antrieb des unteren Ofenverschlusses

Gleichmäßigkeit der Schwelung durch sorgfältige Verteilung der Spülgase über den aus zwei Schächten bestehenden Ofenquerschnitt und durch Vermeidung der Entmischung des Brennstoffs, Verwendung von nur feuerfesten Baustoffen im Bereich höherer Temperatur. Über 125 Lurgi-Öfen mit einer Tagesleistung je Ofen von rd. 500 bis 600 t (bezogen auf Rohbraunkohle) sind in Deutschland in Betrieb und in Aufstellung; ferner sind 20 Öfen in verschiedenen Auslandsstaaten errichtet worden. Der Erfolg des Lurgi-Ofens, der insbesondere für den Ausbau der deutschen Treibstoffversorgung von Bedeutung geworden ist, rechtfertigt es, auf einige Punkte, die wesentlich zu seiner Anwendung beigetragen haben, näher einzugehen.

Die vollständige Trocknung des Brennstoffs dient zu einer weitgehenden Entlastung des Schwelvorgangs und gleichzeitig zu einer wesentlichen Verringerung des Anfalls an lästigem Schwelwasser. Die Verringerung des Wärmebedarfs für den Schwelvorgang ermöglicht die Anwendung geringer Geschwindigkeiten des Spülgases und damit die Gewinnung eines Schwelteers mit sehr geringfügigem Staub- und Wassergehalt. Die Rückgewinnung des größten Teils der fühlbaren Wärme des Schwelkokses und eine Ausnutzung der Abgase des Trockners bis auf den Sättigungspunkt bewirken einen niedrigen Gesamt-Wärmeverbrauch der Schwelung. Durch Vermeidung von bewegten Bauteilen innerhalb des Schwelofens und durch die ausschließliche Verwendung von feuerfesten Baustoffen im Gebiet hoher Temperatur ist eine lange Lebensdauer der Öfen sichergestellt.

Schwelöfen für Steinkohle.

Im Vergleich zur Braunkohlenschwelung hat Deutschland der Schwelung von Steinkohle weniger Interesse entgegengebracht. Erst neuerdings hat eine lebhaftere Entwicklung eingesetzt. Bisher hat in erster Linie England sich der Steinkohlenschwelung zugewandt. In England hat das starke Bedürfnis nach einem in offenen Kaminen verwendbaren rauchlosen Brennstoff die Steinkohlenschwelung sehr gefördert, während in Deutschland die reichliche Versorgung mit verschiedenen, für Hausbrand geeigneten Brennstoffen sowie das Fehlen offener Feuerungen die Entwicklung der Steinkohlenschwelung gehemmt haben. Verschiedene mittelbar beheizte Öfen sind in England für Steinkohle entwickelt worden, von denen der Coalite-Ofen, Abb. 3, am meisten angewendet worden ist. Die Wirkungsweise des Coalite-Ofens ist folgende: Feingemahlene Steinkohle wird in bündelweise angeordnete, röhrenförmige Retorten eingefüllt, die von außen durch die strahlende Wärme eines die Retorten umgebenden gemauerten Gitterwerkes erhitzt werden. Im Verlauf einer drei- bis vierstündigen Garungszeit wird der Brennstoff geschwelt und der Schwelkoks, sog. Coalite, in stückiger Form mit einem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen von 4 bis 6% erzeugt. Drei größere Coalite-Anlagen mit insgesamt etwa 1000 t Tagesdurchsatz sind in England in befriedigendem Betrieb und haben den während langer Jahre bezweifelten wirtschaftlichen Erfolg der Steinkohlenschwelung heute gesichert. In technischer Hinsicht war für den Erfolg des Coalite-Ofens wesentlich bestimmend die Erhitzung der Kohle in ruhendem Zustande.

Auf die gleiche Voraussetzung stützt sich auch die neuere deutsche Entwicklung. Hier sind zwei Verfahren von Interesse, dasjenige der Firma Fried. Krupp, Essen, und das der Brennstofftechnik. Beiden Verfahren gemeinsam ist die Anwendung rechteckiger, von außen beheizter Kammern aus Stahlblech, welche durch Anwendung einer vorsichtigen Beheizungsart gegen Überhitzung geschützt sind. Eingehende Versuche der Firma Krupp haben gezeigt, daß Stahl als Baustoff für derartige Schwelöfen im Dauerbetrieb geeignet ist, vorausgesetzt, daß die Temperatur 600 bis 650° C nicht überschreitet. Beim Krupp-Ofen, Abb. 4, wird dies durch Anwendung einer genau regelbaren Umlaufheizung erreicht. Durch geeignete Führung der Heizgase und die nach unten licht erweiterten Schwelzellen erzielt man eine gleichmäßige Ausgarung des Zelleninhaltes. Die nach etwa 4 bis 6 Stunden durchgeschwelte Kohle wird nach Öffnung des unteren Zellenverschlusses aus der Zelle entnommen. Sechs bis acht Zellen bilden einen Ofenblock mit einem Tagesdurchsatz von 12 bis 15 t. Derartige Ofenblöcke werden nach Art der Anordnung der Koksöfen zur Erzielung hoher Leistung aneinandergereiht.

Der Krupp-Ofen ist in zwei Anlagen von je 50 t Tagesdurchsatz, von denen je eine im Ruhr- und Saargebiet aufgestellt wurde, in erfolgreichem Betrieb.

Schwelöfen für ölhaltige Gesteine (Ölschiefer).

Neben Braunkohlen und Steinkohlen gewinnt die Ausnutzung der in manchen Ländern vorkommenden ölhaltigen Schiefer, Tone und Kalke an Bedeutung. Am weitesten vorgeschritten ist diese Entwicklung in Estland. Dort ist der Tunnel-Schwelofen der

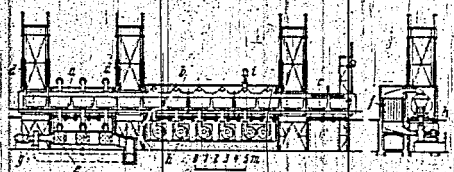


Abb. 5. Schwelofen für ölhaltige Gesteine. Bauart Estnische Steinöl A. G.

a Trockenraum; b Schwelraum; c Kühlraum; d Schleusen; e Abzugsrohre der Trockengase; f Rührwerke der Schwelräume; g Umwälzgebläse der Trockengase; h Umwälzgebläse der Schwelgase; i Schwelgasleitung.

Estnischen Steinöl A. G. Abb. 5, mit bestem Erfolg angewandt worden. Die Schwelung von ölhaltigen Gesteinen ist besonders in denjenigen Fällen, wo das Gestein sehr reich an Öl ist, mit Schwierigkeiten verknüpft, weil das Gestein während der Erwärmung plastisch wird. Diesem Übelstand trägt die Konstruktion des estländischen Tunnel-Schwelofens Rechnung. In diesem wird der Schiefer in ruhendem Zustand in fahrbaren Waggonets geschwelt, welche von Spülgas durchströmt werden. Als Spülgas dient das eigene Schwelgas, welches die Waggonets der Reihe nach durchspült. Um die Schwelzone zu entlasten, ist dieser eine besondere Trockenzone vorgeschaltet, welche ebenfalls mit umlaufenden Spülgasen beheizt wird. Bemerkenswert ist die Art der Aufheizung der Spülgase. Diese erfolgt in Röhrenerhitzern, die von außen mit Verbrennungsgasen aus einer Feuerung für ölarme Schiefer beheizt werden. Eine Überhitzung der Röhrenerhitzer wird durch Führung der Heizgase im Kreislauf verhindert. In Estland sind vier solcher Tunnelöfen mit einer Tagesleistung je Ofen von 250 bis 300 t in Betrieb.

Faßt man die Eindrücke über die in größerem Umfange heute gebräuchlichen Schwelofenbauarten zusammen, so zeigt sich folgendes:

Aus der Fülle der Erfindungen von Schwelverfahren haben sich nur wenige Wege als grundsätzlich gangbar erwiesen. Für Braunkohle und Ölschiefer ist die Spülgasschwelung mit großem Erfolge angewandt worden, für Braunkohle ferner die Schwelung in mittelbar beheizten, senkrechten Drehöfen. Für Steinkohle wird eine endgültige Lösung des Schwelproblems in der stehenden, von außen beheizten Schwelzelle mit genau regelbarer Beheizung erblickt.

Hindernisse für die Entwicklung der Schwelung.

Wenn auch die Entwicklung der Schwelung während der letzten Jahrzehnte zur Entwicklung von leistungsfähigen Größen geführt hat, so ist dennoch auf diesem einfachsten Wege der Überzeugung unter Ausnutzung der von der Natur zur Verfügung gestellten Vorräte eine Lösung des Mineralölproblems nicht durchgeführt worden. Welche Gründe sind hierfür bestimmend? In Deutschland sind nach den Feststellungen der Preußischen Geologischen Landesanstalt bei einem Gesamtbraunkohlenvorrat von rd. 22 Md. t 5 bis 6 Md. t schwelwürdige Braunkohle vorhanden. Bei einem mittleren Teergehalt der schwelwürdigen Braunkohle von etwa 7% liegt also in deutschen Braunkohlenfeldern zur Zeit eine Menge an Mineralölgrundstoffen von 380 bis 390 Mill. t vor. Der augenblickliche Bedarf an Mineralölen Deutschlands könnte also an sich durch Schwelung über den Zeitraum eines Jahrhunderts gedeckt werden, wobei vorausgesetzt ist, daß alle benötigten Ölarten aus dem Braunkohlenschwelteer gewonnen werden können. Voranschauende Ingenieure haben in der Vergangenheit oftmals auf die Notwendigkeit hingewiesen, die Ausnutzung der Brennstoffe grundsätzlich zu ändern, alle schwelwürdigen Brennstoffe grundsätzlich zu schwelen und zur Dampferzeugung nur vorher entteerte Brennstoffe zu verwenden. Dieser Vorschlag hat sich praktisch bisher nicht verwirklichen lassen. Die Gründe, die einer so umfassenden Anwendung der Schwelung im Wege standen, waren zum Teil rein wirtschaftlicher Art. Die vorhandenen Schwelereien konnten sich nicht weiter entwickeln, weil der Staat nicht für ausreichenden Zollschutz sorgte, um mit den niedrigen Preisen der natürlich vorkommenden Mineralöle in Wettbewerb treten zu können oder zumindest durch einen genügenden Übergangszollschutz die Grundlage für die technische Vervollkommnung der Schwelbetriebe zu schaffen.

Daneben bestanden aber mindestens ebenso wichtige technische Schwierigkeiten durch die Frage des Absatzes des Schwelkokses. Der Brennstoffmarkt bewertet den Brennstoff nicht allein nach dem Heizwert, sondern in gleichem Maße nach dem Formwert. Beim Schwelen der meisten jungen Brennstoffe, der Braunkohlen und Lignite, fällt ein heizkräftiger, aber feinkörniger oder bröckeliger Schwelkoks an. Solcher Schwelkoks, wie z. B. der aus deutscher Braunkohle erzeugte Grudekoks, hat einen festen Markt als Hausbrand, wo er in Spezialfeuerungen zur Zufriedenheit Verwendung findet. Dieser Markt ist nicht mehr erweiterungsfähig.

Lösungen für das Schwelkoksproblem.

Es mußten daher neue Wege beschritten werden, um die Schwelkoksfrage zu lösen. Als solche kamen in Frage:

a) Erschließung neuer Absatzgebiete,

b) Verbesserung der physikalischen Beschaffenheit des Schwelkokses.

Schwelkoks im Dampfkraftwerk.

Eine dieser Entwicklungen besteht darin, allen Schwelkoks aus neu errichteten Schwelereien vom Brennstoffmarkt fernzuhalten und ihn in einem mit der Schwelerei verbundenen Kraftwerk zu verfeuern. Hierfür war, soweit es sich um Schwelkoks aus Braunkohle handelt, die Entwicklung von Kesselfeuerungen nötig, welche für den feinkörnigen Schwelkoks ebenso wie für junge Kohle geeignet sind. Die Konstruktionen des Zonen-Wanderrostes mit Unterwind, des Pilz-Rostes, die Anpassung der Staubfeuerungen an die Besonderheiten des Schwelkokses und endlich die Entwicklung eines sehr universell anwendbaren Staubfeuerung, der Kremer-Mühlenfeuerung, haben hier alle technischen Hindernisse aus dem Wege geräumt. Diese Feuerungsarten gestatten die Verfeuerung jedes Schwelkokses

aus jüngeren Brennstoffen mit hohem Wirkungsgrad. Diese Entwicklung, welche sich gleichzeitig mit der Leistungssteigerung der Schwelöfen und mit der Verringerung der Betriebskosten der Schwelerei vollzog, machte den Weg für die Verbindung von Schwelwerk und Kraftanlage frei.

Da das Kraftwerk einen billigen Brennstoff verlangt, welcher dem Wärmepreis nach nicht teurer sein darf als die unverschwelte Kohle, so kann diese Entwicklung immer nur dann erfolgreich sein, wenn es gelingt, durch Zusammenarbeiten von Bergbau, Schwelerei und Kesselbetrieb durch allseitige Senkung der Gestehungskosten die Vorbedingungen für eine wirtschaftliche Betriebsweise zu schaffen. Das bedeutet fürs erste, daß in dieser Richtung nur in Verbindung mit hinreichend großen Bergbaubetrieben bzw. Stromerzeugungsquellen eine befriedigende Entwicklung zu erwarten ist. Der Betrieb und Neubau mehrerer derartiger Schwelkraftanlagen für deutsche Braunkohle zeigt, daß dieser Weg gangbar ist.

Schwelkoks in der chemischen Industrie.

Parallel mit der Einführung des Schwelkokses in Kraftwerkebetrieb geht die Entwicklung von Verfahren zur Verwendung des Schwelkokses zur Erzeugung von Generatorgas, Wassergas und Synthesegas vor sich. Es sind brauchbare Gaserzeuger zur Herstellung von Generatorgas aus Schwelkoks entwickelt worden. Vor allem bemerkenswert ist aber die Konstruktion von Wassergasgeneratoren, die in der einzelnen Betriebseinheit eine Tagesverarbeitung von 300 bis 500 t feinkörniger Brennstoffe gestatten. Hier ist in erster Linie der Winkler-Wühl-Generator zu erwähnen, der dadurch gekennzeichnet ist, daß ein feinkörniger Brennstoff bei hoher Pressung des aus Wasserdampf und Sauerstoff bestehenden Vergasungsmittels im Wühl-Zustand vergast wird. Feinkörniger Schwelkoks von 1 bis 3 mm Korngröße ist für derartige Generatoren ein sehr geeigneter Brennstoff. Bedeutende Mengen von Braunkohlenschwelkoks werden in solchen Gaserzeugern vergast und das erforderliche Wassergas für die Wasserstofferzeugung der Benzinsynthese geliefert. Weitere Möglichkeiten eröffnet die Entwicklung des Lurgi-Druckgas-Verfahrens, bei welchem ebenfalls feinkörniger Brennstoff in einem unter einem Überdruck von 10 bis 20 at stehenden Druckgefäß mit einem Gemisch von Wasserdampf und Sauerstoff zu Wassergas oder Leuchtgas vergast wird. Erfolgreiche Versuche mit feinkörnigem Schwelkoks haben die Eignung dieses Brennstoffs für dieses Vergasungsverfahren erwiesen. Die chemische Industrie bietet somit ein weiteres Anwendungsgebiet für den Schwelkoks aus Braunkohle durch die Erfindung neuer Vergasungsverfahren, deren Kennzeichen in der hohen Einzelleistung bzw. in niedrigen Betriebskosten und der Anpassung an feinkörnigen Brennstoff liegt. Wie bei der Verbindung von Schwelerei und Kraftwerk ist aber die Verwendung des Schwelkokses in derartigen Anlagen vorläufig noch an größere Gesamtleistungen gebunden. Der Wärmepreis des Schwelkokses darf auch hier nicht höher sein als der Wärmepreis der Rohkohle.

Abb. 6. Braunkohlenschwelkoks verschiedener Herkunft
links: Grudekoks aus Rohbraunkohle; Mitte: Schwelkoks aus Braunkohlenbrikett; rechts: Braunkohlenbrikett

Verbesserung der physikalischen Beschaffenheit des Schwelkokses aus jüngeren Brennstoffen.

Anders verhält es sich mit der dritten parallel zu den beiden ersten vollzogenen Entwicklungen, der Herstellung von stückigem Schwelkoks aus jüngeren Kohlen, besonders aus der deutschen Braunkohle. Diese Entwicklung, welche dem Schwelkoks eine weitere Einführung in Hausbrand und Industrie ermöglichen soll, dürfte deshalb von besonderer Bedeutung für die Schwelung jünger Brennstoffe werden, weil sie infolge Verbesserung des Formwertes einen höheren Preis für den Schwelkoks zuläßt und damit eine Senkung des Preises des Schwelwertes ermöglicht. Eine Verbesserung des Formwertes ist erreichbar durch Brikettierung von teerhaltigem Schwelkoks unter Zusatz von Pech oder anderen Bindemitteln. Dieser Weg kommt aber im allgemeinen nur für Sonderzwecke in Frage, da der Brikettiervorgang und der Bedarf an Bindemitteln naturgemäß zu einer erheblichen Verteuerung des Schwelkokses führt, welche oft größer ist, als der Wettbewerb es zuläßt.

Man hat daher seit Jahren angestrebt, die physikalische Beschaffenheit des Schwelkokses aus deutscher Braunkohle dadurch zu verbessern, daß man die Braunkohle vor der Schwelung brikettierte. Abb. 6 gewährt einen Vergleich von Braunkohlenschwelkoks verschiedener Beschaffenheit, und zwar von gewöhnlichem Grudekoks aus Rohbraunkohle, von Schwelkoks aus normalen Braunkohlenindustriebriketts und von neuerdings erzeugtem Stückkoks aus Braunkohle. Der in der Mitte des Bildes dargestellte Koks aus Braunkohlenindustriebriketts (Brikokoks) stellt einen erheblichen Fortschritt gegenüber dem Grudekoks dar. Einen Abschluß hat diese Entwicklung aber erst durch die jüngsten Arbeiten gefunden, die zu dem im Bild rechts dargestellten Braunkohlenstückkoks geführt hat.

Wesentlich für die verbesserte Arbeitsweise, welche neuerdings in zwei nach dem Lurgi-Krupp

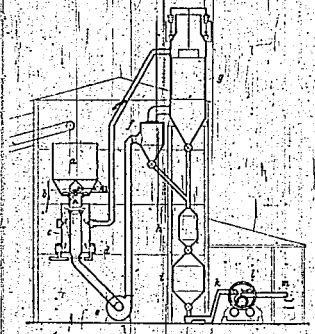


Abb. 7. Anlage zur Brikettierung von Braunkohle zur Gewinnung von Stückkoks (Lurgi-Krupp-Verfahren)
a Rohkohlenbunker; b Kohlenaustragvorrichtung; c Kohletrockner; d Gebläse für den Trockner; e Mahrentrockner; f Grobstaubabscheider; g Elektrofilter zur Staubabscheidung; h Staubkohlekühler; i Staubvorratsbunker; k Staubförderreinrichtung; l Preßluftkompressor; m Brikettransportvorrichtung

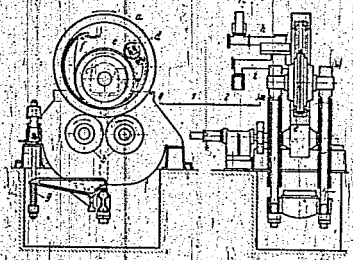


Abb. 8. Ringwalzenpresse zur Brikettierung von Braunkohle, Bauart Krupp

a Umlaufender Preßring; b Antriebwelle; c Umlaufende Preßkehle; d Schleudervorrichtung für Trockenkohle; e Preßformung; f Zertrennvorrichtung für Briketts; g Spannvorrichtung der Preßkehle; h Zufuhr der Trockenkohle; i Fördervorrichtung für Überschußkohle

Abb. 9. Ringwalzenpresse, Bauart Krupp, zur Herstellung von Braunkohlenbriketts

Stückkoksverfahren betriebenen Anlagen Anwendung gefunden hat, besteht darin, daß der zu schwelende Brennstoff zunächst auf einen Wassergehalt von 6 bis 8% getrocknet und auf Staubfeinheit zerkleinert wird. Der Trockenstaub wird gekühlt, unter einem Druck von etwa 2500 kg/cm² brikettiert und anschließend im Spülgasofen geschwelt. Das so hergestellte Brikett behält beim Schwelprozeß seine äußere Form, nach entsprechender Schrumpfung, bei und wird als fester Stückkoks gewonnen. Dieser Stückkoks kann in bezug auf seinen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen den Marktbedürfnissen angepaßt werden. Er zeichnet sich selbst bei einem niedrigen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen durch außerordentliche Reaktionsfähigkeit aus. Der Koks läßt sich leicht entzünden, steht ausgezeichnet im Feuer und verlöscht auch bei starker Drosselung der Verbrennungsluftzufuhr nicht. Er ist infolgedessen ein sehr anpassungsfähiger Brennstoff, der sich schnell und sicher einen Markt erobern wird.

Das Lurgi-Krupp-Stückkoks-Verfahren.

Über die Arbeitsweise des Lurgi-Krupp-Stückkoks-Verfahrens, Abb. 7, soll noch folgendes erwähnt werden: Die nasse Rohbraunkohle wird in einem Mahltrockner der unmittelbaren Einwirkung eines Gasstromes von 900 bis 1000° C ausgesetzt, in kürzester Zeit in der Schwebe getrocknet und gleichzeitig infolge der explosionsartigen Verdampfung weitgehend zerkleinert. Die Kohle gelangt von dem Trockner in einen Mahlventilator, in welchem eine Nachzerkleinerung stattfindet. Das Gemisch von Trocknungsgas und getrockneter Kohle wird in einer Entstaubungsanlage getrennt. Aus dieser wird das nunmehr brikettfertige Gut nach vorheriger Kühlung einer Ringwalzenpresse zugeführt. Diese vom Friedr. Krupp-Grusonwerk konstruierte Presse, vgl. Abb. 8, besteht aus einem großen äußeren Ring und einer kleinen inneren Ringscheibe. In dem äußeren Umfang der Ringscheibe und in den inneren Umfang des Ringes sind zwei gleichlaufende Preßformen eingeschnitten. Das Brikettiergut wird mittels einer besonderen Schleudervorrichtung in diese Preßformen eingeführt und beim Drehen der Presse zu zwei Strängen ausgewalzt bzw. brikettiert. Die Brikettstränge werden durch eine Zerteilungsvorrichtung in einzelne Briketts aufgelöst. Die fertigen Briketts werden anschließend dem Lurgi-Spülgasofen zugeführt und in Stückkoks umgewandelt. Abb. 9 ist ein Bild der ersten nach dem neuen Verfahren arbeitenden Ringwalzenpresse.

Beeinflussung des Brennstoffmarktes durch Schwelkoks aus Braunkohle.

Mit der Entwicklung geeigneter Apparate zur Verfeuerung des Schwelkokses im Kraftverkehrbetrieb, zur Vergasung des Schwelkokses, insbesondere für die Wassergasherstellung für chemische Zwecke und den neueren aussichtsreichen Arbeiten zur Herstellung von stückigem Schwelkoks für Hausbrandzwecke hat das Koksproblem für die Schwelung jüngerer Brennstoffe aufgefärt zu bestehen. Wenn man nun auch voller Befriedigung auf den hierbei erreichten ganz besonderen Fortschritt schauen kann, so ist doch damit die Aufgabe noch nicht als abgeschlossen anzusehen. Während der in Kraftanlagen und chemischen Werken verbrauchte Schwelkoks den Brennstoffmarkt nicht stört, muß der stückige Schwelkoks andere Brennstoffe verdrängen und das Gleichgewicht auf dem Brennstoffmarkt beeinflussen. Diese notwendige Umstellung wird zum Teil den Hüttenkoks, voraussichtlich aber in größerem Maße das Braunkohlenbrikett treffen. Die bestehende Braunkohlenbrikett-Industrie wird dadurch aber nicht benachteiligt werden. Sie wird in Zukunft an Stelle des Brennstoffmarktes zum Teil die Schwelwerke beliefern und eine im ganzen größere Brikettmenge erzeugen müssen als bisher, da ja dem zum Verkauf kommenden Brennstoff vorher der Teer entzogen worden ist. Der stückige Braunkohlen-Schwelkoks hat je nach Aschengehalt einen unteren Heizwert von 6000 bis 6500 kcal/kg, das Braunkohlenbrikett einen unteren Heizwert von 4500 bis 4800 kcal/kg. Aus 1 kg Braunkohlebriketts werden rd. 0,5 kg Schwelkoks erzeugt. Um die gleiche Wärmemenge an den Verbraucher zu bringen, sind also von der Brikettfabrik in Zukunft an Stelle von 1 kg Briketts für den Verkauf etwa 1,3 kg Briketts an das Schwelwerk zu liefern. Es liegen also von seiten der Braunkohleindustrie, soweit diese über schwelwürdige Briketts verfügt, gar keine Hindernisse mehr vor, den Übergang zum Braunkohlenstückkoks zu vollziehen. Eine selbstverständliche Voraussetzung bildet dabei die Anpassung der Ofenfeuerungen an den neuen Brennstoff, welche sicher gelöst werden wird. Stückiger Braunkohlenschwelkoks wird nicht nur für den Hausbrand, sondern auch für kleinere Industrieanlagen ein begehrter Brennstoff werden, z. B. für Gaserzeugeranlagen, für industrielle Ofenfeuerungen usw., da der Betrieb mit einem teerfreien Brennstoff ungemein einfacher und auch billiger ist.

Das Schwelkoksproblem der Steinkohlenschwelung.

Die vorgeschilderte Entwicklung bezieht sich in erster Linie auf die Schwelung von jüngeren Brenn-

stoffen, besonders auf die von deutscher Braunkohle. Grundsätzlich bringt die Schwelung von Steinkohle ähnliche Probleme hervor. Auch hier handelt es sich um die Erschließung neuer Absatzgebiete für Schwelkoks. Inwieweit der Schwelkoks für Kraftwerke und chemische Zwecke in Frage kommt, ist eine reine Preisfrage. Wegen der von vornherein größeren Stückigkeit des Steinkohlen-Schwelkokses, vgl. Abb. 10,

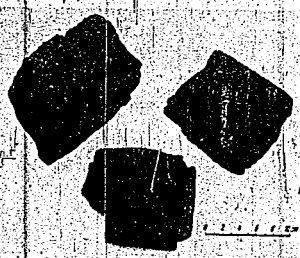


Abb. 10. Schwelkoks aus Steinkohle (erzeugt im Kruppofen)

bietet die Frage geeigneter Kesselfeuerungen und Gaserzeuger keine besonderen Schwierigkeiten. Für chemische Zwecke und für Hausbrandabsatz liegen an sich ganz ähnliche Forderungen vor wie beim Braunkohlen-Schwelkoks. Es besteht ein Bedürfnis nach einem leicht reaktionsfähigen Brennstoff, ganz besonders für den Hausbrand. Der Hüttenkoks ist in zunehmendem Maße für sein Hauptverwendungsgebiet, den Hochofenbetrieb, verbessert worden. Er hat dadurch an Abriebfestigkeit zugenommen, aber an Reaktionsfähigkeit eingebüßt. Er befriedigt die Bedürfnisse an leichter Regelbarkeit der Hausbrandfeuerungen, insbesondere der Zentralheizungsöfen, durchaus nicht. Man erkennt die Vorzüge eines bei niedriger Temperatur erzeugten Schwelkokses aus Steinkohle gegenüber dem Hochtemperaturkoks am besten aus Abb. 11[1]). Bemer-

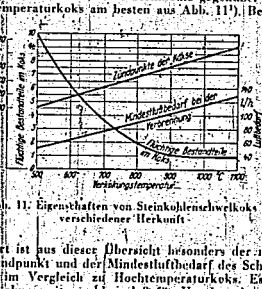


Abb. 11. Eigenschaften von Steinkohlenschwelkoks verschiedener Herkunft

kenswert ist aus dieser Übersicht besonders der niedrige Zündpunkt und der Mindestluftbedarf des Schwelkokses im Vergleich zu Hochtemperaturkoks. Es ist danach ohne weiteres klar, daß für Hausbrandzwecke und für die Durchführung chemischer Reaktionen der Schwelkoks dem Hochtemperaturkoks erheblich überlegen ist. Nachdem die Frage der Konstruktion betriebssicherer Schwelöfen für Steinkohle gelöst ist, wird der Schwelkoks durch seine besonderen Eigenschaften sich selbst den Weg bahnen und den weniger reaktionsfähigen Hüttenkoks teilweise ersetzen. Auf dem Gebiet der Verwendung des Schwelkokses für Gaserzeugung hat die Entwicklung bereits begonnen. Versuche zur Verwendung des Steinkohlen-Schwelkokses für Fahrzeug-Generatoren und zur Umstellung von Dieselmaschinen auf Gasbetrieb haben sehr günstige Ergebnisse gezeigt, und es ist damit zu rechnen, daß gerade für diese wichtige Aufgabe der Schwelkoks bevorzugt Anwendung finden wird.

Die Verarbeitungsmöglichkeiten für Schwelteer

Nach Klärung des Schwelkoksproblems soll gezeigt werden, inwieweit der bei der Schwelung anfallende Schwelteer auf Grund seiner Zusammensetzung zur Herstellung von flüssigen Treib- und Heizstoffen geeignet ist. Abb. 12 gewährt einen Überblick über die verschiedenen Methoden zur Verarbeitung von Schwelteeren. In dem Schaubild sind drei Gruppen zu unterscheiden: Die erste betrifft die Teeraufarbeitung durch Destillation, die zweite durch schonende Druckspaltung bzw. durch vollständige Druckspaltung (Kracken), die dritte durch Wasserstoffanlagerung (Hydrierung).

Grundsätzlich ist über die verschiedenen Verfahren folgendes zu sagen: Die D e s t i l l a t i o n bewirkt eine Zerlegung des Schwelteers in seine Fraktionen. Die S p a l t u n g (Kracken), bei welcher der Schwelteer

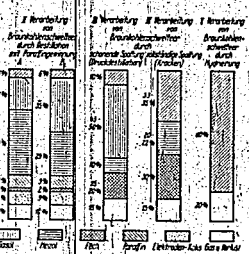


Abb. 12. Übersicht über die Verfahren zur Verarbeitung von Schwelteer

unter einem Druck von 5 bis 25 at erhitzt wird, hat eine Umlagerung von Wasserstoff zur Folge. Dabei werden einzelne Teerbestandteile in vollgesättigte Kohlenwasserstoffe umgewandelt, während andere unter Wasserstoffabgabe in schwer siedende Verbindungen übergehen. Die aufgesättigten Gruppen stellen im wesentlichen leichte Treibstoffe dar, während die ihres Wasserstoffs teilweise beraubten Gruppen schwere Öle, Pech, Koks oder Gas sind. Die H y d r i e r u n g von Schwelteer stellt eine weitgehende Sättigung der zahlreichen im Schwelteer enthaltenen ungesättigten Kohlenwasserstoffverbindungen dar. Sie erfolgt nach dem V e r f a h r e n d e r I. G. F a r b e n i n d u s t r i e bei einem Druck von 200 bis 250 at und einer Temperatur von 400° C. Da Wasserstoff im Überfluß zur Verfügung steht, wird die Mehrzahl aller ungesättigten Verbindungen gesättigt, so daß etwa 80% des Teers in Benzin umgewandelt werden können. Der Hydriervorgang braucht natürlich nicht bis zu diesem Grad der Umwandlung getrieben zu werden, sondern man kann sich auch mit einer Teilhydrierung begnügen und man erhält dann mehr schwersiedende Kohlenwasserstoffe.

[1]) Nach *Terwelp*, Öl u. Kohle Bd. 2 (1931).

Es würde über den Rahmen dieser Ausführungen hinausgehen, nähere technische Einzelheiten über die einzelnen Verfahren der Schwelteerverarbeitung mitzuteilen. Hier interessiert in erster Linie nicht die Durchführung der Verfahren, sondern die Frage, inwieweit die Verfahren es gestatten, den Schwelteer in bestimmte Ölsorten umzuwandeln.

Die Übersicht, Abb. 12, gewährt zu dieser Frage folgende wichtige Einblicke: Aus Steinkohlenteer können durch Destillation 30 bis 40 % Gasöl gewonnen werden, aus Braunkohlenschwelteer gleichfalls durch Destillation bis zu 35 % Gasöl und 30 % Heizöl. Aus Braunkohlenschwelteer kann ferner durch schonende Spaltung die Ausbeute an Gasöl bis auf 45 bis 50 % gesteigert werden unter Preisgabe des Paraffins. Da der Bedarf an Paraffin in Deutschland in naher Zukunft vollkommen aus inländischer Erzeugung gedeckt werden kann, so dürfte der Verarbeitung von Braunkohlenschwelteer durch schonende Spaltung (Druckdestillation) im Interesse der vermehrten Erzeugung von Gasöl für Dieselmotoren größere Bedeutung zukommen. Sobald von seiten der Verbraucher ein gewisses Entgegenkommen bezüglich der Farbe des Gasöls erzielt wird, kann im übrigen auch schon bei der reinen Destillation (vgl. Abb. 12, II B) die Gasölausbeute erheblich gesteigert werden, und zwar auf etwa 35 %. Versuche mit solchem lediglich durch entsprechende Destillation hergestellten Gasöl sind sehr befriedigend verlaufen. Es zeigt sich demnach aus der Übersicht, daß Schwelteer aus Steinkohle und Braunkohle sehr ergiebige Quellen für die Herstellung von Gasöl und Heizöl sind.

Will man Benzin aus Schwelteer herstellen, so kommt nur die vollständige Spaltung oder die Hydrierung des Schwelteers in Frage. Die vollständige Spaltung von Schwelteer ist je nach den Eigenschaften des Teers nur unter günstigen Bedingungen anwendbar und wird in Deutschland deshalb wenig Anwendung finden. Es werden dabei zuviel wertvolle Teerbestandteile zerstört, und auch in wirtschaftlicher Hinsicht ist das Ergebnis nicht voll befriedigend. Für deutsche Verhältnisse kommt deshalb für die Benzinherstellung aus Schwelteer in erster Linie die Teerhydrierung in Betracht.

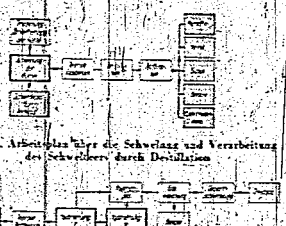


Abb. 13. Arbeitsplan über die Schwelung und Verarbeitung des Schwelteers durch Destillation

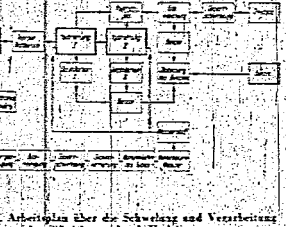


Abb. 14. Arbeitsplan über die Schwelung und Verarbeitung des Schwelteers durch Hydrierung

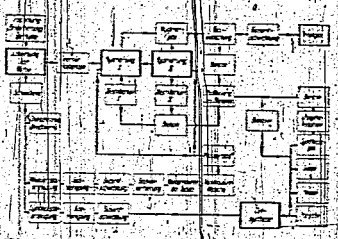


Abb. 15. Arbeitsplan über die Schwelung, Verarbeitung des Schwelteers durch Hydrierung und Verwendung des Schwelkokses für Wassergas- und Synthesegaserzeugung

Für die Entscheidung über die Anwendung der einzelnen Teeraufbereitungsverfahren ist letzten Endes bestimmend die Art und Menge der verschiedenen zur Deckung des Bedarfs notwendigen Erzeugnisse. Ferner muß die Wirtschaftlichkeit in jedem einzelnen Falle sorgfältig geprüft werden. Die Preise der zu erzeugenden Öle müssen in Wettbewerb treten können mit den Erzeugnissen aus natürlichen Erdölen, vermehrt um den Betrag für Fracht und Zoll. Ferner müssen die kombinierten Verfahren der Schwelung und Teerverarbeitung in erfolgreichen Wettbewerb treten können mit den Verfahren der unmittelbaren Kohlenverflüssigung (I.-G.-Bergius-Verfahren) und der Erzeugung von Öl durch Synthese (Fischer-Tropsch-Verfahren). Endlich müssen die zu errichtenden Anlagen sich mit ihrer Erzeugung den Bedürfnissen der Gesamtwirtschaft unterordnen. Im Rahmen eines nationalen Olerzeugungsprogramms müssen solche Erzeugnisse hergestellt werden, wie sie die Bedürfnisse des Landes erfordern.

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte ermöglicht die Schwelung, verbunden mit den verschiedenen Teerverarbeitungsverfahren, sowohl die Herstellung von leichten, wie schweren Treibstoffen, als auch von Heizöl. Zur Klärung des Zusammenhangs zwischen der Schwelung und den Methoden zur Verarbeitung des Schwelteers wird auf die ohne weitere Erläuterungen verständlichen Übersichten Abb. 13, 14 und 15, verwiesen. Abb. 13 zeigt die Schwelung, verbunden mit der Destillation des Schwelteers, Abb. 14 zeigt die Schwelung und die Verarbeitung des Schwelteers durch Hydrierung. Abb. 15 zeigt den Aufbau eines Werkes, das gleichzeitig für die Schwelung, für die Hydrierung des Schwelteers zu Benzin und für die Herstellung von Benzin durch Synthese (Fischer-Tropsch-Verfahren) eingerichtet ist. Die Übersichten sind u. a. auch deshalb interessant, weil sie zeigen, wie bei derartigen Werken der Schwelkoks ganz oder teilweise für die Herstellung von Dampf, Kraft und Wasserstoff Verwendung findet, ohne daß er den Weg auf den Brennstoffmarkt zu suchen hat.

Die Schwelung im Rahmen des deutschen Mineralölprogramms.

Die Entwicklung in Deutschland schließt sich zu einem wesentlichen Teil den vorstehenden Ausführungen an. Sie stützt sich sehr stark auf die Schwelung von Brennstoffen, und zwar zunächst vorwiegend auf die Schwelung von Braunkohle. Einen Einblick in die im Gang befindliche Entwicklung vermittelt die Übersicht Abb. 16. Diese zeigt die Rolle der einzelnen Olerzeugungsverfahren bei dem in Ausführung begriffenen ersten Teil des Olbeschaffungsprogramms der

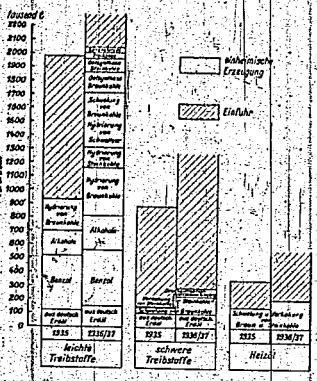


Abb. 16. Übersicht über den deutschen Verbrauch und die ungefähre Deckung des Bedarfs an Treib- und Heizölen

deutschen Reichsregierung. Eine weitere Übersicht, Abb. 17, zeigt die Anwendung der einzelnen Verfahren und die Bedeutung der Schwelung von Braunkohle für die Beschaffung von Benzin.

Die Übersichten lassen erkennen, daß auf dem Gebiet der leichten Treibstoffe gegenwärtig ein erheblicher Einfuhrbedarf besteht, der zum erheblichen Teile in den kommenden Jahren durch zusätzliche inländische Erzeugung gedeckt werden kann. An dieser inländischen Erzeugung sind vor allem die Verfahren Schwelung mit nachfolgender Teerhydrierung, Kohlehydrierung und Gassynthese beteiligt. Der Hauptteil der Erzeugung entfällt vorerst auf die Braunkohle.

Der Weg zum Bau von Anlagen zur Schwelung von Braunkohle mit anschließender Teerhydrierung ist nur dadurch möglich geworden, daß die Hochdruckhydrierung durch die I. G. Farbenindustrie in jahrelanger Arbeit zur Betriebsreife entwickelt worden ist. Bei der Entscheidung über den Bau von Anlagen zur Schwelung und Hydrierung von Schwelteer war bestimmend, daß die Benzingewinnung aus der teerreichen mitteldeutschen Braunkohle sich

Angewandtes Verfahren	Erzeugungsleistung 1935	Derzeitige Erzeugungsziele RM/M nach Anordnung des Beauftragten
Hydrierung von Braunkohle I.G.-Verfahren	230 000 t	350 000 t
Hydrierung von Steinkohle I.G.-Verfahren		150 000 t
Schwelung von Braunkohle Lurgi-Verfahren Hydrierung von Schwelteer I.G.-Verfahren		400 000 t
Schwelung von Steinkohle Hydrierung von Schwelteer		t
Gassynthese Steinkohle Fischer-Tropsch-Verfahren		100 000 t
Gassynthese Braunkohle Fischer-Tropsch-Verfahren		150 000 t
Polymerisation von Fischer-Gasbenzin		50 000 t
Gesamterzeugung an synthetischem Benzin	230 000 t	1 200 000 t

Abb. 17. Übersicht über die Anwendung der einzelnen Verfahren zur Erzeugung von synthetischem Benzin in Deutschland

auf diesem Wege mit dem geringsten Aufwand an Kapital durchführen ließ. Dazu kommt, daß ein Vergleich des Verbrauchs an Kohle bei der Hydrierung von Kohle einerseits und bei der Schwelung von Kohle mit anschließender Teerhydrierung andererseits keineswegs so ungünstig für das Schwelverfahren ausfällt, wie dies auf den ersten Blick anzunehmen ist. Wenn man nicht nur den eigentlichen Bedarf an Rohstoff für den Hydrierungsvorgang berücksichtigt, sondern auch die Kohle, welche zur Deckung des Bedarfs an elektrischem Strom, Wasser und Dampf notwendig ist, so ist der Verbrauch für die beiden zum Vergleich stehenden Verfahren nicht sehr verschieden. Die Anwendung der Schwelung für die Benzingewinnung kann also auch vom Standpunkt der Ausnutzung unserer Kohlenvorräte durchaus vertreten werden. Voraussetzung für die Herstellung von Benzin auf dem Wege über die Schwelung ist die Verfügung über Kohle von genügend hohem Teergehalt.

In bezug auf die Versorgung Deutschlands mit schweren Treibstoffen weist gemäß der Übersicht, Abb. 16, die deutsche Mineralölbilanz zur Zeit einen fast ebenso großen Einfuhrbedarf auf wie für Benzin. Zur Vermehrung der inländischen Erzeugung hat die deutsche Regierung den Zoll für Gasöl von RM 48.— je t auf RM 96.— je t erhöht. Nachdem hierdurch die Grundlage für eine zusätzliche inländische Erzeugung geschaffen worden ist, steht einer vermehrten Anwendung der Schwelung zur Erzeugung schwerer Treibstoffe kein Hindernis mehr im Wege. Eine mengenmäßig günstige Ausbeute an Gasöl ist durch die neuere Entwicklung der Verfahren zur Aufarbeitung von Braunkohlenschwelteer sichergestellt. Die früher beschriebenen Bestrebungen für die Lösung des Schwelkoksproblems werden das ihrige dazu beitragen, um, soweit erforderlich, eine Deckung des Bedarfs an schweren Treibstoffen auf dem Wege über die Schwelung, auch bei einer erheblichen weiteren Zunahme des Bedarfs zu ermöglichen.

Die Versorgung Deutschlands mit Heizöl ist von wesentlich geringerer Bedeutung als die Versorgung mit leichten und schweren Treibstoffen. Trotzdem wird man sie nicht außer Acht lassen dürfen, zumal die Statistik die Deckung des Bedarfs der meist in ausländischen Häfen versorgten Handelsschiffahrt unberücksichtigt läßt. Die Herstellung brauchbarer Heizöle aus Schwelteer erfolgt seit langem in umfangreichem Maße. Die Gewinnung von zusätzlichen Mengen von Heizöl, insbesondere auch zur Deckung des Bedarfs der Reichsmarine, ist lediglich eine Frage der Umstellung der Schwelteerverarbeitung unter stärkerer Betonung des Anfalls an Heizöl, vgl. Abb. 12.

Ausführung neuer Schwelwerke zur Treibstoffgewinnung.

Zum Schluß soll noch ein kurzer Einblick in die Bauweise der im Rahmen des deutschen Treibstoffprogramms zur Errichtung gelangenden Schwelwerke gegeben werden. Diese Anlagen gelangen entweder in unmittelbarer Verbindung oder getrennt von den zugehörigen Hydrierwerken zur Ausführung. Als Verfahren für die Durchführung der Schwelung ist in allen bisher zur Ausführung gelangten Bauvorhaben das Lurgi-Spülgasverfahren gewählt worden. Der Aufbau eines nach diesem Verfahren arbeitenden Schwelwerkes für deutsche Braunkohle ist folgender (Abb. 18): Die Rohbraunkohle wird in einer Naßaufbereitung auf eine gleichmäßige Korngröße zerkleinert, ausgelesen und getrocknet und brikettiert. Bei den neuen Werken ist die vorherige Formung allgemein zur Anwendung gelangt, trotzdem sich in einigen Fällen auch die aufbereitete Rohkohle oder wenigstens ein Teil derselben

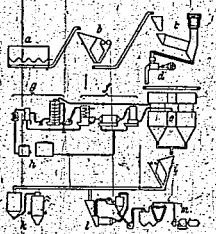


Abb. 18. Arbeitsplan eines Schwelwerks zur Herstellung von leichten Treibstoffen aus Braunkohle

a Rohkohlenbunker; b Naßaufbereitung der Rohbraunkohle; c Trocknungsanlage; d Brikettieranlage; e Spülgasschwelanlage; f Teerkondensationsanlage zur Gewinnung des Gasbenzins; g Teerkanäle; h Naßreinigungsanlage für Schwelkoks; i Anlage zur Erzeugung von Wasserstoff; k Mahlanlage für Schwelkoks zu Kraftwerk

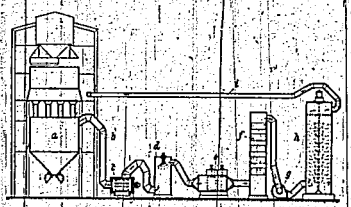


Abb. 19. Anlage zur Gewinnung von Schwelteer bei der Spülgasschwelung

a Schwelofen; b Heißgasleitung; c Staubabscheider; d Vorkühler; e Elektrofilter; f Röhrenkühler; g Gaswäscher; h Anlage zur Gewinnung des Gasbenzins; i Kühlschlange zur Rückführung der Spülgase

unmittelbar hätte verschwelen lassen. Da jedoch für die Brikettierung nicht so hohe Anforderungen zu stellen sind wie bei der Herstellung von Hausbrandbriketts und demgemäß die Brikettierungskosten geringer sind, entschloß man sich grundsätzlich für die allgemeine Anwendung einer Vorbrikettierung. Für die Brikettierung werden durchweg Strangpressen, und zwar in der Mehrzahl der Fälle in vierstempeliger Bauart, verwendet (Zeitzer Maschinenfabrik). Die Entwicklung einer Vierstempelpresse führte zur Konstruktion von sehr leistungsfähigen Einzelaggregaten für eine Tageserzeugung von rd. 250 t Briketts. Das vorbrikettierte Schwelgut wird den Spülgasöfen zugeführt und dort entteert. Je nach der Art des vorangegangenen Aufbereitung wird ein mehr oder weniger stückiger Schwelkoks gewonnen. In denjenigen Fällen, bei welchen der Schwelkoks unmittelbar in das angeschlossene Kraftwerk wandert, wird auf stückige Beschaffenheit kein Wert gelegt, da der Schwelkoks durchweg unmittelbar gemahlen und in Staubfeuerungen verarbeitet wird. Etwa 20% des gesamten Schwelkoksanfalles wird für die Herstellung von Wassergas in Winkler-Generatoren und zur weiteren Erzeugung von Wasserstoff benutzt. Dieser Koks wird nach vorhergehender Aufbereitung in einer Korngröße von 1 bis 3 mm geliefert. Als Hausbrand findet nur der stückigere Anteil des Kokses Verwendung. Da Braunkohlen-Schwelkoks außerordentlich selbstentzündlich ist, so ist in denjenigen Fällen, in denen eine längere Bunkerung in Frage kommt, eine Alterung des Kokses vorgesehen. Diese erfolgt in der Weise, daß der Koks einer Teiloxydation bei gleichzeitiger Abkühlung in Drehtrommeln geeigneter Bauart unterworfen wird.

Aus der großen Zahl technischer Einzelheiten der neuen Schwelwerke sollen hier nur die Anlagen zur Kondensation der aus den Schwelöfen entweichenden Teernebel erwähnt werden. Diese Anlagen sind den besonderen Bedürfnissen der Treibstoffgewinnung aus Braunkohle angepaßt, vgl. Abb. 19. Sie bestehen aus einer, im heißen Gasstrom (200° C) angeordneten Staubabscheidevorrichtung, einem Gasvorkühler, einem Elektrofilter (Lurgi-Cottrell-Verfahren), einer Gruppe von Röhrenkühlern und einem rotierenden Wäscher (Bauart Feld) zur Gewinnung des im Gas enthaltenen Benzine. Das grundsätzlich Neue an dieser Kondensationseinrichtung besteht darin, daß der vom Gas mitgeführte Staub in einem Staubabscheider möglichst restlos entfernt wird, bevor das Gas in die übrigen Apparate der Kondensationsanlage eintritt. Auf diese Weise wird der Staubgehalt der Hauptmenge des Schwelteers sehr niedrig gehalten und die Bildung von schwer trennbaren Teer-Wasseremulsionen wird vermieden. Ein weiteres Kennzeichen dieser Kondensationsanlage besteht darin, daß die wichtigsten Teerfraktionen getrennt gewonnen werden. Hierdurch wird die Aufarbeitung des Schwelteers erheblich erleichtert.

Die größte bereits ausgeführte und in Betrieb befindliche Anlage eines Schwelwerkes vermöglicht die Verarbeitung von rd. 10 000 t Rohbraunkohle je Tag entsprechend einer Benzinerzeugung von etwa 700 t je Tag.

Durch die Anwendung der Schwelung im Rahmen des deutschen Mineralölprogramms ist in ihrer Gesamtentwicklung ein neuer Abschnitt erreicht worden. Anlagen in der Größe, wie sie in Deutschland jetzt zur Errichtung gelangen, sind in gleichem Ausmaß bisher nirgends in der Welt ausgeführt worden. Die deutsche Schwelereitechnik hat sich damit einen erheblichen Vorsprung vor denjenigen anderer Länder gesichert. Das weitere Bestreben muß dahin gehen, diesen Vorsprung aufrechtzuerhalten, die Erzeugungskosten weiter zu verringern, um die Preisspanne zwischen den natürlich vorkommenden Erdölen und den künstlich gewonnenen auf ein Mindestmaß zu verringern.

Zusammenfassung

Übersicht über die neuere Entwicklung der Schwelverfahren. Beschreibung der wichtigsten Schwelofenbauarten. Das Problem der Verwertung des Schwelkokses und seine Lösung: Schwelkoks für Kraftwerke und für chemische Zwecke; Erzeugung von stückigem Braunkohlenschwelkoks. Übersicht über die Verfahren zur Verarbeitung von Schwelteer: Destillation, Spaltung, Hydrierung. Die Schwelung im Rahmen des deutschen Treibstoffbeschaffungsprogramms. Der Aufbau neuer Schwelwerke zur Treibstoffgewinnung.

BRONNERS DRUCKEREI · INH. BECKERSHEIN · FRANKFURT/M.

TITLE PAGE

PART B

I. Documents and drawings pertaining to the removal of phenols from waste waters by various systems used at coke plants, hydrogenation plants and brown coal low-temperature carbonization plants.

1. Statement and three drawings concerning dephenolizing of waste waters received from H. Koppers, Essen. Entphenolung - 27.11.1945 - Dephenolizing. Drawings Nos. X 157 104, B 121748 IIPh, and B 130888 Ph V 629.

Frame Nos. 980 - 984

HEINRICH KOPPERS
Gesellschaft mit beschränkter Haftung
ESSEN

Essen, den 27.11.1945
Dr.Schm/Le.

Betr.: Entphenolung

1.) Entphenolung von Braunkohlen-Schwelwasser

Das Schema K 157 104 zeigt die von uns auf der Braunkohlenschwelerei Böhlen der Aktiengesellschaft Sächsische Werke errichtete Schwelwasserentphenolungsanlage, die für eine Tagesleistung von 400 m³ bemessen war, später aber ständig mit 600 m³ Tagesleistung betrieben wurde.

Das auf dieser Anlage verarbeitete Schwelwasser enthält reichlich Ammoniak, sodaß die in dem Schwelwasser enthaltene Fettsäure in dem Entphenolungaturm durch den Dampf nicht abgetrieben wird und im Schwelwasser verbleibt. Auf anderen Anlagen, bei welchen der Ammoniakgehalt niedriger ist, wird ein Teil der Fettsäure im Entphenolungsturm flüchtig und muß dann in einer besonderen Umwälzstufe aus dem Kreislaufdampf durch Natronlauge entfernt werden. In diesem Falle wird die unterste Umwälzstufe des Entphenolungsturmes mit Natronlauge im Kreislauf solange berieselt, bis die Lauge mit Fettsäure gesättigt ist. Ein Phenolverlust tritt bei dieser Arbeitsweise praktisch nicht auf.

In der Anlage Böhlen wird die Natronlauge nur zu 30 - 50 % mit Phenol abgesättigt und anschließend in einer Schwerbenzinlaugerei, die in dem Schema B 121 748 II dargestellt ist, weiter abgesättigt.

Auf einer anderen Anlage wurde ohne Schwerbenzinlaugerei gearbeitet und in diesem Falle sollte die Natronlauge in der Schwelwasserentphenolung selbst möglichst vollständig abgesättigt werden. Der Entphenolungsturm wurde in diesem Falle mit 6 Natronlaugestufen ausgerüstet und es gelang, eine Absättigung der Natrolauge mit 90 - 95 % Phenol zu erreichen.

2.) Ammoniakwasserentphenolung mit Gewinnung von Phenolatlauge

Das beiliegende Schema der Phenolgewinnungsanlage Mathias Stinnes zeigt die Entphenolungsanlage, bei der das Phenol mit Benzol aus dem Ammoniakwasser entfernt und aus letzterem mit Natronlauge Phenolat gewonnen wird. Wegen der Verschmutzung des Ammoniakwassers durch Teerbestandteile ist es notwendig, einen Teil des Kreislaufbenzols zu destillieren und damit von den Teeranteilen zu befreien, um eine Emulsionsbildung, insbesondere in den Laugewaschtürmen, zu vermeiden. Das Verfahren arbeitet auch bei geringen Phenolgehalten von 1,5 - 2 gr./Ltr. noch wirtschaftlich.

3.) Entphenolung von Ammoniakwasser unter Gewinnung von Rohphenolöl

In dem Schema B 130 888 ist die von uns in dem Eisenwerk Trzynietz errichtete Entphenolungsanlage dargestellt. Bei diesem Verfahren sind die Betriebskosten etwas höher, da die gesamte umlaufende

- b.w. -

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

PLAYFILM

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

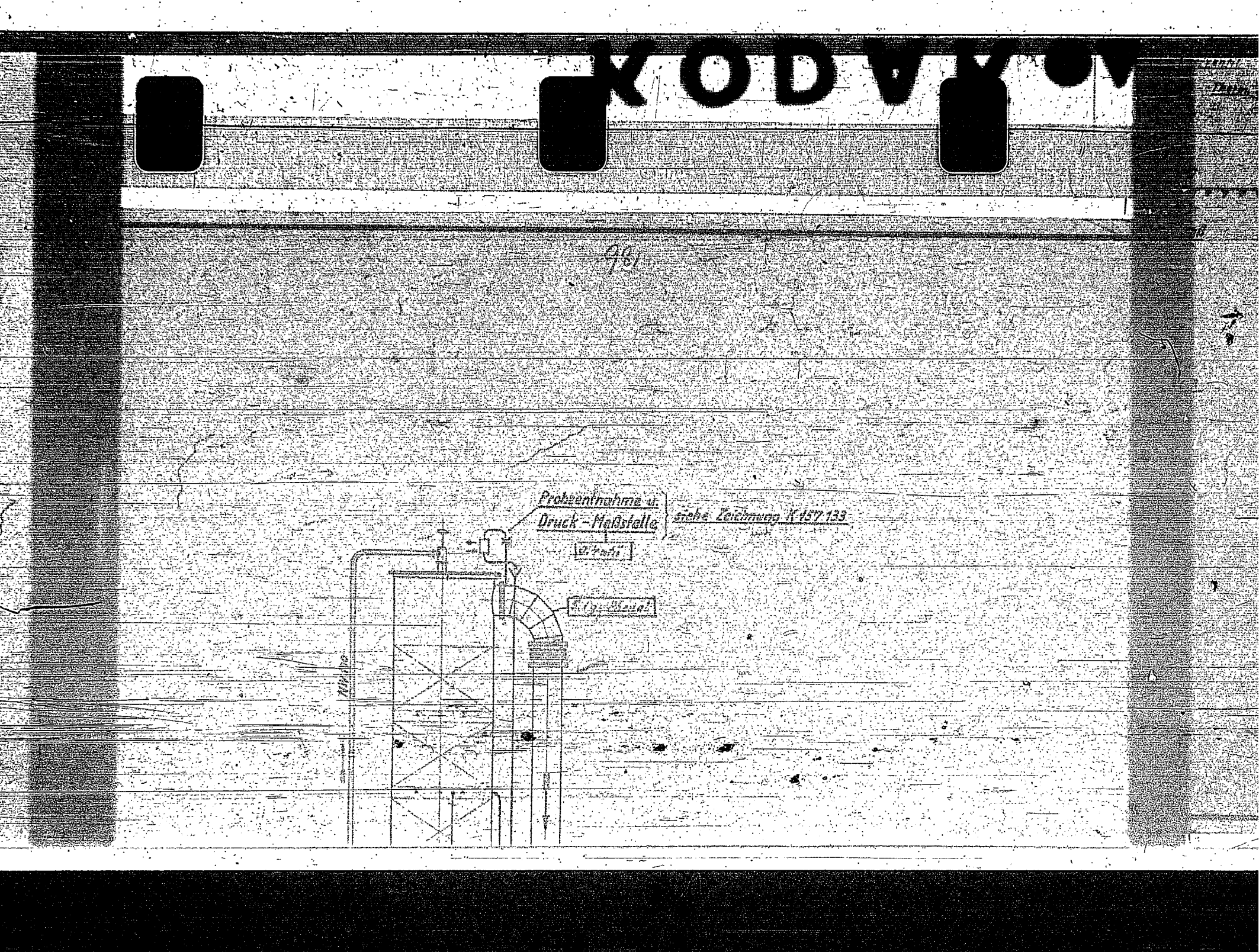
[redacted]

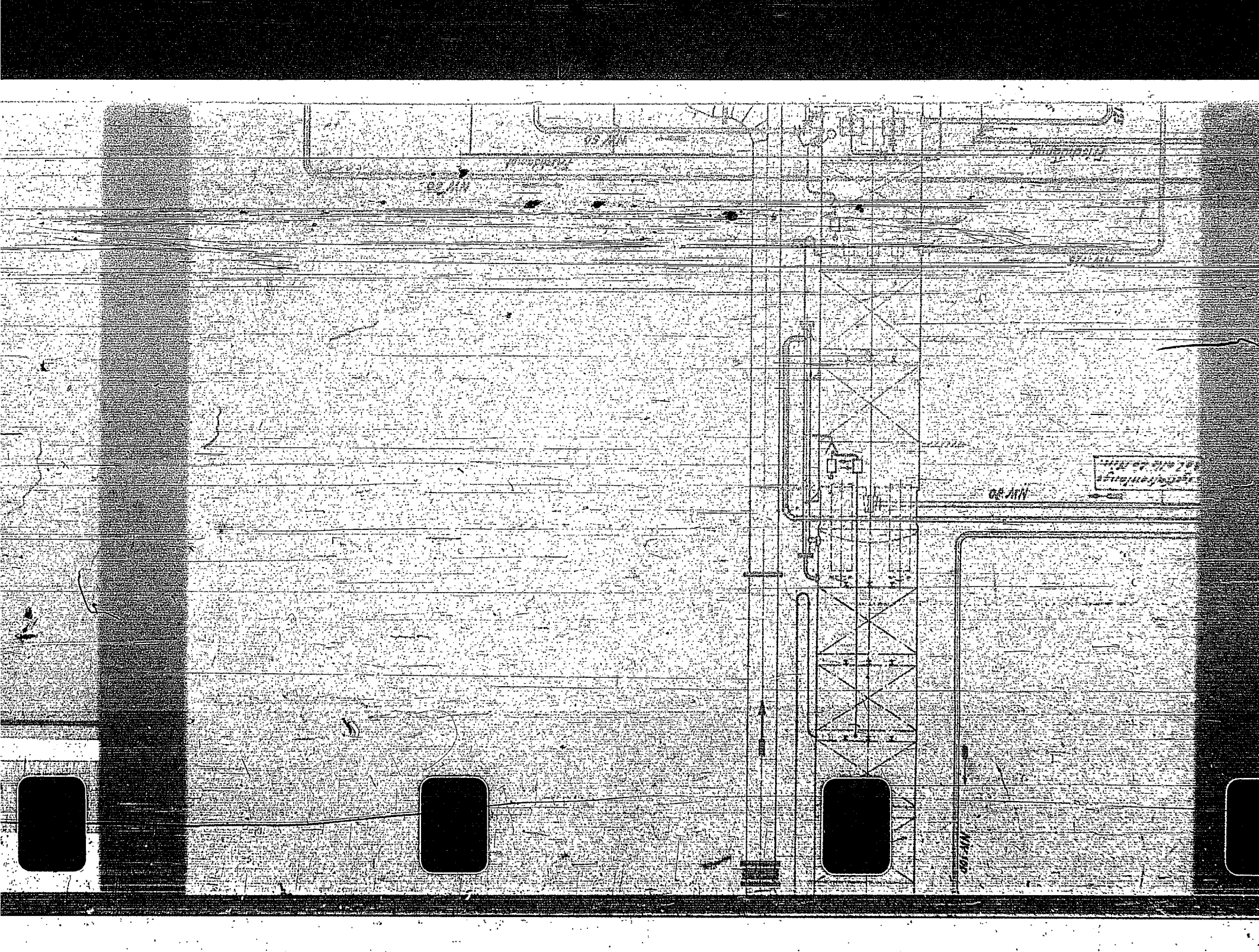
[redacted]

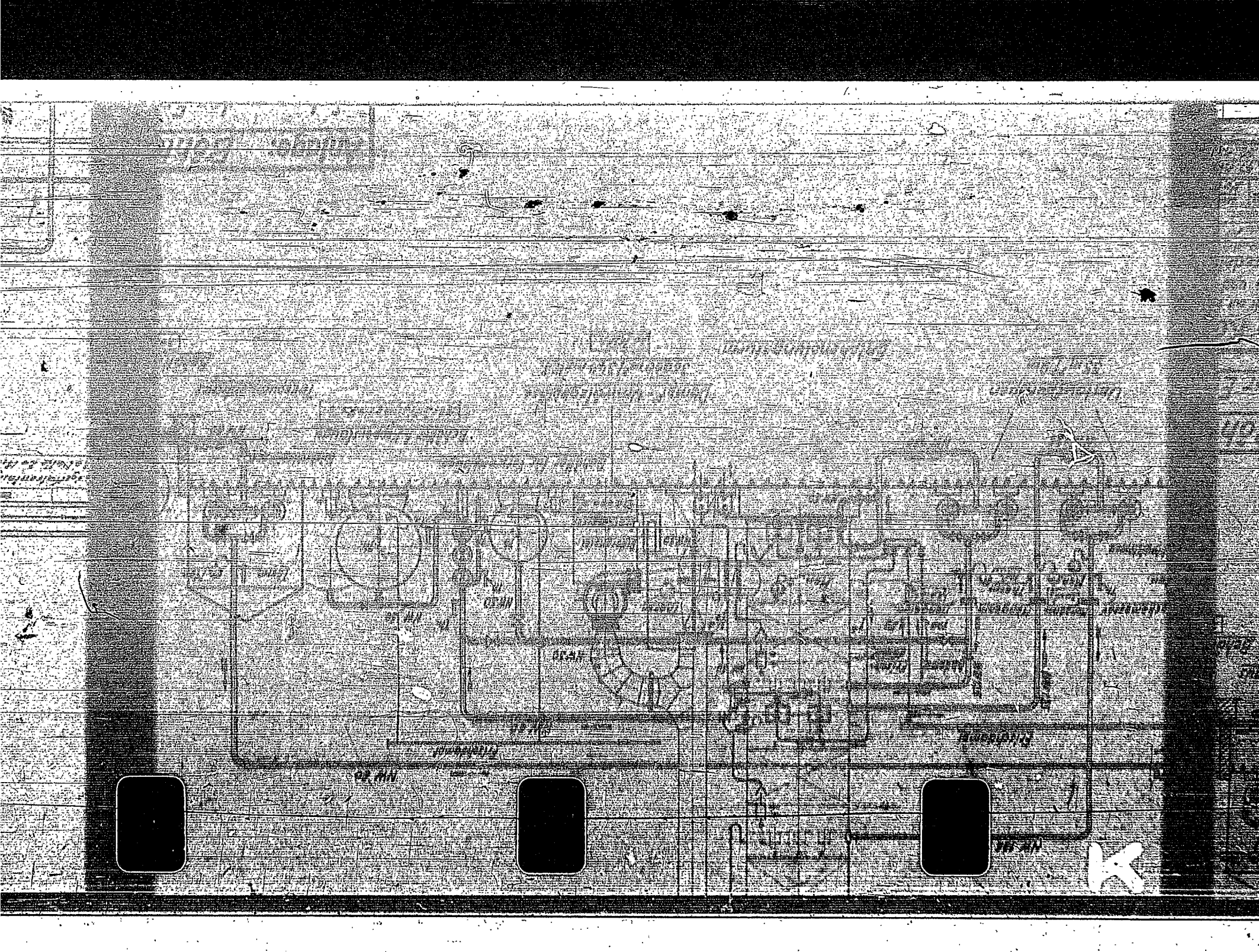
[redacted]

[redacted]

[redacted]


Probenentnahme u.
Druck-Meßstelle
siehe Zeichnung K 157 133





[redacted]

[redacted]

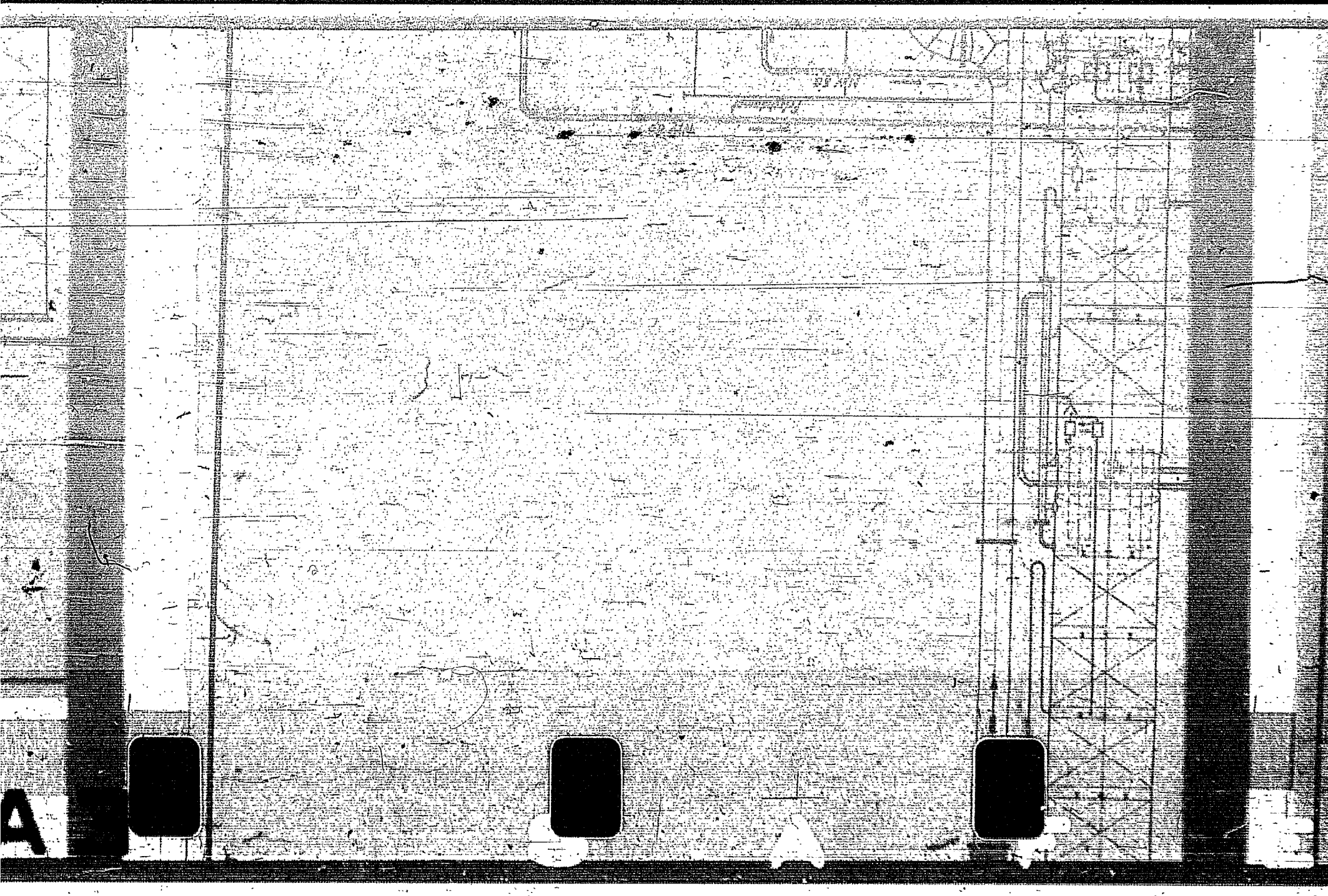
[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

MAIN 12A



[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

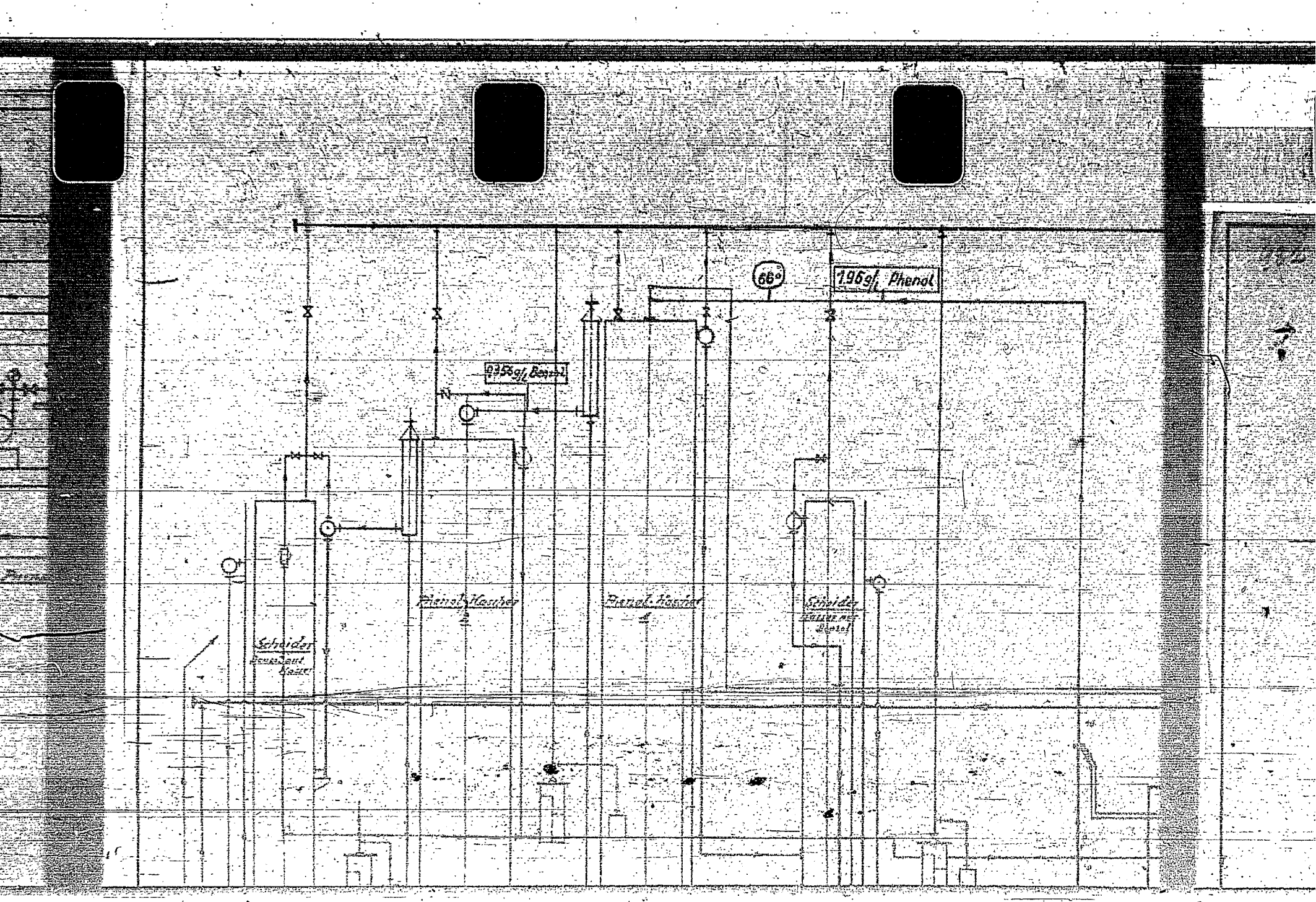
[redacted]

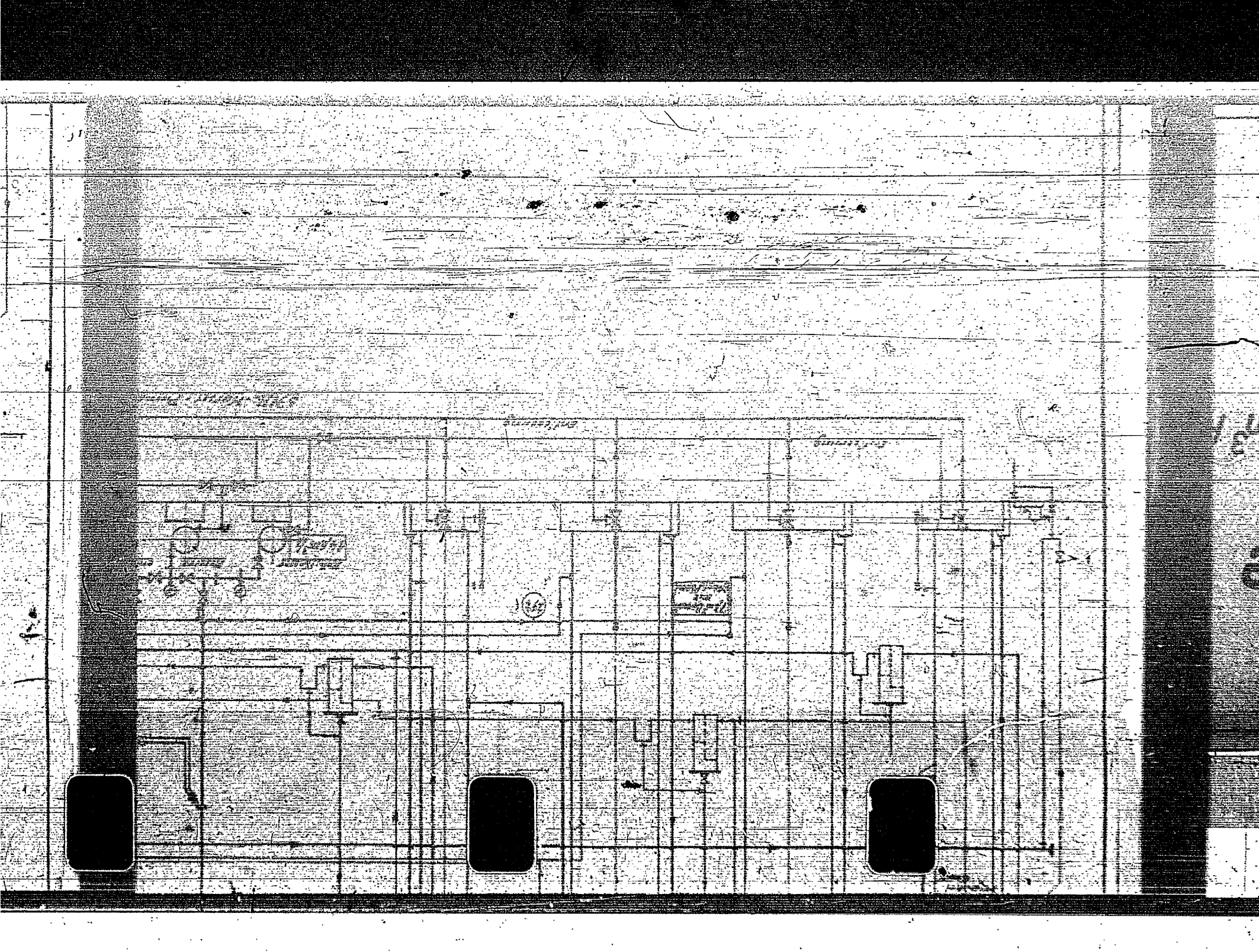
[redacted]

[redacted]

Canada

Department of Justice

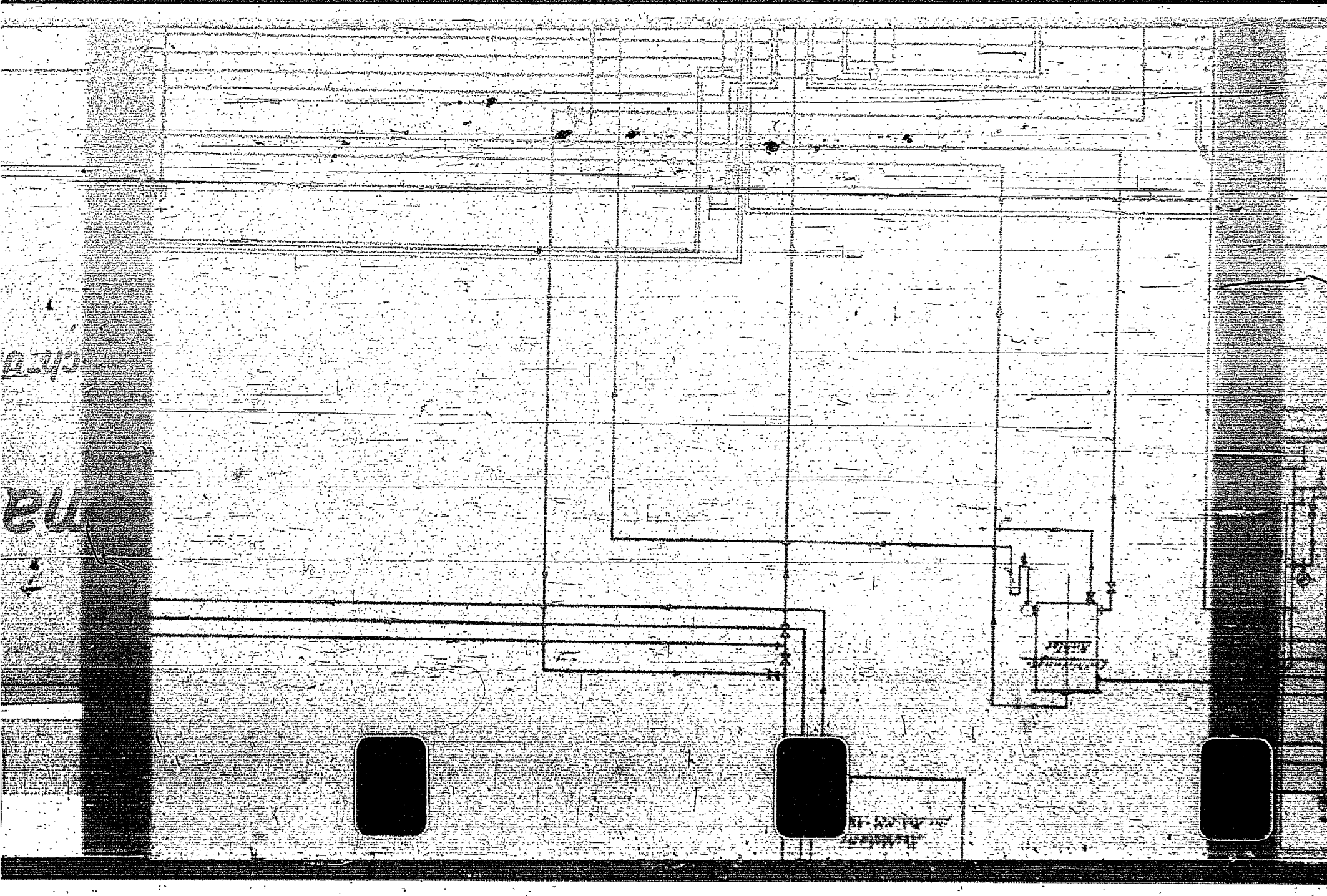

66°
1,96 gl. Phenol
0,35 gl. Benzol
Phenol Kessler
Phenol Kessler
Schneider
Schneider

