

# ÜBER DIE BEHANDLUNG VON ABWÄSSERN DES STEINKOHLENBERGBAUES

F. MALZ

*Eschenburg 74,43 Essen-Steele, West Germany*

## ABSTRACT

With the technical processes in coalmining and in coking plants sewages result which are very different in volume and concentration; different criteria for the treatment of sewage are necessary. There are the drainage waters with high salt concentration, the inorganic loaded effluents of coal washing and the high organic polluted effluents from the coking plants with the phenol content. The paper deals with the different components in the drainage water, the treatment of the coal washing water and in particular the chemical and biological treatment of phenols from coking plants. The Emscher area is given as an example for the solution of the water problems in a densely populated and industrialized area where coalmining is a main cause of pollution.

---

Bei den technischen Prozessen der Steinkohlengewinnung und -bearbeitung fallen eine Reihe von Abwässern an, die in Menge und Zusammensetzung deutlich unterschiedlich sind und eine differenzierte Beurteilung in abwassertechnologischer Sicht erfordern; es sind dies die anorganisch belasteten Grubenwässer und Abwässer der Kohlewäsche und -aufbereitung, die anorganisch, aber auch organisch hochbelasteten Kokereiabwässer und die Waschkauenwässer, die in Zusammensetzung und Konzentration dem häuslichen Abwasser gleichen.

In der Bundesrepublik Deutschland ist der Steinkohlenbergbau an wenigen Stellen massiert, und zwar im rheinisch-westfälischen Bergbauebiet, welches das Ruhrgebiet und den linken Niederrhein umfaßt, im Eschweiler-Aachener Raum und im Saargebiet. Im Jahr 1968 wurden hier rd. 110 Millionen t Steinkohle gefördert. Das entspricht der 6. Stelle in der Weltproduktion mit ca. 2 Milliarden t. Die Steinkohle wird in der BRD benutzt zu:

- 28 % als Hausbrand und im Kleinverbrauch
- 27 % in der eisenschaffenden Industrie
- 21 % in den Elektrizitätswerken
- 20 % von anderen Industrien
- 4 % in Gas- und Wasserwerken

Nach wie vor ist die Kohle ein wichtiger Energielieferant und in vielen technischen Prozessen nicht ohne weiteres zu ersetzen, z. B. in der Eisen- und Stahlerzeugung. Die Schätzungen des Welt-Energiebedarfes (*Tabelle 1*) für das Jahr 2000 zeigen, daß trotz der Verschiebung der Energiequellen in

Richtung Erdöl, Erdgas und Kernenergie die Kohle-Nutzung sich verdoppeln wird. Das heißt andererseits, daß man sich auch in Zukunft nach wie vor mit den wasserwirtschaftlichen und abwassertechnologischen Fragen des Kohlebergbaues auseinandersetzen muß.

*Tabelle 1. Energiebedarf  
(in Milliarden t Steinkohleeinheiten) (3)*

	1960	1970	1980	2000
Kohle	2.1	2.6	3.2	4.0
Erdöl	1.5	3.0	4.8	10.0
Erdgas	0.6	1.3	2.0	3.6
Kernenergie	—	0.1	0.6	4.5
Wasser	0.3	0.4	0.6	0.9
	4.5	7.4	11.2	23.0

In den Hauptfördergebieten der BRD sind die wasserwirtschaftlichen Aufgaben Genossenschaften und Verbänden übertragen, die in enger Zusammenarbeit mit dem Bergbau, der Industrie und den Gemeinden sich mit den Abwasserproblemen der jeweiligen Einzugsgebiete befassen und sie den örtlichen Verhältnissen entsprechend lösen. Es sind dies die Emscher-genossenschaft, der Lippeverband, der Ruhrverband, die links-nieder-rheinische Entwässerungsgenossenschaft, der Erftverband, der Abwasser-verband Saar.

Im Rahmen des Referates soll auf die Beschaffenheit des Grubenwassers, die Behandlung der Abwässer aus der Kohlewäsche und -aufbereitung und im besonderen auf die chemische und biologische Reinigung der phenolhaltigen Kokereiabwässer eingegangen werden. Am Beispiel des Emschergebietes, der Kernzone des rheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues, wird weiterhin gezeigt, wie durch genossenschaftliche Maßnahmen das Abwasserproblem eines industriell stark differenzierten Einzugsgebietes gelöst wird.

