

---

# Materialien

---

Nr. 35

Physikalisch-chemische und biologische  
Auswirkungen bei der Verwendung von  
Waschbergen in Schiffahrtskanälen

Untersuchungsbericht des Arbeitskreises

„Waschberge im Wasserbau“

---

Essen 1996

---

38012  
Landesumweltamt  
Nordrhein-Westfalen  
Bibliothek  
UM35  
00006-35

## IMPRESSUM

Herausgegeben vom

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

Wallneyer Str. 6 • 45133 Essen

Telefon (02 01) 79 95 - 0 • Fax (02 01) 79 95 - 446

ISSN: 0947 – 5206

Redaktionelle Bearbeitung:

Dr. Wolfgang Leuchs und Dipl.-Ing. Anja Rothkranz

Gedruckt auf 100 % Altpapier ohne Chlorbleiche

# Vorwort

Das westdeutsche Kanalnetz ist bereichsweise von Bergsenkungsvorgängen betroffen. Da durch die vorgegebene Wasserhaltung der Kanalwasserspiegel konstant bleibt, müssen dort die Uferbefestigungen und aufgrund der Standsicherheitsprobleme die Kanalsohle aufgehöhht werden. Dazu können natürliche Schüttsteine oder auch geeignete Mineralstoffe aus Industrieprozessen verwendet werden. In unmittelbarer Nachbarschaft der Kanäle fallen große Mengen von Waschbergen an, die grundsätzlich stofflich und technisch geeignet sind. Sie werden bei der Aufbereitung (Wäsche) der Steinkohle als natürliches Gestein von der Kohle getrennt.

Zum Einsatz von Waschbergen im Erdbau (z.B. in Straßendämmen) und zur Kolkverfüllung oder Sohlaufhöhung im Rhein liegen umfangreiche Erfahrungen und Untersuchungsergebnisse vor. Unter Beachtung spezieller Anforderungen ist in diesen Bereichen die Waschbergeverwertung aus Sicht des Gewässerschutzes problemlos möglich. Unklar war allerdings, ob die für Verwertungsmaßnahmen am Rhein geltenden Erkenntnisse auch auf stehendes bzw. langsam fließendes Kanalwasser übertragbar sind.

Zur Klärung dieser Fragen wurden eine Sohlaufhöhungsmaßnahme im Wesel-Dattel-Kanal und im Datteln-Hamm-Kanal (1993) unter Federführung des Landesumweltamtes NRW von verschiedenen berührten Institutionen des Landes und des Bundes hinsichtlich verschiedener wissenschaftlicher und praxisrelevanter Fragestellungen begleitend untersucht.

Der vorliegende Untersuchungsbericht dokumentiert ausführlich das zugrundeliegende Untersuchungsprogramm, die Untersuchungsergebnisse (Waschberge-, Kanalwasser- und Porenwasseranalysen, Besiedlungsart und -dichte) und die Bewertung der Ergebnisse.

Als wesentliches Ergebnis kann vorweggenommen werden, daß sich die bei den beiden Verklappungsmaßnahmen eingesetzten Waschberge nicht nachteilig auf die Kanalwasserbeschaffenheit bzw. die Wiederbesiedlung der Kanalsohle ausgewirkt haben.

Um sicherzustellen, daß bei künftigen Verwertungsmaßnahmen in Kanälen durch den Einsatz ungeeigneter Waschberge und unsachgemäßen Einbau gewässerökologische Schäden entstehen, enthält der vorliegende Materialienband im Kapitel 7 Anforderungen an die stoffliche Beschaffenheit der Waschberge und Anforderungen an den Einbau.



Essen, im Oktober 1996

Dr. Ing. Harald Irmer  
Präsident des  
Landesumweltamtes NRW

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort .....	3
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Kenntnisstand</b> .....	<b>9</b>
<b>3. Untersuchungsprogramm</b> .....	<b>11</b>
3.1 Auswahl des Bergematerials (Herkunft, Korngröße) .....	11
3.2 Auswahl der Untersuchungsstrecken .....	12
3.3 Untersuchungen .....	13
3.3.1 Waschberge und Kanalsedimente .....	13
3.3.2 Kanalwasser .....	15
3.3.3 Porenwasser .....	21
3.3.3.1 Probenahmestellen .....	21
3.3.3.2 Probenahmetechnik .....	21
3.3.3.3 Beprobungstermine .....	23
3.3.3.4 Analytik .....	23
3.3.4 Besiedlung (Makrozoobenthos) .....	25
3.3.4.1 Parameter .....	25
3.3.4.2 Untersuchungsmethoden .....	25
3.3.4.3 Untersuchungstrecken und -termine .....	27
<b>4. Untersuchungsergebnisse</b> .....	<b>29</b>
4.1 Waschberge und Kanalsedimente .....	29
4.1.1 Korngrößenverteilung .....	29
4.1.2 Element- und Metallgehalte der Feststoffproben nach Königswasseraufschluß .....	30
4.1.3 Untersuchung der Feststoffproben im Eluat (anorganische Stoffe) .....	31
4.1.4 Gehalte organischer Substanzen .....	33
4.1.5 Biotoxische Wirkungen .....	33
4.2 Kanalwasser .....	35
4.2.1 Wesel-Datteln-Kanal .....	35
4.2.2 Datteln-Hamm-Kanal .....	36
4.3 Porenwasser .....	37
4.3.1 Wesel-Datteln-Kanal .....	37
4.3.2 Datteln-Hamm-Kanal .....	40
4.4 Besiedlung (Makrozoobenthos) .....	43
4.4.1 Allgemeine Angaben zur Besiedlung .....	43
4.4.2 Korngrößenzusammensetzung und Besiedlungsstruktur .....	46
4.4.3 Besiedlungsdynamik des Makrozoobenthos im Bereich der Pilot- und Anschlußstrecken im 1. Jahr nach der Verklappung .....	49
4.4.4 Vergleich der Besiedlung von ungesiebertem und gesiebertem Bergematerial .....	57
4.4.5 Langzeitwirkung des Makrozoobenthos auf Bergematerial .....	59
4.4.6 Besiedlungsverhalten der Wandermuschel Dreissena polymorpha .....	61

<b>5.</b>	<b>Beurteilung der Ergebnisse</b> .....	65
5.1	Waschberge.....	65
5.2	Kanalwasser.....	68
5.3	Porenwasser.....	70
5.4	Besiedlung (Makrozoobenthos).....	71
<b>6.</b>	<b>Bewertung der Ergebnisse</b> .....	73
<b>7.</b>	<b>Folgerungen und Empfehlungen für die Verwertung</b> .....	75
7.1	Anforderungen an die stoffliche Beschaffenheit.....	75
7.2	Anforderungen an den Einbau.....	76
7.3	Güteüberwachung und Überwachungsverfahren.....	76
7.3.1	Eigen- und Fremdüberwachung.....	76
7.3.2	Bauaufsicht.....	78
7.3.3	Kontrollprüfungen.....	78
7.3.4	Prüfstellen.....	79
<b>8.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	80
<b>Anhang</b>	.....	84
	Liste der bisher erschienenen LUA-Materialien.....	152

# 1. Einleitung

Bergsenkungsvorgänge im rechtsrheinischen Steinkohlenbezirk können die dort verlaufenden Schifffahrtskanäle des westdeutschen Kanalnetzes bereichsweise absenken. Da durch die vorgegebene Wasserhaltung in den Kanälen der Kanalwasserspiegel konstant ist, müssen in den abgesenkten Bereichen die Uferbefestigung und aus Standsicherheitsgründen der vorhandenen Uferbefestigung auch die Kanalsohle aufgehöhht werden. Zur Sohlaufhöhung können natürliche Schüttsteine, wie z.B. Grauwacke oder Basalt, oder Reststoffe, wie z.B. Waschberge, eingesetzt werden.

Als Waschberge wird das bei der Steinkohlengewinnung anfallende natürliche Gestein (Berge), das in der Aufbereitung (Wäsche) von der verwertbaren Kohle getrennt wird, bezeichnet.

Nach § 26 WHG darf die Verwendung dieser Materialien jedoch nicht zur Verunreinigung des Gewässers bzw. zur nachteiligen Veränderung seiner Eigenschaften führen. Bei den Waschbergen besteht die Möglichkeit einer Gewässerverunreinigung durch:

- die Freisetzung mitunter in der Bergfeuchte enthaltener erhöhter Chlorid- und Sulfatkonzentrationen,
- die Freisetzung geogener Schwermetalle und PAK
- die Sulfat- und Säurebildung als Folge der Pyritoxidation und ggfs. nachfolgender Freisetzung von Schwermetallen nach Aufbrauch der internen Pufferkapazität sowie
- die Freisetzung von im Bergbau verwendeten organischen Hilfsstoffen, die als Verunreinigung dem Bergematerial anhaften können (PCB, TCBT\*).

Durch frühere grundlegende Untersuchungen zu den physikalisch-chemischen sowie biologisch-ökologischen Auswirkungen der Waschbergeverklappung im Rhein sowie den am Rhein gemachten praktischen Erfahrungen haben sich die vorgenannten Möglichkeiten einer Gewässerverunreinigung dort als unbegründet herausgestellt (vgl. Kap. 2).

Eine Arbeitsgruppe des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen, die verbindliche Vorgaben für die Verwertung von Waschbergen zur Sohlaufhöhung von Waschbergen in Schifffahrtskanälen erarbeitet, hat jedoch in Frage gestellt, ob und inwieweit die für Verwertungsmaßnahmen am Rhein geltenden Erkenntnisse auch auf praktisch stehendes bzw. extrem langsam fließendes Kanalwasser übertragen werden können.

Im einzelnen handelt es sich um folgende Fragen:

- Wird durch die Verklappung von Waschbergen die Wasserqualität (pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Trübung, Sauerstoff, Chlorid, Sulfat, Schwermetalle, bergbauspezifische Verunreinigungen) am Ort der Verklappung bzw. in den angrenzenden Bereichen beeinflusst?
- Tritt nach der Ablagerung auf der Gewässersohle eine Oxidation des im Bergematerial enthaltenen Pyrits ein? Kommt es dadurch zur Freisetzung von leichtlöslichem Sulfat und Schwermetallen?
- Unterscheiden sich Art und Dichte der Besiedlung (Makrozoobenthos) bei alten und jungen Auffüllungen aus Waschbergen und gibt es signifikante Unterschiede der Besiedlung in Abhängigkeit von der Korngröße des Bergematerials bzw. zum Kanalsediment und zu anderen verwendeten Gesteinen?

\*TCBT = Tetrachlorbenzyltoluole

Zur Klärung der offenen Fragen wurde vereinbart, im Rahmen von zwei geplanten Sohlaufrhöhungsmaßnahmen im Wesel-Datteln-Kanal und im Datteln-Hamm-Kanal klärende Untersuchungen durchzuführen. Die Untersuchungen wurden vom Arbeitskreis "Waschberge im Wasserbau" gemeinsam geplant und durchgeführt. Dem Arbeitskreis gehören folgende Personen an:

Bazan (Ruhrkohle Montalith GmbH)  
Dr. Bertsch (Bundesanstalt für Gewässerkunde)  
Dr. Büther (Staatliches Umweltamt Herten)  
Engelen (Gewerkschaft Auguste Victoria GmbH)  
Heinrichsmeier (Staatliches Umweltamt Duisburg)  
Joeris (Wasser- und Schiffsamt Rheine, Außenstelle Hamm)  
Dr. Heiko Leuchs (Bundesanstalt für Gewässerkunde)  
Dr. Wolfgang Leuchs (Landesumweltamt NRW; Leiter der Planungs- und Berichtsphase)  
Rütten (Amphi-Bios, Gondershausen)  
Dr. Schiller (Landesumweltamt NRW)  
Dr. Vogt (Landesumweltamt NRW; Leiter der Untersuchungsphase)  
Winkler (Gewerkschaft Auguste Victoria GmbH)  
Dr. Wörsdorfer (Ruhranalytik, Laboratorium für Kohle und Umwelt GmbH)  
Wolters (Wasser- und Schiffsamt Duisburg-Meiderich)  
Dr. Tittizer (Bundesanstalt für Gewässerkunde).

Die Arbeiten wurden im Juli 1992 aufgenommen. Im April 1993 bzw. im August 1993 begannen die Verklappungsmaßnahmen am Wesel-Datteln-Kanal (WDK) im Bereich Marl bzw. am Datteln-Hamm-Kanal (DHK) bei Hamm. Die Maßnahmen waren im September 1993 (DHK) bzw. im Dezember 1993 (WDK) abgeschlossen.

Nach einer kurzen Zusammenfassung ist in Kapitel 2 der Kenntnisstand vor Beginn dieser Untersuchungen kurz dargestellt. Anschließend werden das aufgestellte Untersuchungsprogramm erläutert (Kap. 3), die vorliegenden Untersuchungsergebnisse dokumentiert, beschrieben, ausgewertet und bewertet (Kap. 4 bis 6) sowie Empfehlungen für eine gewässerverträgliche Verwertung von Waschbergen zur Sohlaufrhöhung in Schiffsfahrtskanälen gegeben (Kap. 7).

## 2. Kenntnisstand

Die bei der Steinkohlengewinnung und -aufbereitung anfallenden Waschberge sind hinsichtlich Belastung und Umweltauswirkung bei der Aufhaltung, bei der Verwertung im Erd- und Straßenbau bzw. bei der Verwendung als Wasserbaustoff zur Kolkverfüllung oder Sohlaufhöhung im Rhein gut untersucht. Spezielle Anforderungen, die sich aus diesen Untersuchungen und den langjährigen praktischen Erfahrungen ergeben haben, sind in Nordrhein-Westfalen z.T. verbindlich eingeführt (MWMV/MELF 1984: Bergehalten-Richtlinie; MURL/MSV 1991: Regelungen zur Verwertung im Straßen- und Erdbau).