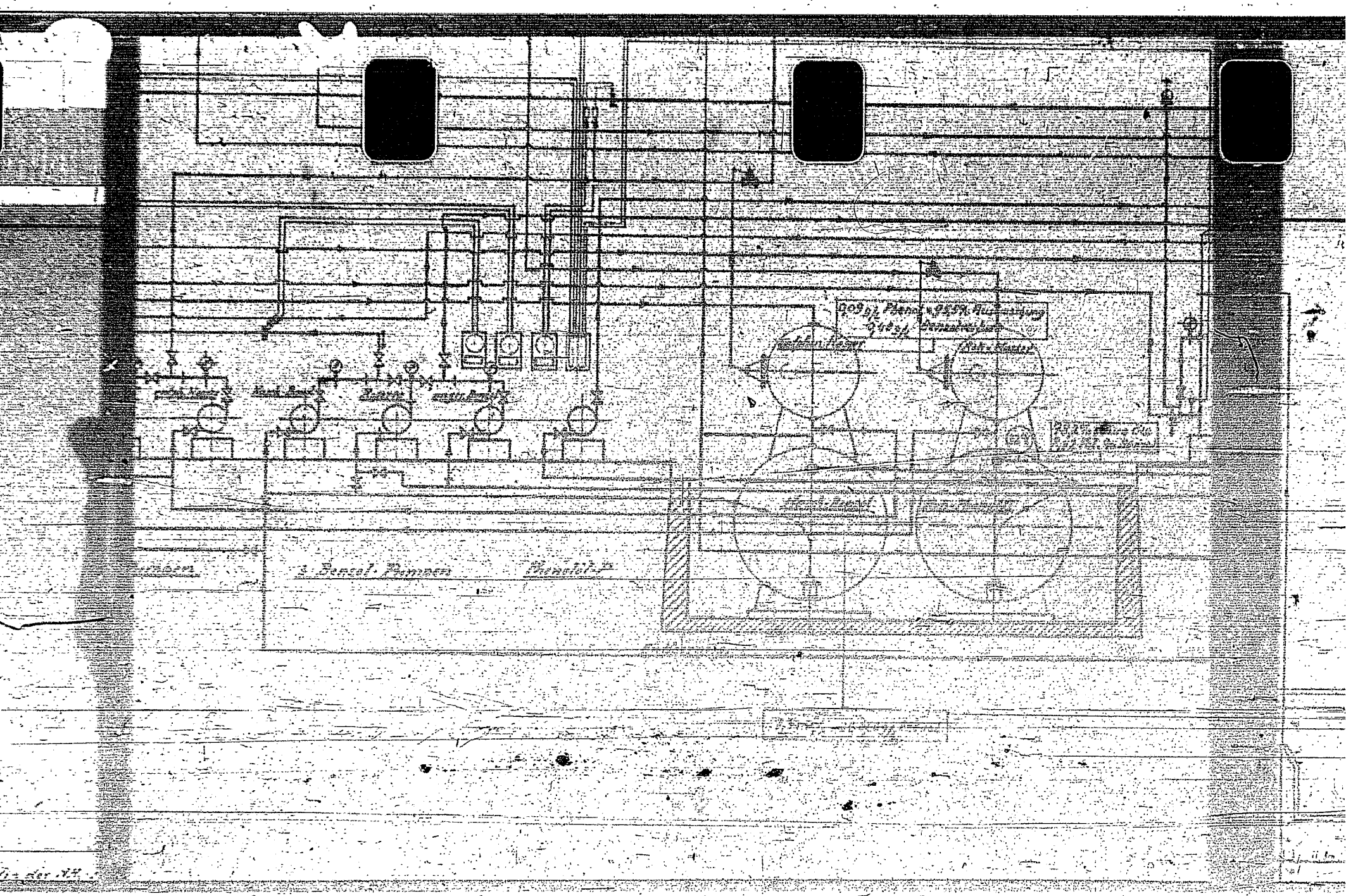


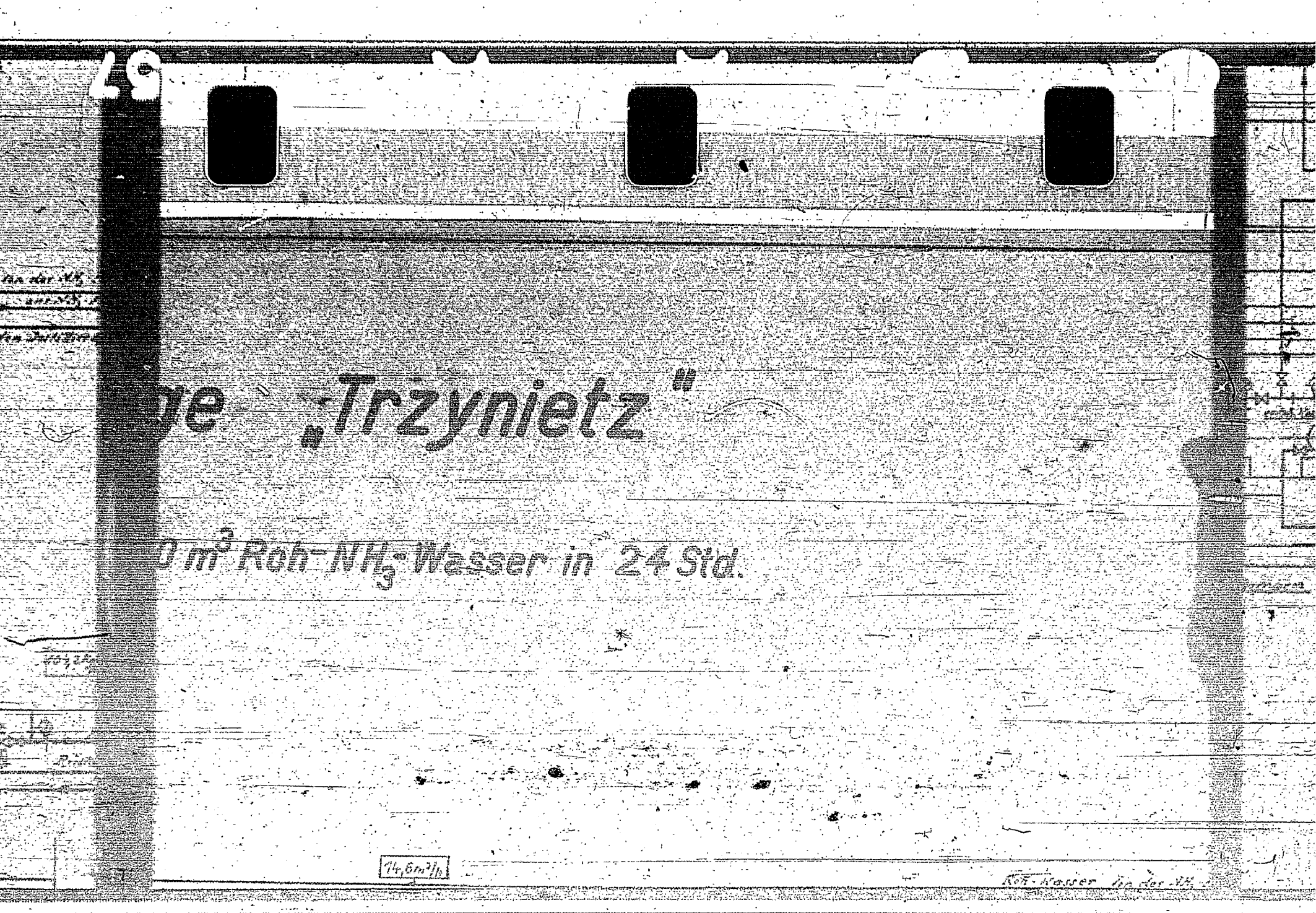
...na der Entphenolungsanlage

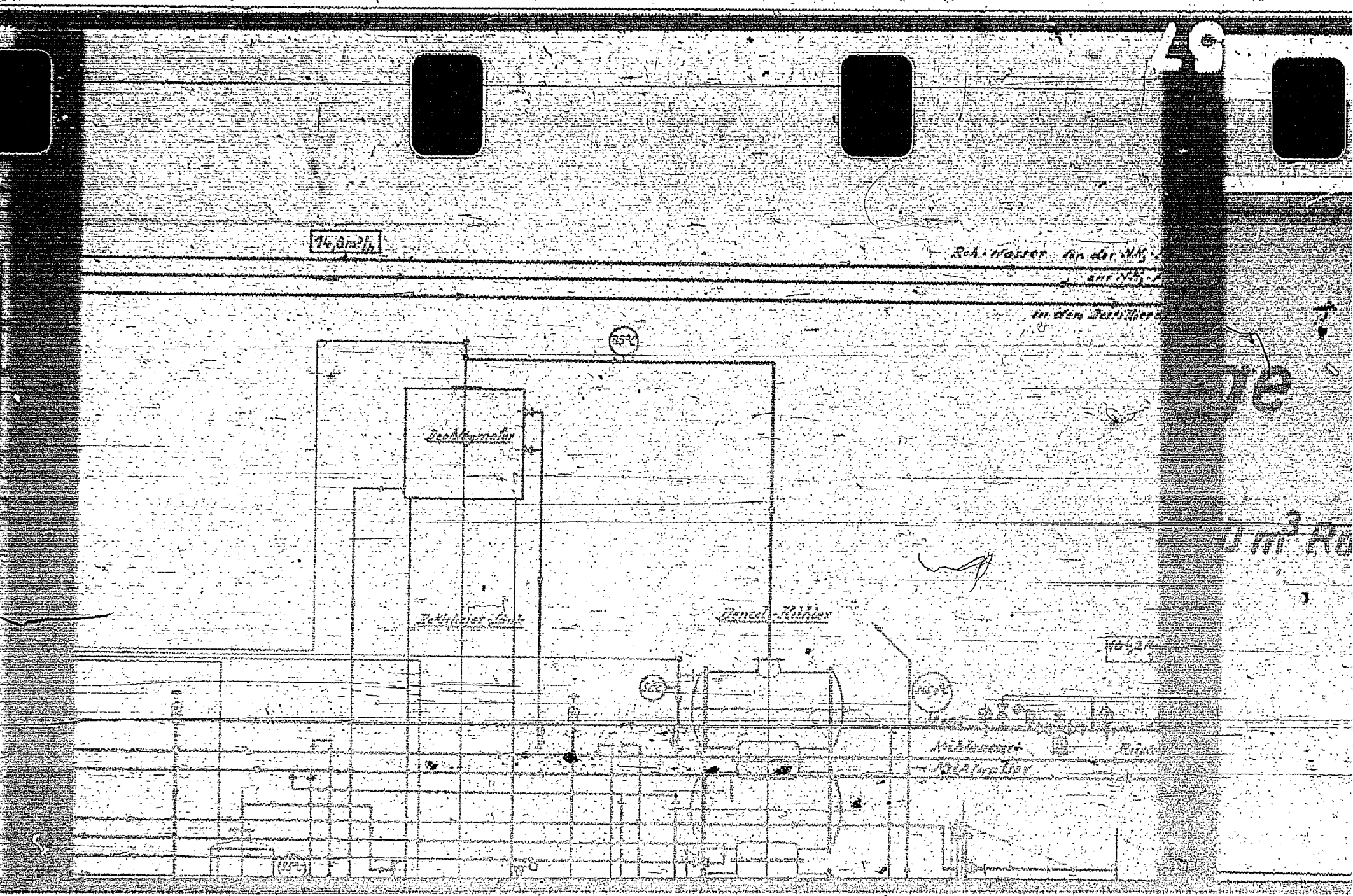
...ch- und Destillierverfahren

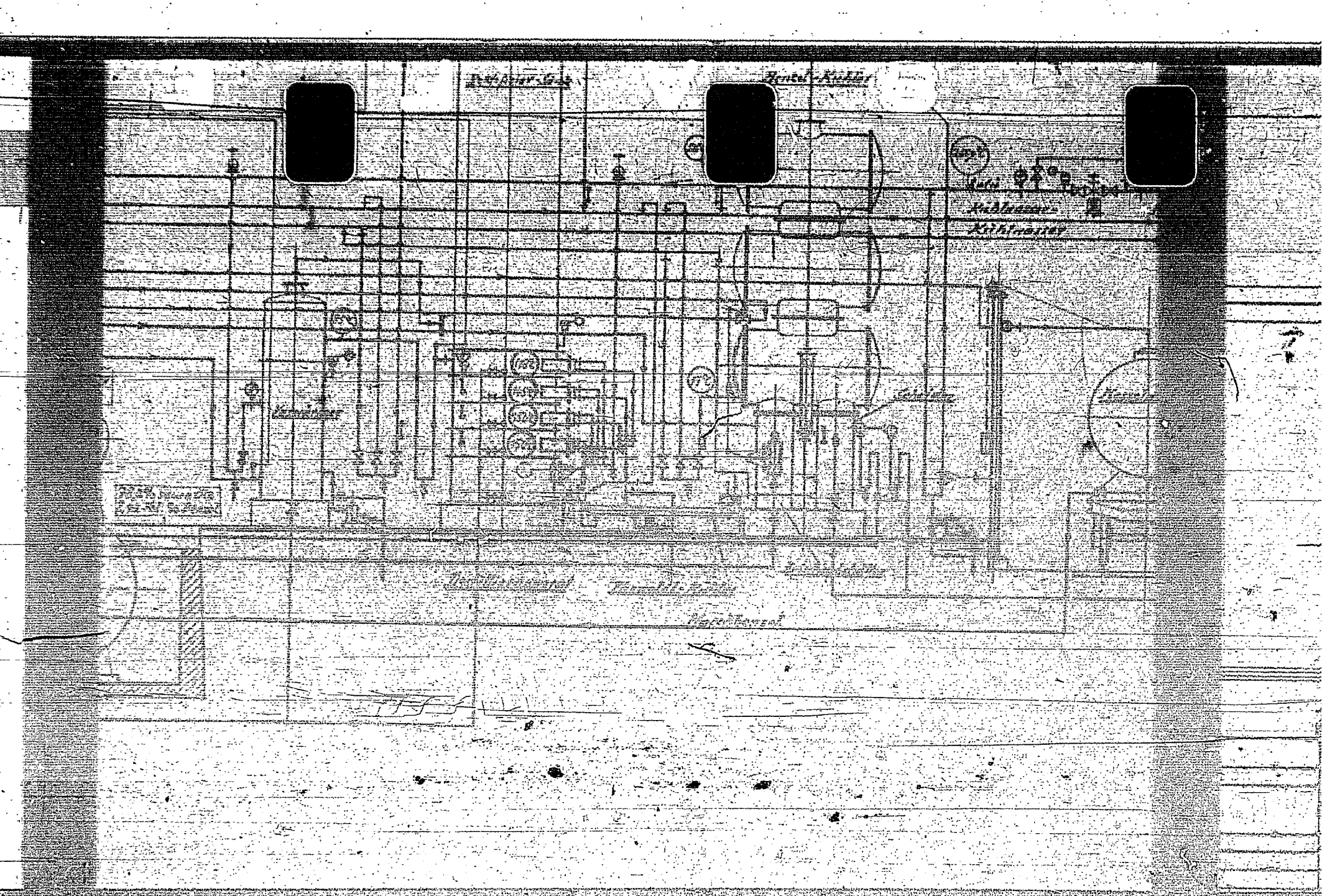
Leistung: 350 m³/






„Trzynietz"
m³ Roh-NH₃-Wasser in 24 Std.

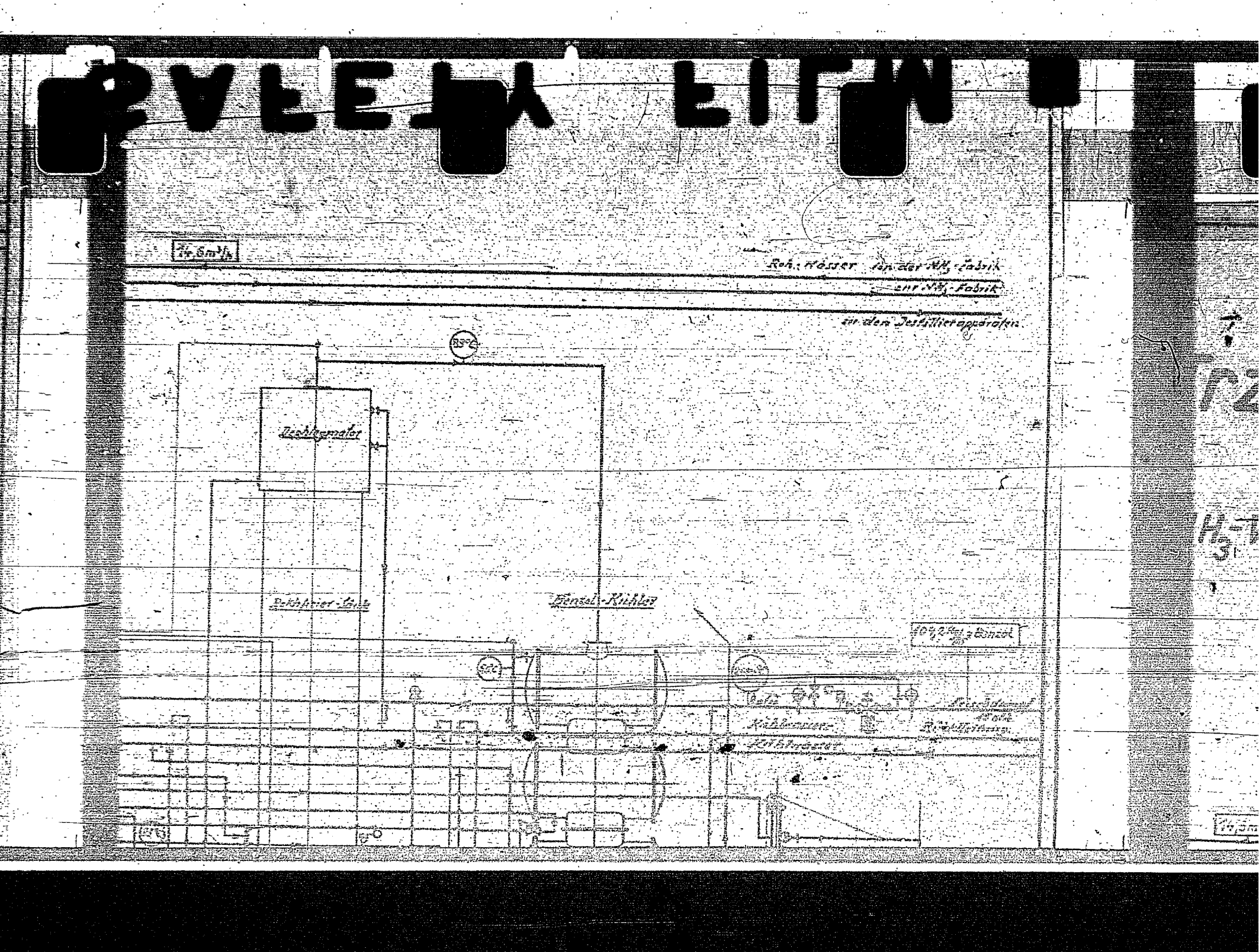

14,6 m³/h
Rek.-Wasser
85°C
Rohrmotor
Rohrmotor
Pendel-Kühler

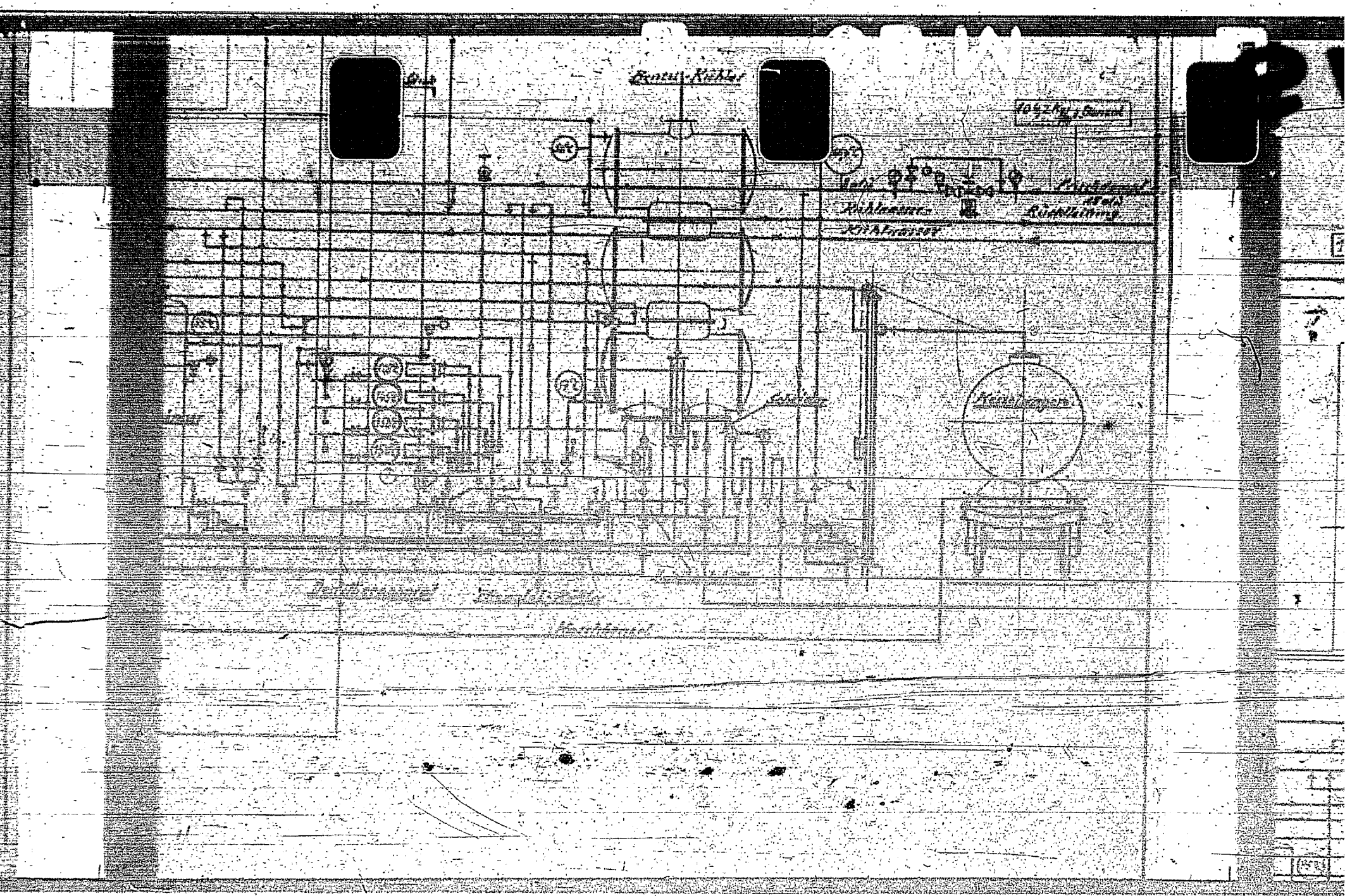


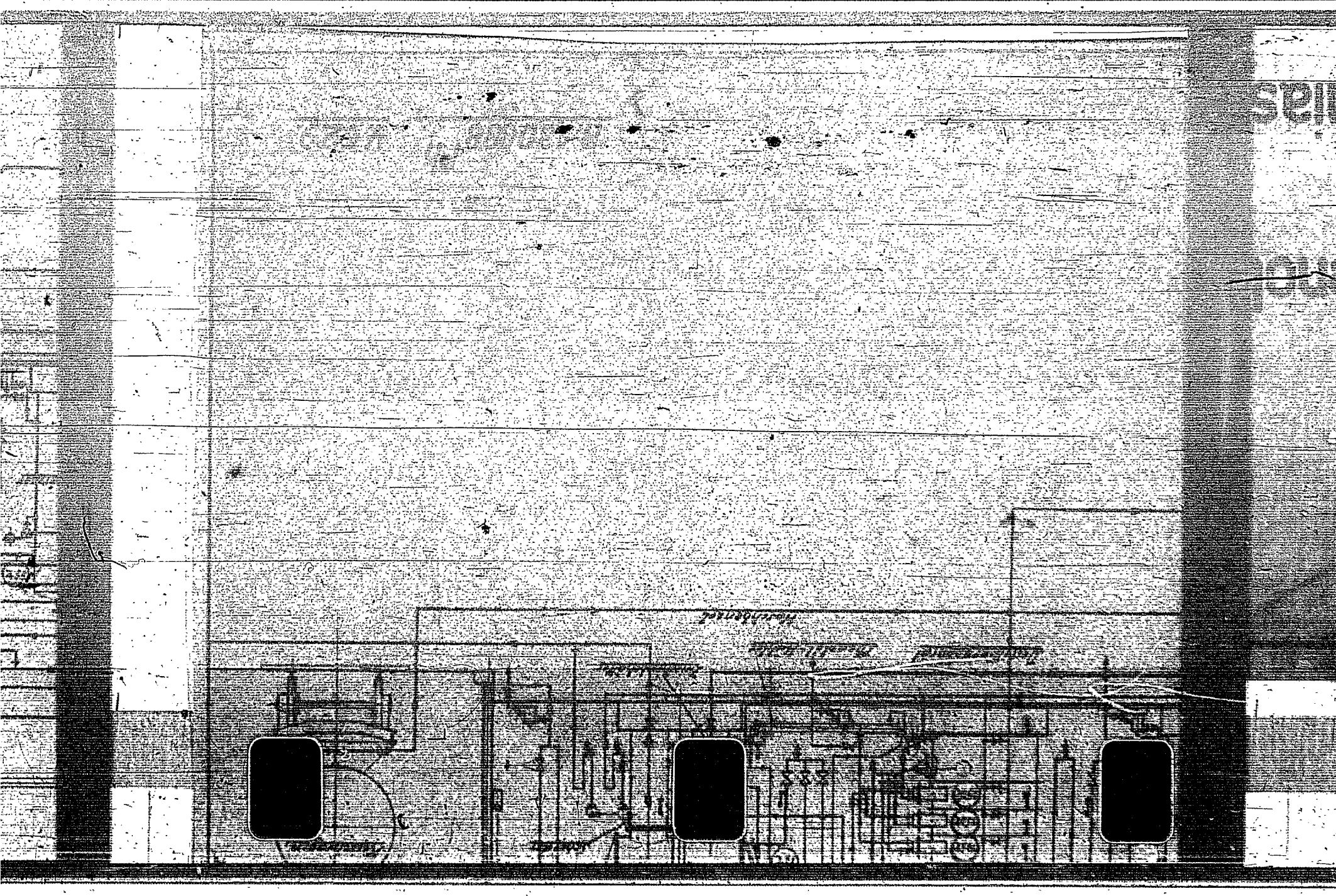
[redacted]

[redacted]

[redacted]


Roh-Wasser
Roh-Wasser
Destillierapparaten
Rohdestillat-Tank
Rohdestillat-Kühler
Kühlwasser
Kühlwasser

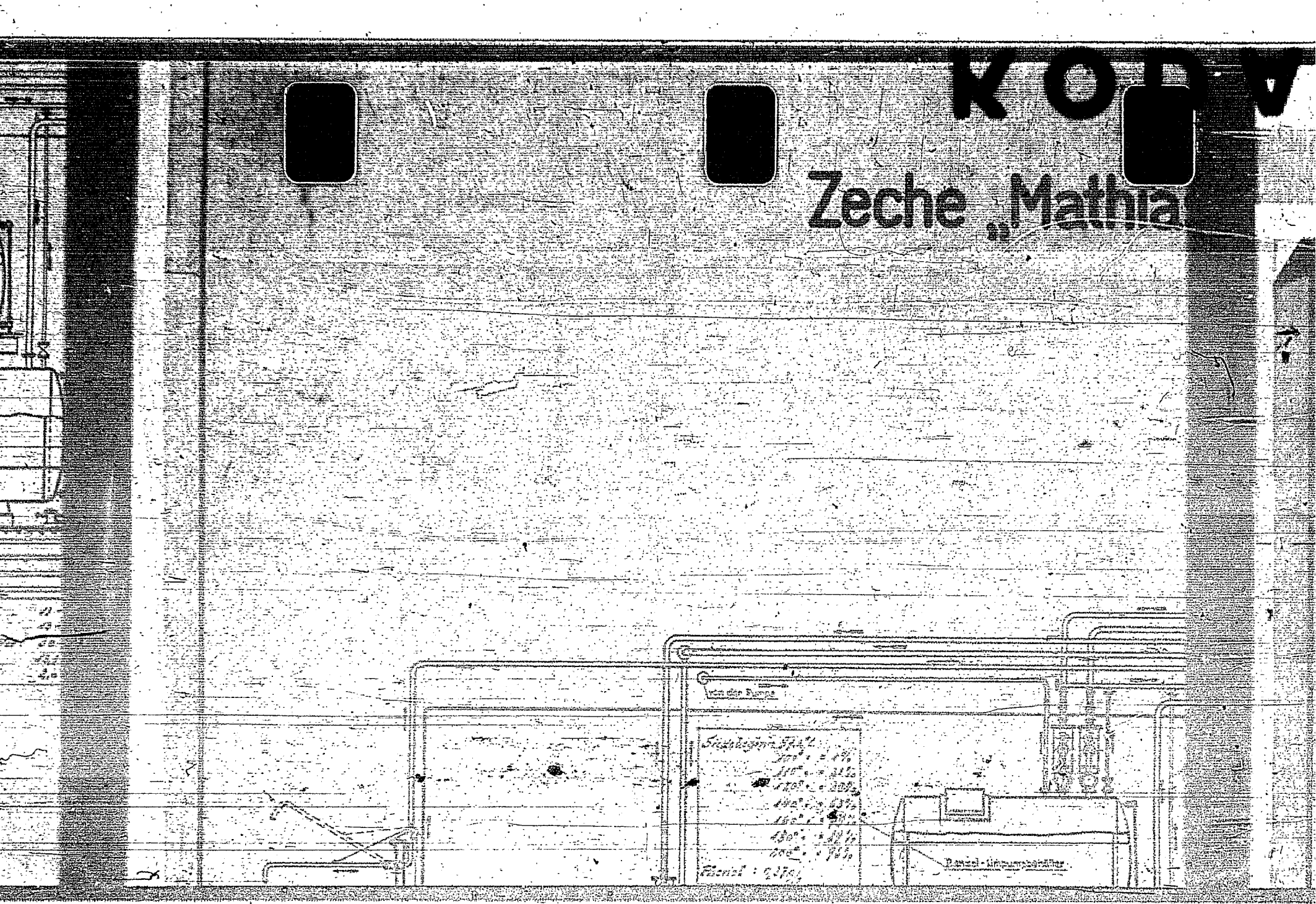


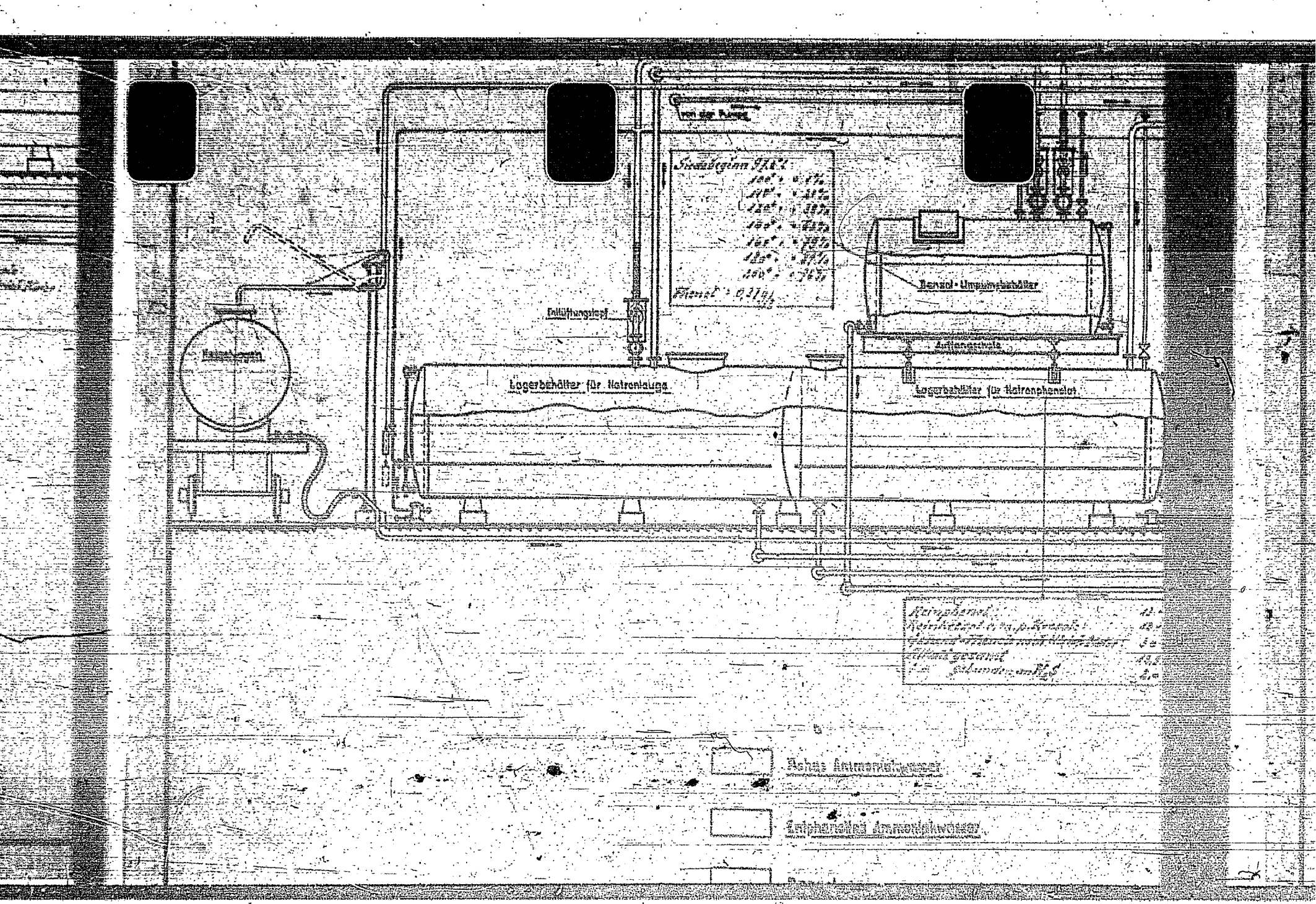


[redacted]

[redacted]

[redacted]


KOPV
Zeche „Mathia"


Lagerbehälter für Natronlauge
Lagerbehälter für Natronphenolat
Rohes Ammoniakwasser
Entphenoltes Ammoniakwasser

Reinstes Ammoniakwasser

Endhaltiges Ammoniakwasser

Benzol

Ammoniakalisches Benzol

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

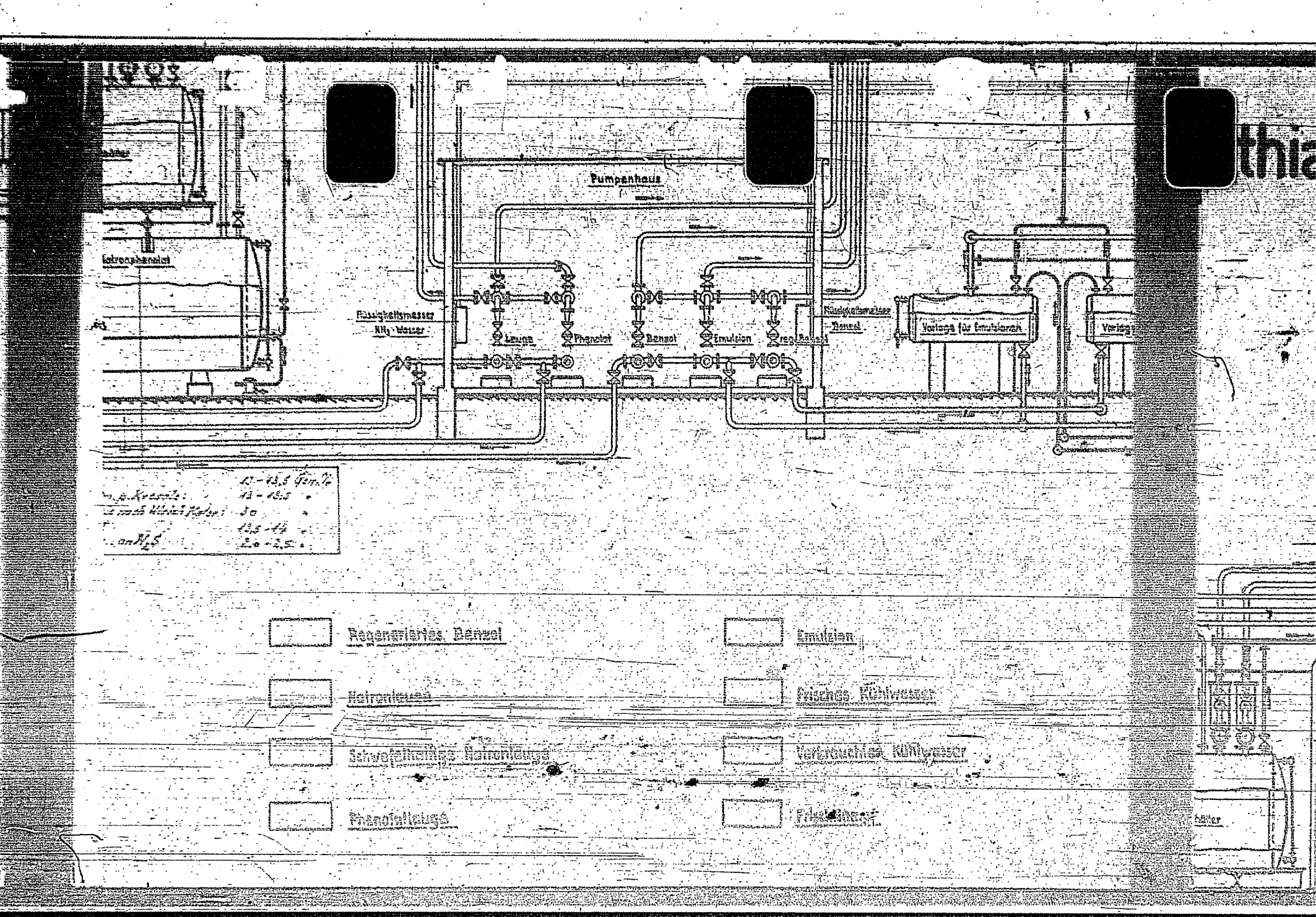
[redacted]

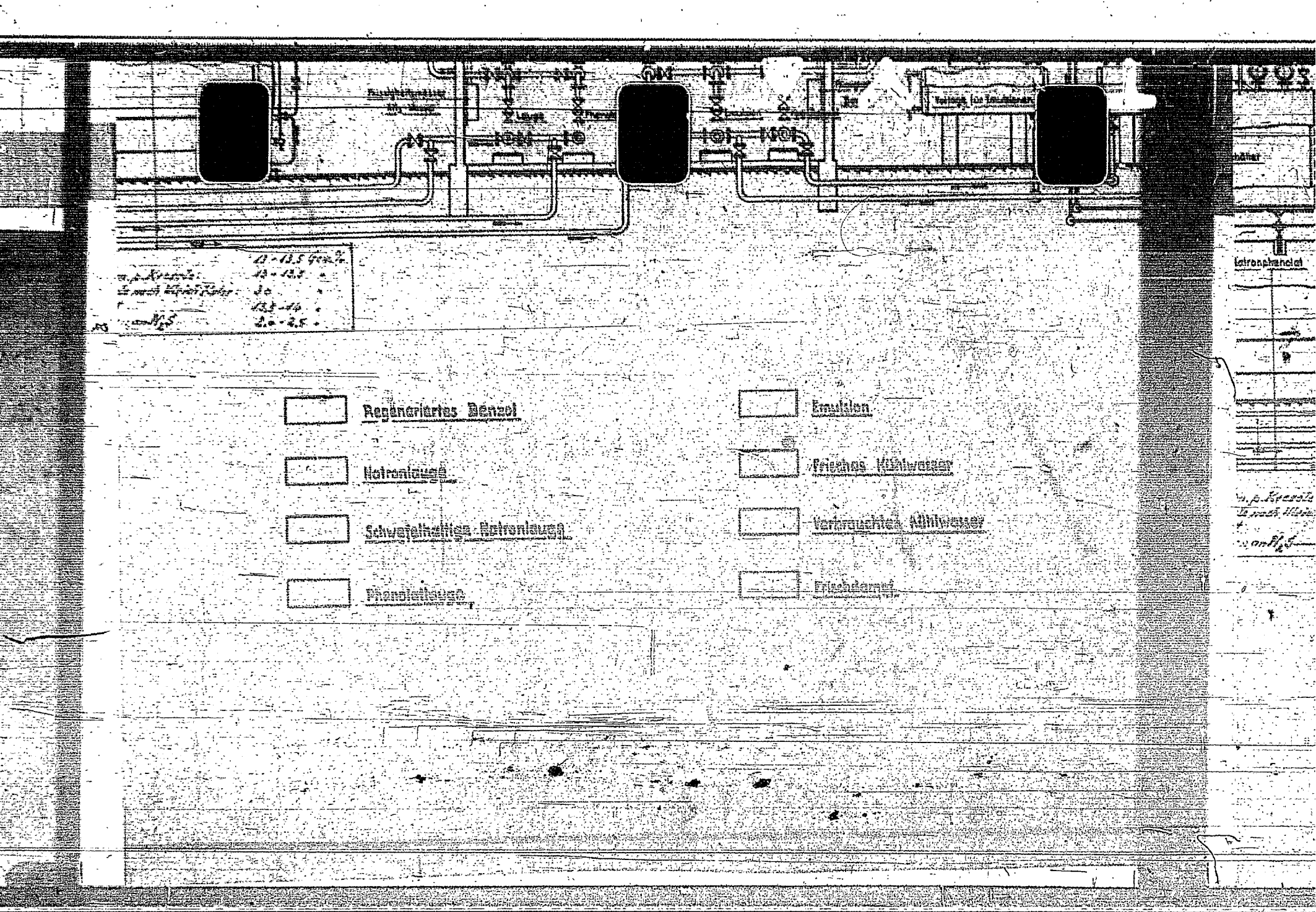
Phase 3 Sinea/VA

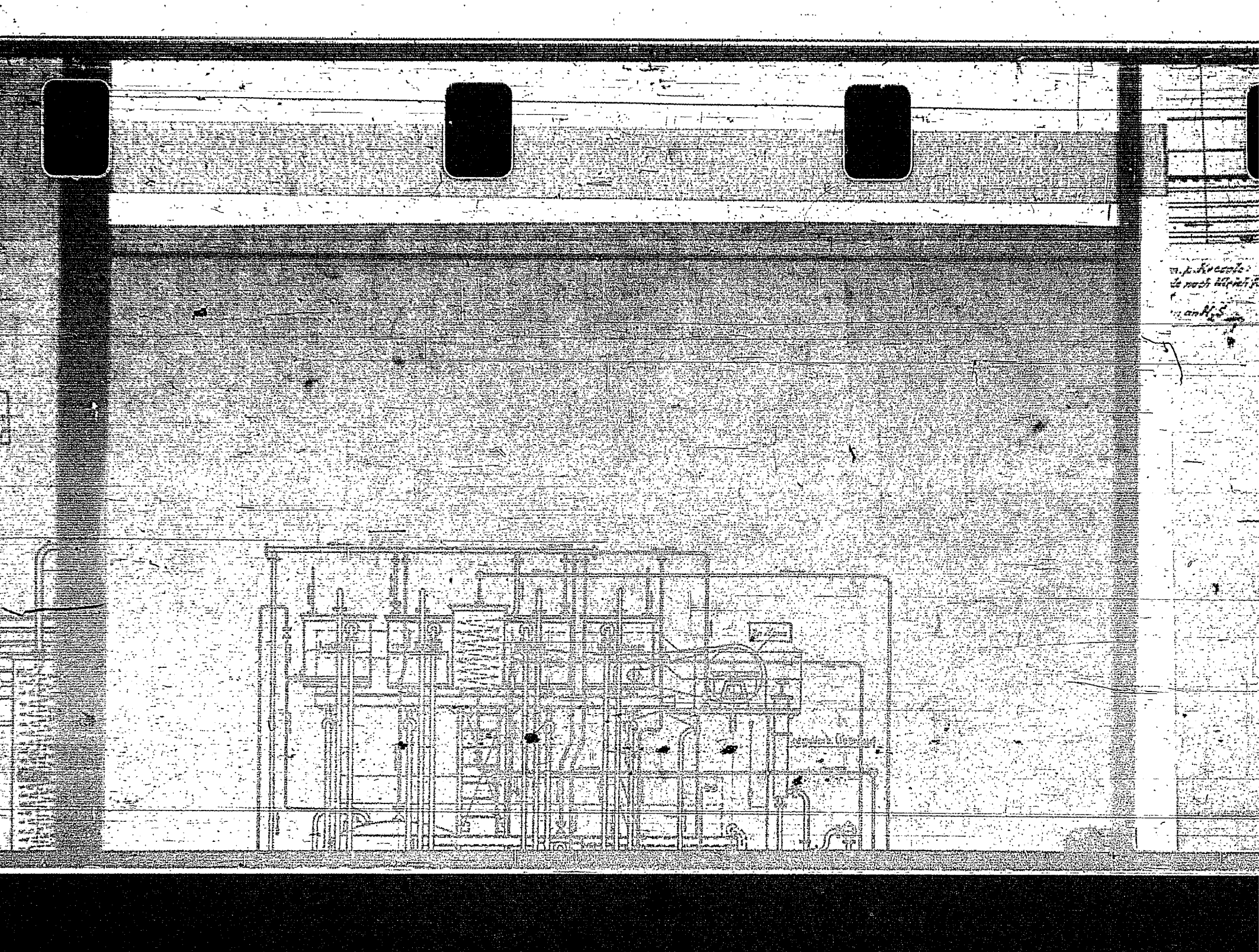
[redacted]

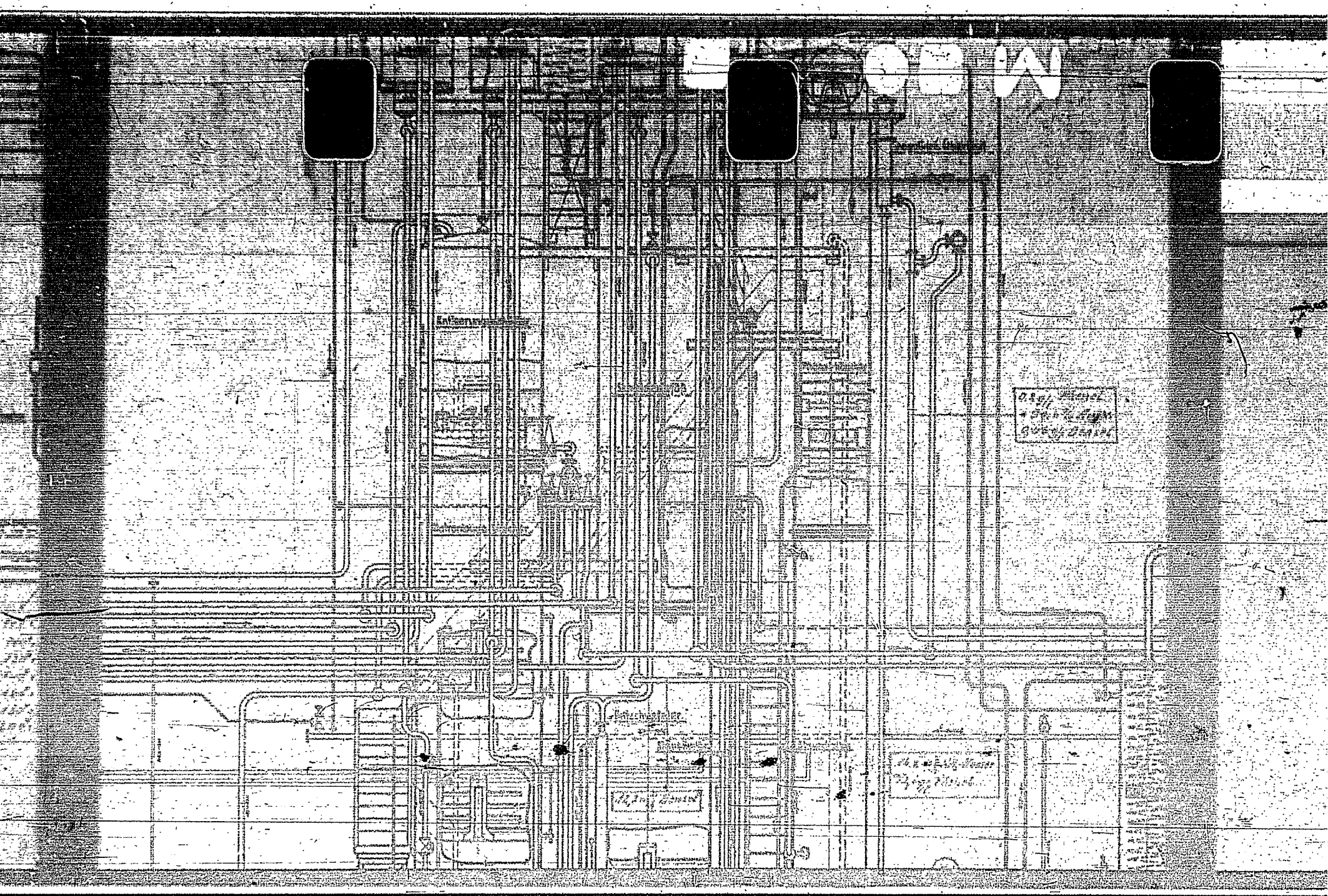
[redacted]

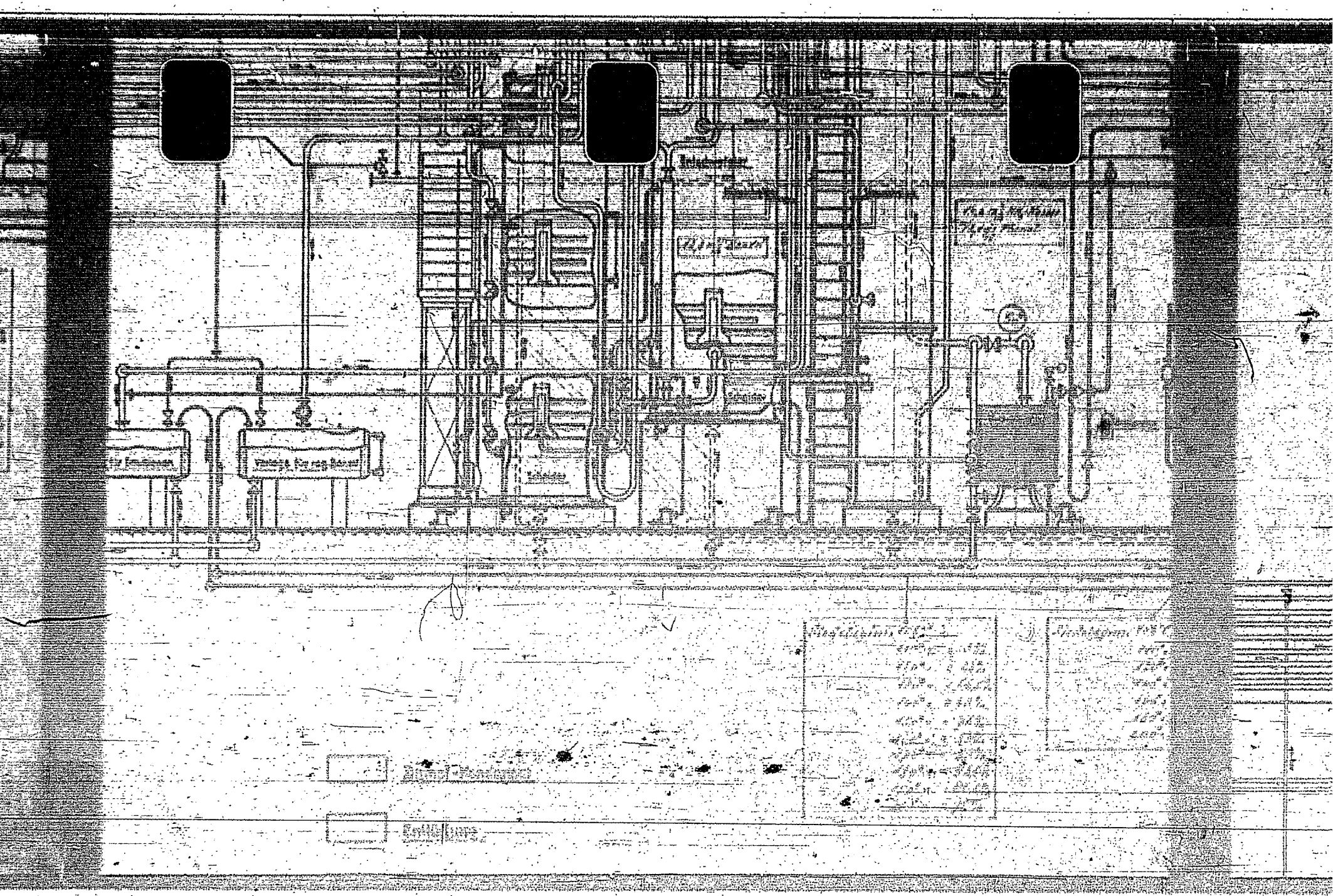
[redacted]

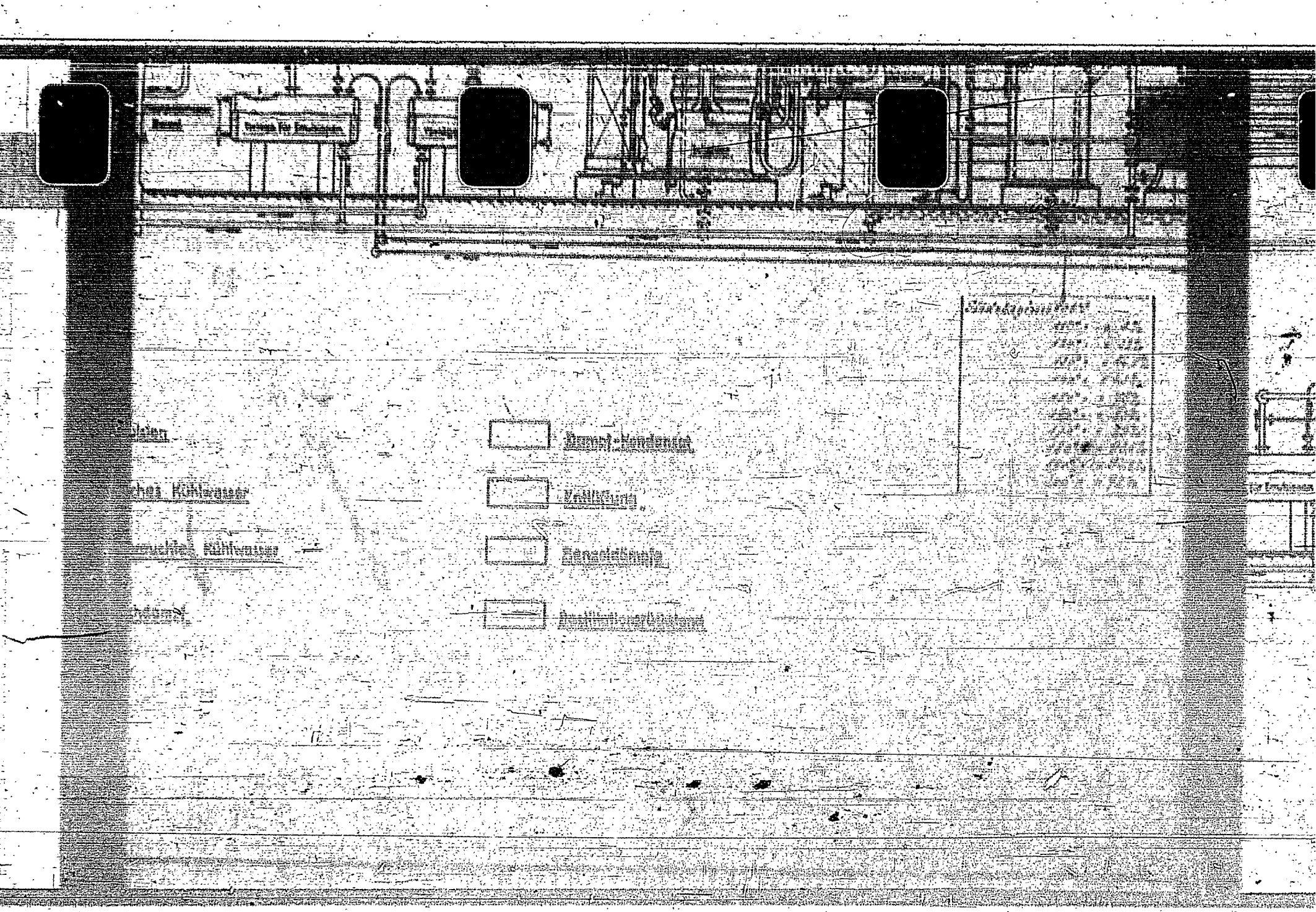

Pumpenhaus
Laugen-phenolat
Flüssigkeitsmesser
NH₃-Wasser
Lauge
Phenolat
Benzol
Emulsion
Flüssigkeitsmesser
Benzol
Vorlage für Emulsionsrohr
Vorlage
Regeneriertes Benzol
Emulsion
Natronlauge
Frisches Kühlwasser
Schwefelfreihaltige Natronlauge
Verbrauchtes Kühlwasser
Phenolatlauge
Frischwasser

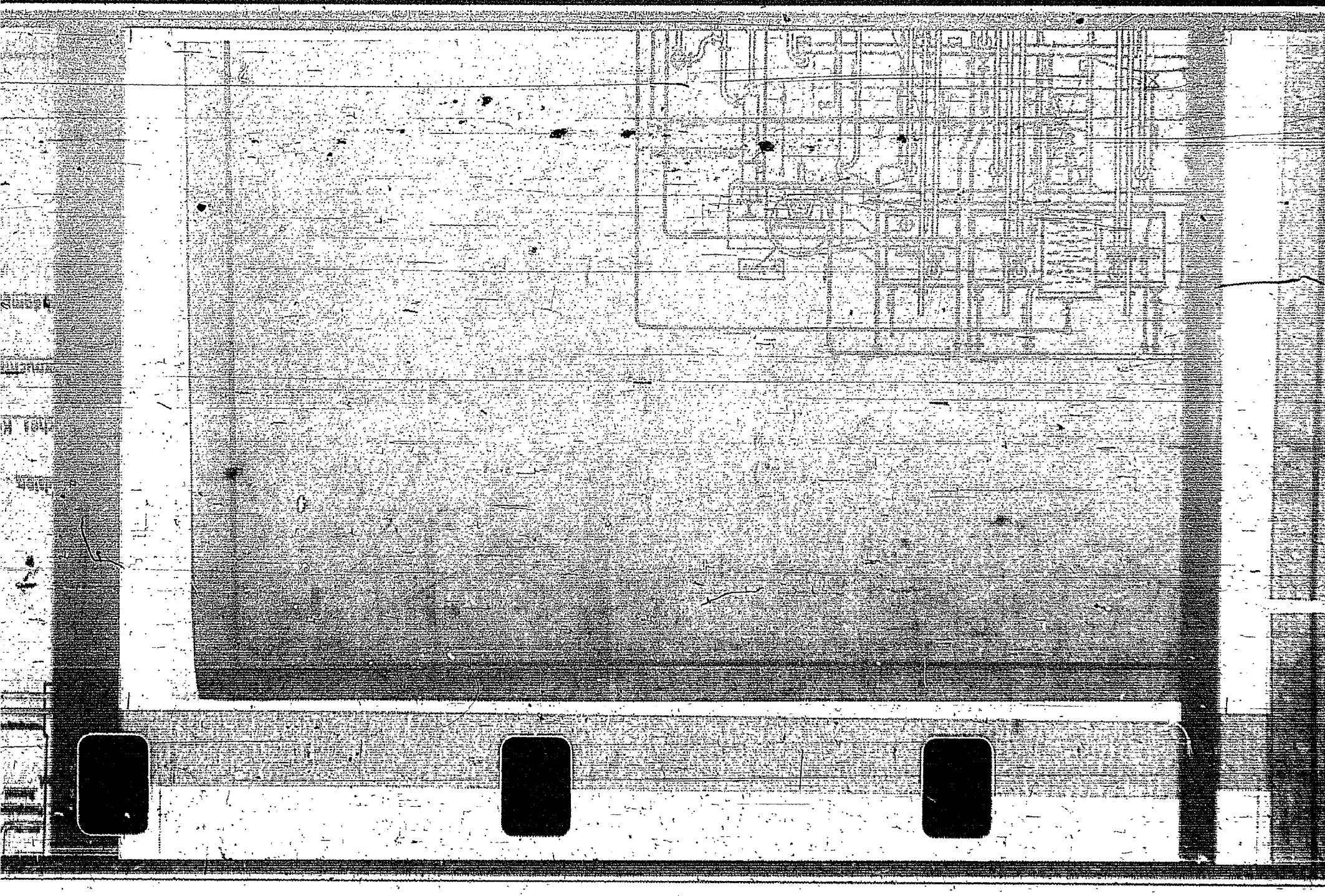

Regeneriertes Benzol
Natronlauge
Schwefelhaltige Natronlauge
Phenolatlauge
Emulsion
Frisches Kühlwasser
Verbrauchtes Kühlwasser
Dreiphasengemisch

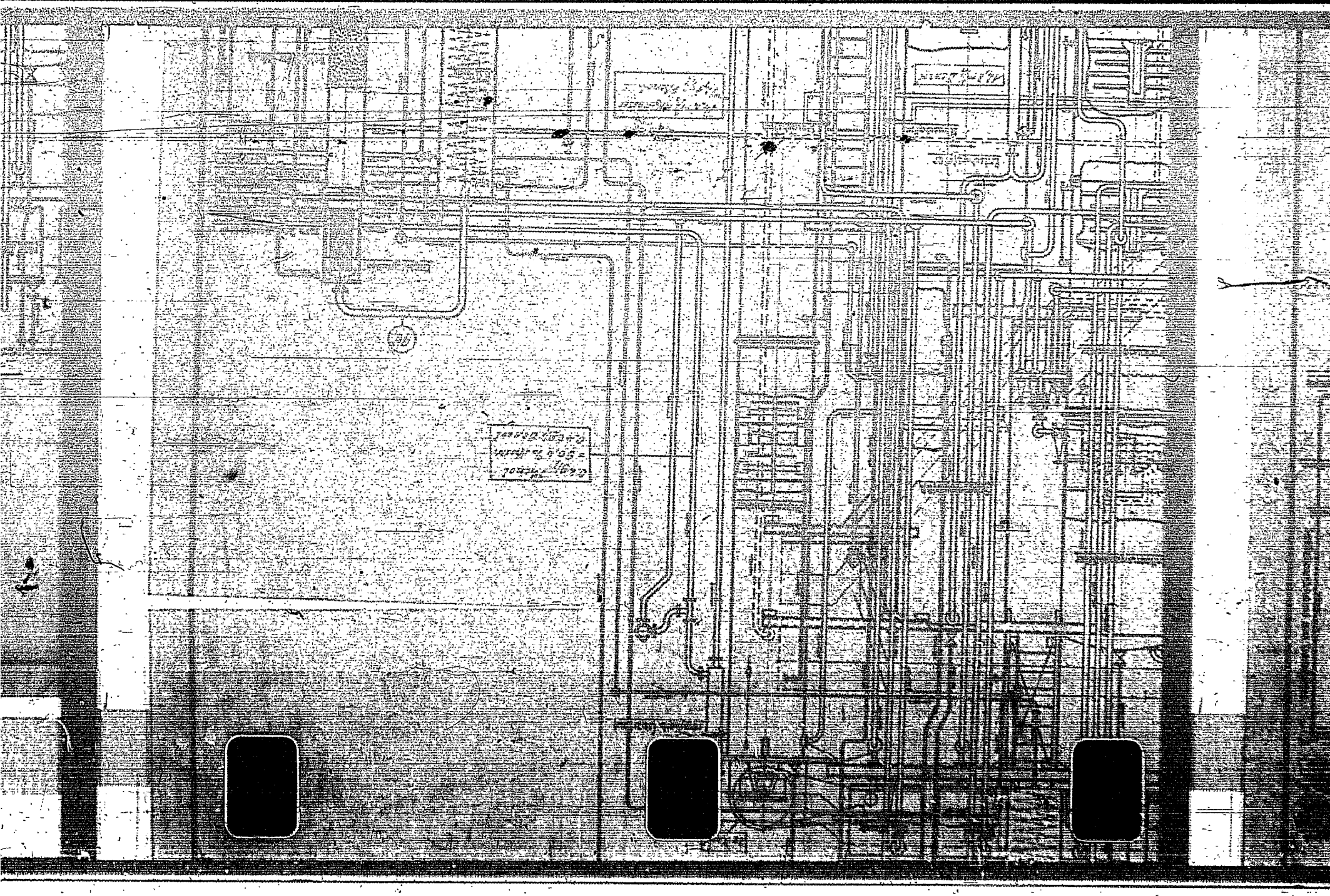


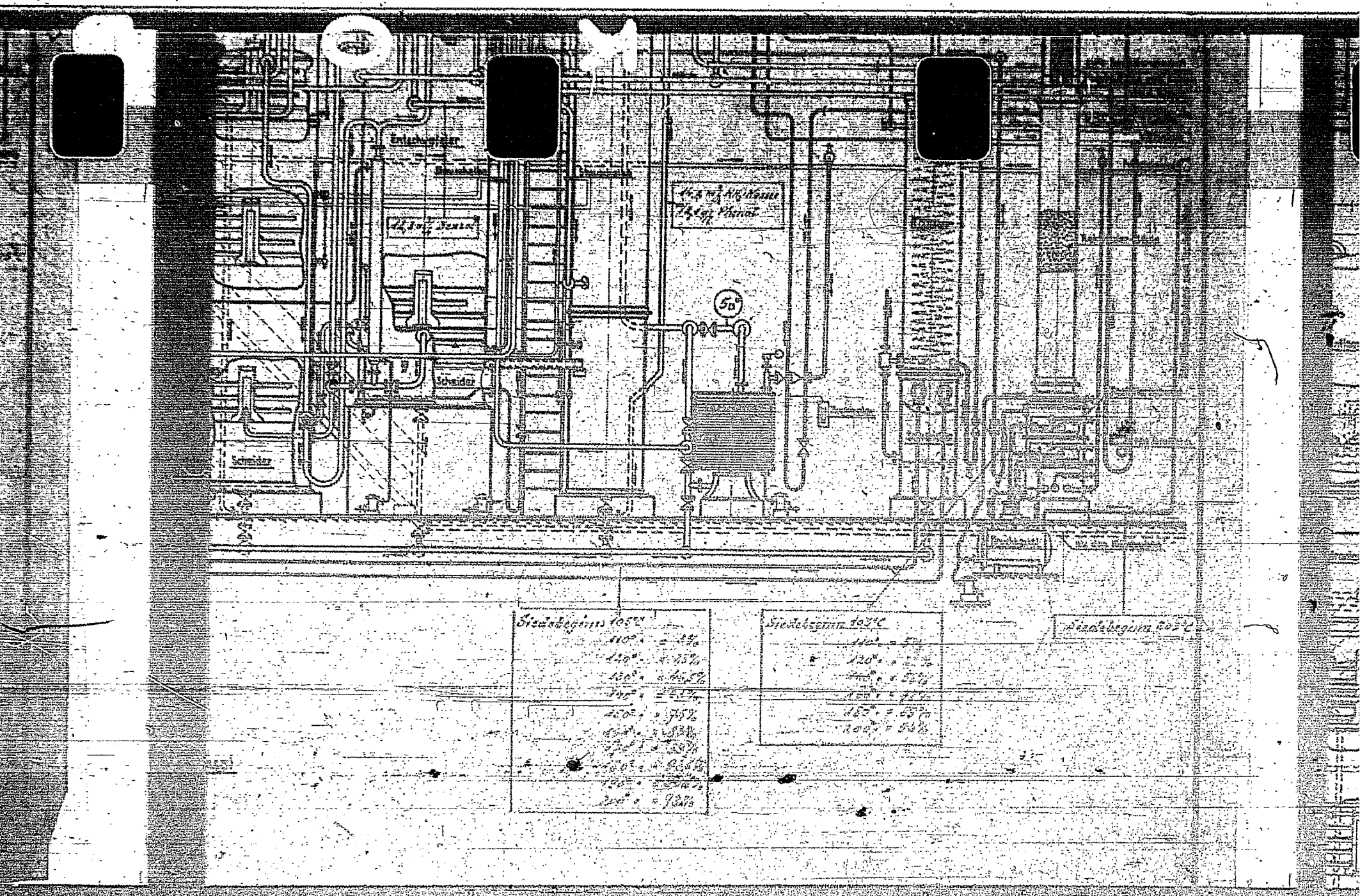


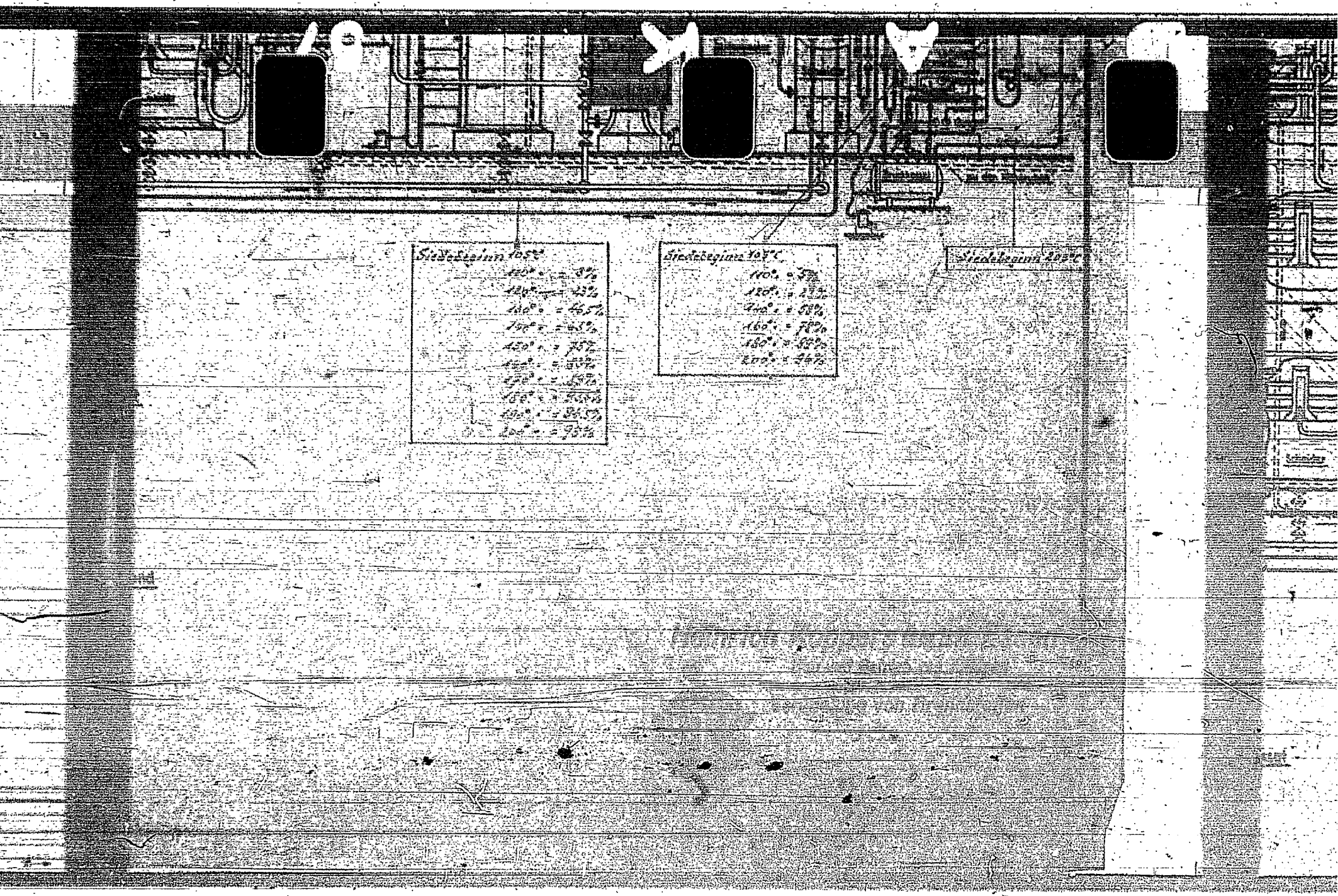









Entschwefler
Schneider
Schneider
Siedebeginn 105°C
Siedeschluss 202°C
Siedebeginn 102°C


Siedetemperatur 105°C
Siedetemperatur 105°C
Siedetemperatur 105°C

Regenmesser — Pommelmeter

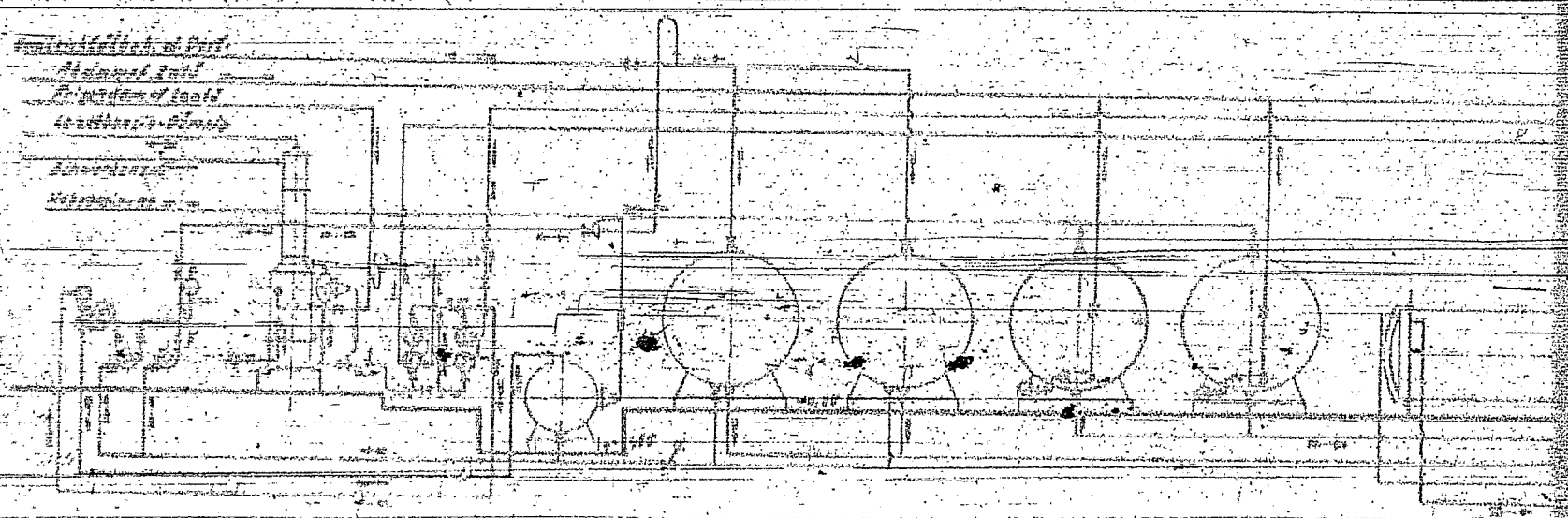
Gesamtabfluss Pfister und Hellmann

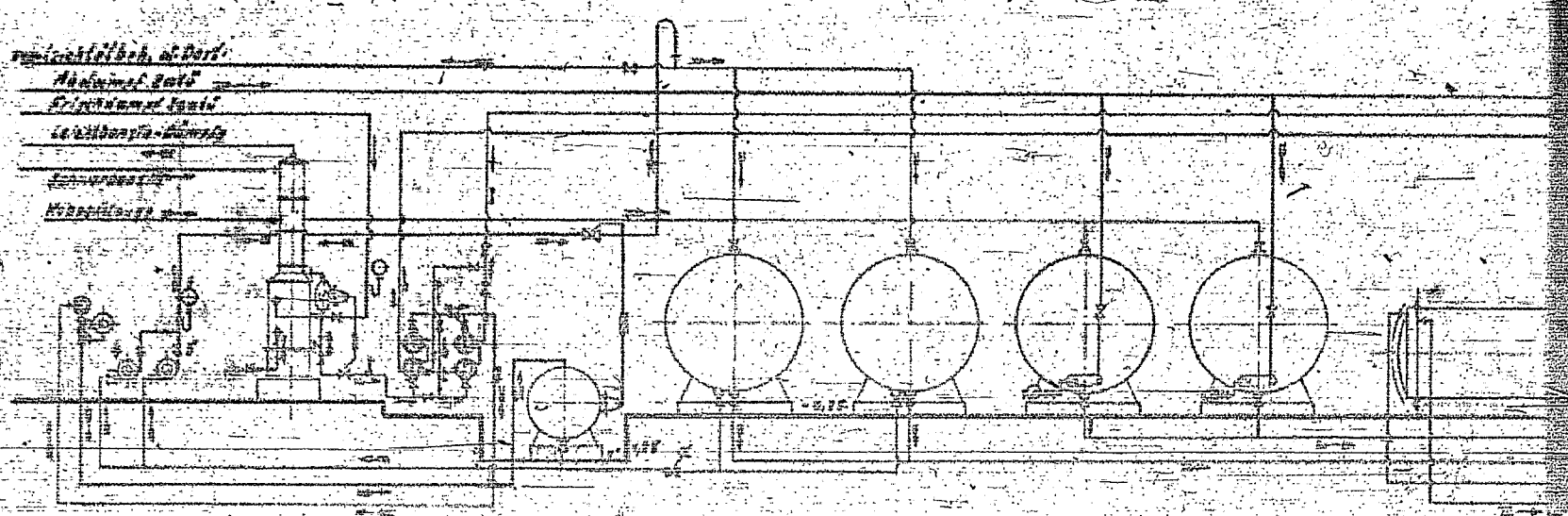
Differential-Bruch-Flutmeter

Durchflussmesser — Rondorff-Flutmeter mit Eigenantrieb mittels

Flutmeter eingelegt

Temperatur-Geber — Pt-Flutmeter





Hilfsleine

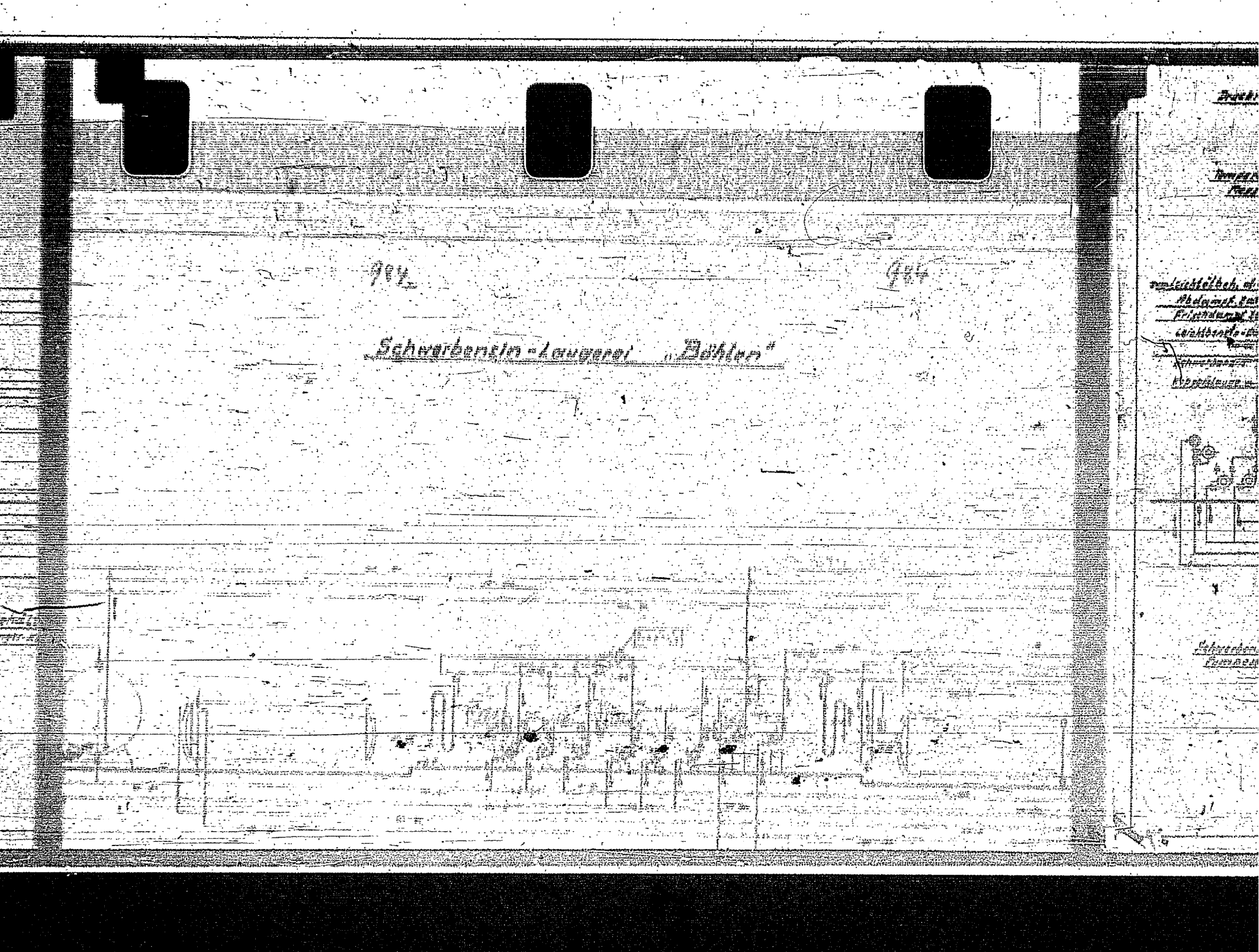
Schwerbenzin Fertage

Schmierbenzin Einsatz

Schmierbenzin Kühler

Kopperstange - Behälter

Kopperstange - Behälter

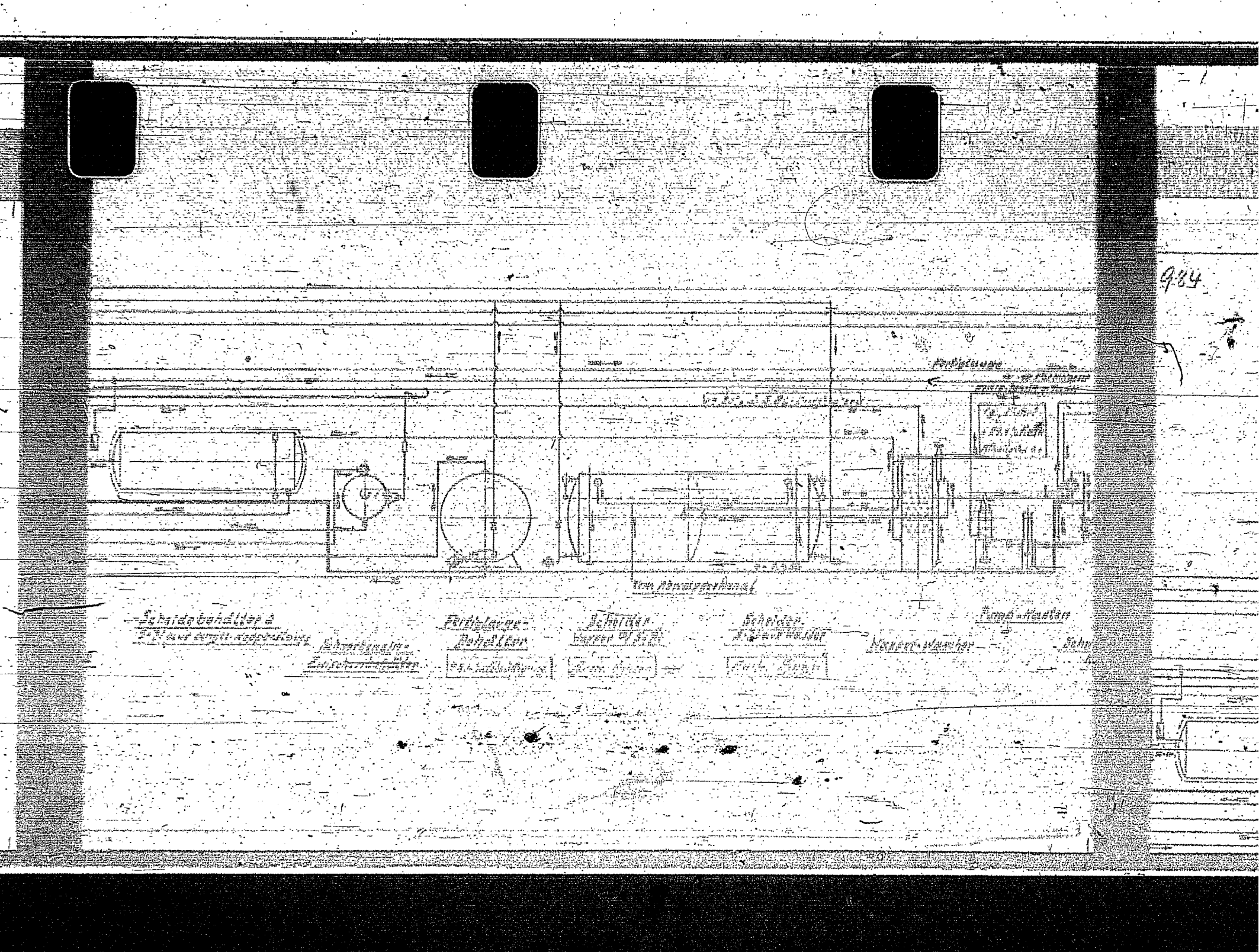

Schwarbenstein-Laugerei „Bühlen"

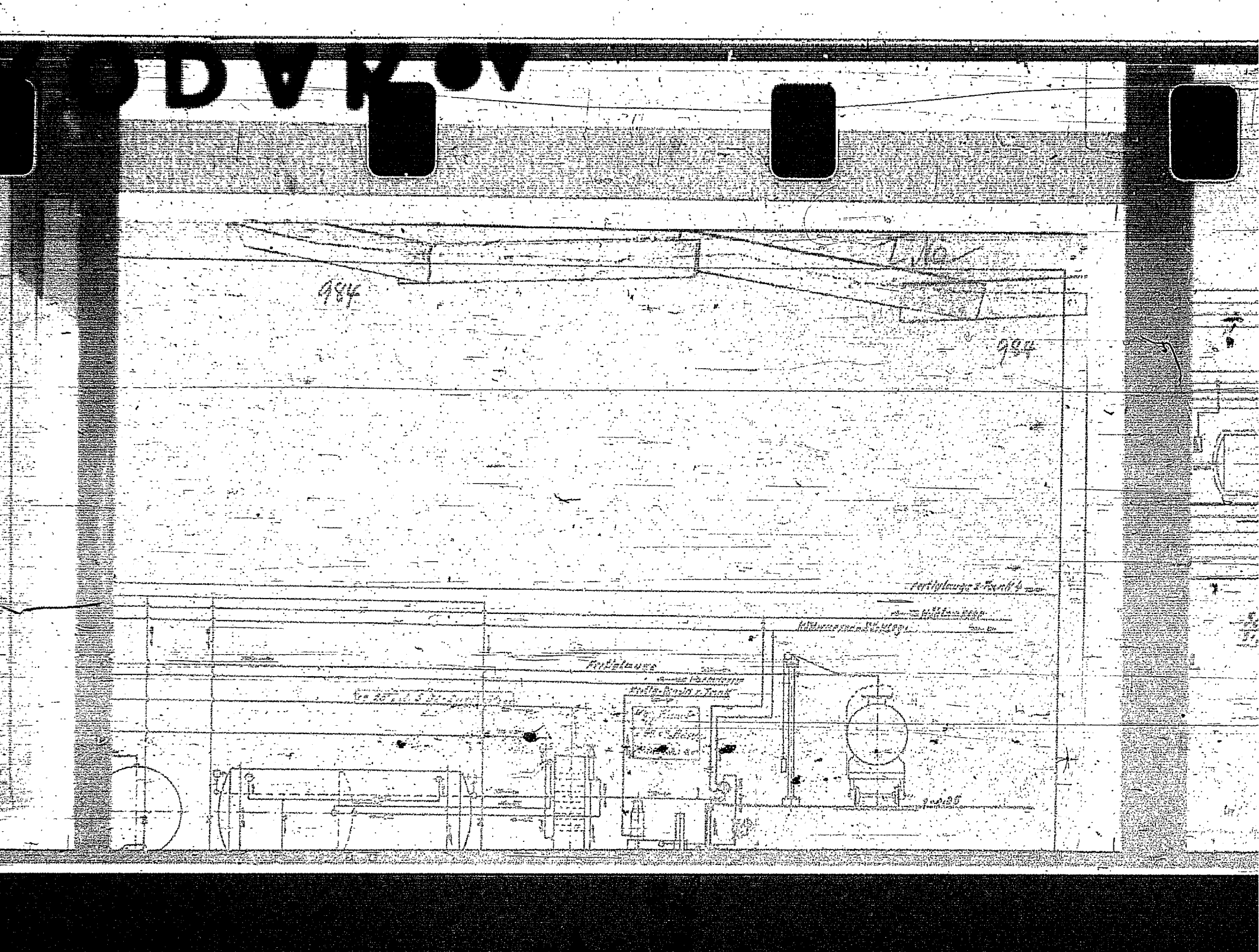
SAUERTHAL
Kühlwasser
Schaltschrank
Schaltschrank
Pumpe
Pumpe
Pumpe

[redacted]

[redacted]

[redacted]





[redacted]

[redacted]

[redacted]

TITLE PAGE

2. Beschreibung zum Schema einer Entphenolungsanlage nach Blatt V 54/34 mit stehendem Rührwerks-Wascher (System Still).
Description of the plan for a dephenolizing plant, with vertical agitator-washer, according to drawing V 54/34 ("Still" system).