## GRUBENWÄSSER

In den Grubenbauen sammelt sich Grundwasser, Sickerwasser und eindringendes Niederschlagswasser, das als Grubenwasser gefördert werden muß, um die Kohle abbauen zu können. Im rheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbauggebiet als Beispiel fallen je Tonne geförderter Kohle etwa 1.5 m<sup>3</sup> Grubenwasser an; seit Jahrzehnten werden jährlich um 150,000,000 m<sup>3</sup> gehoben. Es muß hier betont werden, daß diese Grubenwässer meist neutral oder schwach alkalisch sind; ein "acid-mine drainage problem" wie in den Abbaugebieten Pennsylvaniens kennt man hier nicht. Die Wässer sind vielmehr durch einen hohen Salzgehalt gekennzeichnet, der zwischen 1–180 g/l liegt. Menge und Zusammensetzung des Grubenwassers richten sich nach dem geologischen Aufbau des Deckgebirges.

Während unterhalb des Deckgebirges überwiegend Calcium- und magnesiumhaltige Wässer auftreten, die als Anionen Hydrogencarbonate und

Sulfate aufweisen, nimmt mit zunehmender Teufe die Menge der Natrium-Ionen zu, und die Chloride wachsen stark an. Bei den Kationen entfallen etwa 90% auf das Natrium. Bei den Anionen überwiegt das Chlorid-Ion. Es treten auf: Chloride, Sulfate, Carbonate, Hydrogencarbonate mit Kationen wie Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Barium und Eisen. Die Wassermenge und die Salzfracht ist daher zwischen den einzelnen Gruben recht unterschiedlich verteilt; so bringen z. B. 21% der Grubenwassermenge ca. 77% der Chloridfracht.

Eine klärtechnische Behandlung der meist farblosen, geruchlosen und klaren Grubenwässer ist im allgemeinen nicht notwendig und wird auch nicht durchgeführt, es sei denn, sie enthielten im Einzelfall vielleicht größere Mengen an Sinkstoffen.

Die Förderung des Grubenwassers erfolgt aus energiewirtschaftlichen Gründen in den Nachtstunden, so daß es zu stoßartigen, mehrstündigen Belastungen in den Vorflutern kommt. Solange der Vorfluter in der Wassermengenkapazität groß genug ist, üben diese Stöße keinen signifikanten Einfluß auf den Chemismus und die Biologie des Gewässers aus; jedoch wird allgemein durch den hohen Salzgehalt die Nutzung des Gewässers z. B. für die Gewinnung von Trinkwasser und industrielles Brauchwasser deutlich erschwert, wenn nicht sogar unmöglich gemacht.

Abwassertechnische Probleme treten vor allem dann auf, wenn bei Störungen oder unbefugten Ableitungen diese Salzstöße in gemeindliche Abwasserkläranlagen eindringen. Die spezifisch schweren Grubenwässer legen sich auf die Beckensohle der mechanischen Kläeinrichtungen, besonders der Vorklärung, verringern den effektiven Klärraum und werden nur recht langsam ausgespült. In der biologischen Reinigungsstufe werden sowohl die Aerobier als auch die Anaerobier durch höhere Salzkonzentrationen und im besonderen durch die stoßartigen Belastungen deutlich gehemmt. Bei einem ausgeglichenen Salzspiegel, so wie er auf Grund des Kapazitätsausgleiches in der Emscher vorliegt, werden bei Salzkonzentrationen bis zu 3000 mg/l noch keine Störungen im biochemischen Abbau beobachtet. Das Emschergebiet gilt jedoch auch in dieser Hinsicht als Sonderfall; es wird noch darauf eingegangen. Im allgemeinen ist es abwassertechnologisch nicht sinnvoll, Grubenwässer durch mechanische und biologische Kläranlagen für häusliche und industrielle Abwässer zu leiten, da sie keine biologisch abbaubaren Stoffe enthalten, unnötig den Klärraum belasten und durch die stoßartige Ableitung dauernd zu Störungen führen.

Ein besonderes Problem stellt die Förderung des Grubenwassers auf den Schachtanlagen selbst dar, wenn sulfat- und bariumhaltige Wässer zusammentreffen. Aus der z. T. spontan eintretenden Reaktion beider Wässer bildet sich schwerlösliches Bariumsulfat, das Rohrleitungen in kürzester Zeit zuwachsen läßt. Dieses Problem versagt u. a. ein Projekt, die Grubenwässer aus dem Ruhrgebiet zur Entlastung des Rheines über eine Druckrohrleitung in die Nordsee abzuführen, da hierbei rd. 23000 t Jato Bariumsulfat entstehen würden, die eine technische Beherrschung der Förderung in rd. 1100 km Leitungen unmöglich machen. Zum anderen bleibt zu verweisen, daß die Belastung des Rheines mit den Salzen aus den Grubenwässern des deutschen Steinkohlenbergbaues seit Jahrzehnten konstant ist, während der Anteil aus dem Kaliberbau des Oberrheins ständig zunimmt.