Bei terrestrischer Aufhaltung oder Verwertung der Waschberge als Erdbaustoff z.B. in Straßendämmen oder Lärmschutzwällen muß durch verschiedene Maßnahmen sichergestellt werden, daß die mitunter erhöhten Gehalte auslaugbarer Chloride und Sulfate sowie insbesondere die Folgeprodukte der Pyritoxidation (Sulfat, Säure, Schwermetalle) nicht zu Grundwasserunreinigungen beitragen (vgl. auch VAN BERK 1986, KERTH 1988, WIGGERING und KERTH 1991, VOMBERG 1994). Sulfat, Säure und Schwermetalle können durch den Zutritt von Luftsauerstoff und Niederschlagswasser zu pyrithaltigem und karbonatarmem Bergematerial freigesetzt werden. Wenn Bergematerial zur Sohlaufhöhung in Oberflächengewässern eingesetzt wird und ständig unter einer Wasserbedeckung verbleibt, ist die Pyritoxidation bzw. das Vorkommen erhöhter Oxidationsraten dagegen aus folgenden Gründen unwahrscheinlich:

- Begrenzte Sauerstofflöslichkeit in Wasser,
- sauerstoffzehrende Vorgänge im Oberflächengewässer insbesondere an der Gewässersohle (organischer Detritus) und in der Bergeschüttung (Kohle, Siderit),
- geringe Diffusivität von Sauerstoff in Wasser,
- hohe Pufferkapazität des im Überschuß vorhandenen Oberflächenwassers führt nicht zur Versauerung in der Bergematerialschüttung und damit nicht zu einer Beschleunigung der mikrobiellen Pyritoxidation.

Folgende Untersuchungen bzw. Gutachten beschäftigen sich speziell mit den Auswirkungen der Verklappung von Waschbergen in Oberflächengewässern:

- Wasserwirtschaftliche Bewertung der Verklappung von Bergematerial des Steinkohlenbergwerks Walsum zum Sohlmassenausgleich in den Rhein (VAN BERK und KLUKAS 1987),
- Untersuchungen zum biologisch-ökologischen Verhalten von Bergematerial im Rhein, (TITTIZER et. al. 1988)
- Beurteilung der Verwendung von Waschbergen als Dammbaumaterial und zur Sohlenaufhöhung (BERTSCH 1990)
- Untersuchungen des Hygiene-Institutes Gelsenkirchen im Zusammenhang mit der Verklappung von Waschbergen im Wesel-Datteln-Kanal/AV-Hafen (HYGIENE-INSTITUT, 1991).

Als wesentliche Schlußfolgerung kann zusammenfassend festgehalten werden, daß der Einsatz von Waschbergen im Rhein ökologisch und wasserwirtschaftlich vertretbar ist. Waschberge werden von der aquatischen Wirbellosenfauna des Niederrheins als Besiedlungssubstrat angenommen, wobei sich die ortstypische Besiedlung nach etwa 9 Monaten einstellt.

Weder die unmittelbar aus Bergematerial freisetzbaren Inhaltsstoffe noch die durch sekundäre Prozesse in der Gewässersohle mobilisierten Bestandteile führen zu einer Verschlechterung der Rheinwasserqualität. Um ein Verdriften bzw. die Erosion feinkörniger und z.T. mit bergbauspezifischen Verunreinigungen behafteter Bergepartikel zu vermeiden, darf im Rhein allerdings nur Bergematerial > 14 mm verwendet werden. Darüber hinaus wird es aus Vorsorgegründen für erforderlich gehalten, die PCB- und TCBT-Belastung des Bergematerials zu begrenzen.

Zu den Auswirkungen der Bergeverklappung in Schifffahrtskanälen lag vor der Durchführung der in den nachfolgenden Kapiteln beschriebenen systematischen Untersuchungen nur die vom Hygiene-Institut am Wesel-Datteln-Kanal durchgeführte Untersuchung von 1991 (s.o.) vor. Diese beschränkte sich im wesentlichen auf die Untersuchung des eingesetzten Bergematerials (Feststoff, Eluat) sowie des Kanalwassers bis 3 Monate nach der Verklappung (ausgewählte Parameter). Die längerfristigen Auswirkungen der Verklappungsmaßnahme auf die Kanalwasserbeschaffenheit und die Besiedlung des Bergematerials an der Gewässersohle wurde nicht geprüft. Die Untersuchungsergebnisse zeigen geringfügig angestiegene Chloridgehalte im Kanalwasser während der Verklappung. Während PCB vor Beginn der Verklappungsmaßnahme nicht festgestellt wurden, waren PCB am Ende der Verklappung nachweisbar. Es konnte jedoch kein Zusammenhang zwischen den PCB-Befunden und der Waschbergeverklappung festgestellt werden.

### 3. Untersuchungsprogramm

Zur Klärung der in der Einleitung genannten offenen Fragen wurde vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen ein Untersuchungsprogramm entworfen, das im Arbeitskreis ergänzt wurde, um ein möglichst vollständiges, dem Pilotcharakter Rechnung tragendes Bild zu erhalten.

Das Programm gliedert sich in vier Teile:

- Chemisch- physikalische und ökotoxikologische Untersuchung sowie Charakterisierung der Feinkornfraktion von zwei Waschberge-Typen unterschiedlicher Korngrößenzusammensetzung sowie Kanalsedimenten (Natursohle) aus den geplanten Verklappungsbereichen,
- Untersuchungen der Kanalwasserbeschaffenheit im Verlauf der Baumaßnahmen zur Erkennung kurz- und mittelfristiger Auswirkungen durch lösliche und feinkörnige Waschbergebestandteile,
- tiefenorientierte Porenwasseruntersuchungen zur Abschätzung von chemischen Reaktionen im Interstitial und zum Austausch zwischen Porenwasser und Kanalwasser in unterschiedlich alten Waschberge-auffüllungen sowie Natursohlebereichen und
- differenzierte Untersuchungen zur (Wieder)Besiedlung von Bergematerial in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf und der Korngröße des Bergematerials.

Details zur Durchführung der einzelnen Programme werden in diesem Kapitel nach einer Einführung über Auswahl der Standorte und der Bergematerialien beschrieben.

#### 3.1 Auswahl des Bergematerials (Herkunft, Korngröße)

Zur Zeit werden im Ruhrkohle-Konzern 15 Steinkohlenbergwerke betrieben, auf denen ca. 37 Mio t/a Waschberge anfallen. Ihre geographische Lage zeigt Abb. A 3.1-1 (siehe Anhang).

Die geförderte Rohkohle (Kohle und Nebengestein) wird in der Regel in einer vorgeschalteten Sieb- und Brechanlage bei 120 mm abgesiebt, der Siebüberlauf von Fremdstoffen (Holz- und Eisenteile) befreit, in Brechern auf <120 mm zerkleinert und zusammen mit dem Siebdurchgang einer Vergleichmäßigungsanlage zugeführt.

In der Aufbereitung (Wäsche) wird das Nebengestein (Berge) mit Hilfe von Wasser ohne Zugabe von Reagenzien von der Kohle getrennt.

Der bei der Naßaufbereitung entstehende Schlamm (Korngröße < 0,5 mm) wird in Flotationsanlagen sortiert.

Als Produkte auf der Bergeseite fallen aufgrund der Aufbereitungstechnik somit zwangsläufig Waschberge in der Körnung 0 - 120 mm und Flotationsberge an.

Die aus der Flotation stammenden Feinstberge werden auf den Bergwerken entweder dem Waschbergstrom zugeführt oder gesondert abgesteuert.

Um den Einfluß des Waschbergeinbaus auf die Sediment- und Wasserbeschaffenheit beurteilen zu können, wurde vereinbart, jeweils eine Pilotstrecke mit **geseibten** und **ungeseibten** Waschbergen - ohne Flotationsberge - zu schütten.

Im Hinblick auf die nur im Hafen des Bergwerks Auguste Victoria (AV) in Marl vorhandene Siebanlage wurde für das **abgeseibte** Bergematerial > 60 mm eine Pilotstrecke im **Wesel-Datteln-Kanal** gewählt (s. Abb. A 3.1-2).

Für die Pilotstrecke im **Datteln-Hamm-Kanal** wurde **ungeseibtes** Bergematerial des Bergwerks Heinrich Robert (RAG) in Hamm in der Körnung 0 - 120 mm eingesetzt (s. Abb. A 3.1-3).

### 3.2 Auswahl der Untersuchungsstrecken

Die Auswahl der Untersuchungsstrecken wurde durch die Lage von früher verklapptem Bergematerial im Datteln-Hamm-Kanal und im Wesel-Datteln-Kanal vorgegeben. Zur Untersuchung des Besiedlungsverhaltens von frisch verklapptem Bergematerial wurde am Datteln-Hamm-Kanal und Wesel-Datteln-Kanal jeweils eine Pilotstrecken eingerichtet (siehe Tab. 3.2-1 und 3.2-2 sowie Abb. A 3.1-2 und A 3.1-3).

Eine Übersicht über die Untersuchungsstrecken am **Datteln-Hamm-Kanal** gibt folgende Tabelle:

Tabelle 3.2-1: Abschnitte mit verklappten Waschbergen am **Datteln-Hamm-Kanal**

	DHK-km	Zeit der Verklappung	Verklappte Waschberge	
			gesamt [t]	täglich [t]
früher	27,3-31,5	1984	443.000	
verklapptes Bergematerial	8,9-10,2	1986	52.000	
Pilotstrecke	18,5-19,2	1990	20.300	
	28,6-28,8	16.08.-6.09.1993	24.980	bis max. 2.600

Die Einrichtung der Pilotstrecke am **Wesel-Datteln-Kanal** erfolgte im Rahmen einer Kanalsohlenaufhöhung im Bereich des Hafens des Bergwerks Auguste Victoria und des angrenzenden Kanalabschnittes. Diese Baumaßnahme wurde in 3 Teilabschnitten durchgeführt. Eine Übersicht über Zeitraum, Menge und Orte der durchgeführten Verklappungsarbeiten sowie über die Lage von früher verklapptem Bergematerial am Wesel-Datteln-Kanal ist der Tabelle 3.2-2 zu entnehmen.

Tabelle 3.2-2: Abschnitte mit verklappten Waschbergen am **Wesel-Datteln-Kanal**.

		WDK-km	Zeit der Verklappung	Verklappte Waschberge	
				gesamt [t]	täglich [t]
früher verklapptes Bergematerial	Liegestelle Südufer	38,539 - 38,876	vor 1990	25.000	
Pilotstrecke	Teilabschnitt I Kanal	38,876 - 39,200	6.04.1993 - 28.06.1993	42.500	500 - 700
	Teilabschnitt II Kanal	37,935 - 38,539	29.06.1993 - 12.11.1993	71.600	500 - 700
	Teilabschnitt III Hafen (AV)	38,876 - 39,200	13.11.1993 - 14.12.1993	26.100	500 - 700

### 3.3 Untersuchungen

#### 3.3.1 Waschberge und Kanalsedimente

Auf der Grundlage des gemeinsamen Meßprogramms wurden vier repräsentative Feststoffproben (Waschberge von AV und RAG sowie Sedimente aus der Natursohle des Wesel-Datteln-Kanals und Datteln-Hamm-Kanals) durch das LUA entnommen. Ort und Datum der **Probenahme** sind Tabelle 3.3.1-1 zu entnehmen, eine Zusammenstellung der Bestimmungsmethoden enthält Tabelle 3.3.1-2.

Zur **Probenvorbereitung** wurden die den groben Waschbergen anhaftenden Feinkornanteile durch Bürsten mechanisch abgetrennt; die Kanalsedimente wurden ohne weitere Probenvorbehandlung untersucht. Die Feststoffproben wurden einer Siebanalyse unterworfen; in der durch **Siebung** abgetrennten Kornfraktion <0,63 mm wurde die Korngrößenverteilung mittels Laserbeugungsspektrometrie ermittelt.

Aufgrund der geringen Feinstkorngehalte < 0,063 mm der Waschberge wurde abweichend vom ursprünglichen Meßprogramm die Fraktion < 0,63 mm (im folgenden als "**Feinkornfraktion**" bezeichnet) untersucht, um ausreichende Probenmengen für das umfangreiche Meßprogramm zur Verfügung zu haben. Zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden die Kanalsedimente ebenfalls in dieser Fraktion untersucht.

Die Meßgrößen **Leitfähigkeit, Ammonium, Phosphor und Salze** wurden im wäßrigen Eluat (DIN 38414-S4) der Feinkornfraktion (hier definiert als Fraktion < 0,63 mm) bestimmt; die Ergebnisse der Doppelbestimmungen sind auf Feststoffgehalte umgerechnet und vollständig angegeben.

Die Gehalte an **Metallen, Arsen und Phosphor** in der Feinkornfraktion wurden nach Königswasseraufschluß (DIN 38414-S7) mittels ICP bzw. Quecksilber mittels AAS

bestimmt. Bei insgesamt vier Aufschlüssen traten bei einigen Elementen ungewöhnlich hohe Standardabweichungen auf, die bei den Ergebnissen jeweils mit aufgeführt sind.

Die extrahierbaren organischen Halogenverbindungen (EOX) sowie ausgewählte organische Komponenten (PAK, PCB und TCBT) wurden ebenfalls in der Feinkornfraktion der Feststoffproben bestimmt; die Proben wurden nach Extraktion gaschromatographisch analysiert.

Aufgrund auffälliger Teilergebnisse bei Arsen und Schwermetallen sind in einem weiteren Schritt ergänzende Untersuchungen in der Feinkornfraktion im wässrigen Eluat (DIN 38414-S4) sowie nach wässriger Elution unter konstanten pH-Bedingungen (pH 4 und pH 11 nach Cremer-Obermann) durchgeführt worden. Darüber hinaus wurden Waschberge aus anderen Bergwerken auch auf Metalle untersucht.

Die **Toxizitätsprüfung** gegenüber Daphnien, Algen und Leuchtbakterien erfolgte in neutralisierten S4-Eluaten der Waschberge-Feinkornfraktion.

Die Bestimmung der organischen Komponenten und des EOX übernahm Ruhranalytik; die Probenvorbereitung sowie die restlichen chemisch-physikalischen Untersuchungen wurden im LUA durchgeführt.