Frame Nos. 985 - 988

Firma Carl Still, Recklinghausen.

Beschreibung zum Schema einer Entphenolungsanlage nach Blatt V 54/34 mit stehendem Rührwerks-Wascher

(System Still)

Das in der Kondensation der Kokereianlagen anfallende NH_3-Wasser, das sich aus dem Feuchtigkeitsgehalt der Kohle und dem an Kohle gebundenen H_2O zusammensetzt, wird in einem Hochbehälter gesammelt und fließt von dort aus in die Entphenolungsapparatur, wo es zweckmäßig bei einer Temperatur von 50 - 60° C behandelt wird. Je nach der Temperatur, mit dem es aus der Kokereianlage kommt, ist ein Vorwärmer bzw. Kühler vorzuschalten. Sodann wird das Wasser durch einen Vorreiniger geleitet, in welchem die darin enthaltenen restlichen Teerpartikelchen durch Auswaschen mit Benzol entfernt werden sollen. (Eine Hauptklärung des Wassers muß bereits in der Kokereianlage durch entsprechende Klärbehälter vorgenommen sein).

Vom Vorreiniger aus gelangt das NH_3-Wasser zu einem stehenden Rührwerkswascher, den es von oben nach unten durchfließt, während im Gegenstrom von unten nach oben Benzol hindurchgeleitet wird. Dieser Gegenstrom ist möglich infolge der verschiedenen spezifischen Gewichte. Beim Durchfluß durch den Wascher wird eine innige Durchmischung durch mechanisch angetriebene Rührflügel erwirkt. Aus dem Wascher tritt das mit Phenolen angereicherte Benzol oben aus und das Wasser unten. Beide Flüssigkeiten werden in Nachscheider geleitet, von wo das entphenolte NH_3-Wasser zu einem Hochbehälter der Kokerei zurückgepumpt, während das Phenolbenzol mit Natronlauge behandelt wird. Es wird in einen Hochbehälter gedrückt, von wo es zunächst eine Entschwefelerkammer und alsdann mehrere Entphenolungskammern durchströmt. Die in der Entschwefelerkammer befindliche Lauge muß

in größeren Zeitabständen ausgewechselt werden. In den Entphenolungskammern, die übereinander liegen und vom Phenolbenzol von unten nach oben durchflossen werden, wird die Lauge der unteren Kammer nach genügender Sättigung zu einem Nachscheider abgeleitet, wobei die Lauge der darüber befindlichen Kammern jeweils eine Etage tiefer abgelassen wird. In der oberaten Kammer wird frische Natronlauge zugesetzt.

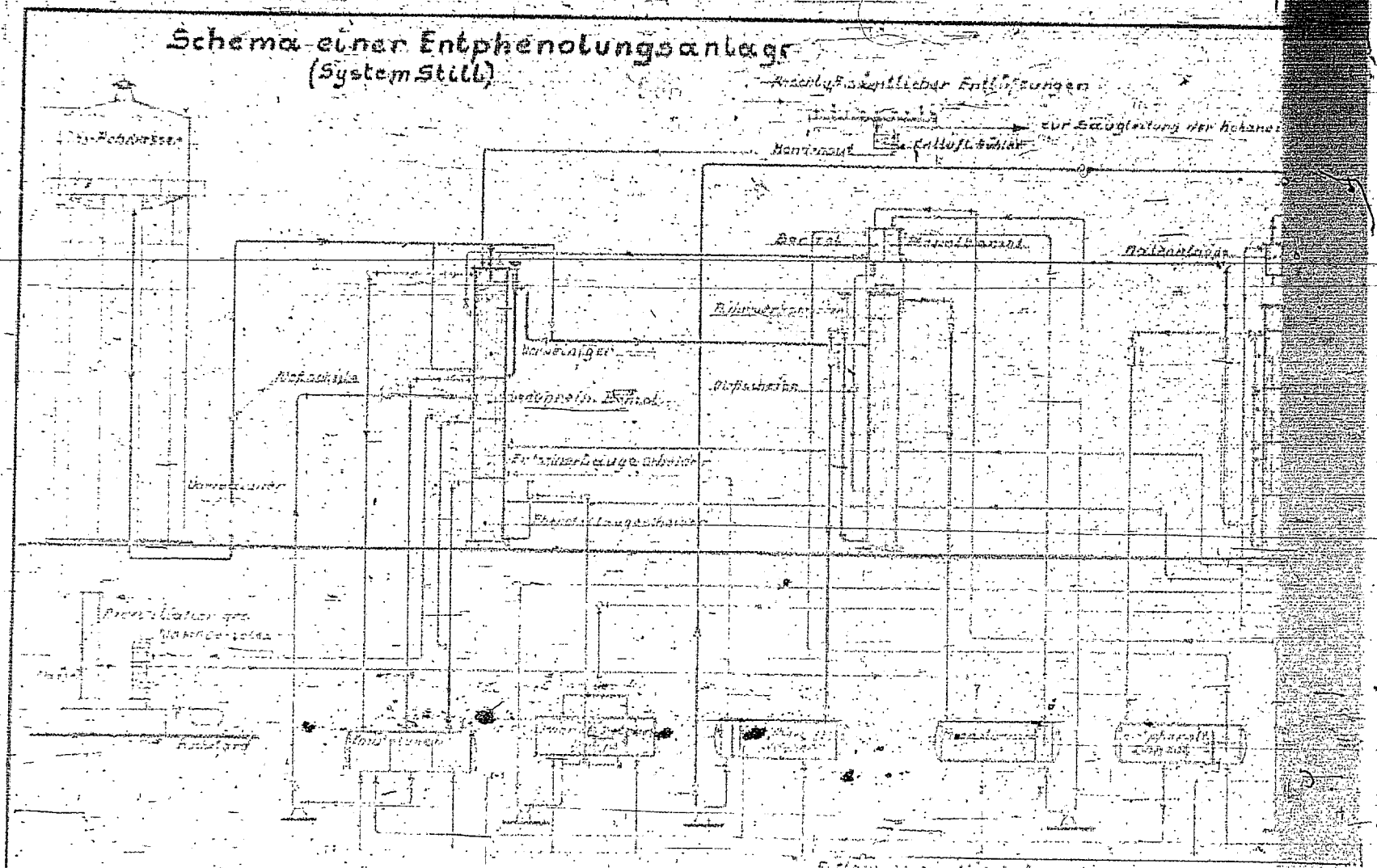
Aus dieser Kammer tritt das Benzol, praktisch von Phenolen befreit, in einen Nachscheider für Phenolbenzol über, wo sich die mitgeführte Lauge absetzen soll. Das entphenolte Benzol geht in den Arbeitsprozeß zurück, und wird je nach Bedarf durch Frischbenzol ergänzt.

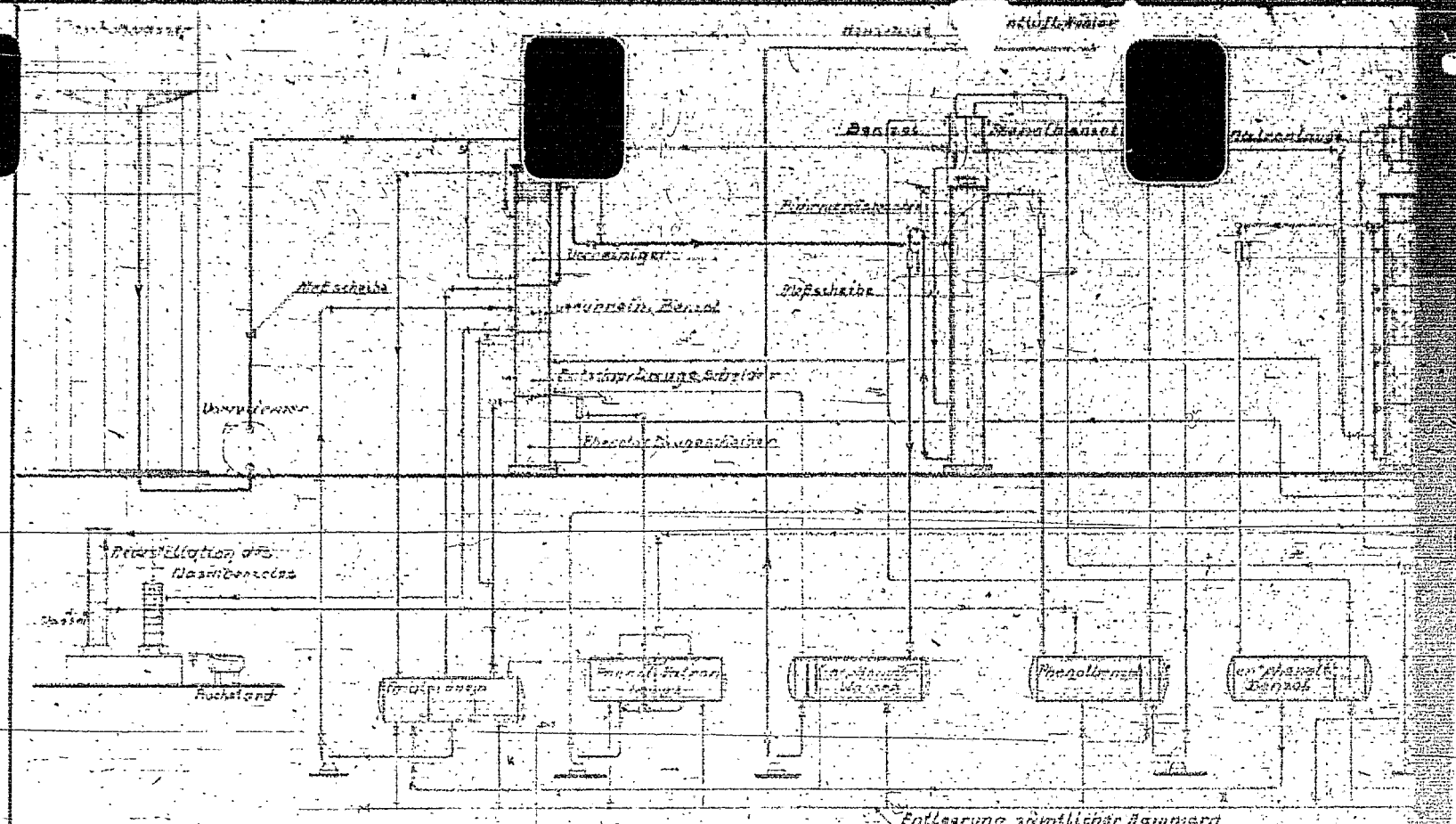
Die zu einem Nachscheider geführte Phenolatlauge wird in einen Lagerbehälter abgelassen und gelangt von hier aus zur Verladung. Die in der Lauge befindlichen Phenole werden in einem besonderen Fabrikationsverfahren aufgearbeitet.

Die in den einzelnen Kammern etwa auftretenden Emulsionen und Verschmutzungen sowie das im Vorreiniger aufgebrauchte Benzol werden in einen Emulsionsbehälter abgelassen, der in drei Kammern geteilt ist, wovon eine für Wasseremulsionen, eine für Laugeemulsionen dient, während die dritte die nach einer Behandlung durch Wärme und direkten Dampf abgeschiedenen Benzole aufnimmt. Diese Benzole werden über einen besonderen Sammelbehälter zu einer Destillierapparatur geleitet, in der die Benzole regeneriert und zum Behälter für Phenolbenzol abgelassen werden. Das bei der Destillation auftretende Wasser kann zur Kanalisation oder zum NH_3-Wasserbehälter geführt werden. Der Rückstand der Destillation kommt zum Teertiefbehälter der Kokerei.

Die Schwefellauge wird zweckmässig dem NH_3-Wasser zugesetzt, wo der Alkaligehalt bei der Gewinnung des gebundenen NH_3 eine entsprechende Kalkmenge ersetzt.

Schema einer Entphenolungsanlage
(System Still)




Rohrleitung
Abluft
Benzol
Natronlauge
Rührwerk
Ablaßschraube
Ablaßschraube
Entleerung
Rührwerk
Entleerung
Rührwerk
Destillation des
Rohbenzols
Rohbenzol
Rückstand
Entleerung sämtlicher Behälter
zur Destillation

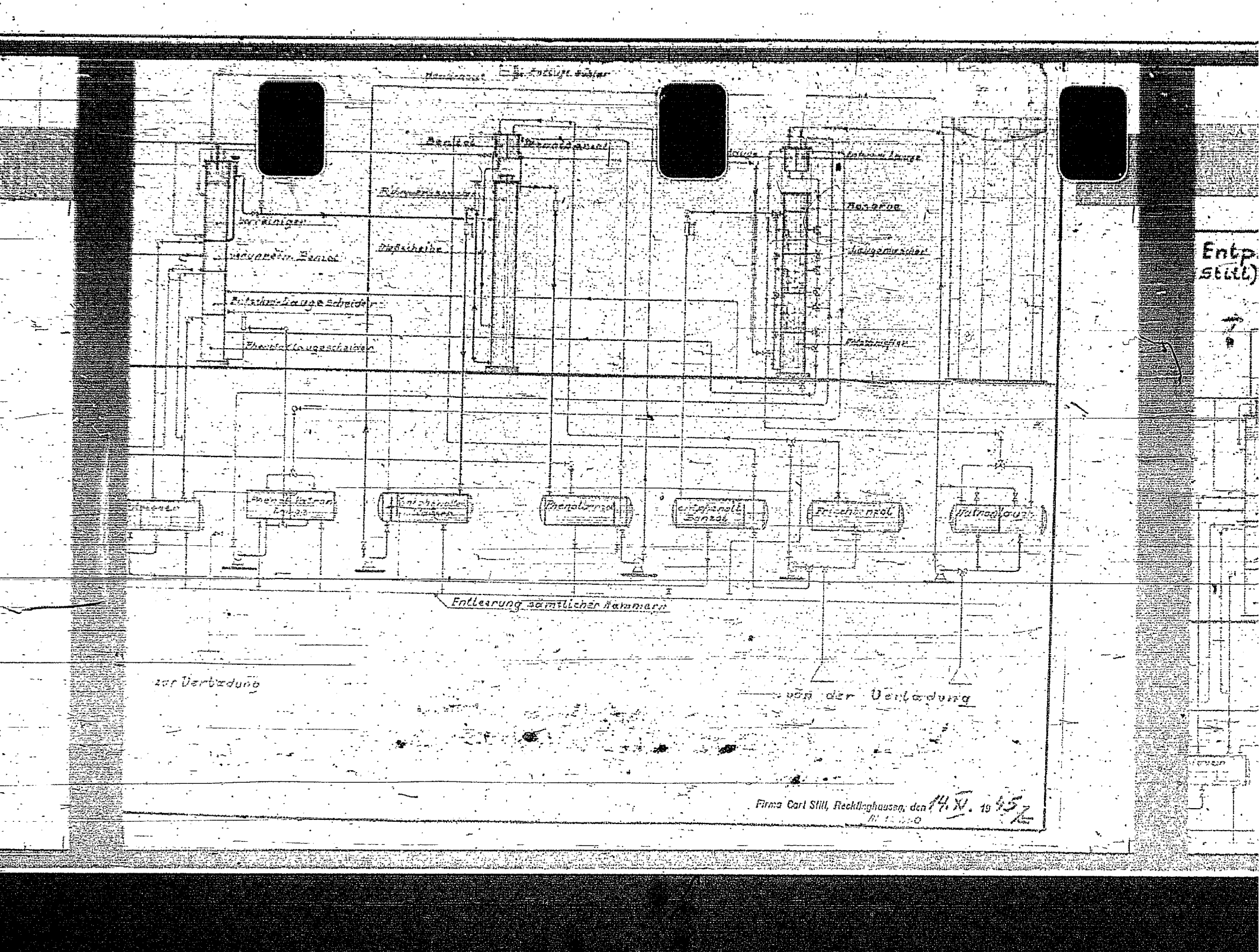
V 54/34

Firma

Entphenolungsanlage

Stufe

Anl. 218


Entleerung sämtlicher Kammern
zur Verladung
von der Verladung
Firma Carl Still, Recklinghausen, den 14. XI. 1945

TITLE PAGE

3. Beschreibung einer Entphenolungsanlage mit Umpumpsystem Still - Zeichnung: Lab. S 833.
   Description of a dephenolizing plant with the "Still" recycling system.

   Frame Nos. 989 - 991

Beschreibung einer Entphenolungsanlage mit Umpumpsystem Still.

Zeichnung: Lab. S 833.

Aus den Kondensat-Tiefbehältern bzw. den Teer-NH$_3$-Wasser-Scheidebehältern gelangt das Überschußwasser, das wir als Rohwasser bezeichnen wollen, zu einer Pumpenkammer am Maschinenhaus, von wo aus es zur ersten Nachklärung in einen Hochbehälter gedrückt wird. Die anfallende Menge beträgt ca. 50 m^3/h, der Gehalt an Phenol 1,7 bis 2 g je Liter. Da es noch eine Temperatur von 70° hat, wird es zunächst auf ca. 50° heruntergekühlt. Bei dieser Temperatur findet der ganze Arbeitsvorgang in der Entphenolung statt. Das Rohwasser muß zunächst von Teerpartikelchen befreit werden. Dies geschieht in Separatoren (Spezialzentrifugen) und durch Auswaschen mit Benzol in einem sogenannten Vorreiniger. Das Waschbenzol bleibt im Kreislauf bis zu einem bestimmten Grad der Verschmutzung und wird alsdann durch Destillation regeneriert.

Nachdem so eine genügende Klärung des Wassers erzielt worden ist, beginnt die eigentliche Entphenolung des Wassers durch Auswaschung mit Benzol, und zwar wird der Waschprozess in drei Stufen vorgenommen, wobei Rohwasser und Benzol im Gegenstrom fließen. Die Vermischung von Wasser und Benzol erfolgt in Pumpen und Mischsäulen, wobei in der ersten Pumpe das aus der Vorreinigung kommende Rohwasser mit dem bereits mit Phenolen angereicherten Benzol aus der zweiten Stufe zusammentrifft. Die Pumpe drückt das Gemisch in einen Scheider, von wo aus das Wasser zur zweiten Stufe gelangt und das mit Phenolen angereicherte Benzol zu einem Nachscheider,

[redacted]

[redacted]

[redacted]

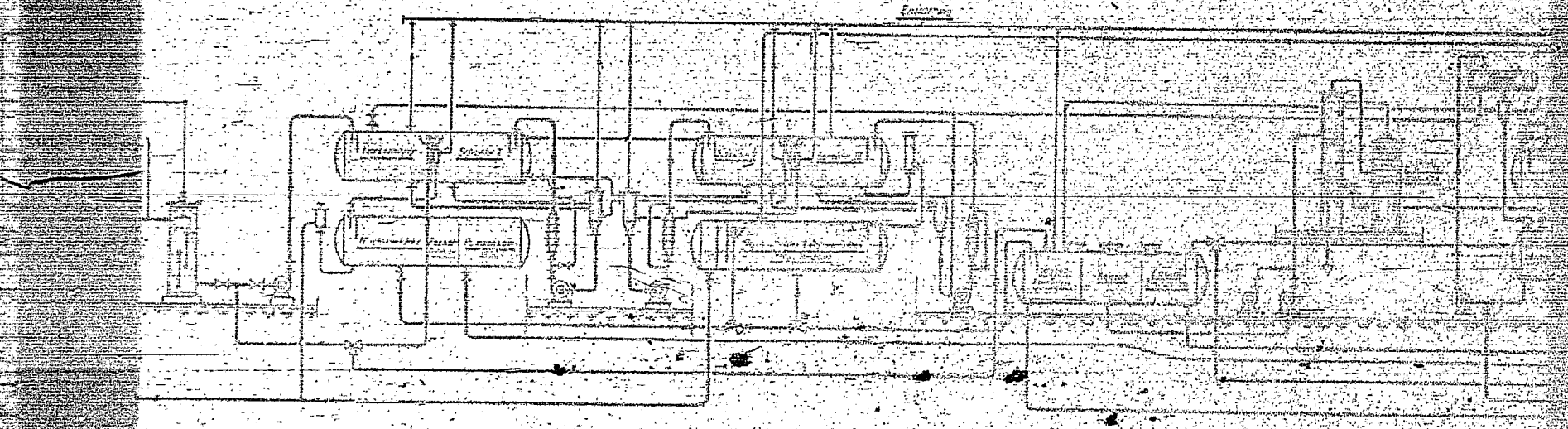
entphenolte Benzol Wasser in den Kreislauf zurückgeführt wird
zur Entphenolung des Kohlengases.
Zeichnung Nr. A 822

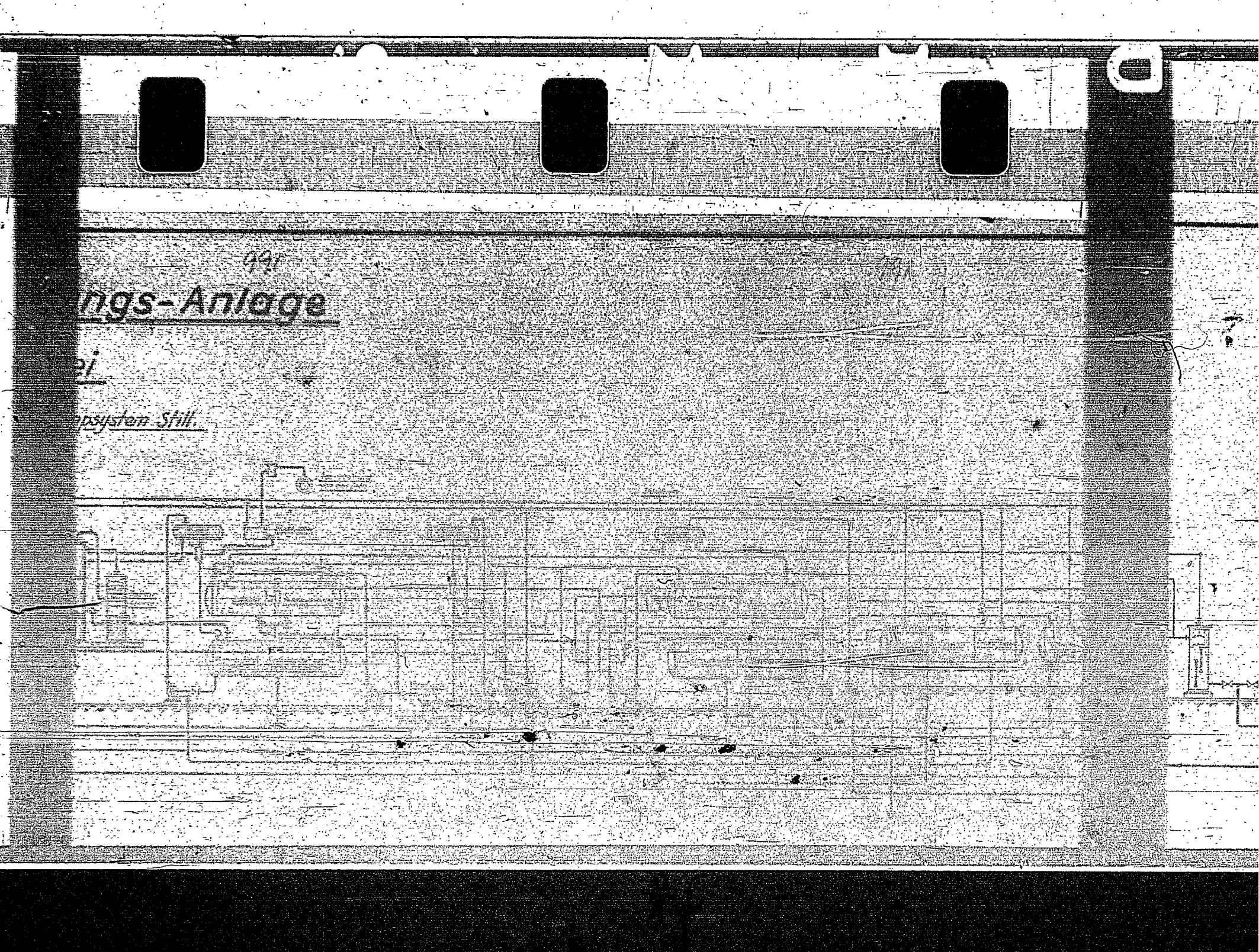
991

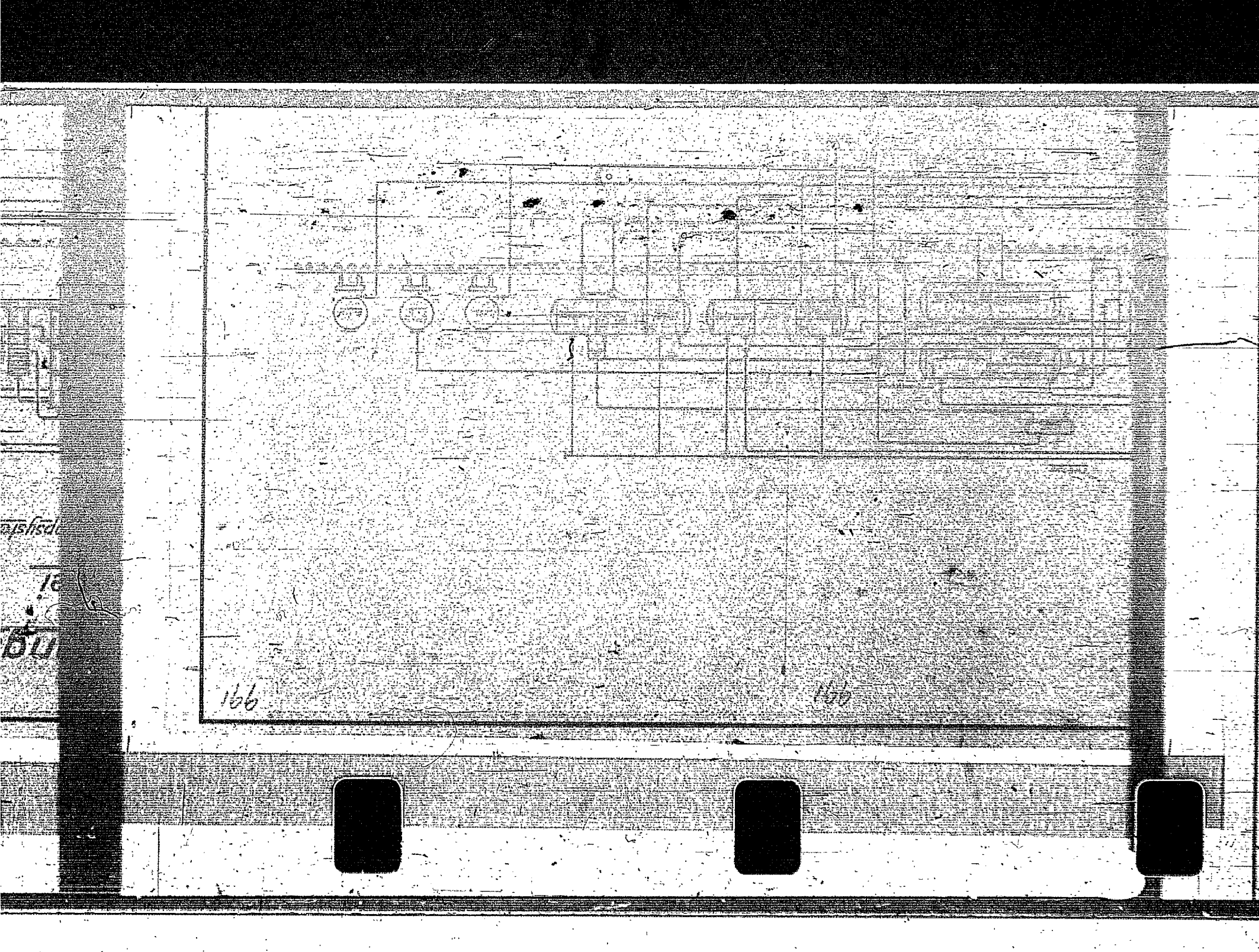
Schema der Entphenolungs-An

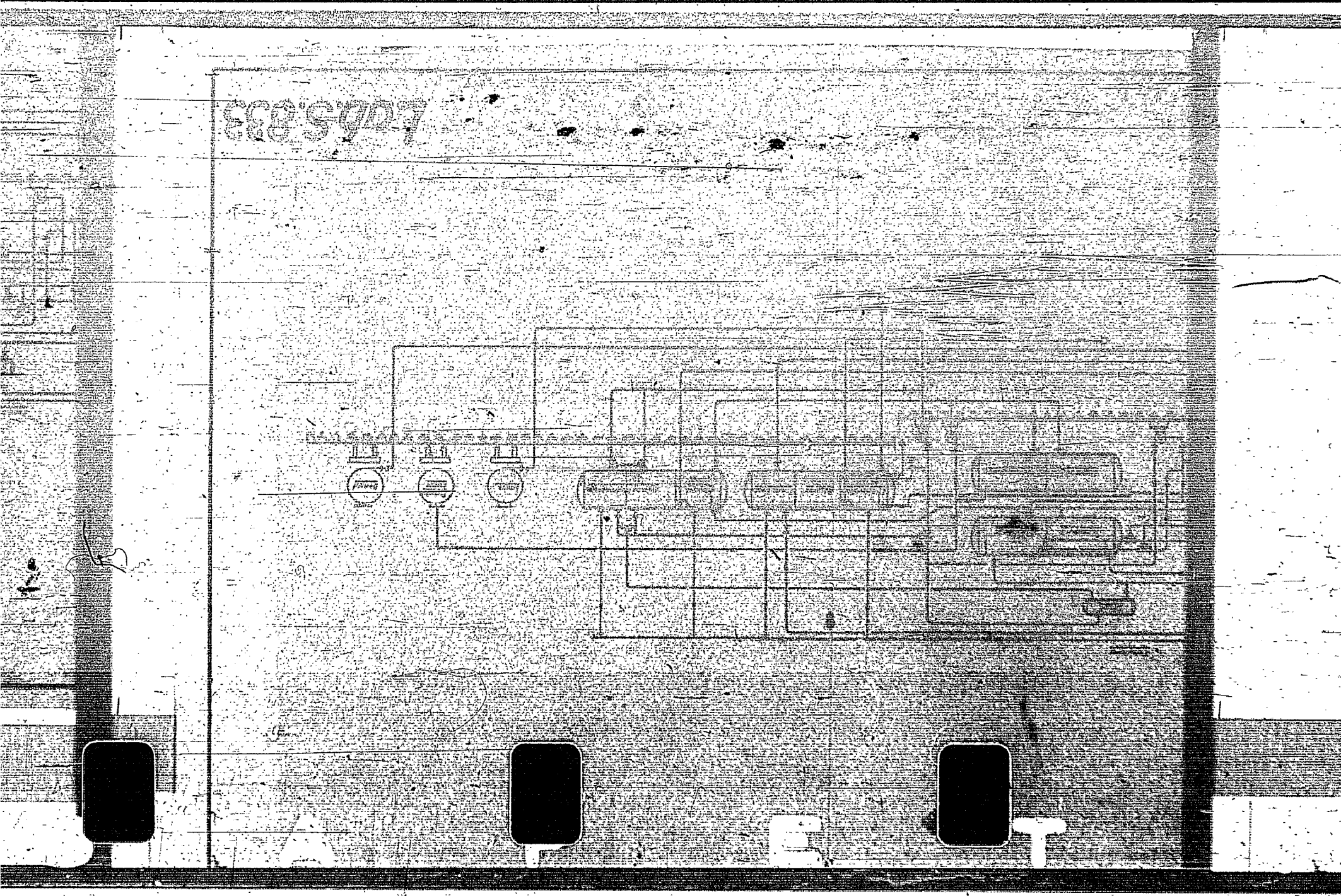
einer Kokerei

Stündlicher Durchsatz 50 m³ Umpumpsystem Still.




ngs-Anlage
ei
psystem Stift.



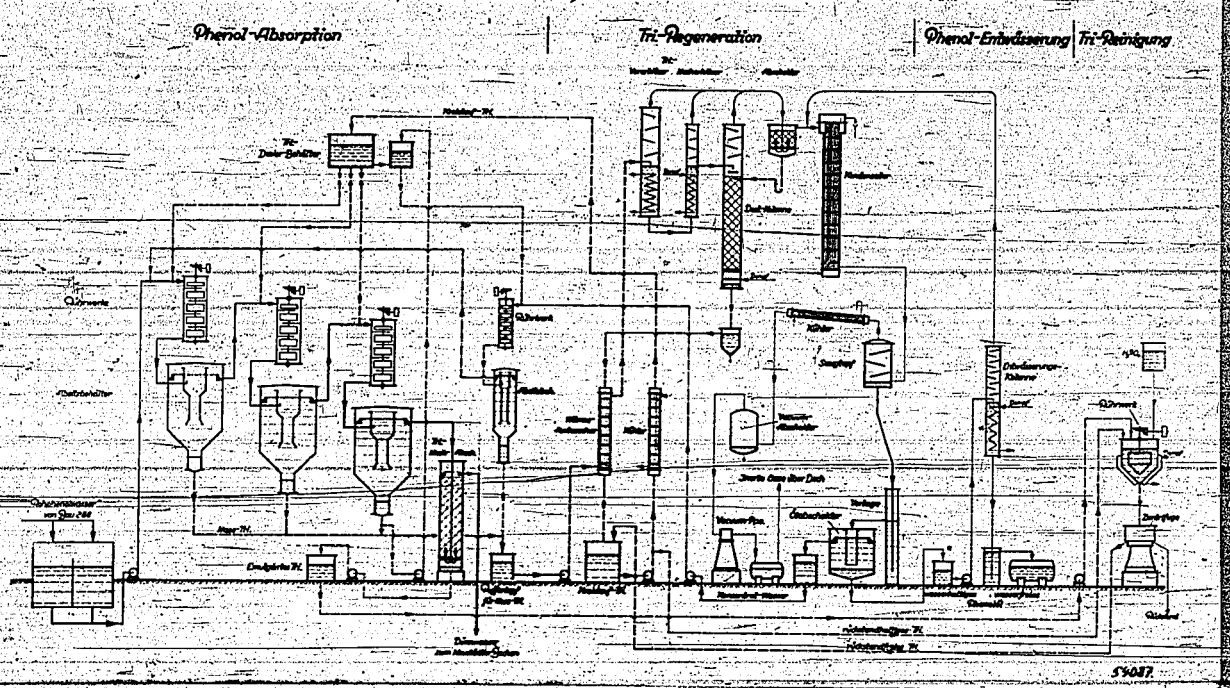


TITLE PAGE

4. Entphenolungs-Anlage.
Dephenolizing plant. I. G.
Farbenindustrie A.G.,
Merseburg-Leuna. Tricresyl-
phosphate system.

Frame No. 992

Entphenolungs-Anlage.



TITLE PAGE

5. Gegenwärtiger Stand der Entphenolung von Abwässern aus Kohleveredlungsanlagen von Dr. Ing. W. Herbert, Frankfurt a.M. Sonderdruck aus "Oel und Kohle" 38, Jahrgang 1942 Heft 19, Seite 525/31.
Present position of the dephenolizing of waste waters from coal processing plants. Reprint from "Oil and Coal" 38, 1942, Vol. 19 pages 525/31.

Frame Nos. 993 - 1000

Gegenwärtiger Stand der Entphenolung von Abwässern aus Kohleveredlungsanlagen

Von Dr.-Ing. W. Herbert, Frankfurt a. M.

Sonderdruck
aus „Oel und Kohle",
38. Jahrgang 1942,
Heft 19, Seite 525/31

E. P. 1162

Gegenwärtiger Stand der Entphenolung von Abwässern aus Kohleveredlungsanlagen

Von Dr.-Ing. W. Herbert, Frankfurt a. M.

Die Industrie wird immer größer, aber die Wasserführung der Flüsse ändert sich nicht. Je mehr Kokereien, Schwelereien und Hydrierwerke in Betrieb kommen, um so dringender wird die Abwasserfrage. Neuzeitliche Kraftstoffwerke sind rohstoffgebunden, können also nicht immer an großen Flüssen errichtet werden. In manchen kleineren Flüssen ist der Fischbestand durch phenolhaltige Abwässer bereits ausgerottet, und man beschränkt sich darauf, wenigstens industrielle Schäden bei den flußabwärts befindlichen Anliegern zu vermeiden.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, das Phenolproblem zu lösen, sei es durch Vernichtung der störenden Stoffe oder durch ihre Gewinnung.

Phenolvernichtungsverfahren

Die Behandlung der Wässer mit den verschiedensten Chemikalien, über die *W. Weiler* und *F. Sierp*[1]) berichten, hat nicht zu praktisch brauchbaren Ergebnissen geführt; das gleiche gilt für die Oxydation mit Luft mit und ohne Chemikalienzusatz[2]). Verdampfen des Wassers und Verbrennen des Eindampfrückstandes führt zwar zur Beseitigung der Phenole, ist aber mit sehr hohen Kosten verbunden, da starke Korrosionen auftreten. Das Ablöschen von Koks mit phenolhaltigen Wässern scheitert an dem ungünstigen Verhältnis Abwasser:Koks, an der Geruchsbelästigung der Umgebung und an der Verschlechterung der Koksqualität. Lediglich die Gaswerke sind im allgemeinen in der Lage, ihre Phenolwässer zusammen mit den städtischen Abwässern, welche für einen raschen biologischen Abbau der Phenole sorgen, ohne besondere Schwierigkeiten zu beseitigen.

In Niederschlesien hat man mit gutem Erfolg Kokereiwässer in die Flotationsanlagen zur Trennung der Feinkohle von den Bergen geschickt. Da Phenolwässer wegen ihrer Neigung zur Schaumbildung eine flotationsfördernde Wirkung besitzen, konnte eine Ersparnis an Flotationsöl bei gleichzeitiger Verringerung des Phenolgehaltes der Wässer — wohl infolge von Adsorption der Phenole an die Feinkohle — erreicht werden[3]).

Es ist auch schon vorgeschlagen worden, phenolhaltige Wässer durch Zusatz von Formaldehyd unschädlich zu machen[4]), wobei eine Ausfällung von Harzen erfolgt, die abfiltriert werden muß. Auch dieses Verfahren hat sich in der Praxis nicht einführen können.

Vielfach helfen sich Schwelereien in der Weise, daß die Abwässer in den Tagebau geleitet werden. Hierbei besteht aber die Gefahr, daß der Untergrund verseucht wird, so daß die Phenole auf Umwegen in den Vorfluter gelangen können. Um diesen Übelstand zu mildern, werden die Wässer nach Möglichkeit vorher über Kesselaschen filtriert, die einen Teil der Phenole adsorptiv binden.

Gute Ergebnisse hat die nasse Oxydation in Form der biologischen Reinigung gezeigt. Dieses Verfahren wurde in England, wo das Problem der Reinigung der als „devil liquor" bezeichneten Kokereiabwässer schon länger drängte, zuerst angewendet[5]). In Deutschland wurde es von der Emscher Genossenschaft in Essen, einer Gemeinschaftsgründung des Ruhrbergbaus, weiterentwickelt und in größerem Maßstab eingeführt[7]).

Bei der biologischen Reinigung wird das durch Frischwasser verdünnte Abwasser in stark belüfteten Becken unter Zusatz von Fäkalien als Bakterienträger umgewälzt. Der Boden dieser Becken wird von Filterplatten gebildet, durch welche ständig Luft hindurchgepreßt wird. Die Bakterien sind in der Lage, die organischen Bestandteile des Wassers mit Hilfe des Sauerstoffs zu Kohlensäure zu oxydieren. An Stelle der biologischen Becken oder kombiniert mit diesen werden auch vielfach belüftete Tropfkörper (z. B. Schlackenschichten) verwendet, die mit dem Abwasser berieselt werden. Diese Verfahren wurden in neuerer Zeit von Dr. *E. Nolle*[8]), Magdeburg, durch den Zusatz geringer Mengen Phosphorsäure bzw. Phosphate erheblich verbessert (Magdeburger P-Verfahren). Die Phosphate regen das Wachstum der Bakterien und ihre Oxydationsleistung so stark an, daß nach Einarbeitung des Beckens kein Fäkalschlamm mehr benötigt wird und man mit kleineren Beckenabmessungen auskommt. *Abb. 1* zeigt eine derartige Anlage auf einem Schwelwerk.

Abb. 1. Anlage zur biologischen Flutphenolung auf einem Schwelwerk (Magdeburger P-Verfahren)

Trotz der eingeführten Verbesserungen erfordert die biologische Reinigung der Wässer auch heute noch einen erheblichen Kostenaufwand; man schaltet deshalb neuerdings zu ihrer Entlastung Phenolgewinnungsanlagen vor.

[1]) Chemiker-Ztg. 61, 836 [1937]; Techn. Gemeindebl. 37, Nr. 8 [1934].
[2]) D. R. P. 401457.
[3]) *D. Witt* u. *F. Schuster*, Gas- u. Wasserfach 71, 241 [1928].
[4]) *Kappe*, Zbl. Gewerbehyg. Unfallverhüt. 1936, 160.
[5]) D. R. P. 567625.
[6]) E. P. 161976; *G. J. Fowler*, *E. Ardern* u. *W. T. Locket*, J. Soc. chem. Ind. 1911, 174, 180, 181, 1912, 471; *H. Schmidt*, Braunkohle 40, 365 [1941].
[7]) *Helbing* u. *H. Bach*, Festschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft", S. 262 bis 276, Essen 1924; Z. angew. Chem. 39, 706 [1926]; *M. Preß*, Glückauf 61, 500 [1925].
[8]) Braunkohle 40, 245, 259 [1941].

Phenolgewinnungsverfahren

Als der Bedarf an Phenolen so stark anstieg, daß man dazu überging, Carbolsäure synthetisch herzustellen, setzten auch Bemühungen ein, die Phenole aus den Abwässern zu gewinnen. Wenn auch die Verfahren zur Phenolgewinnung im allgemeinen verlustbringend arbeiteten, so rechtfertigten sich diese Bemühungen doch darin, daß die volkswirtschaftlich wertvollen Rohstoffe erhalten wurden, und daß die Schlußreinigung der entphenolten Wässer nur noch geringere Kosten verursacht. Viele Werke sind nach Einschaltung einer Entphenolungsanlage in der Lage, das auf diese Weise vorgereinigte Wasser mit phenolfreien Werksabwässern so weit zu verdünnen, daß eine biologische Nachreinigung nicht mehr erforderlich ist.

Die ersten großtechnischen Versuche zur Phenolgewinnung aus Kokereiabwässern wurden nach dem Weltkrieg etwa gleichzeitig im Ruhrgebiet[7]) und in den USA[8]) durchgeführt.

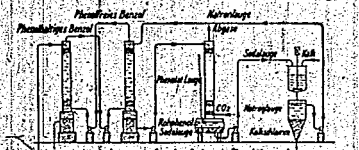


Abb. 2. Schema des *Pott-Hilgenstock*-Verfahrens zur Phenolgewinnung aus Kokereiwässern

Die Emscher Genossenschaft versuchte zunächst, eine Extraktion der Wässer mit Benzol vorzunehmen. Die Abwässer wurden in mit *Raschig*-Ringen gefüllten Gegenstromwäschern mit 25% Benzol behandelt, wobei das Benzol etwa 1 Gew.-% Phenole aufnahm. In einem zweiten Arbeitsgang wurde das Benzol vom Phenol abdestilliert und ging im Kreislauf zur Extraktion zurück. Dieses Verfahren arbeitete unbefriedigend, da der Phenolgehalt des Wassers von 2 bis 3 g/l nur auf 0,7 bis 0,9 g zurückging. Die Anwendung einer größeren Benzolmenge bei der Extraktion war nicht tragbar, da es mit wirtschaftlichen Mitteln nicht möglich ist, 100 oder noch mehr Gewichtsteile Benzol auf 1 Gewichtsteil Phenole abzudestillieren. Die Emscher Genossenschaft übernahm deshalb ein von *Pott-Hilgenstock*[9]) angegebenes Verfahren, wonach die Gewinnung der Phenole aus dem Benzolextrakt nicht durch Destillation, sondern durch Extraktion mit Natronlauge vorgenommen wird (vgl. *Abb.* 2). Man erhält hierbei kein Rohphenolöl, sondern Phenolatlauge, welche in einem weiteren Prozeß durch Behandlung mit Kohlensäure in Phenole und Soda zerlegt wird, die wiederum mit Kalk zu Natronlauge kaustifiziert werden muß. Man hat aber den großen Vorteil, daß ohne wesentlichen Mehraufwand mit großem Benzolumlauf und daher hervorragender Entphenolungswirkung gearbeitet werden kann. Dieses Verfahren wurde in der Folgezeit in zahlreichen Ruhrkokereien eingeführt[11]).

Das *Pott-Hilgenstock*-Verfahren kann zusammenfassend wie folgt gekennzeichnet werden:

Es erlaubt eine sehr weitgehende Entphenolung der Wässer, hat sich im Kokereibetrieb gut bewährt, deckt aber bei den dort vorkommenden Phenolgehalten lediglich die Betriebskosten ohne Kapitaldienst. Es ist nicht ohne weiteres außerhalb des Ruhrgebietes anwendbar, da die Verarbeitung der Phenolatlaugen nur in einer zentralen Anlage lohnend ist, und die Laugen aus Frachtgründen nicht weit transportiert werden können.

Man hat sich bemüht, das *Pott-Hilgenstock*-Verfahren auch auf Schwelbetriebe zu übertragen[12]). Es kam jedoch aus folgenden Gründen nicht zur Aufstellung von Großanlagen:

Benzol ist für Schwelwerke ein betriebsfremder Stoff, der nicht aus eigener Produktion ergänzt werden kann; die Rückgewinnung der im Abwasser gelöst bleibenden Benzolanteile ist nicht, wie in Kokereien, auf einfache Weise durchführbar, da Schwelwerke ihre Abwässer wegen des geringen Ammoniakgehaltes nicht über Ammoniakabtreiber schicken.

Man müßte eine Erhitzung des Abwassers auf etwa 100° vornehmen lediglich, um das im Wasser gelöst verbliebene Benzol zurückzugewinnen, was erhebliche zusätzliche Kosten verursacht.

Zwecks Umgehung dieser Schwierigkeit hat man vorgeschlagen, bestimmte Schwelölfraktionen, z. B. entphenoltes Mittelöl der *Lurgi*-Schwelereien, für die Entphenolung heranzuziehen[13]). Tatsächlich gelingt es auf diesem Wege durch Anwendung eines Ölkreislaufs von 100 bis 200% bezogen auf Wasser, brauchbare Entphenolungseffekte zu erzielen. Die Verluste durch gelöstes Öl sind verschwindend gering, da bereits das phenolhaltige Schwelwasser mit Öl gesättigt ist. Auch dieses Verfahren scheiterte bisher an den sehr stabilen Emulsionen, welche zwischen Öl und Schwelwasser auftreten und nur in schnellaufenden Zentrifugen beseitigt werden können. Noch größere Schwierigkeiten ergeben sich bei der Aufbereitung der Phenolatlauge, da Schwelwässer neben Phenolen ganz erhebliche Mengen Dioxybenzole (z. B. Brenzcatechin) enthalten, die aus der Phenolatlauge durch Kohlensäure nicht mehr abgeschieden werden können. Es entsteht also ein so großer Natronlaugebedarf, daß das Verfahren hieran scheitern muß.

In den Jahren 1925 bis 1928 entwickelte *Koppers* ein Entphenolungsverfahren[14]), das sich gegenüber dem *Pott-Hilgenstock*-Verfahren dadurch auszeichnet, daß es keinerlei Lösungsmittel benötigt. Es ist infolgedessen auch dort anwendbar, wo Benzol zur Extraktion

---

[7]) A. P. 1566795, 1566796, 1595602, 1595603, 1595604, 1600228.

[8]) D. R. P. 370151, 375309, 397466, 399676, 418623, 436522.

[9]) *F. Hoenig*, Z. angew. Chem. 42, 325, [1929]; *O. Kühn*, Chemiker-Ztg. 57, 721 [1933]; *W. Pradt*, Glückauf 64, 1359 [1928]; *R. Raschig*, Z. angew. Chem. 40, 897 [1927]; *A. Weindel*, Glückauf 63, 401, [1927], 64, 498 [1928]; *H. Wiegmann*, Glückauf 64, 397, 435, 605 [1928]; Brennstoff-Chem. 11, 285, 304 [1930]; Instn. Gas Engrs. Comm. 21, 36 [1930]; *B. F. Hatch*, Blast Furnace Steel Plant 1929, 1493; *H. Wiegmann*, Gesundheitsing. 61, 64 [1938].

[10]) *M. Preß*, Gas- u. Wasserfach 72, 791 [1929].

[11]) D. R. P. 504337, 516527.

[12]) *E. Kersten*, Braunkohle 40, 291 [1941]; *H. Schmidt*, ebenda, S. 365.

[13]) D. R. P. 567625, 552536; Gas- u. Wasserfach 72, 797 [1929].

nicht zur Verfügung steht bzw. die Benzolrückgewinnung Schwierigkeiten machen würde.

Beim *Koppers*-Verfahren wird das phenolhaltige Wasser unter Anwendung von großen, im Kreislauf geführten Spüldampfmengen (etwa 2000 m³ Dampf auf 1 m³ Wasser) in einer Kolonne ausgedämpft, wobei die wasserdampfflüchtigen Phenole, insbesondere also Carbolsäure und Kresole, verdampfen und aus dem Gemisch mit Wasserdampf durch Absorption in heißer Natronlauge ausgeschieden werden.

Dieses Dampfumlaufverfahren wurde 1928 in der Kokerei Hamilton in Ohio und anschließend in einigen weiteren USA-Kokereien eingeführt, während die Kokereien in Deutschland das *Pott-Hilgenstock*-Verfahren vorgezogen haben. Das *Koppers*-Verfahren wurde in mehrjähriger Arbeit von der Aktiengesellschaft Sächsische Werke für die Anwendung auf Schwelwässer weiterentwickelt und anschließend in einigen ihrer Schwelwerke eingeführt[14]).

In seiner heutigen Ausführungsform arbeitet das Verfahren wie folgt:

Das phenolhaltige Schwelwasser wird zunächst in einer Entsäuerungskolonne mit Dampf behandelt, wobei Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und ein Teil des Ammoniaks abgetrieben werden *(Abb. 3)*. Mit den Abschwaden der Entsäuerungskolonne entweichen auch einige Prozente des Phenols. Das entsäuerte, heiße Schwelwasser geht auf den oberen Teil des Entphenolungsturmes, durch welchen eine sehr große Wasserdampfmenge mittels eines Gebläses im Kreislauf gewälzt wird. Der Kreislaufdampf passiert im unteren Teil der Kolonne ein System von Glockenböden, über welche Natronlauge rieselt; er gibt hier seinen Phenolgehalt ab, um anschließend sofort wieder für die Ausdampfung weiterer Wassermengen im oberen Teil des Turmes eingesetzt zu werden. Das entphenolte Wasser wird in der Mitte des Turmes abgezogen. Die mit Phenolen etwa halbgesättigte Natronlauge wird in einem nachgeschalteten Waschturm mit phenolhaltigem Schwerbenzin behandelt, wobei gleichzeitig phenolfreies Schwerbenzin und eine voll aufgesättigte Phenolatlauge erhalten werden. Die Phenolatlauge wird dann, ähnlich wie beim *Pott-Hilgenstock*-Verfahren *(Abb. 2)*, mit Kohlensäure gespalten, mit Kalk kaustifiziert und geht danach zum Waschturm zurück. Beim Ausdampfen neigt das Schwelwasser dazu, auch Fettsäuren abzugeben, welche im Phenol unerwünscht sind. Um diesen Effekt zu unterdrücken, wird im Dampfkreislauf ein erheblicher Ammoniakgehalt aufrechterhalten. Das Ammoniak drängt die Dissoziation der im Schwelwasser vorhandenen, fettsauren Ammonsalze so stark zurück, daß im wesentlichen nur Phenole ausgedämpft werden. Die Entphenolung gelingt bis auf rd. 0,6 g wasserdampfflüchtige Phenole/l. Höhersiedende Phenole, wie z. B. Brenzcatechin, Alkylphenole und dergleichen, können bei diesem Ausdämpfverfahren naturgemäß nicht gewonnen werden. Diese Stoffe verbleiben im Abwasser; wenn sie in größeren Mengen vorhanden sind, erfordert die weitere Reinigung noch einen zusätzlichen Aufwand.

Es ist weiterhin versucht worden, die Phenolgewinnung mit Aktivkohle durchzuführen. Im Jahre 1930 baute die Largi auf einer Ruhrkokerei im Auftrag der Carbo-Norit-Union[15]) eine Aktivkohleanlage, welche nach folgendem Prinzip arbeitet:

Das durch Koksfilter vorgereinigte Wasser wird abwechselnd von unten nach oben durch zwei mit körniger Aktivkohle gefüllte Behälter geleitet *(Abb. 4)*. Die Aktivkohle hält die Phenole bis auf einen Restgehalt von 0,05 g/l zurück. Hierbei wird das Wasser auch von höhersiedenden Phenolen und anderen organischen Begleitstoffen befreit. Nachdem die Aktivkohle mit etwa 6 bis 10% ihres Gewichtes an Phenolen beladen ist, wird das Abwasser auf einen zweiten Behälter geschaltet, während der erste aus einem mit Benzol gefüllten Hochbehälter in Richtung von oben nach unten mit Benzol extrahiert wird.

Das heiße Benzol löst die Phenole aus der Aktivkohle wieder heraus. Das unten austretende Benzol-Phenol-Gemisch geht über einen Abscheider zum Benzol-Phenol-Behälter. Von dort aus wird es in eine Destillierkolonne geführt. Da der Phenolgehalt des Benzols ein Vielfaches von dem beträgt, was beim *Pott-Hilgenstock*-Verfahren erreichbar ist, kann die Rückgewinnung des Phenols destillativ mit geringen Kosten durchgeführt werden. Man spart also den Weg über die Phenolatlauge. Die oben aus der Kolonne abziehenden Benzoldämpfe werden in dem nachgeschalteten Kühler verflüssigt und wandern dann zurück in den Hochbehälter, um für weitere Extraktionen eingesetzt zu werden.

Nach der Phenolextraktion der beladenen Aktivkohle erfolgt eine Ausdämpfung mit Wasserdampf in Richtung von oben nach unten zwecks Beseitigung der Benzolreste aus der Kohle. Das Gemisch von Benzoldampf und Wasserdampf geht über einen Kondensator, wird dort verflüssigt und gelangt dann über den Abscheider in den Benzol-Phenol-Sammelbehälter. Die ausgedämpfte Kohle ist nunmehr unmittelbar zur Entphenolung weiterer Wassermengen verwendbar.

Das Aktivkohleverfahren liefert die höchste Phenolausbeute, die jemals in Großanlagen erreicht wurde. Die Betriebskosten einschließlich der Aktivkohle-Ersatzkosten sind bei Verarbeitung von Kokereiwässern auch keineswegs prohibitiv. Trotzdem wurde die erste Anlage in einer Zeit, als die Phenolpreise einen besonders tiefen Stand erreicht hatten, stillgelegt. Weitere Anlagen wurden nicht mehr gebaut, wofür wohl einerseits die Abneigung gegen den diskontinuierlichen Betrieb des Verfahrens und andererseits der Umstand maßgebend waren, daß sich die Emscher Genossenschaft, im Hinblick auf den bereits erfolgten Bau zahlreicher Anlagen nach dem *Pott-Hilgenstock*-Verfahren auf die Verarbeitung von Phenolatlaugen eingerichtet hatte.

Als mit der Entstehung neuer Hydrier- und Schwelwerke die Abwasserfrage immer dringender wurde, entwickelte die I. G. Farbenindustrie A.-G. das Trikresylphosphatverfahren[16]).

Trikresylphosphat ist eine bei 280° bis 285° unter 10 Torr siedende, farblose Flüssigkeit, die ein außergewöhnlich hohes Aufnahmevermögen für Phenole besitzt. Es genügt, Schwelwässer zweimal mit 5 bis 10% Trikresylphosphat zu schütteln, um auf Phenolrestgehalte unter 0,5 g/l zu kommen. Die Phenole

[14]) *H. Jus*, Braunkohle 40, 245 [1941].

[15]) D. R. P. 534204, 540054, 543014, 543015, 543791, 545160, 564665, 579643, 670272, 675391; *F. Sierp*, Gas- u. Wasserfach 76, 105 [1933].

[16]) D. R. P. 532291, 633895; *O. Schönburg*, Brennstoff-Chem. 12, 69 [1931]; *E. Osmeier-Kreß*, Brennstoff-Chem. 17, 466 [1936].

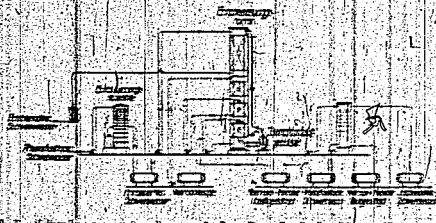


Abb. 4. Schwefelwasserstoffentfernung nach dem Dampfstrahlverfahren (Koppers-Kalle). Kombiniert mit Ammoniakgewinnung aus Schwefelsäure. Nach (Braunkohle) 9.

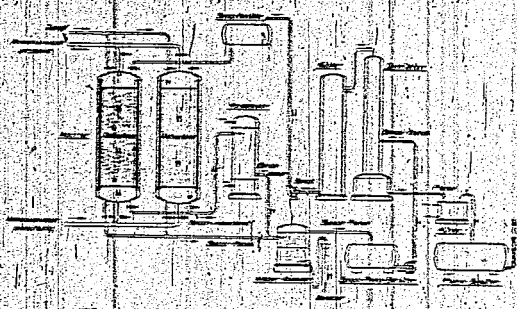


Abb. 5. Schwefelwasserstoffentfernung mit Entphenolung und Kühlwasserbetrieb (Carbo-Norit-Union und Lurgi).

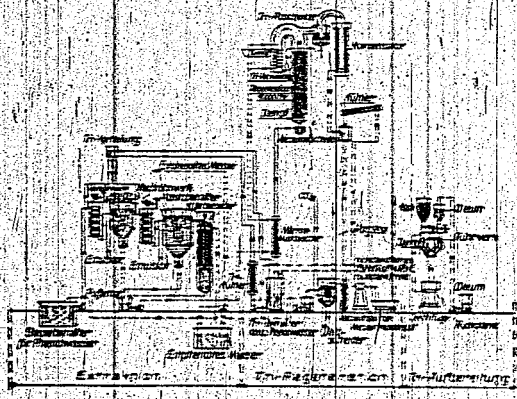


Abb. 6. Entphenolungsanlage nach dem Tieftemperaturverfahren (C. H. Farbenindustrie).

können anschließend durch Destillation Phenole aus dem beladenen Lösungsmittel abgetrennt werden.

Abb. 3 zeigt die Gesamtanordnung einer Teerölanlage. Das Wasser wird zweistufig im Gleichstrom über Kiesfüllungen und Absetzkühler mit dem Lösungsmittel behandelt. Das phenolhaltige Teerölgemisch geht über einen Pufferkopf und Wärmeaustauscher sowie Vorwärmer in eine Regenerationskolonne, in der die Phenole im Vakuum abdestilliert werden. Das als Rückstand verbleibende Lösungsmittel geht nach Kühlung zur Extraktion zurück. Eine Teilmenge wird ständig aus dem Kreislauf abgezweigt und durch Behandlung mit Oleum und Kalk von den aufgenommenen basischen Begleitstoffen soweit als möglich befreit.

Nach diesem Verfahren wurden mehrere Anlagen in Schwel- und Kokereiwerken gebaut. Bei ungünstigen, praktischen Betriebsbedingungen zeigten sich Besonders in Schwelwerken Vorteile, die wesentlich darauf beruhen, daß das Teerölgemisch die Phenole bei der Destillation nur schwierig abgibt. Es kommt, falls Phenolhaltiges Teerölgemisch anfällt, wirtschaftlich in Betracht, wenn durch den Extraktionseffekt eine Entlastung der Destillationsanlage erreicht wird. Außerdem arbeiten sich in Teerölgemischen die leichtsiedenden organischen Wasserbestandteile an, wodurch das Lösemittel verdünnt und die Extraktionswirkung verringert.

Wie die Untersuchung in der Praxis gezeigt hat, ist keines der bisherigen Entphenolungsverfahren universell anwendbar. Immer wieder kommt es vor, daß ein Verfahren, welches in einer Anlage gute Ergebnisse zeigt, in einer anderen Anlage völlig versagt. In den günstigsten Beispielen

über Betriebserfahrungen wird angegeben, daß die Betriebskosten der Anlagen aus dem Erlös gedeckt werden können. So ist es zu erklären, daß immer noch zahlreiche Werke ihr Abwasser mit behelfsmäßigen, ja kostspieligen Methoden beseitigen, statt die Phenole zu gewinnen. Besonders für Schwelereien war bis vor kurzem noch keine wirklich befriedigende Lösung gefunden.

Das Phenosolvanverfahren

Als in den letzten Jahren immer mehr und immer größere Schwelwerke gebaut wurden, ergab sich auch für die Lurgi die Notwendigkeit, die Frage der Entphenolung erneut zu studieren.

Auf das Aktivkohleverfahren konnte nicht zurückgegriffen werden, da der Gehalt der Schwelwässer an hochsiedenden Begleitstoffen und die Polymerisationsneigung dieser Stoffe so groß ist, daß der Aktivkohleverbrauch untragbar geworden wäre. Bei den im Jahre 1937 in Angriff genommenen Arbeiten wurde das Ziel darin gesehen, ein Verfahren zu entwickeln, welches in seiner Leistung nicht von der Zusammensetzung der einzelnen Wässer abhängig ist. Es war nämlich vielfach gar nicht möglich, auf die Natur der auch unter sich verschiedenen Schwelwässer von vornherein Rücksicht zu nehmen, weil diese Wässer meist erst nach Fertigstellung des Schwelwerkes zur Verfügung standen.

Im Verlauf der Vorarbeiten wurde eine große Anzahl Lösungsmittel auf ihre Entphenolungsleistung gegenüber Schwelwässern geprüft. Darunter zeigte eine bestimmte Gruppe, die später mit „Phenosolvan" bezeichnet wurde, ganz besonders günstige Eigenschaften.

Das Phenosolvan ist ein Gemisch verschiedener Ester von höheren, aliphatischen Alkoholen. Es hat eine Dichte von etwa 0,88 und siedet zwischen 110° und 130°. Es besitzt das weitaus größte Phenolextraktionsvermögen unter allen bekannten Lösungsmitteln. Beispielsweise sind bei der Gegenstromextraktion eines Schwelwassers mit einem Phenolgehalt von 7,0 g/l zur Erreichung eines Endgehaltes von 0,4 g/l erforderlich:

Benzol	220 Vol.-%	bezogen
Entphenoltes Schwelöl	250 Vol.-%	auf
Trikresylphosphat	37,5 Vol.-%	Schwel-
Phenosolvan	10 Vol.-%	wasser

Da sich das Phenosolvan von dem aufgenommenen Phenol beim Erhitzen leicht trennt, kann es aus dem Phenolextrakt durch Destillation ohne weiteres wiedergewonnen werden.

Im weiteren Verlauf der Entwicklung stellte sich heraus, daß sich die I. G. Farbenindustrie A.-G. mit gleichartigen Arbeiten beschäftigte. Dies führte im Jahr 1940 zu einer Zusammenarbeit für die weitere Entwicklung und Verwertung des Verfahrens im großtechnischen Maßstab. Der im Frühjahr 1940 aufgenommene Betrieb einer Versuchsanlage erlaubte es, die technischen und wirtschaftlichen Leistungen des Verfahrens so zu präzisieren, daß bereits im Sommer gleichen Jahres eine Großanlage gebaut werden konnte. Diese erste Großanlage, welche auf einem Hydrierwerk seit Oktober 1941 in Betrieb ist und bereits erweitert werden soll, arbeitet nach folgendem Schema *(Abb. 6)*:

Das Hydrier- bzw. Schwelwasser wird nach Durchgang durch einen rein mechanisch wirkenden Abscheider über einen Begasungsturm gepumpt, in dem die Abgase aus der nachgeschalteten Anlage zwecks Rückgewinnung der in ihnen enthaltenen Lösungsmitteldämpfe gewaschen werden. Sodann wird das Wasser in der dreistufigen Extraktionsgruppe mit 10 Vol.-% Phenosolvan im Gegenstrom behandelt. Das entphenolte, aber noch 0,7% gelöstes Phenosolvan enthaltende Wasser fließt über einen Wärmeaustauscher in eine Abtreibekolonne, in der das Phenosolvan mit etwa 1% des Wassers durch direkten Dampf abgetrieben wird. Im Kondensator wird ein Gemisch von Wasser und Phenosolvan niedergeschlagen, das sich in einem Abscheider nach dem spezifischen Gewicht trennt. Die obere, aus Phenosolvan bestehende Schicht wird in den Phenosolvansammelbehälter geleitet, die untere, wässerige Schicht geht zurück. Das aus dem Sumpf der Kolonne abfließende Wasser gelangt über einen Wärmetauscher in den Abwasserkanal.

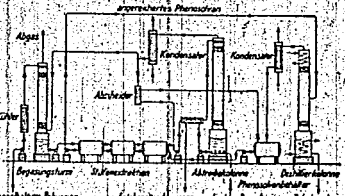


Abb. 6. Phenosolvananlage zur Phenolgewinnung aus Hydrier- und Schwelwässern. (Verfahren I. G.-Lurgi)

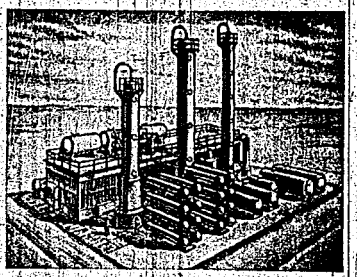


Abb. 7. Aufbau einer Phenosolvananlage

Eine Destillierkolonne zerlegt das von der Stufenextraktion kommende, mit Phenolen beladene Phenosolvan in reines Lösungsmittel, welches als Destillat in den Extraktionskreislauf zurückkehrt, und in Phenol, das als Destillationsrückstand verbleibt.

Abb. 7 veranschaulicht den Aufbau einer Großanlage. Nachdem in den letzten Jahren zahlreiche halbtechnische und großtechnische Versuche mit den verschiedensten Schwel- und Hydrierwässern durchgeführt und

die Ergebnisse dieser Versuche im 1½jährigen Betrieb einer Groß-Versuchsanlage und im halbjährigen Betrieb der ersten Großanlage bestätigt wurden, kann heute gesagt werden, daß mit dem Phenosolvan-Verfahren erstmalig ein universell verwendbares Entphenolungs-Verfahren geschaffen wurde, das nicht nur wirtschaftlich arbeitet, sondern in größeren Anlagen bei Verarbeitung von Spülgasschwelwässern sogar eine kurzfristige Amortisation des investierten Kapitals erlaubt. Die zahlreichen Versuche, welche in den Laboratorien der *I. G. Farbenindustrie* und der *Lurgi* bisher durchgeführt wurden, haben endgültig die Frage geklärt, weshalb die früheren Verfahren in einzelnen Fällen gute Ergebnisse brachten und in anderen Fällen versagten. Da es von allgemeinem Interesse ist, sollen die bei den Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse nachstehend mitgeteilt werden.

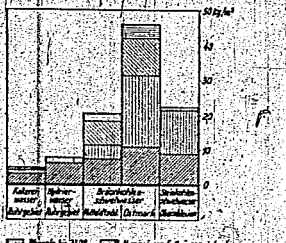


Abb. 8. Zusammensetzung typischer Phenolwässer

Wie *Abb. 8* zeigt, enthalten Phenolwässer neben den eigentlichen Phenolen (Carbolsäure, Kresole, Xylenole) noch sehr erhebliche Mengen organischer Begleitstoffe, wie z. B. Alkylphenole, Dioxybenzole, Teersäuren, Pyridin-, Chinolin-Basen, Ketone, Fett- und Huminsäuren. Der Gehalt an organischen Stoffen kann 30, 40, ja 50 kg/m³ Wasser betragen. Hinzu kommen noch 10 bis 20 kg, bei Hydrierwässern sogar bis zu 100 kg/m³ NH_3 und CO_2 neben kleinen Mengen H_2S und SO_2. Derartige Flüssigkeiten sind kaum noch als Abwässer zu bezeichnen, sie müssen vielmehr als chemische Lösungen angesehen und behandelt werden. Es leuchtet ein, daß die genannten Wasserbegleitstoffe nicht nur das Phenolgewinnungsverfahren empfindlich stören, sondern auch das biologische Gleichgewicht der Flüsse in Unordnung bringen können. Es genügt daher im allgemeinen nicht, die eigentlichen Phenole aus dem Wasser zu entfernen; auch die organischen Begleitstoffe müssen so weit wie möglich beseitigt werden.