An der Chlorid-Belastung des Rheins bei Eintritt in Holland ist der Steinkohlenbergbau mit den Grubenwässern nur zu etwa 17 Prozent beteiligt. Es stammen:

- 38% aus den Kalibergbau im Elsaß und Baden
- 26% aus industriellen Einleitungen in Deutschland und in der Schweiz
- 17% aus dem rheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbau
- 12% aus Industrieabwässern über die Mosel aus Lothringen und der Saar
- 4.5% aus natürlichen Quellen und Abflüssen
- 2.5% aus gemeindlichen Abwässern

Im Zusammenhang mit den Grubenwässern ist noch auf die Sickerwässer der Bergehalden hinzuweisen, die bei pyrihaltigen Bergen stark schwefelsäurehaltig sind. Bei der Einleitung in Vorfluter, die z. B. mit Betonplatten ausgekleidet sind, treten erhebliche Zerstörungen auf. Im besonderen Fall sind diese Wässer getrennt zu sammeln und vor der Ableitung zu neutralisieren.

### KOHLNENWASCHWASSER

Die aus der Grube geförderte Steinkohle wird in der Wäsche und Aufbereitung vom Gestein getrennt und in Korngrößen klassiert. Je nach den örtlichen Verhältnissen rechnet man für 1 t durchgesetzter Kohle mit einer Abwassermenge von 1.5 bis 5 m<sup>3</sup>, die durch innerbetriebliche Kreislauf-führung stark beeinflusst wird, in einer modernen Anlage liegt der Durchsatz bei rd. 1–1.5 m<sup>3</sup>/t. Im allgemeinen werden die Kohlewaschwässer in Rundeindickern, Eindickspitzen oder Hydrozyklonen behandelt. Der aus Feinstkohle und Lette bestehende Schlamm wird in Entwässerungsmaschinen wie Trommelfilter, Pressen oder neuerdings in Zentrifugen entwässert und dann verbrannt. Die Weiterentwicklung der Steinkohleaufbereitung führte zur Abtrennung der im Kohlewaschwasser noch enthaltenen Feinstkohle von der wertlosen Lette, wobei man sich Flotationsverfahren bedient.

Die Abgänge der Wäsche und Aufbereitung müssen vor Einleitung in ein Gewässer behandelt werden, da ungereinigtes Kohlewaschwasser die Qualität eines Vorfluters erheblich verändert und beeinflusst. Durch die schwarze Färbung wird das Gewässer unansehnlich, die Ufer verschlammten, der sich absetzende Schlamm deckt Wasserpflanzen und Uferbewuchs zu und unterbricht dadurch die natürliche Nahrungskette in einem Gewässer, so daß es verödet. Der Feststoffanteil der Trüben kann bis zu 40 g/l mit ca. 80 Prozent Ascheanteil betragen. In den meisten Fällen ist es wegen der geringen Korngröße der Feststoffteilchen auch bei langen Absetzzeiten in den Kläreinrichtungen nicht möglich, die Schwebestoffe so weit auszuscheiden, daß sich ein klarer Ablauf ergibt; besonders die Lette ist schwierig abzutrennen. Die Anwendung hochpolymerer Flockungshilfsmittel hat hier zu außerordentlich gutem Erfolg geführt, wodurch die Klärräume und Aufenthaltszeiten deutlich reduziert werden konnten. Die Kreislaufwasserwirtschaft wird dadurch unmittelbar beeinflusst. Die Zusatzmenge an hochpolymeren Flockungshilfsmitteln beträgt zwischen 0.1 bis 2 g/m<sup>3</sup>; sie hängt sehr stark von der Art und Menge der Trübstoffe, dem Salzgehalt sowie von der Struktur des Hilfsmittels selbst ab. Da sich jedes Kohlewaschwasser anders verhält, muß die Menge der Flock-