Tabelle 3.3.1-1: Probenahme der Feststoffproben

Probe	WESEL-DATTELN-KANAL		DATTELN-HAMM-KANAL	
	Waschberge AV	Sediment	Waschberge RAG	Sediment
LUA-Proben Nr.	45096	43792	45370	45371
PN-Datum	05.04.1993	05.04.1993	17.08.1993	17.08.1993
Ort	Siebanlage Hafen AV	km 38,5-39,3 Nord	Mühlenwegbrücke km 28,15 Süd	km 36,0-36,4

Tabelle 3.3.1-2: Bestimmungsmethoden der Feststoffuntersuchungen

Art der Untersuchung	Meßgröße	Einheit	Bestimmungsmethode
Feststoffuntersuchungen	Korngrößenverteilung	%	Laserbeugungsspektrometrie
	Trockenrückstand	%	DIN 38 414-S2
Aufschlüsse und Eluate	pH-Wert		DIN 38 404-C5
	el. Leitfähigkeit	mS/m	DIN 38 404-C8
	Ammonium-N	mg/kg	DIN 38 406-E5-1
	Gesamt-Phosphat-P	mg/kg	DIN 38 405-D11-4
	Chlorid	mg/kg	DIN 38 405-D19
	Sulfat	mg/kg	DIN 38 405-D19
	Calcium	mg/kg	DIN 38 406-E3-2
	Magnesium	mg/kg	DIN 38 406-E3-3
	Aluminium	mg/kg	DIN 38 406-E22
	Arsen	mg/kg	DIN 38 406-E22
	Cadmium	mg/kg	DIN 38 406-E22
	Chrom	mg/kg	DIN 38 406-E22
	Kupfer	mg/kg	DIN 38 406-E22
	Eisen	mg/kg	DIN 38 406-E22
	Quecksilber	mg/kg	DIN 38 406-E22
		mg/kg	DIN 38 406-E12-3
	Kalium	mg/kg	DIN 38 406-E22
	Mangan	mg/kg	DIN 38 406-E22
	Natrium	mg/kg	DIN 38 406-E22
	Nickel	mg/kg	DIN 38 406-E22
	Phosphor	mg/kg	DIN 38 406-E22
	Blei	mg/kg	DIN 38 406-E22
	Zink	mg/kg	DIN 38 406-E22
	PCB	µg/kg	DIN 38 414-S20
	TCBT	µg/kg	DIN 38 414-S20
	PAK	µg/kg	GC-Methode
	EOX	mg/kg	DIN 38 414-S17
	Daphnien-Toxizität	GD	DIN 38 412-L30
	Leuchtbakterien-Toxizität	GL	DIN 38 412-L34
	Algen-Test	GA	DIN 38 412-L33

### 3.3.2 Kanalwasser

Im Rahmen des Projektes wurden in den jeweiligen Verklappungsgebieten Kanalwasseruntersuchungen von AV, der Ruhranalytik, dem LUA und dem Staatlichen Umweltamt Herten (StUA Herten) im Wesel-Datteln-Kanal und im Datteln-Hamm-Kanal durchgeführt.

Die Probenahme und Bestimmung der Vor-Ort-Meßgrößen erfolgte in der Regel von Bord des Stromaufsichtsbootes "Bussard". Wasserproben aus dem Oberflächenbereich wurden mit einem Probenschöpfer (Glasgefäß) bzw. bei der tiefenspezifischen Probenahme mit einem Ruttnerschöpfer (Glasgefäß) entnommen.

Für die Untersuchung der Kanäle bzw. der Wasserproben wurden die in Tabelle 3.3.2-1 zusammengestellten Untersuchungsverfahren angewendet.

In den folgenden Tabellen sind die durchgeführten Untersuchungsprogramme im WDK (Tab. 3.3.2-2) und im DHK (Tab. 3.3.2-3) zusammengestellt.

Tabelle 3.3.2-1: Angewendete Untersuchungsverfahren

Meßgröße	Untersuchungsverfahren DIN
<b>1. StUA Herten</b>	
<b>Vor Ort</b>	
O <sub>2</sub> [mg/l]	38408-G22
pH-Wert	38404-C5
Lf [ms/m]	38404-C8
H <sub>2</sub> O temp. [C°]	38404-C4
Sichttiefe [cm]	38404-C2 (Sichtscheibe)
<b>Sonstige</b>	
NH <sub>4</sub> -N [mg/l]	38406-E5-2
Abfiltr. Stoffe [mg/l]	38409-H2
<b>Anionen</b>	
NO <sub>3</sub> -N [mg/l]	38405-D19
Cl <sup>-</sup> [mg/l]	38405-D19
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	38405-D19
Hydrogencarbonat [mg/l]	38409-H7
<b>Metalle</b>	
Pges. [mg/l]	38406-E22
Cu [mg/l]	38406-E22
Cr [mg/l]	38406-E22
Cd [µg/l]	38406-E19-3
Hg [µg/l]	38406-E12-3
Ni [mg/l]	38406-E22
Pb [mg/l]	38406-E6-3
Zn [mg/l]	38406-E22
Fe [mg/l]	38406-E22
Mn [mg/l]	38406-E22
As [mg/l]	38405-D18
Ca [mg/l]	38406-E22
Mg [mg/l]	38406-E22
Na [mg/l]	38406-E22
K [mg/l]	38406-E22

Tabelle 3.3.2-1 (Fortsetzung)

Meßgröße	Untersuchungsverfahren DIN
<b>Organische Summenparameter</b>	
TOC [mg/l]	38409-H3
DOC [mg/l]	38409-H3
AOX [mg/l]	38409-H14
PAK [µg/l]	HPLC-FLD
PCB/TCBT [µg/l]	anal.DEV-F2

Meßgröße	Untersuchungsverfahren DIN
<b>2. LUA</b>	
Cl <sup>-</sup> [mg/l]	38405-D19
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	38405-D19

Meßgröße	Untersuchungsverfahren DIN
<b>3. Ruhranalytik</b>	
pH	38404-C5
Lf [ms/m]	38404-C8
Cl <sup>-</sup> [mg/l]	38405-D19
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	38405-D19
DOC [mg/l]	38409-H3
AOX [mg/l]	38409-H14
PAK [µg/l]	HPLC
PCB/TCBT [µg/l]	analog DEV-F2

Meßgröße	Untersuchungsverfahren DIN
<b>4. Gewerkschaft AV</b>	
Durchsicht (cm)	38404-C2 (Sichtscheibe)
Absetzbare Stoffe [mg/l]	38409-H9
Abfiltr. Stoffe [mg/l]	38409-H2
Lf [µS/cm]	38404-C8
pH	38404-C5
Cl <sup>-</sup> [mg/l]	38405-D19
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	38405-D19
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	38405-D19
Fe (gel.) [mg/l]	38406-E22

Tabelle 3.3.2-2: Untersuchungen im Kanalwasser des WDK

Datum	Probenahme- stelle (km)	Status	Programm	Ergebnisse in Tabelle
01.04.1993	37,9 - 39,3	1	Längsprofil	A 4.2.1-1
01.04.1993	38,4	1	Wasserprobe	A 4.2.1-6/PN 93-22-6
01.04.1993	38,4	1	Wasserprobe nach Verwirbelung durch Schiffsvorbeifahrt	A 4.2.1-6/PN 93-22-5
08.06.1993	37,9 - 39,3	2	Längsprofil	A 4.2.1-2
08.06.1993	39,1	2	Wasserprobe aus aktuellem Verklappungsbereich	A 4.2.1-6/PN 93-2-12-1
08.06.1993	39,1	2	Wasserprobe nach Verwirbelung durch Schiffsvorbeifahrt	A 4.2.1-6/PN 93-2-12-2
15.07.1993	37,9 - 39,3	2	Längsprofil	A 4.2.1-3
15.07.1993	38,5	2	Tiefenprofil außerhalb des aktuellen Verklappungsbereichs	A 4.2.1-4
15.07.1993	38,0	2	Tiefenprofil im aktuellen Verklappungsbereich	A 4.2.1-4
15.07.1993	38,5	2	Wasserprobe	A 4.2.1-6/PN 93-2-66-1
15.07.1993	38,0	2	Wasserprobe	A 4.2.1-6/PN 93-2-66-2
12.07.1994	37,9 - 39,3	3	Längsprofil	A 4.2.1-5
12.07.1994	38,5	3	Wasserprobe	A 4.2.1-6/PN 94-1-66-3
12.07.1994	38,5	3	Wasserprobe nach Schiffsvorbeifahrt	A 4.2.1-6/PN 94-1-66-4
27.05.-29.11.93	39,6	2	Zeitreihe "Oberhalb" der Verklappungsmaßnahme	A 4.2.1-7
27.05.-29.11.93	38,4	2	Zeitreihe im Verklappungsgebiet	A 4.2.1-7
23.02.1994	38,5	3	Wasserprobe	A 4.2.2-7/PN 94-1-66-1

Legende:

Status 1: Vor der Verklappung von Waschbergen

Status 2: Während der Verklappung von Waschbergen

Status 3: Nach der Verklappung von Waschbergen

Tabelle 3.3.2-3 Untersuchungen im Kanalwasser des DHK

Datum	Probenahme- stelle (km)	Status	Programm	Ergebnisse in Tabelle
04.08.1993	28,6 - 28,8	1	Längsprofil	A 4.2.2-1
04.08.1993	28,7	1	Wasserprobe	A 4.2.2-5/PN 93-1-66-1
04.08.1993	28,7	1	Wasserprobe nach Verwirbelung durch Schiffsvorbeifahrt	A 4.2.2-5/PN 93-1-66-2
17.08.1993	28,6 - 28,8	2	Längsprofil	A 4.2.2-2
17.08.1993	28,8	2	Tiefenprofil außerhalb des aktuellen Verklappungsbereichs	A 4.2.2-3
17.08.1993	28,65	2	Tiefenprofil im aktuellen Verklappungsbereich	A 4.2.2-3
17.08.1993	28,8	2	Wasserprobe	A 4.2.2-5/PN 93-1-66-7
17.08.1993	28,65	2	Wasserprobe	A 4.2.2-5/PN 93-1-66-8
28.09.1993	28,6 - 28,8	3	Längsprofil	A 4.2.2-4
28.09.1993	28,7	3	Wasserprobe	A 4.2.2-5/PN 93-1-66-9
28.09.1993	28,7	3	Wasserprobe nach Verwirbelung durch Schiffsvorbeifahrt	A 4.2.2-5/PN 93-1-66-10
16.08.-06.09.93	28,6 - 28,8	2	Zeitreihe im Verklappungsgebiet	A 4.2.2-6
23.02.1994	28,7	3	Wasserprobe	A 4.2.2-7/PN 94-1-66-2

Legende:

Status 1: Vor der Verklappung von Waschbergen

Status 2: Während der Verklappung von Waschbergen

Status 3: Nach der Verklappung von Waschbergen

### **3.3.3 Porenwasser**

#### **3.3.3.1 Probenahmestellen**

Als Probenahmestellen wurden ausgewählt:

##### **WDK:**

1. km 39,000 (N) mit Bergematerial von 1993
2. km 38,600 (S) mit Bergematerial von vor 1991
3. km 40,508 (N) mit Natursohle als Referenz

##### **DHK :**

4. km 28,700 (N) mit Bergematerial von 1993
5. km 27,600(S) mit Bergematerial von 1984
6. Die Referenzstelle mußte entfallen, da die einzige Stelle, die noch eine Natursohle enthielt, bereits 1994 saniert werden mußte und keine langfristige Beobachtung zuließ.

#### **3.3.3.2 Probenahmetechnik**

Aufgrund von früheren Erfahrungen bei der Gewinnung von Porenwasserproben unter der Sohle der Wasserstraße von der Taucherglocke aus wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Wasserbau der TH Darmstadt eine Sonde entwickelt, die es erlaubt, tiefenorientiert Porenwasserproben zu gewinnen. Die Probenahme erfolgt dabei in einer Tiefe von 0,25, 0,5 und 1,0 m unter der Sohle. Mittels dieser Sonden ist es möglich, die Konzentrationsveränderungen im Porenwasser unter der Sohle tiefenorientiert in Abhängigkeit von der Zeit zu verfolgen.

##### **Konstruktion der Sonden**

Die Sonden von 4,0 cm Durchmesser und 110 cm Länge wurden aus korrosionsfestem Edelstahl mit drei vertikal getrennten Filterstrecken in 25, 50 und 100 cm Tiefe und von 5 cm Länge hergestellt (Abbildung 3.3.3-1). Die drei Entnahmepositionen können voneinander unabhängig beprobt werden. Die Probenahmeschläuche bestehen aus PTFE (Teflon).

Als Referenzsonde für die Untersuchung des Materialflusses auf die Wasserinhaltsstoffe wurde zusätzlich eine Sonde aus PVC an der Position WDK 1 eingebracht.

##### **Einbau der Sonden**

Die Sonden wurden von einem Arbeitsfloß mit Hilfe eines Rammgerätes in die Sohle eingebracht. Der Abstand zur Spundwand beträgt je nach Kanalposition zwischen 4,00 und 8,00 m. Nach dem Setzen der Sonden wurde das Rammgestänge gezogen, während die Sonden in der Sohle verbleiben. Die vertikale Position der Sonde ist so bemessen, daß die Lage der Probenahmepunkte (Filtermitte) den oben genannten Werten entspricht. Ein Hüllrohr aus PVC schützt die Probenahmeschläuche vor einer Beschädigung. Mit Hilfe eines Tauchers wurden die Hüllrohre auf der Sohle bis zur Spundwand verlegt und durch Spundbohlenstücke (1m) gesichert. An der Spundwand ist das Hüllrohr im Schutz einer Talbohle (wasserseitig) durch angeschweißte Laschen befestigt. Etwa 0,5 m

unterhalb der Spundwandoberkante befindet sich die Durchführung durch die Spundwand.