Stellen wir uns nun die Wirkung dieser Wasserbegleitstoffe auf einige Phenolgewinnungsverfahren vor.

Würde man z. B. ein blankfiltriertes Schwelwasser durch ein Aktivkohle-Filter leiten, so werden zwar fast alle technisch interessanten Stoffe des Wassers adsorbiert, dagegen gelingt es nur, einen geringen Teil der hochsiedenden Phenolölanteile wieder heraus zu extrahieren. Die Aktivkohle würde also bereits bei der zweiten Beladung eine erheblich geringere Aufnahmefähigkeit aufweisen. Nach kurzer Zeit wäre ein befriedigender Betrieb infolge Verstopfung der feinen Poren der Aktivkohle mit verharzten Teersäuren nicht mehr möglich.

Führt man dagegen der gleichen Aktivkohle die phenolhaltigen Abwässer einer synthetischen Phenolgewinnungsanlage zu, also Abwässer, die wirklich nur Carbolsäure enthalten, so wird sie im Dauerbetrieb Entphenolungsleistungen zeigen, die auf andere Weise auch nicht annähernd erreicht werden können.

Würde man, um bei obigem Beispiel zu bleiben, das Schwelwasser ostmärkischer Braunkohle mit Trikresylphosphat entphenolen, so wäre folgendes zu erwarten: Beim Ausschütteln des Schwelwassers mit 10 Vol.-% Trikresylphosphat entsteht ein Extrakt, der 10% Phenole und 20% hochsiedende saure Öle enthält. Beim Abtreiben des Phenols im Vakuum aus dem Lösungsmittel werden die Phenole verdampft, während die höhersiedenden Öle zum großen Teil, beispielsweise in einer Menge von 10%, im Trikresylphosphat verbleiben. Bei Wiederverwendung des Lösungsmittels für eine erneute Ausschüttelung werden nochmals 10% Phenole und 20% Rückstandsöle aufgenommen, von denen wiederum nur ein Teil bei der Regeneration abgetrieben werden kann. Es leuchtet ein, daß nach wenigen Arbeitsgängen das Lösungsmittel derart mit hochsiedenden Stoffen angereichert worden ist, daß von einer guten Extraktionswirkung nicht mehr gesprochen werden kann. Das Triphos-Verfahren ist daher nur bei solchen phenolhaltigen Wässern anwendbar, die nicht zu viel hochsiedende Begleitstoffe enthalten. Dies ist, wie *Abb. 8* zeigt, im allgemeinen bei Hydrier- und Kokereiwässern der Fall.

Führt man den soeben beschriebenen Versuch unter Anwendung von Phenosolvan als Lösungsmittel durch, so ergeben sich auch bei vielfacher Wiederverwendung keine Schwierigkeiten, da das Lösungsmittel aus dem Phenolextrakt abdestilliert und in wasserheller Form zurückgewonnen wird. Die hochsiedenden Begleitstoffe des Wassers (im wesentlichen zweiwertige Phenole und Alkylphenole) verbleiben im Rohphenol und können aus diesem destillativ (als Rückstand) abgetrennt werden. Sie stellen einen zusätzlichen Wertstoff dar, der einen wesentlichen Teil der Verfahrenskosten deckt.

Diese Beispiele können leicht um weitere vermehrt werden; die aufgetretenen Enttäuschungen mit Phenolgewinnungsanlagen hatten in vielen Fällen ihre Ursache in einer mangelhaften Kenntnis der analytischen Zusammensetzung der Phenolwässer. Manche Stoffgruppen, die von größtem Einfluß auf das Verhalten des Wassers in den Anlagen sind, konnten nach den älteren Analysenmethoden überhaupt nicht erkannt werden.

Diese Unsicherheit kann heute als überwunden gelten. Es besteht nach Auswertung der umfassenden Erfahrungen der letzten Jahre eine so große Sicherheit in der Beurteilung der Anwendungsmöglichkeiten für die einzelnen Verfahren, daß wirtschaftliche Rückschläge vermieden werden können.

Phenolgewinnung aus Ölen nach dem Phenosolvanverfahren

In Schwel- und Hydrierwerken fallen neben phenolhaltigen Wässern auch phenolhaltige Öle an. Meist enthalten die Öle ebenso viel Carbolsäure wie die Wässer, während der Gehalt an höhersiedenden sauren Ölen

1000

sogar ein Mehrfaches der im Wasser enthaltenen Menge betragen kann. Da beim Phenosolvan-Verfahren die Betriebskosten für die Entphenolung nahezu unabhängig vom Phenolgehalt der Wässer sind, kann die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens erheblich verbessert werden, wenn es gelingt, den Phenolgehalt des Wassers durch Extraktion der Ölphenole zu erhöhen. Normalerweise stehen die Phenolgehalte der Öle und des Wassers im Gleichgewicht.

Schneidet man aber aus den Phenolölen, z. B. Mittelölen der Spülgasschwelung oder auch im Betrieb der Waschöldestillation dieser Anlagen eine geeignete Phenolölfraktion (z. B. 150° bis 210° siedend) heraus und bringt sie mit dem auf 70° bis 90° vorerhitzten Schwelwasser in Berührung, so werden bei geeignetem Verhältnis Öl : Wasser mehr als die Hälfte der Kresole und über 90% der Carbolsäure extrahiert. Man erreicht durch diese Vorbehandlung des Wassers bei mehrstufiger Gegenstromextraktion eine Erhöhung des Gehaltes an verwertbaren Phenolen je nach der zur Verfügung stehenden Ölfraktion um etwa 70 bis 200 %. Entsprechend steigt auch die Phenolerzeugung der Anlage, ohne daß die Betriebskosten nennenswert zunehmen.

Nach Durchführung von halbtechnischen Versuchen befinden sich mehrere Großanlagen zur Verarbeitung von Schwel- und Hydrierwasser im Bau. *Abb. 9* zeigt das Apparatusschema einer solchen Anlage.

Gegenüber *Abb. 6* unterscheidet sich das Verfahren lediglich darin, daß das Rohwasser nach Aufheizung auf 70° bis 90° in einer zweistufigen Mischanlage mit einer Schwel- oder Hydrierölfraktion behandelt wird, bevor es in die eigentliche Phenosolvan-Anlage, die mit dem Begasungsturm beginnt, eintritt. Inzwischen ist mit dem Bau weiterer Großanlagen begonnen worden, deren Kapazität die gesamte bisherige Phenolerzeugung aus Abwässern übertrifft.

Wirkungsgrad und Betriebskosten des Phenosolvanverfahrens

Das Abwasser einer Phenosolvan-Anlage enthält nur 0,1 bis 0,2 g Phenole/l; dies entspricht bei Schwelwässern mit einem Phenolgehalt von 7 g/l einer Ausbeute von 97 bis 98%. Die Rohphenolerzeugung ist meist erheblich größer als nach dem analytisch ermittelten Phenolgehalt zu erwarten ist. Dies hängt damit zusammen, daß die heute üblichen Phenolbestimmungsmethoden nur die sog. wasserdampfflüchtigen, d. h. die bis etwa 230° siedenden Phenole erfassen, während durch Phenosolvan auch die über 230° siedenden sauren Öle (vgl. *Abb. 8*) extrahiert werden.

Das Abwasser von Phenosolvan-Anlagen ist aber nicht nur frei von Phenolen, sondern auch von Ketonen und ähnlichen wasserdampfflüchtigen Stoffen, da diese bereits beim Gang des Verfahrens abdestillieren. Dagegen verbleiben Fettsäuren im Abwasser, da sie an Ammoniak gebunden vorliegen und infolgedessen nicht mitextrahiert werden können.

Soweit das Abwasser einer Phenosolvan-Anlage mit anderen Werksabwässern ausreichend verdünnt werden kann, bestehen keine Bedenken, es direkt in die Flußläufe zu leiten. Will man die im Abwasser noch vorhandenen organischen Stoffe restlos abbauen, so empfiehlt sich die Anwendung einer biologischen Nachreinigung. Im Ruhrgebiet hat sich hierbei das Arbeiten mit Fäkalschlamm durchgesetzt, während die Schwelwerke das Magdeburger P-Verfahren bevorzugen. Die Untersuchung verschiedener, nach dem Phenosolvan-Verfahren entphenolter Wässer durch das Flußwasseruntersuchungsamt Magdeburg hat ergeben, daß deren biologische Reinigung leichter und mit geringerem Aufwand gelingt, als es bei den Abwässern anderer im Bereich der Schwel- und Hydrierwerke verwendeter Verfahren möglich ist.

Die Betriebskosten des Phenosolvan-Verfahrens setzen sich folgendermaßen zusammen:

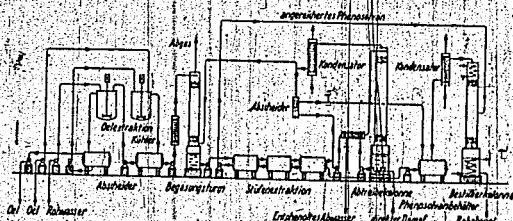


Abb. 9. Phenosolvananlage zur Phenolgewinnung aus Wässern und Ölen

Für die Rückgewinnung des Lösungsmittels aus dem extrahierten Abwasser und aus dem Extrakt wird teilweise Druckdampf und zum Teil Abdampf benötigt. Bei Anwendung des Verfahrens zur kombinierten Öl- und Wasser-Entphenolung ist zusätzlich Abdampf zur Erwärmung des Wassers auf 70° bis 90° erforderlich. Der Dampfverbrauch für das kombinierte Verfahren beträgt im letzteren Falle 0,18 t/m³ Wasser. Der Kraftverbrauch für den Antrieb von Misch- und Förderpumpen liegt bei 3 kWh/m³ Wasser.

Der Lösemittelverbrauch beträgt bei normalem Schwel- oder Hydrierwasser etwa 150 bis 250 g/m³ Wasser.

Die Bedienung kann bei Klein-Anlagen nebenher übernommen werden, bei größeren Anlagen genügen zwei Mann je Schicht.

Bei einem Phenolgehalt von 1 g/l, der bei Schwelwässern meist überschritten wird, deckt der Erlös aus dem Phenol Kapitaldienst und Betriebskosten. Größere Anlagen von 500 m³ Tagesdurchsatz und darüber lassen sich meist kurzfristig amortisieren. Dieser Fall liegt insbesondere bei Abwässern der Spülgasschwelung vor, wenn gleichzeitig eine Ölextraktion durchgeführt werden kann.

Zusammenfassung

Nach Beschreibung der bisherigen Verfahren zur Vernichtung oder Gewinnung der Phenole aus Abwässern wurde über die Entwicklung und den neuesten Stand des Phenosolvan-Verfahrens berichtet, welches auf dem Prinzip der Extraktion mit organischen Estern beruht. Es erlaubt in seiner letzten Ausführungsform die gleichzeitige Phenolgewinnung aus Wässern und Ölen und erreicht hierdurch eine besonders gute Wirtschaftlichkeit.

TITLE PAGE

6. Die Entphenolung von Industrieabwässern und -ölen nach dem Phenosolvan-Verfahren von Dr. Alfred Dierichs, Leverkusen. Sonderabdruck aus der "Chemischen-Zeitung", 1942 Jahrgang 66, No. 22/28, S. 288.

The dephenolizing of industrial waste waters and oils by the Phenosolvan process by Dr. Alfred Dierichs, Leverkusen. Reprint received from Dr. Dierichs at I.G. Farbenindustrie Plant Schkopau.

Frame Nos. 1001 - 1004

Sonderabdruck aus der „Chemiker-Zeitung" 1942, Jahrgang 66, Nr. 27/28, S. 288.
(Abdruck ist nur mit Genehmigung der „Chemiker-Zeitung" und mit Angabe der Quelle gestattet.)

Sonderabdruck aus der „Chemiker-Zeitung" 1942, Jahrgang 66, Nr. 27/28, S. 288.
(Abdruck ist nur mit Genehmigung der „Chemiker-Zeitung" und mit Angabe der Quelle gestattet.)

Die Entphenolung von Industrieabwässern und -ölen nach dem Phenosolvan-Verfahren.

Von Dr. Alfred Dierichs, Leverkusen. (Mit 7 Werkbildern.)

Infolge der raschen Entwicklung des Kunststoffgebietes reichten die aus Teerölen der Kokereien hergestellten Phenole nicht mehr aus. Man ist deshalb schon früh dazu übergegangen, auf synthetischem Wege aus Benzol die Phenole zu gewinnen. Eine weitere und dabei billige Phenolquelle lag in gewissen phenolhaltigen Ölen oder Abwässern der Hydrierung und Schwelung. Beschleunigt wurde die Entwicklung dadurch, daß die Beseitigung dieser in immer größerer Menge anfallenden Abwässer steigende Schwierigkeiten machte, zumal die behördlichen Vorschriften über die Reinhaltung der Flußläufe und Gewässer verschärft wurden. Man hat deshalb verschiedene Verfahren — bei gleichzeitiger Gewinnung der Phenole — für eine möglichst weitgehende Vorreinigung der Abläufe entwickelt. Freilich war es bis vor kurzem noch nicht gelungen, diese Maßnahmen wirtschaftlich durchzuführen. Um so mehr verdient ein neues, großtechnisch erprobtes Verfahren der Entphenolung Beachtung, das bei einem Phenolgehalt von 3—4 g Phenol je l sich schon bezahlt macht und bei höheren Phenolgehalten sogar einen nutzbaren Gewinn bringt. Der nachfolgende Aufsatz eines auf diesem Gebiete besonders erfahrenen Fachmannes behandelt ausführlich die wissenschaftlichen und technologischen Grundlagen dieses Verfahrens. Die Schriftleitung der Chemiker-Zeitung.

Nachdem die chemische Industrie in den letzten Jahren in steigendem Maße Phenole benötigte, ging die I. G. Farbenindustrie A.-G. dazu über, ihre synthetische Erzeugung zu vergrößern. Hierbei fiel ein salzhaltiges Phenolwasser an, dem schon aus rein wirtschaftlichen Gründen das Phenol entzogen werden mußte.

Es zeigte sich bei der Bearbeitung dieses Problems, daß die bekannten Verfahren nicht befriedigten. Bei dem Triphos-Verfahren führte der Salzgehalt zu Schwierigkeiten, das Pott-Hilgenstock- und ein Ausdampf-Verfahren schienen uns der damit verbundenen Laugenwirtschaft wegen nicht zweckmäßig. Wir suchten deshalb nach einem Lösungsmittel, das einen besseren Verteilungsfaktor zu wässerigen Phenollösungen besitzt, als die schon bekannten Lösungsmittel Benzol, Chlorbenzol, Benzine, Ölfraktionen usw. Gleichzeitig sollte das Lösungsmittel einen niedrigen Siedepunkt besitzen, um es gut destillativ vom Phenol trennen zu können. Auf diese Weise sollte im Kreislauf gleichzeitig ein reines Extraktionsmittel gewonnen werden. Dieses Lösungsmittel fanden wir in sauerstoffhaltigen Aliphaten, insbesondere in aliphatischen Estern und Äthern.

Gleichzeitig und unabhängig von uns bearbeitete die „Lurgi" das Entphenolungsproblem im Rahmen ihres Arbeitsgebietes „Spülgasschwelung". Die Lurgi fand hierbei die gleiche Lösungsmittelgruppe.

Aus der Überschneidung unserer beiderseitigen Arbeitsergebnisse und Patentanmeldungen entstand eine Zusammenarbeit bei der Entwicklung des Verfahrens im großtechnischen Maßstab. Das Verfahren erhielt den Namen „Phenosolvan-Verfahren" und wird von der Lurgi, Gesellschaft für Wärmetechnik, vertrieben. Das Lösungsmittel gelangt unter der Bezeichnung „Phenosolvan" in den Handel. Es stellt ein Gemisch verschiedener aliphatischer Ester mit optimalen Extraktionseigenschaften dar.

Allgemeines. Wir haben eine große Zahl Lösungsmittel auf ihre Extraktionswirkung hin untersucht. In der folgenden Zahlentafel sind die Verteilungsfaktoren einiger Lösungsmittel angegeben:

Zahlentafel I.
Verteilungsfaktoren verschied. Lösungsmittel gegen 2%ige Carbolsäurelösung.

	E	t		E	t
Leichtbenzin	0,2	20°	Butylalkohol	19,0	20°
Benzol	2,2	20°	Äthylacetat	36,0	22°
Chlorbenzol	2,0	20°	Iso-propylester	45,0	20°
Trikresylphosphat	28,0	20°	Phenosolvan	49,0	22°
Diäthyläther	17,0	20°	Phenosolvan	38,0	60°
Dipropyläther (normal)	17,0	20°			

Zum besseren Verständnis sei hier an die Definition des „Verteilungsfaktors" erinnert.

Der Verteilungsfaktor bedeutet das Verhältnis der Gleichgewichtskonzentrationen eines Stoffes in zwei nicht (oder nur beschränkt) mischbaren Lösungsmitteln. Beispielsweise schüttelt man 1 l einer Lösung mit 20 g Carbolsäure/l mit 1 l Benzol aus. Die Phenol-Konzentration ist nach dem Gleichgewicht im Benzol 2,2mal so groß wie im Wasser. Die ursprünglich im Wasser enthaltenen 20 g Phenol verteilen sich wie folgt: 13,75 g gelangen in das Benzol und 6,25 g bleiben im Wasser zurück. Teilt man die 13,75 durch 6,25, so erhält man den Verteilungsfaktor von 2,2.

Die hier ermittelten Werte verschieben sich etwas nach unten, wenn die Phenolkonzentration sehr niedrig wird. So liegt beispielsweise der Verteilungsfaktor des Phenosolvans für eine Lösung mit 0,144 g Phenol/l bei E = 43. Aus der Tafel ist ersichtlich, daß ganz wesentliche Unterschiede zwischen Kohlenwasserstoffen oder Chlorkohlenwasserstoffen und den sauerstoffhaltigen Verbindungen bestehen. So ist es leicht verständlich, daß bei einem Lösungsmittel mit einem Verteilungsfaktor von E = 49 nur ein Zehntel der Lösungsmittelmenge benötigt wird wie bei einem solchen mit E = 5. Während bei Lösungsmitteln mit einem niedrigen Verteilungsfaktor eine Abtrennung der Phenole durch Destillation unwirtschaftlich arbeitet und man in solchen Fällen dazu übergehen muß, die Phenole aus diesem Lösungsmittel durch Natronlauge zu entfernen (Pott-Hilgenstock-Verfahren), wird bei Lösungsmitteln mit E = 49 (z. B. Phenosolvan) die Trennung vom Phenol am wirtschaftlichsten durch Destillation vorgenommen.

Ferner zeigt die Zahlentafel, daß bei Phenosolvan die Extraktion nicht stark temperaturempfindlich ist.

Die Extraktion der Phenolwässer mit Lösungsmitteln wird am zweckmäßigsten im Gegenstrom durchgeführt. Bei Anwendung von Phenosolvan genügt es, mit 10% — bezogen auf die durchgesetzte Wassermenge — zu arbeiten. Bei einem Wasser mit 6 g Phenol/l kommt man leicht zu Restgehalten unter 0,1 g/l. Um beispielsweise bei Anwendung von Benzol als Lösungsmittel zum gleichen Ergebnis zu kommen, ist nach der Zahlentafel II für die Entphenolung von 1 l Phenolwasser mit 6 g/l eine Menge von $\frac{49}{2,2} \cdot 0,1 = 2,2$ l Benzol = 220%, bezogen auf 1 l Wasser, erforderlich. Hieraus wird ersichtlich, daß man bei der Anwendung von Benzol 22mal so viel Lösungsmittel im Kreislauf führen muß, als bei Phenosolvan. Der Phenosolvanextrakt enthält 59 g Phenol/l, während der Benzolextrakt nur auf 2,7 g Phenol/l kommt.

Zahlentafel II.
Zur Entphenolung einer Lösung von 6 g Carbolsäure/l bis zu einem Restgehalt von 0,1 g/l sind notwendig an Lösungsmittel:
bei Phenosolvan 10% und bei Benzol 220 % der Wassermenge.
Der Phenosolvanextrakt enthält 59 g Phenol/l, der Benzolextrakt 2,7 g Phenol/l.

Bei den ersten Untersuchungen in Leverkusen wurden stark salzhaltige Phenolwasser verwendet. Hier zeigte sich, daß der Verteilungsfaktor noch erheblich günstiger ist. So betrug dieser bei einer Lösung von 20 g Phenol in 1 l 17%ig. Kochsalzlösung für Phenosolvan etwa 180.

Unsere Untersuchungen ergaben, daß bei niedrigsiedenden Extraktionsmitteln, gleichgültig, ob es sich um Kohlenwasserstoffe wie Benzol und dergl. oder um Sauerstoff enthaltende Aliphaten wie Phenosolvan und dergl. handelt, die Löslichkeit in Wasser so groß ist, daß man auf eine Wiedergewinnung nicht verzichten kann. Beim Pott-Hilgenstock-Verfahren wird das mit Benzol gesättigte Abwasser warm einem Gasstrom entgegengeführt, der das gelöste Benzol mitnimmt. Diese Art der Wiedergewinnung ist jedoch nur in Kokereien zweckmäßig, da das im Gas enthaltene Benzol in der vorhandenen Waschöle automatisch zurückgewonnen wird. Wir fanden als zweckmäßigste Rückgewinnungsart die Wasserdampfdestillation. So lösen sich bei-

spielsweise 8 kg Phenosolvan im cbm Abwasser, zu deren Wiedergewinnung man nur 1% des Wassers abdestillieren muß.

Die in der Zahlentafel I mitgeteilten Verteilungsfaktoren beschränkten sich auf Carbolsäurelösungen. Bei den Homologen der Phenole wie Kresole, Xylenole liegen die Verteilungsfaktoren weitaus günstiger. Gleichzeitig ist auch hier ein Abfall der Verteilungsfaktoren bei abnehmender Phenolkonzentration vorhanden. Vergl. Zahlentafel III.

Zahlentafel III. Verteilungsfaktoren der einzelnen Phenole.

Anfangsgehalt 5 g/l	Restgehalt an Phenolen und Verteilungsfaktoren E nach den Ausschüttungen mit je 10-m Phenolsolvan		
	I. Ausschüttung	II. Ausschüttung	III. Ausschüttung
Phenol	0,810 g/l $E_1 = 51,6$	0,144 g/l $E_2 = 46,3$	0,0272 g/l $E_3 = 42,9$
o-Kresol	0,210 g/l $E_1 = 228$	0,0328 g/l $E_2 = 54$	0,0053 g/l $E_3 = 42,1$
m-Kresol	0,384 g/l $E_1 = 120$	0,0384 g/l $E_2 = 90$	0,007 g/l $E_3 = 54,3$
p-Kresol	0,383 g/l $E_1 = 120$	0,035 g/l $E_2 = 99,5$	0,0064 g/l $E_3 = 43,4$

Beachtenswert ist bei den Kresolen, daß geringe Mengen schlecht extrahiert werden. Der Verteilungsfaktor liegt hier praktisch in der Höhe des Phenols. Im Schrifttum wird vielfach die Auffassung vertreten, daß bei Extraktionsverfahren die im Wasser zurückbleibenden Mengen an Phenolen in der Hauptsache aus Carbolsäure bestehen. Wir haben daher durch nachträgliche Extraktion des sog. entphenolten Wassers die darin verbleibenden Stoffe isoliert und festgestellt, daß neben Phenol noch beachtliche Mengen an Kresolen vorhanden waren.

Zur Analyse der Phenole. Während bei der Bestimmung des Phenols die alte Koppeschaar-Methode zufriedenstellende Ergebnisse brachte, stellen sich bei der Bestimmung von Kresolen und Xylenolen oder deren Gemischen mit Phenol, wie sie in technischen Wässern vorhanden sind, erhebliche Schwierigkeiten ein. Aus diesen Gründen müssen die Wässer vorgereinigt werden. Die in den Wässern vorhandenen Brom verbrauchenden Stoffe, wie Schwefelwasserstoff, Schwefeldioxyd, saure Bestandteile usw., müssen vorher entfernt werden. Die zu bestimmenden Phenole werden aus den Lösungen mit Wasserdampf abdestilliert und anschließend nach Koppeschaar bestimmt. Durch die erwähnte, von uns abgeänderte Methode werden nur die wasserdampfflüchtigen Phenole etwa vom Siedebereich 180—230° erfaßt. Trotzdem können diese Werte noch bis zu 10% Fehler enthalten.

Um zu genauen Werten zu kommen, muß eine größere Menge Phenolwasser extrahiert werden. Nach Abdestillieren des Lösungsmittels werden die Phenole im Siedebereich 180—230° mit einem Aufsatz herausgeschnitten und diese dann als sog. verwertbare Phenole angesprochen. Die hierbei ermittelten Werte stimmen etwa mit den Werten überein, die wir mit unserer Analysenmethode ermittelten. In dieser Fraktion wird nun der Gehalt an Phenol, Kresolen und Xylenolen bestimmt, bei größeren Proben durch Destillation, bei kleineren durch Analyse.

Zur Entwicklung des Phenosolvan-Verfahrens. Technisch wurde das Verfahren in Leverkusen zur Entphenolung eines kochsalzhaltigen Wassers mit etwa 20 g Phenol/l entwickelt. Die Versuchsanlage war für eine Leistung von 200 l Phenolwasser gebaut. Als Lösungsmittel wurde auf 10 Teile Wasser 1 Teil Äthylacetat angewandt, dessen Löslichkeit in diesem Wasser 25 kg/cbm betrug. Die Entphenolung wurde in einem 14 m langen senkrechten Wascher von einem Durchmesser von 125 mm durchgeführt, der mit Porzellan-Raschringen gefüllt war. Der Ester wurde von unten durch eine Siebplatte aufgegeben, das Wasser oben durch ein Rohr. Die Extraktionssäule arbeitete als Trennflasche; durch Verstellen des Überlaufes des Wassers über ein Siphon war es leicht, die Ester bzw. Wasserschicht auf einer bestimmten Höhe zu halten, die in einem Schauglas zu beobachten war. (Hierzu die Abbildungen 1 und 2.)

Die Extraktionswirkung des Waschers war vorzüglich. Im ablaufenden Wasser waren nur noch 0,006—0,01 g Phenol/l enthalten. Die Belastung, die nur für 200 l vorgesehen war, konnte bis auf stündlich 400 l gesteigert werden, ohne daß die Extraktionswirkung abnahm. Die Trennung des Äthylacetates vom Phenol ließ sich leicht durch Destillation durchführen, ebenso wie die Entfernung des Äthylacetates aus dem Wasser durch Wasserdampfdestillation.

Nachdem in Leverkusen mit der Entphenolung der Abwässer so gute Erfolge erzielt wurden, haben wir uns damit beschäftigt, dieses Verfahren auch auf die Entphenolung anderer Industrieabwässer zu übertragen.

Die Industrieabwässer enthalten jedoch neben Phenolen noch eine Reihe Bestandteile, die die Extraktion beeinflussen.

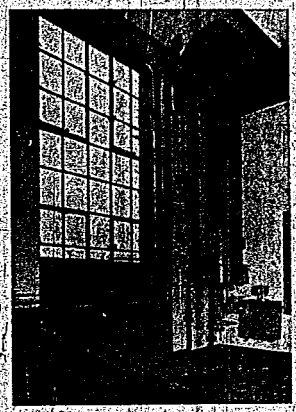
In der folgenden Zahlentafel sind die Hauptbestandteile in ihrer Größenordnung für verschiedene Wässer angegeben.

Zahlentafel IV. Zusammensetzung von phenolhaltigen Wässern.

Gehalt der Wässer an:	Hydrierwasser	Schwelwasser d. mitteldeutschen Braunkohle	Schwelwasser der oberschlesischen Steinkohle	
			Verfahren K	Verfahren B
Phenolen 181—230°.	5,6 g/l	6,6 g/l	6,8 g/l	7,0 g/l
Phenolen über 230°	1,9 g/l	3,9 g/l	16,6 g/l	3,5 g/l
Ammoniak	54,8 g/l	5,0 g/l	6,7 g/l	2,8 g/l
Kohlensäure	102,0 g/l	8,0 g/l	3,4 g/l	6,5 g/l
Schwefelwasserstoff	3,5 g/l	1,2 g/l	0,05 g/l	— —
	Zusammensetzung der Phenole 181 bis 230°.			
Carbolsäure	45,6 %	53,2 %	48,7 %	43,6 %
o-Kresol	7,3 %	12,5 %	11,0 %	15,9 %
m-Kresol	12,9 %	8,0 %	8,8 %	4,3 %
p-Kresol	2,5 %	3,0 %	9,1 %	8,0 %
Xylenole	27,7 %	20,0 %	22,7 %	28,2 %
Neutralöl	3,0 %	2,4 %	einschließlich Neutralöl	

Abb. 1 (Mitte). Extraktionsanlage, links der Waschturm mit Schauglas, rechts die Destillationskolonne.

Abb. 2 (links). Abtreibekolonne mit Wärmetauscher links.



I.G. Leverkusen

I.G. Leverkusen

Abb. 3 (rechts). Versuchsanlage mit Waschturm ganz links, Abtreibekolonne Mitte, Phenolsolvandestillation rechts durch den Bedienungsraum geführt.

I.G. Pilot Plant Leuna

I. G. Leverkusen I. G. Leverkusen I. G. Pilot Plant Leuna

Mit solchen Wässern hatten wir daher zu rechnen, als wir mit der Bearbeitung des Verfahrens auf diesem Gebiet begannen. Die ersten Versuche wurden mit einem Hydrierwasser in unserer Leverkusener Versuchsanlage durchgeführt. Als Lösungsmittel verwendeten wir hier schon Phenosolvan, das uns als das bestgeeignete hinsichtlich Verteilungsfaktor, Wasserlöslichkeit und Preis erschien. Als Mischungsverhältnis wählten wir auch hier einen Teil Lösungsmittel auf 10 Teile Wasser, um zu einer Entphenolung von unter 100 mg/l zu kommen. Tatsächlich wurden auch Werte von 150 mg/l gefunden, was uns ermutigte, in Mitteldeutschland eine Anlage von 800 l-Stundenleistung zu erstellen. Die Entphenolung wurde anfänglich in einem Turm durchgeführt, der mit Raschigringen gefüllt war. Der Waschturm arbeitete jedoch nicht so gut, wie es nach den Versuchen mit reinen Phenollösungen zu erwarten war. Auch der Ersatz der Raschigringe durch einen unterteilten Blattrührer brachte keine besseren Ergebnisse. Die Aus-

Abb. 4. Versuchsanlage für Schwelwasser.

waschung entsprach im günstigsten Fall einer 2½fachen Ausschüttlung mit Lösungsmittel. Erst nachdem wir auf einen Vorschlag die Gegenstromwäsche durch eine Dreistufenwäsche ersetzten, konnten wir eine gute Entphenolung feststellen. Hierbei wurde die Mischung Wasser und Lösungsmittel anfänglich durch feststehende Mischer durchgeführt. Der Einfachheit halber wurden Phenolwasser und Extraktionsmittel durch eine Pumpe angesaugt. Es zeigte sich jedoch bald, daß man auf den Mischer verzichten konnte, da das Gleichgewicht schon in der normalen Zentrifugalpumpe erreicht wird. Auch bei Versuchen in einem sächsischen Schwelwerk war die Stufenwäsche dem Waschturm überlegen. Es müssen sich demnach in diesen Hydrier- und Schwelwässern Stoffe befinden, die die Auswaschgeschwindigkeit stark herabsetzen, so daß man nur durch innige Durchmischung, wie sie ja mit Zentrifugalpumpen erfolgt, zu einer schnellen Gleichgewichtseinstellung kommt. Wir haben deshalb auch bei großtechnischen Anlagen eine Dreistufenwäsche vorgesehen. Eine vierte Stufenwäsche einzuschalten, bietet keine wirtschaftlichen Vorteile, da die nach der dritten Wäsche festgestellten Entphenolungswerte sich kaum noch verändern.

Es sind hier einige Abbildungen (3 und 4) eingefügt.

In den folgenden beiden Beispielen ist die Extraktion der einzelnen Stufen beschrieben.

Beispiel für die Extraktion eines Hydrierwassers, das vorher mit Kohlensäure behaftet wurde, bei Anwendung von 10% Phenosolvan.

Zahlentafel V. Hydrierwasserentphenolung

	Extraktion mit je 10% reinem Phenosolvan		Extraktion mit je 10% Kreislaufphenosolvan	
	Eingangswert 3,400 g/l	Phenolausbeute	Eingangswert 4,900 g/l	Phenolausbeute
1. Stufe	0,800 g/l E = 57,5	85,2 %	0,690 g/l E = 56,5	85 %
2. Stufe	0,208 g/l E = 28,4	96,15 %	0,160 g/l E = 33,1	96,5 %
3. Stufe	0,080 g/l E = 16	98,5 %	0,135 g/l E = 1,85	97,05 %

Wie wenig das Phenosolvan nach vielfacher Wiederverwendung in seinem Extraktionseffekt nachläßt, zeigt im Zahlenbeispiel V das zweite Beispiel, bei dem nasses Kreislaufphenosolvan, mit einem Phenolgehalt von 1,25 g/l, verwendet wurde.

Man sieht aus den beiden Beispielen, daß bei technischem Wasser der Verteilungsfaktor stark absinkt, was bei reinen Wässern nicht der Fall ist; hierfür müssen andere Faktoren maßgebend sein. Dem Kreislaufphenosolvan wurde im zweiten Beispiel in einer Menge von 1,25 g Phenol/l zugesetzt, wie sie nur durch grobe Destillationsfehler in das Kreislaufphenosolvan hineingelangen kann. Die Entphenolung wird also durch den angegebenen Phenolgehalt nicht wesentlich beeinflußt. Ganz anders liegen jedoch diese Verhältnisse bei Lösungsmitteln mit kleinem Verteilungsfaktor; hier machen sich schon kleinste Mengen unangenehm auf dem Entphenolungsgrad bemerkbar. Kreislaufphenosolvan mit einem Verteilungsfaktor von 40, das 1,25 g Phenol/l enthält, steht mit einem Wasser im Gleichgewicht, das 0,025 g Phenol/l enthält; Benzol, das dieselbe Menge an Phenol/l enthält, steht mit einem Wasser vom Gehalt 0,57 g Phenol/l im Gleichgewicht. Ähnlich steht es auch bei Teerölen, hier liegt das Gleichgewicht bei einem Verteilungsfaktor von 6 bei einem Wasser von 0,21 g Phenol/l.

Der starke Abfall des Verteilungsfaktors mit zunehmender Verdünnung tritt auch bei Schwelwässern auf, wie aus der Zahlentafel V ersichtlich ist.

Zahlentafel VI. Schwelwasserentphenolung aus einem mitteldeutschen Bezirk

	mit je 10% reinem Phenosolvan		Extraktion mit Lager im Betrieb befindlichen Kreislaufphenosolvans	
	Eingangswert 3,400 g/l	Phenolausbeute	Eingangswert 4,650 g/l	Phenolausbeute
1. Stufe	1,107 g/l E = 47,8	82,7 %	1,268 g/l E = 49,6	83,2 %
2. Stufe	0,361 g/l E = 20,5	94,4 %	0,288 g/l E = 28,8	95,7 %
3. Stufe	0,211 g/l E = 7,1	96,7 %	0,195 g/l E = 4,77	96,2 %
4. Stufe	0,173 g/l E = 2,27	97,3 %	0,134 g/l E = 4,55	98,0 %

In beiden Beispielen wurde auch eine vierte Stufe verwendet, es zeigt sich, daß diese Stufe nicht mehr viel bringt. Das zweite Beispiel mit Kreislaufphenosolvan, das nur wenig Phenol neben etwa 1% Wasser enthält, zeigt kaum Unterschiede.

Die Wiedergewinnung des Lösungsmittels. Die Wiedergewinnung des Lösungsmittels aus dem entphenolten Wasser wird kontinuierlich in einer mit Ringen gefüllten Kolonne, von uns als „Abtreibekolonne" bezeichnet, durchgeführt. Die Ausdämpfung des Wassers wird so vorgenommen, daß das heiße, die Kolonne verlassende Wasser im Wärmetauscher seine Wärme an das Wasser abgibt, das der Kolonne zur Wiedergewinnung des im Wasser gelösten Phenosolvans zugeführt wird. Hydrierwässer, die einen größeren Gehalt an Schwefelwasserstoff haben, werden im allgemeinen zu dessen Gewinnung vorher mit Kohlensäure begast, so daß auch hier ähnliche Verhältnisse wie bei Schwelwässern vorhanden sind. Die die Abtreibekolonne verlassenden Gase enthalten noch Spuren von Lösungsmitteln in Dampfform, die durch das Rohwasser, das der Anlage zur Entphenolung zugeführt wird, in einer Kolonne herausgewaschen werden, die wir als „Begasungskolonne" bezeichnet haben.

Die Trennung des Esters vom Rohphenol erfolgt in einer Destillation. Diese ist in zwei Stufen geteilt, eine Haupt- und eine Nebenkolonne, wobei die letzten Anteile des Lösungsmittels unter Vakuum entfernt werden. Diese Aufteilung wurde zur Ehergieersparnis und zur Vermeidung von Korrosionen gewählt, da einerseits die Hauptmenge des Lösungsmittels mit niedrig gespanntem Dampf abdestilliert werden kann, anderseits durch Anwendung niederer Temperaturen Korrosionen der Blasenschlangen vermieden werden. Das zurückgewonnene Lösungsmittel ist wasserhell, in ihm sammeln sich auch bei längerem Betrieb keine teerigen Verunreinigungen an. Hier tritt der große Vorteil des Phenosolvan-Verfahrens zutage, das zu jeder Extraktion frisch destilliertes Lösungsmittel verwendet. Die im Wasser als Emulsion vorhandenen Stoffe haben im allgemeinen einen höheren Siedepunkt als das Lösungsmittel und die zu gewinnenden Phenole, sie bleiben also bei der Phenolgewinnung im Rohphenol und lassen sich leicht durch Destillation von den verwertbaren Phenolen abtrennen.

Diese hochsiedenden sauren Stoffe, sog. Rückstand, sind in verhältnismäßig großer Menge im Wasser vorhanden. So fanden wir auf unserer sächsischen Versuchsanlage bei einem durchschnittlichen Anfall von 5,8 kg verwertbarer Phenole vom Siedebereich 180—230° noch 4—5 kg eines höhersiedenden Rückstandes im cbm Wasser. Dieser Rückstand ist als Ausgangsprodukt für die Hydrierung brauchbar und wird bei der Übernahme des Rohphenolöles ebenfalls bewertet.

Der Aufbau der Phenosolvan-Anlage. Für die Anordnung einer Betriebsanlage haben wir folgende Aufstellung gewählt: Die einzelnen Aggregate stehen im Freien um ein Pumpenhaus geordnet, das Dach kann zur Aufnahme von Behältern und Kühlern benutzt werden. Alle Meßinstrumente sind auf einer Schalttafel zusammengefaßt, von wo aus man die Temperaturen und die einzelnen Stände der Behälter, die bei großen Anlagen durch Regler auf gleichen Stand gehalten werden, beobachtet.

Zur Vorreinigung genügt im allgemeinen die Einschaltung eines rein mechanisch wirkenden Abscheiders. Ammoniak, das sich immer in Schwel- und Hydrierwässern befindet, soll möglichst an Kohlensäure gebunden sein; bei Schwelwässern ist dies durchschnittlich der Fall,

da die Schwelgase immer einen beachtlichen Prozentsatz an CO_2 enthalten. Nur bei gewissen Hydrierwässern, die viel freies Ammoniak enthalten, ist daher eine Begasung des Rohwassers mit Kohlensäure enthaltenden Gasen zweckmäßig, die, wie übrigens schon früher ausgeführt, auf allen Hydrierwerken zur Gewinnung des Schwefelwasser-

abscheider 8 in den Abscheidebehälter 7 und trennt sich hier nach dem spezifischen Gewicht. Die obere aus Phenosolvan bestehende Schicht wird in die Phenosolvanbehälter 12/13 abgeleitet, die untere wässerige Schicht wird in den Zwischenbehälter 4 zurückgegeben. Die Abgase des Gasabscheiders 8 werden im Begasungsturm 2 mit Rohwasser ausgewaschen. Das aus dem Unterteil 10 abfließende Wasser fließt über den Wärmetauscher 5, in den Ab-

da die Schwelgase immer einen beachtlichen Prozentsatz an CO_2 enthalten. Nur bei gewissen Hydrierwässern, die viel freies Ammoniak enthalten, ist daher eine Begasung des Rohwassers mit Kohlensäure enthaltenden Gasen zweckmäßig, die, wie übrigens schon früher ausgeführt, auf allen Hydrierwerken zur Gewinnung des Schwefelwasserstoffs ohnehin durchgeführt wird. Das Zusammenwirken der einzelnen Aggregate gibt Abb. 5 (Werkzeichnung).

Das zu entphenolende Wasser wird über dem Kühler 1 zu dem Begasungsturm 2 gepumpt. In diesem werden die Abgase aus der nachgeschalteten Anlage zur Rückgewinnung der in ihnen enthaltenen Lösungsmitteldämpfe gewaschen. Sodann wird das Wasser in der mehrstufigen Extraktion 3 mit Phenosolvan im Gegenstrom behandelt. Das entphenolte, aber noch eine gewisse Phenosolvanmenge enthaltende Wasser gelangt in den Zwischenbehälter 4 und von dort über den Wärmeaustauscher 5 und den Vorwärmer 6 in die Abtreibekolonne 11. In den unteren Teil 10 der Abtreibekolonne wird durch direkten Dampf die erforderliche Wärme zugeführt; das im Kondensator 9 niedergeschlagene Gemisch von Wasser und Phenosolvan fließt über den Gasabscheider 8 in den Abscheidebehälter 7 und trennt sich hier nach dem spezifischen Gewicht. Die obere, aus Phenosolvan bestehende Schicht wird in die Phenosolvanbehälter 12/13 abgeleitet, die untere, wässerige Schicht wird in den Zwischenbehälter 4 zurückgegeben. Die Abgase des Gasabscheiders 8 werden im Begasungsturm 2 mit Rohwasser ausgewaschen. Das aus dem Unterteil 10 abfließende Wasser fließt über den Wärmetauscher 5 in den Abwasserkanal.

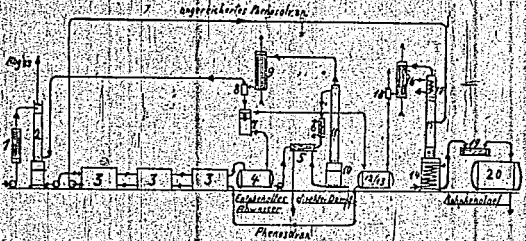


Abb. 5. Schema einer Phenosolvananlage.

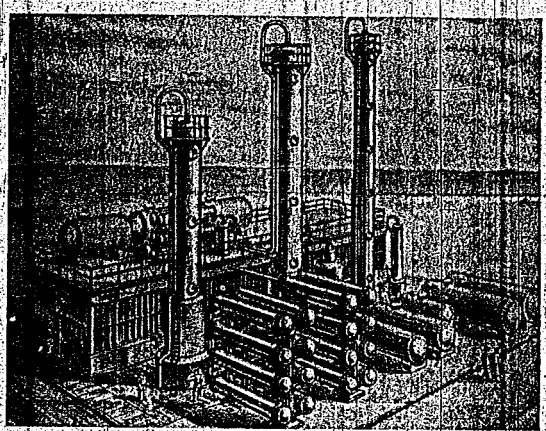


Abb. 6. Großanlage für 30 cbm phenolhaltiges Wasser in stündl. Verarbeitung.

Das in der Stufenextraktion 3 mit Phenolen angereicherte Phenosolvan wird in der Destillierkolonne 15 zerlegt. Diese ist versehen mit einer Destillierblase 14 und einem Rückflußkondensator 17, der auch durch eine Phlegmaleitung ersetzt sein kann, die über eine Pumpe und Meßeinrichtung Rainphenosolvan vom Sammelbehälter 12/13 auf die Kolonne aufgibt. Das zu kondensierende Phenosolvan wird im Kühler 16 niedergeschlagen und fließt über den Gasabscheider 18 vom Sammelbehälter 12/13 zurück. Das Rohphenol wird aus dem unteren Teil der Kolonne abgesogen, im Schlußkühler 19 abgekühlt und in einem Behälter 20 gesammelt.

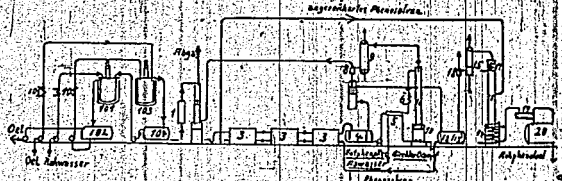


Abb. 7.

Die Zeichnung (Abb. 6) veranschaulicht eine Großanlage, die 30 cbm Wasser stündlich verarbeitet.

Endreinigung des Wassers. Das die Phenosolvan-Anlage verlassende Wasser ist zwar weitgehend entphenolt, jedoch nicht so, daß es ohne weitere Behandlung in die Flußläufe gegeben werden kann. Hierzu sind die Wasser entweder so weit zu verdünnen, daß der Gehalt an Phenolen den Anforderungen entspricht oder aber man adsorbiert die Reststoffe an aktive Körper, wie beispielsweise Kesselasche.

Eigentümlich für dieses Wasser ist ferner noch ein Gehalt an Thiosulfaten, deren Menge durch die SiO_2-Bestimmung in der Analyse zum Ausdruck kommt. Auch dieses Thiosulfat wird im biologischen Prozeß zu Sulfaten oxydiert. Bei Anwendung starken Sauerstoffüberschusses gelang es sogar, einige Tage aus dem Ammoniak Nitrit zu bilden. Dieser Prozeß ist jedoch nicht erwünscht, weil das einen unnötigen Verbrauch an Luftsauerstoff darstellt.

Endreinigung des Wassers. Das die Phenosolvan-Anlage verlassende Wasser ist zwar weitgehend entphenolt, jedoch nicht so, daß es ohne weitere Behandlung in die Flußläufe gegeben werden kann. Hierzu sind die Wässer entweder so weit zu verdünnen, daß der Gehalt an Phenolen den Anforderungen entspricht oder aber man adsorbiert die Reststoffe an aktive Körper, wie beispielsweise Kesselasche.

Diese beiden Arten einer Schlußreinigung sind jedoch äußerst selten, da die hierzu notwendigen Vorbedingungen meist fehlen. Als günstigstes Verfahren der Nachentphenolung hat sich das P-Verfahren von Nolte, Flußwasseramt Magdeburg, erwiesen.

Die Notwendigkeit einer Nachbehandlung ist auch aus den Permanganat-Werten zu ersehen, die gerade beim Phenosolvan-Verfahren sehr günstig liegen.

Zahlentafel VII. Permanganatzahlen.

	Permanganatverbrauch n.	
	Eingangswasser	Ausgangswasser
Mitteldeutsches Schwelwasser { Beispiel 1	81,0 g/l	16,8 g/l
Beispiel 2	113,8 g/l	31,8 g/l
Steinkohlenschwelwasser O.-S.	148,5 g/l	34,8 g/l
Hydrierwasser	158,0 g/l	25,3 g/l

Die Bestimmung der organischen wasserdampfflüchtigen Säuren vom Eingangs- und Endwasser ergab, daß hier keine nennenswerten Unterschiede bestehen, da diese an Ammoniak gebunden sind. Diese Säuren beeinflussen das P-Verfahren günstig, sie werden restlos abgebaut. Für das Phenosolvan-Verfahren ist das Verbleiben dieser Säuren im Wasser sehr erwünscht, da diese Säuren stark korrodierend wirken würden, wenn sie in die Anlage hineingelangen. Der Gehalt an flüchtigen Fettsäuren ist in den einzelnen Schwelwässern verschieden, er schwankt, als Essigsäure berechnet, zwischen 2 und 9 g/l.

Wir haben diese Säuren näher untersucht. Es sind zum größten Teil Fettsäuren, angefangen bei der Ameisensäure bis hinauf zu Säuren mit einer Kohlenstoffzahl von 16—18. Sie sind z. T. ungesättigter Natur, die Natriumsalze sind stark sauerstoffempfindlich, sie färben sich schnell dunkel. Diese ungesättigten Säuren können auch die Träger der Verfärbung sein, die bei Schwelwässern besonders nach längerem Stehen auftritt.

Über die Anwendbarkeit des P-Verfahrens bei Phenosolvan-Dünnwasser wurden uns von Dr. Nolte folgende Ausführungen zur Verfügung gestellt:

Durch die Extraktion der Phenole wird nur ein Teil der biologisch abbaufähigen Stoffe entfernt. Es verbleiben die sog. Begleitstoffe, unter denen flüchtige Fettsäuren einen großen Anteil ausmachen. Nachstehend folgen die Untersuchungsergebnisse eines solchen Dünnwassers der Schwelerei D. Das ursprüngliche Schwelwasser besaß einen Phenolgehalt von etwa 9—11 g/l. Dem Phenolgehalt entspricht etwa die 2—3fache Menge an Begleitstoffen. Es wurden gefunden:

Zahlentafel VIII. Entphenoltes Dünnwasser.

Klarheit	fast klar
Farbe	dunkelbraun
Geruch	stark stechend
Ungelöstes	nicht nachweisbar
Öl	Rauch
p_H-Wert	10,0
Schwefelwasserstoff	nicht nachweisbar
Permanganatverbrauch	2050 mg/l
Ammoniakstickstoff	3900 mg/l
Organischer Stickstoff	165 mg/l
Gesamtstickstoff	4065 mg/l
Flüchtige organische Säure, ber. als Buttersäure	7290 mg/l
Schwefflige Säure	585 mg/l
Phenol mit Nitranilin, ber. als Kresol	275 mg/l
Biochemischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen	12501 mg/l

Charakteristisch an diesem Wasser ist die hohe Alkalität, die durch Ammoniak bewirkt wird. Für die biologische Behandlung nach dem P-Verfahren ist es daher notwendig, den p_H-Wert bis auf 8,0 herunterzubringen. Abgesehen von einer Gewinnung des Ammoniaks besteht in der Anwendung von Kühltürmen die Möglichkeit, einen großen Teil, etwa 50% des Ammoniaks, zu entfernen.

Mit dem Dünnwasser der Phenosolvan-Anlage der Schwelerei D. haben wir einen mehrere Wochen dauernden Versuch durchgeführt, um die Anwendbarkeit des P-Verfahrens zu prüfen. Wir gingen dabei so vor, daß wir zunächst mit stärkeren Verdünnungen mit Leitungswasser die Anlage betrieben. Auf ein Teil Schwelwasser wurden der Reihe nach 9, 7,5, 7 und 5 Teile Leitungswasser zugegeben. Dazu wurde ein Schlamm benutzt, den wir aus reinem Phenol gezüchtet hatten. Der Abbau setzte sofort ein und die weitere Schlammentwicklung verlief normal. Es wurde jede Überlastung der Anlage sorgfältig vermieden. Es gelang so, ständig einen Ablauf zu erzielen, dessen Phenolgehalt unter 1,0 mg/l lag. Die Fettsäuren wurden dabei völlig von den Bakterien aufgezehrt.

Eigentümlich für dieses Wasser ist ferner noch ein Gehalt an Thiosulfaten, deren Menge durch die SO_3-Bestimmung in der Analyse zum Ausdruck kommt. Auch diese Thiosulfat wird im biologischen Prozeß voll kommen oxydiert. Bei Anwendung starken Sauerstoffüberschusses gelang es sogar, einige Tage aus dem Ammoniak Nitrit zu bilden. Dieser Prozeß ist jedoch nicht erwünscht, weil das einen unnötigen Verbrauch an Luftsauerstoff darstellt.

Der Permanganatverbrauch wurde durchweg um mehr als 50% durch den biologischen Prozeß herabgesetzt. Da es sich bei dem Verfahren um eine nasse Verbrennung mit Hilfe von Bakterien handelt, entstehen auch große Mengen humusartiger Stoffe, die einen hohen Permanganatverbrauch besitzen, aber bei Einleitung in einen Fluß keine Sauerstoffzehrung mehr hervorrufen, da sie ja selbst ein Oxydationsprodukt darstellen.

Aus den Belastungszahlen der Anlage ergibt sich für den Großausbau einer P-Anlage für 600 cbm/Tag eines solchen Dünnwassers ein Inhalt von 2000 cbm. Im Hinblick auf den hohen biochemischen Sauerstoffbedarf des Abwassers, der 12501 mg/l betrug, und somit 40mal so groß ist wie die entsprechende Zahl eines normalen häuslichen Abwassers, werden auch beachtliche Mengen an Luft benötigt. Für das vorliegende Beispiel sind 6000 cbm/stündl. erforderlich. Weiter ist das Phenosolvan-Dünnwasser mit der fünffachen Wassermenge = 3000 cbm/Tag zu verdünnen, um einen möglich weitgehenden Abbau zu erzielen. Wo dieses Wasser fehlt, kann man nach den bisherigen Versuchen auch mit der dreifachen Wassermenge auskommen.

Diese Versuche haben gezeigt, daß es grundsätzlich einwandfrei möglich ist, eine biologische Nachreinigung nach dem P-Verfahren an einem Phenosolvan-Dünnwasser durchzuführen. Die an diesem Beispiel gewonnenen Erfahrungen lassen sich jedoch nicht verallgemeinern, da je nach der Kohle mit den verschiedensten Schwelwässern gerechnet werden muß. Wenn auch die grundsätzliche Reinigungsmöglichkeit besteht, so sind doch durch Versuchsbetriebe die technischen Größen für jedes Schwelwasser gesondert zu ermitteln, um in einer richtig gewählten Baugröße der Anlage auch den vollen Erfolg zu bekommen.

Die Ölextraktion mit phenolhaltigen Wässern. Bekanntlich werden bei der Verschwelung von Braun- und Steinkohle erhebliche Mengen an Phenolen gebildet, deren wirtschaftliche Gewinnung für die Industrie von Bedeutung ist.

In den Schwelprodukten der mitteldeutschen Braunkohlen finden wir bei „Lurgi"-Schwelern, die die eingesetzte Kohle stark vertrocknen, auf 1 t wasserfreie Kohle berechnet, etwa 3,5 kg Phenole im Siedebereich 181—230°. Je nach Vorkommen schwanken diese Werte um etwa 20%. Von diesen 3,5 kg befinden sich etwa 2,5 kg/t im Schwelöl und etwa 1 kg/t im Schwelwasser. Auf die Zusammensetzung wird später eingegangen.

Nach einem Aufsatz von Just[1]) ist die Ausbeute an Phenolen noch abhängig von dem Wassergehalt der Kohle.

Zahlentafel IX. Phenolgehalt von Schwelwasser aus sächsischer Kohle.

Wassergehalt	Wasseranfall aus wasserfreier Kohle	Phenole g/l	kg Phenole im Wasser berechnet auf 1 t wasserfreie Kohle
52,6	120	3,54	4,25
11,6	21	6,70	1,46
4,5	14	8,24	1,16
0,4	7,5	10,54	0,8

Bei einem Wasseranfall von 14%, womit bei Lurgi-Schwelern zu rechnen ist, fallen zusammen in Wasser und Öl etwa 3,5 kg Phenole/t Kohle an, bei einem Wassergehalt von 52,5% liegt allein die Phenolmenge, die sich im Wasser befindet, bei 4,25 kg/t Kohle.

Erheblich größer ist die Bildung von Phenolen bei der Steinkohlenverschwelung in Oberschlesien. Hier fanden wir etwa 11 kg Phenole/t oberschlesische Steinkohle, von denen 10 kg sich im Öl und 1 kg im Wasser befinden.

Bei Kokereien ist der Anteil an sauren Bestandteilen geringer. So rechnet man nach einem Aufsatz von H. Wiegmann[2]) mit einem Anfall von nur 0,3—0,35 kg Phenolen im Wasser, der Anteil der Phenole im Öl wird deshalb auch entsprechend niedriger sein.

Zur Gewinnung dieser Phenole kann man sich des bekannten Natronlauge-Extraktions-Verfahrens bedienen. Hier hat die A.S.W. ein kombiniertes Verfahren entwickelt, die nicht voll abgesättigte Phenolatlösung, die in der Wasserentphenolung anfällt, zur Ölextraktion heranzuziehen.

Wir haben nun die Extraktion der wertvollen Phenole aus den Ölen durch Wasser bearbeitet. Die einfachste Möglichkeit besteht darin, die entphenolten Wässer nochmals mit Teeröl in Berührung zu bringen. Bei einer solchen Arbeitsweise müßte jedoch die Entphenolungsanlage

[1]) Braunkohle 1941, S. 2/6.
[2]) Glückauf 1939, S. 967.

vergrößert werden, auch ist damit zu rechnen, daß bei einer nochmaligen Behandlung des Öles mit Wasser die Phenolkonzentration in diesem so niedrig sein wird, daß kein Anreiz besteht, diese Art der zusätzlichen Phenolgewinnung zu wählen.

Der hochsiedende Rückstand läßt sich nach der Extraktion um 1,1 g/l verringert. Aus der Zusammensetzung der Rohphenolöle, die aus dem Wasser herausgeholt wurden, vor und nach der Ölextraktion ist zu ersehen, daß durch die Behandlung des Wassers mit Öl die Phenole

vergrößert werden, auch ist es nicht zu rechnen, daß bei einer nochmaligen Behandlung des Öles mit Wasser die Phenolkonzentration in diesem so niedrig sein wird, daß kein Anreiz besteht, diese Art der zusätzlichen Phenolgewinnung zu wählen.

Günstiger liegen die Verhältnisse, wenn man zur Phenolgewinnung Ölteerfraktionen heranzieht, die die wertvollen Phenole enthalten. Es werden sich naturgemäß am leichtesten die Phenole entfernen lassen, die am wasserlöslichsten sind; diese Phenole sind gleichzeitig die wirtschaftlich wertvollen. Die Carbolsäure als wertvollstes Produkt hat die größte Wasserlöslichkeit, es folgen dann, sowohl, was den wirtschaftlichen Wert als auch die Löslichkeit betrifft, die Kresole und Xylenole. Der Verteilungsfaktor der die Phenole begleitenden Kohlenwasserstoffe nimmt mit steigendem Siedepunkt zu. Deshalb werden von uns nur solche Fraktionen herangezogen, die die gesamte Carbolsäure und einen mehr oder weniger großen Teil der Kresole enthalten. Der Verteilungsfaktor eines begleitenden Neutralöles im Siedebereich 150—195° ist 2—3, der eines Öles im Siedebereich 195—205° 7—11. Die von uns zur Extraktion herangezogenen Schnitte liegen zwischen 150 und 195° bzw. 205°. Fraktionen, die Xylenole enthalten, werden zur Extraktion nicht herangezogen. Die Xylenole sind nämlich so wenig wasserlöslich, daß sie schon als Extraktionsmittel für Carbolsäure und Kresole wirken.

Bei diesen Arbeiten zeigte es sich, daß man zur Extraktion nicht entphenolites Wasser anzuwenden braucht, sondern mit fast gleichem Erfolg die Ausgangswasser anwenden kann. Durch die Extraktion der Öle werden die Abwässer im Phenolgehalt um 70—100% heraufgesetzt. Da die laufenden Kosten zur Entphenolung von Wässern immer auf den cbm Wasser berechnet werden, sind sie fast unabhängig vom Phenolgehalt, d. h. die Entphenolung eines im Phenolgehalt heraufgesetzten Wassers verursacht nur wenig zusätzliche Kosten.

Um die Ausbringung der Phenole zu steigern, wird das Verhältnis Wasser zu Öl möglichst groß gewählt; man verwendet also das ganze zur Verfügung stehende Wasser hierzu. Für Braunkohlenschwelereien liegt dieses Verhältnis bei etwa 1 : 30, bei Steinkohlenschwelereien etwas niedriger. Es gelingt in den meisten Fällen durch einmalige Mischung, die Carbolsäure mit etwa 90% Ausbeute zu gewinnen, durch Gegenstromführung kommt man noch darüber hinaus.

Bei der Extraktion ist die Temperatur von Einfluß. Mit steigender Temperatur sinkt der Verteilungsfaktor. Die günstigste Bedingung für die Extraktion liegt um 70°, da eine weitere Temperatursteigerung nur noch wenig bringt und bald dazu zwingt, unter Druck zu arbeiten.

Die Abhängigkeit der Ölextraktion von der Extraktionstemperatur ist am folgenden Beispiel erläutert:

Bei einem mitteldeutschen Schwelwerk fallen auf 1 t Ölteer 5,5 cbm Schwelwasser an. Der Ölteer enthält 19% der Fraktion 150—195° mit 26% Phenolen. Wenn man zur Extraktion die gesamte Wassermenge heranzieht, errechnet sich ein Mischungsverhältnis von 1 Teil Öl zu 28,8 Teilen Wasser, das 7,56% g Phenol/l enthält.

Folgende Anreicherung wurde im Wasser erzielt:

Bei 20° von 7,6 g/l auf 10,6 g/l
Bei 40° von 7,6 g/l auf 12,7 g/l
Bei 70° von 7,6 g/l auf 13,3 g/l

analytisch nach Koppeschaar ermittelt.

Die für die Ölextraktion folgenden Untersuchungen wurden aus diesen Gründen immer bei 70° durchgeführt.

Die durch die Ölextraktion bedingte Änderung in der Zusammensetzung der Phenole des Wassers ist in folgender Zusammenstellung erläutert:

Zahlentafel X.

	Phenole g/l 150—230	Phenole g/l über 230° siedend
Ausgangswasser	7,6	5,6
Nach der Extraktion im Wasser	13,0	4,5

Der hochsiedende Rückstand hat sich nach der Extraktion um 1,1 g/l verringert. Aus der Zusammensetzung der Rohphenolöle, die aus dem Wasser herausgeholt wurden, vor und nach der Ölextraktion ist zu ersehen, daß durch die Behandlung des Wassers mit Öl die Phenole des Wassers wertvoller geworden sind.

Daraus folgt zwangsläufig, daß beim Öl der relative Anteil an wertvollen Phenolen sinken muß. Das beweist die folgende Zusammenstellung:

Zahlentafel XI.

Ausgangsöl: Fraktion 150—195°, enthält 19,8% Phenole (Vol.-% 19).

Zusammensetzung der Phenole:

Carbolsäure	51,9%	91,7%
o-Kresol	21,5%	
m-Kresol	0,3%	
p-Kresol	12,0%	
Rest	8,3% Xylenole mit wenig Neutralöl	

Nach der Gleichgewichtseinstellung mit 32 Vol.-Teilen Schwelwasser bei 70°.

Erhaltenes Öl: enthält noch 7,4% Phenole.

Zusammensetzung: 5,9% Phenole im Siedebereich 150—230°
1,5% Phenole höhersiedend.

Zusammensetzung der Phenole im Siedebereich 150—230°:

Carbolsäure	20,0%	69,3%
o-Kresol	26,0%	
m-Kresol	0,0%	
p-Kresol	13,7%	
Rest	30,7% Xylenole und Neutralöl	

Demnach sind aus dem Öl 66,2% der Phenole extrahiert worden. Die Carbolsäure des Öles ist zu 89,5% und die Summe von Carbolsäure und Kresole zu 79,0% aus dem Öl entfernt worden.

Bei zweistufiger Extraktion lag der Phenolgehalt im Wasser etwa 10% höher als bei einstufiger. Hieraus ergibt sich, daß im praktischen Betrieb eine Ausbeute an Carbolsäure von über 90% zu erwarten ist.

Um nun die günstigsten Bedingungen zu finden, stellt man im Laboratorium folgende Fraktionen her: 150—190°, 150—195°, 150—200° usw. Nun führt man die Aufstärkung des Schwelwassers unter Verwendung dieser Fraktionen in dem Verhältnis durch, welches sich aus den vorhandenen Mengen ergibt. Aus der Menge der jeweils vom Wasser aufgenommenen Phenole ersieht man leicht den günstigsten Schnitt.

Es zeigt sich hier, daß man meist mit der Fraktion 150—195° auskommt, um die höchste Phenolanreicherung im Wasser zu erhalten. In einigen Fällen eignet sich die Fraktion 150—205° besser. Jedoch bei Fraktionen, die über 205° hinausgehen, fällt die Anreicherung des Wassers bereits wieder ab.

Die technische Durchführung ist in Abbildung 7 (Werkzeichnung) zu ersehen.

Öl und Wasser gelangen über die Vorwärmer 105 zur Ölextraktion. Das frische Öl wird im Mischer 101 mit Wasser extrahiert, das aus der zweiten Extraktionsstufe stammt und sich im Trenngefäß 102 abgeschieden hat. Die Mischung Öl-Wasser tritt in den Abscheider 104, von hier aus fließt das Wasser zur Phenosolvan-Anlage, während das Öl mit frischem Schwelwasser im Mischer 101 nochmals extrahiert und im Trenngefäß 103 vom Wasser geschieden wird. Es handelt sich demnach hier um eine zweistufige Gegenstromwäsche.

*

Auf Grund dieser günstigen Ergebnisse haben sich verschiedene Firmen zum Bau von Phenosolvan-Anlagen entschlossen. Es läuft heute ein Großanlage, die mit einer Stundenleistung von 30 cbm ein Gemisch von Hydrier- und Schwelwasser verarbeitet. Das zu entphenolende Wasser enthält etwa 4 g Phenole/l, während das entphenolte Wasser nur noch 0,05—0,08 g Phenole aufweist. Der Verlust an Phenosolvan liegt bei 200—300 g/cbm Wasser. Das die Abtreibekolonne verlassende Gas besteht aus einem Gemisch von CO_2 und H_2S; es kann zur H_2S-Gewinnung einer Alkacid-Anlage zugeleitet werden.

Verlag der Chemiker-Zeitung Otto von Halem in Köthen (Anhalt). Druck: Schetterdruck, Köthen (Anhalt). — Printed in Germany.

TITLE PAGE

7. Entphenolung von Schwelwässern und Phenolgewinnung bei der Aktiengesellschaft Sächsische Werke von Dr. Ing. H. Just, Dresden. Sonderdruck aus "Braunkohle" 1941, Heft 19, S. 245-249 und Heft 20 S 259-263.

Dephenolizing of low temperature coke plant waters and recovery of phenol at the Akt. Sächsische Werke by Dr. Ing. H. Just, Dresden. Reprint from "Braunkohle" 1941, Vol. 19, pages 245-249 and Vol. 20 pages 259-263.

Frame Nos. 1005 - 1013

Sonderdruck aus „Braunkohle" 1941, Heft 19, S. 245–249, und Heft 20, S. 259–263.
Verlag von Wilhelm Knapp in Halle (Saale).

Entphenolung von Schwelwässern und Phenolgewinnung bei der Aktiengesellschaft Sächsische Werke[1].

Von Dr.-Ing. H. Just, Dresden.

Als die AG. Sächsische Werke (ASW) im Jahre 1935 den Auftrag zum Bau einer Schwelerei von einer Größe erhielt, die der bis dahin vorhandenen Kapazität aller bisher in Mitteldeutschland bestehenden Schwelwerke nahekam, da war uns das Schwelwasserproblem bereits durch umfangreiche Vorarbeiten bekannt. Diese Vorarbeiten hatten sich erstreckt auf die Ausbildung von Untersuchungsmethoden für Schwelwässer und auf Versuche zur Reinigung der Schwelwässer.

Aus der von Ulrich und Kather für Kokereiwässer vorgeschlagenen Chinolinmethode entwickelten wir für Braunkohlenschwelwässer eine gewichtsanalytische Bestimmung für Rohphenol und eine maßanalytische Bestimmung für Reinpenol, die beide bereits bei Ausgangsmengen von 10 cm³ brauchbare Resultate ergaben, so daß es uns möglich war, Phenolbestimmungen in den geringen, bei der Schwelanalyse nach Fischer anfallenden Mengen auszuführen. Wir erkannten bei diesen Untersuchungen, daß der Phenolgehalt wie auch der Ammoniakgehalt der Schwelwässer ganz wesentlich von folgenden Faktoren abhängt:

1. Chemischer Charakter der Kohle,
2. Wassergehalt der verschwelten Kohle,
3. Art des Schwel- bzw. Destillationsverfahrens.

So enthält das Schwelwasser der Böhlener Rohkohle 3,5 kg Phenol/m³, das der stärker lignitischen Hirschfelder Rohkohle 5,5 kg Phenol/cm³. Mit zunehmender Trocknung der Kohle vor der Schwelung steigt der Phenolgehalt im Schwelwasser erheblich an. Er steigt z. B. bei Verschwelung von wasserfreier Böhlener Kohle auf 10,5 kg Phenol/m³, von wasserfreier Hirschfelder Kohle auf über 15 kg. Trotzdem ist die auf wasserfreie Kohle bezogene absolute Phenolmenge im Schwelwasser bei Rohkohleverschwelung vier- bis fünffach so groß wie bei der Verschwelung von wasserfreier Kohle. Folglich gelangen bei Schwelung wasserfreier Kohle die geringsten Phenolmengen ins Abwasser. Dieser Vorteil wird im Lurgi-Schwelverfahren wahrgenommen, bei dem die Kohle nahezu wasserfrei zur Schwelung kommt; allerdings muß eine geringe Vermehrung des Schwelwassers durch das im Schwelerbrenner gebildete Verbrennungswasser in Kauf genommen werden. Die Phenolgehalte und Anfallmengen der Schwelwässer in unseren inzwischen errichteten Großanlagen bestätigen obige bei Laboratoriumsschwelungen erhaltenen Befunde.

Der Ammoniakgehalt im Schwelwasser steigt ebenfalls mit zunehmender Trocknung der Kohle. Dagegen sind hier die auf wasserfreie Kohle bezogenen absoluten Ammoniakmengen im Schwelwasser unabhängig vom Trocknungsgrad der Kohle praktisch gleich. Sie liegen bei Böhlener Kohle bei 0,4–0,5 kg, bei Hirschfelder Kohle bei 0,6–0,7 kg/t wasserfreie Kohle.

Bei der Druckvergasung der Braunkohle nach dem Lurgi-Verfahren dagegen werden je Tonne Böhlener Kohle 3,2 kg Ammoniak, je Tonne Hirschfelder Kohle 5,2 kg Ammoniak erhalten, also im Vergleich zur Schwelung die etwa achtfache Menge. An Phenolen enthalten Gaswässer das Zweieinhalb- bis Vierfache. Das Gaswasserproblem ist also, bezogen auf den Kohledurchsatz, noch bedeutend schwieriger als das Schwelwasserproblem. Diese Verhältnisse zeigt im einzelnen die Zahlentafel 1.

Bei Versuchen zur Entphenolung von Braunkohlenschwelwasser hatten wir uns zunächst im Jahre 1928/29 eingehend mit den Extraktionsverfahren beschäftigt. Die

[1] Vorgetragen in der Sitzung des Ausschusses für Verschwelung und Vergasung bei der Bezirksgruppe Mitteldeutscher Braunkohlenbergbau der Wirtschaftsgruppe Bergbau am 13. November 1940.

Zahlentafel 1.
Phenolgehalt und Ammoniakgehalt von Schwel- und Gaswässern aus Böhlener und Hirschfelder Kohle.

Kohle	Wassergehalt vH	Schwelwasseranfall cm³ H_2O fr. Kohle vH	g/l Schwelwasser: Phenol	g/l Schwelwasser: NH_3	kg/t H_2O fr. Kohle: Phenol	kg/t H_2O fr. Kohle: NH_3	Bemerkung
Böhlen	52,6	120	3,54	0,34	4,25	0,41	Laboratoriumsversuche
	11,6	21	6,70	2,18	1,46	0,45	
	4,5	14	8,24	3,25	1,16	0,53	
	0,4	7,5	10,54	6,73	0,80	0,50	
Hirschfelde	56,6	141	5,54	0,47	7,79	0,66	
	18,0	32	9,98	2,09	3,19	0,67	
	0,8	10,9	15,25	5,41	1,66	0,59	
Böhlen	12,0	13,6	8,0	5,0	1,09	0,68	Lurgi Schwelofen Lurgi-Druckgaserzeuger
	12,0	80,0	5,0	4,0	4,00	3,20	
Hirschfelde	10,0	17,8	15,0	4,0	2,67	0,71	
	20,0	75,0	8,5	7,0	0,40	5,20	
Steinkohle	—				0,5 – 0,7	~3,0	Koksofen

für Kokerei- und Gaswasser erprobte Extraktion mit Benzol befriedigte nicht. Es wurde gefunden, daß ein Zusatz von Anilin den Entphenolungseffekt ganz wesentlich verbesserte. Im Jahre 1933 beschäftigten wir uns besonders eingehend mit der Entphenolung der Schwel- und Gaswässer durch Ausdampfen und Verdampfen. Diese Laboratoriumsversuche vermittelten uns eine sehr genaue Kenntnis der Verhältnisse und sind uns später sehr zustatten gekommen. Den Anstoß zu diesen Versuchen gab die geplante Errichtung eines Gaswerkes in Böhlen nach dem Lurgi-Druckgasverfahren auf Grund der Erfahrungen mit einer in Hirschfelde errichteten Versuchsanlage. Der Plan zur Errichtung eines Gaswerkes in Böhlen kam jedoch damals nicht zur Ausführung, dagegen ergab sich im Jahre 1935 für uns die Notwendigkeit, schnellstens eine Entphenolungsanlage für täglich 500 bis 600 m³ Schwelwasser bzw. 1000 m³ Schwel- und Hydrierwässer zu errichten. Da unsere Aus- und Verdampfungsversuche noch nicht zu einem betriebsreifen Verfahren geführt hatten, entschlossen wir uns gemeinsam mit der Brabag zum Bau einer Entphenolungsanlage nach dem Trikresylphosphat-Verfahren, kurz Triphos-Verfahren genannt, nachdem wir auch die Vernichtung der Schwelwasserphenole nach dem Magdeburger P-Verfahren geprüft hatten. Bestimmend war hierbei, daß aus den Schwelwässern mit dem Triphos-Verfahren eine beträchtliche Menge der Phenole als Öl gewonnen werden kann, dessen Erlös die Unkosten des Verfahrens nach Möglichkeit decken sollte. Welcher Art die extrahierten Stoffe waren, darüber herrschte allerdings noch ziemliche Unklarheit. Es bestand ja damals allgemein die Auffassung, daß im Schwelwasser ganz andere Phenole als in den Kokereiabwässern enthalten seien: in der Hauptsache mehrwertige Phenole, wie z. B. Brenzkatechin, daneben vielleicht Kresole, aber die wertvolle Karbolsäure jedenfalls nur in ganz geringen Mengen. Diese Ansicht hat sich, angefangen von der Veröffentlichung von Rosenthal in der „Braunkohle", Jahrgang 1904, S. 567 ff., bis in die letzten Jahre erhalten. Z. B. erklärt im Jahre 1929 Dr. Prüß, Vorstand des Abwasseramtes der Emscher-Genossenschaft, daß die Phenole des Braunkohlenabwassers ganz andere sind als die des Kokereiabwassers. Auf der gleichen Tagung erklärte Sander, daß die Braunkohlenschwelwässer kaum Karbolsäure enthielten, dagegen mehr Kresole und höhere Phenole. Zuletzt schrieb noch Lorenzen 1937 im „Gas- und Wasserfach", die in Schwel- und Hydrierwässern enthaltenen Phenole seien in Benzol verhältnismäßig wenig löslich. Auch hieraus mußte entnommen werden, daß die Schwelwässer weder Karbolsäure noch Kresole in wesentlichen Mengen enthalten, da diese ja bekanntlich den Kokereiwässern durch Benzol entzogen werden. Wir ließen daher 1935 vor Errichtung der Tri-Anlage nach diesem Verfahren einen Extraktionsversuch mit Schwelwasser machen, das wir in der Lurgi-Versuchsanlage Heddernheim aus Böhlener Kohle erhalten hatten. Das erhaltene Phenolöl wurde im Leunawerk untersucht und zeigte überraschenderweise folgende Analyse:

Karbolsäure	38,5 vH.
Kresole	38,6 vH.

Während wir zuerst damit gerechnet hatten, das gewonnene Phenolöl notfalls mit dem Teer zur Hydrierung zu geben, schienen nunmehr die Verkaufsaussichten günstiger.

Die Böhlener Triphos-Anlage wurde durch die Firma Dr. Otto errichtet und kam Anfang 1936 in Betrieb. Die Abb. 1 zeigt das Schema dieser Anlage.

Man sieht, daß für das Triphos-Verfahren eine ziemlich komplizierte Apparatur und umfangreiche Überwachung erforderlich ist. Links steht man den Extraktionsteil, der aus mehreren Rührwerken und Absetzbehältern besteht. In der Mitte befindet sich die Regeneration des phenolhaltigen Tris (30 bis 40 g Phenol/l), die im Vakuum unter unmittelbarer Anwendung von Dampf erfolgt. Hierbei bleibt das regenerierte Tri mit 5—6 g Phenol/l zurück. Im Kühler fallen dann konzentriertes Phenolwasser, das zur Extraktion zurückkehrt, und das Phenolöl mit etwa 15 vH Wasser, das entwässert wird. Rechts ist die Tri-Aufbereitung dargestellt, die mit Oleum und Kalk erfolgt. Hierbei treten unter Umständen sehr erhebliche Verluste ein, die um so höher sind, je mehr hochsiedende Bestandteile aus dem Schwelwasser extrahiert werden, denn diese verbleiben bei der Regeneration des phenolhaltigen Tris im abgetriebenen Triphos zurück.

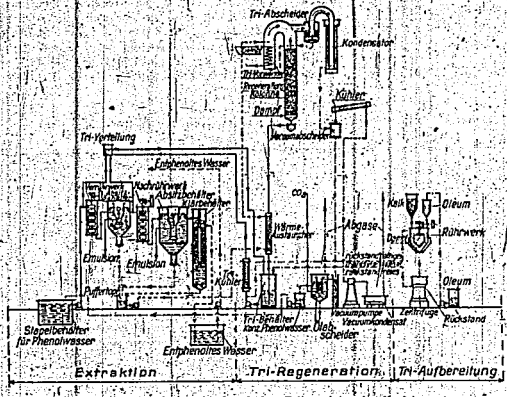


Abb. 1. Entphenolungsanlage nach dem Trikresylphosphat-Verfahren.

Die Anlage hat in mancher Hinsicht nicht das erfüllt, was man sich von ihr versprochen hatte. Die Phenolgehalte im Dünnwasser lagen und liegen noch heute wesentlich höher, als angenommen worden war. Besonders nachteilig auf die Betriebskosten wirkt sich der wesentlich höhere Verbrauch an Triphos aus. Die Ursache dieser Mängel wurde in der Bildung von Emulsionen bei der Extraktion gesehen, wozu Schwelwässer offenbar viel stärker neigen als die an anderen Stellen verarbeiteten Phenolwässer der Hydrieranlage. Immerhin muß anerkannt werden, daß damals ein anderes Verfahren als das Triphos-Verfahren nicht zur Verfügung stand und daß doch immerhin die Anlage ohne nennenswerte Unterbrechung betrieben

[redacted]

[redacted]

[redacted]

werden konnte und so die wesentlichsten Phenolmengen den Schwelwässern entzogen und volkswirtschaftlich nutzbar gemacht wurden.

Die in der Bohlener Triphos-Anlage gewonnenen Phenolmengen sind recht beträchtlich.

In den Jahren 1937, 1938, 1939 wurde nahezu die gleiche Menge an Phenolen erzeugt wie in den Anlagen der Emscher-Genossenschaft. Im Jahre 1939 wird die Phenolgewinnung in Bohlen sogar die der Emscher-Genossenschaft übertreffen. In der Erzeugung des Jahres 1940 ist bereits Phenol aus der neuen Entphenolungsanlage enthalten, davon die Hälfte aus Schwerbenzin.