kungshilfsmittel und die Art der klärtechnischen Behandlung in entsprechenden Vorversuchen festgelegt werden. Bei der Klärung der Abwässer fällt ein stark wasserhaltiger Schlamm an, der auf drainierten Trockenbeeten entwässert wird. Nach den Leistungskennzahlen der Normalanforderungen für Abwasserreinigungsverfahren kann bei ordentlichem Betrieb der Kläreinrichtungen für Kohlewaschwasser ein Ablauf erzielt werden, der unter 0.3 ml/ absetzbare Stoffe (nach 2 Std.) enthält. Im Emschergebiet, dessen Besonderheit schon oben angedeutet wurde, werden diese hohen Anforderungen an die Behandlung des Kohlewaschwassers nicht erhoben. Die nur zum Teil entkohlten Waschwässer werden ins Entwässerungssystem der Emschergenossenschaft aufgenommen und gemeinsam mit den anderen industriellen und häuslichen Abwässern in zentralen Kläranlagen behandelt. Hierauf wird noch eingegangen. In allen anderen Fällen, wo Kohlewaschwässer in ein Gewässer direkt eingeleitet werden, ist die Klärung zu fordern.

### KOKEREI-ABWÄSSER

In den Kokereien fallen bei der Kühlung des Koksofengases Kondensate an, die je nach Feuchte der eingesetzten Kohle eine Menge zwischen 12–15 % der eingesetzten nassen Kohle ausmachen. Die Kondensate, vielfach auch mit Ammoniakwasser bezeichnet, enthalten u.a.

NH <sub>3</sub> (Ges.)	8 500–15 000 mg/l
davon frei	8 000–12 000 mg/l
H <sub>2</sub> S	1 000– 5 000 mg/l
HCN	200– 2 000 mg/l
HSCN	700– 1 200 mg/l
Phenole	1 000– 3 000 mg/l
Pyridinbasen	100– 200 mg/l
KMnO <sub>4</sub> -V	8 000 mg/l
BSB <sub>5</sub>	3 500 mg/l

Es ist offensichtlich, daß ein Abwasser dieser Zusammensetzung zu außerordentlichen Störungen des biologischen Gleichgewichtes und der Nutzung eines Gewässers führen muß, wenn es unbehandelt eingeleitet wird. Eine spezielle Belastung stellen dabei die Phenole dar. Für die Behandlung phenolhaltiger Abwässer aus Kokereien stehen heute Verfahren zur Gewinnung und solche zur Vernichtung der Phenole zur Verfügung. Eine Gewinnung der Phenole wird im allgemeinen nur bei größeren Wassermengen, etwa ab 10 m<sup>3</sup>/h, und Phenolkonzentrationen von wenigstens 2 g/l durchgeführt. Die Verfahren basieren auf einer Extraktion der Phenole mit organischen Lösungsmitteln.

Das Mitte der 20er Jahre für die Emschergenossenschaft entwickelte *Benzol-Lauge-Verfahren* arbeitet folgendermaßen: In einem mit Raschigringen gefüllten Wasserturm werden die Phenole im Gegenstrom mit Benzol aus dem phenolhaltigen Gaskondensat extrahiert. Zuvor muß jedoch das Gaskondensat noch von mechanischen Verunreinigungen in einem Kiesfilter und von Teerresten und Naphthalin in einem mit Benzol gefüllten Teerwascher befreit werden. Anschließend wird das mit Phenolen angereicherte Benzol in vier hintereinander geschalteten Washern mit

Natronlauge regeneriert, wobei die Phenole als Natriumphenolate in die wässrige Phase übergehen. Das von Phenolen befreite Benzol kann anschließend wieder in den Kreislauf zu erneuter Extraktion zurückgeführt werden.

Die Aufarbeitung der Natriumphenolate, der sog. Phenolatlaugen, die etwa 25 bis 32% Phenole enthalten, erfolgt zentral in den Werken der teerverarbeitenden Industrie. Hier werden zunächst die Neutralöle aus den Phenolatlaugen mit direktem Dampf ausgetrieben. Dann werden die Phenolatlaugen mit Kohlensäure gefällt. Die obenauf schwimmenden Phenole werden von der Lauge abgezogen und durch Destillation in die Fraktionen Phenol, Kresole und Xylenole zerlegt. Die unten abgezogene Sodalaugewird durch Zugabe von Kalkmilch kaustifiziert. Diese regenerierte Natronlauge wird mit einem Gesamtalkaligehalt von etwa 20 bis 22 Prozent schließlich wieder in den Entphenolungsanlagen zu erneuter Phenolbindung eingesetzt.