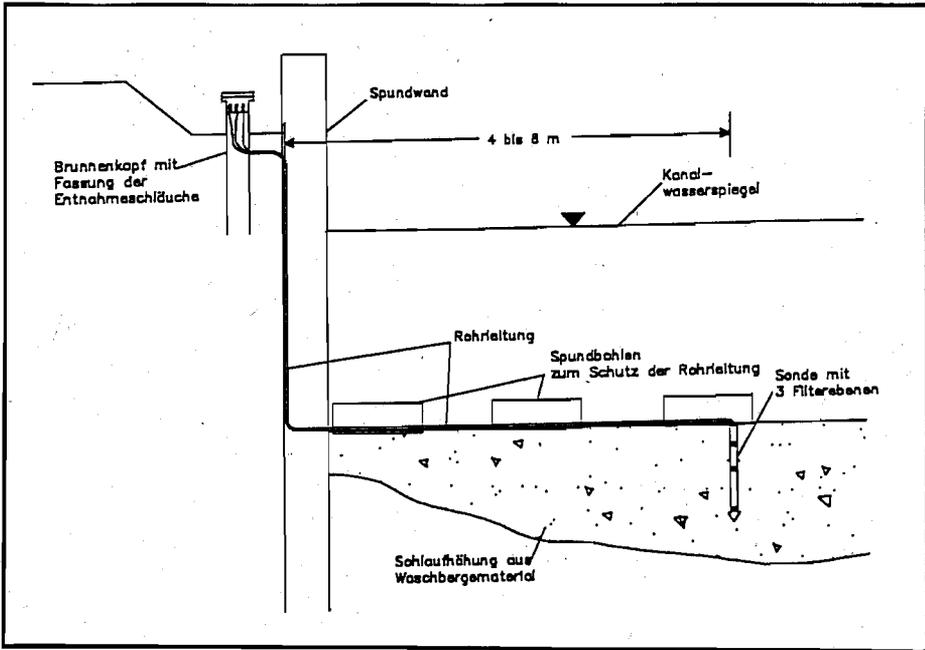


Abbildung 3.3.3-1: Prinzipskizze der eingebauten Sonden (nicht maßstäblich)

### 3.3.3.3 Beprobungstermine

Die Probenahmen fand an folgenden Terminen statt:

- 22.-24. Nov. 1993
- 12.-14. April 1994
- 19.-21. Juli 1994
- 27.-29. Sept. 1994

Die erste orientierende Porenwasserprobenahme erfolgte vom 22. bis 24. November 1993. Aufgrund der niedrigen Außentemperaturen von meistens unter 0 °C gelang es nicht immer, für alle Analysen ausreichende Probenmengen zu gewinnen, da das Porenwasser im Förderschlauch einfro. Teilweise konnte nur eine geringe Wassermenge gefördert werden, da die Sonde offensichtlich in eine gering wasserdurchlässige Schicht gesetzt worden war, wie z.B. am WDK bei km 40,5 (N) mit der naturbelassenen Sohle.

### 3.3.3.4 Analytik

Die Parameterliste mit Nachweisgrenzen, Bestimmungsmethode und verwendeter Gerätetechnik ist in Tabelle 3.3.3-1 zusammengestellt. Aufgrund der bisherigen vorliegenden Befunde über Bergematerial und Kanalwasser war im Porenwasser eine Analytik auf organische Inhaltsstoffe nicht mehr erforderlich.

Tab. 3.3.3-1: Parameterliste mit Nachweisgrenze, Bestimmungsmethode und eingesetzter Gerätetechnik

Parameter	SYMBOL	EINHEIT	Nachweisgrenzen NWG	Bestimmungsmethode	Gerätetechnik
Wasserstoffkonzentrationen	pH			DIN 38 404-C5	
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l		DIN 38 408-G22	
Temperatur	T	°C			
Leitfähigkeit	LF	µS/cm		DIN 38 404-C8	
Abdampfdruckstand		mg/l	< 1	DIN 38 409-H1-5	
Äußere Beschaffenheit					
Kalium	K <sup>+</sup>	mg/l	< 0,10	DIN 38 406-E-13	AAS-Flamme
Natrium	Na <sup>+</sup>	mg/l	< 0,1	DIN 38 406-E-14	AAS-Flamme
Ammonium	NH <sup>+</sup>	mg/l	< 0,2	DIN 38 406-E5-1	Photometrisch
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	< 2	DIN 38 406-E3-2	komplexometrisch
Magnesium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	< 0,5	DIN 38 406-E3	komplexometrisch
Eisen	Fe <sup>++</sup>	mg/l	< 0,15	AAS-Flamme	
Mangan	Mn <sup>++</sup>	mg/l	< 0,10	AAS-Flamme	
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mg/l	< 1	Verfahren n. Dr. Lange	Photometrisch
Nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	< 0,05	DIN 38 405-D10	"
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	< 1	DIN 38 405-D9	"
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	< 20	DIN 38 405-D5	Komplexometrisch
Sulfid	S <sup>-</sup>	mg/l	< 0,1	DEV D7	Photometrisch
Hydrogencarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l			
Phosphat (gesamt)	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	< 0,1	DIN 38 405-D11-4	"
Borat	BO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	< 0,01	DIN 38 405-D17	"
Säureverbrauch	m-Wert	myal/l	0,1 mmol/l	DIN 38 409-H7	Titrimetrisch
Gesamthärte	GH	°d		DIN 38 406-E3-3	Komplexometrisch
Karbonathärte	KH	°d			
Nichtkarbonathärte	NKH	°d			
freie Kohlensäure	CO <sub>2</sub> frei	mg/l			
kalkaggressive Kohlensäure	CO <sub>2</sub> aggr.	mg/l		DIN 38 404 C10-2	Titrimetrisch
Blei	Pb	µg/l	< 1	DIN 38 406-E6-5	AAS-HGA
Cadmium	Cd	µg/l	< 0,05	DIN 38 406-E19-3	AAS-HGA
Chrom	Cr	µg/l	< 1	DIN 38 406-E10-2	AAS-HGA
Kupfer	Cu	µg/l	< 1	DIN 38 406-E7-2	AAS-HGA
Nickel	Ni	µg/l	< 1	DIN 38 406-E11-2	AAS-HGA
Quecksilber	Hg	µg/l	< 0,04	DIN 38 406-E12-3	AAS-MHS
Zink	Zn	µg/l	< 1	DIN 38 406-E8	AAS-HGA
Arsen	As	µg/l	< 1	DIN 38 405-D18	AAS-MHS

### 3.3.4 Besiedlung (Makrozoobenthos)

#### 3.3.4.1 Parameter

Zur Beschreibung und Charakterisierung des Makrozoobenthos in den einzelnen Untersuchungsstrecken wurden die biologischen Parameter Artenvielfalt, Populationsdichte (Besiedlungsdichte der einzelnen Arten) und die Gesamtbesiedlungsdichte verwendet.

Desweiteren wurden für einen Vergleich der einzelnen Probenkollektive die statistischen Parameter Minimum, Quartil 1, Median, Quartil 3, Maximum und das arithmetische Mittel verwendet. Während der Untersuchung vor Ort wurde darüber hinaus die Korngrößenzusammensetzung des entnommenen Sohlensubstrates geschätzt. Die Einteilung der Korngrößen in Korngrößenklassen ist der Tabelle 3.3.4-1 zu entnehmen:

Tabelle 3.3.4-1: Einteilung der Korngrößen in Korngrößenklassen

Korngrößenklasse	Korngröße
Grobstein	>250 mm
Mittelstein	>125 bis 250mm
Feinstein	>63 bis 125mm
Kies	>2 bis 63mm
Sand	0,063 bis 2mm
Schluff	<0,063mm

#### 3.3.4.2 Untersuchungsmethoden

Die quantitativen Bestandsaufnahmen des Makrozoobenthos erfolgten nach einer an der Bundesanstalt für Gewässerkunde eigens für schiffbare Flüsse und Kanäle entwickelten Untersuchungstechnik (TITTIZER & SCHLEUTER, 1986). Zum Einsatz kam hierbei ein Arbeitsschiff, welches mit einem Bagger ausgestattet war. Die Probenahme erfolgte mit einem Zweischalen- bzw. Polypgreifer. Zu den jeweiligen Untersuchungsterminen wurden zu diesem Zweck Schiffe der Wasser- und Schifffahrtsämter Rheine, Außenstelle Hamm und Duisburg-Meiderich zur Verfügung gestellt.

Mit Hilfe dieser Untersuchungstechnik lassen sich unabhängig vom Kanalwasserstand Substratproben unterschiedlicher Korngrößen aus dem Kanalbett bergen. Desweiteren erlaubt diese Untersuchungstechnik, aufgrund der großen Oberfläche der Greiferproben (ca. 1-1,5 m<sup>2</sup>, je nach eingesetztem Greifer), die Entnahme von repräsentativen Teilproben und ermöglicht unmittelbar vor Ort einen ersten Überblick über die Besiedlungsverhältnisse. Die entnommenen Teilproben umfaßten eine Fläche von 1/8 m<sup>2</sup>. Um einen Überblick über die Besiedlung der einzelnen Untersuchungsstrecken zu erhalten und eine statistische Auswertung der Ergebnisse zu ermöglichen, wurden pro Untersuchungsstrecke jeweils 10 Einzelproben zur späteren quantitativen Auswertung entnommen.

Die Aufarbeitung der Proben erfolgte an Bord. Hierzu wurden die Proben in Siebe mit Maschenweiten von 2 mm, 0,6 mm und 0,2 mm überführt, mit Wasser gespült und so von Trübstoffen befreit. Die Siebrückstände mit den Organismen wurden mit 96% igem Alkohol konserviert. Die weitere Aufarbeitung des biologischen Materials im Labor erfolgte unter optischer Vergrößerung. Hierbei wurden die Organismen taxonomisch erfaßt, gezählt und zum späteren Vergleich der Populationsdichten auf eine Fläche von 1 m<sup>2</sup> hochgerechnet.

### 3.3.4.3 Untersuchungsstrecken und -termine

Im Jahresverlauf unterliegt die Besiedlung, insbesondere hinsichtlich der Populationsdichte einzelner Arten, natürlichen zyklischen Schwankungen. Um diese Dynamik bei der Untersuchung des Bergematerials zu erfassen, wurden zusätzliche Referenzstellen untersucht. Ebenso wurden am Datteln-Hamm-Kanal die unmittelbar an die Pilotstrecke anschließenden Bereiche (Anschlussstrecken 1 und 2) untersucht. Dies diente der Klärung, ob eine Beeinflussung des Makrozoobenthos im unmittelbaren Nahbereich des frisch verklappten Bergematerials (Pilotstrecke) stattfindet und wenn ja, wie lange diese andauert.

Eine Gesamtübersicht der Untersuchungsstrecken einschließlich der Untersuchungszeitpunkte enthält die Tabelle 3.3.4-2.

Die am Datteln-Hamm-Kanal ursprünglich ausgewählten Referenzstrecken 1 und 2 (DHK-km 36,0 - 36,2 und DHK-km 39,5 - 39,65) erwiesen sich, aufgrund der von dem verklappten Bergematerial stark abweichenden Korngrößenzusammensetzung (Referenzstrecke 1) und dem hinter der Schleuse Hamm (Referenzstrecke 2) stark abnehmenden Schiffsauflagen, als ungeeignet. Stattdessen wurde der Kanalabschnitt (siehe Abb. A 3.1 - 3) zwischen DHK-km 27,55 und 27,7 als Referenzstrecke ausgewählt. Aus dem Bereich mit frisch verklappten Bergematerial am Wesel-Datteln-Kanal wurde der Teilabschnitt III (WDK-km 38,9-39,2, vergl. Tab. 3.2-2) als Pilotstrecke ausgewählt (siehe Abbildung A 3.1 -2).

Die Verklappung des Bergematerials im Teilabschnitt I erfolgte im Zeitraum April - Juni, im Teilabschnitt II Juni - November, wogegen im Teilabschnitt III das Bergematerial erst in den Monaten November und Dezember verklappt wurde. Somit kann eine Beeinflussung der Neubesiedlung im Teilabschnitt III durch laufende Verklappungsarbeiten in benachbarten Teilabschnitten I und II ausgeschlossen werden. Im weiteren Verlauf wurde auch der Teilabschnitt I (WDK-km 38,9- 39,2) 1 ½ Jahre nach der Verklappung untersucht.

Tabelle 3.3.4-2: Programm der Makrozoobenthosuntersuchungen

		Untersuchung								
		vor	nach Verklappung							
		Verklapp.	2 Mon.	6 Mon.	1 Jahr	1,5Jahre	3 Jahre	4Jahre	7 Jahre	9 Jahre
Datteln-Hamm-Kanal	DHK-km	28.04.-30.04.	15.11.	14.03.	24.10.		28.04.	25.10.	28.04.	4.05.
		04.05.-05.05.	1993	1994	1994		1993	1994	1993	1993
		1993								
Anschlußstrecke 1	28,2-28,6	+	+	+	+					
Pilotstrecke	28,6-28,8	+	+	+	+					
Anschlußstrecke 2	28,8-29,2	+	+	+	+					
Referenzstrecke 1	36,0 - 36,2	+								
Referenzstrecke 2	39,5-39,65	+								
Waschberge verklappt 1990	18,7-18,85						+	+		
Waschberge verklappt 1986	9,1-9,7								+	
Waschberge verklappt 1984	27,55-27,7	+	+	+	+				+	
Referenzstrecke 3										
Wesel-Datteln-Kanal	WDK-km	27.04.	18.04.	30.08.	14.02.	14.02.				
		1993	1994	1994	1995	1995				
Pilotstrecke (Teilabschnitt III)	38,9-39,2	+	+	+	+					
Pilotstrecke (Teilabschnitt I)	38,9-39,2					+				
Referenzstrecke 1	38,2-38,5	+								
Referenzstrecke 2	40,05-40,4	+	+	+	+					

Legende: graue Felder = Zeitpunkt der Untersuchung

## 4. Untersuchungsergebnisse

### 4.1 Waschberge und Kanalsedimente

#### 4.1.1 Korngrößenverteilung

Die Waschberge von AV und RAG zeigen deutliche Unterschiede in der Körnung (Tabelle 4.1.1-1). Bedingt durch die vorherige werksseitige Absiebung liegen AV-Waschberge zu über 80 % als grobes Material > 63 mm vor. Die RAG-Waschberge weisen zu 70 % Korngrößen zwischen 2 - 63 mm auf; der Feinkornanteil < 0,63 mm liegt mit ca. 6 % doppelt so hoch wie beim AV - Material. Dieses Ergebnis war tendenziell bereits aus der Ansprache der Grobberge bei der Probenahme zu erwarten. Auch der bei der Verklappung von RAG-Waschbergen im DHK beobachtete Effekt eines aufschwimmenden "Teppichs" von Feinpartikeln (vgl. Kap. 4.2.2) bestätigt die Unterschiede in der Körnung und Konsistenz der beiden Waschberge-Typen.