Nach der Inbetriebsetzung der Bohlener Triphos-Anlage kamen erstmalig beträchtliche Mengen von Phenolen aus Braunkohlenschwelwässern in den Handel. Die Zusammensetzung entsprach etwa der Analyse des in der Versuchsanlage gewonnenen Phenolöles. Es enthält im Mittel etwa 40 vH Karbolsäure und 35 vH Kresole; den Rest bilden etwa 3 vH Wasser, etwas Neutralöl und hochsiedender Rückstand. Außerdem sind geringe Mengen Triphos (im Phenolöl enthalten. Wenn auch die Qualität des Phenolöles dadurch günstig beeinflußt wird, daß das Phenolöl durch Destillation vom hochsiedenden Extraktionsmittel abgetrennt wird und somit ein großer Teil der hochsiedenden extrahierten Stoffe im Triphos zurückbleibt, so muß doch nach Angabe der Verarbeiter das Phenolöl mit Rücksicht auf den Gehalt an Neutralöl noch mit Natronlauge ausgezogen werden, um Reinprodukte zu erhalten. Aber auch dann sollen die Schwierigkeiten erheblich sein, völlig einwandfreie Produkte zu erhalten. Es ergibt sich also, daß die Phenole bei gleicher Zusammensetzung im Phenolöl der Tri-Anlage niedriger zu bewerten sind als die in einer Phenolnatronlauge. Denn diese braucht man bei zweckentsprechender Arbeitsweise nur noch klarzudampfen, um hierauf die Rohkarbolsäure mit Kohlensäure abzuscheiden. Das Phenolöl der Tri-Anlage erfordert dagegen noch die entsprechende Menge Natronlauge.

Ein Nachteil des Triphos-Verfahrens, den dieses mit allen Extraktionsverfahren teilt, ist der Umstand, daß vorzugsweise die höheren, weniger wasserlöslichen Homologen der Karbolsäure, also die Kresole und Xylenole, gewonnen werden, während die am meisten wasserlösliche Karbolsäure am schlechtesten extrahiert wird. Da nun an sich der Extraktionseffekt der Tri-Anlage für Schwelwasser nicht befriedigt, sind die Verluste an Karbolsäure beträchtlich. Auch die aufschlußreichen Analysen von

Zahlentafel 2.

Karbolsäuregehalt des Rohwassers, der ausgewaschenen Phenole und des entphenolten Wassers beim Benzolwaschverfahren.

1. Zusammensetzung der

Phenole im Rohwasser		ausgewaschenen Phenole bei	
		75proz. Auswaschung	90proz. Auswaschung
	vH	vH	vH
Karbolsäure	36,91	20,61	20,69
Kresole	53,07	64,32	53,80
höhersiedend	10,02	15,07	15,21

2. Karbolsäuregehalt der

Phenole im Rohwasser	Phenole im entphenolten Wasser bei 75proz. Auswaschung
vH	vH
Karbolsäure 33,63	75,71

Oberingenieur Hornung, Essen, in den „Brennstoff-Mitteilungen" 1939 über die Verteilung der Karbolsäure bei der Extraktion von Kokereiwasser mit Benzol (vgl. Zahlentafel 2) zeigen, daß bei Extraktionsverfahren die Auswaschung möglichst weit zu treiben ist, um Karbolsäureverluste zu vermeiden. Aber gerade dann werden diese Verfahren häufig unwirtschaftlich.

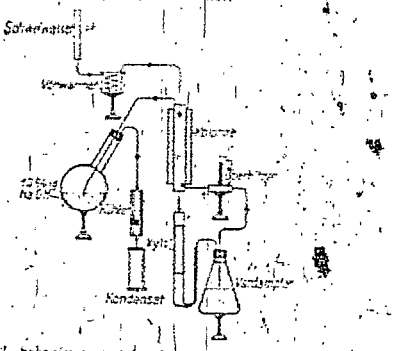


Abb. 2. Schwelwasserentphenolung durch Verdampfen (Laboratoriumsversuchsanlage Bohlen).

Als ein weiterer Ausbau der Bohlener Schwelanlage und die Errichtung eines großen Braunkohle-Gaswerkes in Bohlen geplant wurde, war mit einem gesteigerten Anfall an Phenolwässern zu rechnen, die von den vorhandenen Triphos-Anlage nicht mehr bewältigt werden konnte. Da das Ergebnis der Triphol-Anlage uns wirtschaftlich nicht befriedigte, beschlossen wir, wenn möglich, von einer Vergrößerung dieser Anlage abzusehen, und nahmen mit aller Energie unsere früheren Versuche zur Verdampfung des Ausdampfung des Schwelwassers und Absorption der ausgetriebenen Phenole durch Natronlauge wieder auf, diesmal aber sofort im halbtechnischen Maße. Es war gut, daß wir damals die Schwierigkeiten, die sich insbesondere der Herstellung einer einwandfreien Phenolatlauge entgegenstellen, noch nicht kannten. Sonst hätten wir es kaum gewagt, das Problem in der Kürze der verfügbaren Zeit zu lösen; denn ein halbes Jahr nach Fertigstellung der Versuchsanlage mußte spätestens die Großanlage in Auftrag gegeben werden, anderenfalls wußten wir nicht, wohin mit dem gesteigerten Phenolwasseranfall der Schwel- und Hydrieranlage.

Bei diesen Versuchen haben wir von Anfang an aufs beste mit der Firma Heinrich Koppers, Essen, zusammengearbeitet, die uns auch einen Teil der Apparate (Kühler usw.) zur Verfügung stellte. Wir errichteten zunächst im Herbst 1937 in Hirschfelde eine Versuchsanlage, die von Dezember 1937 bis August 1938 betrieben wurde. Wir beabsichtigten zunächst eine weitgehende Verdampfung des Wassers. Die Verdampfung und die Entphenolung des Dampfes durch Natronlauge sollte in der geplanten Großanlage unter Druck erfolgen, da eine Verdampfung der in Bohlen in Betracht kommenden Wassermenge von über 1000 m³ Tag wirtschaftlich nur dann tragbar erschien, wenn eine Verwertung des entphenolten Dampfes, etwa zum Trocknen der Kohle, erfolgen konnte, wobei allerdings das anfallende Kondensat so beschaffen sein müßte, daß es unbedenklich dem Vorfluter zugeführt werden konnte. Besser erschien es uns noch, den entphenolten Dampf zur Wassergas- oder Synthesevergasung zu verwenden, wobei dabei bezweckt werden, eine Möglichkeit, die

in der Hydrieranlage Böhlen bei den Winkler-Generatoren unter Umständen gegeben war. Denn schon unsere Laboratoriumsversuche hatten gezeigt, daß die Entphenolung des Dampfes nicht leicht vollständig gelingt und daher die Hoffnung auf ein einwandfreies Dampfkondensat gering war.

Abb. 2 zeigt unsere Laboratoriumsapparatur aus dem Jahre 1933.

Das Rohwasser floß über einen Vorwärmer und eine Raschig-Kolonne durch eine Xylolsäule zum Auswaschen teeriger Bestandteile einem Verdampfer zu. Der dort entwickelte Dampf wurde überhitzt und strömte dann dem in der Kolonne herunterrieselnden Schwelwasser entgegen, um dann in einer Waschflasche oder einem Waschturm mit zehnprozentiger Natronlauge entphenolt und danach kondensiert zu werden. Mit dieser Apparatur und verschiedenen, je nach dem Versuchszweck etwas abgewandelten ähnlichen Apparaten wurden zahlreiche Versuche mit verschiedenen Schwel- und Gaswässern durchgeführt. Es zeigte sich, daß die dampfflüchtigen Phenole, also vor allem die einwertigen Phenole, nahezu vollständig abgetrieben werden, daneben auch ein beträchtlicher Teil höhere Teersäuren, daß aber ein großer Teil der organischen Substanz im Verdampfer zurückbleibt und auch nicht durch Xylol ausgewaschen wird. Wir konnten ohne Schwierigkeiten bis auf etwa 10 vH Rückstand verdampfen.

In ähnlicher Weise wurde die Versuchsanlage in Hirschfelde aufgebaut. Neu ist die Entsäuerungskolonne. Diese hat den Zweck, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff bei möglichster Vermeidung von Phenolverlusten abzutreiben, da diese sonst bei der Entphenolung des Dampfes Alkali binden. Die Betriebsweise ist etwa folgende (vgl. Abb. 3):

Das in einer vorgeschalteten Entsäuerungs-Raschig-Ring-Kolonne von CO_2, H_2S und anderen leichtflüchtigen sauren Inhaltsstoffen befreite Schwelwasser wird zur Vermeidung des Schäumens über mehrere Raschig-Ring-Schichten in den Verdampfer kontinuierlich eingespeist. Die Verdampfung und Eindickung des zum größten Teil in den Raschig-Ring-Schichten im Gegenstromprinzip von den leichtflüchtigen Phenolen befreiten Schwelwassers geschieht durch einen Umlaufröhrenerhitzer, mittels indirektem Dampf von etwa 3 atü. Der auf etwa 20 vH eingedickte Rückstand wird periodisch oder kontinuierlich aus den konisch verjüngten Sumpf des Eindampfers entfernt. Es war geplant, diesen Rückstand in die Vorkühler unserer Lurgi-Schwelöfen einzuspritzen, wobei eine kostenlose Destillation erfolgt und die Teerbestandteile des Rückstandes im Vorkühlerteer zurückbleiben sollten. Der phenolhaltige Dampf wird in einer Glockenkolonne durch im Gegenstrom eingespeiste, etwa 25prozentige Natronlauge entphenolt. Durch Überhitzen des phenolhaltigen Dampfes im Zuführungsrohr kann die Konzentration der in der Glockenkolonne gebildeten Phenolatlauge konstant gehalten werden. Überdies ist zu diesem Zweck im Sumpf der Kolonne noch eine Heizschlange eingebaut. Die Phenolatlauge wird periodisch oder kontinuierlich im Sumpf der Kolonne abgezogen.

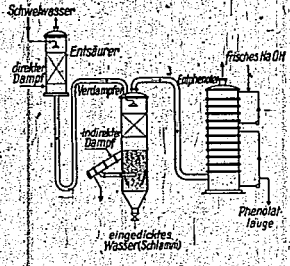


Abb. 3. Schwelwasserentphenolung durch Verdampfen. Versuchsanlage Hirschfelde 1938.

Die Versuchsergebnisse entsprachen den Laboratoriumsversuchen. Durchsatz etwa 300 l Rohschwelwasser/h. Durch die Entsäuerung wurde die Kohlensäure von 2 bis 3 g/l bis auf 0,3 bis 0,4 g/l entfernt, wozu etwa 50 kg direkter Dampf/h erforderlich waren; es fielen in der Entsäuerung stündlich etwa 50 l Brüden an, so daß die einzudampfende Menge entsäuertes Schwelwasser etwa der eingebrachten Menge Rohschwelwasser entsprach. Im Entsäuerungsbrüden wurden etwa 10—15 vH des Phenolinhaltes des Rohschwelwassers verloren, da in der Raschig-Ring-Kolonne nur bei einer Entsäuerungskopftemperatur von etwa 98° C eine befriedigende Entsäuerung erzielbar war.

Entsprechend dem Phenolgehalt des Verdampferbrüdens wurden auf die Entphenolungskolonne stündlich etwa 3,1 25prozentige Natronlauge periodisch aufgegeben. Der Phenolgehalt des Brüdens nach der Entphenolungskolonne konnte auf maximal 1 g/l Kondensat gehalten werden, was etwa einem Verlust von 19 vH entspricht.

Im Verdampfungsrückstand (20 vH) wurde etwa derselbe Phenolgehalt wie im Rohwasser (5,7—6,0 g/l) ermittelt, was also ebenfalls einem Verlust von etwa 20 vH des Phenolinhaltes des Rohwassers entspricht, wobei aber berücksichtigt werden muß, daß es sich hier um mehrwertige, minderwertige Phenole handelt. Der Abdampfrückstand im Verdampfungsrückstand betrug etwa 190 g/l, war also von etwa 6 g/l im Rohwasser auf das 30fache angestiegen; er bestand zu etwa 95 vH aus benzollöslichen teerartigen Stoffen.

Hatte sich schon in der Entphenolungskolonne die eigenartige Erscheinung gezeigt, daß sich die Alkaliabsättigung an Phenol in den unteren Glockenböden nicht über 60—70 vH steigern ließ, während die Kohlensäureabsättigung des Alkalis im Verlauf der Versuche in den unteren Böden abnahm, so zeigten die Untersuchungen der fertigen Phenolatlauge, daß außer den Phenolen auch bedeutende Mengen fettsäureartiger Stoffe bei der Eindampfung des Schwelwassers mit flüchtig gehen und in der Alkalilauge als fettsaure Salze gebunden werden.

Raschig und Rütgers ermittelten, daß die Rohsäure der Phenolatlaugen unserer ersten technischen Versuchsanlage (Verdampfung) neben 45 bzw. 40 vH Phenol sowie 23 bzw. 28 vH Kresolen noch 32 bzw. 42 vH saure Inhaltsstoffe enthielten, die sehr schwer von den Phenolen zu trennen waren. Eigene Untersuchungen der Phenolatlauge ergaben, daß die Rohsäure 36 vH Phenol, 29 vH Kresol und 35 vH andere saure Stoffe enthielt, so z. B. bestand die Rohsäurefraktion 102—174° C zu 66 vH aus Säuren. Dementsprechend war der Wert der im Verdampfungsverfahren hergestellten Phenolatlaugen nur verhältnismäßig gering. Diese Versuche zeigten, daß die Entphenolung des Schwelwassers durch Verdampfen unter gleichzeitiger Eindickung des Schwelwassers auf einen dickflüssigen Rückstand nur technisch ausführbar ist, falls man eine gut durchgebildete mehrstufige Dampfwäsche anwendet, da die versuchsweise hergestellten Phenolatlaugen keine verkäufliche Ware darstellten. Als Ergebnis der Verdampfungsversuche ergab sich also folgendes:

1. Es müssen die fettsäureartigen Stoffe durch eine Vorwäsche entfernt werden, wozu beträchtliche Mengen Alkali benötigt werden und wobei ein Gemisch von fettsauren Alkalisalzen und Alkalisalzen der mehrwertigen Phenole anfällt, für welches Produkt zur Zeit kein lohnender Absatz vorhanden ist.

2. Die in einer zweiten Waschstufe gewinnbaren Phenolatlaugen müssen noch von lästigen, stark riechenden Begleitstoffen befreit werden, wozu besondere Ausbereitungsverfahren auszuarbeiten sind.

3. Der, mittels Alkaliwäsche gereinigte Dampf enthält außer dem flüchtigen Ammoniak noch unbekannte Fremdstoffe, so daß die geplante Verwendung dieses Dampfes zu Heizzwecken häufig nicht möglich sein wird.

Besonders die unbefriedigende Qualität der erhaltenen Phenolatlaugen veranlaßte uns, die Verdampfungsversuche zunächst einzustellen und uns mit Ausdampfungsversuchen zu befassen, die wir ebenfalls schon in großer Zahl, im Jahre 1933 laboratoriumsmäßig studiert hatten (vgl. Abb. 4).

Wir konnten schon damals qualitativ nachweisen, daß die beim Ausdampfen erhaltenen Phenolatlaugen wesentlich reiner waren als beim Verdampfungsverfahren, bei welchem mit zunehmender Eindickung in steigendem Maße die sonst schwer dampfflüchtigen, mehrwertigen Phenole übergehen. Wir fanden auch bereits, daß die Zugabe von Ammoniak zum Abtreibedampf, die wir vornahmen, um einen besseren Abtrieb der Phenole zu erreichen, zwar keine Verbesserung der Dampfflüchtigkeit, aber eine verbesserte Qualität der Phenole bewirkt. Der Abtrieb der einwertigen Phenole kann, wie Versuche mit künstlichen Phenol- und Kresollösungen zeigten, praktisch vollständig gestaltet werden, wenn auf 1 kg Phenolwasser 1 kg Dampf angewandt wird. Als wir Koppers aufforderten, die Versuchsanlage entsprechend umzubauen, erfuhren wir von dem bei Kokereiwässern bereits erprobten Dampfumlaufverfahren der Amerikanischen Koppers Comp., die hierauf ein deutsches Patent angemeldet hat, dessen Erteilung damals aber noch nicht erfolgt war. Endgültig wurde das Patent für das Deutsche Reich erst am 20. Oktober 1938 erteilt. Unter diesen Umständen war es ein besonders glücklicher Umstand, daß wir unsere Entphenolungsversuche von vornherein mit der Firma Koppers durchführten, da wir durch deren Verbindung mit der Amerikanischen Koppers-Gesellschaft schnell zu einer technisch bereits erprobten Apparatur gelangten. Wir konnten es daher wagen, Ende Juli 1938, also zu einer Zeit, als die auf folgenden Ausdampfungsversuche in der technischen Versuchsapparatur, die wir Ende 1938 nach Böhlen verlegten, noch nicht abgeschlossen waren, bereits eine Großanlage für eine Tagesleistung von 400 m³ Braunkohlenschwelwasser zu bestellen (vgl. Abb. 5).

Die Versuchsanlage arbeitete, ähnlich wie die Laboratoriumsapparatur, mit Frischdampf, der nach erfolgter Entphenolung über Dach geblasen wurde, obwohl wir uns im klaren waren, daß im Großbetrieb aus wirtschaftlichen Gründen mit Kreislaufdampf gearbeitet werden muß. In der Versuchsanlage mußte jedoch auf die Kreislaufführung des Dampfes verzichtet werden, da das hierfür erforderliche Umwälzgebläse nicht rechtzeitig beschafft werden konnte. Sowohl die Entsäuerung des Schwelwassers in einer Glockenkolonne als auch die Ausdampfung des entsäuerten Schwelwassers geschahen mit direktem Dampf im Gegensatz zur später erstellten großtechnischen Entphenolungsanlage, die für die Entsäuerung durch indirekte Heizung aus dem Schwelwasser erzeugten Dampf und für die Ausdampfung im Kreislauf geführten Dampf benötzt. Die Entphenolung des Kreislaufdampfes erfolgte in einer Glockenkolonne durch im Gegenstrom aufgegebene Natronlauge (etwa 20% bis 30 prozentig).

Mit dieser Versuchsapparatur konnten stündlich 800 l Schwelwasser verarbeitet werden. Die Entsäuerung des Schwelwassers konnte in einer Glockenkolonne von 14 Böden (im Gegensatz zu der früher benutzten Raschig-Ring-Kolonne) so durchgeführt werden, daß die sauren gasförmigen Schwefelwasserstoffinhaltsstoffe, wie H_2S, SO_2, leichtflüchtige Fettsäuren usw., praktisch restlos Ammoniak

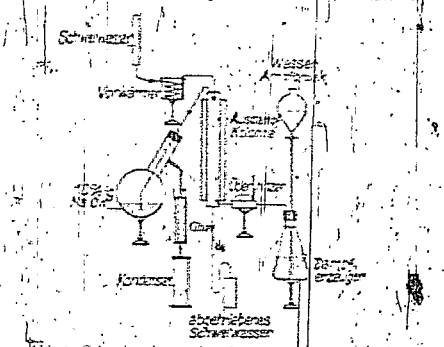


Abb. 4. Schwelwasserentphenolung durch Ausdampfen. Laboratoriumsapparatur.

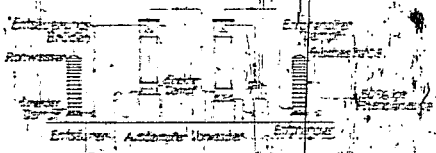


Abb. 5. Schwelwasserentphenolung durch Ausdampfen. Schema der Versuchsanlage Böhlen 1938.

und organische Stickstoffverbindungen teilweise entfernt werden, während die Phenolverluste auf weniger als 5% herabgesetzt werden konnten (gegen 10—15% in der früher benutzten Raschig-Ring-Kolonne).

Die Ausdampfung des entsäuerten Wassers konnte in einer mit Raschig-Ringen gefüllten Kolonne im Gegenstromprinzip durch direkten Dampf ohne besondere Schwierigkeiten so weit betrieben werden, daß im Dünnwasser maximal 0,2—0,5 g Phenol/l enthalten waren.

Bei den Ausdampfungsversuchen zeigte sich, daß neben dem Phenol auch noch eine erhebliche Menge an Fettsäuren ausgetrieben wurde, wenn auch in viel geringerem Umfang als bei den Verdampfungsversuchen. Immerhin schwankten die flüchtigen Fettsäuren im Ausdampferdampf noch zwischen 1—3 g/l Brüdenkondensat. Da diese Fettsäuremengen neben den Phenolen in der Alkaliwäsche gebunden werden, wurde auch mittels des Ausdampfers erhebliches eine schwer verkäufliche Phenolatlauge anfallen, wenn es uns nicht gelungen wäre, die flüchtigen Fettsäuren entweder in einer Vorwaschstufe zu entfernen oder überhaupt deren Flüchtigkeit zu verhindern oder doch wenigstens stark zurückzudrängen. Beide Wege wurden in der Versuchsanlage experimentell durchgearbeitet. Es gelang beispielsweise, die Fettsäuren durch eine Vorwäsche des Ausdampfungsdampfes bei etwas über 100° C mit Phenolatlauge oder Kalkmilchaufschlämmung bis auf Spuren zu entfernen, jedoch zeigte sich, daß eine sehr gut ausgebildete Vorwaschstufe zwischen den Ausdampfer und die Entphenolungskolonne eingeschaltet werden mußte, wenn man nicht in der Vorwaschstufe auch gewisse Mengen Phenole verlieren wollte. Die Aci-

dität der Fettsäuren und der Phenole ist zum Teil wenigstens nicht sehr unterschiedlich, so daß eine mehrstufige Vorwäsche erforderlich ist.

Es wurde auch versucht, die Flüchtigkeit der Fettsäuren durch Zusatz von Kalk, d. h. durch Umwandlung der im entsäuerten Wasser als Ammoniumsalze vorliegenden Fettsäuren in fettsaure Kalziumsalze, zu verhindern, da laboratoriumsmäßig festgestellt wurde, daß die fettsauren Kalziumsalze selbst bei den für die Ausdampfung erforderlichen Temperaturen weniger hydrolytisch gespalten werden als die entsprechenden Ammoniumsalze. Da aber das entsäuerte Wasser im Liter neben etwa 2—3 g bei den Versuchsbedingungen flüchtigen Fettsäuren noch etwa 8—12 g bei diesen Bedingungen nichtflüchtige Fettsäuren enthält, müssen demzufolge sehr große Kalkmengen dem entsäuerten Wasser zugesetzt werden, um eine genügende Zurückdrängung der Fettsäureflüchtigkeit zu erreichen.

Schließlich wurde gefunden, daß man auch durch Zusatz von Ammoniak zum direkten Dampf für die Ausdampfung, sofern der Ammoniakgehalt in Grenzen von 10 bis 50, höchstens 100 g/l, bezogen auf Dampfkondensat, gehalten wird, die Flüchtigkeit der Fettsäuren genügend zurückdrängen kann, ohne die Leichtflüchtigkeit der Phenole zu beeinträchtigen.

Die Entphenolung des phenolhaltigen Dampfes geschah in der Versuchsanlage mittels Natronlauge in einer Glockenkolonne mit zehn Böden. Es gelang in dieser Kolonne bei einigermaßen hohem Phenolgehalt im Ausdampferbrüden, z. B. über 5 g/l, bezogen auf Brüdenkondensat, eine weitgehende Alkaliabsättigung mit Phenolen zu erzielen, ohne daß wesentliche Phenolgehalte im Brüden nach der Entphenolungskolonne nachweisbar waren.

Da aber in der Großanlage eine Glockenbodenkolonne für die Entphenolung des Dampfes wegen des großen Durchgangswiderstandes für den Umwälzdampf kaum in Betracht kommt, und daher auch eine so weitgehende Alkaliabsättigung nicht erwartet werden kann, wurde in der Versuchsanlage in der Regel nur eine Alkaliabsättigung von etwa 50 vH angestrebt. Die erzielten Phenolatlaugen entsprachen den Anforderungen der Industrie.

Die Zahlentafeln 3 u. 4 zeigen die Hauptbetriebsdaten und Untersuchungsbefunde von Versuchen, bei denen eigene und betriebsfremde Schwelwässer in der Versuchsanlage Böhlen durchgesetzt wurden.

Zahlentafel 3.

Schwelwasserentphenolung durch Ausdampfung.

Versuchsanlage Böhlen. Entphenolung verschiedener Schwelwasser. Juli/August 1939.

Schwelwasser		Böhlen	Hirschfelde	Pretzsch	Ölsbüren	Kalkwitz	Goldau	Werschen-W.
Rohwasser:								
Phenol	g/l	8,2	13,5	8,0	9,3	0,3	4,8	4,3
Dampfverbrauch: t/cbm Rohwasser		1,25	1,50	1,17	1,25	1,20	1,15	1,10
Dünnwasser: Phenol	g/l	0,4	1,05	0,0	0,5	0,5	0,4	0,4

Da die Aufarbeitung nur etwa zu 50 vH abgesättigter Lauge unwirtschaftlich sein würde, wurden bereits in der Versuchsanlage im Hinblick auf die geplante Arbeitsweise der Betriebsanlage die nur teilweise alkaligesättigten Schwelwasserphenolatlaugen weiter zur Entphenolung von Schwerbenzinfraktionen benutzt, welche so geschnitten wurden, daß möglichst nur die wertvolleren Phenole darin enthalten waren. Obwohl neben der in erster Linie wert-

Zahlentafel 4.

Schwelwasserentphenolung durch Ausdampfung.

Versuchsanlage Böhlen. Entphenolung verschiedener Schwelwässer. Zusammensetzung der Phenolatlaugen. Juli/August 1939.

Phenolatlauge		Böhlen	Hirschfelde	Pretzsch	Ölsbüren	Kalkwitz	Goldau	Werschen-W.
A) Laugen vom Ausdampfungsverfahren: Absättigung durch Phenole	vH	50	64	60	60	45	45	31,3
Karbolsäuregehalt d. Rohphenols	vH	58	41	56,5	53,0	57,7	50,5	49,5
Kresolgehalt des Rohphenols	vH	32	42	35,5	41,0	37,3	45,2	38,5
B) Mit Schwerbenzinphenolen abgesättigte Laugen: Absättigung durch Phenole	vH	97	98	87	83	93	77,5	90
Karbolsäuregehalt d. Rohphenols	vH	51,4	54,0	53,5	49,8	54,8	50,5	33,6
Kresolgehalt des Rohphenols	vH	38,3	39,2	38,3	40,0	36,6	45,3	51,8

vollen Karbolsäure auch Kresole, Xylenole und vorerst noch unverkäufliche hochmolekulare Phenole im Schwerbenzin enthalten sind, hat man es in der Hand, mehr oder minder die wertvollsten Phenole zur Restabsättigung selektiv herauszuziehen, je nachdem man das Mischungsverhältnis Schwelwasserphenolatlauge zu Schwerbenzin einstellt.

Diese selektive Restabsättigung der Koppers-Lauge konnte bereits in dem einfachen Rührwerksmischer der Versuchsanlage erfolgreich ausgeführt werden (vgl. Zahlentafel 4). Nur bei der Verarbeitung von Werschen-

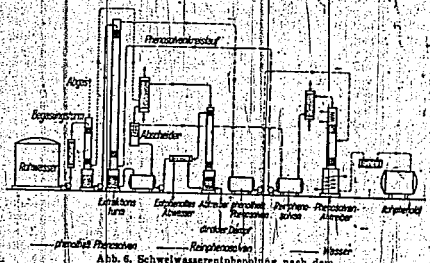


Abb. 6. Schwelwasserentphenolung nach dem Phenolsolvan-Verfahren (Lurgi). Apparaturschema.

va zu 50 vH abgesättigter
rde, wurden bereits in der
die geplante Arbeitsweise
teilweise alkaligesättigten
iter zur Entphenolung von
welche so geschnitten
wertvolleren Phenole darin
n der in erster Linie wert-

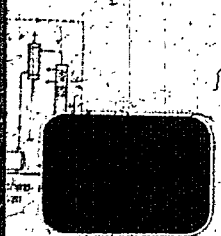
enolung durch
fung.

henolung verschiedener
ung der Phenolatlaugen.
1939.

Draiten	Offleben	Kulkwitz	Nöldau	Werschen-W.
60				
56,5	55,6	57,7	50,5	49,5
35,5	41,6	37,3	45,2	38,5
97	83	93	77,5	90
53,5	49,8	54,8	50,5	33,6
38,3	40,0	36,6	45,3	51,8

e, Xylenole und vorerst
lare Phenole im Schwer-
es in der Hand, mehr
nole zur Restabsättigung
em man das Mischungs-
laugen zu Schwerbenzin

ng der Koppers-Lauge
n Rührwerksmischer der
geführt werden (vgl.
rbeitung von Werschen-



Wasser
ach dem
turschema.

Weißenfelser Schwelwasser wurde kein befriedigendes Ergebnis erreicht, da die Phenolatlauge infolge irrtümlich zu starker Natronlaugeaufgabe nur zu 31 vH mit Schwelwasserphenolen abgesättigt worden war und da außerdem das in der Waschöldestillation der Schwelanlage aus einem bestimmten Kolonnenboden abgezogene und infolge einer Betriebsstörung mit niedrigem Karbolsäuregehalt angefallene Schwerbenzin auch noch in zu geringer Menge angewandt wurde. In der großtechnischen Anlage ist die selektive Schwerbenzinentphenolung ohne Schwierigkeiten einzuhalten.

Für die großtechnische Entphenolung des Schwelwassers bedeutet die Kombination mit der Schwerbenzinentphenolung den Vorteil, daß die Apparatur der Schwelwasserentphenolung sehr stark überlastet werden kann, ohne daß eine Verschlechterung der Phenolgehalte im Dünnwasser auftritt und ohne daß die Qualität der erzeugten Verkaufslauge leidet.

Wir halten daher die Kombination der Schwelwasserentphenolung mit der Gewinnung der im Teer enthaltenen hochwertigen Phenole für außerordentlich wertvoll, wenn nicht für entscheidend für das Dampfumlaufverfahren. Es waren dazu allerdings erst eingehende Untersuchungen über die Verteilung der Phenole in den Teerfraktionen des Lurgi-Schwelverfahrens erforderlich; denn nach Literaturangaben war nicht zu erwarten, daß sich im Schwelteer der Braunkohle wesentliche Mengen von Phenol und Kresol vorfinden würden. Die Untersuchungen aber zeigten, daß aus dem Böhlener Teer an Karbolsäure noch mindestens die gleiche Menge, an Kresolen noch weit mehr gewinnbar sind als aus dem Schwelwasser. Es ermöglicht das Kombinationsverfahren also in einfacher Weise die Verdopplung der Phenolgewinnung. Je nach dem Charakter der Schwelkohle können, bezogen auf die Schwelteererzeugung, 1,5 bis 3 vH Phenole gewonnen werden. In Form von Phenolatlauge können diese Phenole drei- bis vierfach so hoch bewertet werden wie der Schwelteer. Eine Schwelerei, die den Schwelteer zum Verkauf abgibt, kann somit ihren Umsatz mengenmäßig um 0,7—1,5 vH, wertmäßig aber um etwa 4—10 vH steigern. Es handelt sich also bei großen Werken um außerordentliche Werte, die gewonnen werden können, wobei nicht gesagt sein soll, daß die Entphenolung von Schwelwasser und Schwelteer gewinnbringend ist. Sie kann aber in vielen Fällen die Unkosten des Verfahrens decken, was im Vergleich zu unseren Erfahrungen mit dem Triphos-Verfahren doch recht viel bedeutet.

An Stelle des Triphos-Verfahrens, das im übrigen bei Hydrierwässern keine besonderen Schwierigkeiten bereiten soll, wird jetzt ein neues Extraktionsverfahren unter dem Namen Phenosolvan-Verfahren empfohlen (Abb. 6).

Das Extraktionsmittel ist ein niedrig siedender Ester, offenbar Butylazetat. Ein wesentlicher Vorteil des Verfahrens soll neben einem sehr hohen Wascheffekt darin liegen, daß im Gegensatz zum Triphos-Verfahren die Regeneration des Waschmittels nicht durch Abdestillieren der Phenole — wobei die hochsiedenden extrahierten Bestandteile im Waschmittel zurückbleiben —, sondern durch Abdestillieren des Waschmittels selbst erfolgt, wodurch dieses immer wieder rein gewonnen wird. Es wird nun allerdings darauf ankommen, ob die Reinigung der Phenole, die nun die hochsiedenden Stoffe enthalten, in einfacher Weise gelingt. Ferner wird die Frage der Lösungsmittelverluste eine Rolle spielen. Es wäre sehr zu begrüßen, wenn im Phenosolvan-Verfahren der Industrie ein weiteres brauchbares Entphenolungsverfahren zur Verfügung stünde.

Zahlentafel 5.

Schwelwasserentphenolung. Eigenschaften des Phenolöles vom Triphos-Verfahren, vom Dampfumlaufverfahren und Ausdampfungsverfahren.

Art des entphenolten Schwelwassers	Zusammensetzung des wasserfreien Phenolöles: Karbolsäure vH	Kresole vH	Karbolsäure + Kresole vH	Bemerkungen
1. Lurgi-Versuchsanlage Böhlener Kohle (1935)	38,5	38,6	77,1	Versuchstriphosanlage
2. Schwelanlage A (Durchschnittswert 1936/40)	40	35	75	Triphosanlage (Betriebsanlage)
3. Schwelanlage A (1940)	58	32	90	Dampfumlaufverfahren (Betriebsanlage)
4. Schwelanlage B (1939)	44,1	46,1	90,2	Versuchstriphosanlage
5. Schwelanlage B (1939)	49,2	42,4	91,6	Ausdampfungsverfahren Versuchsanlage

Gestützt auf die Erfahrungen in unseren Versuchsanlagen, konnten wir im Dezember 1939 die für einen Tagesdurchsatz von 400 m³ Schwelwasser bei 50 prozentiger Absättigung der Phenolatlauge mit Phenolen bestellte erste großtechnische Großanlage nach dem Dampfumlaufverfahren in Betrieb nehmen. Zu diesem Zeitpunkt hatten wir allen verfügbaren Behälterraum mit Schwelwasser gefüllt, und die Triphos-Anlage war bis zum äußersten überlastet. Versagte die Koppers-Anlage, so trat eine äußerst schwierige Situation ein. Glücklicherweise kam die neue Anlage glatt in Betrieb und schaffte rasch Luft, indem sie ihren Durchsatz bei immer noch zufriedenstellendem Entphenolungsgrad bis auf 700 m³/Tag steigerte. Auch die Anreicherung der Lauge bis zur Absättigung mit Teerphenolen gelang unter Einhaltung der gewünschten Qualität. Wir verstehen darin die Einhaltung eines Phenol-Kresol-Verhältnisses von mindestens 1 : 1, einen Prozentsatz von Phenol + Kresol im Rohphenol von 85 bis 90 vH und das Fehlen störender Fremdstoffe in schädlichen Mengen.

Die Zahlentafel 5 zeigt die Eigenschaft des Phenoles vom Dampfumlaufverfahren im Vergleich zum Triphos-Verfahren, und zwar ausgehend von Böhlener und von Hirschfelder Schwelwasser. Die Rohsäure des Dampfumlaufverfahrens erweist sich als die karbolsäurereichste, also als die hochwertigste. Es wird eben beim Dampfumlaufverfahren die Karbolsäure, die von den im Schwelwasser enthaltenen Phenolen die höchste Flüchtigkeit besitzt, am leichtesten abgetrieben, während umgekehrt bei der Extraktion die am leichtesten im Wasser lösliche Karbolsäure am schlechtesten ausgewaschen wird. In jedem Fall übertreffen die Phenolöle aus Schwelwässern hinsichtlich des Karbolsäure-Kresol-Verhältnisses das, aus dem Kokereiabwasser durch Extraktion mit Benzol erhaltene Rohphenol, das bei einem Gehalt an Karbolsäure + Kresol von 85 vH in der Regel nicht mehr als 35 vH Karbolsäure enthält. Damit kann nun festgestellt werden, daß

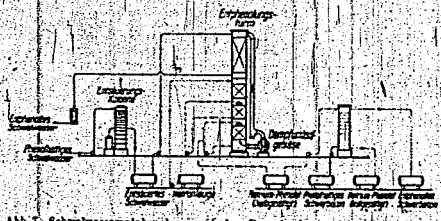


Abb. 7. Schwelwasserentphenolung nach dem Dampfumlaufverfahren kombiniert mit Phenolgewinnung aus Schwerbenzin (großtechnische Anlage). Apparatenschema.

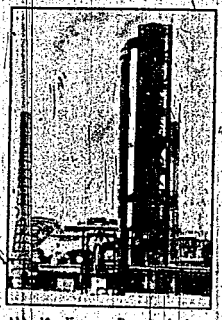


Abb. 10. Koppers-Dampfumlaufverfahren zur Entphenolung von Braunkohlenschwelwasser.

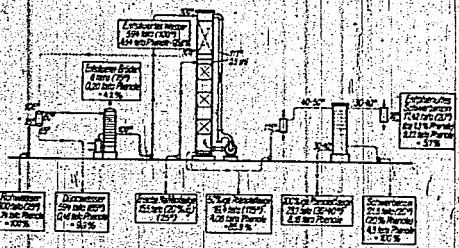


Abb. 9. Schwelwasserentphenolung nach dem Dampfumlaufverfahren kombiniert mit Phenolgewinnung aus Schwerbenzin (großtechnische Anlage). Fließschema.

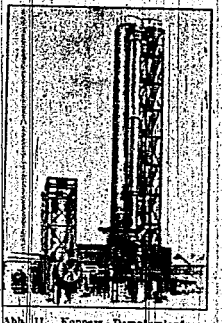


Abb. 11. Koppers-Dampfumlaufverfahren zur Entphenolung von Braunkohlenschwelwasser.

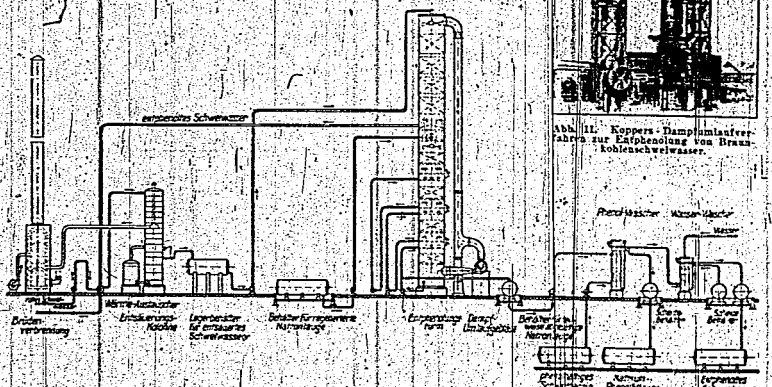
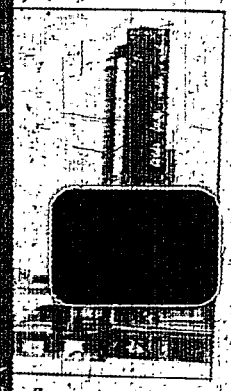
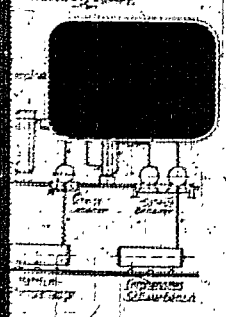


Abb. 8. Koppers-Dampfumlaufverfahren zur Entphenolung von Braunkohlenschwelwasser.



Koppers-Dampfumlaufverfahren zur Entphenolung von Braunkohlenschwelwasser.

Koppers-Dampfumlaufverfahren zur Entphenolung von Braunkohlenschwelwasser.



1. Braunkohlenschwelwasser absolut viel größere Mengen an Karbolsäure und Kresolen enthalten als Kokereiabwässer;
2. das Karbolsäure-Kresol-Verhältnis bei allen von uns untersuchten Schwelwässern günstiger ist als in den Kokereiwässern.

Zahlentafel 6.

Schwelwasserentphenolung nach dem Dampfumlaufverfahren kombiniert mit Phenolgewinnung aus Schwelbenzin. (Großtechnische Anlage.)

Zusammensetzung der Phenolatlauge und der wasserfreien Rohsäure.

	Alkalizahl vH	Rohsäure vH	Karbolsäure vH	Kresole vH	Xylenole vH
Phenolatlauge	12	30	13,8	12,3	1,0
Rohsäure	—	100	46	41	6

Zahlentafel 7.

Anlagedaten der Großanlagen zur Entphenolung von Schwelwasser nach dem Dampfumwälzverfahren.

		Werk A	Werk B	Werk C
Schwelwasserdurchsatz je Einheit	m³/Tag	600	350	800
Entsäuerungskolonne:				
Durchmesser	m	2,4	2,0	3,2
Höhe	m	12,9	12,8	13,2
Abdampfungs- und Entphenolungsturm:				
Durchmesser	m	3,4	3,2	4,4
Höhe	m	25,5	30,6	30,6
Umwälzpumpen		2	5 (1 a 2	2
Gegenstromsturm		1	1	1
Leistung des Umwälzgebläses	m³/h	35 000	45 000	70 000
Anlagenanhänger		1	1	2

Danach steht allerdings fest, daß die Schwelwasser eine beachtliche Menge von Diphenolen, Fettsäuren und sonstigen Stoffen enthalten, deren zukünftige Gewinnung eine Aufgabe der weiteren Forschung sein wird. Allein an Grenzzahlen fanden wir in einem Wasser 1,5 kg m³, so daß eine spätere Gewinnung durchaus möglich erscheint.

Im Teer ist das Karbolsäure-Kresol-Verhältnis ungünstiger als im Schwelwasser, was sich ohne weiteres durch die im Vergleich zu den Kresolen größere Wasserlöslichkeit der Karbolsäure erklärt. Will man nicht zu weitgehend auf die Gewinnung der Kresole verzichten, so tritt also bei der Anreicherung der 50prozentigen Phenolatlauge vom Umlaufverfahren eine Herabdrückung des Karbolsäuregehaltes ein, die jedoch in durchaus tragbaren Grenzen bleibt, wie die Zahlentafel 6 zeigt.

Die mit Schwefelwasserstoff freien, überwiegend Phenolatlauge sowie die daraus gewonnene Rohsäure enthalten also noch immer wesentlich mehr Karbolsäure als das Rohphenol des Kokereiwassers. Es handelt sich hier um eine ganz normale Lauge, wie wir sie im Durchschnitt in unserer Böhlener Anlage erhalten.

Zum Schluß folgen noch einige Angaben über die erste großtechnische Anlage nach dem Dampfumwälzverfahren.

Zunächst ein Schema der Apparatur (Abb. 7), kombiniert mit Phenolgewinnung aus Schwelbenzin.

Ein zweites, uns von der Firma Koppers zur Verfügung gestelltes Schema (Abb. 8) ist etwas ausführlicher gehalten. Es zeigt noch einen Brudenverbrennungsofen zur Verbrennung des Entsäuerwassers, der, je nachdem, angezeigt sein kann, wenn die Anlage groß ist und kein geeigneter Kamin in der Nähe verfügbar ist.

Abb. 9 zeigt ein Fließschema bei einem Durchsatz von tagtäglich 600 m³ Rohwasser.

Zahlentafel 7 enthält die wichtigsten Daten der bisher bei der ASW errichteten bzw. bestellten Anlagen. Außerdem sind noch, soweit uns bekannt, zwei Anlagen für je 1200 m³ Tag für eine andere Großschwelerei hergestellt.

Die Abb. 10 u. 11 zeigen zwei Lichtbilder der ersten großtechnischen Anlage, die nunmehr noch um eine gleich große Einheiten erweitert werden wird.

Vorstehende Ausführungen sollen nur einen Überblick über die bei der ASW auf dem Phenolgebiet geleistete Arbeit geben, die insbesondere durch Herrn Dr. Schober, Herrn Dr. Belcher — als dem Leiter unseres Forschungslaboratoriums —, Herrn Dr. Janeck und den Herrn Dr. Marcusson bei den Entwicklungs- und Versuchsarbeiten sowie bei der Ausarbeitung [illegible] wurden.

Zusammenfassung

Es wird von den auf Veranlassung der Braunkohlenabteilung der AG. Sächsische Werke, Dresden, durchgeführten Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiete der Phenolgewinnung und Phenolgewinnung berichtet. Die Arbeiten haben zur Errichtung von großtechnischen Anlagen geführt, deren erste sich in einjährigem Dauerbetrieb bewährt hat. Der Bau der Anlagen erfolgt durch die Firma Heinrich Koppers, G. m. b. H., Essen. Das bei der ASW ursprünglich angewandte Kombinationsverfahren der Schwelwasserentphenolung mit der Phenolgewinnung aus Braunkohlenteer verbindet mit der Entphenolung der Schwelwasser die praktisch vollständige Gewinnung aller bei der Schwelung entstehenden Phenole.

TITLE PAGE

8. Phenosolvan process. Document from Dr. Lameck.

Frame No. 1014

Phenosolvan Process

British Patent 849 776. French Patent 844 879.

The Phenosolvan Process was invented by Lurgi, Frankfort, and it has been developed to a stage that it is ready for large scale operation in collaboration with the I.G. Farbenindustrie, Leverkusen.

It is an extraction process. Ester from higher aliphatic alcohols boiling at low temperatures serve as extraction agent. It has a density of about 0,88 and a boiling point of between 110° and 130° C.

The process has at first been developed for the dephenolisation of waste water from carbonisation plants and technical tests have been carried out at numerous plants. Later I.G. Farbenindustrie tried to use this process also for working up low temperature tar. At the instance of competent Reich-authorities and after numerous laboratory tests a large pilot plant has been erected at Oyrow, Upper Silesia. This plant however has not been put into operation because of the war.

I.G. Farbenindustrie, Leverkusen, may be in a position to furnish results of their laboratory tests. There are no results available about large scale tests.

TITLE PAGE

II. Documents from Emschergenossenschaft, Essen.

1. Zehn Jahre Phenolgewinnung aus dem Gaswasser der Kokereien im Rheinisch-Westfälischen Industriegebiet - Essen 1939 - von Regierungsbaumeister a.D.H. Wiegmann, Essen.
   Ten years of phenol recovery from the coke plant gas liquors in the Rhine-Westphalia industrial area.
   Reprint received from Dr. Wiegmann, Emschergenossenschaft, Essen.

   Frame Nos. 1015 - 1022

Zehn Jahre Phenolgewinnung aus dem Gaswasser der Kokereien im Rheinisch-Westfälischen Industriegebiet

Von Regierungsbaumeister a. D. H. Wiegmann, Essen

(Aus dem Arbeitsgebiet der Emschergenossenschaft)

Essen 1939.
Verlag Glückauf GmbH.

Zehn Jahre Phenolgewinnung aus dem Gaswasser der Kokereien im Rheinisch-Westfälischen Industriegebiet.

Von Regierungsbaumeister a. D. H. Wiegmann, Essen.

(Aus dem Arbeitsgebiet der Emschergenossenschaft.)

Die Gewinnung der Phenole aus dem Gaswasser der Kokereien des Ruhrbezirks, worüber ich zuerst 1928 in dieser Zeitschrift berichtet habe[1], kann nunmehr auf eine zehnjährige praktische Erprobung zurückblicken. Es sind allerdings nicht, wie man hätte erwarten dürfen, ruhige Jahre gewesen, in denen die wachsenden Betriebserfahrungen ausreifen und zu einem stetig zunehmenden Erfolg führen konnten. Gerade das Gegenteil trat ein, denn die Jahre von 1929 bis 1939 schließen eine Zeitspanne ein, in der die Wirtschaft und besonders die des Ruhrgebietes den ungeheuren Rückgang der Erzeugung von 1931–1933 erleben mußte, dem sich dann erst der bekannte immer steiler werdende Aufstieg anschloß. Daß sich diese Schwankungen des Wirtschaftslebens auch bei der im Jahre 1929 einsetzenden Gewinnung der Phenole aus dem Gaswasser stark auswirken mußten, ist selbstverständlich. Es kam vor, daß ganze Kokereien stillgelegt wurden, und zwar gerade solche, auf denen sich Anlagen zur Gewinnung der Phenole befanden, die infolgedessen ebenfalls nicht mehr betrieben werden konnten. Es waren aber nicht nur die Zahlen der Erzeugung, die so stark wechselten, sondern auch das ganze Preisgebäude der Rohstoffe, Betriebsstoffe und Arbeitslöhne war großen Schwankungen unterworfen.

Bau, Betrieb und Erzeugung der Phenolgewinnungsanlagen.

Das Anlaufen der ersten Betriebsanlagen zur Gewinnung der Phenole aus dem Gaswasser fiel noch in die Zeit einer allgemein aufsteigenden Konjunktur, in der man der Meinung war, daß die Erzeugung der kohleverarbeitenden Industrie noch zunehmen würde. Im Niederschlagsgebiet der Emscher standen 65 Kokereien in Betrieb, die im Jahre 1928 = 22,4 Mill. und im Jahre 1929 = 23,5 Mill. t Koks herstellten. Durch das Abwasser der Nebenproduktenbetriebe der Kokereien wurden die Emscher und damit der Rhein stark verschmutzt, und es bestand die Absicht, die in das Abwasser gelangenden Phenole so weitgehend zurückzuhalten, wie es nach dem Stand der Technik möglich war. Fast für die Hälfte der Kokereien plante man daher eine Gewinnung der Phenole. Es war jedoch unmöglich, diesen auf Grund sorgfältiger Vorarbeiten aufgestellten Plan durchzuführen, da schon im Jahre 1930 die Konjunktur auch auf dem Gebiete der Kohleverarbeitung umschlug und die Bergwerksgesellschaften des Gebietes sich gezwungen sahen, die Koksherstellung in wenigen, aber großen und leistungsfähigen Kokereien zusammenzufassen. In Abb. 1 ist der Ausbau der Phenolgewinnungsanlagen wiedergegeben und der Kokserzeugung innerhalb des Emschergebietes gegenübergestellt. Die Zahl der Betriebsanlagen stieg noch bis 1930, während die Kokserzeugung bereits zurückging. Einzelne Anlagen wurden aber schon 1930 stillgelegt, und da an eine Wiederinbetriebnahme an diesen Stellen nicht zu denken war, entschloß man sich, sie abzubrechen und auf anderen Kokereien neu aufzubauen. Im Jahre 1932 begann man mit dieser Umsetzung. Da man unter den veränderten Verhältnissen die Anlagen anders gestalten mußte, als sie früher gewesen waren, wurden aus den im Jahre 1930 bestehenden 12 Anlagen im Jahre 1933 11 Anlagen, deren Gesamtleistung jedoch um 10 % größer war. Die Abb. 2 bis 4 veranschaulichen eine Phenolgewinnungsanlage, die zunächst auf der Kokerei Friedrich der Große stand (Abb. 2), dann nach der Kokerei Osterfeld versetzt (Abb. 3) und hier nochmals umgebaut und erweitert wurde (Abb. 1). Diese Gegenüberstellung zeigt recht deutlich die bei der Verlegung getroffenen Änderungen, die auf Grund der inzwischen gewonnenen Betriebs-

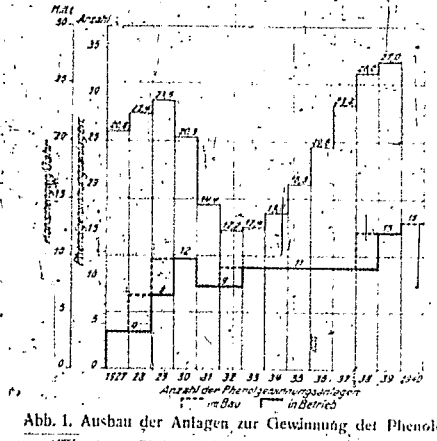


Abb. 1. Ausbau der Anlagen zur Gewinnung der Phenole.

Abb. 2. Phenolgewinnungsanlage auf der Kokerei Friedrich der Große.

[1] Wiegmann: Die Arbeiten der Emschergenossenschaft zur Gewinnung des Phenols aus dem Ammoniakwasser der Ruhrzechen, Glückauf 64 (1928) S. 397 und 435; Weitere Ergebnisse zur Gewinnung des Phenols aus dem Ammoniakwasser, Glückauf 64 (1928) S. 605.

erfahrungen eine erhöhte Leistung herbeiführen sollten. Eine einzige Anlage, die infolge Stillegung der Kokerei nicht mehr betrieben werden konnte, hat man nicht an anderer Stelle wieder aufgebaut, sondern nur einzelne Teile bei anderen Anlagen mit verwandt. Man hätte hier liegende Wascher benutzt, um die Phenole aus dem Gaswasser mit Schweröl auszuwaschen; das Verfahren hatte sich jedoch nicht bewährt[1].

Abb. 3. Die gleiche Anlage nach ihrer Verlegung auf die Kokerei Osterfeld.

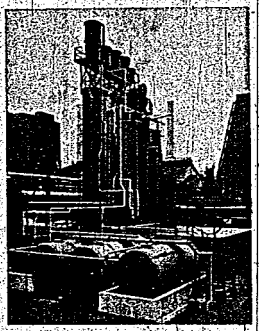


Abb. 4. Die gleiche Anlage auf der Kokerei Osterfeld verändert und erweitert.

Mit dem langsam zunehmenden Ausbau der Phenolgewinnungsanlagen stieg auch die Erzeugung an Phenol und Kresol. In Abb. 5 sind die in den Jahren 1929–1939 hergestellten Mengen Reinware von Phenol und Kresol in Verbindung mit der gleichzeitigen Kokserzeugung des Emschergebietes aufgetragen. Während die Kokserstellung 1930–1933 stark zurückging, nahm die Erzeugung in den Anlagen der Emschergenossenschaft dauernd zu. Sehr deutlich ist der Sprung im Jahre 1934, der dadurch eintrat, daß die umgesetzten und bisher stilliegenden Anlagen nunmehr voll in Betrieb kamen. Während nun aber in den folgenden Jahren die Kokserzeugung ohne weiteres unter Benutzung der vorhandenen Öfen wieder anstieg, konnte die Phenolgewinnung nicht folgen, da hierzu erst neue Anlagen gebaut werden mußten. Im Jahre 1934 war die Kokserzeugung noch fast auf dem tiefsten Stand geblieben, die der Phenole hatte dagegen bereits einen Höchststand erreicht. Die Auswirkung mußte sich nun auch im Grad der Schädlichkeit des Abwassers und damit in der Zusammensetzung des Emscherwassers zeigen. Es war zu erwarten, daß im Rhein nunmehr keine Beeinträchtigungen durch phenolhaltige Abwässer des Industriegebietes festgestellt werden konnten; denn die Menge des Abwassers der Kokereiindustrie war gegenüber 1929 fast auf die Hälfte zurückgegangen und die Fernhaltung der Phenole durch die Anlagen der Emschergenossenschaft bereits sehr wirksam geworden. Leider führte aber der Rhein im Jahre 1934 lange Monate hindurch so außergewöhnlich wenig Wasser wie seit Jahrzehnten nicht. Die Klagen über Beeinträchtigung der Fischerei durch das Abwasser der Großindustrie hörten daher auch im Jahre 1934 nicht auf. In der Folgezeit stieg aber die Beschäftigung der Kokereien wieder von Jahr zu Jahr stärker an. Man mußte sich daher entschließen, die Entfernung der Phenole aus dem Gaswasser weiter auszubauen. Die Vorbereitungen wurden bereits im Jahre 1937 begonnen; einzelne Anlagen konnten durch zusätzliche Wascher und Behälter erweitert und den fortschreitenden Änderungen des Kokereibetriebes angepaßt werden. Außerdem begann man im Jahre 1938 mit dem Bau von 4 neuen Anlagen, deren Fertigstellung sich aber so verzögerte, daß sie erst im Laufe des Jahres 1939 nacheinander in Betrieb kamen. Die Zunahme der Leistung wird daher erst im Jahre 1940 voll in Erscheinung treten. Die Erzeugung von 2400 t im Jahre 1939 wird, wie aus Abb. 5 hervorgeht, auf mehr als 3000 t Reinware anwachsen.

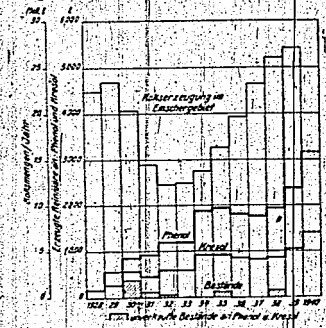


Abb. 5. Phenol- und Kresolerzeugung der Emschergenossenschaft.

In den zurückliegenden 10 Jahren sind die Phenole sehr verschieden bewertet worden. Die Preise für die einzelnen Typen der Reinware haben große Schwankungen durchmachen müssen. Da in den Jahren 1930 und 1931 eine große Menge Ware auf Lager war, erreichten die Preise ihren tiefsten Stand, so daß man sogar ernstlich daran dachte, die Phenole in Benzolkohlenwasserstoffe umzuwandeln[2]. Trotz der dann plötzlich einsetzenden starken Nachfrage der folgenden Jahre konnten sich die Preise nicht wieder ganz erholen. Dazu kam, daß die Preisstopverordnung jede weitere Steigerung ausschloß. Hiervon wurde besonders die Gewinnung der Phenole aus dem Gaswasser betroffen, deren Unkosten wesentlich höher sind als die der Gewinnung der Phenole aus dem Steinkohlenteer. Die Emschergenossenschaft mußte also damit rechnen, daß die jährliche Zubuße, die diese Herstellung der Phenole bisher mit sich gebracht hatte, auch weiter bestehen blieb und bei dem weiteren Ausbau noch zunehmen würde. Trotzdem entschlossen sich die in der Emschergenossen-

[1] Wiegmann: Phenolgewinnung aus dem Gaswasser der Kokereien, Glückauf 68 (1932) S. 33.

[2] Bahr und Petrick: Über die katalytische Reduktion von Teerphenolen zu Benzolkohlenwasserstoffen, Brennstoff-Chem. 14 (1933), S. 167.

schaft zusammengefaßten Bergwerksgesellschaften, diese Belastungen auf sich zu nehmen, mit dem Rhein, soweit es praktisch möglich ist, vor den phenolhaltigen Abwässern zu schützen und dadurch gleichzeitig diese noch Rohstoffquelle zum Nutzen der Gesamtwirtschaft Deutschlands so weit zu erschließen, wie es mit erträglichem Aufwand möglich sein würde. Eine Jahresabsetzung von 25 Mill. t Koks nach früheren Ermittlungen eine Menge von etwa 12000 t Phenolen im Abwasser der Kokereiindustrie freisetzen. Es wäre also möglich, einen großen Teil des deutschen Bedarfs an Phenol und Kresol aus dieser Quelle zu decken, wenn die Gewinnungsverfahren hierfür zur Verfügung stünden. Leider wird man sich hier aber nur mit einer unvollständigen Gewinnung begnügen müssen, da die bisher ausgearbeiteten erprobten Verfahren nicht überall anwendbar sind und sich in einzelnen Fällen die Erzeugungskosten sowie der Verbrauch an wertvollen Betriebsstoffen so hoch stellen würden, daß die Gewinnung volkswirtschaftlich nicht zu vertreten wäre. Der zurzeit noch ungedeckte Bedarf an Phenol und Kresol für die Herstellung von Kunstharz und Preßstoffen könnte dann aus anderen Stoffgebieten leichter gedeckt werden[1].

Die Gewinnung der Phenole aus dem Gaswasser hat von Anfang an gewisse Zuschüsse erfordert, da die Erlöse für die gewonnene Reinware in Phenol und Kresol gleich zu Beginn der Arbeiten stark absanken. Wenn auch in den letzten 3 Jahren die Erlöse in geringem Umfang steigen konnten, so mußte man doch in Kauf nehmen, daß gleichzeitig die Herstellungskosten laufend zunahmen. Betrachtet man die Gewinnung der Phenole aus dem Gaswasser als ein Verfahren zur Herstellung eines weiteren Nebenproduktes der Kokereien, so muß man sich damit abfinden, daß der laufende Anfall sehr unregelmäßig ist und starken von der Art der zu verarbeitenden Kohle und der Betriebsweise der Öfen abhängt als der eines anderen Nebenproduktes. Fällt z. B. der Gehalt des Phenols im Gaswasser von 2 g/l auf 1 g/l, so wird in ähnlichen Anlagen, die mit fast gleichbleibenden Phenolmengen, nur noch die Hälfte erzeugt. Entsprechend ändern sich dadurch die Gesamtherstellungskosten. In den letzten 5 Jahren hat die Kokserzeugung so stark zugenommen, daß sie bereits über diejenige des Jahres 1929 hinausgegangen ist. Dieser erfreuliche Zuwachs der Beschäftigung brachte es aber mit sich, daß die vorhandenen Kokereien stark vorgetrieben wurden. Die dabei auftretenden hohen Ofentemperaturen hatten zur Folge, daß zurzeit 42% des Phenolgehaltes im Gaswasser fast aller Kokereien zur Folge. Während man noch im Jahre 1929 im großen Durchschnitt des Gesamtruhrbezirkes mit einem Anfall von 400–500 kg Phenol auf 1000 t Koks im Gaswasser rechnete, können heute nur noch 300–350 kg erwartet werden. Wenn hiermit auch eine gewisse Verminderung der Schädlichkeit des Abwassers der Kokereien verbunden ist, so bedeutet doch der Ausfall an den Stellen, an denen man die Phenole aus dem Gaswasser gewann, daß mit größeren Herstellungskosten gerechnet werden muß. Bei einzelnen Kokereien ging der Phenolgehalt sogar bis auf 50% zurück. Es ist daher verständlich, daß trotz aller Bemühungen, das Gewinnungsverfahren wirtschaftlicher zu gestalten, die Erfolge durch solche Einflüsse wieder aufgehoben worden sind. Im Jahre 1938 z. B. ergab die Abrechnung der Einnahmen und Ausgaben bei einer Gesamterzeugung von 1930 t Reinware folgendes Bild:

Einnahmen		Ausgaben	
Erlös aus dem Verkauf von Phenol und Kresol	1 276 616,90	Betriebs-, Unterhaltungs- und Verwaltungskosten	905 866,26
Zahlungen der Beschäftigten	65 138,77	Unterstützungen	23 377,13
Verbandsumlage	14 007,98	Zinsen und Abzug für Anlagekapital	337 760,45
rm.	1 354 823,65	rm.	1 354 823,65

[1] Wiegmann: Verwertung von Schlämmen und Wässern aus dem Abwasser der kohlenverarbeitenden Industrie. Vom Wasser 9 (1935) S. 70.

[2] Moeller und Bauerfeind: Über die Gewinnung von Phenol und Kresolen aus Steinkohle. Angew. Chem. 52 (1939) S. 185.

Die nicht durch Einnahmen gedeckte Summe für die Abgang des Anlagekapitals mußte also in den früheren Jahren auf die Beteiligten der Emschergenossenschaft, und zwar die Gruppe der Kohle- und Ammoniakwirtschaft, umgelegt werden, die in demselben Jahre 25 Mill. t Koks erzeugten.

Betriebserfahrungen und Bestrebungen zur Verbesserung und Verbilligung des Verfahrens.

Es ist nicht möglich, auf allen Kokereien des Emschergebietes Anlagen zur Gewinnung der Phenole aus dem Gaswasser zu errichten. Auf die Beseitigung der Phenole aus dem Emscherwasser müssen aber sämtliche Kokereien, die zur Emscher entwässern, gleichmäßig bedacht sein. Die Unkosten der Phenolgewinnung werden daher von allen gemeinsam getragen. Die Gewinnungsanlagen sind von der Emschergenossenschaft gebaut und ihr Betrieb ist den Anlagen wird das Phenolgewinnungsverfahren zur [illegible] Herstellung von Phenolharzen [illegible] [illegible] [illegible]

— manchmal vielleicht nur geringfügiger Art — mit sich brachte. Dem erfahrenen Betriebsmann ist es geläufig, daß die Schlacht um die Brauchbarkeit eines Verfahrens an sich und um die erzielbare Wirtschaftlichkeit gerade auf dem Gebiet der Durcharbeitung der Geräte bis in die letzten Einzelheiten geschlagen werden muß. Die gute Auswaschung der Phenole aus dem Gaswasser wurde schon sehr bald auf allen Anlagen erreicht, obwohl die Betriebsverhältnisse überall recht verschieden liegen. Für zwei Anlagen sind die Ergebnisse eines Monats in der nachstehenden Übersicht zusammengestellt. Die eine Anlage

Betriebszahlen eines Monats.

Datum	Entphenolungsanlage A			Entphenolungsanlage B		
	Mit-Wasser Durchsatz m³/Tag	Phenolgehalt zul. Wasser g/l	Phenolgehalt abl. Wasser g/l	Mit-Wasser Durchsatz m³/Tag	Phenolgehalt zul. Wasser g/l	Phenolgehalt abl. Wasser g/l
1.	229	4,27	0,74	516	1,00	0,14
2.	242	4,05	0,73	545	0,95	0,13
3.	238	4,00	0,61	532	0,91	0,10
4.	224	3,92	0,20	277	0,84	0,08
5.	232	3,80	0,20	513	0,80	0,06
6.	222	3,95	0,20	519	0,80	0,06
7.	215	4,12	0,22	539	1,00	0,10
8.	207	4,33	0,30	496	0,97	0,13
9.	210	4,28	0,46	548	0,90	0,12
10.	194	4,58	0,36	493	0,93	0,11
11.	217	4,16	0,40	278	1,10	0,11
12.	200	4,47	0,39	301	1,00	0,09
13.	191	4,58	0,39	316	1,00	0,09
14.	242	3,65	0,17	294	0,91	0,08
15.	234	3,70	0,20	323	1,07	0,13
16.	213	4,17	0,36	297	1,10	0,08
17.	214	4,14	0,17	318	1,00	0,09
18.	202	4,35	0,40	205	0,99	0,07
19.	199	4,46	0,43	289	1,14	0,08
20.	198	4,46	0,43	299	1,14	0,08
21.	201	4,57	0,66	289	1,15	0,07
22.	226	3,93	0,27	218	1,10	0,08
23.	218	4,09	0,33	300	1,10	0,07
24.	221	3,98	0,20	297	1,27	0,10
25.	218	4,03	0,23	207	1,05	0,08
26.	219	4,00	0,23	288	1,20	0,07
27.	218	4,00	0,23	270	1,20	0,07
28.	223	3,91	0,17	276	1,30	0,08
29.	224	3,93	0,33	244	1,27	0,09
30.	218	4,03	0,30	249	1,17	0,08
31.	206	4,03	0,10	248	1,20	0,08
Im Mittel		4,13	0,33	—	1,05	0,09

hat einen sehr hohen Gehalt von Phenol im Gaswasser, nämlich im Mittel 4,13 g/l, die andere dagegen einen Phenolgehalt von 1,05 g/l. Die Auswaschung beträgt im Mittel im ersten Falle rd. 92%, im zweiten Falle rd. 91%. Der Endgehalt des ablaufenden Gaswassers liegt im ersten Falle wesentlich höher als im zweiten. Rechnet man auf tägliche Mengen um, so verbleiben im ersten Falle 72 kg, im zweiten nur 22,5 kg Phenole/Tag im Gaswasser und damit im Abwasser der Kokerei. Es ist demnach leichter, bei niedrigem Anfangsgehalt auch einen niedrigen Endgehalt des Gaswassers an Phenol zu erreichen. Bei sehr hohem Phenolgehalt des zulaufenden Wassers ist man manchmal gezwungen, die Auswaschung in zwei Stufen vorzunehmen, da man sonst sehr lange Waschwege im Gegenstromwäscher bzw. außergewöhnlich hohe Waschtürme anwenden müßte. Auch die Anreicherung der Lauge an Phenol gelingt recht gut. Bei niedrigem Phenolgehalt des Gaswassers muß man aber in Kauf nehmen, daß der Schwefelgehalt gleichzeitig mit dem Phenolgehalt in der Lauge zunimmt oder daß die Anreicherung nicht bis zur vollen Ausnutzung des Alkalis zur Bindung der Phenole getrieben werden kann. Bei Einsatz einer 20%igen Natronlauge in der Phenolgewinnungsanlage gelingt es, eine Phenolatlauge von folgender Zusammensetzung herzustellen:

	%
Gesamtphenole, bezogen auf Phenolnatronlauge	31,5
Gesamtalkali, „ „ „	13,9
Reinphenole, „ „ „	26,2
Von dem Gesamtalkali sind an Schwefel gebunden	2,5

Eine solche Lauge ist praktisch vollkommen abgesättigt. Um diese Ergebnisse erzielen zu können, vergrößerte man die bestehenden Anlagen durch zusätzliche Einrichtungen. Während also die Betriebskosten gesenkt wurden, konnten die Gesamtherstellungskosten nicht in demselben Maße vermindert werden, da die Kapitalkosten wieder stiegen. Man versuchte deshalb, die Vorrichtungen grundsätzlich stark zu vereinfachen. Abb. 7 zeigt z. B. die auf der Kokerei König Ludwig nach diesem Gesichtspunkt gebaute Phenolgewinnungsanlage. Die Ersparnisse an Anlagekosten führten aber in diesem Falle zur Erhöhung der Betriebskosten und zu recht unsicheren Betriebsverhältnissen, bei denen Verluste von Betriebsmitteln sehr ins Gewicht fielen.

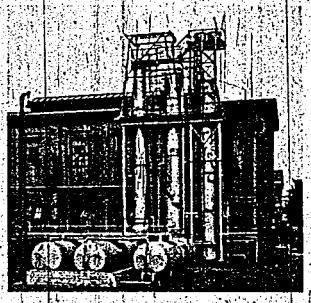


Abb. 7. Phenolgewinnungsanlage auf der Kokerei König Ludwig.

Die Anlage wurde daher durch einige Scheidegefäße erweitert. Das Bild gibt schon nicht mehr den ersten Baizustand wieder, sondern den einer teilweisen Erweiterung. Schon bei den ersten Versuchsanlagen vor 1929 hatte man die Auswaschung der Phenole aus dem Gaswasser durch Mischpumpen zu erzielen versucht, indem man zuerst zweistufig und dann dreistufig arbeitete. Man hatte diese Arbeitsweise aber aufgegeben, weil man zuviel Benzol im Verhältnis zu dem durchlaufenden Wasser benötigte. Bei der damaligen Betriebsweise, bei der die Phenole vom Benzol durch Destillation getrennt wurden, spielte dieses Verhältnis eine ausschlaggebende Rolle in den Betriebskosten[1]. Nachdem man aber zur Bindung der Phenole an Natronlauge übergegangen war, war man hinsichtlich dieses Mischungsverhältnisses viel beweglicher. Es lag daher nahe, zu versuchen, ob sich nicht die inzwischen erprobten Gegenstromwascher durch Mischpumpen ersetzen und damit die Herstellungskosten der Einrichtung erheblich senken ließen. Die Anlage auf der Kokerei Nordstern ist daher nach diesem Vorschlag gebaut worden. Da sie in der Hauptsache in einem vorhandenen Gebäude untergebracht werden mußte, war man in der Höhe beschränkt und hatte auch aus diesem Grunde keine hohen Gegenstromwascher anwenden können. Die ganze Anlage besteht nur aus liegenden Vorrats- und Scheidebehältern sowie den Förder- und Mischpumpen. Die Ergebnisse sind mindestens so günstig wie die der anderen Anlagen. Unzweifelhaft ist eine Verringerung des Eisenbedarfs der Anlage gegenüber der sonstigen Bauart eingetreten. Die Herstellungskosten halten sich aber trotzdem

[1] S. Anm. 1 auf S. 1 (965).

im Rahmen der sonstigen Anlagen. Ein genauer Vergleich ist schlecht möglich, da es sich hier um eine so große Anlage handelt, wie sie bisher nicht gebaut worden ist. Da man

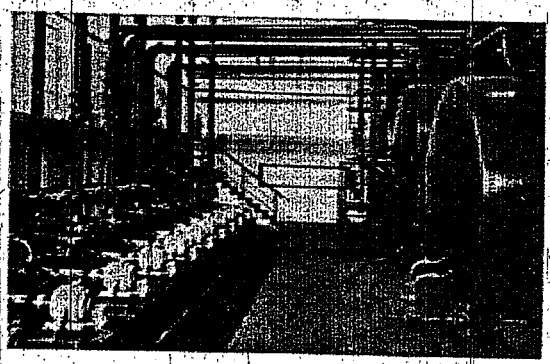


Abb. 8. Phenolgewinnungsanlage auf der Kokerei Nordstern.

nicht voraussehen konnte, ob die Mischung von Wasser, mit Benzol und von Benzol mit Lauge in den Pumpen ausreichend war, wurden in die Druckleitungen der Pumpen verschiedene besondere Mischer eingebaut, die sich aber als völlig unnötig herausstellten. Die Mischung der Flüssigkeiten ist so gut, daß die sehr groß bemessenen Scheidegefäße gerade genügen. Das Ammoniakwasser enthält trotz der (bereits erwähnten) Abscheidung des Kokerei noch geringe Mengen Teer- und Staubteilchen, die vor der Waschung durch Separatoren ausgeschleudert werden. Die Versuche, auf diese Art eine gute Vorreinigung des Wassers zu erzielen, sind in Gemeinschaft mit der Firma Krupp in Essen durchgeführt worden. Dabei hat sich der Grundsatz ergeben, daß man solche Separatoren auch zur Scheidung der Gemische Benzol-Wasser und Benzol-Lauge benutzen könnte. Die Phenolgewinnungsanlage würde dann praktisch nur noch aus Pumpen und Separatoren bestehen. Eine kleinere Versuchsanlage, die die Firma Krupp herstellte, wurde auf einer Kokerei und einem Hydrierwerk in Betrieb genommen. Abb. 9 zeigt die Gesamtanlage und Abb. 10 einen Ausschnitt, aus dem zu ersehen ist, daß die Pumpe das Gemisch unmittelbar in den Separator drückt, der das Gemisch wieder scheidet. Pumpe und Separator sind hier sogar gemeinsam angetrieben. Die Ergebnisse der Versuchsanlage waren günstig. Die Ausscheidung für eine Anlage nach diesem Gedanken und der üblichen Bauart weist einen Eisenverbrauch von noch nicht ganz 60 % des bisherigen

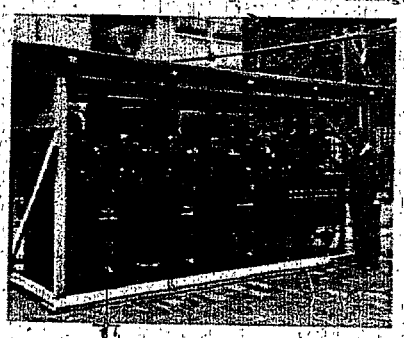


Abb. 9. Versuchsanlage aus Mischpumpen und Separatoren.

auf. Leider wirkt sich dieses günstige Ergebnis nicht auf die Gesamtbaukosten der Anlage aus, da die teuren Maschinen und elektrischen Teile verhältnismäßig geringer sind als die bisher verwendeten einfachen Behälter und Wascher. Dazu kommt, daß die Betriebskosten wegen des beträchtlichen Stromverbrauchs erheblich höher liegen, es sei denn, daß man mit einem außergewöhnlich niedrigen Strompreis rechnen kann. Von dem Bau einer solchen Anlage hat man daher zunächst Abstand genommen, obwohl die Entwürfe hierfür bis zu einem so weit gediehen sind, daß für die Beurteilung des Dauerbetriebes einer großen Anlage genügend jedoch die bisherigen Versuche sicher. Besonders ließen sich aber den Dauerbetrieb den mit 4000 U/min laufenden Separatoren und die genauen Laugenzumessungen noch keine endgültige Angabe machen. Der Arbeitsaufwand bei dieser Art des Betriebes ist daher höher als bei der bisherigen Bauart. Das jetzige Gesamtverfahren ist auch bei der Verwendung der bisherigen Separatoren wirtschaftlicher, weil möglicher geringerer Aufwand an Arbeitslöhnen und Betriebsstoffen einen gleichmäßigen und gleichmäßigen Betrieb zu erzielen. Es wurden dabei reichlich Vorlagebehälter und Scheidetrauben und sogar Ausgleichsbehälter vorgesehen. Pumpen und Rohrleitungen wurden reichlich bemessen und für Schieber und Hähne schwere Stopfbuchsenführungen gewählt, die sowohl für Benzol wie für Lauge im Dauerbetrieb dicht und trotzdem gängig blieben.

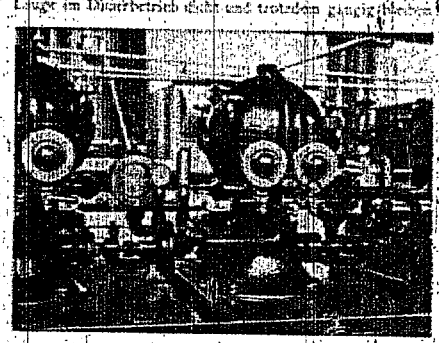


Abb. 10. Teilansicht der Versuchsanlage nach Abb. 9.

Die Abb. 11 und 12 geben Aufnahmen von Phenolgewinnungsanlagen wieder, die im Jahre 1939 in Betrieb genommen sind. Abb. 11 läßt im Vordergrund rechts eine kleine Destillationsanlage erkennen, in der ein Teilstrom des Umlauf-Waschbenzols destilliert wird. Das Ammoniakwasser enthält auch bei besonders guter Vorreinigung noch gelöste Teer-, Waschöl- und Neutralölanteile, die von dem Benzol aufgenommen werden und das spez. Gewicht sowie andere Eigenschaften des Waschbenzols erheblich verändern. Es hat sich daher als notwendig erwiesen, einen Teilstrom des Benzols im laufenden Betrieb zu destillieren und dadurch das Waschbenzol auf gleichmäßiger Güte zu erhalten. Der zähe Rückstand wird dem Teer der Kokerei beigemischt. Ohne diese Einrichtung wäre ein Dauerbetrieb der Phenolgewinnung nicht durchführbar. Dadurch, daß man das Gaswasser zuerst mit einer kleinen Menge Benzol vorwäscht, erreicht man eine starke Anreicherung der verschmutzenden Stoffe in dem Waschbenzol, so daß nur eine kleine Menge Benzol destilliert zu werden braucht. Zu dem in der schematischen Darstellung (Abb. 6) angegebenen Kreislauf tritt also noch ein dritter Kreislauf, nämlich der

der Benzolvorwaschung und Destillation des Benzols, das als reines Benzol wieder in die Vorreinigung oder den Umlauf des Benzols zurückgeleitet wird.

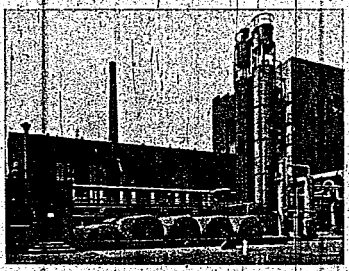


Abb. 11. Phenolgewinnungsanlage aus dem Jahre 1939.

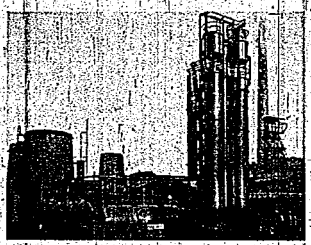


Abb. 12. Phenolgewinnungsanlage aus dem Jahre 1939.