Der Entphenolungseffekt dieses Verfahrens liegt bei rd. 93 Prozent. Durch rotierende Gegenstrom-Extraktoren anstelle der statischen Wascher kann der Effekt auf rd. 96 Prozent erhöht werden. Damit sind jedoch die Grenzen des Benzol-Lauge-Verfahrens erreicht. Fallen im Gaskondensat 3 g/l Phenole an, so sind zwar 93 Prozent bzw. 96 Prozent der Phenole entfernt, die verbleibenden Abwässer enthalten aber immerhin noch 120–240 mg/l Phenole. Eine unmittelbare Abgabe in den Vorfluter wird in den meisten Fällen nicht möglich sein, so daß sich der chemischen Entphenolung eine biologische Reinigung anschließen muß.

Wascheffekte bis zu Phenolgehalten unter 10 mg/l im Ablauf sind mit dem Extraktionsverfahren der Lurgi unter Verwendung von Diisopropyläther möglich, dessen Verteilungskoeffizient gegenüber einer 2prozentigen Phenol-Lösung um 20 liegt; vergleichsweise beträgt der Verteilungskoeffizient von Benzol nur 2.2.

Bei dem Phenosolvan-Verfahren wird das phenolhaltige Wasser in einem Mehrstufenextraktor nach dem Mischer-Scheider-Prinzip mit Phenosolvan innig gemischt. Nach anschließender Phasentrennung findet sich der größte Teil der Phenole im Lösungsmittel. Dieser Prozeß wird mehrfach wiederholt, wobei das phenolhaltige Wasser und das Lösungsmittel im Gegenstrom geführt werden. Durch Destillation wird das Lösungsmittel von den Phenolen getrennt und geht in den Extraktor zu erneuter Phenol-auswaschung zurück. Das im Sumpf der Destillierkolonne anfallende Rohphenolöl wird laufend abgezogen, in einem Lagerbehälter gesammelt und später zu den Werken der Teerindustrie transportiert, die es zu verkaufsfähigen Reinprodukten weiter aufarbeiten.

Bei den angewendeten Extraktionstemperaturen von etwa 35°C verbleibt eine geringe Menge des Lösungsmittels im entphenolten Wasser. Die Löslichkeit im Wasser beträgt bei dieser Temperatur bei Butylacetat 1 Gew.Prozent, bei Diisopropyläther 0.8 Gew.Prozent. Um die Lösungsmittelverluste möglichst niedrig zu halten, muß das im entphenolten Wasser gelöste Phenosolvan zurückgewonnen werden. Hierzu benutzt man heute eine Ausgasekolonne, in der das entphenolte Wasser durch Einblasen von Kokereigas vom Lösungsmittel befreit wird. Aus dem Gas wird dann das Lösungsmittel in einer nachgeschalteten Kolonne mit Rohphenolöl wieder

ABWÄSSER DES STEINKOHLENBERGBAUES

ausgewaschen. Das dabei aufgenommene Rohphenolöl wird in einem weiteren Wascher durch Rohwasser (phenolhaltigem Gaskondensat) herausgeholt. Danach kann das Gas wieder zu erneuter Auswaschung des Lösungsmittels aus dem entphenolten Wasser benutzt werden.

Die gewonnenen Rohphenole setzen sich in etwa wie folgt zusammen :

Phenole	57.7%
Kresole	22.8%
Xylenole	3.1%
Pyridinbasen	3.9%
Neutralöle	10.0%
Wasser	2.5%

Phenole, insbesondere die wasserdampfflüchtigen, lassen sich im allgemeinen gut biologisch abbauen. Seit Jahren sind für die verschiedensten phenolhaltigen Abwässer mit Erfolg Belebungsanlagen, Tropfkörper und Oxydationsgräben in Betrieb. Modell-Untersuchungen der Emschergenossenschaft zeigten, daß es im speziellen Fall der Kokereiabwässer unter exakter Beachtung bestimmter optimaler ökologischer Bedingungen möglich ist, Phenole bis zu 99 Prozent biologisch abzubauen, selbst wenn die Eingangskonzentration bis 1400 mg/l Phenole anstieg.