Die Kanalsedimente haben den zu erwartenden hohen Feinkornanteil; die Sediment-Probe aus dem WDK weist allerdings Anteile von gröberem Gewässerboden auf.

Tabelle 4.1.1-1: Untersuchungen der Korngrößenverteilung

Probe	WESEL-DATTELN-KANAL		DATTELN-HAMM-KANAL	
	Wasch- berge AV	Sediment	Wasch- berge RAG	Sediment
<b>Siebanalyse</b>				
Gesamtmasse (g)	64481,5	12173,8	70275,7	6942,7
Trockenrückstand (%)	-	73,4	-	76,1
> 200 mm (%)	17	-	13,1	-
< 200 > 63 mm (%)	64,3	-	8,3	-
< 63 > 20 mm (%)	10,4	4,9	21,7	-
< 20 > 6,3 mm (%)	3,5	1,8	27,3	2,6
< 6,3 > 2 mm (%)	0,97	12,2	15,5	1,7
< 2 > 0,63 mm (%)	1,4	19,4	8,3	4,2
< 0,63 mm (%)	2,3	61,8	5,8	91,5
<b>"Laser"-Analyse</b>				
< 200 µm (%)	2,3	60,9	5,6	89,1
< 125 µm (%)	2,2	58,8	5,4	83,4
< 63 µm (%)	2	49,3	4,5	68,9
< 40 µm (%)	1,8	40,5	3,9	57,3
< 20 µm (%)	1,5	28,3	3	37,9
< 2 µm (%)	0,4	4,8	0,73	7,7

#### 4.1.2 Element- und Metallgehalte der Feststoffproben nach Königswasseraufschluß

Die Ergebnisse der Feststoffanalysen im Königswasseraufschluß weisen bei den untersuchten Feinkornanteilen der Waschbergeproben auf ein erhöhtes Schadstoffpotential hin (Tabelle 4.1.2-1). Beide Waschberge-Feinkornfraktionen enthalten deutlich höhere Gehalte an Arsen, Cadmium, Kupfer, Quecksilber, Blei und Zink als die Kanalsedimente. Dabei liegen Cadmium, Blei und Zink in den AV-Waschbergen in signifikant höherer Konzentration (Faktor 2-3) als im RAG-Material vor.

Aktuellere Untersuchungen von Flotationsbergen, Feinbergen und Waschbergen verschiedener Bergwerke ergeben darüber hinaus deutlich geringere Schwermetallgesamtgehalte (Tabelle 4.1.2-2).

Insgesamt lassen sich folgende Ergebnisse besonders hervorheben:

- Der Cadmium-Gehalt von 3 mg/kg (Feinkornfraktion AV-Waschberge) liegt weit über der durchschnittlichen Belastung von Böden und Gesteinen sowie den bei früheren Untersuchungen von Bergematerial ermittelten Werten. Dies gilt abgeschwächt ebenfalls für den Quecksilber-Gehalt in beiden Waschbergetypen.
- Die Bleigehalte, vor allem in AV-Waschbergen, sind gegenüber früheren Bergematerialuntersuchungen deutlich erhöht und liegen über den Vergleichswerten in den Kanalsedimenten. Dies gilt ebenfalls für den Zinkgehalt.
- Die Gesamt-P-Gehalte in Waschbergen und Kanalsedimenten sind vergleichbar.

Tabelle 4.1.2-1: Untersuchungen der Feststoffproben (Fraktion < 0,63 mm) nach S 7 - Aufschluß auf Metalle und Elemente (mg/kg)

Probe	WESEL-DATTELN-KANAL		DATTELN-HAMM-KANAL	
	Waschberge AV	Sediment	Waschberge RAG	Sediment
Al	12 000	9800	14000	2100
As	22	5,9	60	< 3,3
Cd	3,2 +/- 0,7	0,36	0,89 +/- 0,29 (AAS)	0,18
Cr	4,8 +/- 0,7	20	9,0 +/- 0,9	4,4 +/- 0,4
Cu	72	9	96 +/- 13	10 +/- 3
Fe	46000	15000	42000	4600
Hg	0,93 +/- 0,07	0,04	0,64	0,03
K	3200	3100	3000	430
Mn	440	170	610	160
Na	2700	130	2100	76
Ni	51 +/- 3	11	38	3,9
P	390	290	440	370
Pb	530	19	280 +/- 60	13 +/- 2
Zn	700 +/- 150	120	250 +/- 50	65

Tabelle 4.1.2-2: Schwermetallgehalte in Bergen verschiedener Bergwerke nach S 7 - Aufschluß (mg/kg)

	FEIN- BERGE	FLOTATIONS- BERGE		WASCHBERGE (0-120 mm)			
	Heinr. Rob. 31.03.'94	Prosper Haniel 30.03.'92	Lohberg 09.02.'94	Lohberg 09.02.'94	Westerholt 10.07.'91	Fürst Leo- pold/W 10.07.'91	Heinr. Rob. 31.03.'94
<b>Arsen</b>	60	11	8,1	26	10	9,7	29
<b>Blei</b>	108	115	91	23	31	28	28
<b>Cadmium</b>	0,7	0,9	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
<b>Chrom</b>	17	16	15	24	30	30	17
<b>Kupfer</b>	73	38	69	64	36	33	54
<b>Nickel</b>	29	39	29	42	42	41	28
<b>Quecksilber</b>	0,7	0,44	0,48	0,12	0,35	0,2	0,3
<b>Zink</b>	120	200	115	59	54	65	59

#### 4.1.3 Untersuchungen der Feststoffproben im Eluat (anorganische Stoffe)

Die Ergebnisse der Eluatuntersuchungen nach DIN 38 414-S4 (Tab. 4.1.3-1) zeigen keine außergewöhnlichen Befunde.

Der pH-Wert der Waschberge-Eluate ist leicht basisch; die Ammonium-Gehalte liegen in der gleichen Größenordnung wie die der unbelasteten Sediment-Proben. Die eluierbaren Gesamt-P-Konzentrationen sind gering und deutlich niedriger als in den Kanalsedimenten.

Aus der Güteüberwachung von Waschbergen im Straßenbau (ca. 100 Eluatuntersuchungen zwischen 1991 und 1993) ergeben sich folgende Mittel- und Maximalwerte:

	pH-Wert	el. Leitfähigkeit (mS/m)	Sulfat (mg/kg)	Chlorid (mg/kg)
Mittelwert	9	49	258	567
Maximum	11,5	113	930	1400

Im Vergleich zu diesen Werten liegen bei den untersuchten Waschbergeproben (Feinkornfraktion) der pH-Wert und Sulfat-Gehalt innerhalb der Spannweite der Ergebnisse aus der Güteüberwachung. Gleiches gilt für den Chlorid-Gehalt und den korrelierenden Wert der elektrischen Leitfähigkeit bei RAG-Waschbergen, während bei AV-Waschbergen etwa doppelt so hohe Meßwerte bestimmt wurden.

Zur Erfassung der Gehalte an Schwermetallen wurden die Feinkornfraktionen der Feststoffproben im S 4 - Eluat bzw. bei konstantem pH-Wert von 4 bzw. 11 (OBERMANN & CREMER, 1992) eluiert und die Eluate untersucht. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Elution nach Obermann-Cremer unter pH-Bedingungen durchgeführt wird, die in einem Gewässer nicht zu erwarten sind und somit in der Regel zu systematischen Mehrbefunden führt. Insgesamt lassen sich gegenüber dem Königswasser-aufschluß nur noch geringe eluierbare Schwermetall- und Arsengehalte nachweisen (Tabelle 4.1.3-2).

Einen wie für die Eluierbarkeit der Schwermetalle beschriebenen Trend belegen die von RAG veranlaßten Untersuchungen (Waschberge verschiedener Bergwerke und Flotationsberge) sowie frühere Untersuchungen des Hygiene-Institutes (1991) von AV-Bergematerial. Danach liegen die im S 4 - Eluat analysierten Schwermetallgehalte unter den analytischen Bestimmungsgrenzen (Tabelle 4.1.3-3).

Tabelle 4.1.3-1: Untersuchungen der Feststoffproben im S 4 - Eluat

Probe	WESEL-DATTELN-KANAL				DATTELN-HAMM-KANAL			
	Waschberge AV		Sediment		Waschberge RAG		Sediment	
<b>Anorganik, S4-Eluat Fraktion &lt; 0,63 mm</b>								
pH	8,2	8,2	8,0	8,1	8,8	8,9	7,7	7,8
Leitfähigkeit (mS/m)	121,9	122,8	12,7	13,2	73,7	74,1	10,4	11,7
NH4-N (mg/kg)	6,9	8,4	4,7	4,2	5,4	5,4	10,2	11,6
Gesamt-P (mg/kg)	0,4	0,3	11,9	8,4	0,9	0,8	15,4	13,6
Cl (mg/kg)	2860	2830	29	31	1290	1280	35	34
SO4 (mg/kg)	850	860	95	94	850	830	40	43
Ca (mg/kg)	150	150	260	290	42	42	170	170
Mg (mg/kg)	25	26	24	26	<20	<20	<20	<20
Na (mg/kg)	2200	2200	50	46	1500	1400	34	34
K (mg/kg)	120	120	700	470	190	170	50	48

Tabelle 4.1.3.-2: Untersuchungen der Feststoffproben (Fraktion < 0,63 mm) auf eluierbare Metallgehalte (mg/kg)

ELUTION	WASCHBERGE AV			WASCHBERGE RAG		
	S 4	pH 4	pH 11	S 4	pH 4	pH 11
<b>Arsen</b>	0,04(AAS)	< 1	< 1	0,08(AAS)	< 1	< 1
<b>Blei</b>	< 0,4	16	< 0,1	< 0,4	< 1	< 1
<b>Cadmium</b>	< 0,05	0,03	< 0,002	< 0,05	0,012	< 0,002
<b>Chrom</b>	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
<b>Kupfer</b>	< 0,2	5,7	< 0,2	0,6	3,8	0,21
<b>Nickel</b>	< 0,2	8,2	< 0,2	< 0,2	3,4	< 0,2
<b>Quecksilber</b>	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
<b>Zink</b>	-	16	< 0,1	-	31	0,51

Tabelle 4.1.3-3: Schwermetallgehalte in Bergen verschiedener Bergwerke nach S 4 - Elution (mg/kg)

	ELUATE FLOTATIONS- BERGE		ELUATE WASCHBERGE (0-120 mm)				
	Prosper Haniel 30.03.1992	Lohberg 09.02.1994	Lohberg 09.02.1994	Westerholt 10.07.1991	Fürst Leo- pold/W. 10.07.1991	AV 26.02.1991	AV 07.06.1991
<b>Arsen</b>	0,05	0,13	0,06	0,02	0,05	0,02	0,01
<b>Blei</b>	< 0,50	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,05	< 0,05
<b>Cadmium</b>	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,005	< 0,005
<b>Chrom</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
<b>Kupfer</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
<b>Nickel</b>	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
<b>Quecksilber</b>	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
<b>Zink</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

#### 4.1.4 Gehalte organischer Substanzen

Bei den untersuchten Meßgrößen PAK, PCB und TCBT in den Extrakten der Fraktion <0,63 mm liegen keine auffälligen Befunde vor (Tabelle 4.1.4-1). Die PAK- Gehalte sind insgesamt gering; Einzelstoff-Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze sind im Sediment des DHK sowie in RAG-Waschbergen nachweisbar und liegen jeweils unterhalb 1 mg/kg. Die nur in der AV-Probe nachgewiesenen Verunreinigungen durch PCB und TCBT sind mit 6 µg/kg ebenfalls nur gering, aber nachweisbar.

Zusätzliche aktuelle Untersuchungen auf Veranlassung der RAG bestätigen geringe, aber nachweisbare Gehalte an PAK und PCB; in einer einzelnen Flotationsbergprobe wurde darüber hinaus TCBT nachgewiesen.

Extrahierbare organische Halogenverbindungen (EOX) ließen sich nur in der RAG-Waschbergprobe nachweisen (Tabelle 4.1.4-1). Das hohe Einzelergebnis von 23 mg/kg ließ sich nicht erklären und ist vermutlich auf eine Kontamination der Probe zurückzuführen; weitere aktuelle Untersuchungen von 26 RAG-Waschbergen ergaben lediglich bei einer Flotationsbergprobe einen Gehalt oberhalb der Bestimmungsgrenze von 1 mg/kg.

#### 4.1.5 Biotoxische Wirkungen

Biotests mit Daphnien und Leuchtbakterien in den neutralisierten Eluaten der Waschbergproben des Pilotvorhabens (Fraktion < 0,63 mm) zeigen keine signifikanten Auffälligkeiten. Die  $G_D^*$ - und  $G_L^*$ -Werte ergeben keine akute Toxizität unter den Testbedingungen.

\*) G = Verdünnungsfaktor  
L = Leuchtbakterien  
D = Daphnien

Das Eluat der AV-Waschberge zeigt bis zu einer Verdünnung von 1:6 Hemmwirkungen im Algentest ( $G_A^* = 8$ ). Dieser Effekt ist wahrscheinlich auf die erhöhten Salzgehalte dieser Probe zurückzuführen. Ein Vergleich mit den anderen physikalisch-chemischen Analyseergebnissen ergab keinen weiteren Hinweis auf einen Zusammenhang mit den gemessenen Konzentrationen.