Die Grundlage und Voraussetzung für das Waschen des Ammoniakwassers mit Benzol auf den Kokereien war die Tatsache, daß die geringen im Ammoniakwasser sich noch lösenden Mengen Benzol bei der Ammoniak-Abtreibung mitverdampft und in das Rohgas der Kokerei zurückgeleitet werden. Neuerdings hat man auf einigen Kokereien begonnen, die Restgase des Ammoniakbetriebes auf Schwefelsäure zu verarbeiten, so daß diese selbständige Zurückleitung des abgedampften Benzols in das Rohgas unterbunden ist. Man mußte deshalb in diesen Fällen auf die alten Versuche zur direkten Wiedergewinnung des im Wasser gelösten Benzols zurückgreifen[1]. Als besonders wirksam aber erwies sich ein neuer Vorschlag, nämlich das entphenolte Gaswasser in einem Rieselturm oder Kolonnen-Abtreiber zu entspannen und gleichzeitig im Gegenstrom eine kleine Menge Kokereigas hindurchzusaugen, das am oberen Ende der Kolonne abgesaugt und in das Rohgas zurückgeleitet wird. Bei Innehaltung von Temperaturen zwischen 40 und 50° gelang es, 95% des Benzols aus dem Gaswasser zu entfernen, wobei sich das Gas von beiläufig 30 g Benzol/m³ auf 60 g/m³ und darüber anreicherte. Besonders wichtig war es, daß bei diesem Vorgang das Ammoniak, die Kohlensäure und der Schwefelwasserstoff nicht mit flüchtig wurden. Es trat sogar eine kleine Anreicherung des Wassers an Ammoniak ein. Die Einrichtung ist einfach und leicht zu bedienen. In den meisten Fällen wird sie von der Phenolgewinnungsanlage aus mit bedient werden können. Auf den Kokereien, die nur das Gaskondensat der indirekten Kühler zur Phenolgewinnung benutzen und die nach dem indirekten Nebengewinnungsverfahren arbeiten, bringt man das Gaswasser häufig nochmals mit dem Gesamtgas in innige Berührung, um es mit Ammoniak anzureichern. Bei diesen Betriebsverhältnissen kann sich das im Gaswasser gelöst bleibende Benzol dem Gesamtgas wieder beimischen, ohne daß zusätzliche Einrichtungen notwendig werden.

[1] S. Anm. 1 auf S. 1 (965); DRP. 570077 „Verfahren zur Wiedergewinnung des mit dem entphenolten Wasser ablaufenden Benzols".

Leistungen der im Ruhrbezirk bestehenden Phenolgewinnungsanlagen und ihre Auswirkung auf die Vorfluter.

Die Emschergenossenschaft hat auf den meisten Kokereien ihres Gebietes, auf denen die Phenolgewinnung praktisch durchführbar ist, nunmehr Anlagen errichtet und bis Ende des Jahres 1939 in Betrieb genommen. Es bestehen Anlagen z. Z. auf den Zechen Friedrich Thyssen 3/7, Friedrich Thyssen 1/8, Concordia, Osterfeld, Emil, Mathias Stinnes 3/4, Nordstern, Consolidation, Graf Bismarck, Alma, Mont Cenis, König Ludwig, Ewald-Fortsetzung, Löthringen 4 und Hansa. Anfang des Jahres 1940 kommt auf der Kokerei Dorstfeld noch eine Anlage hinzu, die aus Teilen der früheren Anlage Nordstern neu hergestellt wird. Der tägliche Anfall beträgt 8,6 t, so daß sich eine Jahreserzeugung von 3000 t Reinphenolen ergibt. Mit den vorhandenen Anlagen können also bereits etwa 3500 t Rohphenole dem Abwasser und damit der Emscher ferngehalten werden. Die Emschergenossenschaft hat es auch übernommen, für den Ruhrverband zwei Anlagen zur Gewinnung der Phenole im Olbachgebiet zu bauen und deren Betrieb mitzuleiten. Die im Gebiet des Lippeverbandes geplanten 3 Phenolgewinnungsanlagen werden ebenfalls von der Emschergenossenschaft gebaut und betreut. Wenn diese sämtlichen Anlagen im Jahre 1940 betrieben werden, wird das Ruhrkohlengebiet insgesamt etwa 4200 t Reinware an Phenol und Kresol allein aus dem Gaswasser der Kokereien der deutschen Volkswirtschaft zur Verfügung stellen.

In demselben Umfang werden die drei Flußgebiete von Emscher, Ruhr und Lippe von den Phenolen des Abwassers der Kokereien entlastet. Z. B. würden im Emschergebiet bei einer Kokserzeugung von 25 Mill. t/Jahr 8700 t Abwasserphenole anfallen. Da aber bereits 3500 t zurückgehalten werden, so fließen rd. 5200 t Phenole Emscher und mit dieser in den Rhein. Es werden also bereits 40% der im Emschergebiet mit dem Gaswasser der Kokereien anfallenden Phenole zurückgehalten. Die Einwirkung der phenolhaltigen Abwässer auf das Wasser des Rheines ist seit langen Jahren bekannt, und besonders in den Jahren 1935–1937 hat die Landesanstalt für Fischerei in Berlin unter Mitwirkung der Emschergenossenschaft sehr gründliche Untersuchungen auf der Strecke von Köln bis Emmerich durchgeführt. Der Rhein fließt auf der Strecke zwischen Duisburg und Wesel noch ziemlich schnell. Die Untersuchungen erwiesen, daß der Abbau der in großer Verdünnung im Rheinwasser enthaltenen Phenole gleichwohl sehr rasch vor sich geht; in der kalten Jahreszeit läßt er allerdings erheblich nach. Über die Art des Abbaues der Phenole in reinem Wasser, in Fluß- und Teichwasser hat Kalabina[1] sehr aufschlußreiche Versuche angestellt. Die Fische vertragen einen Phenolgehalt von 4–15 mg/l, melden aber die durch phenolhaltiges Wasser verunreinigten Gewässer, wenn sie mehr als 0,2 mg/l aufweisen. Die Grenze der Beeinflussung des Geschmackes liegt noch wesentlich tiefer. Erst bei einem Phenolgehalt von 0,02 mg/l im fließenden Wasser kann man mit Sicherheit rechnen, daß keine nennenswerte Geschmacksbeeinträchtigung des Fischfleisches mehr eintritt. Diese letzten Spuren von Phenol zerfallen sehr langsam und halten sich im Wasser viel länger als die großen Phenolmengen. Das haben auch die Untersuchungen von Kalabina bestätigt.

[1] Kalabina: Der Phenolzerfall in Fließ- und Staugewässern, Z. für Fischerei 33 (1935) S. 295.

Kolkwitz[1] teilt bereits im Jahre 1927 über das Verhalten der niederen Organismen zu den Phenolen mit: „Es ist wenig bekannt, daß Phenole in geringen Gaben für Organismen auch Nährstoffe sein können. Wenn niederen Organismen mit Phenolen gleichzeitig wertvolle Nährstoffe geboten werden, kommt ihre elektive Tätigkeit zur Geltung. In solchen Fällen werden die geeigneteren Nährstoffe bevorzugt, und das Phenol bleibt unangetastet. Der biologische Abbau der Phenole hört also bei ganz gewissen unteren Grenze des Phenolgehaltes auf, und die reinen Oxydationsvorgänge wirken in schnell fließendem Fluß verhältnismäßig langsam. Auch Kalabina weist [2] darauf hin, daß die mit dem Phenolgehalt praktisch immer auftretenden Begleitstoffe, z. B. Naphtalin, Harze, Cyanide, starken Einfluß auf die Verunreinigung und damit den Fischbestand der Gewässer haben, und bestätigt damit die Feststellungen von Cronsaz aus dem Jahre 1929, daß auch den neutralen und alkalischen Begleitstoffen der Teerprodukten eine schädliche Wirkung zugeschrieben werden muß, daß man aber für die Begleitstoffe bis jetzt noch kein Verfahren zur analytischen Ermittlung gefunden hätte, da sie nur in äußerst geringen Mengen und in große Verdünnung im Wasser vorkommen. Die Auswaschung des Phenole aus dem Gaswasser mit Benzol erfaßt nun auch einen großen Teil dieser anderen schädlich wirkenden Stoffe. Im großen Durchschnitt sind in den ausgewaschenen Rohphenolen etwa 85% reine Karbolsäure und reine Kresole enthalten. Der Rest besteht aus den höher siedenden sauren Ölen. Außerdem wäscht das Benzol neutrale Öle aus, die in der Hauptsache durch die laufende Teildestillation des Waschbenzols ausgeschieden und wieder dem Teer der Kokerei beigefügt werden. Gemessen am Verbrauch an Kalilaugenmengen nimmt die Schädlichkeit des Kokereiabwassers durch die Phenolauswaschung um rund Drittel ab. Aus den Untersuchungen der erwähnten Forscher wird es aber auch klar, daß selbst Waschbenzole und Destillate, z. B. infolge starken Schiffverkehrs, den Fischgeschmack beeinträchtigen.

Überblick über die bestehenden größeren Phenolgewinnungsanlagen.

Gegenüber der Mitteilung aus dem Jahre 1932 in dieser Zeitschrift[3] hat sich die Zahl der im Ruhrbezirk vorhandenen und bestehenden Anlagen zur Gewinnung von Phenolgaswasser bzw. Schwelwasser eine größere Veränderung erfahren. Hier bestehen zur Zeit 17 Anlagen und 4 weitere sind im Bau. Im übrigen Deutschland arbeiten nach demselben Verfahren die Anlagen der Lieder-Hütte in Peine, die der Ostelbi-Kokerei in Deuchowitz, im Bau zur Inbetriebsetzung sind 2 Anlagen für die Hamburg-Georgs-Werke und 1 Anlage in Oberschlesien. Dazu tritt nun noch die Gewinnungsanlage der Hohenegger Schächte in Mährisch-Ostrau. Soweit festgestellt werden konnte, werden auch die nach deutschem Vorbild errichteten beiden Anlagen in England und 2 Anlagen in Frankreich mit gutem Erfolg betrieben. Das Triphosverfahren, das Trikresylphosphat als Waschmittel benutzt und bei dem das Phenol in Form von Rohphenol gewonnen werden kann, wird in 4 Anlagen angewendet, die Abwässer der Braunkohlen-Vergasung und -Verschwelung behandeln. Mehrere Anlagen sollen noch gebaut werden. Das in den Vereinigten Staaten verbreitete Verfahren, das die Phenole aus dem Wasser verdampft und an heiße Lauge bindet, scheint nach einzelnen Versuchen der Firma H. Koppers in Essen auch für Schwelwasser der Braunkohlenschwelereien brauchbar zu sein. Eine Großanlage in Böhlen kommt in kurzer Zeit in Betrieb.

L.

[1] Kolkwitz: Über das Verhalten der niederen Organismen zu den Phenolen. Kleine Mitteilungen d. Mitglieder d. Vereins f. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene, E.V. 3 (1927) S. 304/06.

[2] Cronsaz: Nachweis von Verunreinigungen der Fischgewässer durch teer- und phenolhaltige Abwässer. Vom Wasser 3 (1929) S. 226/42.

[3] Wiegmann, Phenolgewinnung aus dem Gaswasser Berlin-Kersten, s. a. S. [illegible]

Lorenzen (Phenolgewinnungsverfahren, Gas- u. Wasserfach 81 (1938) S. 925/28.

Druck von C.W. Hasselfeld, Buchdr., Essen.

TITLE PAGE

2. The Emschergenossenschaft.

Frame Nos. 1023 - 1035

Emschergenossenschaft
und
Lippeverband

Essen, June 11 th 1945
Emscherhaus
Kronprinzenstr. 24

The Emschergenossenschaft
(Emscher Board)

The Emschergenossenschaft, a cooperative society, was created and legalized by a special law of the Prussian State issued in 1904.

The area of the Emscher river between its watersheds is a rather flat country and it always was difficult to get the sewage out of this district. The Emscher river and its tributaries had many wikdings and bends with a very small fall (incline). When the working of the coal mines began the area becamb more and more swampy. If, for example, a coal seam of a thickness of 12 yards is hauled, the surface of the land above that seam will sink in about 2 years nearly 12 yards too. The mines, the industrial enterprises and the rapidly growing towns turned out an ever increasing volume of sewage that could not be disposed off properly. Serious epidemics broke out and rapidly spread all over the densely populated industrial centre. To dispose of industrial and domestic drainage, to purify the sewage and thus prevent the breaking out of epidemics was a task too big for any single mine or industrial cooperation or any single town or county. Even by the two provinces (Westphalia and Rhineland) or the three Regierungsbezirke (Arnsberg, Münster and Düsseldorf), in the area of which the Emscher district is situated, could not help in a sufficient way, because the innerpolitical frontiers were barriers to the natural frontiers of the Emscher district within its watersheds. It could be accomplished only by a cooperation of all concerned e.g. mining cooperations, other industrial enterprises, towns and counties. This is why the Emschergenossenschaft was founded.

Here are the two main tasks the Emschergenossenschaft has to accomplish:

1. To get the sewage out of the Emscher district. This is done by correcting and transforming the beds of the Emscher and its tributaries to straight running open sewage canals, by constructing draining ditches and by building pumping stations.
2. To purify the sewage, which is done by building purification plants, which have to clean the domestic and industrial sewage and besides this by building dephenolating plants.

I. Sewage canals and pumping stations.

By straightening the Emscher river and its tributaries the fall (incline) became more favourable and insured a steady flow of the water so that the sewage of the entire Emscher district could be directed into the Rhine.

The canals, exept on some short tracts, are open ones and big enough to take care of the additional storm-water.

For the Emscher canal a second mouth had to be built on account of the rapidly growing mining industry. This second mouth in use now meets the Rhine between the towns of Duisburg-Hamborn and Walsum. But at present the Emschergenossenschaft has a third mouth under construction near Stapp on Rhine. This third mouth was needed because the entire area which the lower part of the Emscher canal passes on its way into the Rhine is sinking steadily. For that reason the working of the coal seams underneath this area, which belong to the Thyssen mining corporation, had to be stopped.

Of the new part (mouth and lower course) still under construction 1/3 has been built already and may be finished in another 2 years.

In many sections of the Emscher district vast stretches of sunken ground were to be found that would not drain anymore in a natural way because the surface had sunken too much by the mine working and is now deeper than that of the canals. The sewage of these sections had to be pumped into these canals artificially. Therefore 47 pumping stations had been built.

II. The sewage purification plants and the extracting of phenols.

The water of the Emscher river and the water of the Rhine are in the ratio of 1 : 250. This is why the water of the Emscher has to be cleaned only mechanically. The sewage of the industrial enterprises including the coal mines and the domestic sewage are in the ratio of 3 or 4 to 1. This relation gives a mixture which is of advantage for the mechanical purification. If it is more favourable to clean the industrial wastes separately (e.g. wastes from the coal mines to get coal sludge for heating purposes a.s.o.) it has been done.

Till now 12 sewage purification plants have been constructed. They consist of so-called "Emscherbrunnen" known too as "Imhoff-tanks" (two story tanks). Beside this 11 settling tanks equipped with scrapers and separate sludge digestion had been built.

To erect one single purification plant near the mouth of the Emscher, big enough to care for the entire Emscher water, would not have been wise for the following reasons:

1. Just the area covered by the lower part of the Emscher was sinking so that the natural fall of the Emscher river gradually diminished and after a certain time ceased altogether. As mentioned before right now the Emschergenossenschaft is constructing already a third mouth for the Emscher canal and this would have meant the building of a third general purification plant, a rather expensive business apart from the fact, that a single plant for the entire area would have taken up much space.
2. Several plants had to be erected at a time before the correction of the Emscher river and its tributaries had been finished.
3. Also the fall (incline) of the Emscher river is so small that there could have been sedimentations of sludge and digestion

with the known troubles.

One large general sedimentation plant has been built near Essen-Karnap, where the territory does not sink very much. Here the Emscher carries some 80 p.c. of the sewage of the whole Emscher district. This plant has to bring out the rest of the sludge that smaller not cleaned tributaries will bring into the canals.

The sewage from the carbonisation plants contains phenol and this phenol cannot be extracted by the cleaning and purifying devices generally used. So the Emschergenossenschaft has experimented to find out the best methods to get rid of the phenols. The biological methods did not work out favourably, so it is done by extraction.

22 dephenolating plants were erected by the Board and the extracting from the ammonia liquor is done in collaboration with the coal mines. The recovered phenol is sold by the Emschergenossenschaft.

The Lippeverband
(Lippe Board)

The Lippe district is not as densely populated as the Emscher district. Contrasting to the Emscher river the Lippe river carries clean water. Therefore the sewage of the Lippe district has to be cleaned not only mechanically but also biologically. So 11 purification plants were erected, 3 of which provide the treatment on land because the waste can be used for agriculture, 3 plants are biological and 2 plants chemical ones.

Outside of this the tasks of both the Emschergenossenschaft and the Lippeverband are identical and may differ in extent and volume only.

Emschergenossenschaft
und
Lippeverband

Essen, June 11 th 1945
Emscherhaus
Kronprinzenstr. 24

The Emschergenossenschaft
(Emscher Board)

The Emschergenossenschaft was founded as a cooperative society legalized in 1904 by special law for the purpose of draining the entire Emscher district. This was done by regulating the natural and artificial draining ditches, by building pumping stations and by purifying the sewage. All towns and rural districts of the Emscher area, which direct all or part of their sewage to the Emscher river or its tributaries have to be members of this cooperation.

The Emschergenossenschaft consists of:

The Meeting of the members of the Board
the Managing Committee
the Commission of Appeal.

The town communities and the rural districts elect deputies to the Board Meeting the number of which is based on their yearly contributions. The most important tasks of the Board Meeting are

to elect the Managing Committee
to issue the loans
to fix the taxition principles
to accept the budget and
to unburden the Managing Committee.

The Managing Committee consists of 12 members. It has to take care of all affairs of the Emscher Board and especially has to make up the budget and to give a general account. Besides this the Board fixes the taxes and Handels the protests concerning these taxes.

The Commission of Appeal consists of 9 members of whom 3 (including the chairman) are appointed by the Prussian

turn

Government and 6 are elected by the Board Meeting. This commission decides definitivly about the protests entered against the fixed taxes. The following organisations have to share in the expenses of the Emschergenossenschaft:

1. the mines
2. industrial enterprises, railways a.s.o.
3. communities.

The Government itself does not give any subsidies. The building and constructing activities of the Emschergenossenschaft are financed by loans. Interest and amortisation of these loans, furthermore the costs for the upkeep and maintenance of the Emschergenossenschaft plants as well as the costs of administration all these form the expenses of the Emschergenossenschaft fixed in the budget.

These costs in which the above mentioned organisations take a share are raised by taxes. In establishing the principles by which the taxing is done it has to be considered firstly the extent of damages caused by the industrial activity of the taxed organisations (especially by the coal mines), secondly the advantages which the taxed organisations derive from the Emschergenossenschaft activities. The Emschergenossenschaft so far has spent 250 millions RM. At present the mining companies and the steel cooperations connected with them pay 88 % of the yearly expenses of the Emschergenossenschaft which amount to some 11 mill. RM.

Based on the yearly output of some 89 mill. t of coal within the Emscher area the expenses for 1 t of coal amount to 0,10 RM. The costs of sewage purification within the Emscher area amount to 0,40 RM per capita.

The administration of the Emschergenossenschaft is entirely independant. The Government Supervision is carried out by the Oberpraesident of Westphalia and supplemented, so far as any claims are concerned, by the governmental inspector for water and energy, but both merely see to it that the affairs of the Emschergenossenschaft are linked with the existing laws.

THE EMSCHERGENOSSENSCHAFT

A cooperative society created by state-law.
(Special law issued by the Prussian State on July 14 th 1904)

The business of the Emschergenossenschaft is to regulate the drainage and to purify the sewage.
Members of this Genossenschaft are all towns and counties situated in the Emscher river area between its watersheds. The members elect deputies for the "Board Meeting" and in addition collect the money from those on whose behalf the Emschergenossenschaft is working e.g. mining corporations, industrial enterprises, communities, railways etc.
The supervising organs of the Emschergenossenschaft are:

The Meeting of the Members of the Board
The Managing Committee
The Commission of Appeal.

All costs have to be paid by those on whose behalf the Emschergenossenschaft is working.
Formerly 5110 ha were drowned by stormwaters, 2450 ha were perpetually swampy, 48 primitive stations removed the water from the troughs caused by the steady sinking of the surface, 26 barrages (water-power mills) took up the already small incline (fall) of the rivers.
Few towns possessed a regulated sewage system, only two of them worked with a sewage purification plant. These intolerable conditions frequently caused typhus, dysentry and malaria. Social and traffic problems caused by the rapid growth of industry demanded a uniform regulation of the drainage and sewage conditions within the entire Emscher area.
Now 78 km of the Emscher bed are straightened out and deepened and the barrages put up by the mills are removed. 273 km tributary rivers have been perfected in a similiar way.
Under the management of the Emschergenossenschaft 24 sewage purification plants for industrial and domestic sewage, one additional purification plant for the Emscher river itself and 16 phenol extraction installations are now in operation. 34 pumping stations with 11 500 kw at their disposal drain an area of 10 410 ha.
At present the land property of the Emschergenossenschaft consists of 1 100 ha.

Costs:
Till now 198 million RM have been spent for the installations.

Results:
Absolute protection against stormwater in the entire area of the Emscher.
Purification of all sewage, securing and maintaining the possibility for draining through regulation of rivers and by installing central pumping stations.

Prospects:
The beds of the Emscher river and its tributaries again and again have to be deepened or elevated as the case may be, pumping stations and purification plants have to be erected because the mining activities cause sinkings of the surface, and new sites for housing and industrial constructions have to be considered.

turn!

THE LIPPEVERBAND, DORTMUND. 1029 A

A cooperative society created by state-law.
(Special law issued by the Prussian State on Jan. 19 th 1926).

The business of this cooperative society is:
To administer the water reserves, to protect and to promote the cultivation of land and the proper supply of water, to regulate the flow of the Lippe river and its tributaries and to insure protection against their stormwaters, the upkeep of clean water in the Lippe bed for agricultural and industrial purposes and the maintenance of its beds and banks.
The associates are:
The German Reich so far as the artificial waterways are concerned, the Prussian State as the one responsible for the maintenance of the Lippe river and its banks, those town- and village communities that are situated in the area controlled by the Lippeverband, the mining corporations, the water way cooperatives and dike unions, the industrial enterprises, railways etc.
The associates elect the deputies for the "Meeting of the Lippeverband".
The supervising organs of the Lippeverband are:

The Meeting of the Lippeverband
The Managing Committee
The Commission of Appeal.

The associates have to bear the costs.
The main reason for the founding of the Lippeverband was the lack of proper draining conditions caused by the heavy working of the coal mines. The slope of the ground and the fall (incline) of the rivers was not sufficient anymore to insure a steady flow.
One of the results of the sunken surface was the development and gradual increase of swampy ground.
The volume of industrial and domestic drainage to be handled grew steadily. Many towns of the area in question did not even have the possibilities to develop a proper drainage system because the then existing draining conditions were very poor.
This bad state of things would lead to intolerable sanitary conditions similiar to those formerly experienced in the Emscher district.
Already in 1913 a cooperative society had to be founded to take care of a part of the Lippe area namely the one covered by the river Seseke. This society worked along the same lines as the Emschergenossenschaft. But the ever increasing mining activities categorically demanded uniform principles and methods for the regulation of the draining conditions and for the purification of sewage to be carried out in the entire area.
Up till now a stretch of 100 km is straightened out and deepened and 11 km of the Lippe banks are protected by the embankments. 12 sewage purification plants and 5 pumping stations with a total of 1000 Kw at their disposal are in operation and work under the control of the Lippeverband.
At present the land property of the Lippeverband consists of 300 ha.

Costs:
Till now 30 million RM have been spent for the installations.

Results:
Absolute protection against stormwater and a fairly working drainage system in those districts that are covered by those tributaries which the Lippeverband has regulated.

Prospects:
Extensive undertakings for the draining of marshy ground in vast areas, to take care of the Lippe itself and keep it in good order, for the protection against stormwater and for the purification of domestic and industrial sewage have to be carried out.

Emschergenossenschaft
und
Lippeverband

Essen, June 19 th 1945
Emscherhaus
Kronprinzenstr. 24

Coal Mining in the Ruhr District.
Purification of trade waste and sewage in the Emscher- and Lippe district.

After a short run the Emscher river flows into the Rhine mixing its waste with the clean water of the Rhine in the ratio of 12 m^3/sec. : 3000 m^3/sec. This great delution permits to employ only mechanical sedimentation plants in the Emscher district. Therefore it was strongly demanded to make use of the best processes for purifying the trade waste and the sewage of the towns and to erect the purification plants at most favourable sites.

In spite of the densely populated Emscher district the amount of sewage from the large towns is relatively small in comparision with the trade waste.

The sludge of the trade waste, being needed for other purposes, is cleaned by the works themselves. The effect of mixing the sewage of the towns and the trade waste with regard to the cleaning process is a very favourable one, especially when a commixture of basic and acid water has happened. Therefore, trade waste and sewage in the Emscher area is not separated. By this the choice of points suitable for the construction of purification plants had become easier.

The coal mining industry expands from south to north all over the densely populated country, it develops new settlements or changes others. The iron industry, coal refinement- and chemical industry connected with the coal mining industry also create new settlements outside the large towns and without taking regard to the settlements already existing. The coal mines

turn!

lower the level of some drainage districts very much while others remain untouched at first and will be lowered rapidly at some time laterom. In such a district the permanently extending settlements with their always changing frontiers are therefore not able to decide by themselves where suitable purification plants for the sewage from the towns can be located, for which volume they have to be designed and which kind of waste from the industry has to be brought to the plants.

The Emschergenossenschaft however is able to overlook the present and future development of the whole industrial district in every way, because the coal mining, the iron and the chemical industry are cooperating with the Emschergenossenschaft and the various industries have deputies in its Managing Committee. Besides, the Emschergenossenschaft has its own mining engineers who on their part cooperate with the managers of the coal mines. This cooperation enables the Emschergenossenschaft to calculate the influence of coal mining on the draining district of the Emscher and its tributaries in every case and for many years in advance. By these circumstances the Emschergenossenschaft can choose the most favourable sites for its purification plants without being obliged to give up the plants after a short time because the waste cannot reach them in consequence of the sinking level.

The Research Department (Abteilung für Abwasser) of the Emschergenossenschaft has run large experiments in consequence of which the well-known "Emscherbrunnen" have been developped as two-story sedimentation plants. These plants having been originally developped for the Emscher district i.e. Ruhr Mining District, have been adopted by the whole civilized world and are generally known as "Imhoff-Tanks".

In the course of time it could not be avoided that some large and expensive plants had to be given up or transferred to other purposes. In return new purification plants had to be built at other places.

Being able to make a distribution of the expenses on a considerable number of works and communities, the Emschergenossenschaft is able to carry out these developments, the costs of which generally could not be afforded by a single community or a single work.

As the building of the canals and the straightening of the Emscher bed had to be managed gradually according to the hauling, some tracts had to be rebuilt for two or three times. Because of this gradual development it was not possible to erect a central purification plant at the mouth of the Emscher river. The sludge carried with the waste (3 - 4000 m^3) would have been deposited at many spots, causing damming ups, turning to rottenness and so causing the danger of flooding and epidemics.

With consideration to the coal mining industry the bed of the Emscher river and its tributaries had been transformed to open canals and purification plants have been built where especially large amounts of waste occured and where the ground seemed to be suitable. The canals were lined with concrete slabs and were hedged in. There is no difficulty in using the rotten and degasified sludge from the smaller plants for agricultural purposes. On the other hand a central purification plant would have the disadvantage of having to deposit a daily quantity of about 3000 m^3 of sludge at one place and it would have become difficult to use the sludge profitably.

Since 1920 the Emschergenossenschaft is endeavouring to solve this problem. Experimental plants have been built. Well known heating engineers and firms for boiler construction and supply of energy participated in large experiments to dry and to burn the sludge in coal dust burners. Having finally succeeded in burning the sludge (half of the ashes cannot be used) a central purification plant was built at Essen-Karnap. This site was selected because in a short time a new transformation of the

turn!

further downwards flowing Emscher canal would have been needed. This central purification plant (Emscher Purification Plant) is considered a supplement but no substitute for the various smaller plants.

As storm water does not occur at all places at the same time the Emscher river is able to equalize the water level so that the central purification plant also serves as a rain water purification plant for all the smaller plants located further up the river. The central purification plant also is thought as a secondary purifier and temporary substitute of a plant which may be put out of operation for example on account of a sinking level in consequence of mining activities. By this method an uniform effect of purification is guaranteed for the middle and upper reaches of the Emscher.

It is therefore a peculiarity of the Emscher district that a really effective purification of sewage of the towns and wastes of the industrial works only can be obtained by central cooperation. Therefore, the Emschergenossenschaft had a suffipient authority with regard to the right of taxes and the employment of experts, but the mines, the steel cooperations, towns and communities, represented in the Managing Committee of the Emschergenossenschaft have a deciding influence.

In the Lippe district the problems are different from those in the Emscher district. The Lippe river has to be protected from wastes. Therefore, the industrial waste and the sewage has to be purified as far as possible. If the waste can be used for agriculture, treatment on land is provided (3 plants operating), otherwise the waste is treated biologically (3 plants operating) or chemically (2 plants operating).

As the coal mining industry is moving also into the Lippe district and as power plants of the chemical industry

and the agriculture are making use of the Lippe water the Lippeverband is facing very difficult problems with regard to the treatment of waste.

Therefore the Lippverband has been appointed administrator of the Lippe water by law, as the possibility of purifying the water by the river itself depends on the amount of natural water being carried. The building of purification plants for this district is only in the initial stage.

In both districts the Boards have erected plants for the extraction of phenol from ammonia liquor and they keep these plants (23) in operation in conjunction with the carbonisation plants. Also in this case the Board has run experiments which showed that the extraction of phenol was possible without great additional supplies and that the phenols could be sold at a good price. In this case the expenses for the building of the plants have to be brought up by the mining industry alone. The Lippe Board is advised by a commission of the mining industry.

The process used by the Emschergenossenschaft is also known in Great Britain and the United States of America. It has been reported about it in technical journals.

The trade waste of the ammonia fabrication of the carbonisation plants has become more favourable by washing out the phenols so that the consumption of calium permanganate diminishes about 75 p.c. Thereby, an essential simplification of waste treatment, for instance a mixture with the sewage of the towns, is possible.

1135

Emschergenossenschaft
und
Lippeverband

Essen, 29 th June 1945

N o t e

Reference: Constructing of a new Emscher bed for the lower reaches of the Emscher with a length of 14 km.

In order to prevent a further sinking of the surface the working of seams underneath the lower reaches of the present Emscher bed containing some 7 million tons of coal had to be stopped. The Emscher dikes cannot be elevated anymore. At stormwater the drives of nine Emscher bridges are up to 0,80 m under water level. The overflowing of stormwater on these points (bridges) and their subsequent drowning of the densely populated and extensively cultivated industrial area of Duisburg-Hamborn can only be prevented by means of artificial locks (Dammbalkenverschlüsse).

The mines can only temporarily and on restricted points go on with the extracting of coal and at present are working the poorer seams with a slam (wash long, mostly stones) of about 33 %. The mines have made arrangements to work the seams underneath the locked zone of security of the lower reaches of the present Emscher bed as soon as possible.

Furthermore, as an emergency, permission has been given to work certain seams in a depth of 1 000 m but on account of the fact that explosive gases are suspected and an ignation of such gases was effected already in the pit "Sachsen", a withdrawal of the permission has to be considered.

TITLE PAGE

3. Emschergenossenschaft und Lippeverband in den Jahren 1925 bis 1930.
"Emschergenossenschaft" and "Lippeverband" in the years 1925 until 1930.

Frame Nos. 1036 - 1158

EMSCHERGENOSSENSCHAFT UND LIPPEVERBAND IN DEN JAHREN 1925 BIS 1930

EMSCHERGENOSSENSCHAFT UND LIPPEVERBAND IN DEN JAHREN 1925 BIS 1930

EMSCHERGENOSSENSCHAFT UND LIPPEVERBAND IN DEN JAHREN 1925 BIS 1930

VON BAUDIREKTOR DR.-ING. E. H. HELBING

Im Jahre 1925 erschien eine Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft"[1], in der in zahlreichen Einzelaufsätzen aus der Feder der Sachbearbeiter eingehend berichtet wurde über die Gründung, den Aufbau, die Aufgaben der Genossenschaft und über deren Lösung.

Seit dem Abschluß der Denkschrift sind auf allen Arbeitsgebieten der Emschergenossenschaft wesentliche Fortschritte gemacht worden, so daß eine Ergänzung der Denkschrift wünschenswert ist. Um das Ergänzungsheft, das hiermit der Öffentlichkeit übergeben wird und vor allem die Zeit 1925—1930 umfaßt, in sich abzuschließen, soll in aller Kürze aus der Denkschrift dasjenige, was zum Verständnis des Wesens und Wirkens der Genossenschaft notwendig ist, wiederholt werden.

Im Jahre 1926 wurde die Geschäftsführung des neugegründeten Lippeverbands mit derjenigen der Emschergenossenschaft vereinigt. Die Folge ist, daß zahlreiche Aufgaben nunmehr gemeinsam gelöst werden. In dem Ergänzungsheft wird daher auch der Lippeverband behandelt.

[1] Im Auftrag des Vorstandes herausgegeben von Baudirektor Dr.-Ing. E. h. Helbing, Selbstverlag der Emschergenossenschaft, Essen.
Das Inhaltsverzeichnis der Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft" ist diesem Ergänzungsheft angefügt.

VORSTAND DER EMSCHERGENOSSENSCHAFT

a) Vorstandsmitglieder

	Winkhaus, Dr.-Ing. E. h., Bergrat, Generaldirektor, Essen (Vorsitzender)	seit 17. Juni 1905
	Bracht, Dr.-Ing. E. h., Oberbürgermeister, Essen (stellvertretender Vorsitzender)	seit 7. April 1925
	Haßlacher, Dr. jur., Generaldirektor, Essen	seit 27. März 1913
	Späing, Dr. jur., Direktor, Düsseldorf	seit 2. Mai 1923
1.	Schenking, Dr. jur., Landrat, Recklinghausen	seit 13. Febr. 1928
	Krawehl, Dr.-Ing. E. h., Bergassessor a. D., Essen	seit 24. Juni 1918
	Funcke, Dr.-Ing. E. h., Bergrat, Generaldirektor, Hagen-Eppenhausen	seit 2. Mai 1917
2.	Ruer, Dr. jur., Dr. rer. pol. h. c., Oberbürgermeister, Bochum	seit 20. Febr. 1930
	Nienhausen, Gutsbesitzer, Gelsenkirchen	seit 7. April 1925
3.	Schenker, Gewerkschaftssekretär, Essen	seit 29. April 1926
	Frühling, Ingenieur, Essen	seit 20. Okt. 1922
	Helbing, Dr.-Ing. E. h., Regierungsbaumeister a. D., Baudirektor, Essen	seit 24. Aug. 1911

Veränderungen seit Erscheinen der Denkschrift

Zu 1.	Huesker, Dr. jur., Landrat, Recklinghausen	vom 7. April 1925 bis 13. Febr. 1928
Zu 2.	von Wedelstaedt, Oberbürgermeister, Gelsenkirchen	vom 7. April 1925 bis 20. Febr. 1930
Zu 3.	Orlopp, Gewerkschaftssekretär, Essen	vom 20. Okt. 1922 bis 29. April 1926

In der Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft" ist Generaldirektor Bergrat Otto Max Müller nur als stellvertretendes Vorstandsmitglied mit der Amtszeit vom 17. Juni 1905 bis 24. März 1908 aufgeführt worden, während er anschließend dem Vorstand weiter bis 24. Juni 1918 als Mitglied angehört hat

VORSTAND DER EMSCHERGENOSSENSCHAFT

b) Stellvertretende Vorstandsmitglieder

	Spindler, Generaldirektor, Essen	seit 24. Juni 1918
	Jarres, Dr. jur., Oberbürgermeister, Duisburg-Hamborn	seit 21. Mai 1919
1.	Goerens, Dr.-Ing., Dr. phil. h. c., Professor, Essen	seit 28. März 1929
	Flaccus, Dr.-Ing. E. h., Direktor, Düsseldorf	seit 2. Mai 1923
2.	Eichhoff, Dr. jur., Dr. rer. pol. h. c., Oberbürgermeister, Dortmund	seit 20. Febr. 1930
	Kesten, Bergassessor a. D., Generaldirektor, Gelsenkirchen	seit 24. Juni 1918
3.	Kellermann, Bergassessor a. D., Bergwerksdirektor, Oberhausen	seit 29. April 1926
4.	Zimmermann, Oberbürgermeister, Gelsenkirchen	seit 20. Febr. 1930
	Beckmann, Gutsbesitzer, Wattenscheid	seit 7. April 1925
	Münch, Arbeiter, Essen	seit 20. Okt. 1922
	Victor, Ingenieur, Essen-Stoppenberg	seit 20. Okt. 1922

Veränderungen seit Erscheinen der Denkschrift

Zu 1.	Wendt, Dr.-Ing., Direktor, Essen	vom 2. Mai 1917 bis 29. April 1926
	Schraepler, Direktor, Essen	vom 29. April 1926 bis 16. Aug. 1928†
Zu 2.	Mertens, Landrat, Essen	vom 7. April 1925 bis 20. Febr. 1930
Zu 3.	Woltmann, Dr. jur., Direktor, Oberhausen	vom 2. Mai 1917 bis 29. Dez. 1925†
Zu 4.	Ruer, Dr. jur., Dr. rer. pol. h. c., Oberbürgermeister, Bochum	vom 7. April 1925 bis 20. Febr. 1930

BERUFUNGSKOMMISSION DER EMSCHERGENOSSENSCHAFT

Vorsitzender

	Weber, Vizepräsident beim Oberpräsidium Münster	seit 11. Juli	1908

Ordentliche Mitglieder

	a) von der Aufsichtsbehörde ernannt:		
1.	Vowinckel, Oberbergrat, Dortmund	seit 2. April	1931
	Mahr, Oberregierungs- und -baurat, Düsseldorf	seit 7. Juli	1924
	b) von der Genossenschaftsversammlung gewählt:		
2.	Kette, Bergassessor a. D., Bergwerksdirektor, Herne	seit 13. Febr.	1928
	Bentrop, Dr.-Ing. E. h., Bergwerksdirektor, Duisburg-Hamborn	seit 24. Juni	1918
3.	Knepper, Dr.-Ing. E. h., Bergwerksdirektor, Essen	seit 13. Febr.	1928
4.	Kiwit, Oberbürgermeister, Wanne-Eickel	seit 20. Febr.	1931
5.	Heuser, Dr. jur., Oberbürgermeister, Oberhausen-Sterkrade	seit 20. Febr.	1931
6.	Schulze-Vellinghausen, Gutsbesitzer, Witten-Stockum	seit 7. April	1925

Veränderungen seit Erscheinen der Denkschrift

Zu 1.	Kreisel, Geh. Bergrat, Oberbergrat, Dortmund	vom 6. Aug. bis 27. Juni	1908 1929
	Schlattmann, Oberbergamtsdirektor, Dortmund	vom 19. Juli bis 2. April	1929 1931
Zu 2.	Kleine, Bergrat, Generaldirektor, Dortmund	vom 22. März bis 13. Febr.	1910 1928
Zu 3.	Fahrenhorst, Dr. jur., Regierungsrat a. D., Generaldirektor, Düsseldorf	vom 24. März bis 13. Febr.	1908 1928
Zu 4.	Stühmeyer, Landrat, Bochum	vom 20. Okt. bis 20. Febr.	1922 1931
Zu 5.	Havenstein, Oberbürgermeister, Oberhausen	vom 24. März bis 20. Febr.	1908 1931
Zu 6.	Westermann, Ehrenamtmann, Gutsbesitzer, Lütgendortmund	vom 2. Mai bis 20. März	1917 1925

BERUFUNGSKOMMISSION DER EMSCHERGENOSSENSCHAFT

Stellvertretende Mitglieder

	a) von der Aufsichtsbehörde ernannt:	
1.	Berninghaus, Oberbergrat, Dortmund	seit 19. Juli 1929
	Hummell, Regierungsbaurat, Lippstadt	seit 6. Nov. 1925
	b) von der Genossenschaftsversammlung gewählt:	
	von Velsen, Oberbergrat a. D., Generaldirektor, Herne	seit 24. Juni 1918
2.	Bomke, Bergassessor a. D., Bergwerksdirektor, Dortmund	seit 13. Febr. 1928
3.	Buskühl, Bergassessor a. D., Bergwerksdirektor, Düsseldorf	seit 20. Febr. 1930
	Rost, Bergmann, Dortmund-Barop	seit 20. Okt. 1922
4.	Täger, Oberbürgermeister, Herne	seit 20. Febr. 1931
5.	Spelberg, Gutsbesitzer, Wanne-Eickel	seit 7. April 1925

Veränderungen seit Erscheinen der Denkschrift

Zu 1.	Friedinghaus, Oberbergrat, Dortmund	vom 14. Okt. 1924 bis 19. April 1925
	Wiester, Oberbergrat, Dortmund	vom 25. Juni 1925 bis 19. Juli 1929
Zu 2.	Kette, Bergassessor a. D., Bergwerksdirektor, Herne	vom 24. März 1908 bis 13. Febr. 1928
Zu 3.	Stens, Bergassessor a. D., Bergwerksdirektor, Mülheim (Ruhr)	vom 24. März 1908 bis 20. Febr. 1930
Zu 4.	Rosendahl, Oberbürgermeister, Hamborn	vom 6. Mai 1921 bis 20. Febr. 1931
Zu 5.	Schulze-Vellinghausen, Gutsbesitzer, Witten-Stockum	vom 2. Mai 1917 bis 7. April 1925

VORSTAND DES LIPPEVERBANDS

a) Vorstandsmitglieder

	Wiesmann, Bergmeister a. D., Bergwerksdirektor, Datteln (Vorsitzender)	seit 26. März 1927
	Zimmermann, Oberbürgermeister, Gelsenkirchen (stellvertretender Vorsitzender)	seit 26. März 1927
1.	Schmitz, Wasserbaudirektor, Münster	seit 28. Dez. 1927
2.	Mayer von Halfern, Oberregierungsrat, Münster	seit 4. Febr. 1929
3.	Schencking, Dr. jur., Landrat, Recklinghausen	seit 2. Mai 1928
	Bomke, Bergassessor a. D., Bergwerksdirektor, Dortmund	seit 26. März 1927
	Fickler, Bergassessor a. D., Generaldirektor, Dortmund	seit 26. März 1927
	Hagemann, Dr.-Ing., Direktor, Oberhausen	seit 26. März 1927
	Kreuz, Domänenrat, Dülmen	seit 26. März 1927
	Schneemann, Dr. jur., Landrat, Wesel	seit 26. März 1927
	Eichhoff, Dr. jur., Dr. rer. pol. h.c., Oberbürgermeister, Dortmund	seit 26. März 1927
	Hegeler, Dr. jur., Generaldirektor, Gelsenkirchen	seit 26. März 1927
	Helbing, Dr.-Ing. E. h., Regierungsbaumeister a. D., Baudirektor, Essen	seit 26. März 1927

Veränderungen seit Gründung des Lippeverbands

Zu 1.	Thomas, Wasserbaudirektor, Münster	vom 7. Juni 1927 bis 28. Dez. 1927
Zu 2.	Weber, Vizepräsident, Münster	vom 27. Mai 1927 bis 1. Febr. 1928
	Freiherr von Thielmann, Regierungsrat, Münster	vom 1. Febr. 1928 bis 4. Febr. 1929
Zu 3.	Huesker, Dr. jur., Landrat, Recklinghausen	vom 26. März 1927 bis 2. Mai 1928

VORSTAND DES LIPPEVERBANDS

b) Stellvertreter

	Stein, Bergassessor, Recklinghausen	seit 26. März 1927
	Becker, Oberbürgermeister, Lünen	seit 26. März 1927
	Bock, Oberregierungs- und -baurat, Münster	seit 5. Juli 1927
	Kleinsorge, Oberregierungsrat, Münster	seit 1. Febr. 1928
	Bentlage, Dr. jur., Landrat, Unna	seit 26. März 1927
	Holle, Dr. jur., Regierungsassessor a. D., Essen	seit 26. März 1927
	van Bürck, Bergassessor a. D., Generaldirektor, Castrop-Rauxel	seit 26. März 1927
	Bellingrodt, Oberbergrat, Recklinghausen	seit 26. März 1927
	Dieckmann, Gutsbesitzer, Gladbeck	seit 26. März 1927
1.	von Nathusius, Landrat, Dinslaken	seit 6. März 1931
	Andre, Bergassessor a. D., Bergwerksdirektor, Hamm	seit 26. März 1927
	Heinisch, Direktor, Obrighoven bei Wesel	seit 26. März 1927

Veränderungen seit Gründung des Lippeverbands

Zu 1.	Eichelberg, Rittergutsbesitzer, Haus Schwarzenstein bei Drevenack, Kreis Rees	vom 26. März 1927 bis 2. Mai 1928
	Schluchtmann, Landrat, Dinslaken	vom 2. Mai 1928 bis 2. Nov. 1930

BERUFUNGSAUSSCHUSS DES LIPPEVERBANDS

Vorsitzender

	Weber, Vizepräsident beim Oberpräsidium Münster	seit 1. Febr. 1928

Ordentliche Mitglieder

	a) von der Aufsichtsbehörde ernannt:	
	Hesselt, Landeskulturamtspräsident, Münster (stellvertretender Vorsitzender)	seit 1. Febr. 1928
	Mahr, Oberregierungs- und -baurat, Düsseldorf	seit 1. Febr. 1928
1.	Berninghaus, Oberbergrat, Dortmund	seit 19. Juli 1929
	b) von der Genossenschaftsversammlung gewählt:	
	Winkhaus, Dr.-Ing. E. h., Bergrat, Generaldirektor, Essen	seit 19. Aug. 1927
	Meißner, Regierungsrat a. D., Dortmund	seit 19. Aug. 1927
	Ahrens, Bergwerksdirektionspräsident, Berlin-Charlottenburg	seit 19. Aug. 1927
	Kielmann, Schachtmeister, Dortmund	seit 19. Aug. 1927
	Odenbreit, Dr. jur., Bürgermeister, Datteln	seit 19. Aug. 1927
	Kleim, Bürgermeister, Soest	seit 19. Aug. 1927
	von Papen, Ehrenbürgermeister, Haus Mehrfeld bei Dülmen	seit 19. Aug. 1927
	Eichelberg, Rittergutsbesitzer, Haus Schwarzenstein bei Drevenack, Kreis Rees	seit 19. Aug. 1927

Veränderungen seit Gründung des Lippeverbands

Zu 1.	Kreisel, Geh. Bergrat, Oberbergrat, Dortmund	vom 13. Febr. 1928 bis 27. Juni 1929†

BERUFUNGSAUSSCHUSS DES LIPPEVERBANDS

Stellvertretende Mitglieder

	a) von der Aufsichtsbehörde ernannt:	
	Moritz, Oberregierungsrat, Münster	seit 1. Febr. 1928
1.	König, Landeskulturdirektor, Münster	seit 2. Dez. 1929
	Hummell, Regierungsrat, Lippstadt	seit 1. Febr. 1928
	Wiester, Oberbergrat, Dortmund	seit 13. Febr. 1928
	b) von der Genossenschaftsversammlung gewählt:	
	Haarmann, Bergassessor a. D., Generaldirektor, Essen	seit 19. Aug. 1927
	Knepper, Dr.-Ing. E. h., Bergwerksdirektor, Essen	seit 19. Aug. 1927
	Krawehl, Dr.-Ing. E. h., Bergassessor a. D., Essen	seit 19. Aug. 1927
	Prager, Techniker, Datteln	seit 19. Aug. 1927
	Garmann, Bürgermeister, Marl	seit 19. Aug. 1927
	Berensmann, Bürgermeister, Kamen	seit 19. Aug. 1927
	Leppelmann, Ökonomierat, Rorup, Kreis Coesfeld	seit 19. Aug. 1927
	Barth, Rentmeister, Gartrop bei Hünxe, Kreis Dinslaken	seit 19. Aug. 1927

Veränderungen seit Gründung des Lippeverbands

Zu 1.	Tangerding, Landeskulturdirektor, Münster	vom 1. Febr. 1928 bis 2. Dez. 1929

BERUFUNGSAUSSCHUSS DES LIPPEVERBANDS

Stellvertretende Mitglieder

	a) von der Aufsichtsbehörde ernannt:	
	Moritz, Oberregierungsrat, Münster	seit 1. Febr. 1928
1.	König, Landeskulturdirektor, Münster	seit 2. Dez. 1929
	Hummell, Regierungsrat, Lippstadt	seit 1. Febr. 1928
	Wiester, Oberbergrat, Dortmund	seit 13. Febr. 1928
	b) von der Genossenschaftsversammlung gewählt:	
	Haarmann, Bergassessor a. D., Generaldirektor, Essen	seit 19. Aug. 1927
	Knepper, Dr.-Ing. E. h., Bergwerksdirektor, Essen	seit 19. Aug 1927
	Krawehl, Dr.-Ing. E. h., Bergassessor a. D., Essen	seit 19. Aug. 1927
	Prager, Techniker, Datteln	seit 19. Aug. 1927
	Garmann, Bürgermeister, Marl	seit 19. Aug. 1927
	Berensmann, Bürgermeister, Kamen	seit 19. Aug. 1927
	Leppelmann, Ökonomierat, Rorup, Kreis Coesfeld	seit 19. Aug. 1927
	Barth, Rentmeister, Gartrop bei Hünxe, Kreis Dinslaken	seit 19. Aug. 1927

Veränderungen seit Gründung des Lippeverbands

Zu 1.	Tangerding, Landeskulturdirektor, Münster	vom 1. Febr. 1928 bis 2. Dez. 1929

Auf eine 25jährige Tätigkeit im Dienste der Emschergenossenschaft konnten zurückblicken:

VOM VORSTAND:

Generaldirektor Bergrat Dr.-Ing. E. h. Fritz Winkhaus, Mitglied des Vorstands seit 17. Juni 1905, Vorsitzender des Vorstands seit 7. April 1925.

VON DEN ANGESTELLTEN:

Hellwieg, Hans, eingetreten als Landmesser am 18. Oktober 1901, seit 1908 Oberlandmesser, Leiter der Liegenschaftsabteilung ★ Steckhan, Hermann, Regierungsbaumeister a. D., eingetreten am 9. Mai 1904 als Abteilungsbaumeister, seit 1918 Vorstand des Bauamts für den westlichen Teil des Emschergebiets ★ Strack, Heinrich, Vermessungstechniker, Eintritt 16. Mai 1904 ★ Höfer, Ernst, Kulturbautechniker, Eintritt 1. Juni 1904 ★ Bernards, Oskar, Ingenieur für Entwurf und Bauleitung von Vorflutregulierungen, Eintritt 13. Juni 1904 ★ Kuhlmann, Theodor, Steindrucker, Eintritt 20. Juli 1904 ★ Helbing, Heinrich, Dr.-Ing. E. h., Regierungsbaumeister a. D., eingetreten am 1. August 1904 als Leiter der Abteilung für Brückenbau und technisch-wirtschaftliche Fragen, 1906 zum stellvertretenden Baudirektor, 1911 zum Baudirektor und Mitglied des Vorstands ernannt ★ Schaller, Ernst, Streckenmeister, Eintritt 13. Februar 1905 ★ Staschen, August, Ingenieur für Entwurf und Bauleitung von Vorflutregulierungen, Eintritt 1. April 1905 ★ Isebeck, Wilhelm, Streckenmeister, Eintritt 3. April 1905 ★ Lange, Paul, Vermessungstechniker, Eintritt 1. September 1905 ★ Funke, Hugo, Landmesser, Eintritt 2. Januar 1906.

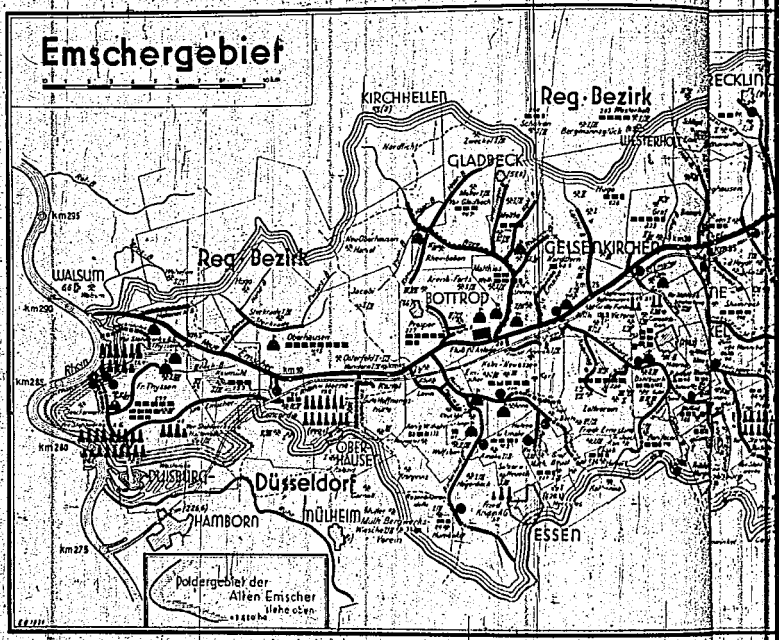


Abb. 1.

EMSCHERGEBIET Felderbesitz der Bergwerksgesellschaften

Vereinigte Stahlwerke AG.: Erin, Teutoburgia, Zollern, Germania, Hansa, Westhausen, Adolf von Hansemann, Hörder Kohlenwerke, Ver. Stein und Hardenberg, Tremonia, Kaiser-Friedrich, Glückauf Tiefbau, Wiendahlsbank, Bruchstraße, Hamburg und Franziska, Dannenbaum (Prinz Regent), Engelsburg, Carolinenglück, Rheinelbe-Alma, Bonifacius, Graf Moltke, Nordstern, Holland, Pluto, Zollverein, Friedrich Thyssen, Westende, Rhein I (Wehofen).

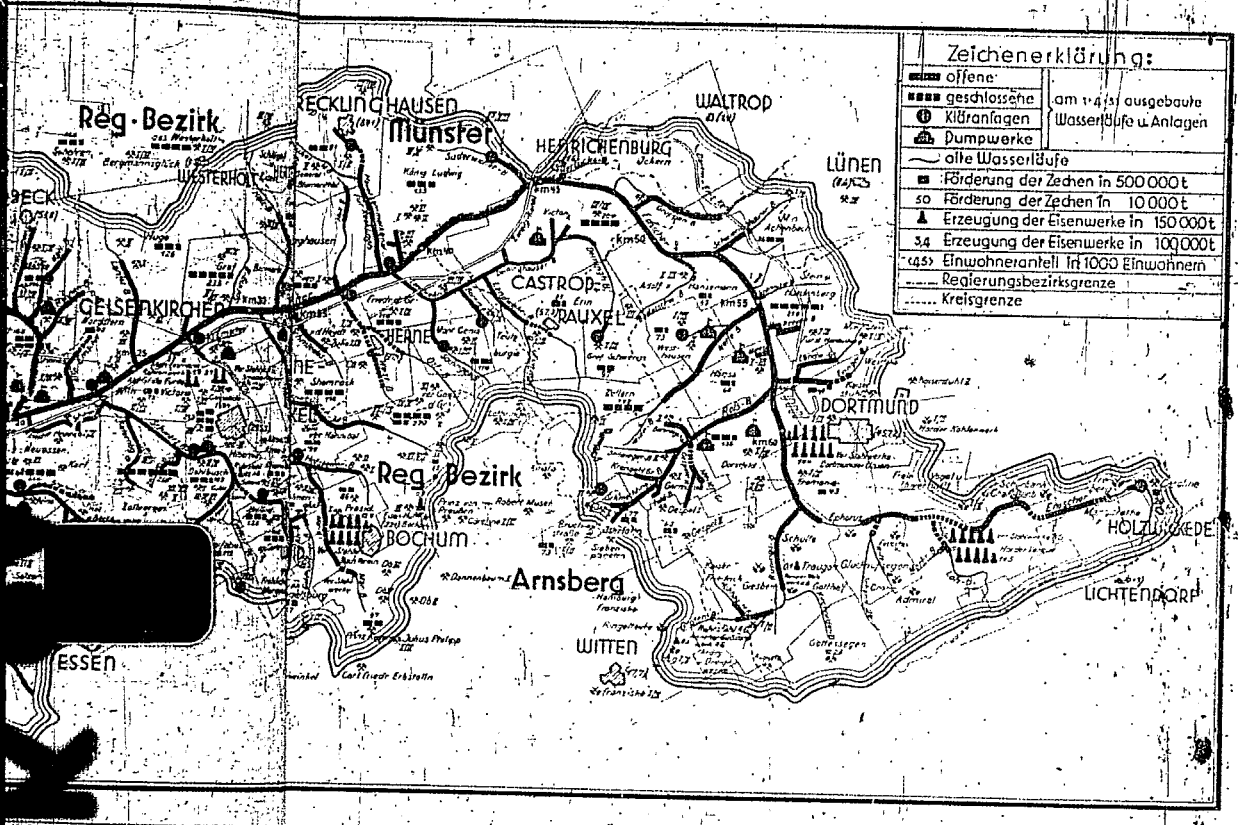
Harpener Bergbau-AG.: Robert Müser, Neu Iserlohn, Siebenplaneten, Recklinghausen, Julia v. d. Heydt, Hugo, Roland.

Hibernia, Bergwerksgesellschaft: General Blumenthal, Hibernia, Schlägel und Eisen, Shamrock, Wilhelmine Victoria.

Bergwerks-AG. Recklinghausen: Gladbeck (Möller- und Rheinbabenschächte), Buer (Bergmannsglück und Westerholt), Zweckel (Zweckel und Scholven).

Rheinische Stahlwerke: Prosper, Arenberg-Fortsetzung, Centrum-Morgensonne.

Hoesch, Köln-Neuessen: Köln-Neuessen, Westfalia.



...ften

...hausen; Adolf von Hansemann, ... Tiefbau, Wiendahlsbank, ...k, Rheinelbe-Alma, ...Rhein I (Wehofen), ...h, Julia v. d. Heydt, ...d Eisen, Shamrock, Wilhelmine ... (Bergmannsglück und ...

Stinnes: Carolus Magnus, Mathias Stinnes, Mülheimer Bergwerks-Verein (Hagenbeck, Humboldt, Rosenblumendelle, Wiesche und Welheim).

Fried. Krupp AG.: Hannover, Hannibal, Bergwerke Essen (Sälzer Neuack, Helene und Amalie).

Gutehoffnungshütte: Hugo, Jacobi, Neu-Oberhausen (Franz Haniel), Oberhausen-Osterfeld, Sterkrade, Vondern.

Klöckner-Werke AG.: Victor, Ickern, General.

Mannesmannröhren-Werke: Consolidation, Königin Elisabeth, Unser Fritz.

Gelsenkirchener Bergwerks-AG.: Dorstfeld, Hercules (Katharina), Ossenl, Centrum IV, VI.

Bergbau-AG. Lothringen: Lothringen, Ver. Präsident, Freie Vogel und Unverhofft, Ver. Schürbank und Charlottenburg.

Deutsche Erdöl-AG.: Graf Bismarck.

Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk: Friedrich Ernestine, Graf Beust, Victoria Mathias.

ENTWICKLUNG DER EMSCHERGENOSSENSCHAFT, ESSEN UND DES LIPPEVERBANDS, DORTMUND

1. Emschergenossenschaft[1]

Im Herzen des rhein.-westf. Industriegebiets, eingeschlossen von den Niederschlagsgebieten der Lippe und der Ruhr, liegt das Entwässerungsgebiet der Emscher, eines Nebenflusses des Rheins. Das Gebiet hat eine Größe von 784 km² bei einer Länge von etwa 70 km. Das Längs- und Quergefälle des Gebiets ist gering. Der Lauf der Emscher hatte, bevor die Regulierungsarbeiten durchgeführt waren, auf einer Länge von 109 km ein Gefälle von 121,5 m, von denen aber in den obersten 9 km schon 40 m verbraucht waren. Der Rest des Gefälles wurde durch 15 Mühlenstaue zum größten Teil aufgezehrt, so daß auf langen Strecken Gefälle kaum noch vorhanden war. Ähnlich lagen die Verhältnisse bei den Nebenbächen. Die Klagen über die Mißstände in der Vorflut des Emschergebiets reichen bis in das 16. Jahrhundert zurück. Zahlreich waren die Versuche, durch Durchstiche und andere Maßnahmen Abhilfe zu schaffen. Die Durchführung derartiger Absichten wurde besonders erschwert dadurch, daß vor 1801 das Gebiet verschiedener Landeshoheit unterstand (Preußen, Kurköln, Abtei Essen und Reichsstadt Dortmund) und nach der französischen Fremdherrschaft mit Übergang des Gesamtgebietes an Preußen (1813) immer noch 2 Provinzen (Rheinland und Westfalen) und 3 Regierungsbezirke (Arnsberg, Düsseldorf und Münster) zuständig waren.

Die natürlichen Verhältnisse wurden wesentlich verschlechtert, als in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts der Bergbau, von Süden aus dem Gebiet der Ruhr kommend, immer mehr in das Niederschlagsgebiet der Emscher vordrang. Zahlreiche Schächte wurden abgeteuft, und in Verbindung mit dem Kohlenbergbau entstanden umfangreiche industrielle Werke, Eisen- und Zinkhütten, Gußstahlfabriken, Maschinenbauanstalten usw. Die durch den Bergbau hervorgerufenen Bodensenkungen verschlechterten das Gefälle in den Vorflutern, erweiterten die Überschwemmungsgebiete und ließen in großem Umfang niedrig gelegenes Gelände versumpfen. Anfang der 80er Jahre wurde vom Preußischen Landwirtschaftsminister der

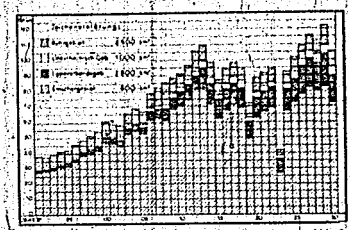


Abb. 2.
Kohlenförderung im rheinisch-westfälischen Industriegebiet in den Jahren 1891—1930.

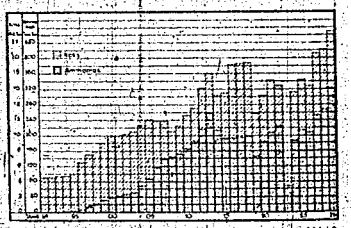


Abb. 3.
Koks- und Ammoniakerzeugung im rheinisch-westfälischen Industriegebiet in den Jahren 1891—1929.

[1] Helbing, Die Emschergenossenschaft, Essen (Ruhr). Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft". Helbing, Wasser und Abwasser im rheinisch-westfälischen Industriegebiet unter besonderer Berücksichtigung der Emschergenossenschaft und des Lippeverbands. Kleine Mitteilungen des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 1927, Beiheft 5. Helbing, Emscher und Lippe in ihrer Bedeutung für die westdeutsche Wasserwirtschaft, Industrie- und Handelsblatt der Dortmunder Zeitung vom 10. Dez. 1927, Nr. 576.

DS, DORTMUND

Bergbau, von Süde-
ommend, immer mehr
et der Emscher vor-
e wurden abgetäuft,
n Kohlenbergbau ent-
ustrielle Werke, Eisen-
abriken, Maschinen-
durch den Bergbau
nkungen verschlech-
orflutern, erweiterten
biete und ließen in
gelegenes Gelände
r 80e
tsch

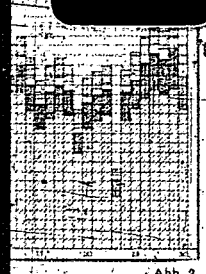
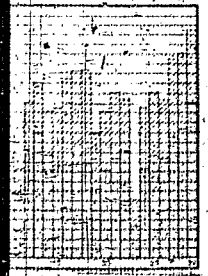


Abb. 2.
schen Industriegebiet in den



Meliorationsbauinspektor, Baurat Michaelis in Münster, mit der Aufstellung eines Entwurfs zur Regelung der Vorflut im Emschertal von Herne bis Oberhausen, wo die Verhältnisse am schlimmsten waren, beauftragt. Er schlug vor, durch tief eingeschnittene künstliche Gräben, sogenannte Tieftalgräben, die parallel zu den Vorflutern liefen, gesunkene Gebiete natürlich zu den Vorflutern unterhalb zu entwässern. Die Durchführung des ganzen, auf 4 Millionen Mk. veranschlagten Entwurfs scheiterte an der Höhe der Kosten und der Ablehnung der geforderten Staatsbeihilfe in Höhe von 2,5 Millionen Mk. Nur einige Teilstrecken des Michaelisschen Entwurfs wurden ausgeführt.

Die industrielle Entwicklung des Gebiets nahm unterdessen einen immer größeren Umfang an.

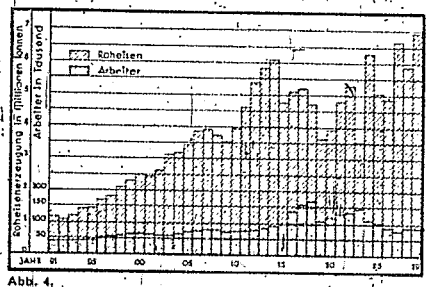


Abb. 4.
Roheisenerzeugung in den Jahren 1891—1929.

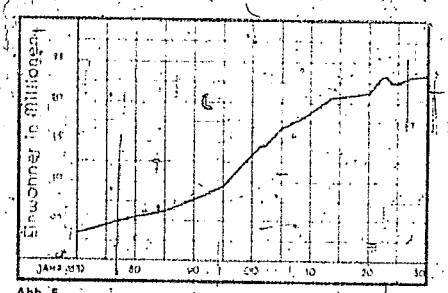


Abb. 5.
Bevölkerungsstand im Emschergebiet von 1870—1930.

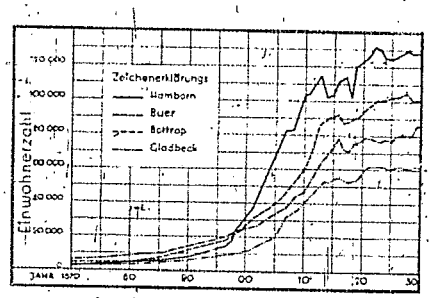


Abb. 6.
Bevölkerungsstand einiger Städte im Industriegebiet von 1870—1930.

Die beigegebenen Schaubilder (Abb. 2 bis 6) zeigen das Anwachsen der Kohlenförderung, der Koks- und Ammoniakerzeugung, der Eisenindustrie und der Bevölkerung. In manchen Gemeinden vollzog sich die Entwicklung in geradezu amerikanischem Tempo. Die Einwohnerzahl stieg von 1870 bis zum Kriegsbeginn in Hamborn von 2300 auf über 115000 und in Buer von 4500 auf über 90000. Insgesamt wohnten bei Beginn des Krieges im Genossenschaftsgebiet 2 100 000 Menschen, 382 Schächte waren niedergebracht. In dem kleinen Gebiet arbeiteten die weltbekannten Eisenwerke Hörder Verein, Hoesch-Dortmund, Union-Dortmund, Bochumer Verein, Krupp-Essen, Gutehoffnungshütte-Oberhausen, Thyssen-Hamborn, Rheinische Stahlwerke und Phönix-Duisburg-Ruhrort. Zurzeit beträgt die Einwohnerzahl des Emschergebiets 2,3 Millionen. 194 Förderschächte und 45 Hochöfen sind in Betrieb. Der Lageplan (Abb. 1) gibt Aufschluß über die Belastung des Gebiets mit Bergbau, Großindustrie und Siedlungen.

Mit der Entwicklung von Bergbau und Industrie, mit dem Anwachsen der Bevölkerung wuchsen die Ansprüche an die Vorflut. Die Prozesse mehrten sich. Es kam dahin, daß vielen Zechenbesitzern untersagt wurde, ihre Abwässer in die Vorflut zu schicken. Sie waren gezwungen, sich mit den Unterliegern, koste es was es wolle, zu einigen. Die Gemeinde Altenessen erstritt 1897 gegen die Stadt Essen ein Urteil, in dem es der Stadt Essen untersagt wurde, ihre häuslichen Abwässer in die Berne zu

schicken, die in ihrem Unterlaufe das Gebiet von Altenessen durchfloß. Zweigert, damals Oberbürgermeister von Essen, erklärte daraufhin, er sei nach dem Urteil gezwungen, seinen Hauptkanal zuzumauern und die Stadt Essen unter Wasser zu setzen. Kläranlagen waren nur in den Städten Essen, Bochum und Dortmund vorhanden. Erstere beiden hatten nur ungenügende Wirkung. Die hygienischen Zustände wurden immer schlimmer. Die Niederungen des Emschergebiets waren der Sitz von Typhus, Ruhr und Malaria. Die Berichte der Kreisärzte aus der fraglichen Zeit sprechen eine beredte Sprache. — Da kam die Rettung! Bei dem Prüfungstermin eines Kanalisationsprojekts der Stadt Herne, den der Dezernent der Regierung zu Arnsberg, Regierungsassessor Gerstein, im Herbst 1899 wahrnahm, wurde von diesem betont, daß alles, was bisher im Emschergebiet zur Besserung der Vorflutverhältnisse geschehen, ungenügend sei und daß Abhilfe nur kommen könne, wenn sich alle an der Vorflut- und Abwasserfrage im Emschergebiet Beteiligten zusammentäten, um gemeinsam die Übelstände abzustellen. Auf einer durch den Regierungspräsidenten von Arnsberg einberufenen Versammlung am 14. Dezember 1899 wurde eine Entschließung angenommen dahingehend, daß ein Verband die Aufgabe zu lösen habe, ausreichende Vorflut zu schaffen und die im Gebiet anfallenden Abwässer zu reinigen. Die zur Vorberatung eingesetzte Kommission betraute den damals im Ministerium der öffentlichen Arbeiten tätigen Regierungsbaumeister Middeldorf mit der Leitung der notwendigen Vorarbeiten, die im Jahre 1901 begonnen, 1903 beendet wurden. Neben den technischen Vorarbeiten war die schwierige Frage zu lösen, wie der Verband auszusehen habe, dem die Durchführung der technischen Lösung übertragen werden sollte. Irgendwelche Organisationen, die als Vorbild dienen konnten, bestanden nicht. Gegeneinander standen die Interessen der Kommunen und die des Bergbaues und der Industrie insofern, als es klar war, daß letztere doch wohl den größten Teil der Kosten zu tragen haben würden, erstere aber als Träger der Organisation auftreten wollten. In erster Linie wirkten bei den schwierigen Verhandlungen mit der Oberbürgermeister von Essen, Zweigert, und der Generaldirektor der Hibernia, Bergrat Behrens. Wie die Lösung schließlich gefunden wurde, ist in einem späteren Abschnitt[2] geschildert. Am 14. Juli 1904 kam das Gesetz betr. Bildung einer Genossenschaft zur Regelung der Vorflut und zur Abwässerreinigung im Emschergebiet (G. S. S. 175) heraus. Das Statut fand am 19. März 1906 die Königliche Genehmigung. Zum Vorsitzenden der Genossenschaft wurde am 17. Juni 1905 Oberbürgermeister Zweigert, nach dessen Tod am 27. Mai 1906 der Landrat und spätere Polizeipräsident von Bochum, Karl Gerstein, gewählt, dem die Geschicke der Genossenschaft bis zu seinem Tod am 19. Juni 1924 anvertraut blieben. Sein Nachfolger wurde Generaldirektor Bergrat Dr.-Ing. E. h. Winkhaus. Geschäftsführer wurde mit der Amtsbezeichnung „Baudirektor" Baurat Middeldorf, nach seinem Tod am 24. August 1911 der Verfasser.

Nach Gründung der Genossenschaft galt es, den von Middeldorf aufgestellten Entwurf[3] durchzuführen. Er sah vor, die Emscher und die Nebenbäche zu begradigen und zu vertiefen, die Mühlenstaue zu entfernen, überall natürliche Vorflut zu schaffen und die den Vorflutern zugeleiteten Abwässer in einen Zustand zu bringen, daß sie weder ästhetisch noch hygienisch schaden konnten.

Der von Middeldorf aufgestellte Kostenanschlag schloß mit 28 000 000 Mk. für die Emscher, 5 500 000 Mk. für Nebenbäche und 4 400 000 Mk. für Kläranlagen. Der Anschlag hat sich im großen ganzen als richtig erwiesen. Die Aufgaben, die an die Genossenschaft gestellt wurden, wuchsen aber immer mehr. Die weitere Entwicklung des Gebiets seit 1900, dem Zeitpunkt der Aufstellung des Entwurfs, in bezug auf Bergbau, Industrie und Bevölkerung ist aus den Schaubildern (Abb. 2 bis 6) zu ersehen. Neu hinzu kam, worauf ursprünglich noch keine Rücksicht genommen war, die

[2] Vgl. S. 26.

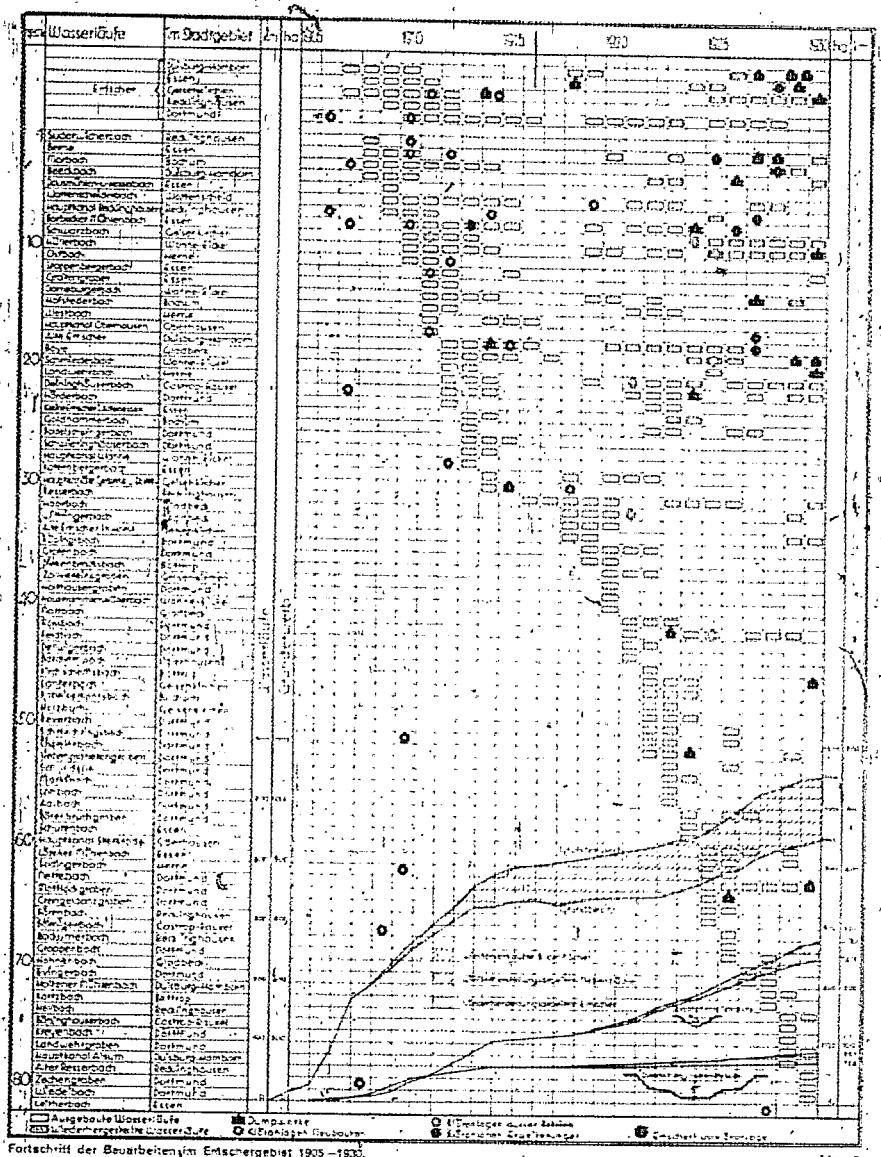
[3] Middeldorf, Entwurf zur Regelung der Vorflut und Abwässerreinigung im Emschergebiet, Druckschrift der Emschergenossenschaft.

In erster Linie wirkten
Verhandlungen mit der
n Essen, Zweigert, und
der Hibernia; Bergrat
ng schließlich gefunden
späteren Abschnitt[2] ge-
1904 kam das Gesetz

[redacted]

Vor
n. 17. [illegible] Über-
nach dessen Tod am
t und spätere Polizei-
Karl Gerstem, gewählt,
Genossenschaft bis zu
1924 anvertraut blie-
wurde Generaldirektor
Vinkhaus. Geschäfts-
mtsbezeichnung „Bau-
dorf, nach seinem Tod
st 1911 der Verfasser.
enossenschaft galt es,
...ten Entwurf
vo... e Emscher und
gr... und zu ver-
...en...rnen, überall
schaffen und die den
Abwässer in einen Zu-
sie weder ästhetisch
isch schaden konnten.
ufgestellte Kostenan-
0 000 Mk, für die Em-
ür Nebenbäche und
lagen. Der Anschlag
n als richtig erwiesen.
e Gr
[redacted]
ildern (Abb. 2 bis 6 zu
worauf ursprünglich
genommen war, die

[redacted] Vorflut und Ab-
Druckschrift der
genossenschaft



Fortschritt der Bauarbeiten im Emschergebiet 1905–1930. Abb. 7

Aufgabe, auch die Beeinflussung des Rheins durch die Abwässer des Bezirks zu verhüten. Auch zeigte es sich, daß der Gedanke, natürliche Vorflut zu schaffen, auf die Dauer nicht durchzuführen war. Zahlreiche Pumpwerke mußten für Vorflut sorgen. Immer größeren Umfang nahm auch die Beseitigung der Bergschäden an genossenschaftlichen Anlagen an. Bis heute sind schon Anlagen im Werte von etwa 175 000 000 RM. geschaffen worden. Den Fortschritt der Bauarbeiten zeigt die Abb. 7. Begonnen wurden die Bauarbeiten im Jahre 1906 und mit großen Mitteln gefördert, bis der Krieg dem eingeschlagenen Tempo Halt gebot. Immerhin sind auch noch in der Kriegs- und Nachkriegszeit, insbesondere auch in der Inflationszeit, in der für etwa 20 000 000 Mk. Anlagen hergestellt wurden, umfangreiche Bauten ausgeführt worden. In den letzten Jahren haben die mißlichen wirtschaftlichen Verhältnisse der Beteiligten in Verbindung mit den Schwierigkeiten bei der Finanzierung stark verzögernd eingewirkt.

Ausgebaut sind bis heute 73 km Emscher und 235 km Nebenbäche, davon 40 km überdeckt. 655 von der Genossenschaft errichtete Brücken und Durchlässe kreuzen die Wasserläufe. In Betrieb sind 24 Pumpwerke mit insgesamt rund 8500 PS und 25 Kläranlagen für 2 000 000 Einwohner.

Die von der Emschergenossenschaft in ihr Werk in so großem Ausmaß gesteckten Mittel haben sich in vollem Umfang gelohnt. Den ganzen Bezirk durchzieht ein System von tief eingeschnittenen Entwässerungsgräben, die der Emscher die Wässer und Abwässer des Bezirks zuführen. Sie reichen überall bis an diejenigen Stellen, an denen Gemeinden und Werke ihre Abwässer den genossenschaftlichen Anlagen übergeben. Wo natürliche Vorflut nicht ausreicht, sind betriebssichere Pumpwerke eingeschaltet. Die Leistungsfähigkeit ist darauf zugeschnitten, daß die regulierten Strecken auch bei weiterer Entwicklung des Bergbaus und der Industrie fortgesetzt werden können und für die dann vermehrt zufließenden Wassermengen ausreichen. Kläranlagen sorgen überall für die Schaffung eines Reinheitsgrads, der sowohl dem Bezirk als auch dem Rhein angemessen ist. Ohne die Anlagen der Emschergenossenschaft würden bei Hochwasser 5000 ha wertvollstes Siedlungs- und Industriegelände überflutet sein, der Verkehr auf zahlreichen Straßen und Bahnen wäre unterbunden, wichtige industrielle Betriebe lägen in dieser Zeit still, Bahnhöfe wären nicht mehr zugänglich. Schon allein diese Umstände würden die Aufwendungen rechtfertigen. 2400 ha früher ständig versumpftes Gelände ist der Bebauung erschlossen, z. T. wieder aufgeforstet oder sonst in Kultur gebracht worden. In großem Umfang hat erst die von der Genossenschaft geschaffene Vorflut die Anlage von Kanalisationen der Wohngebiete unserer Industriestädte möglich gemacht. Sie war die Voraussetzung in Verbindung mit den Maßnahmen bei der Trinkwasserversorgung für die Sanierung des Gebiets. Die früher verheerend wirkenden Krankheiten Malaria, Typhus und Ruhr sind verschwunden. Allen Abwasser erzeugenden Städten und Betrieben ist die Sorge für die Reinigung dieser Abwässer und ihre unschädliche Ableitung abgenommen. Es fließt ästhetisch und hygienisch einwandfrei dem Rhein zu, und auch zur Verhinderung der Beeinflussung des Rheins durch diese Abwässer sind schon wesentliche Schritte getan. Streitigkeiten zwischen Oberliegern und Unterliegern sind verschwunden, wodurch in großem Ausmaße unfruchtbare Arbeit vermieden wird. Der Industriebezirk ist heute ohne die Anlagen der Genossenschaft nicht mehr denkbar. Sie sind lebensnotwendig für Bergbau, Industrie und Siedlung.