Für Planung, Bau und Betrieb von Kläranlagen zur biologischen Reinigung von Kokereiabwässern sind dabei folgende Grundsätze wichtig. Es ist das Mischwasser der gesamten Kokerei zu behandeln. Besteht die Möglichkeit, häusliches Abwasser zuzusetzen, so sollte davon Gebrauch gemacht werden; der Reinigungsgrad wird dadurch verbessert und der Zusatz an Nährsalzen gemindert; es fehlt vor allem Phosphor. Bei Versuchen mußten bis zu 25 g  $K_2HPO_4/m^3$  zugesetzt werden. Der pH-Wert des Belebtschlamm-Wasser-Gemisches im Belüftungsbecken muß sorgfältig auf einen Bereich zwischen 7 und 8 einreguliert werden. Es kann zwischenzeitlich zu starker Schaumentwicklung kommen, die mittels chemischer Entschäumer zu bekämpfen ist. Das im allgemeinen mit Temperaturen um 70–90°C anfallende Abwasser ist vorher soweit zu kühlen, daß im Belüftungsbecken Temperaturen um 25°C vorliegen. Ein Ausgleichsbecken vor der Anlage ist erforderlich, um die Beschickung in Menge und Konzentration möglichst gleichmäßig zu halten. Als Bemessungswerte für die Belebungsstufe werden genannt:  $BSB_5$  3–4 kg/m<sup>3</sup> · d; Phenol 1–2.5 kg/m<sup>3</sup> · d.

Das Gesamtabwasser einer Kokerei nach chemischer Entphenolung des Gaskondensates konnte in technischen Versuchen bei Belüftungszeiten um 4 Stunden, 85 Prozent Rücklaufschlamm, einem Schlammgehalt von 150 ml/l und einer zugeführten Sauerstoffmenge von 0.8 kg O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> Abwasser wie folgt abgebaut werden :

Tabelle 2.

	Zulauf mg/l	Ablauf mg/l	%
$BSB_5$	510	50	90
Phenole	135	7	95
$KMnO_4$ -V	3300	830	75

Man hat weiterhin versucht, die im Kokereiabwasser neben den Phenolen noch vorhandenen Komponenten wie Thioverbindungen, Ammoniak usw. biologisch abzubauen. Voraussetzung ist ein 3-stufiges Verfahren mit getrennten Bakterien-Kreisläufen, da bei einstufigem Betrieb im wesentlichen nur die Phenole beseitigt werden können. In der ersten Stufe des Verfahrens (Belebtschlamm) werden die Phenole, in der zweiten Stufe (Tropfkörper) die Thioverbindungen und in der dritten Stufe (Belebtschlamm) das Ammoniak erfaßt. Bereits in der ersten Stufe ist eine sehr sorgfältige pH-Regulierung und die Zugabe von Phosphaten und Magnesiumsalzen notwendig. In der dritten Stufe muß Calciumcarbonat dosiert werden, das als Kohlenstoffquelle und Puffer dient. Die Leistung der Versuchsanlage war recht gut, allerdings nur bei äußerst gewissenhafter Einhaltung der optimalen ökologischen Bedingungen.

Tabelle 3.

Ausgangskonzentration	Abbau	Belüftungszeit
Phenole 730 mg/l	99 %	4-6 Std.
Rhodanide 100 mg/l	93 %	
Ammoniak 1300 mg/l	92 %	30 Std.

Innerhalb der Betriebskosten einer solchen mehrstufigen biologischen Anlage nehmen bereits die Chemikalienkosten für pH-Regulierung und Nährsalzzugabe rd. 50 Prozent ein.

Bei einstufigem biologischen Verfahren liegen die Betriebskosten bei 1000 m<sup>3</sup> Durchsatz pro Tag um 0.42 DM/m<sup>3</sup>; für mehrstufige Verfahren sind 1.55 DM/m<sup>3</sup> anzusetzen.

Bezieht man das auf die Entfernung von 1 kg Phenole, so beansprucht z. B. das chemische Verfahren mit Benzol-Lauge-Extraktion rd. 0.42 DM, die einstufige biologische Reinigung rd. 0.67 DM, die Mitbehandlung im biologischen Klärwerk der Emscher wird vergleichsweise um 0.20 DM liegen. Das heißt, innerhalb des Sammler- und Klärsystems der Emschergenossenschaft können nach teilweiser chemischer Entphenolung auf den Kokereien die mit den Abwässern noch anfallenden Phenole aufgenommen und ohne zusätzliche Dosierung von Nährsalzen in der zentralen Kläranlage mit abgebaut werden.