In früheren Untersuchungen des Landesamtes für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen (heute: Landesumweltamt) aus 1991 mit Waschberge-Proben von den Bergwerken Monopol, Haus Aden und Auguste Victoria konnten in den Korngrößenfraktionen oberhalb und unterhalb 20 mm keine akut toxischen Wirkungen auf Daphnien, Leuchtakterien und Fische unter den jeweiligen Testbedingungen ermittelt werden.

Tabelle 4.1.4-1: Untersuchungen der Feststoffproben (Fraktion < 0,63 mm) auf organische Komponenten

Probe	WESEL-DATTELN-KANAL		DATTELN-HAMM-KANAL	
	Waschberge AV	Sediment	Waschberge RAG	Sediment
<b>PAK (mg / kg)</b>				
Naphthalin	< 0,1	< 0,1	0,5	< 0,1
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	0,3	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	0,9	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1
Pyren	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1
Benz(a)anthracen	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1
Chrysen	< 0,1	< 0,1	0,3	0,1
Summe Benzofluoranthene	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1
Benz(a)pyren	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1
Indeno(1,2,3-cd)pyren/				
Dibenz(a,h)anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
<b>Summe der 16 PAK nach EPA</b>	< 0,1	< 0,1	2,5	0,6
<b>Chloraromaten (µg/kg)</b>				
PCB (Summe 6 Kongenere)	6	<1	<1	<1
TCBT (Summe 6 Isomere)	6	<1	<1	<1
<b>EOX (mg/kg)</b>	<1	<1	23	<1

\*) A = Algen

## 4.2 Kanalwasser

### 4.2.1 Wesel-Datteln-Kanal

Aus der Aufnahme des Längsprofils vor der Verklappungsmaßnahme am 01.04.1993 (Tab. A 4.2.1-1) ist kein Einfluß der Schiffsbewegungen auf die Meßgrößen der Vor-Ort-Parameter erkennbar. Auch die Analyseergebnisse der beiden Wasserproben (aus beruhigtem Kanalwasser und nach Schiffsvorbeifahrt) sind nahezu identisch (Tab. A 4.2.1-6).

Die Untersuchungen während der Verklappung am 08.06.1993 (Tab. A 4.2.1-2) zeigen lediglich auf die Sichttiefe einen direkten Einfluß. Während sie im "Oberstrom" bei 100 cm liegt, nimmt sie im Verklappungsgebiet und unterhalb auf Werte von 50 - 60 cm (Minimum 30 cm) ab. Der Zeitraum der Verminderung der Sichttiefe beträgt mehr als 3½ Std. (Untersuchungszeitraum) nach beendeter Verklappung. Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Chlorid- und Sulfatgehalt bleiben unbeeinflusst von der Verklappung. Ein Einfluß von Schiffsbewegungen ist wiederum nicht erkennbar. Auch direkt im Verklappungsgebiet (bei km 39,1) wurden in zwei Wasserproben aus beruhigtem Kanalwasser und nach Schiffsvorbeifahrt keine unterschiedlichen Meßwerte verschiedener Wasserinhaltsstoffe gefunden (Tab. A 4.2.1-6).

Da die Sichttiefe bei der Probenahme jedoch 55 bzw. 60 cm betrug, scheinen beide Proben von der Verklappung beeinflusst zu sein. Ein Vergleich mit der Probe vom 01.04.1993 ergibt lediglich beim Chlorid eine Konzentrationserhöhung von etwa 74 auf etwa 99 mg/l (Tab. A 4.2.1-6).

Eine Wiederholung der Untersuchung am 15.07.1993 (Tab. A 4.2.1-3) zeigt keine nennenswerte Beeinflussung der Sichttiefe. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß erstens die Sichttiefe mit 20 - 40 cm an diesem Tag insgesamt sehr gering war (Phytoplanktonbildung) und zweitens die Verklappung bei km 38,0 also am "unteren" Ende des Untersuchungsgebietes, durchgeführt wurde. Die Meßgrößen pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoff-, Chlorid- und Sulfatgehalt scheinen ebenfalls wieder von der Verklappung unbeeinflusst zu sein. Lediglich um 13.15 Uhr wurden bei km 37,9 kurz unterhalb der Verklappung (um 08.30 Uhr) erhöhte Chlorid- und Sulfatwerte gefunden, um 10.40 Uhr und um 14.20 Uhr jedoch nicht.

Auch die Tiefenprofile im Bereich der aktuellen Verklappung (km 38,0) und einem Gebiet, in dem nicht verklappt wurde (km 38,5, Tab. A 4.2.1-4), zeigen keine Unterschiede der Meßgrößen pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoff-, Chlorid- und Sulfatgehalt sowohl mit zunehmender Tiefe als auch untereinander. Von beiden Stellen wurden Wasserproben untersucht (Tab. A 4.2.1-6). In der Wasserprobe aus dem Verklappungsgebiet wurden erhöhte Konzentrationen von abfiltrierbaren Stoffen, Eisen, Mangan und TOC gefunden.

Aus der Aufnahme des Längsprofils nach der Verklappungsmaßnahme am 12.07.1994 (Tab. A 4.2.1-5) ist kein Einfluß der Schiffsbewegungen auf die Meßgrößen der Vor-Ort-Parameter erkennbar. Die Untersuchungsergebnisse der beiden Wasserproben aus dem beruhigten Kanalwasser und nach Schiffsvorbeifahrt sind nahezu identisch (Tab. A 4.2.1-6). Die Chlorid- und Sulfatkonzentrationen und die Leitfähigkeit liegen in der gleichen Größenordnung wie zu Beginn der Untersuchung am 01.04.1993 (vor der Verklappung).

Wie bereits in den Proben vom 15.07.1993 (während der Verklappung) wurden PAK in geringen Konzentrationen nachgewiesen. Erstmals wurden im WDK dagegen einzelne PCB-Kongenere in beiden Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze gefunden.

Parallel zu den genannten Untersuchungen wurden ab 27.05.1993 wöchentliche Analysen des Kanalwassers von der Gewerkschaft Auguste Victoria durchgeführt (Tab. A 4.2.1-7). Es wurden an verschiedenen Tagen bei Kanal km 39,56 und 38,43 erhöhte Konzentrationen von abfiltrierbaren Stoffen, Sulfat und Eisen gefunden, die allerdings augenscheinlich nicht miteinander korrelieren.

## 4.2.2 Datteln-Hamm-Kanal

Aus der Aufnahme des Längsprofils vor der Verklappungsmaßnahme am 04.08.1993 (Tab. A 4.2.2-1) ist kein Einfluß der Schiffsbewegungen auf die Vor-Ort-Meßgrößen erkennbar. Auch die Analysenergebnisse der beiden Wasserproben (aus beruhigtem Kanalwasser und nach Schiffsvorbeifahrt) sind nahezu identisch (Tab. A 4.2.2-5).

Die Untersuchungen während der Verklappung am 17.08.1993 zeigen erneut nur einen direkten Einfluß der Verklappung auf die Sichttiefe (Tab. A 4.2.2-2). Durch das Verklappen der Bergematerialien nimmt die Sichttiefe von Werten um 60 cm auf 20 - 30 cm ab. Eine Angabe über die Zeitdauer der Verminderung der Sichttiefe kann nicht gemacht werden, weil vor der Wiederholungsmessung nach ca. 1 Stunde bereits eine erneute Verklappung stattgefunden hatte.

Auch die Tiefenprofile im Bereich der aktuellen Verklappung (km 28,65) und in einem Gebiet, in dem nicht verklappt wurde (km 28,8, Tab. A 4.2.2-3), zeigen keine Unterschiede der Meßgrößen pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoff-, Chlorid- und Sulfatgehalt sowohl mit zunehmender Tiefe als auch untereinander.

Von beiden Stellen wurden Wasserproben untersucht (Tab. A 4.2.2-5). In der Wasserprobe aus dem Verklappungsgebiet wurden erhöhte Konzentrationen von abfiltrierbaren Stoffen, Eisen, Kupfer, Zink, Arsen und TOC gefunden. Gegenüber der Beprobung am 04.08.1993 waren die Chloridwerte an beiden Meßstellen leicht erhöht.

Im Gegensatz zu den einzelnen Verklappungsmaßnahmen im WDK verlief die Verklappung einer Schiffsladung im DHK "sekundenschnell". Dies führte u.a. dazu, daß neben einigen toten Fischen teilweise ein Teppich von Waschbergebestandteilen von "schmierig" Konsistenz auf der Kanaloberfläche beobachtet wurde.

Aus der Aufnahme des Längsprofils nach der Verklappungsmaßnahme am 28.09.1993 (Tab. A 4.2.2-4) ist kein Einfluß der Schiffsbewegungen auf die Meßgrößen der Vor-Ort-Parameter erkennbar. Lediglich die Sichttiefe nimmt ab der Mittagszeit generell etwas ab. Gegenüber der Untersuchung am 04.08.1993 (vor der Verklappung, Tab. A 4.2.2-1) ist die Sichttiefe erniedrigt. Die Ursache dafür kann allerdings durchaus auch auf andere Einflußgrößen wie z.B. verändertes Algenwachstum zurückzuführen sein.

Die Untersuchungsergebnisse zweier Wasserproben aus dem beruhigten Kanalwasser und nach Schiffsvorbeifahrt sind wiederum nahezu identisch (Tab. A 4.2.2-4). Gegenüber der Untersuchung am 17.08.1993 (während der Verklappung) hat der Chloridgehalt wieder abgenommen, während die Eisenkonzentrationen mehr als doppelt so hoch wie am

04.08.1993 (vor der Verklappung) liegen. Erstmals wurden im DHK einige PAK in Konzentrationen an der Bestimmungsgrenze gefunden (Fluoren, Phenanthren, Fluoranthen, Acenaphthylen), und die PCB wurden in einer Probe (93-1-66-99) mit einer deutlichen Konzentration nachgewiesen.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurden am 23.02.1994 zusätzliche Wasserproben aus dem WDK und dem DHK entnommen (Tab. A 4.2.2-7). In diesen Proben konnten keine polychlorierten Biphenyle nachgewiesen werden. Jedoch wurden in beiden Proben (WDK und DHK) PAK in Konzentrationen von 0,8 bzw. 0,5 µg/l (nach EPA) gefunden.

Die Verklappungsmaßnahme im DHK wurde zusätzlich durch die Ruhranalytik analytisch begleitet (Tab. A 4.2.2-6). Gegenüber der Messung vor Beginn des Waschbergeverbaus können anhand der erzielten Ergebnisse keine augenscheinlich signifikanten Veränderungen der Meßgrößen pH-Wert, Leitfähigkeit, Sulfat- und Chloridgehalt festgestellt werden.

### **4.3 Porenwasser**

Die Analysenergebnisse sind in den Tabellen A 4.3-1 bis A 4.3-20 zusammengestellt. Die wichtigsten Parameter sind in Abhängigkeit vom Probenahmerhythmus als Konzentrations-Zeit-Kurven in den Anhang A 4.3-1 bis A 4.3-7 aufgetragen. Zusätzlich wurde die Konzentration für einige ausgewählte Parameter auch gegen die Probenahmeposition als Konzentrations-Weg-Kurven graphisch aufgetragen und für die Meßstelle WDK 1a exemplarisch dargestellt (A 4.3-8 bis A 4.3-10).

#### **4.3.1 Wesel-Datteln-Kanal**

##### **Kanalwasserprobe**

Die Kanalwasserprobe wurde im Bereich der Meßstelle 2 geschöpft.

Im Verlauf der Beprobungen gehen Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoff-, Calcium-, Hydrogencarbonat- und Nitratgehalt leicht zurück, während Kalium- und Sulfatgehalt leicht ansteigen. Die anderen Parameter verhalten sich indifferent. Große Auffälligkeiten oder Trends im Chemismus sind nicht zu erkennen (A 4.3-1 bis A 4.3-3).

Der Konzentrationsgang der einzelnen Parameter im Kanalwasser ist in den Anlagen den jeweiligen Parametern im Porenwasser der Meßstellen zum Vergleich jeweils vorangestellt.

##### **Meßstelle 1a, WDK-km 39,000(N), Bergematerial von 1993**

Das Ausbaumaterial der Meßstelle besteht aus Edelstahl.

An der oberen Probenahmeposition (0,25 m unter der Sohle) sind fast alle Parameter stark vom Kanalwasser geprägt. Der Konzentrationsgang der einzelnen Stoffe verläuft daher mehr oder weniger ähnlich wie im Kanalwasser, teilweise mit leicht erhöhten Gehalten (A 4.3-1 bis A 4.3-3).

Über den gesamten untersuchten Tiefenbereich betrachtet, kann man von wenigen Ausnahmen abgesehen einen Anstieg der Stoffgehalte mit der Tiefe beobachten, wie beson-

ders die Tabellen A 4.3-8 bis A 4.3-10 zeigen. Dies gilt z.B. für die Leitfähigkeit, Natrium, Ammonium, Hydrogencarbonat, Phosphat und Arsen, Eisen und Mangan. Bei Natrium und Kalium sind die Unterschiede zwischen Kanalwasser und dem Porenwasser in den beiden oberen Meßstellen nicht sehr groß. Ein Natriumgehalt um 50 mg/l ist eher als gering zu bezeichnen. In der unteren Meßstelle beträgt der Natriumgehalt bis zu 122 mg/l. Inwieweit dieser Effekt auf eine Auslaugung der Berge im oberen Bereich oder auf unterschiedliche Gehalte bereits in den Ausgangsbergen zurückzuführen ist, sei dahingestellt. Der pH-Wert sowie die Konzentrationen von Sauerstoff, Calcium, Nitrat und Sulfat fallen mit zunehmender Tiefe. Bei Nitrat, das dem Kanalwasser entstammt, ist davon auszugehen, daß der Sauerstoff des Nitrats mikrobiologisch "abgebaut", verbraucht wird und daher mit der Tiefe abnimmt. In ganz ähnlicher Weise gilt dies auch für Sulfat, auch hier sinken die Werte mit der Tiefe (Tabelle A 4.3-9).