2. Lippeverband[4]

Der Bergbau hatte, von Süden aus dem Ruhrgebiet kommend, auf dem Weg über das Emschergebiet von den Jahren 1850 bis 1870

[4] Helbing, Die Lippegenossenschaft, Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft". Helbing, Wasser und Abwässer im Lippegebiet, Techn. Gemeindeblatt 1926/27, Nr. 14, 16 und 17.

ab auch Einzug in das Lippegebiet gehalten (Abb. 9). Daß hier mit der Zeit in den in Anspruch genommenen Gegenden ähnliche Verhältnisse kommen mußten wie im Emschergebiet, war klar. Schon im Jahr 1910 hatte Landrat Gerstein auf einer Versammlung aus Anlaß der Inbetriebnahme einer Teilstrecke der ausgebauten Emscher sich dahin geäußert, daß man sich mit der Frage der Vorflutregulierung und Abwasserbeseitigung im Lippegebiet werde befassen müssen. In erster Linie glichen die Verhältnisse in dem Gebiet der Seseke, eines bei Lünen in die Lippe linksseitig einmündenden Nebenlaufs, denjenigen im Emschergebiet. Auf Grund von Vorarbeiten des bei der Emschergenossenschaft beschäftigten Regierungsbaumeisters a. D. Jöhrens wurde für dieses Gebiet im Jahr 1913 eine Sesekegenossenschaft[5] (Sesekegesetz vom 5. Juni 1913, G. S. S. 329) gegründet. Die gesetzlichen Bestimmungen schlossen sich eng an diejenigen des Emschergesetzes an; die technische Lösung beruhte auf den im Emschergebiet gemachten Erfahrungen. Da aber vorauszusehen war, daß in vielen andern Nebenbachgebieten der Lippe ähnliche Verhältnisse entstehen würden wie im Sesekegebiet, mußte die Frage auftauchen, ob man sich in Zukunft begnügen wolle mit der Bildung von einzelnen Nebenbachgenossenschaften oder ob man nicht besser für das ganze Lippegebiet einen Verband gründen solle. Veranlaßt durch den Regierungspräsidenten von Münster, von Jarotzky, begann der Verfasser im Herbst 1913 mit der Untersuchung dieser Frage. Die Vorarbeiten zogen sich durch die Einberufung des Verfassers zur Fahne bis Ende 1916 hin. Das Ergebnis war, daß nicht Einzelgenossenschaften zu gründen wären, daß vielmehr das Gebiet der Lippe zu einem Verband vereinigt werden müsse, soweit es bereits industriell erschlossen oder mit seiner Erschließung in absehbarer Zeit zu rechnen war, im wesentlichen also das Gebiet, in dem Grubenfelder schon im Abbau begriffen oder doch verliehen waren; die Aufgaben der Genossenschaft hätten sich zu decken mit denjenigen der Emschergenossenschaft. Das Verbandsgebiet sollte sich dementsprechend eingeschlossen von der südlichen und nördlichen Wasserscheide der Lippe vom Rhein bis östlich von Hamm unter Einschluß des Ahsegebiets erstrecken, und als Aufgaben sollten die Vorflutregulierung der Wasserläufe im Verbandsgebiet einschließlich der Lippe und die Reinigung der Abwässer festgelegt werden. Die Vorarbeiten wurden von dem Regierungspräsidenten von Münster, der für die beteiligten Regierungspräsidenten die Federführung übernommen hatte, der Zentralstelle vorgelegt und fanden im wesentlichen deren Billigung. Nur wurde verlangt, daß die Genossenschaft sich auszudehnen habe auf das ganze Lippegebiet und daß auch die Aufgaben noch gegenüber denjenigen der Emschergenossenschaft erweitert werden sollten.

Die Absicht der Ausdehnung der Genossenschaft auf das ganze Gebiet stieß allseitig auf Widerstand der Interessenten, was leicht verständlich war. Im Niederschlagsgebiet der Lippe lassen sich nämlich drei Abschnitte deutlich voneinander unterscheiden: der östliche Teil von der Quelle bis etwa zur östlichen Niederschlagsgrenze der Ahse, die bei Hamm von Süden her in die Lippe einmündet, in dem in erster Linie landwirtschaftliche Interessen vorliegen, erinnert sei nur an die großen Wassergenossenschaften (Bokerheide-Sozietät, Horstergenossenschaft, Bokel-Mastholter-Sozietät, Haustenbachgenossenschaft usw.); das mittlere, industriell bereits erschlossene Gebiet, abschließend westlich etwa mit der bei Dorsten in nordsüdlicher Richtung verlaufenden Provinzialgrenze, mit landwirtschaftlichen Interessen nur in seinem nördlichen Teil und das untere, zwar mit verliehenen Grubenfeldern schon überzogene, industriell aber noch nicht entwickelte Gebiet bis zur Mündung in den Rhein mit im übrigen vorläufig noch landwirtschaftlichem Charakter und den wichtigen Interessen der Stadt Wesel. Die Interessenten des oberen Gebiets, die in großem Umfang

[5] Helbing und Drape, Die Sesekegenossenschaft. Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft".

[6] Helbing, Wasser und Abwasser im Lippegebiet, Denkschrift zur Gründung einer Lippegenossenschaft, Druckschrift der Emschergenossenschaft.

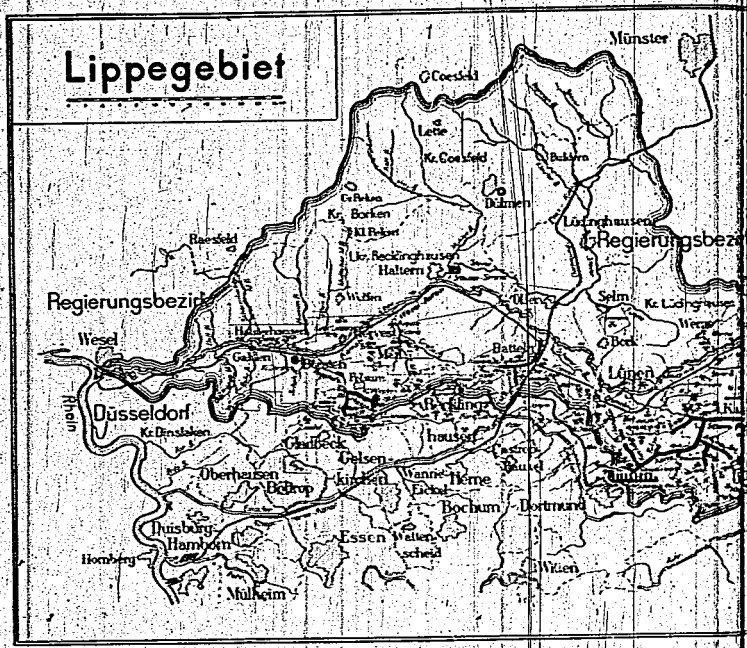


Abb. 8.

LIPPEGEBIET Felderbesitz der Bergwerksgesellschaften

Bergwerks-AG. Recklinghausen: Steinkohlenbergwerk Buer (Bergmannsglück und Westerholt), Steinkohlenbergwerk Zweckel (Zweckel und Scholven), Steinkohlenbergwerk Waltrop.

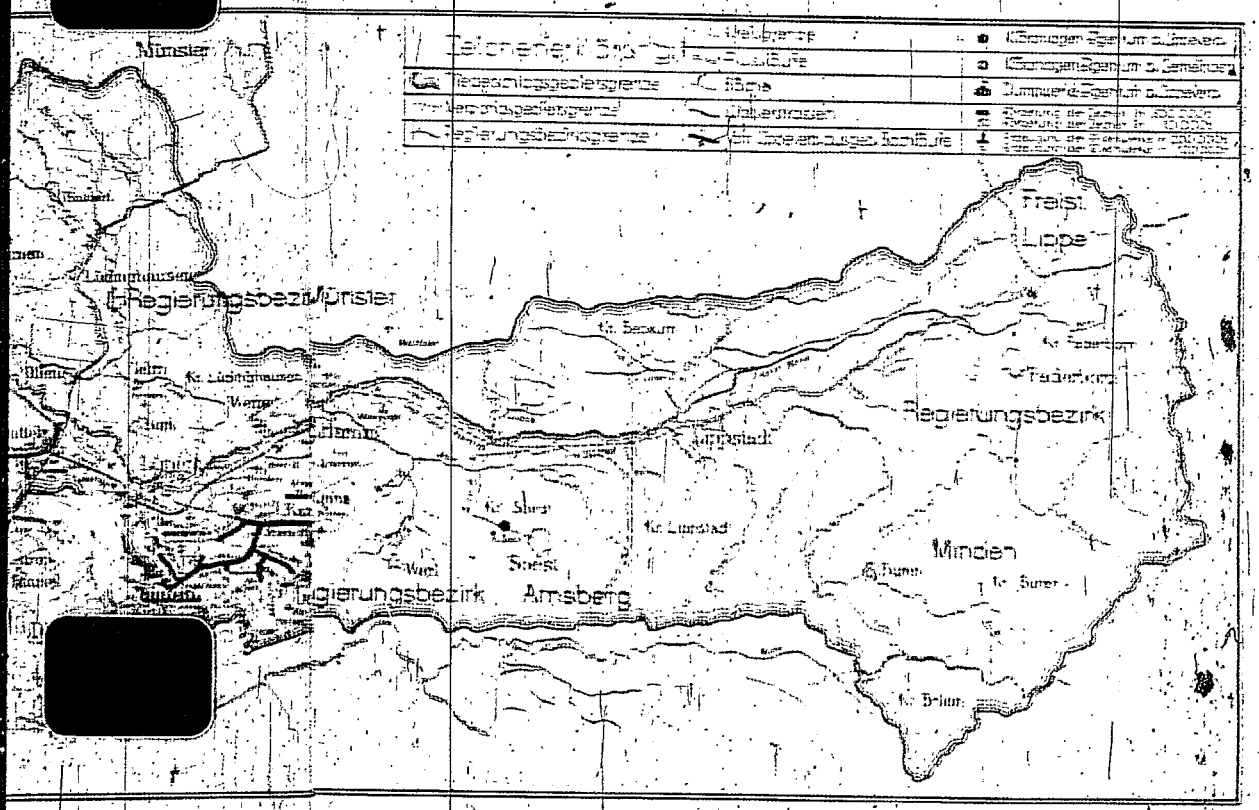
Harpener Bergbau-AG.: Zeche Hugo, Zeche Gneisenau, Zeche Scharnhorst, Zeche Preußen I und II, Zeche Kurl, Zeche Massener Tiefbau, Zeche Victoria.

Hoesch-Köln-Neuessen AG. für Bergbau und Hüttenbetrieb: Steinkohlenbergwerk Ver. Westfalia (Kaiserstuhl I und II), Steinkohlenbergwerk Fürst Leopold, Betriebsanlage Baldur, Betriebsanlage Radbod.

Hibernia Bergwerksgesellschaft: Betriebsanlage Schlägel und Eisen, Betriebsanlage General Blumenthal.

I. G. Farbenindustrie AG.: Gewerkschaft Auguste Victoria.

Fried. Krupp AG.: Gewerkschaft Emscher-Lippe.



Klöckner-Werke AG.: Gewerkschaft [illegible], Steinkohlenbergwerk Königstein, Gewerkschaft Bremen, Steinkohlenbergwerk Werne I.
Gewerkschaft Ewald: Betriebsanlage Ewald-Fortsetzung
Deutsche Continental-Gas-Gesellschaft in Dessau: Gewerkschaft Westfalen
Mansfeldsche AG. für Bergbau und Hüttenbetrieb: Gewerkschaft Sachsen
Gelsenkirchener Bergwerks-AG.: Steinkohlenbergwerk Werne I.
Rheinische Stahlwerke AG.: Gewerkschaft Brassert, Gewerkschaft Hermann V
Ver. Stahlwerke AG.: Betriebsanlage Münster Stein, Betriebsanlage Hohner Kohlenwerk (Schleswig und Holstein)
Gebr. Stumm, G.m.b.H.: Gewerkschaft Münster Ascheberg
Ver. Elektrizitätswerke Westfalen AG.: Gewerkschaft Dorstfeld

Auf Betreiben der Interessenten, vor allem im Rheinland und der Landwirtschaft des ganzen Gebiets, wurden die Aufgaben des Lippeverbands gegenüber den Aufgaben der Emschergenossenschaft dahin erweitert, daß nicht nur als Aufgabe die Abwasserreinigung aufgeführt wurde, sondern vielmehr die Reinhaltung der Lippe für landwirtschaftliche und industrielle Zwecke, soweit sie durch bestmögliche Reinigung oder besondere Ableitung der in die Lippe und ihre Nebenläufe fließenden Abwässer geleistet werden kann. Außerdem wurde dem Lippeverband die Verwaltung des Wasserschatzes sowie die Herstellung, die Unterhaltung und der Betrieb von Anlagen für die Erhaltung und Ausnutzung des Wasserschatzes, der Schutz und die Förderung der Landeskultur und der Wasserversorgung übertragen. Die Sesekegenossenschaft ging in den Lippeverband auf. Am 19. Januar 1926 wurde das Lippegesetz veröffentlicht (G. S. S. 13). Die Satzung erhielt die ministerielle Genehmigung am 27. Mai 1927. Vorsitzender der Genossenschaft wurde Bergmeister Wiesmann, Datteln, Geschäftsführer Baudirektor Dr. Helbing, womit die Zusammenarbeit mit der Emschergenossenschaft gesichert war. Sie hat sich im Lauf der Jahre immer mehr als außerordentlich zweckmäßig für beide Verbände erwiesen.

Nur bei kleinen Genossenschaften läßt sich schon bei den Vorarbeiten für einen Zusammenschluß übersehen, welche technische Lösung späterhin durchzuführen ist, insbesondere mit welchen Kosten die Genossenschaft zu rechnen haben wird. Bei großen Genossenschaften, besonders solchen, die vorbeugend tätig sein sollen, bei denen also zurzeit der Gründung die künftige Entwicklung noch nicht auch nur mit einiger Sicherheit abzuschätzen ist, ist dies kaum möglich. Tatsächlich haben alle größeren Genossenschaften die vor der Gründung aufgestellten Kostenanschläge um ein Vielfaches überschritten, selbst wenn diese Kostenanschläge an sich richtig waren. Bei den Vorarbeiten für das Lippegesetz stellte sich daher der Verfasser auf den Standpunkt, daß man unnötige Ausgaben machen würde, wenn man etwa versuchen wollte, für die in der Entwicklung begriffenen Verhältnisse schon damals technische Lösungen zu suchen und deren Kosten zu ermitteln. Er setzte durch, daß in dem Gesetz nur die Aufgaben scharf umrissen und in einer Denkschrift die Wege zu der technischen Lösung angegeben wurden. Nach Gründung der Genossenschaft galt es, die für die Bauausführungen notwendigen Entwürfe aufzustellen. In die Vorbereitungsarbeiten fiel schon etwa ein Jahr nach der Gründung der Sesekegenossenschaft, der Vorgängerin des Lippeverbands, der Ausbruch des Kriegs. Die Arbeiten blieben liegen und konnten erst, da so ziemlich alle Kräfte der Genossenschaft zur Fahne eingezogen waren, nach Beendigung des Kriegs wieder aufgenommen werden. Sehr behindert wurden sie dann dadurch, daß das Gebiet im Januar 1923 zur Hälfte von den Franzosen besetzt und der Sitz der Bauleitung von den Baustellen getrennt wurde. Als diese Zeiten überwunden waren, kamen die Schwierigkeiten der Finanzierung. Trotz all dieser die Tätigkeit in großem Umfang verhindernden Umstände waren aber bis zur Gründung des Lippeverbands immerhin schon zu offenen Abwässerbächen ausgebaut 23 km, bis zum heutigen Tag sind dazugekommen 28 km. Auf dem Gebiet der Abwasserklärung ist noch verhältnismäßig wenig getan. Abgesehen von der wirtschaftlichen Notlage wirkt stark hindernd der Umstand mit, daß noch nicht feststeht, wieviel Wasser der Lippe verbleiben wird, nachdem ihr das zur Speisung der westlichen künstlichen Wasserstraßen notwendige Wasser entzogen ist. Maßgebend sind die Verträge, die zwischen dem Land Preußen als Eigentümer der Lippe und dem Reich, dem Eigentümer der westlichen Wasserstraßen, bestehen. Über die Auslegung dieser Verträge bezüglich der der Lippe zu verbleibenden Mindestwassermengen besteht Meinungsverschiedenheit, auf deren Austrag der Lippeverband keinen Einfluß hat. Bevor aber keine Klarheit in dieser Beziehung besteht, kann in vielen Fällen der Umfang der an die Kläranlagen zu stellenden Ansprüche nicht festgelegt werden. Im

Betrieb sind 3 Kläranlagen für 35 000 Menschen, 94 vom Lippeverband errichtete Brücken und Durchlässe überspannen die Wasserläufe. Abb. 10 zeigt den Fortschritt der Bauarbeiten im Lippegebiet. Wie im Emschergebiet sind auch hier durch Schaffung von Entwässerungssystemen die schon industrialisierten Gebiete saniert. Das trifft vor allem zu auf das Gebiet der früheren Sesekegenossenschaft, wo die Hauptläufe ausgebaut sind. Auch ist schon in andern im Lippegebiet zerstreut liegenden Gegenden Vorflut geschaffen. Der Erfolg ist überall grundsätzlich derselbe, der, wie oben geschildert, im Emschergebiet erreicht worden ist.

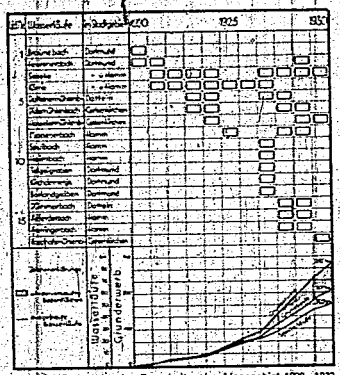


Abb. 10. Fortschritt der Bauarbeiten im Lippegebiet 1920—1930.

RECHTSVERHÄLTNISSE

1. Emschergenossenschaft[1]

Die rechtlichen Verhältnisse der Emschergenossenschaft sind gegeben durch das „Gesetz betreffend Bildung einer Genossenschaft zur Regelung der Vorflut und zur Abwasserreinigung im Emschergebiet" vom 14. Juli 1904 (G. S. S. 175) und das dazu erlassene Statut. Das Emschergesetz hat zum erstenmal eine wasserwirtschaftliche Genossenschaft durch ein Sondergesetz ins Leben gerufen, während vorher alle Wassergenossenschaften auf Grund des Gesetzes über die Bildung von Wassergenossenschaften vom 1. April 1879 (G. S. S. 297) gegründet worden sind. Bei den Vorbesprechungen zur Bildung der Genossenschaft hatte man zunächst daran gedacht, sich des erwähnten Genossenschaftsgesetzes zu bedienen. Die auf kleinere Verhältnisse zugeschnittenen Vorschriften dieses Gesetzes bildeten jedoch einen zu engen Rahmen für eine Genossenschaft, die die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse eines sehr großen, industriell stark durchsetzten, engbesiedelten und durch die Einwirkungen des Bergbaues dauernden Veränderungen ausgesetzten Gebiets ordnen sollte. Die Zahl der Mitglieder wäre so groß geworden, daß eine einheitliche Leitung kaum möglich gewesen wäre. Zudem hätten zur Gründung der Genossenschaft alle Genossen erst ermittelt und der Plan mit ihnen erörtert werden müssen, was bei der großen Ausdehnung des Gebiets so lange Zeit erfordert hätte, daß die Gründung auf Jahre hinaus verzögert worden wäre. Das Emschergesetz ist vorbildlich geworden für eine große Anzahl anderer Sondergesetze auf wasserwirtschaftlichem Gebiet.

Als Zweck der Genossenschaft bezeichnet das Gesetz die Regelung der Vorflut nach Maßgabe

[1] Gesetz und Statut der Emschergenossenschaft, Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft". Selbach und Stöve, Die Emscher und die Emschergenossenschaft im Recht, Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft". Selbach, Zweckverbände in Preußen; Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft".

eines einheitlichen Projekts und die Abwasserreinigung im Emschergebiet sowie die Unterhaltung und den Betrieb der ausgeführten Anlagen. Die Genossenschaft ist ein reiner Selbstverwaltungskörper. Die Staatsaufsicht, die in erster Instanz durch den Oberpräsidenten der Provinz Westfalen, in der Beschwerdeinstanz vom Landwirtschaftsminister ausgeübt wird, beschränkt sich darauf, daß die Angelegenheiten der Genossenschaft in Übereinstimmung mit dem Statut und dem Gesetz verwaltet werden. Ferner kann eine Zwangsetatisierung durch die Aufsichtsbehörde verfügt werden, wenn die Genossenschaft es unterläßt, die ihr gesetz- und statutmäßig obliegenden Leistungen in den Haushaltsplan aufzunehmen. Im übrigen bedarf die Genossenschaft nur noch zur Aufnahme von Anleihen, durch welche der Schuldenbestand vergrößert wird, vorheriger Genehmigung der Aufsichtsbehörde.

Die Emschergenossenschaft ist eine juristische Person, und zwar eine öffentlich-rechtliche Körperschaft. Sie erfüllt öffentliche Aufgaben, und das Verhältnis der Mitglieder zur Genossenschaft ist im öffentlichen Recht geordnet. Die Eigenschaft eines Kommunalverbandes ist ihr allerdings durch das preußische Oberverwaltungsgericht wie auch durch den Reichsfinanzhof abgesprochen worden, weil sie nicht als eine sogenannte Gebietskörperschaft angesehen ist, die alle Bewohner eines bestimmt abgegrenzten Teiles des Staatsgebiets umfaßt und ihrer Gebietshoheit unterwirft.

Im Gegensatz zu den bisher bestehenden Wassergenossenschaften sind Genossen nicht die eigentlichen Interessenten, d. h. diejenigen, die die genossenschaftlichen Anlagen zur Abführung ihrer Abwässer benutzen oder sonstige Vorteile von den Anlagen haben und die Kosten aufbringen müssen, sondern Mitglieder der Genossenschaft sind alle Stadt- und Landkreise, die ganz oder teilweise nach der Emscher und ihren Nebenläufen entwässern. Da diese aber als solche kein unmittelbares Interesse an den Arbeiten der Genossenschaft haben, sind Kostenträger vielmehr die eigentlichen Interessenten, die das Gesetz als „Beteiligte" bezeichnet. Als solche kommen nach dem Gesetz in Betracht: 1. Bergwerke, 2. andere gewerbliche Unternehmungen, Eisenbahnen und sonstige Anlagen sowie 3. Gemeinden. Dieser neuartige Aufbau der Genossenschaft hat zur Folge, daß die nicht zahlungspflichtigen Stadt- und Landkreise Rechte ausüben, die nach der bisher üblichen Organisation von Wassergenossenschaften diejenigen hatten, die die Kosten trugen. Zu nennen ist hier vor allem das Recht, die Abgeordneten zu der Genossenschaftsversammlung zu wählen. Es ist indessen Vorsorge getroffen, daß bei diesen Wahlen die Interessen der Beteiligten, also der Kostenträger, hinreichend berücksichtigt werden. Die Zahl der von einem Kreis zu entsendenden Abgeordneten richtet sich nämlich nach der Höhe des auf den Kreis entfallenden Jahresbeitrags. Nur wenn ein Kreis einen Abgeordneten zu wählen hat, ist er in der Auswahl des Abgeordneten frei. Entsendet er zwei Abgeordnete, so muß der eine beruflich dem Bergbau angehören; bei einer größeren Abgeordnetenzahl müssen die Interessentengruppen ihrem Beitragsverhältnis entsprechend sowie die Landwirtschaft tunlichst berücksichtigt werden. Durch diese Regelung ist dafür gesorgt, daß diejenigen ausschlaggebend über das Geschick der Genossenschaft entscheiden, die die Kosten für die Arbeiten der Genossenschaft aufbringen müssen.

Neben der Genossenschaftsversammlung steht als weiteres Organ der Genossenschaft der Vorstand. Die Vorschriften über die Wahl, Zusammensetzung, die Amtsdauer des Vorstands, seine Befugnisse, hat das Gesetz nicht geregelt, sondern es dem Statut überlassen, die näheren Bestimmungen darüber zu treffen. Dieses hat die Zahl der Vorstandsmitglieder auf 12 festgesetzt, von denen 11 Vorstandsmitglieder, darunter der Vorsitzende und der Stellvertreter, von der Genossenschaftsversammlung gewählt werden; außerdem ist der erste Baubeamte der Genossenschaft Mitglied des Vorstands. Vorsorge ist getroffen, daß sowohl die verschiedenartigen

Interessen als auch die verschiedenen Teile des Genossenschaftsgebiets hinreichend vertreten sind. Es muß nicht nur je ein Vorstandsmitglied einer der drei Gruppen der Beteiligten, nämlich dem Bergbau, der sonstigen Industrie und den Gemeinden sowie der Landwirtschaft angehören, sondern von den 11 gewählten Vorstandsmitgliedern sollen 4 der Rheinprovinz und 5 der Provinz Westfalen durch Wohnsitz angehören. Durch eine Statutänderung vom Jahr 1922 wurde ferner bestimmt, daß zwei Vorstandsmitglieder Arbeitnehmer eines Beteiligten sein müssen, es sei denn, daß einstimmig andere Personen gewählt werden. Der Vorstand ist der gesetzliche Vertreter der Genossenschaft, der sie gerichtlich und außergerichtlich vertritt.

Die Entscheidung über die von der Genossenschaft auszuführenden Bauten liegt bei der Genossenschaftsversammlung. Diese genehmigt den vom Vorstand aufgestellten Haushaltsplan. Die im außerordentlichen Haushalt vorgesehenen Bauten werden finanziert durch Anleihen, die die Genossenschaft aufnimmt. Auch über die Aufnahme solcher Anleihen entscheidet die Genossenschaftsversammlung. Die für die Verzinsung und Tilgung dieser Anleihen aufzubringenden Beträge sowie die Kosten der Unterhaltung und des Betriebs der genossenschaftlichen Anlagen und die Kosten der Verwaltung bilden die durch den Haushaltsplan festgesetzten Ausgaben der Genossenschaft, welche, soweit ihnen nicht Einnahmen gegenüberstehen, durch Beiträge der Beteiligten zu decken sind. Bei der Veranlagung zu diesen Beiträgen sind einerseits die durch den Veranlagten im Emschergebiet herbeigeführten Schädigungen, andererseits die durch die Ausführung, die Unterhaltung und den Betrieb der genossenschaftlichen Anlagen zu erwartenden mittelbaren und unmittelbaren Vorteile zu berücksichtigen. In das Kataster, in dem die Beteiligten zu Beiträgen zu veranlagen sind, müssen aufgenommen werden die Bergwerke und Gemeinden stets, die sonstigen Beteiligten, d. h. die gewerblichen Unternehmungen, Eisenbahnen und sonstigen Anlagen nur, wenn sie zu einem durch das Statut für die Aufnahme in das Kataster vorgeschriebenen Mindestbeitragssatz veranlagt werden können. Das Statut hat diesen Mindestbeitrag auf ein Fünftausendstel der Jahresumlage festgesetzt. Die Anlagen, deren Beitrag unter diesem Satz bleibt, werden bei der Veranlagung der Gemeinden, in deren Bezirk sie liegen, mit berücksichtigt. Damit nicht diejenigen Beteiligten, die wegen zu geringer Höhe ihres Beitrags nicht in das Kataster aufgenommen werden, freigelassen werden, ist den Gemeinden die Befugnis eingeräumt, die auf sie veranlagten Beiträge auf Grund des Kommunalabgabengesetzes im Wege der Gebühren- oder Beitragserhebung oder der Vorbelastung wiedereinzuziehen.

Die von der Aufsichtsbehörde festgestellten Beiträge werden vom Vorstand kreisweise zusammengestellt und den Genossen, d. h. den Stadt- und Landkreisen, mitgeteilt. Diese müssen die Beiträge in den von Gesetz und Statut festgesetzten Fristen an die Genossenschaftskasse abführen. Die Kreise ihrerseits ziehen die Beiträge von den Beteiligten wieder ein; dabei gelten die Beiträge gegenüber den Beteiligten, soweit sie nicht Kommunen sind, als eine gemeine öffentliche Last, die im Verwaltungszwangsverfahren beigetrieben werden kann. Ist es einem Kreis nicht möglich, von einem Beteiligten den Beitrag einzuziehen, so muß er zunächst den Beitrag vorlegen. Der Ausfall wird jedoch dem betreffenden Kreis auf den nächsten Jahresbeitrag angerechnet. In der Art und Weise, wie die Rechtsmittel der Beteiligten gegen ihre Veranlagung geregelt sind, kommt der das ganze Emschergesetz beherrschende Gedanke der Selbstverwaltung besonders stark zum Ausdruck. Dem Beteiligten steht gegen seine Heranziehung zu den Genossenschaftslasten der Einspruch zu, über den der Genossenschaftsvorstand entscheidet. Gegen die Entscheidung des Vorstandes hat der Veranlagte weiterhin die Berufung an die Berufungskommission*. Sie setzt sich zusammen aus 3 von der Aufsichtsbehörde bzw. dem Oberbergamt zu bezeichnenden Staats-

* Weber, Die Berufungskommission der Emschergenossenschaft, Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft".

beamten und aus 6 von der Genossenschaftsversammlung zu wählenden Mitgliedern. Der Gesetzgeber hat also die letzte und endgültige Entscheidung über die Verteilung der Beiträge unter die Beteiligten in die Hände eines Laiengerichts gelegt, das überwiegend aus Vertrauensleuten der Interessenten zusammengesetzt ist; die Verwaltungsgerichte sind ausgeschlossen. Nur wenn ein Veranlagter seine Zugehörigkeit zur Genossenschaft überhaupt bestreitet, ist die Klage im Verwaltungsstreitverfahren zugelassen. Diese erst durch das Preußische Wassergesetz vom 7. April 1913 eingeführte Zuständigkeit der Verwaltungsgerichte geschah aus der Erwägung, daß es eine Absonderlichkeit sei, wenn ein Gerichtshof, dem in der Mehrzahl Interessenten als Richter angehören, über die Zugehörigkeit eines Dritten zur Genossenschaft endgültig entscheiden solle. Die durch das Emschergesetz eingeführte besondere genossenschaftliche Verwaltungsgerichtsbarkeit hat sich bewährt und ist in alle späteren wasserwirtschaftlichen Sondergesetze übernommen worden. Ihr besonderer Vorzug liegt u. a. darin, daß die Entscheidungen bei Verursachung geringer Kosten schnell getroffen werden.

2. Lippeverband

Bei Erlaß des Emschergesetzes konnten die Aufgaben der Genossenschaft auf die Regelung der Vorflut und Abwasserreinigung beschränkt werden, da die Wasserläufe des Gebiets bei Gründung der Genossenschaft überwiegend schon so verschmutzt waren, daß eine Nutzung des Wassers nicht mehr in Frage kam. Ebenso lagen die Verhältnisse bei Gründung der Sesekegenossenschaft, der Vorläuferin des Lippeverbands, in deren Aufgabengebiet, nämlich dem Niederschlagsgebiet der Seseke. Der Aufgabenkreis für den Lippeverband mußte indessen sehr viel weiter gezogen werden, da in dem großen Verbandsgebiet, außer im Sesekegebiet, geschlossene Industriegebiete und große Städte kaum vorhanden waren. Während die Emschergenossenschaft und die Sesekegenossenschaft im wesentlichen nur schon eingetretene Schäden beseitigen konnten, muß der Lippeverband sein Augenmerk hauptsächlich auf die Verhütung solcher Schäden richten. Als Aufgaben des Lippeverbandes bezeichnet daher das Gesetz „die Verwaltung des Wasserschatzes im Genossenschaftsgebiet sowie die Herstellung, die Unterhaltung und den Betrieb von Anlagen für die Erhaltung und Ausnutzung des Wasserschatzes". Weiterhin liegt dem Verband ob die Unterhaltung der Lippe, Schutz und Förderung der Landeskultur und Wasserversorgung, die Regelung der Vorflut in der Lippe und ihren Nebenläufen und endlich die Reinhaltung der Lippe für landwirtschaftliche und industrielle Zwecke, soweit sie durch bestmögliche Reinigung oder Ableitung der in die Lippe und ihre Nebenläufe fließenden Abwässer geleistet werden kann.

Der organisatorische Aufbau des Lippeverbandes weicht insofern wesentlich von dem der Emschergenossenschaft ab, als hier nicht die Stadt- und Landkreise, sondern die Interessenten selbst zu Genossen gemacht sind mit der Einschränkung, daß die Wassergenossenschaften und Deichverbände sowie die Eigentümer der gewerblichen Unternehmungen und sonstigen Anlagen nur Genossen sind, wenn sie zu einem von der Satzung auf 500 RM. festgesetzten Mindestbeitrag veranlagt sind. Auch bei der Sesekegenossenschaft waren die Interessenten selbst Genossen. Für die Bildung der ersten Genossenschaftsversammlung der Sesekegenossenschaft wurde eine vorläufige Beitragsliste aufgestellt und hiernach bestimmt, wieviel Stimmen auf die einzelnen Genossen entfielen. Die Aufstellung einer solchen vorläufigen Beitragsliste war bei dem verhältnismäßig kleinen Genossenschaftsgebiet ohne großen Zeitverlust möglich. Bei dem sehr viel größeren Lippeverband versagte dieser Weg; die Aufstellung einer vorläufigen Beitragsliste hätte bei dem großen Umfang des Verbandsgebiets viel Zeit und Geld erfordert, ohne daß diese Aufwendung

nutzbringend verwendet werden konnte. Sie hätte zudem die Bildung der ersten Genossenschaftsversammlung, die über die Satzung zu beschließen und den Vorstand zu bestellen hatte, ungebührlich verzögert. Der Gesetzgeber verordnete daher, daß an der ersten Genossenschaftsversammlung eine fest bestimmte Zahl von Stimmeneinheiten, nämlich 95, teilzunehmen habe. Er verteilte diese 95 Stimmen auf die wichtigsten Interessengruppen, wobei er sich naturgemäß für die Ermittlung des Verhältnisses der verschiedenen Gruppen an der Gesamtstimmenzahl nur auf Schätzungen verlassen konnte. Für die Unterverteilung der auf die einzelnen Gruppen entfallenden Stimmen enthielt das Gesetz nähere Bestimmungen. Die so gebildete vorläufige Genossenschaftsversammlung bleibt solange bestehen, bis der Genossenschaftsvorstand in der Lage ist, eine Veranlagung der einzelnen Genossen nach den im Lippegesetz gegebenen näheren Bestimmungen durchzuführen. Auf Grund dieser Veranlagung wird dann die erste ordentliche Genossenschaftsversammlung zu bilden sein. In der Genossenschaftsversammlung ist nicht jeder Genosse stimmberechtigt, sondern nur der, dessen Jahresbeitrag eine durch die Satzung zu bestimmende Höhe erreicht; die Satzung hat als Stimmeneinheit 1/100 der Jahresumlage der Genossenschaft festgesetzt. Von der Zahlung eines Beitrags unabhängige Stimmen hat das Gesetz dem Reich, Preußen, den Landkreisen Dinslaken, Rees, Recklinghausen, Coesfeld und der Stadt Wesel sowie denjenigen Gemeinden und Wassergenossenschaften gegeben, die sonst in der Genossenschaftsversammlung nicht vertreten sein würden. Die Bergwerke dürfen nicht mehr als 40% sämtlicher Stimmen führen.

Die Vorschriften im Lippegesetz über die Genossenschaftsversammlung, den Vorstand, die Staatsaufsicht, die Veranlagung der Genossen zu Beiträgen und die ihnen hiergegen zustehenden Rechtsmittel stimmen im wesentlichen mit denen des Emschergesetzes überein. Ein besonderer Abschnitt im Lippegesetz, der sich im Emschergesetz nicht befindet, regelt noch die Inanspruchnahme von Grundstücken zu Anlagen der Genossenschaft und die Verhütung und den Ersatz von Schäden. Die hier getroffenen Bestimmungen decken sich im wesentlichen mit den Grundsätzen, die das Preußische Wassergesetz in dem Titel über den Ausbau der Wasserläufe und ihrer Ufer getroffen hat. Die Genossenschaft soll hiernach in erster Linie verpflichtet sein, ihre Anlagen so auszubauen, daß nachteilige Wirkungen vermieden werden. Nur wenn die dazu erforderlichen Einrichtungen mit dem Unternehmen nicht vereinbar und wirtschaftlich nicht gerechtfertigt sind, sollen Entschädigungen verlangt werden können. Das in dem erwähnten Titel vorgeschriebene Verfahren bezweckt einen besonderen Schutz der durch den Bau der genossenschaftlichen Anlagen berührten Grundbesitzer und ist stets durchzuführen, wenn nicht eine Planfestsetzung im Enteignungsverfahren stattgefunden hat.

ERLEDIGUNG DER GESCHÄFTE

Für die Geschäftsführung der Emschergenossenschaft und des Lippeverbands verantwortlich ist der Baudirektor (Dr.-Ing. E. h. Helbing), der kraft Gesetzes Mitglied des Vorstands und den Vorsitzenden (bei der Emschergenossenschaft Generaldirektor Bergrat Dr.-Ing. E. h. Winkhaus, bei dem Lippeverband Bergmeister Wiesmann) unterstellt ist. Er bearbeitet unmittelbar Haushaltsplan und Veranlagung. Juristischer Beirat der Verbände ist der Direktor des Ruhrtalsperrenvereins, Dr. jur. h. c. Selbach. Die Justitiargeschäfte (Rechtsanwalt Dr. Stöve) sind mit der Bearbeitung der Personalien und der Geldbeschaffung verbunden. Alles, was mit Vorflutregulierung zusammenhängt, wird von zwei Bauämtern erledigt mit dem Sitz in Essen (Reglerungsbaumeister a. D. Steckhan) für den westlichen Teil und Dortmund (Reglerungsbaumeister a. D. Drape) für den östlichen Teil des Emscher- und Lippegebiets. Die Abwasserfragen fallen für beide Verbände dem Abwasseramt (Marinebaurat a. D. Dr.-Ing. Prüß) zu. Dem Baudirektor zur

enossenschaft und
satz von Schäden.
timmungen decken
en Grundsätzen, die
esetz in dem Titel
sserläufe und ihrer
enossenschaft soll
lichtet sein, ihre
chteilige Wir-
, wenn die dazu
en mit de
und wirtsch
sollen Entschädi-
onnen. Das in dem
triebs
en S
chaf
und
Pla
tgefu

ER GESCHÄFTE

r Emschergenos-
ds verantwort-
.-Ing. E. h. Helbing),
lied des Vorstands
der Emschergenos-
Bergrat Dr.-Ing. E. h.
verband Bergmeister
. Er bearbeitet uh-
id Veranlagung. Ju-
ände ist der Direktor
s, Dr. jur. h. c. Sel-
chäfte (Rechtsanwalt
earbeitung der Perso-
chaffung verbunden.
gulierung zusammen-
uämtern erledigt mit
rungsbaumeister a.D.
chen Teil und Dort-
ister a. D. Drape) für
Ems
ragu
era
r

Seite steht eine Abteilung (Oberingenieur Dr.-Ing. von Bülow), deren Aufgabe die Erledigung allgemeiner Vorarbeiten, von Wassermessungen und deren Auswertung, die Prüfung von Entwürfen und Kostenanschlägen, die Aufstellung statischer Berechnungen, Statistik, Versuchswesen usw. ist. Grunderwerb wird im wesentlichen ohne Inanspruchnahme eines außenstehenden Grunderwerbskommissars von den Beamten der Liegenschaftsabteilung der Emschergenossenschaft selbst erledigt. Die Arbeiten sind mit denjenigen auf dem Gebiet des Vermessungswesens (Oberlandmesser Hellwieg) vereinigt. Die immer größeren Umfang annehmenden Arbeiten auf maschinentechnischem Gebiet, vor allem die maschinelle Einrichtung der zahlreichen Pumpwerke, fällt einer besonderen Abteilung (Oberingenieur Dipl.-Ing. Beyenburg) zu. Die chemische Abteilung (Oberchemiker Dr. Bach) hat das chemisch-technische Versuchswesen auf dem Abwasser- und Baustoffgebiet sowie die Wirkungskontrolle der Kläranlagen und Untersuchung der Vorflut. Von größter Wichtigkeit sind für die Genossenschaft bergtechnische, vor allem Bodensenkungsfragen. Sie machen die Tätigkeit eines Spezialisten (Obermarkscheider Keinhorst) notwendig. Das Rechnungs- und Kassenwesen und die Buchführung sind mit den Angelegenheiten der allgemeinen Verwaltung und der Notstandsarbeiten einer Abteilung (Abteilungsvorsteher Everling) zugewiesen. Zur Vertretung der Vorstände der Bauämter sind in Essen und Dortmund die Regierungsbaumeister a. D. Ramshorn und Schreiber, dem Abwasseramt Oberingenieur Blunk beigegeben. Außerdem sind noch folgende Akademiker bei der Genossenschaft beschäftigt: Die Regierungsbaumeister a. D. Wiegmann, Lohr, Carp, der Landmesser Funke und der Chemiker Dr. Husmann. Bei der Emschergenossenschaft sind insgesamt zur Zeit tätig 143, beim Lippeverband 23 Kräfte. Die gemeinschaftliche Geschäftsführung ermöglicht, daß diese gegenseitig ausgetauscht werden. So hat im Rechnungsjahr 1930 die Emschergenossenschaft dem Lippeverband Arbeiten für 112 000 RM., der Lippeverband der

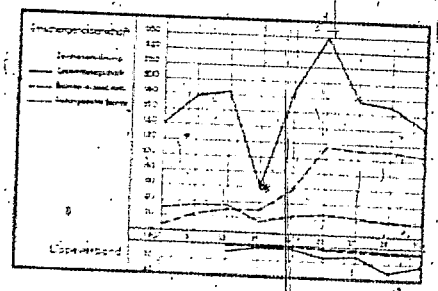


Abb. 11
Personalstand der Emschergenossenschaft und des Lippeverbands

Emschergenossenschaft solche für 21 000 RM. geleistet. Die Bewegung im Personalstand für einige charakteristische Jahre zeigt Abb. 11.

Von den oben genannten 166 bei der Emschergenossenschaft und dem Lippeverband Beschäftigten sind 17 mit einem Vertrage für 10 oder 12 Jahre und 94 als Dauerangestellte mit Anspruch auf Ruhegehalt und Hinterbliebenenversorgung angestellt; ihre Zahl ist so gewählt, daß auch beim Abflauen der Bauarbeiten keine überflüssigen Kräfte vorhanden sind, zumal auch der natürliche Abgang durch Tod und Pensionierung zu berücksichtigen ist. Eingespart werden kann im Lauf der nächsten Jahre ein Bauamt, so daß dann neben dem Dezernenten für Abwasserfragen nur noch ein Dezernent für Vorflutfragen bei der Hauptverwaltung tätig ist; auch werden einige technische Beamte mit akademischer Vorbildung entbehrt werden können.

HAUSHALTSPLAN

Allgemeines

Der Haushaltsplan[1] enthält die Darstellung und den Voranschlag der Ausgaben und Einnahmen für ein Rechnungsjahr, außerdem den Nachweis

[1] Helbing, Haushaltsplan und Veranlagung der Emschergenossenschaft, Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft".

1065

Außerordentliche Ausgaben der Emschergenossenschaft

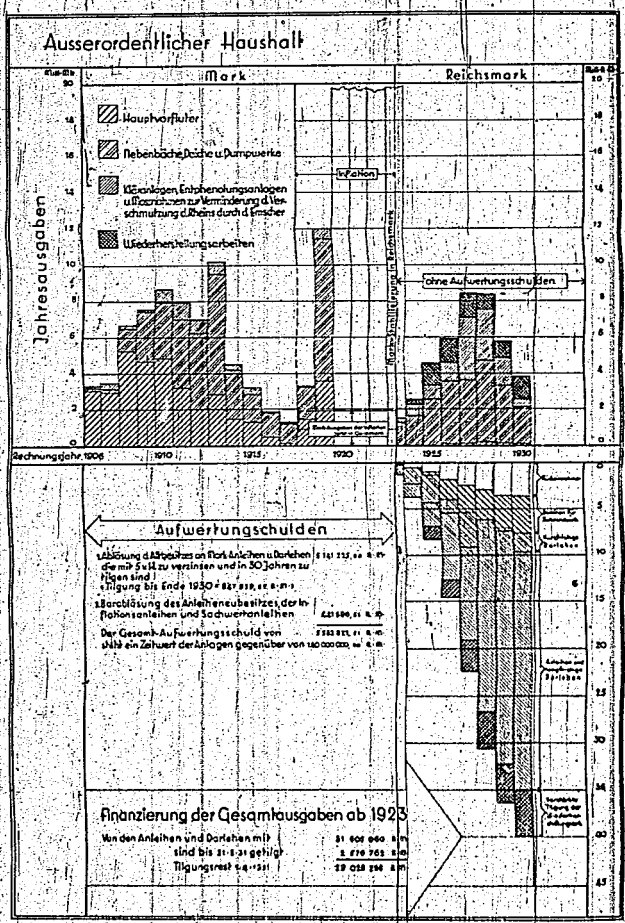


Abb. 12

über die in abgelaufenen Rechnungsjahren tatsächlich entstandenen Ausgaben und ihre Deckung.

Dem Gesetz und Statut entsprechend zerfällt der von der Genossenschaftsversammlung zu genehmigende Haushaltsplan in 2 Hauptteile: den außerordentlichen Haushalt, dessen Ausgaben aus Anleihen zu bestreiten sind, und den ordentlichen Haushalt mit Deckung der Ausgaben durch Genossenschaftsbeiträge.

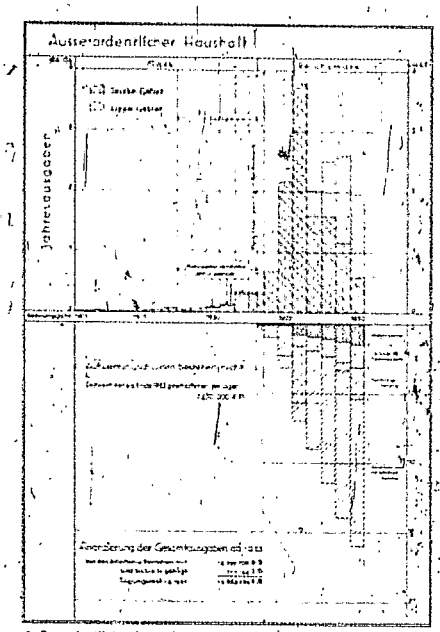
Außerordentlicher Haushalt

Im außerordentlichen Haushalt sind alle Anlagen mit ihren Kostenanschlägen aufgeführt. Er enthält die für jedes Rechnungsjahr bewilligten Bausummen und weist die Ausgaben für jede Anlage seit der Bauinangriffnahme nach. Die Gesamtreinausgabe des außerordentlichen Haushalts ist die durch Anleihen zu deckende Schuld der Verbände. Zu diesen Schulden nach dem außerordentlichen Haushalt treten die auf Anleihe übernommenen Ausgaben für Wiederherstellungsarbeiten, soweit sie nicht von den Beteiligten durch Tilgungsbeiträge abgetragen sind.

Die Abb. 12 und 13 zeigen zunächst bis zur Markstabilisierung die Ausgaben für Emschergenossenschaft und Lippeverband in der alten Markwährung.

Der Wert der bis zur Markstabilisierung geschaffenen Anlagen stellt sich bei der Emschergenossenschaft zurzeit auf rund 140 000 000 RM., beim Lippeverband auf 1 400 000 RM., denen bei der Emschergenossenschaft eine Aufwertungsschuld von 5 582 822 RM. gegenübersteht. Die bis zur Markstabilisierung geschaffenen Anlagen der Sesekegenossenschaft sind frei von Aufwertungsschulden auf den Lippeverband übergegangen. Durch die Wiederherstellungsarbeiten wird der Wert der Anlagen beider Verbände dauernd auf der ursprünglichen Höhe gehalten.

Weiter zeigen die Abbildungen über der Basis bei der Emschergenossenschaft die Entwicklung der Bauausgaben seit der Markstabilisierung, getrennt nach Emscher, den übrigen Vorflutanlagen einschl. der Pumpwerke, den Kläranlagen mit Entphenolungsanlagen und den Wiederherstellungsarbeiten. Nach unten ist die Finanzierung dargestellt. Im Schaubild für den Lippeverband ist eine ähnliche Trennung beobachtet worden.



Außerordentliche Ausgaben des Lippeverbands. Abb. 13.

Ordentlicher Haushalt

Im ordentlichen Haushalt sind alle Anlagen mit ihren Unterhaltungs- und Betriebskosten enthalten und zur Erleichterung der Veranlagung gruppenweise zusammengestellt. Die Ausgaben für Verzinsung, Tilgung und Verwaltung der Anlagen werden den Veranlagungsgruppen summarisch belastet. Die nach Abzug der Einnahmen verbleibenden Ausgaben werden durch Genossenschaftsbeiträge gedeckt.

Die Abb. 14 und 15 zeigen die Entwicklung der Ausgaben bis Ende 1931

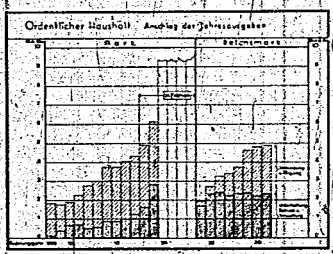


Abb. 14. Ordentliche Ausgaben der Emschergenossenschaft.

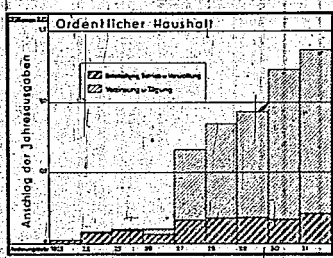


Abb. 15. Ordentliche Ausgaben des Lippeverbands.

1. für Unterhaltung, Betrieb und Verwaltung,
2. für Verzinsung und Tilgung.

Trotz der sich ständig mehrenden Anlagen sind die Unterhaltungskosten bei der Emschergenossenschaft seit 1925 gesunken und von den Kosten für Verzinsung und Tilgung überholt worden. Die Ursache liegt darin, daß die Kosten für Verzinsung gegenüber der Vorkriegszeit um mehr als die Hälfte höher geworden sind. Hierbei ist der Einfluß der billigen Darlehen für Notstandsarbeiten schon berücksichtigt worden.

FINANZIERUNG

1. Emschergenossenschaft

Der Anleihebedarf bis Ende 1914 — rund 53 000 000 Mk. — ließ sich mühelos decken. Von 1906 bis 1909 gab der Allgemeine Knappschaftsverein zu Bochum 8 000 000 Mk. zu 4% und 10 000 000 Mk. zu 4½%; 1910/Mai 1914 nahm die Emschergenossenschaft den offenen Geldmarkt durch Ausgabe 4%iger mündelsicherer Schuldverschreibungen mit 35 000 000 Mk. in Anspruch. Der Ausgabekurs schwankte zwischen 98,50% in 1910 und 93,75% im Mai 1914. Während des Weltkriegs hat die Genossenschaft den stark eingeschränkten Geldbedarf kurzfristig gedeckt. Erst Mai 1919, als der Wert von 10 Mk. nur noch 3,32 GM. entsprach, nahm die Emschergenossenschaft wieder ein langfristiges Darlehn von 8 500 000 Mk. bei der Preuß. Central-Boden-Kredit AG. auf, dem dann bis zur Markstabilisierung noch eine ganze Reihe von Darlehen öffentlicher Kreditinstitute mit einem immer geringeren Goldmarkwert folgte. An den Sachwertanleihen, die gegen Ende der Inflation aufkamen, hat sich die Emschergenossenschaft nur in geringem Umfang beteiligt und ihre Anteile bald wieder abgestoßen.

Aus all dem ist die Genossenschaft zurzeit wie folgt belastet: Nach dem Gesetz über die Ablösung öffentlicher Anleihen vom 16. Juli 1925 ist der Altbesitz an Anleihen und Darlehen mit 5 141 225 RM. (12½% des Goldmarkwertes) aufgewertet worden, für die teils Sammelablösungsanleihe mit Auslosungsscheinen der Deutschen Girozentrale Berlin, teils Schuldscheine mit Tilgungsversprechen gegeben worden sind. Die Aufwertungsschuld ist in 30 Jahren zu tilgen. Getilgt sind bis Ende 1930 847 939,65 RM., zu tilgen sind noch 4 293 285,35 RM. Anleiheneubesitz und Inflationsanleihen sind hauptsächlich bar abgelöst worden. Die Barablösung beträgt mit dem Betrag für die Einlösung der Sachwertanleihen 441 596,51 RM., die auf neue Anleihe übernommen worden sind. Hierzu werden im Lauf von 1931: 69 386 RM. Aufwertungsschuld für Hypotheken auf Häusergrundstücke nach dem Aufwertungsgesetz treten, die infolge Kündigung bar ausgezahlt werden müssen.

Nach der Markstabilisierung ist die Finanzierung immer schwieriger geworden. Bei der

Reichsversicherungsanstalt für Angestellte konnten 1924, 1926 und 1929 rund 3 500 000 RM., davon 2 500 000 RM. gegen 8% und 1 000 000 RM. zu 7% Zinsen mit einer Tilgungsdauer von rund 12 Jahren aufgenommen werden. Auf dem offenen Geldmarkt ließen sich mündelsichere Schuldverschreibungen von je 500 000 RM. im Mai 1926 zu 8% und im Februar 1927 zu 6% bei einer Tilgung in 25 Jahren unterbringen. Im März 1928 beteiligte sich die Emschergenossenschaft an einer 6%igen Auslandanleihe der Wasserwirtschaft G. m. b. H., Essen, in den U. S. A. mit 2 500 000 Dollar = 10 458 745 RM., Tilgungszeit 25 Jahre. Für Notstandsarbeiten zur Beschäftigung Arbeitsloser erhielt die Genossenschaft rund 4 113 000 RM., die mit 4% zu verzinsen und in 17—20 Jahren zu tilgen sind. Von den restlichen 3 588 776 RM. konnte die Wasserwirtschaft im Ausland 1 008 126 RM. zu 9% auf 3 Jahre beschaffen, weitere 563 000 RM. liehen am Bau Beteiligte, 2 025 776 RM. sind kurzfristig, davon 1 008 126 RM. als Währungskredit (50 000 £) beschafft worden. Der Stand der Anleihen und Darlehen einschl. der für die Aufwertungsschulden beträgt Ende 1930: 36 798 249,76 RM., davon sind getilgt 3 424 701,52 RM.

2. Lippeverband

Die von der früheren Sesekegenossenschaft in der Inflationszeit aufgenommenen Mark-Darlehen sind rechtzeitig zurückgezahlt worden, so daß Aufwertungsschulden nicht vorhanden sind. Nach der Markstabilisierung hat sich die Finanzierung so wie bei der Emschergenossenschaft abgewickelt, abgesehen davon, daß der Lippeverband keine Schuldverschreibungsanleihen aufgenommen hat. Aus einer Sterlinganleihe des Provinzialverbands der Provinz Westfalen sind im Juli 1927 1 324 788 RM. geflossen, die mit 7% zu verzinsen und in 25 Jahren zu tilgen sind. Die Dollaranleihe der Wasserwirtschaft G. m. b. H., Essen, brachte März 1928 8 366 996 RM. gegen 6% Verzinsung bei einer Tilgung in 25 Jahren. Die Reichsversicherungsanstalt für Angestellte gab im November 1929 1 000 000 RM. zu 8% Zinsen mit Tilgung in 12 Jahren. Für Notstandsarbeiten zur Beschäftigung Arbeitsloser erhielt der Lippeverband zusammen 1 654 500 RM. gegen eine Durchschnittsverzinsung von 4,48%, bei einer Tilgung in 17 Jahren. Am Bau Beteiligte liehen 201 530 RM. Die Wasserwirtschaft konnte Juli 1929 im Ausland 1 008 126 RM. zu 9% auf 3 Jahre beschaffen; die restlichen 1 017 650 RM. sind als kurzfristiger Währungskredit (50 000 £) hereingenommen worden. Der Stand der Anleihen beträgt Ende 1930 14 573 590 RM., wovon 717 144,07 RM. getilgt sind.

NOTSTANDSARBEITEN

Zur Beschäftigung Arbeitsloser haben Emschergenossenschaft und Sesekegenossenschaft und deren Rechtsnachfolger, der Lippeverband, in großem Umfang Notstandsarbeiten, hauptsächlich Vorflutregulierungen, ausgeführt. In den Jahren 1924 bis Ende 1930 sind hierfür bei der Emschergenossenschaft 16 000 000 RM. und beim Lippeverband 5 000 000 verausgabt worden. Geleistet wurden insgesamt 810 000 Tagewerke Arbeitsloser. An Zuschüssen erhielten die Verbände 2 835 000 RM., an Darlehen aus Reichs- und Landesmitteln 5 765 000 RM. Die Gesamtförderung von 8 600 000 RM. macht rund 41% der Rohausgaben aus. Vor dem Krieg wurden durchweg Ausländer bei diesen Arbeiten beschäftigt. Die Umschulung von Arbeitslosen verursachte große Schwierigkeiten, die an dem starken Wechsel auf den Baustellen zu erkennen sind. Im Jahr 1928 wechselten die Arbeitslosen noch mehr als doppelt so viel wie die frei eingestellten Arbeiter. Dieses Verhältnis hat sich trotz steigender Arbeitslosenziffern nicht wesentlich verbessert. Alljährlich handelt es sich um eine große Zahl von Baustellen, die in den Regierungsbezirken Düsseldorf, Amsberg und Münster liegen und zum Bereich der Landesarbeitsämter für Rheinland und Westfalen gehören. Um die Verwaltungsarbeit zu vereinfachen, werden die Notstandsarbeiten beider Verbände in einem gemeinschaftlichen Antrage behandelt, der für die verstärkte Förderung durch Landes- und Reichsdarlehen von dem Regierungspräsidenten

zu Münster bearbeitet wird. Über die Grundförderung (Zuschuß) entscheidet das Landesarbeitsamt für Westfalen in Dortmund. Beide sind auch für die Abrechnung zuständig, für die die Zentralinstanzen ein seit Jahren bewährtes vereinfachtes Verfahren genehmigt haben.

VERANLAGUNG

Der Gang des Verfahrens ist für Emschergenossenschaft und Lippeverband in dem Abschnitt „Rechtsverhältnisse" geschildert. Sachlich geben Gesetz und Statut für die Aufteilung der Jahreskosten nur allgemeine Gesichtspunkte, indem sie bestimmen, es sollen bei der Veranlagung einerseits die durch den Veranlagten im Emschergebiet herbeigeführten Schädigungen, andererseits die durch die Ausführung, die Unterhaltung und den Betrieb der genossenschaftlichen Anlagen zu erwartenden mittelbaren und unmittelbaren Vorteile berücksichtigt werden. Aufgabe der Veranlagung war, diese allgemeinen Gesichtspunkte in Zahlen umzusetzen.

1. Emschergenossenschaft[1]

Veranlagungen sind einfach, solange nur Vorteile und Schädigungen, die in derselben Richtung liegen, in Frage kommen. So wird z. B. eine städtische Entwässerungs-Gebührenordnung leicht irgendeinen Maßstab, so verschieden diese auch im Einzelfalle voneinander sein mögen (Reinwasserverbrauch, Zapfstellen, Grundstücksgröße, Frontlänge der Häuser usw.), finden können. Was die Emschergenossenschaft zu veranlagen hat, trifft aber so verschiedenartige Beteiligte, was zu ihren Ausgaben geführt hat, ist durch so verschiedenartige Umstände verursacht, daß die Errechnung der Beiträge mit die schwierigste Aufgabe war, die die Genossenschaft zu lösen hatte. Bei allem Streben danach, durch genaue Berechnungen den Anteil des einzelnen festzulegen, ließ sich doch in vielen Fällen Schätzung nicht vermeiden. Wie bei allen Steuersystemen muß auch bei der Veranlagung der Emschergenossenschaft das Ergebnis oft die Annahme rechtfertigen.

Aufzubringen sind durch die Veranlagung der Emschergenossenschaft die jährlich für Verzinsung und Tilgung der Herstellungskosten, für Unterhaltung, Betrieb und Verwaltung der geschaffenen Anlagen entstehenden Kosten. Maßgebend ist also, in welchem Umfang der einzelne diese Anlagen notwendig gemacht hat unter Berücksichtigung des Vorteils, den diese dem einzelnen bringen. Nach den Aufgaben, die der Genossenschaft durch das Gesetz gestellt sind, war abzuführen das Niederschlagswasser so, daß Überschwemmungen vermieden wurden, das Abwasser so, daß es nach Einleitung in die Vorfluter keinen Schaden mehr herbeiführen konnte. Das bedingte die Herstellung von Abwasserkanälen mit entsprechend großem Querschnitt, deren Wasserspiegel so zu legen war, daß sowohl die von Natur tiefliegenden als auch die durch den Bergbau abgesunkenen Flächen Vorflutmöglichkeit hatten. Drei Interessentengruppen waren also zu unterscheiden: diejenigen, die Niederschlagswasser oder Abwasser zuführen, und diejenigen, die ein Interesse an der Absenkung der ungenügenden Vorflut hatten. Klar war, daß man bei den ersten beiden Abteilungen das Wasser nach Menge und Beschaffenheit als Maßstab einzuführen hatte. Schwierig war, diese beiden Abteilungen mit der dritten in Vergleich zu setzen. Es geschah dadurch, daß man sich fragte, welche Kosten entstanden wären, wenn man die Vorflutregulierung ohne Rücksicht auf tiefliegende Gebiete durchgeführt hätte. Das ergab ein Verhältnis von 2 : 3. In den ersten beiden Abteilungen mußten dann die Kosten ermittelt werden, die durch die Rücksichtnahme auf den Schmutzgehalt aufzuwenden waren gegenüber denjenigen, die durch die Wassermenge bedingt waren. Die Rücksichtnahme auf das Schmutzwasser erforderte den kanalmäßigen

[1] Helbing, Haushaltsplan und Veranlagung der Emschergenossenschaft, Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft".
Helbing, Die Veranlagung der Emschergenossenschaft unter besonderer Berücksichtigung der Belastung der Gemeinden, Druckschrift der Emschergenossenschaft.

zu Münster bearbeitet wird. Über die Grundförderung (Zuschuß) entscheidet das Landesarbeitsamt für Westfalen in Dortmund. Beide sind auch für die Abrechnung zuständig, für die die Zentralinstanzen ein seit Jahren bewährtes vereinfachtes Verfahren genehmigt haben.

VERANLAGUNG

Der Gang des Verfahrens ist für Emschergenossenschaft und Lippeverband in dem Abschnitt „Rechtsverhältnisse" geschildert. Sachlich geben Gesetz und Statut für die Aufteilung der Jahreskosten nur allgemeine Gesichtspunkte, indem sie bestimmen, es sollen bei der Veranlagung einerseits die durch den Veranlagten im Emschergebiet herbeigeführten Schädigungen, andererseits die durch die Ausführung, die Unterhaltung und den Betrieb der genossenschaftlichen Anlagen zu erwartenden mittelbaren und unmittelbaren Vorteile berücksichtigt werden. Aufgabe der Veranlagung war, diese allgemeinen Gesichtspunkte in Zahlen umzusetzen.

1. Emschergenossenschaft[10]

Veranlagungen sind einfach, solange nur Vorteile und Schädigungen, die in derselben Richtung liegen, in Frage kommen. So wird z. B. eine städtische Entwässerungs-Gebührenordnung leicht irgendeinen Maßstab, so verschieden diese auch im Einzelfalle voneinander sein mögen (Reinwasserverbrauch, Zapfstellen, Grundstücksgröße, Frontlänge der Häuser usw.), finden können. Was die Emschergenossenschaft zu veranlagen hat, trifft aber so verschiedenartige Beteiligte, was zu ihren Ausgaben geführt hat, ist durch so verschiedenartige Umstände verursacht, daß die Errechnung der Beiträge mit die schwierigste Aufgabe war, die die Genossenschaft zu lösen hatte. Bei allem Streben danach, durch genaue Berechnungen den Anteil des einzelnen festzulegen, ließ sich doch in vielen Fällen Schätzung nicht vermeiden. Wie bei allen Steuersystemen muß auch bei der Veranlagung der Emschergenossenschaft das Ergebnis oft die Annahme rechtfertigen.

Aufzubringen sind durch die Veranlagung der Emschergenossenschaft die jährlich für Verzinsung und Tilgung der Herstellungskosten, für Unterhaltung, Betrieb und Verwaltung der geschaffenen Anlagen entstehenden Kosten. Maßgebend ist also, in welchem Umfang der einzelne diese Anlagen notwendig gemacht hat unter Berücksichtigung des Vorteils, den diese dem einzelnen bringen. Nach den Aufgaben, die der Genossenschaft durch das Gesetz gestellt sind, war abzuführen das Niederschlagswasser so, daß Überschwemmungen vermieden wurden, das Abwasser so, daß es nach Einleitung in die Vorfluter keinen Schaden mehr herbeiführen konnte. Das bedingte die Herstellung von Abwasserkanälen mit entsprechend großem Querschnitt, deren Wasserspiegel so zu legen war, daß sowohl die von Natur tiefliegenden als auch die durch den Bergbau abgesunkenen Flächen Vorflutmöglichkeit hatten. Drei Interessentengruppen waren also zu unterscheiden: diejenigen, die Niederschlagswasser oder Abwasser zuführen, und diejenigen, die ein Interesse an der Absenkung der ungenügenden Vorflut hatten. Klar war, daß man bei den ersten beiden Abteilungen das Wasser nach Menge und Beschaffenheit als Maßstab einzuführen hatte. Schwierig war, diese beiden Abteilungen mit der dritten in Vergleich zu setzen. Es geschah dadurch, daß man sich fragte, welche Kosten entstanden wären, wenn man die Vorflutregulierung ohne Rücksicht auf tiefliegende Gebiete durchgeführt hätte. Das ergab ein Verhältnis von 2 : 3. In den ersten beiden Abteilungen mußten dann die Kosten ermittelt werden, die durch die Rücksichtnahme auf den Schmutzgehalt aufzuwenden waren gegenüber denjenigen, die durch die Wassermenge bedingt waren. Die Rücksichtnahme auf das Schmutzwasser erforderte den kanalmäßige

[10] Helbing, Haushaltsplan und Veranlagung der Emschergenossenschaft, Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft".
Helbing, Die Veranlagung der Emschergenossenschaft unter besonderer Berücksichtigung der Belastung der Gemeinden, Druckschrift der Emschergenossenschaft.

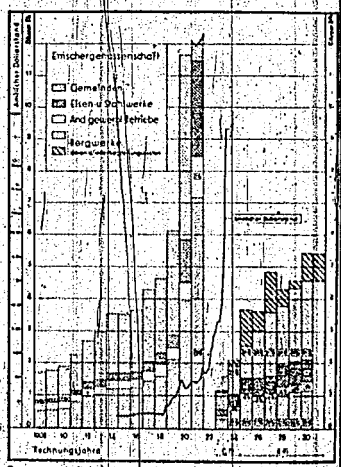
Ausbau der Wasserläufe, d. h. glatte Wandungen, dazu Kläranlagen, Kosten, die zahlenmäßig ermittelt werden konnten. Das Verhältnis des Anteils der Abteilung für Schmutzwasserzuführung gegenüber der für Reinwasserzuführung stellte sich auf 3 : 1. Nach Aufteilung der auf die verschiedenen Abteilungen entfallenden Prozentualbeträge war die Aufteilung auf die in ihnen zu Veranlagenden verhältnismäßig leicht. In der Abteilung für Schmutzwasserzuführung mußten die Bergwerke für das von ihnen zugebrachte Waschkauenwasser, Kohlenwaschwasser, Kokslöschwasser und Ammoniakabwässer, die Eisen- und Stahlwerke für ihr Industrieabwasser und Waschkauenwasser, die Deutsche Reichsbahngesellschaft für Betriebsabwasser, andere gewerbliche Betriebe für ihre gewerblichen Abwässer und die Gemeinden für das Hausabwasser einschl. des kleingewerblichen Abwassers belastet werden. Dabei mußte maßgebend sein die Wassermenge und der Schädlichkeitsgrad der einzelnen Abwasserarten, bei welch letzteren einzuführen war einmal der Vorteil, den die Erzeuger des Abwassers von dessen Übernahme durch die Genossenschaft und seine Weiterleitung hatten, auf der andern Seite die Kosten, die für die Behandlung der einzelnen Abwasserarten aufzuwenden waren. Hatte man die Belastung der einzelnen Untergruppen, so konnte man für die Aufteilung der auf gleichartige Betriebe entfallenden Beträge angenäherte Maßstäbe in Kohlenförderung, Eisenproduktion, Arbeiter- und Einwohnerzahlen erzielen. In der Abteilung für die Zuführung von reinem Wasser war maßgebend die Menge des zugeführten Wassers, die zu der Profilausbildung geführt hatte, also die von den einzelnen zu vertretende Fläche unter Berücksichtigung eines Abflußbeiwertes.

In der Abteilung für Vorflutverbesserung mußte berücksichtigt werden, wie die Vorflutverhältnisse des einzelnen vor und nach Ausführung der Regulierung waren. Das Interesse wurde abgestimmt durch Bildung von 4 durch ihre Höhenlage zur Vorflut gekennzeichnete Zonen, von denen die am stärksten belastete dasjenige Gebiet darstellte, das so ungünstig lag, daß ein Abfluß des Wassers zum Mittelwasserspiegel der Vorflut vor deren Ausbau überhaupt nicht möglich war, die 3. Zone dasjenige Gebiet, das nach Kanalisationsgrundsätzen nicht entwässern konnte, die 2. Zone dasjenige Gebiet, das zwar vor Regulierung der Emscher Abfluß hatte, aber immerhin noch durch die Vertiefung der Vorfluter günstigere Abflußverhältnisse erhalten hat; die 1. Zone, das Randgebiet, ist das an der Vorflutregulierung am wenigsten interessierte Gebiet, das aber immerhin in Zukunft noch in die Lage kommen kann, die Vorflutverbesserung auszunutzen. Der Belastungsfaktor beträgt für die vier Zonen 25 : 10 : 5 : 1.

Besondere Kosten verursachten diejenigen, deren Wasser und Abwasser auch nach der Regulierung noch gepoldert werden mußte. Sie mußten mit einem besonderen Zuschlag bedacht werden, der auf 25% der wirklich entstehenden Kosten des Pumpbetriebs festgesetzt wurde, während die verbleibenden 75% auf die übrigen an der Vorflut Interessierten umgelegt wurden, weil diese eine etwa mögliche natürliche Vorflutbeschaffung durch weitere Vertiefung der Vorfluter erspart haben. Von diesen also schon beim ersten Ausbau der Vorflut errichteten Pumpwerken sind zu unterscheiden diejenigen, die nachträglich durch Bodensenkungen notwendig geworden sind, dann also zusätzliche Kosten verursachen und sinngemäß von dem Bergbau allein zu tragen sind. Sie sind zu behandeln wie die als Wiederherstellungskosten in dem Haushaltsplan aufgeführten Beträge, d. h. also wie diejenigen Kosten, die entstehen für die Beseitigung von durch Bergbau an den genossenschaftlichen Anlagen entstandenen Schäden. Bei der Veranlagung dieser Kosten ist bestimmend, daß die Anlagen der Genossenschaft dem gesamten Bergbau dienen, daß es mehr oder weniger zufällig ist, auf wessen Grubenfeld diese Anlagen gelegt wurden, und daß infolgedessen an der Instandhaltung der Anlagen auch die Gesamtheit des Bergbaus ein Interesse hat. Als Maßstab für dieses Interesse kann das Verhältnis dienen, in dem die Beiträge für

Vorflutverbesserung, Abwasserabführung usw. den einzelnen belasten. Um aber immerhin denjenigen, auf dessen Grubenfeld die Anlage liegt, zu vorsichtigem Abbau anzuhalten, um ferner den Umstand zu berücksichtigen, daß diese Feldbesitzer schon vor dem Wirken der Genossenschaft besondere Kosten für die Aufrechterhaltung der Vorflut aufzubringen hatten, wird ein Teil der entstehenden Kosten, nämlich 25%, auf die den Schaden herbeiführenden Beteiligten vorweg umgelegt. Einer besonderen Veranlagung bedarf der Rheindeich, dessen Jahreskosten umgelegt werden nach Maßgabe des Schutzes, den er gewährt unter Berücksichtigung der Häufigkeit der für einzelne Zonen zu erwartenden Überschwemmungen. Auch hier muß die Verschlechterung der Höhenlage des Geländes durch den Bergbau berücksichtigt werden. Abseits von den oben geschilderten Interessen liegen diejenigen einiger Beteiligten, der Wasserwerke, die aus andern Flußgebieten Wasser in das Emschergebiet pumpen, sowie des Rhein-Herne-Kanals und des Dortmund-Ems-Kanals, deren Beiträge auf je 1% der Gesamtumlage festgesetzt worden sind.

Veranlagt wurde zunächst die Emscher. Daß an ihr das ganze Gebiet beteiligt war, stand fest. Damit war die Aufteilung der Kosten für die Emscher auf alle Beteiligten des Gebiets gegeben. Die Nebenvorfluter wurden, da in den ersten Jahren nur einzelne im ganzen Emschergebiet zerstreut liegende Regulierungen durchgeführt waren, jeder für sich veranlagt. Gegenseitige Abhängigkeit konnte nicht angenommen werden. Mit der Zeit aber erstreckten sich die ausgebauten Bachläufe auf das ganze Emschergebiet, die gemeinsamen Interessen berührten immer mehr Beteiligte, die beiderseits der Wasserscheide der einzelnen Bachgebiete liegen. Je größer die Kommunalgebilde, je umfangreicher die einzelnen Konzerne der Bergbautreibenden und der Eisenindustrie wurden, desto weniger Sinn hatte es, festzustellen, mit welchem Anteil der einzelne zu diesem, mit welchem zu jenem Bachlauf zu veranlagen sei. Dazu kam, daß in die größte Bautätigkeit der Genossenschaft die Kriegs- und Inflationszeit fiel. Hätte man die Bachläufe getrennt veranlagt, würde der eine nur mit geringen aufgewerteten Beträgen aus der Vorkriegszeit, der andere, dessen Bauausführungen in die Inflationszeit fielen, überhaupt kaum, und der zufällig erst später berücksichtigte mit einem Vielfachen belastet worden sein. Das alles führte dazu, daß sich der Vorstand, und zwar zum erstenmal für das Kataster des Jahres 1922, entschloß, das ganze von der Emschergenossenschaft ausgeführte Entwässerungssystem als ein für alle gebautes, gemeinschaftliches Werk zu betrachten und die einzelnen Beteiligten danach zu veranlagen, mit welchen Umständen sie zu den Aufwendungen für dieses gemeinsame Werk verantwortlich zu machen waren. Ähnlich wie bei der Gebührenordnung für ein städtisches Kanalisationsnetz, mit dem im großen gesehen jetzt das Entwässerungsnetz im Emschergebiet verglichen werden kann, kommt es bei der neuen Veranlagung also nicht mehr darauf an,



Genossenschaftsbeiträge der Emschergenossenschaft. Abb. 18.

Hätte man die Bach-
t, würde der eine nur
teten Beträgen aus der
dere
ersz
ersi
ache
dazu
erste
entschloß, das ganze
ssenschaft ausgeführte
als ein für alle gebau-
s Werk zu betrachten
eiligten danach zu ver-
Umständen sie zu den
ses gemeinsame Werk
en waren. Ähnlich wie
ng für ein städtisches
dem im großen gesehen
snetz im Emschergebiet
n, kommt es bei der
o nicht mehr darauf an,

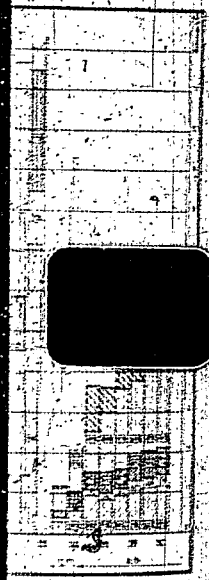


Abb. 11

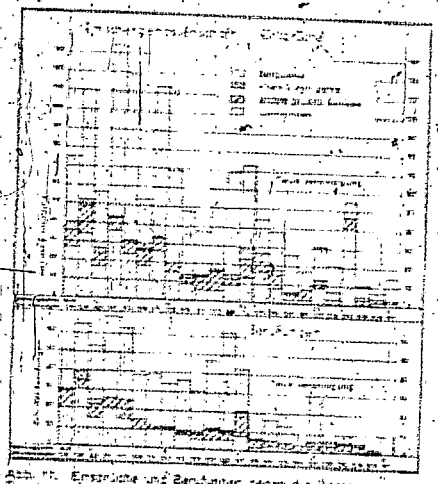


Abb. 10. Ersparnisse und Belastungen infolge der Verlegung der Emschergenossenschaft

wo der einzelne Beteiligte liegt. Maßgebend ist nur, wie er zu diesem Gesamtsystem liegt und in welchem Umfang auf ihn Rücksicht zu nehmen war.

Nach der Veranlagung für das Rechnungsjahr 1930 haben in der Abteilung Reinhaltung die Gemeinden auf den Kopf der Bevölkerung 37,7 Pf., die Bergwerke für eine Tonne Kohlen 0,7 Pf. und die Eisen- und Stahlwerke für eine Tonne Roheisen 8,2 Pf. zu zahlen. Die entsprechenden Zahlen in der Abteilung Wasserzuführung sind 3,8; 0,1; 0,1 und in der Abteilung Vorflutverbesserung 6,4; 1,1; 0,3. Die Wasserwerke zahlen für je 100 m³ 1,3 Pf. Die einzelnen Beteiligtengruppen sind insgesamt belastet:

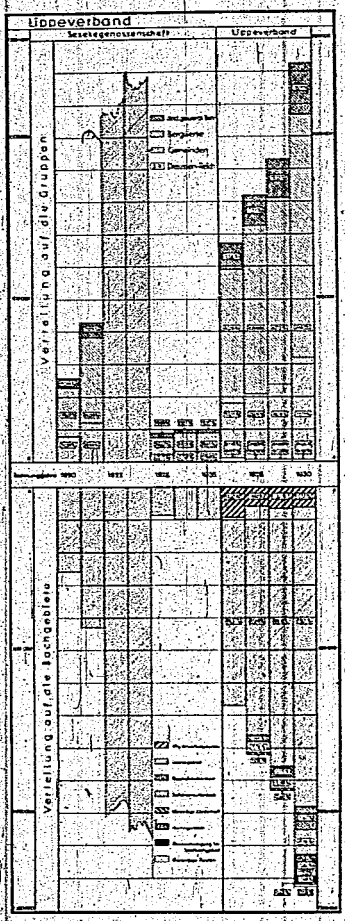
Bergwerke	mit 53,7%	auf 1 t Kohlen	Max. 10,6 Pf. Mittel 2,7 „ Min. 0,5 „
Eisen- und Stahlwerke	mit 15,5%	auf 1 t Roheisen	Max. 39,2 Pf. Mittel 9,4 „ Min. 6,1 „
Gemeinden	mit 25,4%	auf 1 Einwohner	Max. 83,2 Pf. Mittel 60,2 „ Min. 7,7 „
Andere gewerbliche Betriebe	mit $\frac{5,4\%}{100,0\%}$		

Beteiligt sind: 105 Bergwerke, 45 Eisen- und Stahlwerke und andere gewerbliche Betriebe, 24 Gemeinden und 13 Wasserwerke (Abb. 16 und 17).