## EMSCHERGEBIET

In dem Referat wurde schon mehrfach auf die Besonderheit des Emschergebietes und den unmittelbaren Zusammenhang mit dem Bergbau hingewiesen. Das 866 km<sup>2</sup> große Flußgebiet der Emscher, das sich über eine ununterbrochene Folge von Großstadtflächen von Dortmund über Bochum, Gelsenkirchen, Essen, Oberhausen und Duisburg zum Rhein erstreckt, bildet mit seinen rd. 2.8 Mill. Menschen, über 60 Prozent der Kohlegewinnung und Kokserzeugung der BRD und den großen Werken der Eisenindustrie und Chemie den Kern des rechtsrheinischen Industriegebietes, d.h. des

sogenannten "Ruhrreviers". Die ersten großen wasserwirtschaftlichen Schwierigkeiten entstanden in dem dichtbesiedelten Niederungsgebiet der Emscher durch die mit dem Abbau der Kohle verbundenen Bergsenkungen. In den Senkungssümpfen stauten sich die Abwässer der Industrien und Siedlungen und bildeten Brutstätten für Seuchen, so daß die Regelung der Vorflutverhältnisse zur Voraussetzung für das Weiterleben des Reviers wurde. Aus der Erkenntnis, daß eine dauerhafte Lösung der wasserwirtschaftlichen Schwierigkeiten nur durch eine Organisation gewährleistet ist, die alle wasserwirtschaftlichen Aufgaben des gesamten Einzugsgebietes der Emscher in einer Hand zusammenfaßt, wurde im Jahre 1904 die Emschergenossenschaft durch ein staatliches Sondergesetz gegründet, zu deren Hauptaufgaben sowohl die Regelung der Vorflut als auch die Abwasserreinigung gehört. Durch den Ausbau von mittlerweile etwa 350 km offener Abwassersammler und eine ununterbrochene Folge von Regulierungsarbeiten, mit denen sich das Vorfluternetz an die ständig weitergehenden Bodenbewegungen anpaßt, sowie durch den Bau von Deichen und insgesamt 80 Pumpwerken mit einer Gesamtleistung von  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  ist es der Emschergenossenschaft in der Folgezeit gelungen, die Vorflutverhältnisse des Emschergebietes so zu ordnen, daß seit Bestehen der Genossenschaft kein Fall von Infektionen und Seuchen mehr auftrat, der auf Abwasser zurückgeführt werden konnte. Die Abwasserreinigung, als zweite Hauptaufgabe, wird vornehmlich durch den Zustand und die Anforderungen des Rheines, als Hauptvorfluter des Emschergebietes, bestimmt. Die Emscher selbst enthält bei Niedrigwasser rd. 90 Prozent Abwasser. Bei dem Ausbau der Abwasserreinigung sind 3 Entwicklungsphasen zu unterscheiden: 1. mechanische, 2. chemische und 3. biologische Behandlung.

Zur Zeit der Gründung der Genossenschaft herrschten der Bergbau und die Stahlindustrie vor; absetzbare Stoffe waren die vorwiegende Belastung der Abwässer. Im übrigen hatte damals der Rhein noch ein so hohes Selbstreinigungsvermögen, daß es anfangs genügte, im Emschergebiet die Abwässer mechanisch zu reinigen. Seit Jahrzehnten werden alle im Emschergebiet anfallenden Abwässer mechanisch geklärt. Etwa 600 000 t stichfester Trockenschlamm mit rd. 40 Prozent Feuchtigkeit werden heute jährlich dem Emscherwasser entzogen. Die Feststoffe aus dem Abwasser des Bergbaues sind daran in hohem Maße beteiligt.

Als in den zwanziger Jahren im Rhein erstmalig größere Schwierigkeiten durch die mit den Kokereiabwässern anfallenden Phenole auftraten, kam es mit der chemischen Behandlung zur zweiten Phase der Abwasserreinigung im Emschergebiet. Die Genossenschaft baute ab 1926 auf den Kokereien zahlreiche Entphenolungsanlagen, die nach den oben beschriebenen Verfahren die Phenole aus dem Gaskondensat auswaschen. Zur Zeit werden in 14 Entphenolungsanlagen rd. 6200 t Phenole/a dem Rhein ferngehalten; das entspricht etwa 2/3 der im Emschergebiet anfallenden Phenole.