Durch die Veränderung der Redoxverhältnisse (Verbrauch des Nitrat- und Sulfat-Sauerstoffes) treten jetzt verstärkt Ammonium, das im Oberflächenwasser nur in Spuren analysiert werden kann, sowie Arsen, Eisen, Mangan und Phosphat auf.

Auffällig ist ferner, daß Natrium und Chlorid teilweise nicht stöchiometrisch miteinander verbunden sind. Im Kanalwasser ist bei allen Untersuchungen immer etwas mehr Chlorid enthalten als stöchiometrisch an Natrium gebunden ist. Dies schlägt auf die oberste Meßstelle im Porenwasser durch. In der untersten Meßstelle ist jedoch der Natriumgehalt wesentlich größer als der Chloridgehalt.

#### **Meßstelle 1b, WDK-km 39,000(N), Bergematerial von 1993**

Das Ausbaumaterial der Meßstelle besteht aus PVC.

Die Ganglinien verlaufen fast gleichsinnig und mit ganz ähnlichen Gehalten wie beim Ausbau mit Edelstahl. Besonderheiten sind nicht zu erkennen.

Unterschiede, die eindeutig auf das Ausbaumaterial zurückzuführen sind, können nicht erkannt werden, auch nicht bei den Edelstahlkomponenten Nickel und Chrom.

#### **Meßstelle 2, WDK-km 38,600 (S), Bergematerial vor 1991**

Das Ausbaumaterial der Meßstelle besteht aus Edelstahl.

Die längere Liegezeit des Bergematerials an der Kanalsole macht sich insgesamt betrachtet mit einer etwas geringeren elektrischen Leitfähigkeit bemerkbar. Außer an der obersten Probenposition (Einfluß des Kanalwassers) liegt die Leitfähigkeit um bis zu 15 mS/m unter der des frischen Bergematerials (Tabellen A 4.3-2 bis A 4.3-3).

Beim pH-Wert sind nur geringe Differenzen zu Meßstelle 1a zu erkennen, die Werte liegen bei den beiden oberen Positionen um etwa 0,2 Einheiten tiefer als bei 1a.

Die Natriumganglinien verlaufen in den beiden oberen Positionen fast deckungsgleich zur Meßstelle 1a. Die unterste Probenposition, die hier nur halb so hohe Gehalte zeigt, weist auf älteres Bergematerial hin.

Die Kaliumgehalte sind um 2-3 mg/l höher als im Kanalwasser und um 1-2 mg/l höher als an der Meßstelle 1, sie nehmen von oben nach unten leicht ab.

Nitrat, das dem Kanalwasser entstammt, wurde unter der Sohle nur mit geringen Gehalten analysiert, da der Sauerstoff rasch mikrobiologisch verbraucht wird.

Die Sulfatgehalte steigen mit zunehmender Tiefe, sie liegen (außer der obersten Position) höher als bei Meßstelle 1a. Im Vergleich zur vorherigen Meßstelle ist anzunehmen, daß der Sulfatabbau weniger intensiv verläuft. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß in der Tiefe weniger reaktionsfähiger Kohlenstoff zur Verfügung steht.

Im oberen Bereich wird dagegen ständig abbaubare organische Substanz nachgeliefert, weshalb eine mikrobielle Nitrat- und (eingeschränkt) Sulfatreduktion möglich sind. Da außer dem Sulfat-Sauerstoff im Porenwasser auch noch Restsauerstoff vorhanden ist, ist in der untersten Position im Porenwasser auch weniger Ammonium zu finden (Anl. 4.3-2)

Der Calciumgehalt weist keine großen Schwankungen auf. Die Gehalte im Porenwasser des alten Bergematerials sind etwas höher als in dem frischen.

Die Hydrogencarbonat- und Arsengehalte liegen, wie schon bei Meßstelle 1a, im Porenwasser deutlich höher als im Kanalwasser. Aufgrund der veränderten Redoxverhältnisse fallen die Gehalte - im Gegensatz zur Meßstelle 1 - mit der Tiefe; dies gilt auch für Eisen und Mangan.

Chlorid verhält sich ähnlich wie Natrium, große Unterschiede zwischen Kanalwasser und Porenwasser sind nicht zu erkennen. In den tieferen Positionen ist der Natriumgehalt in dem älteren Material geringer als in den frischen Bergen. Der Chloridgehalt ist gleich oder etwas höher als der dazu gehörige "stöchiometrische" Natriumgehalt.

Phosphat wurde in der oberen und mittleren Positionen gefunden, es nimmt von oben nach unten ab.

Die Zink- und Kupferganglinien verlaufen nahezu identisch zu denen der Meßstelle 1.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß der pH-Wert sowie die Sauerstoff-, Ammonium-, Kalium-, Eisen-, Mangan-, Arsen- und Phosphatkonzentrationen mit zunehmender Tiefe abnehmen, während Nitrat und Sulfat zunehmen.

### **Meßstelle 3, WDK-km 40,508 (N), natürliche Sohle**

Der Meßstellenausbau erfolgte mit Edelstahl.

Die Sonde wurde in einen schlecht durchlässigen Untergrund mit naturbelassener Sohle gerammt. Aufgrund des geringen Wasserandranges konnten bei der ersten Beprobung nur geringe Porenwassermengen gefördert werden, wobei aufgrund der niedrigen Außentemperaturen (-7°C), das Porenwasser im Förderschlauch einfror.

Die Parameter sind in Abhängigkeit von Zeit und Tiefe in den Tabellen A 4.3-1 bis A 4.3-3 dargestellt.

Die elektrische Leitfähigkeit lag abgesehen von der tiefsten Position wesentlich höher als bei den anderen Meßstellen und etwa 45 mS/m höher als im Kanalwasser. Generell nimmt die Leitfähigkeit von oben nach unten ab.

Der pH-Wert liegt in der naturbelassenen Sohle ebenfalls um 0,3 bis 0,5 Einheiten höher als bei den Bergematerial-Meßstellen und damit fast gleich wie das Kanalwasser.

Der Natriumgehalt ist nahezu identisch mit dem der anderen Meßstellen, er differiert nicht wesentlich vom Kanalwasser und läßt keinen Trend mit der Tiefe erkennen. Bei Kalium treten die höchsten Werte in der obersten Position, d.h. 0,25 m unter der Sohle auf, generell gehen die Gehalte mit der Tiefe zurück.

Die Chloridganglinien verlaufen fast identisch zu denen der anderen Meßstellen, sie liegen z.T. etwas unter der des Kanalwassers. Der Chloridgehalt ist etwas geringer als der dazu gehörige stöchiometrische Natriumgehalt.

Nitrat konnte im Porenwasser des natürlichen Untergrundes nur mit 1 bis 2 mg/l analysiert werden, ein Trend mit der Tiefe ist nicht zu erkennen.

Die Sulfatgehalte bleiben in allen Meßpositionen zeitlich annähernd konstant und liegen ganz deutlich unter der des Kanalwassers. Ammonium wurde in ähnlicher Größenordnung wie im Bergematerial angetroffen, die Gehalte gehen von oben nach unten zurück.

Auch das Hydrogencarbonat liegt in ähnlicher Größenordnung wie im Bergematerial und damit deutlich höher als im Kanalwasser, jedoch ohne erkennbaren Trend.

Der Calciumgehalt im Porenwasser läßt keinen Trend mit der Tiefe erkennen, er liegt in der oberen Position etwas tiefer als im Bergematerial und in ähnlicher Höhe wie im Kanalwasser.

Der Phosphatgehalt im natürlichen Untergrund liegt zwischen dem im Kanalwasser und dem des Bergematerials, ein Trend ist nicht zu erkennen.

Da in der Natursohle nicht genügend Porenwasser gewonnen werden konnte, mußte auf die Analytik der Schwermetalle und Arsen sowie Eisen und Mangan verzichtet werden.

### **4.3.2 Datteln-Hamm-Kanal**

#### **Kanalwasser**

Die Kanalwasserprobe wurde bei der Meßstelle 4 geschöpft. Gravierende Unterschiede in den Stoffgehalten zwischen dem DHK und dem WDK sind nicht zu erkennen. Der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit verändern sich im Jahresgang kaum. Die Leitfähigkeit im DHK ist etwas größer, der pH-Wert um etwa 0,2 Einheiten kleiner als im WDK.

Im Verlauf der Beprobungen steigen die Gehalte von Kalium, Natrium, Chlorid und Sulfat etwas an, Sauerstoff, Calcium, Nitrat, Hydrogencarbonat, Zink und Kupfer fallen. (Tabellen A 4.3-4 bis A 4.3-7).

Im Kanalwasser ist wie am WDK immer etwas mehr Chlorid enthalten als stöchiometrisch an Natrium gebunden.

#### **Meßstelle 4, DHK-km 28,700 (N), Bergematerial von 1993**

Das Ausbaumaterial der Meßstelle besteht aus Edelstahl.

Der Gang der Leitfähigkeit verläuft ähnlich wie im Kanalwasser. Der Gehalt nimmt mit der Tiefe leicht zu.

Der pH-Wert in den verschiedenen Tiefen unter der Kanalsohle ist allgemein etwas höher (basischer) als im Kanalwasser.

Der Kaliumgehalt läßt keinen Trend von oben nach unten erkennen.

Die Natriumganglinie verläuft mit großer Streubreite und um den Faktor 2 bis 3 höher als im Kanalwasser. Der Calciumgehalt verhält sich gerade gegensinnig zum Natrium, er liegt im Kanal fast doppelt so hoch wie im Porenwasser und nimmt mit der Tiefe ab (Tabelle A 4.3-18).

Die Chlorid- und Sulfat-Ganglinien liegen im Konzentrationsbereich wie im Kanalwasser, ohne einen Trend erkennen zu lassen.

Bei allen Meßstellen liegt der Natriumgehalt höher bis sehr viel höher als der zugehörige, stöchiometrisch errechnete Chloridgehalt.

Beim Hydrogencarbonat ist ein leichter Anstieg mit der Tiefe zu erkennen.

Nitrat, das wiederum dem Kanalwasser entstammt, wird mit zunehmender Tiefe vollständig abgebaut.

Ammonium und Phosphat konnten nur in Spuren analysiert werden, ebenso auch Arsen, bei dem jedoch in der unteren Meßposition in 1 m Tiefe ein leichter Anstieg festgestellt wurde.

Eisen und Mangan liegen an der Nachweisgrenze; bei Zink und Kupfer ist kein Trend erkennbar.

#### **Meßstelle 5, DHK-km 27,600 (S), Bergematerial von 1984**

Die Meßstelle wurde mit Edelstahl ausgebaut.

Die Parameter sind in den Tabellen A 4.3-4 bis A 4.3-7 graphisch dargestellt.

Aufgrund der 9-jährigen Expositionszeit an der Kanalsohle weist das Porenwasser eine etwas geringere elektrische Leitfähigkeit auf als bei Meßstelle 4, d.h. leicht lösliche Stoffe sind nicht mehr im Bergematerial enthalten (Tab. A 4.3-4). Demzufolge liegen fast alle Gehalte (außer Calcium und Kalium) tiefer als bei dem frisch verklappten Material von 1993. Die Leitfähigkeit an den oberen Meßpositionen ist wiederum stark vom Kanal beeinflußt, sie entspricht mehr oder weniger der des Kanalwassers. Mit der Tiefe ist ein leichter Rückgang der Leitfähigkeit zu erkennen.

Der pH-Wert liegt um etwa 0,1 Einheiten unter dem des frischen Bergematerials der Meßstelle 4. Mit der Tiefe nimmt der pH-Wert von etwa 8,0 auf 8,4 zu.

Der Kaliumgehalt liegt um etwa 1 bis 2 mg/l über dem der frisch verklappten Berge bzw. des Kanalwassers (Tab. A 4.3-7). Es ist eine geringe Zunahme vom Kanalwasser in die Tiefe zu erkennen.

Die Natriumganglinie verläuft fast horizontal, wobei die Konzentrationen denen des Kanalwassers entsprechen. Die Natriumgehalte erreichen damit nur die Hälfte bis ein Drittel der Gehalte von frischen Bergen.

Nitrat, das im Kanalwasser mit rund 30 mg/l analysiert wurde, wird mit zunehmender Tiefe vollständig abgebaut.

Der Chloridgehalt liegt in allen Meßstellen höher als der stöchiometrische Natriumgehalt. Der Sulfatgehalt verläuft ähnlich wie im Kanal und ohne großen Trend (Tab. A 4.3-21). Der am WDK erkannte Abbau des Sulfat-Sauerstoffes konnte hier nicht beobachtet werden.

Der Sauerstoffgehalt geht vom Kanalwasser mit der Tiefe zurück, ohne jedoch völlig zu verschwinden. Generell liegt der Gehalt im alten Material niedriger als im frischen (Tab. A 4.3-5).

Mangan und Eisen machen sich nur in der untersten Meßposition bemerkbar.

Ammonium, Phosphat und Arsen spielen hier keine Rolle. Der Gang von Zink und Kupfer ist schwer zu interpretieren, da nur die erste Beprobung "hohe Werte" erbrachte.

## 4.4 Besiedlung (Makrozoobenthos)

### 4.4.1 Allgemeine Angaben zur Besiedlung

Im **Datteln-Hamm-Kanal** wurden 51 Arten lebend nachgewiesen. Von weiteren 16 Arten konnten Leerschalen bzw. Leerköcher gefunden werden.

Von den nachgewiesenen Arten sind drei in der Roten Liste für die Bundesrepublik Deutschland (BLAB et al., 1984) und/oder für Nordrhein-Westfalen (LÖLF, 1979 u.1986) mit ihrem jeweiligen Gefährdungsgrad verzeichnet: die Flußnapfschnecke (*Ancylus fluviatilis*, GG 4/3<sup>1)</sup>), die Teichnapfschnecke (*Acroloxus lacustris*, GG 4/4) und die Eintagsfliege *Ephemera vulgata* (GG 2/-). Von sechs weiteren gefährdeten Weichtierarten konnten lediglich Leerschalen gefunden werden. Es handelt sich dabei um die Gemeine Flußkahnschnecke (*Theodoxus fluviatilis*, GG 1/1), den Flußsteinkleber (*Lithoglyphus naticoides*, GG 3/3), die Stumpfe Sumpdeckelschnecke (*Viviparus viviparus*, GG 3/3), die Kleine Flußmuschel (*Unio crassus*, GG 2/3), die Große Flußmuschel (*Unio tumidus*, GG 2/3) und die Malermuschel (*Unio pictorum*, GG 2/4).