2. Lippeverband

Die Veranlagung des Lippeverbands schließt sich in den Grundsätzen eng an diejenige der Emschergenossenschaft an. Nur war es bei ihm nicht möglich, das ganze Gebiet als ein einheitliches Entwässerungssystem aufzufassen, da die Lippe selbst nicht ausgebaut ist und in absehbarer Zeit auch nicht ausgebaut werden wird und die übrigen regulierten Wasserläufe zerstreut im ganzen Lippegebiet liegen. Bei ihnen können innere Zusammenhänge, wie sie im Emschergebiet vorhanden sind, nicht vorausgesetzt werden. Deshalb sind einzelne Interessengebiete gebildet worden, und zwar solche, die an sich homogene Verhältnisse haben, ähnlich also, wie es im Emschergebiet im ganzen der Fall ist. Der Umstand, daß mit den Kläranlagen des gesamten Gebiets erreicht werden soll, daß in der Lippe selbst ein Reinheitsgrad verbleibt, der die Nutzung des Wassers für landwirtschaftliche und industrielle Zwecke ermöglicht, und daß es an sich gleichgültig ist, an welchen Stellen soviel Schmutz herausgefangen wird, daß dieser Reinheitsgrad gesichert ist, hat zur Folge, daß bei Kläranlagen sämtliche Schmutzwassererzeuger mit 25% der im Einzelfall entstehenden Kosten, mit 75% die an die Kläranlagen Angeschlossenen herangezogen werden. Über das Normalmaß hinausgehende, durch einzelne verschuldete Aufwendungen müssen von diesen in voller Höhe getragen werden.

Auch für den Lippeverband zeigen die Abb. 18a und 18b die Entwicklung seit dem ersten Jahr der Veranlagung.



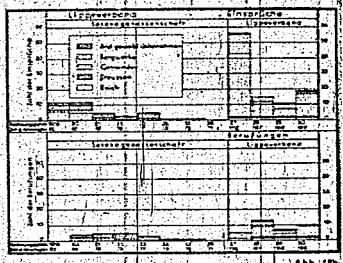


Abb. 18b.
Einsprüche und Berufungen gegen die Veranlagung des Lippeverbands.

TECHNISCHE LÖSUNG

Allgemeines

Wenn man vor die Aufgabe gestellt wird, in einem Bezirk die Vorflut- und Abwasserfrage zu lösen, hat man zunächst festzustellen, welchen Aufgaben die Wasserläufe künftig zu dienen haben. Sie werden genutzt von der Landwirtschaft zur Berieselung von Wiesen und zum Tränken des Viehes, Überflutungen wirken düngend auf das Gelände; die Industrie nützt das Wasser für Kühlzwecke und zur Kesselspeisung; das Gefälle wird ausgenutzt zur Erzeugung von Energie; Haushaltungen brauchen das Wasser zum Waschen; im Kleingewerbe findet es vielseitige Verwendung, und schließlich wird das Wasser noch nach entsprechender Vorbehandlung in seinem edelsten Zweck als Trinkwasser verwendet. Dazu kommt noch Fischerei und bei großen Wasserläufen Schiffahrt. Eine Aufgabe ist allen natürlichen Wasserläufen außerdem noch gemein, die Abführung und Unschädlichmachung der ihnen bei Niederschlägen aus dem Entwässerungsgebiet zugeführten Abschwemmungen und des künstlich zugeleiteten Abwassers. In von Siedlungen und Industrie nur wenig in Anspruch genommenen Gegenden kann jeder

Abb. 18a. Genossenschaftsbeiträge des Lippeverbands.

Wasserlauf diese letztere Aufgabe ohne weiteres erfüllen, und auch bei Vorhandensein von Siedlungen und Industrie in verhältnismäßig geringem Umfang wird der Vorfluter, zumal die Möglichkeit besteht, den anfallenden Schmutz durch Kläranlagen herauszufangen, in dieser Beziehung nicht versagen. Wird aber die Menge des Schmutzes durch Besiedlung oder Industrialisierung einer Gegend im Verhältnis zu der für dessen Fortführung zur Verfügung stehenden Wassermenge immer größer, so werden allmählich die oben geschilderten Nutzungsmöglichkeiten eines Wasserlaufs immer geringer, ihre Aufrechterhaltung wenigstens immer schwieriger und unwirtschaftlicher werden, immer mehr wird der Wasserlauf zu einem Abwasserkanal werden. So werden Wasserläufe in ganz von Siedlungen überzogenen Gebieten zu Hauptsammlern der Gemeinden; sie werden überdeckt; ihr Wasser dient nur noch dazu, den im Siedlungsgebiet anfallenden Schmutz fortzuschwemmen, und erst da, wo der Hauptsammler das Gebiet der Siedlung verläßt, wird zu prüfen sein, wie mit wirtschaftlichen Mitteln durch Herstellung einer Kläranlage Nutzung im weiteren Lauf des Wassers erreicht werden kann. So wird man bei Wasserläufen vom klaren Gebirgsbach bis zum Hauptsammler einer Stadt für sämtliche Stadien Beispiele finden können.

Eine Mittelstellung zwischen freiem Gelände und einem Gebiet, das zur Stadt geworden ist, nimmt — als Ganzes gesehen — ein Industriegebiet ein, d. h. ein Gebiet, in dem zwar noch freie Flächen liegen, landwirtschaftlich genutztes Gelände vorhanden ist, in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung aber Industrie und Siedlung überwiegen. Die Beeinflussung der Vorflut durch Abwasser hängt hier davon ab, ob das ganze Niederschlagsgebiet industriell entwickelt ist oder ob ihm Wasserläufe zur Verfügung stehen, die aus Gegenden gespeist werden, die von Industrie und Siedlungen in übernormaler Weise noch nicht in Anspruch genommen sind. Gebiete der zuerst genannten Art gleichen großen, sehr weitläufig bebauten Städten; die Wasserläufe selbst bekommen einen Charakter, der in der Mitte liegt zwischen einem reinen Wasserlauf und einem Abwasserkanal. Den Grad der Inanspruchnahme der Wasserläufe eines derartigen Gebiets durch Abwasser kann man an der spezifischen Verschmutzung messen, d. h. an der Größe der Abwasser liefernden Industrie und Bebauung im Verhältnis zu der Flächengröße des für die Vorflut in Frage kommenden Niederschlagsgebiets, letzteres als Maßstab für die zur Verfügung stehenden Wassermengen.

Aus den Darstellungen Abb. 19, 20a und 20b geht die Verschiedenheit der Verhältnisse im Emscher- und Lippegebiet[11] hervor. Während im Emschergebiet ganz allgemein die Belastung schon so ist, daß man nicht damit rechnen kann, durch Klärung die Wasserläufe als Naturwasserläufe mit irgendwelchen Nutzungsmöglichkeiten zu erhalten, liegen die Verhältnisse im Lippegebiet insofern anders, als hier nur einzelne Bachgebiete von Industrie und Siedlungen schon so belegt sind wie im Emschergebiet. Wo dies der Fall ist, hat bei beiden die Lösung der Vorflut- und Abwasserfrage gleich auszusehen, wo dies nicht der Fall ist, wo insbesondere auch Trinkwasserversorgung in Frage kommt, müssen im Lippegebiet die Ansprüche an den Reinheitsgrad bis auf das äußerste Maß gesteigert werden. Für Gebiete, in denen Wasserläufe in erster Linie als Abwasserkanäle auszubauen sind, ist die technische Lösung der Ausbau mit glatten Wandungen und gutem Gefälle. Die Rücksichtnahme auf die Vorflut verlangt Begradigung und Tieferlegung, die Rücksicht auf die ankommenden Wassermengen — will man Überschwemmungen vermeiden — eine entsprechend große Ausbildung des Profils.

Die Bestimmung der Wassermengen setzt die Kenntnis der Niederschlags- und Abflußverhältnisse und der durch die Regulierung und die zunehmende Bebauung einerseits und durch die infolge des Kohlenabbaus andererseits zu erwartenden Änderungen im Abfluß

[11] Helbing, Wasser und Abwasser im rheinisch-westfälischen Industriegebiet mit besonderer Berücksichtigung der Emschergenossenschaft und des Lippeverbands. Kleine Mitteilungen des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 1927, Beiheft 5.

voraus. Von der Wassermenge hängt ab das Mindestmaß der Querschnitte der künstlichen Wasserläufe, deren Leistungsfähigkeit wiederum durch die Querschnittsform und die Auskleidung des Bachlaufs bedingt ist. Die Beziehungen zwischen Wassermenge, Querschnittsform, Wassertiefe, Gefälle und Rauhigkeit der Wandungen drückt sich aus in der Formel über die Wasserbewegung in offenen Kanälen. Für offene Abwasserkanäle ist die untere Grenze des Gefälles durch die Forderung festgelegt, daß Schlamm nicht liegen bleiben darf, die obere durch die, daß einmal der Angriff des Wassers bei starken Anschwellungen nicht zu groß wird, daß das Bachbett zerstört wird, zum andern dadurch, daß nach Eintritt von Bodensenkungen mit einfachen und billigen Mitteln durch teilweise Vertiefung der Sohle das geschwächte Gefälle wieder verbessert werden kann. Dies wird dadurch erreicht, daß mit dem Gefälle sparsam umgegangen wird durch Einschaltung von Gefällestufen, sogenannten Absturzbauwerken.

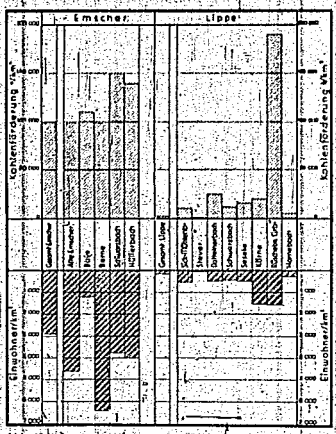


Abb. 19. Kohlenförderung und Einwohnerzahlen je Quadratkilometer im Emscher- und Lippegebiet.

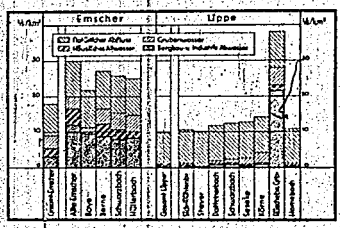


Abb. 20a. Inanspruchnahme der Wasserläufe im Emscher- und Lippegebiet bei M. W.

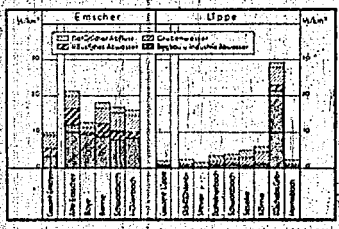


Abb. 20b. Inanspruchnahme der Wasserläufe im Emscher- und Lippegebiet bei N. W.

Wenn das Wasser durch Pumpwerke gehoben werden muß, ist zur Bestimmung der Abmessung der Pumpen notwendig die Kenntnis nicht nur der Größe des Normal- und außergewöhnlichen Zuflusses, sondern auch der Verlauf der Flutkurve bei verschiedenen Regen, ferner die Häufigkeit der Wassermengen. Die Pumpensätze sind so aufzuteilen, daß für die bei Normalzufluß, also ständig, laufenden Pumpen bei Betriebsstörungen oder Verschleiß gleich große Reserven vorhanden sind und daß die größeren Pumpensätze so abgestuft sind, daß sie, der Häufigkeit der Wassermengen entsprechend, möglichst wirtschaftlich genutzt werden können.

Die Abmessungen der den Pumpen vorzuschaltenden Rückhaltebecken richten sich einmal danach, ob Platz genügend und preiswert zu bekommen ist, zum andern nach der Art der Bebauung des Zuflußgebiets. Die Abb. 21

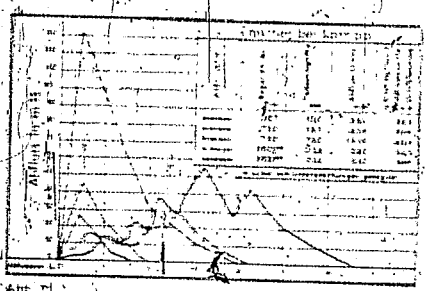


Abb. 21
Flutkurven der Emscher.

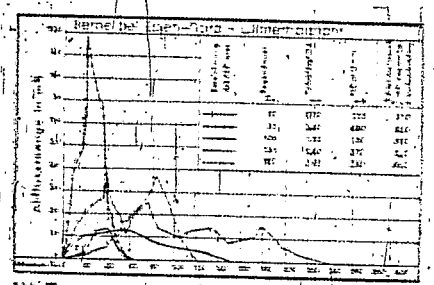


Abb. 22a
Flutkurven der Berne bei der Kläranlage Essen-Nord im Winterhalbjahr.

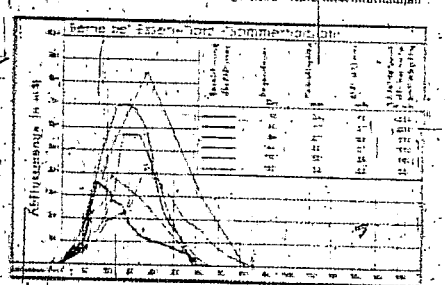


Abb. 22b
Flutkurven der Berne bei der Kläranlage Essen-Nord im Sommerhalbjahr.

zeigt Abflußbilder der Emscher als Beispiel für ein Abflußgebiet mit offenen Abwasserkanälen und verhältnismäßig weitläufiger Bebauung. Abb. 22a und 22b zeigen Flutkurven für den Berne-Oberlauf, ein dicht bebautes Gebiet mit geschlossenen Kanälen. Die bei verschiedenen Regenfällen festgestellten Abflußbeiwerte, d. h. wieviel Prozent des Niederschlags im ganzen zum Abfluß kommt, sind aus den Tabellen zu ersehen. Daraus geht hervor, daß bei durchschnittlichen Verhältnissen der Abflußbeiwert 0,25 bis 0,40 für weitläufig bebaute Gebiete, für dicht bebaute Gebiete, wie das der Berne, 0,20 bis 0,75 beträgt.

Vorflutregelung

Vorfluter mit natürlichem Gefälle

Der Middeldorfsche Entwurf für die Vorflutregelung im Emschergebiet stützt sich auf eingehende Untersuchungen über Niederschlags- und Abflußverhältnisse[1], über die bereits in der Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft" berichtet worden ist. Daraus ergaben sich die in den einzelnen Sammelgebieten zu erwartenden Normal- und Höchstwassermengen. Gefunden wurden wichtige Beziehungen zwischen der Regenstärke und der Regenfläche und die Abhängigkeit der Regenstärke von der Regendauer; ferner die Verteilung der Niederschläge auf die einzelnen Monate und auf Sommer und Winter. Der Berechnung der Emscherquerschnitte wurden nach den Niederschlags- und Abflußbeobachtungen die in der Tabelle 1 angegebenen Zahlen zugrunde gelegt. Die Niederschlags- und Abflußverhältnisse sind seitdem im Emschergebiet dauernd verfolgt und ihre Beobachtung ist nach Übernahme der Geschäftsführung des Lippeverbands auch auf das Lippegebiet ausgedehnt worden. Im Emschergebiet werden die Regenbeobachtungen von 20 Stationen, davon 9 mit selbstzeichnenden Regenschreibern, im Lippegebiet von 11 Stationen, davon 4 mit selbstzeichnenden Regenschreibern, ausgewertet, außerdem die von 33 Randstationen des Ruhr-, Wesel-, Ems- und Rheingebiets. Das höchste Hochwasser der Emscher ist im August 1917 abgeflossen. Die Niederschlagsmenge betrug 73 mm innerhalb 12 Stunden. Die entsprechenden Abflußzahlen sind in der Tabelle 1 eingetragen. Im allgemeinen hat

[1] von Bülow, Niederschlag und Abfluß im Emschergebiet.

Tabelle 1: Abflußzahlen der Emscher.

Gebietsgröße km²	Nach dem Entwurf Middeldorf l/s/km²	Hochwasser 1. Aug. 1917 l/s/km²
26	—	400
100	700	270
230	475	250
784	225	225

sich gezeigt, daß man zur Berechnung der höchsten Abflußmenge nicht feste Abflußzahlen je nach der Gebietsgröße benutzen kann, sondern daß man je nach der Gestalt des Gebiets und nach seiner Bebauung veränderliche Abflußzahlen und auch mit der Regendauer veränderliche Regenstärken zugrunde legen muß. In der Regel entstehen die höchsten Hochwassermengen in kleinen Gebieten bei sommerlichen Sturzregen, in großen Gebieten bei lang anhaltenden Winterregen. Da aber nach Beobachtungen im Emschergebiet und in benachbarten Gebieten bei Winterregen hohe Abflußbeiwerte, bei Sommerregen dagegen niedrigere festgestellt wurden, die mit der Dauer des Regens zunahmen, so sind der Berechnung der Abflußmenge auch mit der Regendauer und der Jahreszeit veränderliche Abflußbeiwerte zugrunde zu legen.

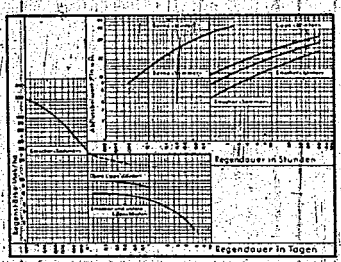


Abb. 23.
Regenstärken und Abflußbeiwerte bei verschiedener Regendauer.

Die Bebauungsdichte ist dabei aber nur bei kleinen Gebieten von wesentlichem Einfluß auf den Abflußbeiwert, nicht aber bei großen Gebieten, denn die Lippe hat z. B. bei gleicher Regendauer noch etwas größere Abflußbeiwerte als die Emscher, obwohl im Emschergebiet 2800 Einwohner/km² wohnen, im Lippegebiet nur 165 (Abb. 23).

Zur Ermittlung der Querschnitte der Emscher wurde die bekannte Abflußformel von Gangullet-Kutter benutzt mit dem Rauhigkeitsbeiwert n = 0,025. Als vor einigen Jahren der Plan, den Unterlauf der Emscher nochmals weiter nach Norden zu verlegen, bearbeitet wurde, wovon noch später die Rede sein wird, entstand die wirtschaftlich bedeutungsvolle Frage, ob der neue Querschnitt nach der Gangüillet-Kutterschen Formel bemessen werden sollte oder nach einer der neueren Formeln. Bei den Abmessungen und der großen Länge des neuen Flußbetts beeinflußt die richtige Wahl des Querschnitts die Baukosten in erheblichem Maße sowohl wegen der Aushubmassen und der Brückenspannweiten als auch wegen des Umfangs des Grunderwerbs.

Da die Emschergenossenschaft an den im großen und ganzen gleichartig und sehr regelmäßig ausgebauten Wasserläufen ihres Gebiets von insgesamt etwa 320 km Länge im Laufe der Jahre zahlreiche Beobachtungen über den Wasserabfluß[13] gesammelt hat, wurde von Regierungsbaumeister a. D. Carp versucht, aus diesem umfangreichen Material das Abflußgesetz für den neuen Emscherquerschnitt abzuleiten. Eine Veröffentlichung hierüber steht in Aussicht. Bei den Untersuchungen wurde das Ähnlichkeitsgesetz benutzt, indem die Widerstandszahl φ der bekannten Formel $\varphi = \frac{J \cdot R}{v^2} \cdot 2g$ in Abhängigkeit von der Reynoldsschen Zahl $\mathfrak{R} = \frac{v \cdot R}{\nu}$ aufgetragen wurde, worin ν die kinematische Zähigkeit des Wassers darstellt, die von der

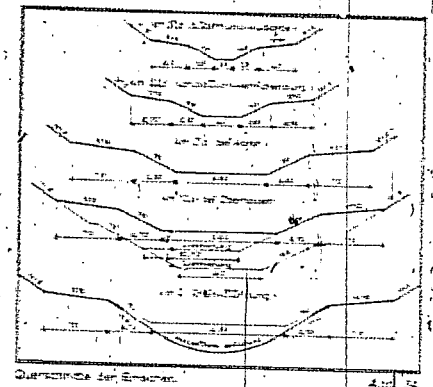
[13] von Bülow, Die Leistungsfähigkeit von Fluß-, Bach-, Werkkanal- und Rohrquerschnitten unter besonderer Berücksichtigung der von der Emschergenossenschaft in Essen zu künstlichen Wasserläufen ausgebauten Emscher und ihrer Nebenbäche, Gesundheitsingenieur 1927, Nr. 14 und 15.

Temperatur und Dichte des Wassers bestimmt wird.

Düsseldorf war bei der Querschnittsausbildung von folgenden Erwägungen ausgegangen: Die Niedrig- und Mittelwassermengen sollten in der Emscher möglichst geschlossen und mit guter Geschwindigkeit abgeführt werden, damit die Abwässer keine Gelegenheit haben, Schlamm abzulagern. Für den unteren Teil wurde ein trapezartiger Querschnitt gewählt. Zur Abführung der Hoch- und Höchstwassermengen war der Querschnitt durch Bermen verbreitert. Dadurch sollte eine möglichst niedrige Lage der Hochfluten erreicht, Rückstau in den Nebenbächen und ein Ansteigen des Grundwasserstandes beiderseits der Emscher bei länger andauernden Hochwässern vermieden und schließlich die für die Kläranlagen notwendige Vorflut möglichst wenig gestört werden. Ein wesentlicher Vorteil dieser Querschnittsausbildung wurde darin erblickt, daß bei eintretenden Senkungen die etwa streckenweise notwendigen Vertiefungen mit wenig Kosten unter Beseitigung der Bermen ausgeführt werden konnten (Abb. 24).

Nach den inzwischen gesammelten Erfahrungen[14] waren die eben angeführten Gründe nur teilweise zutreffend. Statt des Abtrags der Bermen mußten diese kilometerweise wieder aufgehöht werden, da sie fast ständig infolge der eintretenden Senkungen unter Wasser standen und Anlaß zu Schlammablagerungen gaben. Wo die Emscher zur Verbesserung der Vorflut vertieft werden mußte, genügte es, die Sohle muldenförmig auszubaggern und dabei die frühere Böschungsneigung von 1:2 auf 1:1,5 zu bringen. Im allgemeinen hat sich als zweckmäßig erwiesen, den ganzen Flußquerschnitt möglichst eng zusammenzufassen und auf Bermen zu verzichten, da auch für die Hochwasserabführung die durch Bermen geschaffene Querschnittsverbreiterung das Abführungsvermögen nur wenig steigerte, wie bereits in der Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft" nachgewiesen. Die dadurch erleichterten

[14] Halbig und von Bülow, Neuere Gesichtspunkte bei der Durchführung der Vorflutregulierung im Emschergebiet, Wasserkraft und Wasserwirtschaft, 1931, Heft 8.



Querschnitte der Emscher.

Aus [illegible]

Ersparnisse an Erdarbeiten und Grunderwerb werden besser für den Erwerb von Geländestreifen seitlich des Wasserlaufs für spätere Errichtung von Hochwasserdeichen, die wegen der Bodensenkungen notwendig werden, abgelegt.

Vorzüglich bewährt hat sich der in der Denkschrift ausführlich beschriebene Ausbau der Bachläufe zu offenen Abwasserkanälen[15], d. h. die Schaffung glatter Wandungen durch Auskleidung mit im allgemeinen fabrikmäßig hergestellten Betonplatten (Abb. 25). Ablagerungen auf der Sohle konnten auf diese Weise bei entsprechender Wahl des Gefälles mit Sicherheit vermieden werden. Anfängliche hygienische und ästhetische Bedenken gegen die offene Führung erwiesen sich als unbegründet, da durch Einfassung der Bachstrecken mit Zäunen und Hecken das Betreten der genossenschaftlichen Anlagen durch Unbefugte verhindert werden kann. In den ersten Jahren wurde ein Dreiecksprofil mit einer Böschungsneigung von 1:1,5 gewählt. Doch zeigte sich hierbei, daß sich in Kehle des

[15] Siehe auch: Vorflutregelung im unteren und mittleren Emschergebiet.
Drese, Die Vorflutregelung im oberen Emschergebiet.
Stechow, Ausmündung von offenen Abwasserkanälen. Bautechnik 1927, Heft 29 und 30.
Drese, Die Sanierung des östlichen mittleren Emschergebiets. Wasserkraft und Wasserwirtschaft 1927, Heft [illegible].

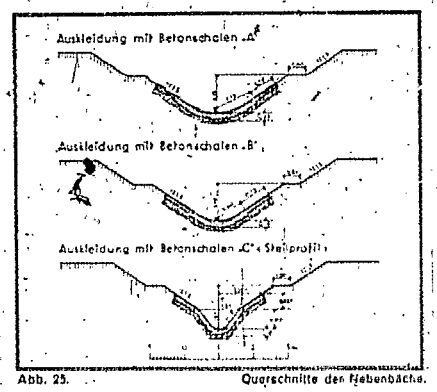


Abb. 25. Querschnitte der Hebenbäche.

gewöhnlichen Wasserstands Schlammwulste bildeten, die bei Hochwasser fortgerissen wurden und große Teile der darüber liegenden Erdmassen mitnahmen. Die Wiederherstellung und auch die zur Vermeidung dieser Schäden durchgeführte Beseitigung der Schlammwulste war besonders kostspielig. Dazu kam, daß sich der Wasserspiegel bei Eintritt von Bodensenkungen stark verbreiterte, so daß die Schleppkraft auch bei höheren Wasserständen nicht mehr ausreichte, das Ausscheiden von Schlamm zu verhindern. Das Bestreben der Genossenschaft ging deshalb dahin, steilere Böschungen als 1 : 1,5 anzuwenden, zumal sich dann auch, was besonders bei großen Einschnittstiefen eine Rolle spielte, erheblich an Erdaushub und entsprechendem Grunderwerb sparen ließ. Die idealste Begrenzung des Querschnitts würde die senkrechte gewesen sein. Eine derartige Ausbildung scheiterte aber im allgemeinen an den hohen Kosten. Sie wurde nur dort ausgeführt, wo mit Rücksicht auf seitliche Bebauung eine andere Begrenzung nicht möglich oder noch teurer war. Auch die Ausführung steilerer Böschungen mit Hilfe eines gemauerten Querschnitts ergab hohe Kosten, war dazu nur vorteilhaft, wenn man späterhin den Wasserspiegel heben wollte, dagegen sehr hinderlich, wollte man ihn senken. Auch rückwärtige Verankerung der Platten im Erdreich der Böschungen erwies sich als unwirtschaftlich. Schließlich wurde durch Einlegen von Rundeisen in schon bei der Herstellung der Platten ausgesparte seitliche Schlitze die lang gesuchte Lösung gefunden. Die Rundeisen, in den Schlitzen mit hochwertigem Zementmörtel vergossen, verbinden Sohlschalen und Seitenplatten fest miteinander. Die Ersparnisse, die sich gegenüber der früher üblichen schwächeren Neigung ergeben, gehen bis zu 15% der gesamten Kosten des Bachausbaues. In letzter Zeit ist sowohl bei der Emschergenossenschaft als auch beim Lippeverband das steilere Profil, das sich besonders zur Verlegung bei schlechtem Untergrund eignet, immer mehr zur Durchführung gekommen (Abb. 26 bis 29).

Um in jedem Fall das zweckmäßigste Gefälle der auszubauenden Wasserläufe zu bestimmen, wurde die höchst zulässige Schleppkraft (S_h) und die kleinste (S_0) an einer Reihe von

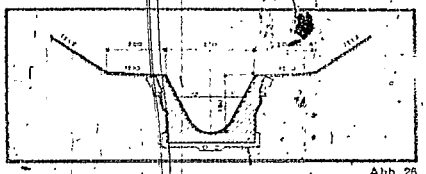


Abb. 26.
Gemauerter Abwasserkanal mit steilen Böschungen (Querschnitt).

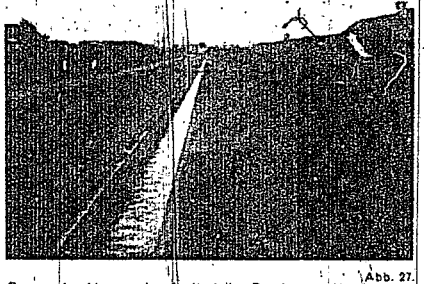


Abb. 27.
Gemauerter Abwasserkanal mit steilen Böschungen (Ausführung).

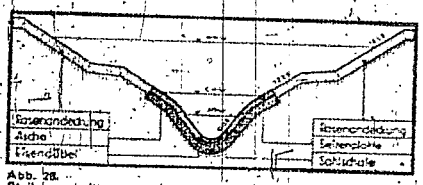


Abb. 28.
Steilquerschnitt aus Betonformsteinen, durch Eisenbügel versteift.

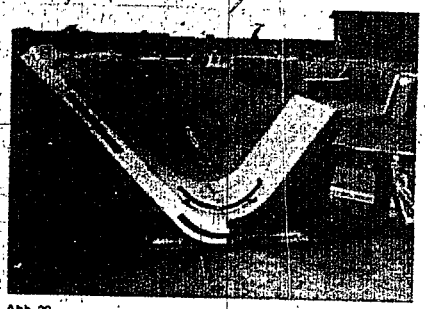


Abb. 29.
Betonformsteine des Steilquerschnitts mit den Aussparungen für das Einbetonieren der Eisenbügel.

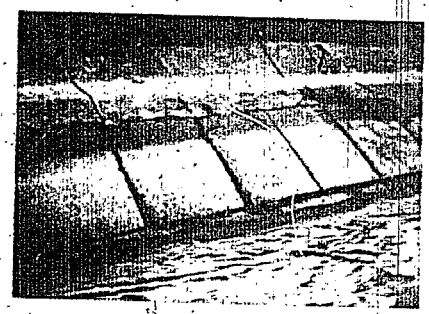


Abb. 30.
Lagenänderung von Betonplatten bei zu großer Schleppkraft.

ausgebauten Wasserläufen festgestellt. Anhalt boten hierfür einmal Zerstörungen, vor allem kenntlich an der Verlagerung der Platten, zum andern die Schlammablagerungen bei verschiedenen Wassermengen und verschiedenem Gefälle (Abb. 30 und 31). Aus den Beobachtungen an den Wasserläufen ergaben sich die Grenzwerte S_o = 0,25 kg/m² und S_u = 2,5 kg/m². Die für verschiedene Profile maßgebenden Werte wurden in einzelnen Darstellungen aufgetragen. Zum Beispiel ermöglicht die Abb. 32 das Ablesen des zulässigen Gefälles bei einem Normalprofil für eine gegebene Wassermenge.

Wo das Gefälle zu groß ist, sind Gefällstufen (Absturzbauwerke), in denen die Energie des Wassers vernichtet wird, oder sonstige bauliche Maßnahmen erforderlich. Absturzbauwerke müssen sich leicht abtragen lassen, um Gefällverbesserungen bei Bodensenkungen erreichen zu können, und außerdem so eingerichtet sein, daß sich Schlamm im Bauwerk selbst nicht ablagern kann. Die in den ersten Jahren in der Regel mit senkrechtem und auch bei Niedrigwasser gefülltem Fallkessel ausgebildeten Abstürze erfüllen nicht alle Bedingungen (Abb. 33), ebenso wenig Absturzbauwerke mit nur bei Hochwasser gefülltem Fallkessel (Abb. 34). Das Niedrig- und Mittelwasser konnte zwar durch eine Soolrinne glatt abgeführt werden, doch wurden Zerstörungen unterhalb des Bachbettes bei hohen Wasserständen nicht ganz vermieden. In den letzten Jahren wurde die vorgenannte Ausführung

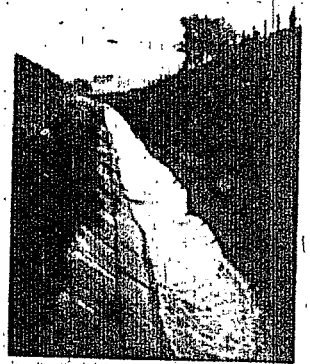


Abb. 31:
Ungleiche Wasserspiegelbreite infolge der Verlagerung der Betonplatten bei zu großer Schleppkraft.

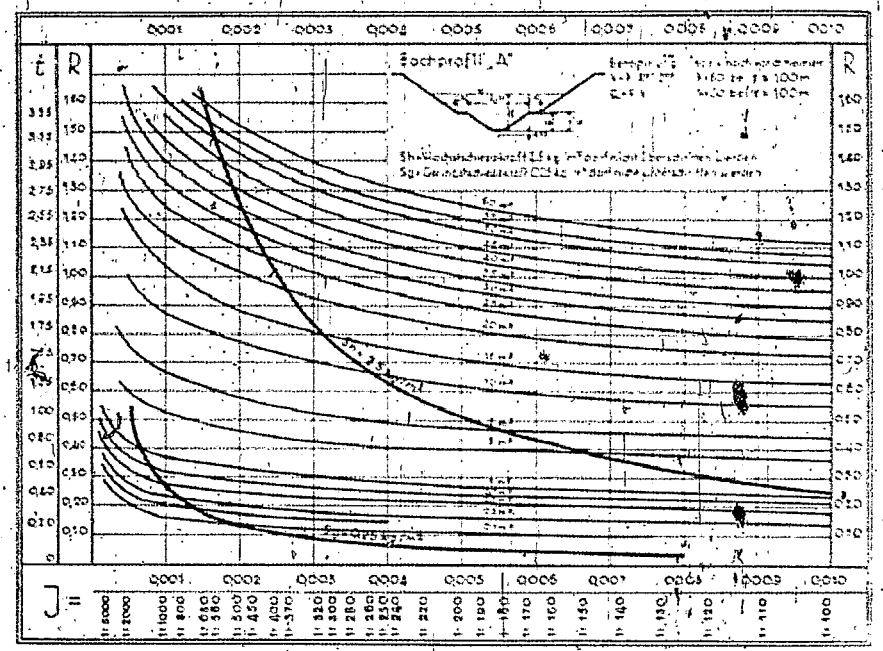


Abb. 32.
Tafel zur Bestimmung des größten oder kleinsten zulässigen Gefälles mit Rücksicht auf die Schleppkraft
Beispiel: Ist $Q_{min.}$ ... l/s mit t_r ... so muß bei S_g ... kg/m³ mit $J_{max.}$ ... ‰ sein, Q_{max} darf bei ... l/s mit ... ‰ noch ... sein

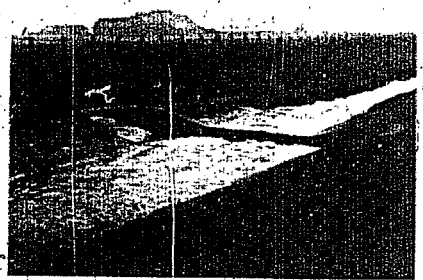


Abb. 33.
Veraltete Bauweise eines Schlenenabsturzes mit auch bei Niedrigwasser gefülltem Fallkessel

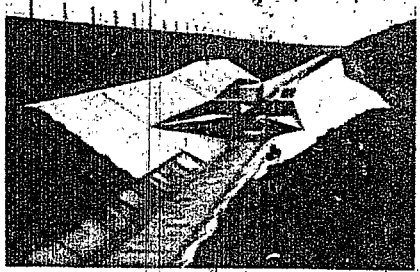


Abb. 34.
Schienenabsturzbau, wenn [illegible] Spülkraft [illegible] nur bei Hochwasser gefülltem Fallkessel

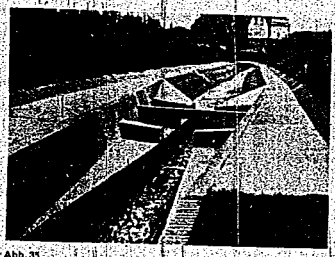
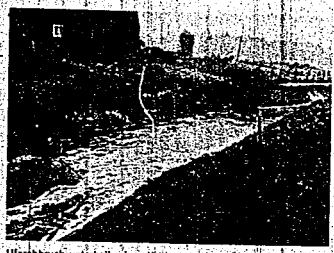


Abb. 35.
Schienabsturzbauwerk mit Spülschützen und nur bei Hochwasser gefülltem Fallkessel, jedoch mit Stoßbalken zur Energievernichtung bei Hochwasser.



Uferabbruch unterhalb einer Kaskade. Abb. 33.

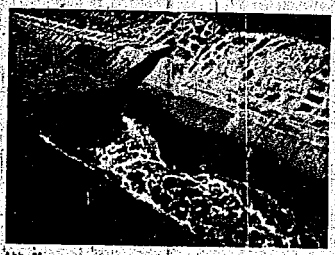


Abb. 36. Schienabsturz ohne Fallkessel.

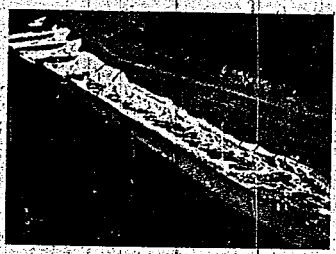


Abb. 37. Kaskade.

dadurch verbessert, daß Querbalken im Fallkessel angeordnet wurden (Abb. 35), wodurch es gelang, die Wasserenergie zu vernichten. Unbefriedigend war auch der senkrechte Absturz ohne Fallkessel oder bei größeren Absturzhöhen die Kaskade, die besonders in den ersten Jahren bei dem Ausbau der Nebenbäche vielfach zur Ausführung gekommen ist (Abb. 36 und 37). Beide Ausbildungen verursachten bei Hochwasser, da die Bewegungsenergie nicht vernichtet wurde, umfangreiche Zerstörungen (Abb. 38). Eine überraschend einfache, erheblich billigere und in ihrer Wirkung sichere Lösung brachten Modellversuche von Regierungsbaumeister a. D. Ramshorn auf einer Versuchsstrecke von 7,50 m Länge[16]. Das Ergebnis der für alle Arten von Absturzbauwerken für die verschiedensten Wassermengen durchgeführten Versuche war, daß es gelingt, durch Eisenbeton-Querbalken im Abflußprofil sowohl bei Abstürzen als auch bei Kaskaden und Steilgefälle die Wasserenergie in einem Maße zu vernichten, daß keine Zerstörungen mehr zu befürchten sind (Abb. 39 bis 42).

Bei der Durchführung der Regulierung waren, wie schon erwähnt, zahlreiche Brücken neu zu errichten. Nur selten ist es möglich, beim

[16] Ramshorn, Die Energievernichtung bei Abstürzen und Schußstrecken in offenen, mit Betonplatten ausgekleideten Abwasserkanälen unter Berücksichtigung der besonderen Verhältnisse bei der Emschergenossenschaft in Essen — Dissertation 1931.

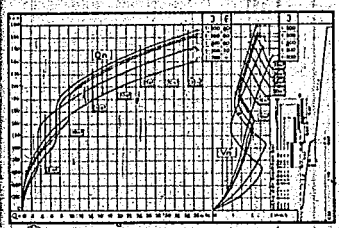


Abb. 39.
Ergebnisse der Modellversuche über Herabminderung der Geschwindigkeit durch „Wasserbremsen" bei verschiedenen Gefällen und Vergleich mit den Geschwindigkeiten des ungebremsten Abflusses bei $J = 1:700$.

Absturzhöhe	1m	2m	3m	1m	2m	3m
	Entfernung vom Absturz			Abmessungen		
Rückstaubremse	10	0	0			
1. Doppelbremse	34	39	50			
2. Doppelbremse	—	74	102 bei 27			
Beruhigungsbremse	102	142	164			

Abb. 40.
Anordnung und Abmessungen der „Wasserbremsen" bei verschieden hohen Absturzbauwerken.

Abb. 41.
Schußstrecke mit nachträglich eingebauten „Wasserbremsen".

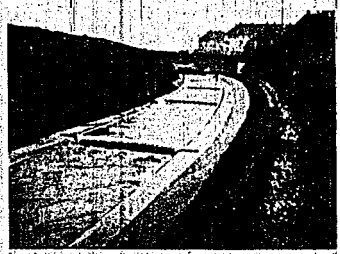


Abb. 42.
Wirkung der „Wasserbremsen" in der Schußstrecke bei H.W.

Entwurf frühere Bauausführungen den neuen zugrunde zu legen, da die zu stellenden Bedingungen in den meisten Fällen verschieden sind. Um an Kosten zu sparen, haben Emschergenossenschaft und Lippeverband von Privatdozent Dr. Craemer, Frankfurt, im Benehmen mit Dr. von Bülow von der Emschergenossenschaft Nomogramme und Zahlentafeln zur Bemessung von Stützmauern und Widerlagern von Balkenbrücken, ferner Nomogramme zur unmittelbaren Bemessung von rippenlosen Eisenbetonfahrbahnplatten und Plattenbalkenfahrbahnen aufstellen lassen. Mit Hilfe dieser Tabellen und Tafeln ist es möglich, für Bodenpressungen von 2 bzw. 3 kg/cm² ohne Berechnung die in Abb. 43 eingetragenen Hauptabmessungen von Stützmauern h, a, b und s, Widerlagern h, a und s und Brückenfahrbahnen d, h, b, c und f, abzulesen, wenn die Spannweite l, der Lastenzug P oder G und die Überschüttung ü des Bauwerks gegeben sind[17].

Die in der Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft" bereits enthaltenen Zahlentafeln zur günstigsten Formgebung gewölbter Brücken und Durchlässe sind von Dr. von Bülow erweitert worden, so daß auch rings

[17] Craemer, Tafeln zur Bemessung von Stützmauern und von Widerlagern für Balkenbrücken, Zentralblatt der Bauverwaltung, 1930, Nr. 49.
Craemer, Nomogramme zur unmittelbaren Bemessung rippenloser Eisenbetonfahrbahnplatten, -fußwege und -durchlässe, Der Bauingenieur, 1930, Heft 37.
Craemer, Nomogramm zur unmittelbaren Bemessung von Plattenbalkenstraßenbrücken in Eisenbeton, Der Bauingenieur, 1931, Heft 16.

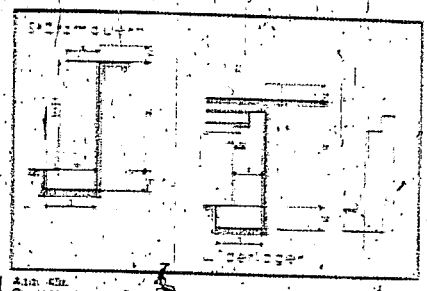


Abb. 43.
Querschnitte von Stützmauern und Widerlagern.

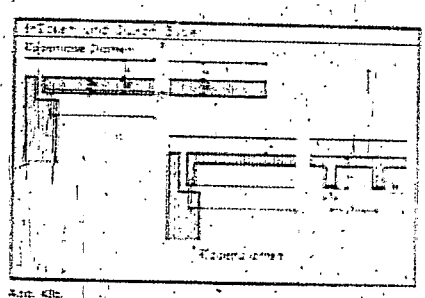


Abb. 44a.
Schnitte durch Plattendecken für Einstieg und Durchlässe.

geschlossene Durchlässe bei verschiedener Überschüttungshöhe und verschieden großem Erddruck schnell entworfen werden können (Abb. 44 und 45)[1].

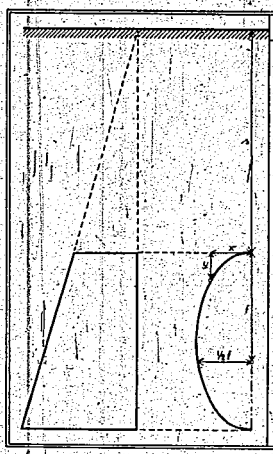
Vorbedingung für jeden Brückenentwurf ist die Bestimmung der Lichtweite, die für die im Emscher- und Lippegebiet ausgeführten Bachregulierungen bei verschiedenen Querschnittsausbildungen aus Abb. 46 zu entnehmen ist. Dargestellt ist die Lichtweite in Abhängigkeit von der abzuführenden Wassermenge, da im allgemeinen die Breite des Querschnitts mit der Wassermenge wächst.

Der Bestand der Betonbauwerke wird im In-

dustriegebiet gefährdet durch aggressive Wässer, die vorzugsweise aus Schlacken und Zechenhalden stammen, die schwefelhaltige Stoffe enthalten, die durch Regen ausgelaugt werden und so ins Grundwasser gelangen. Da die Bauwerke infolge ungleichmäßiger Setzens durch Bodensenkungen Risse erhalten können, sind diese Absonderungen und schützende Umhüllungen als kalter Schutz. Weil damit Tonerdezement nachgeahmt wurde, daß er nicht angreifbar sei, haben Emschergenossenschaft und Lippeverband bei der bautechnischen Versuchsanstalt für Beton- und Eisenbeton an der Technischen Hochschule Karlsruhe unter Leitung von Professor Dr. Probst Versuche anstellen. Portlandzementbeton durch Tonerdezementputz oder durch Tonerdezement-Versatzbeton zu schützen, nachdem durch Vorversuche günstige Ergebnisse bezüglich Verbundes von Tonerdezementbeton mit Portlandzementbeton gefunden worden waren[2]. Von den mit Tonerdezement eingehüllten Portlandzementbetonkörpern wurde eine Reihe ein oder mehrere Jahre an der Luft, die anderen ganz eingetaucht in 2,5%igerMagnesium-Sulfatlösung gelagert. Ein Teil der an der Luft gelagerten Körper wurde nach 2jähriger Lagerung zersägt und in 2,5%ige Magnesium-Sulfatlösung ganz, zum teil wieder eingetaucht eingelegt. Ein nennenswerter Angriff ist bei diesen Körpern bisjetzt noch nicht zu erkennen. Die andere Reihe der in 2,5%iger Magnesium-Sulfatlösung gelagerten Körper wurden gruppenweise 1, 2 und 3 Jahre nach ihrer Lagerung zerschnitten und für weiteren Beobachtung ganz oder teilweise eingetaucht wieder in die Lösung eingelegt. Um die Zerstörungen zu beschleunigen, wurden die Körper, die 3 Jahre unzersägt in der Lösung gelegen hatten, nach dem Zersägen weitere 10 Jahre

[1] Helbing und Bach, Über Zerstörung von Betonbauwerken durch Schwefelwasser. Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft".
Helbing und von Büren, Chemische Angriffe auf Beton. Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft".
von Büren, Betonzerstörung durch aggressive Wässer und ihre Bekämpfung im Arbeitsgebiet der Emschergenossenschaft. Der Bauingenieur, 1930, Heft 8.

[2] Helbing, Versuche über das Haften von Tonerdezementmörtel auf Portlandzementbeton. Bauingenieur, 1926, Nr. 26.



y/f	f/l=0,25		f/l=0,30		f/l=0,40		f/l=0,50		f/l=0,60		f/l=0,70	
	η/f	η/y	η/f	η/y	η/f	η/y	η/f	η/y	η/f	η/y	η/f	η/y
0,01	0,103	10,30	0,090	9,00	0,083	8,30	0,079	7,90	0,077	7,70	0,076	7,60	0,075	7,50
0,02	0,144	7,20	0,126	6,30	0,116	5,80	0,110	5,50	0,108	5,40	0,107	5,35	0,105	5,25
0,03	0,178	5,90	0,156	5,15	0,143	4,73	0,135	4,50	0,133	4,40	0,131	4,37	0,130	4,33
0,04	0,209	4,95	0,177	4,43	0,163	4,08	0,155	3,88	0,152	3,80	0,151	3,78	0,150	3,75
0,05	0,221	4,42	0,197	3,94	0,183	3,64	0,173	3,45	0,170	3,40	0,169	3,38	0,168	3,36
0,06	0,240	4,00	0,214	3,57	0,198	3,30	0,186	3,15	0,186	3,10	0,184	3,07	0,183	3,05
0,08	0,273	3,41	0,243	3,08	0,227	2,84	0,217	2,71	0,213	2,66	0,211	2,64	0,210	2,63
0,10	0,300	3,00	0,271	2,71	0,252	2,53	0,241	2,41	0,237	2,37	0,235	2,35	0,234	2,34
0,15	0,353	2,35	0,323	2,16	0,302	2,01	0,290	1,93	0,285	1,90	0,283	1,89	0,281	1,87
0,20	0,393	1,97	0,363	1,82	0,343	1,71	0,328	1,65	0,324	1,62	0,321	1,61	0,320	1,60
0,30	0,451	1,50	0,423	1,41	0,403	1,34	0,388	1,29	0,383	1,28	0,380	1,27	0,378	1,26
0,40	0,490	1,23	0,464	1,16	0,444	1,11	0,431	1,08	0,429	1,07	0,426	1,06	0,423	1,06
0,50	0,518	1,03	0,493	0,99	0,475	0,95	0,461	0,93	0,458	0,92	0,455	0,91	0,454	0,91
0,60	0,538	0,89	0,513	0,85	0,496	0,83	0,486	0,81	0,481	0,80	0,479	0,80	0,477	0,80
0,70	0,550	0,79	0,525	0,75	0,509	0,73	0,500	0,71	0,496	0,71	0,494	0,71	0,493	0,70
0,80	0,557	0,69	0,532	0,66	0,518	0,64	0,507	0,63	0,504	0,63	0,503	0,63	0,502	0,63
0,90	0,562	0,58	0,537	0,57	0,521	0,57	0,507	0,56	0,505	0,56	0,504	0,56	0,504	0,56
1,00	0,560	0,50	0,540	0,50	0,520	0,50	0,500	0,50	0,500	0,50	0,500	0,50	0,500	0,50
1,10	0,446	0,41	0,498	0,45	0,479	0,46	0,465	0,44	0,457	0,44	0,455	0,45	0,455	0,44
1,20	0,370	0,31	0,418	0,35	0,444	0,37	0,430	0,38	0,425	0,39	0,424	0,39	0,420	0,39
1,30	0,135	0,10	0,330	0,25	0,392	0,30	0,413	0,33	0,414	0,35	0,410	0,34	0,413	0,34
1,40			0,117	0,08	0,308	0,22	0,370	0,28	0,389	0,28	0,388	0,28	0,384	0,28
1,50					0,140	0,09	0,280	0,19	0,334	0,22	0,341	0,23	0,350	0,23
1,60							0,138	0,09	0,253	0,16	0,285	0,18	0,272	0,17
1,70											0,071	0,04	0,133	0,08

Abb. 44. Belastungsbild gewölbter Durchlässe und Berechnungstafel.

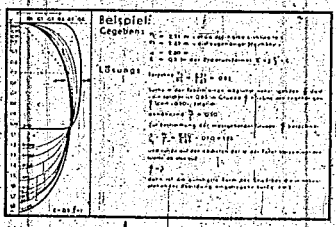


Abb. 45. Stützlinienverlauf gewölbter Durchlässe und Zahlenbeispiel.

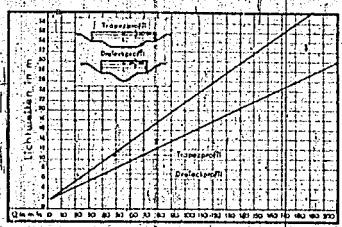
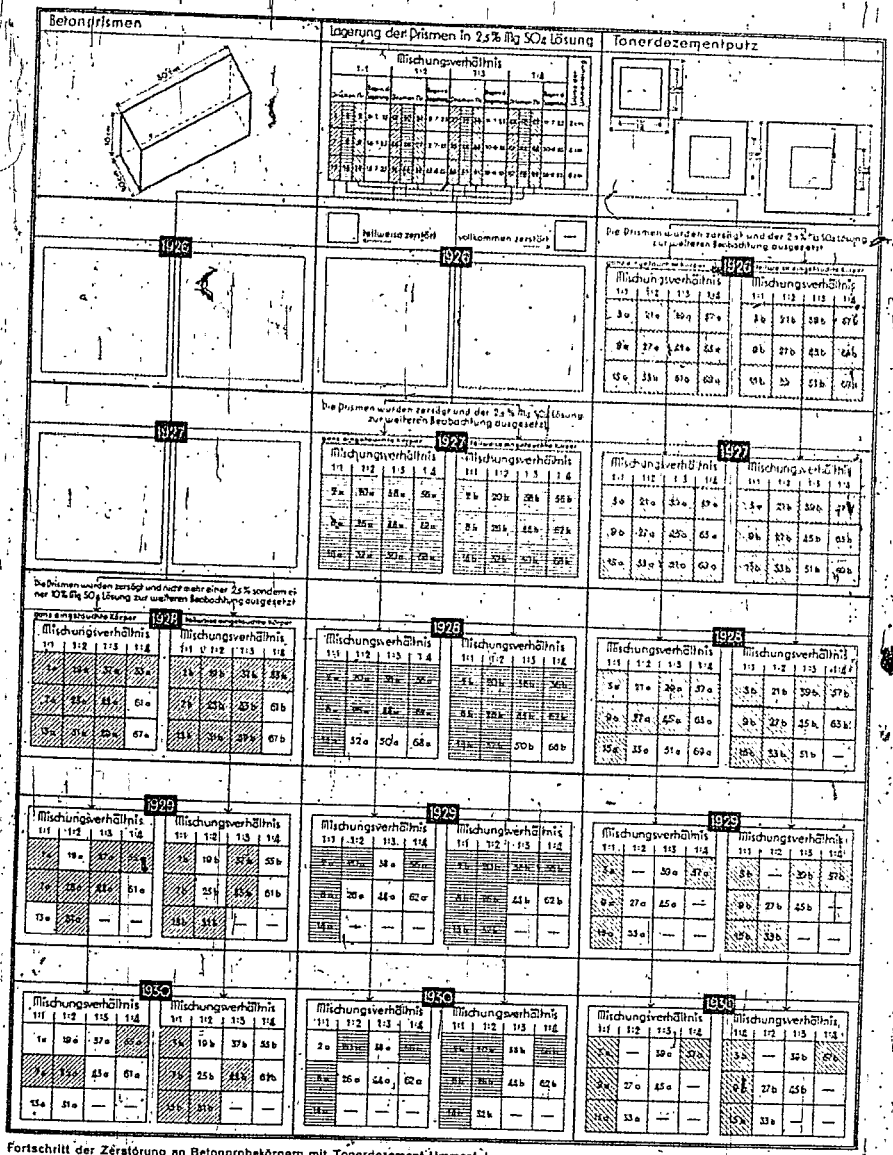


Abb. 46. Brückenlichtweite und Abflußmenge.

Magnesium-Sulfatlösung eingelagert. Das Mischungsverhältnis des Portlandzementbetonkerns beträgt 1 : 8 nach Raumteilen, das der Tonerdezementummantelung 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4. Die Abmessungen derjenigen Probekörper, die von der Herstellung an in einer Magnesium-Sulfatlösung gelagert wurden, mit ihrer verschieden starken Ummantelung und das vorläufige Ergebnis der Untersuchungen sind auf Abb. 47 dargestellt. Man erkennt, daß in der Regel von den Körpern, die die stärkste Tonerdezementummantelung erhalten haben, am ersten die im Mischungsverhältnis 1 : 4, gleichgültig ob sie ganz oder teilweise eingetaucht waren, Zerstörungen zeigen. In den Abb. 48a bis d ist die



Fortschritt der Zerstörung an Betonprobekörpern mit Tonerdezement-Ummantelung. Abb. 47.

Veränderung der Körper Nr. 19, 25, 43, 63 und 69 während der Einlagerung wiedergegeben. Über die abschließenden Untersuchungen wird demnächst eine besondere Veröffentlichung erscheinen.

Im Auftrag des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton (Moorausschuß), Berlin, und nach einem von diesem ausgearbeiteten Programm wurden Versuche an Betonwürfeln und -platten mit verschiedenen aufliegenden Betonschutzmitteln, Beimengungen, die dem Anmachewasser zugesetzt wurden, und mit verschiedenen Zementarten eingeleitet. Hierfür hat die Emschergenossenschaft Versuchsbecken, die von aggressivem Wasser aus einer Halde bei Hörde durchflossen werden, zur Verfügung gestellt. Die Prüfung soll sich erstrecken auf äußerlich sichtbare Veränderungen der Schutzmittel und etwaigen sichtbaren Angriff des Betons selbst. Durch Festigkeitsprüfungen soll am etwaigen Festigkeitsabfall festgestellt werden, ob ohne äußerlich sichtbare Anzeichen Veränderungen des inneren Gefüges eingetreten sind. Da die Versuchskörper erst 2 Jahre in dem aggressiven Wasser lagern, haben sich bisher nur unwesentliche Angriffe gezeigt.

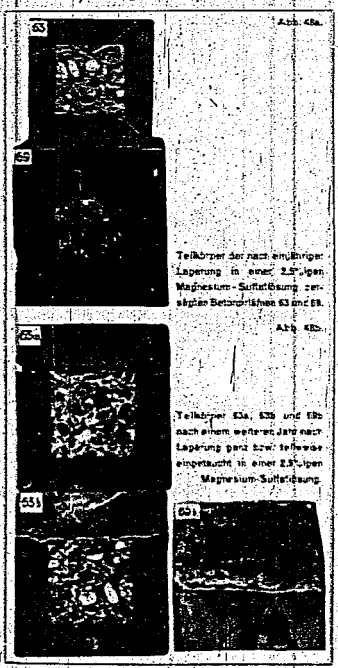


Abb. 42a.
Teilkörper der nach einjähriger Lagerung in einer 2,5%igen Magnesium-Sulfatlösung zerstörten Betonprismen 63 und 69.

Abb. 42b.
Teilkörper 63a, 63b und 63c nach einem weiteren Jahr nach Lagerung ganz bzw. teilweise eingetaucht in einer 2,5%igen Magnesium-Sulfatlösung.

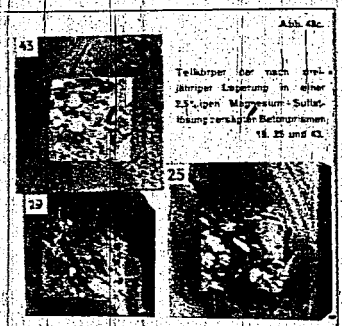


Abb. 42c.
Teilkörper der nach zweijähriger Lagerung in einer 2,5%igen Magnesium-Sulfatlösung zerstörten Betonprismen 19, 25 und 43.

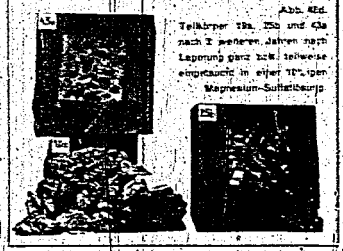


Abb. 42d.
Teilkörper 19a, 25b und 43a nach 2 weiteren Jahren nach Lagerung ganz bzw. teilweise eingetaucht in einer 10%igen Magnesium-Sulfatlösung

Außerdem wurden eigene Versuche angestellt bei besonders sorgfältig hergestellten und dichten Betonplatten, die in dem Abwassergraben einer chemischen Fabrik eingelagert sind, in dem stark aggressives Wasser zum Abfluß kam. Schon nach einigen Monaten wurden alle Betonplatten, die mit den verschiedensten Zementarten mit und ohne Traßzusatz hergestellt waren, mehr oder weniger stark angegriffen (Abb. 49). Der Beton einzelner Platten, die mit einem Schutzanstrich versehen waren, ist nicht angegriffen worden, wenn auch die Anstriche selbst in erster Linie wohl durch mechanischen Angriff teilweise abgelöst wurden, ein Beweis dafür, daß die Lebensdauer von Beton durch geeignete Anstriche zum mindesten verlängert wird. Inzwischen sind die Zerstörungen des Betons zum Stillstand gekommen, da die Fabrik ihren Betrieb so umgestaltet hat, daß stark aggressives Wasser hochgepumpt zum Abfluß kommt.

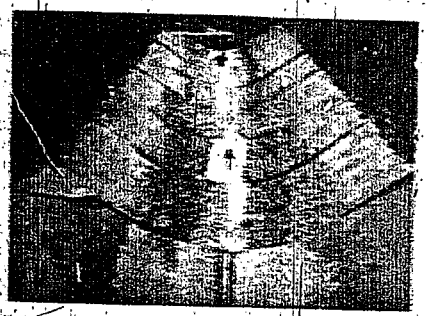


Abb. 48.
Betonplatten nach kurzer Lagerung in stark aggressivem Abwasser einer chemischen Fabrik, ohne Schutzanstrich.

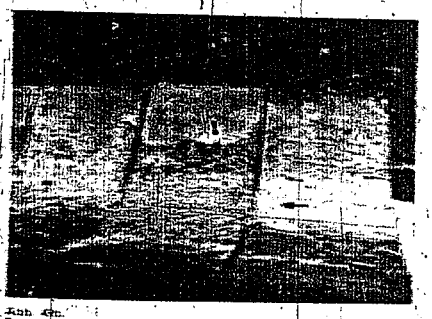


Abb. 49.
Betonplatten nach kurzer Lagerung in stark aggressivem Abwasser einer chemischen Fabrik, mit Schutzanstrich.

Pumpwerke.

Durch Pumpwerke entwässertes Gebiet im Emschergebiet. Abb. 50.

Als zu Anfang des Jahrhunderts Middeldorf den Entwurf zur Regulierung der Vorflut im Emschergebiet aufstellte, ging die Absicht dahin, grundsätzlich Pumpbetrieb zu vermeiden. Aber schon bei der Aufstellung der Bauentwürfe zeigte sich, daß Pumpbetrieb an vielen Stellen sich nicht umgehen ließ. So mußte schon gleich im Anfang das ganze untere abgeschnittene, alte Emschergebiet durch ein Pumpwerk in den Rhein entwässert werden. Bei der dann in immer größerem Umfang notwendig gewordenen Pumpwerken läßt sich eine gewisse Entwicklungslinie verfolgen. Während im Anfang Motor und Pumpe wagerecht gekuppelt waren, ging man in späteren Jahren mit der Entwicklung der Pumptechnik dazu über, die Pumpe tief zu stellen und durch senkrechte Wellen mit dem hochstehenden Antrieb zu verbinden. Das hatte den Vorteil, daß die

[1] Bevenburg, Abwasserpumpwerke im Emschergebiet, Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft". Bevenburg, Pumpwerk Hüttenstraße-Nord, der Emschergenossenschaft, Wasserkraft und Wasserwirtschaft 1926, Nr. 14.
Bevenburg, Die Kreiselpumpe im neueren Pumpwerksbau, Wasser und Gas 1926, Nr. 15.
Bevenburg, Neuere Abwasserpumpwerke, ihre Einrichtung und ihr Betrieb mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im rheinisch-westfälischen Industriegebiet, Bauingenieur 1926, Nr. 25.
Carp, Das Abwasserpumpwerk Schwelgern (Hamborn am Rhein), Bautechnik 1926, Nr. 20 und 21.
Ramstock, Neue Abwasserpumpwerke der Emschergenossenschaft, Bautechnik 1926, Nr. 21 und 22.

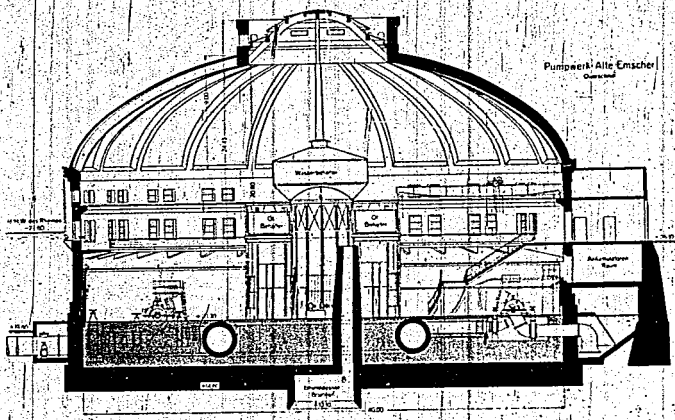


Abb. 51.
Pumpwerk „Alte Emscher", Getriebepumpen mit waagerechter Welle. Dieselmotoren, teilweise elektrischer Antrieb. Bedienung von Hand.

Motoren hochwasserfrei gestellt werden konnten, während die Pumpen unter Wasser standen und also auch bei Inbetriebnahme nicht angesaugt zu werden brauchten, daß die beanspruchte Grundfläche durch Aufstellung von Motoren und Pumpen in verschiedenen Stockwerken immer kleiner gewählt werden konnte und so die Anlagekosten des Pumpwerks immer geringer wurden.

Während bei dem ersten Pumpwerk Dieselmotoren zum Antrieb benutzt wurden, weil man glaubte, bei diesen durch die Möglichkeit der Aufstapelung von Betriebsstoff vor Unterbrechungen durch Streik oder andere Umstände gesichert zu sein, ging man späterhin allgemein zu elektrischem Antrieb über. Die sinkenden Preise für elektrische Energie ließen dies wirtschaftlicher erscheinen. Die Gefahr, daß durch Reißen eines Zuführungskabels Betriebserschwernisse kommen können, wurde immer geringer, da bei der immer mehr fortschreitenden Entwicklung des Leitungsnetzes Versorgung mit elektrischer Energie von verschiedenen Stellen aus möglich war. Für die Wirtschaftlichkeit der Pumpwerke war die Einführung selbsttätigen Betriebs von größter Bedeutung. Sämtliche in den letzten Jahren von der Genossenschaft gebauten Pumpwerke und nach Umbau die meisten noch aus früheren Jahren bestehenden werden ganz oder teilweise selbsttätig betrieben. Bei nicht zu großer Entfernung können bis zu 4 kleinere

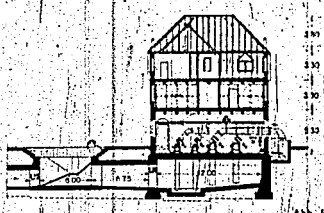


Abb. 52.
Pumpwerk „Gelsenkirchen-Altstadt". Pumpensätze mit waagerechter Welle. Elektrischer Antrieb teilweise selbsttätig, nur bei stärkeren Niederschlägen von Hand bedient.

Lfde. Nr.	Pumpwerk	Niederschlagsgebiet ha	Dauer- zufluß cbm/s	Dauer- zufluß l/sek	Hoch- zufluß cbm/s	Maschinen Pumpen Anzahl	Pumpen m. waagerechter Welle Anzahl	Pumpen m. waagerechter Welle l/sek	Pumpen m. senkrechter Welle Anzahl	Pumpen m. senkrechter Welle l/sek	Gesamtleistung l/sek	Antriebsmotoren PS	In Betrieb seit
1.	Alte Emscher	3300	3500	18 000	6	6	18 000				18 000	3300	1914
2.	Horst	500	90	1 200	5	5	1 200				1 450	220	1914
3.	Gelsenkirchen-Altstadt	850	200	2 500	4	4	1 500				1 500	230	1915
4.	Bottrop-Welheimer Mark	180	30	900	3	3	400				400	80	1916
5.	Dorstfeld	350	40	1 300	3	2	575				575	95	1923
6.	Essen-Zinkstraße	20	4	176	2			2	200	200	42	1924
7.	Habinghorst	300	56	1 600	5	2	1 000	3	350	1 350	241	1924
8.	Marten	480	30	300	3			3	400	400	80	1924
9.	Beeckbach	200	70	350	2			2	350	350	26	1926
10.	Huckarde	100	50	700	4			4	900	900	185	1926
11.	Schweigernbruch	350	250	5 500	5			5	1 500	2 500	700	1927
12.	Essen-Hesselbruch	30	25	300	2			2	300	300	40	1927
13.	Wanne-Wilhelmstraße	40	25	1 680	3	3	580			580	135	1927
14.	Essen-Vogelheim	58	15	430	2	1	150	1	50	200	42	1928
15.	Hamborn-Schmidthorst	469	200	6 200	5			5	3600	3 600	860	1929
16.	Sterkrade	110	35	1 000	3			3	1 100	1 100	90	1929
17.	Essen-Karnap	160	50	1 500	4			4	1 500	1 500	290	1929
18.	Gladbeck-Brauck	50	30	820	2	2	180			180	20	1929
19.	Bottrop-Boy	143	20	1 260	2			2	800	800	95	1930
20.	Bottrop-Vienkebach	55	20	800	2			2	600	600	65	1930
21.	Wanne-Unser Fritz	107	80	1 300	2			2	700	700	82	1930
22.	Wanne-Crangerheide	243	150	500	2			2	500	500	82	1930
23.	Nette	316	15	800	2			2	800	800	94	1930
24.	Gelsenkirchen-Bismarck	607	350	7 000	4			4	8 000	8 500	544	1951
	Im ganzen	8448	5329	55 964	79	31	13 685	48	17 650	31 335	7853	

Tabelle 2

Pumpwerke von einem Mann bedient werden, zeigen die Abb. 51–57 und die Tabelle 2. Die typische Entwicklung der Pumpwerke

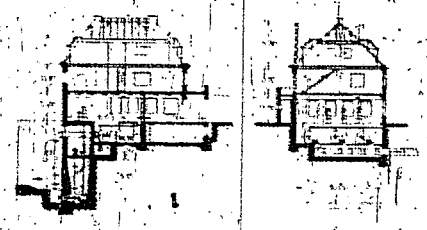


Abb. 53
Pumpwerk „Habinghorst". Trockenwetter und mittlere Niederschläge durch Pumpensätze mit waagerechter Welle selbsttätig, Hochwasser durch Pumpensätze mit waagerechter Welle handbedient gefördert.

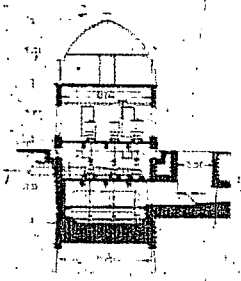


Abb. 54
Pumpwerk „Heckacker". Alle Pumpensätze mit lotrechter Welle. Wegen schwierigen Baugrundes Pumpenraum unter der Pumpen

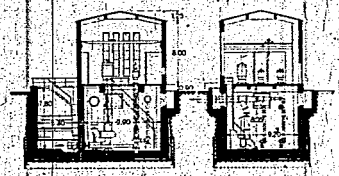


Abb. 55.
Pumpwerk „Karnap". Alle Pumpensätze mit lotrechter Welle. Pumpensumpf neben dem Pumpenhaus.

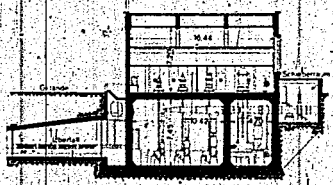


Abb. 56.
Pumpwerk „Schmidthorst". Alle Pumpensätze mit lotrechter Welle. Pumpen für Trockenwetter und mittlere Niederschläge neben, Hochwasserpumpen im Pumpensumpf aufgestellt.

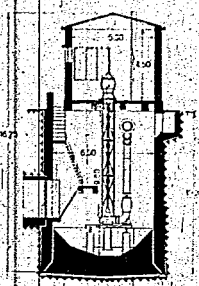


Abb. 57.
Pumpwerk „Wanne-Crangerheide". Alle Pumpensätze mit lotrechter Welle. Pumpen und Rechenanlage im Pumpensumpf. Dadurch äußerste Ausnutzung von Fläche und umbautem Raum.

Wiederherstellungsarbeiten

Der Bergbau bringt es mit sich, daß an den ausgebauten Vorflutern und in dem zu ihnen entwässernden Gelände dauernd Senkungen[22] entstehen. Abb. 58 zeigt, wie ein Bachlauf im Lauf von 17 Jahren bis zu 6 m gesunken ist. Zukünftige Senkungen lassen sich ermitteln nach dem in der Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft" entwickelten Verfahren, das die Flözmächtigkeit, die Ausdehnung des Abbaues, das Abbauverfahren, das Einfallen der Schichten und den geologischen Aufbau des Gebirges berücksichtigt. Wenn es auch möglich ist, bei einem Entwurf auf die Zustände infolge von Bodensenkungen nach einer gewissen Reihe von Jahren Rücksicht zu nehmen, den Entwurf gleich so einzurichten, daß für diesen Zustand mit möglichst geringen Kosten wieder Vorflut geschaffen werden kann, z. B. sinkende Strecken von Anfang an höher, hochbleibende tiefer vorzusehen, Abstürze an geeigneter Stelle anzuordnen, die sich nach Eintritt von Senkungen oberhalb leicht wieder beseitigen lassen, Pumpwerke an die in Zukunft voraussichtlich tiefsten Stellen zu setzen, Bauwerke erhöhungs- und vertiefungsfähig einzurichten usw., so

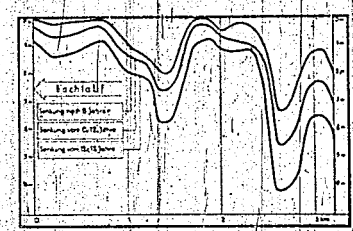


Abb. 58.
Veränderung der Sohlenlage eines Bachlaufs infolge von Bodensenkungen durch Kohlenabbau.

[22] Keinhorst, Die Berechnung von Bodensenkungen im Emschergebiet, Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft".
Keinhorst, Bei Bodensenkungen auftretende Bodenverschiebungen und Bodenspannungen, Glückauf 1928, Nr. 34.

bleiben doch für alle Zwischenstadien dauernd Nacharbeiten notwendig. Diese werden, wenn man sie mit den üblichen Verfahren in trockner Baugrube, also unter Umleitung des Bachlaufs, ausführt, sehr teuer, zumal bei größerem Hochwasser häufig die Ab- und Zuleitungsbauwerke der Umleitung, diese selbst und auch die eigentlichen Baugruben zerstört werden, da die provisorischen Anlagen für Hochwässer nicht dimensioniert werden können. Ingenieur Staschen von der Emschergenossenschaft ist es gelungen, ein in den letzten Jahren mehr und mehr vervollkommnetes Verfahren durchzubilden, Vertiefungen bzw. Hebungen der Sohle, ohne den Bach zu

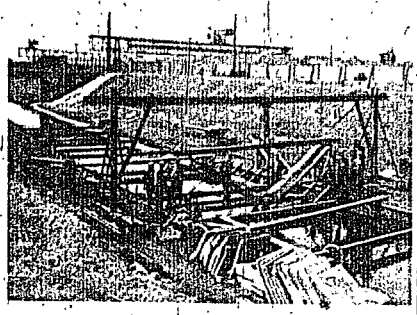
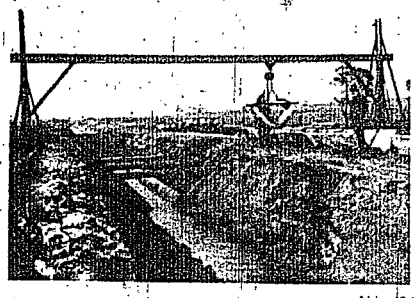


Abb. 61.
Absenken der durch 3 später leicht los- und herauszlehbare Trageisen gehaltenen Betonbachauskleidung auf die Solinöhe und Unterstopfen mit Steinen oder Schlacken.

Abb. 59.
Wiedergewinnen der Betonplatten einer gesunkenen Bachstrecke.



Verlegen des mit Eisenbügeln versteiften „Steilprofils" mit Zange

Abb. 62.

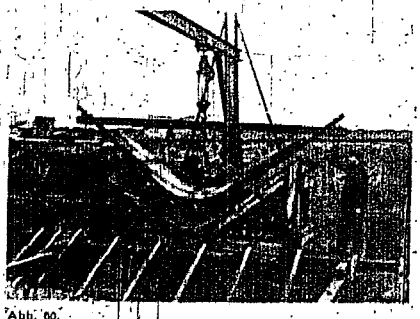


Abb. 60.

Zusammensetzen der wiedergewonnenen Betonplatten in einer Lehre und Vorspannung durch 3 Trageisen.

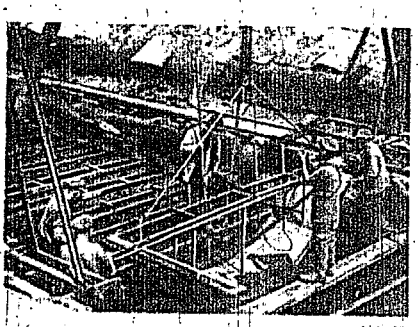
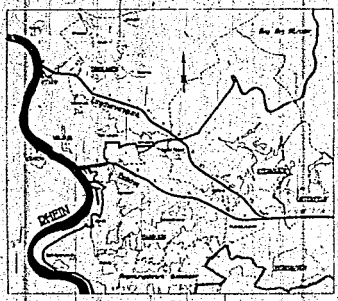


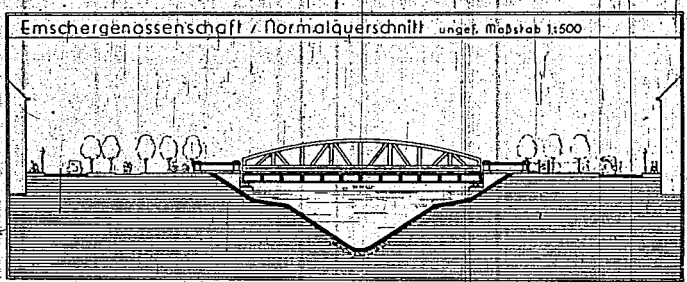
Abb. 63.
Einbau der Betonbachauskleidung mit Verlegerahmen unter Verspannung der Sohlschalen und Seitenplatten durch dünne, später nach Lösung der Spannschrauben leicht entfernbare Drähte und lotrechte Stützen.



Erneut geplante Emscherverlegung. Abb. 61

verlegen, mit einer Kostenersparnis bis zu 40 % auszuführen[22]. Das Verfahren ist aus den Abbildungen 59–63 zu erkennen. Es läßt sich auch beim ersten Ausbau eines Bachlaufs mit großem Vorteil anwenden.

Die wichtigste Maßnahme, die zur Beseitigung von durch Bodensenkungen eingetretenen Schäden in nächster Zeit durchgeführt werden muß, ist die erneute Verlegung der Emscher. Schon bei der Ausführung des Middeldorfschen Entwurfs war man aus Gründen, die in der Denkschrift „25 Jahre Emschergenossenschaft" des näheren dargelegt sind, gezwungen, das untere Emschergebiet durch einen Rheindeich abzuschließen, die Emscher zu verlegen und das zufließende Wasser durch ein Pumpwerk in den Rhein zu fördern. Bei der nunmehr seit über 20 Jahren bestehenden verlegten Emscher trat nun in immer größerem Umfang der Zwang ein, örtlich zu poldern. Die Frage war: Sollte man sich auch für die Zukunft mit einer derartigen Lösung abfinden, d. h. also die Emscher hoch zu halten, das Gebiet vor dem Rheinhochwasser durch einen Rhein- und Emscherdeich schützen und das ganze zur verlegten Hauptemscher entwässernde Seitengebiet poldern oder sollte man die ganze Emscher so weit vertiefen, daß das untere Emschergebiet zu ihr Vorflut hat und dann das gesamte Emscherwasser über einen Rheinhochwasserdeich hinüberpumpen oder aber die Emscher um die Senkungsgebiete herumführen, sie also nach ähnlichen Gesichtspunkten verlegen, wie es schon bei der Ausführung des ersten Entwurfs der alten Emscher geschehen war, und dann nur das Wasser des Niederschlagsgebiets des verbleibenden abgeschnittenen Laufs in den Rhein hinüberpumpen. Die Emscher liegt in



Regelquerschnitt der nochmals zu verlegenden Emscher. Abb. 63

[22] Staschen, Wiederherstellung des Sohlengefälles befestigter Abwasserläufe in Strecken, die durch Bergbau gesunken sind, Technisches Gemeindeblatt 1926/27, Nr. 7. Steckhan und Staschen, Überbrückung von Tagesbrüchen beim Ausbau von Wasserläufen, Glückauf 1930, Nr. 40.
Ramshorn, Neue Vorfluter-Bauwerke. Verfahren zur Beseitigung bergbaulicher Einwirkungen auf offene Vorfluter. Technische Blätter, Wochenschrift zur Deutschen Bergwerkszeitung, 1931, Nr. 12.