Im Augenblick steht die Genossenschaft in der 3. Phase ihrer Aufgaben mit dem Bau des Großklärwerkes an der Mündung der Emscher in den Rhein, wo das gesamte Wasser der Emscher biologisch behandelt wird. Das gestellte Ziel einer nahezu hundertprozentigen Entfernung der Phenole wird dann erreicht sein, wenn die z. Z. noch im Emscherwasser vorhandene Phenolmenge um  $8 \text{ mg/l}$  auf unter  $1 \text{ mg/l}$  abgebaut ist. Langjährige

Vorversuche lassen in der Großanlage folgende Abbauraten erwarten:

Schwebestoffe	96%
BSB <sub>5</sub>	87%
KMnO <sub>4</sub> -V	84%
Phenole	93%
geruchsaktive Stoffe	92%

Diese Abbaueffekte, ohne Zusatz von Nährsalzen zu dem heterogenen Gemisch aus den verschiedensten Abwässern der Kohleindustrie, der Chemischen, Petrochemischen und Nahrungsmittelindustrie, einschließlich der Eisen- und Stahlindustrie ist nur durch die Zusammenführung mit den häuslichen Abwässern und der Konzentrations- und Mengenpufferung auf dem Fließweg durch das offene Vorflutersystem der Emscher möglich. Trotz der stoßweisen Zuleitung hochkonzentrierter Abwässer, z. B. der salzhaltigen Grubenwässer, ist die Tageskurve des Zulaufes der Mündungskläranlage gleitend. Ein besonderes Augenmerk war bei den Planungen auf den durch die Lette der Kohlenwäsche bestimmten Schwebstoffgehalt des Emscherwassers zu richten. Wie bereits oben ausgeführt, bestehen für die Ableitung der Kohlenwaschwässer im Emschergebiet keine besonderen Auflagen. Die überaus schlecht abtrennbaren Trüben werden in das Vorflutersystem übernommen und erfahren im Gemisch mit den anderen Abwässern bereits auf dem Fließweg einen Flockungseffekt, der in die Gesamtkonzeption der Mündungskläranlage einbezogen wurde. So wurde die Vorklärung der Großanlage in das Emscherniveau gelegt, weil durch Förderung des Emscherwassers in eine hochwasserunabhängige Kläranlage in den Pumpen die vorgegebene Flockenstruktur zerstört und der Vorkläreffekt entscheidend beeinträchtigt würde. Andererseits zeigten die Versuche, daß die biologische Reinigung des Emscherwassers und die Klarheit des Ablaufes der Nachklärung in unmittelbarer Beziehung zum Effekt der Vorklärung stehen. In dieser Beziehung unterscheidet sich das Emscherwasser grundlegend von Abwässern mit vorwiegend organischer Belastung. Die im Emscherwasser nach der Vorreinigung verbleibenden Letteteilchen nehmen das Absorptionsvermögen des Belebtschlammes stark in Anspruch. Durch die Verlegung der Vorklärung in das Emscherniveau wird die im Fluß vorgegebene Selbstflockung genutzt und erhalten und erst das vorgeklärte Abwasser in die Belebungs- und Nachklärstufe gehoben.

Bei der Bemessung der Kläreinrichtungen wurde eine Wassermenge von 20 m<sup>3</sup>/s zugrunde gelegt, die an mehr als 270 Tagen unterschritten wird. Maximal können bis zu 30 m<sup>3</sup>/s in der Anlage biologisch gereinigt werden. D. h. nur an 15 Tagen im Jahr wird nicht die gesamte Wassermenge der Emscher durch die Anlage genommen, was aber bei durch Regen verursachtem Hochwasser keine Effektminderung der Klärung für den Rhein bedeutet. Die Aufenthaltszeiten in der Vorklärung bei 20 m<sup>3</sup>/s wurden mit 2,2 Stunden, in der Belebungsstufe mit 2 Stunden und der Nachklärung mit 2,5 Stunden angesetzt. Das Volumen aller Becken umfaßt rd. 300 000 m<sup>3</sup> und deren Oberfläche rd. 155 600 m<sup>2</sup>.

Mit dieser Anlage, die zu den größten der Welt zählt, dürfte die Gewähr gegeben sein, daß in allen Fällen, wo von der Wasserführung des Rheins aus gesehen eine vollbiologische Reinigung des Emscherwassers erwünscht ist, diese auch tatsächlich stattfindet. Das Vorhaben, das Mitte der siebziger

## ABWÄSSER DES STEINKOHLBERGBAUES

Jahre abgeschlossen sein wird, das rd. 150000000 DM kosten wird, das die zur Zeit noch bestehende Belastung aus dem Emschergebiet um etwa eine Zehnerpotenz vermindern wird, wodurch u. a. im besonderen Maße die Abwässer des Bergbaues erfaßt werden, bildet einen wichtigen Beitrag zur Sanierung des Rheins, dessen Wasserqualität für alle Anlieger, insbesondere unsere holländischen Nachbarn, von entscheidender Bedeutung ist.