Insbesondere für die drei Großmuschelarten (*Unio*) ist ein aktuelles Vorkommen im Datteln-Hamm-Kanal eher unwahrscheinlich. Vielmehr ist zu vermuten, daß diese Leerschalen aus der Lippe stammen und über das Pumpwerk an der Schleuse Hamm mit Lippewasser in den Kanal gelangten. Ebenso ist ein Eintrag durch Vögel und durch die Bismratte möglich.

Bemerkenswert ist auch das Vorkommen der Westlichen Keiljungfer (*Gomphus pulchellus*) im Abschnitt DHK-km 28,5 - 29,0. Diese Libellenart tritt in den befahrenen Kanalabschnitten nur selten auf.

Betrachtet man die Dominanzstruktur des Makrozoobenthos auf der Kanalsohle (siehe Abb. 4.4.1-1), so fällt auf, daß über 90% der Individuen von lediglich 6 Taxa gebildet werden: der Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*), der Körbchenmuschel (*Corbicula fluminalis*), dem Schlickkrebs (*Corophium curvispinum*), den Wenigborstigen Würmern (*Oligochaeta*), der Köcherfliege *Ecnomus tenellus* und den Zuckmücken (*Chironomidae*).

Die eudominante Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) bildet einen Anteil von über 60% an der Makrozoenzönose. Ihr kommt somit eine bedeutende Stellung beim Stoffhaushalt des Gewässers zu. Dominant vertreten ist die Körbchenmuschel (*Corbicula fluminalis*, 12,8%). Zwei Taxa, der Schlickkrebs (*Corophium curvispinum*, 9,5%) und die Wenigborstigen Würmer (*Oligochaeta*, 6,1%), sind der subdominanten Klasse zuzuordnen. Die Köcherfliege *Ecnomus tenellus* und die Zuckmücken (*Chironomidae*) bilden lediglich einen Dominanzanteil von 2,0 bzw. 1,9%.

<sup>1)</sup>Gefährdungsgrad (GG:D/NRW): 0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, 4 = potentiell gefährdet, - = nicht gefährdet.

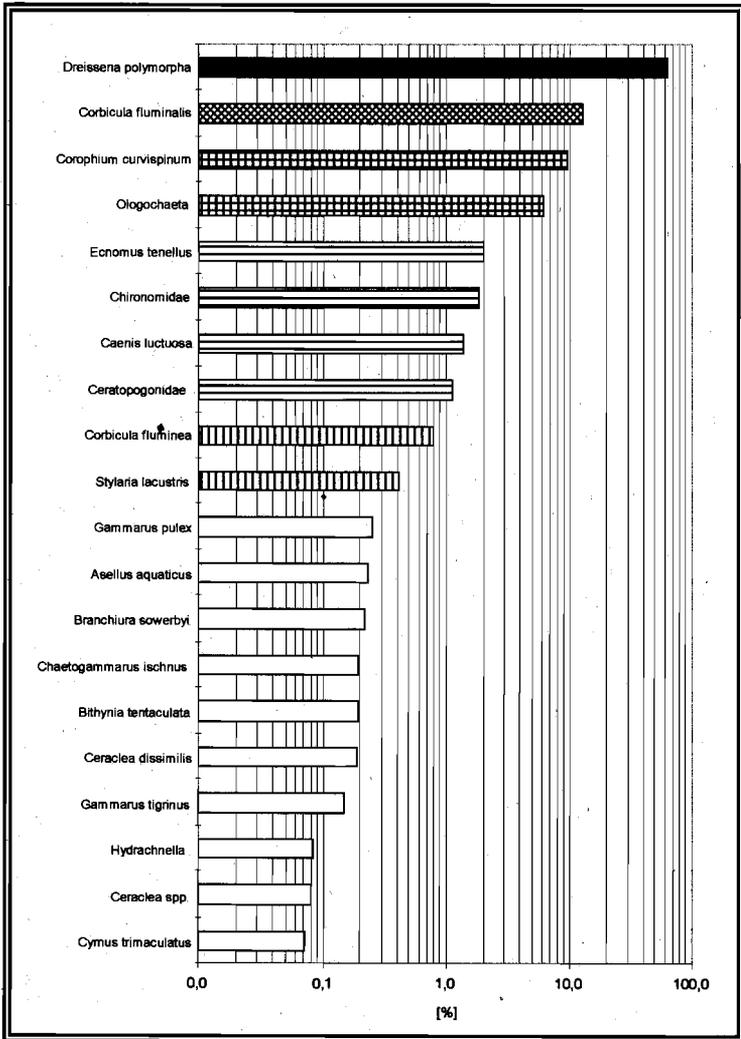


Abb. 4.4.1-1: Dominanzanteile der 20 individuenstärksten Taxa am Datteln Hamm Kanal: eudominant (32,0-100%), dominant (10,0-31,9%), subdominant (3,2-9,9%), rezedent (1,0-3,1%), subrezedent (0,32-0,99%), sporadisch (<0,32%) (Einteilung der Dominanzklassen nach MÖHLENBERG, 1989).

Die vorgefundenen Arten sind vorwiegend euryök, sie können die unterschiedlichsten Gewässertypen besiedeln. 15 der im Datteln-Hamm-Kanal nachgewiesenen Arten sind tolerant gegenüber höheren Salzkonzentrationen (halotolerant; siehe Tab. 4.4.1-1). Diese Arten stellen im Mittel 87% der Individuen im Kanal.

Tab. 4.4.1-1: Einstufung nach Angaben von ILLIES (1978) und GLOER & MEIER-BROOK (1994)  
Halotolerante Arten im Datteln-Hamm-Kanal.

Art	Dominanzanteil [%]
<i>Dreissena polymorpha</i>	61,92
<i>Corbicula fluminalis</i>	12,77
<i>Corophium curvispinum</i>	9,48
<i>Ecnomus tenellus</i>	2,02
<i>Asellus aquaticus</i>	0,23
<i>Chaetogammarus ischnus</i>	0,20
<i>Bithynia tentaculata</i>	0,19
<i>Gammarus tigrinus</i>	0,15
<i>Cyrcus trimaculatus</i>	0,07
<i>Athyaephyra desmaresti</i>	0,02
<i>Physa fontinalis</i>	0,01
<i>Tinodes waeneri</i>	0,01
<i>Spongilla fragilis</i>	+
<i>Cordylophora caspia</i>	+
<i>Paludicella articulata</i>	+

Im **Wesel-Datteln-Kanal** wurden 47 Arten lebend nachgewiesen. Von vier weiteren Weichtierarten konnten Leerschalen gefunden werden.

Von den lebend nachgewiesenen Arten sind 6 Arten in der Roten Liste für die Bundesrepublik Deutschland (BLAB et al., 1984) und/oder für Nordrhein-Westfalen (LÖLF, 1979 u. 1986) verzeichnet: die Flußnapfschnecke (*Ancylus fluviatilis*, GG 4/3), die Septenmützenschnecke (*Ferrissia wautieri*, GG-14), die Eintagsfliegen *Ephemera vulgata* (GG 2/-), *Ephemera glaucops* (GG 3/2-3), *Ephoron virgo* (GG 0/2-3) und *Heptagenia flava* (GG 1/2-3). Von 2 weiteren gefährdeten Weichtierarten, der Schnecke *Lithoglyphus naticoides* (GG 3/3) und der Malermuschel (*Unio pictorum*, GG 2/4) konnten lediglich Leerschalen gefunden werden. Auch im Wesel-Datteln-Kanal ist ein aktuelles Vorkommen der Malermuschel eher unwahrscheinlich.

Hinsichtlich der Dominanzstruktur des Makrozoobenthos ergeben sich ähnliche Verhältnisse wie am Datteln-Hamm-Kanal. Die eudominante Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) bildet in den untersuchten Abschnitten sogar einen Anteil von über 80%, der subdominante Schlickkrebs (*Corophium curvispinum*) stellt einen Anteil von 9,7%. Die Wenigborstigen Würmer (Oligochaeta) und die Köcherfliege *Ecnomus tenellus* bilden Anteile von 2,7% bzw. 1,6%. Der Anteil aller weiteren nachgewiesenen Arten liegt jeweils unter 1%.

Hinsichtlich der Halotoleranz des Makrozoobenthos einzelner Arten ergeben sich auch hier ähnliche Verhältnisse wie am Datteln-Hamm-Kanal.

#### 4.4.2 Korngrößenzusammensetzung und Besiedlungsstruktur

Die Korngrößenzusammensetzung des Besiedlungssubstrates wurde während der Untersuchung unmittelbar vor Ort geschätzt. Für die weitere Auswertung sind Substratklassen gebildet worden. Hierzu wurden die Substratproben mit Hilfe der Clusteranalyse in Gruppen mit möglichst ähnlicher Zusammensetzung eingeteilt. Die Korngrößenzusammensetzung der einzelnen Substratklassen ist der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen:

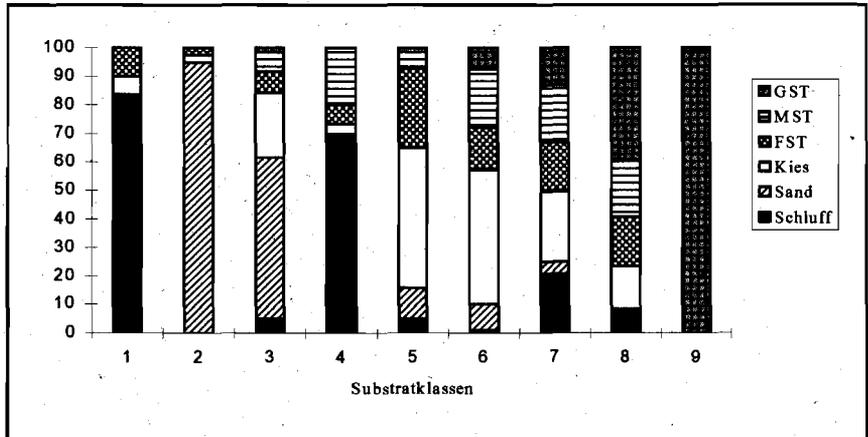


Abb. 4.4.2-1: Korngrößenzusammensetzung der einzelnenm Substratklassen (gemittelte Werte).  
**Legende:** GST= Grobstein (>250mm), MST = Mittelstein (>125-250mm), FST = Feinstein (>63-125mm), Kies (>2-63mm), Sand (>0,063-2mm), Schluff (<0,063mm).

Die Substratklassen 1-4 beinhalten Proben mit vorwiegend feinkörnigem Substrat (Sand und Schluff mit geringen Anteilen Kies, Fein- und Mittelstein), die Substratklassen 5 und 6 vorwiegend Kies und Feinstein mit geringen Anteilen von Mittel- und/oder Grobstein. Die Substratklasse 7 stellt ein heterogenes Substrat dar, in dem nahezu alle Korngrößen in gleichem Prozentsatz vertreten sind. Die Klassen 8 und 9 beinhalten vorwiegend Grob- und Mittelstein, mit oder ohne Anteilen von Mittel- und Feinstein sowie Kies. Die in den einzelnen Kanalabschnitten vorgefundenen Substratklassen sind der Anlage A 4.4.2 -1 zu entnehmen.

Die für den Datteln-Hamm-Kanal und den Wesel-Datteln-Kanal festgestellten Beziehungen zwischen Artenvielfalt und Besiedlungsdichten der Lebensgemeinschaft einerseits und der Korngrößenzusammensetzung des Besiedlungssubstrates andererseits, zeigen die Abbildungen 4.4.2-2. bis 4.4.2-5.

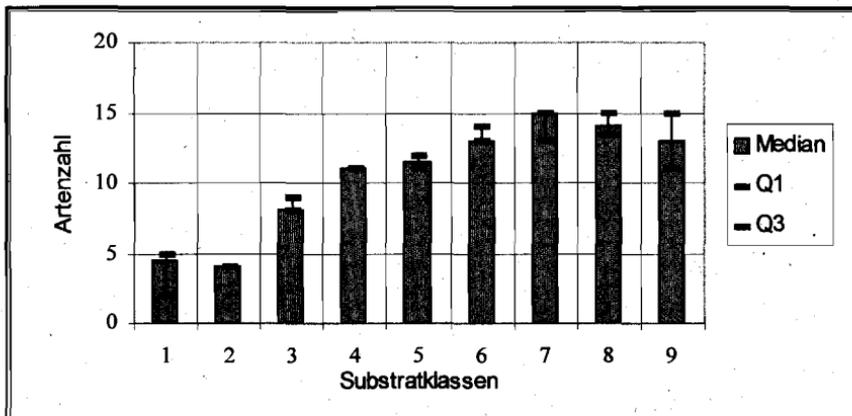


Abb. 4.4.2-2: Artenzahlen in Abhängigkeit von der Korngrößenzusammensetzung des Substrates im DHK. (Zur Zusammensetzung der einzelnen Substratklassen siehe Abb. 4.4.2-1).  
 Legende: Q1 = 1. Quartil, 25% der Meßwerte liegen unterhalb dieses Punktes; Q3 = 3. Quartil, 75% der Meßwerte liegen unterhalb dieses Punktes.

Wie aus der Abbildung 4.4.2-2 zu entnehmen ist, steigt die Artenvielfalt mit zunehmenden Anteilen von grobkörnigen Substraten zunächst mehr oder weniger kontinuierlich an und erreicht bei heterogenem Substrat die höchste Artendichte (im Mittel 15 Arten). Mit abnehmender Korngrößendiversität des Substrates (Substratklassen 8 und 9) fällt die Artenvielfalt wieder leicht ab.

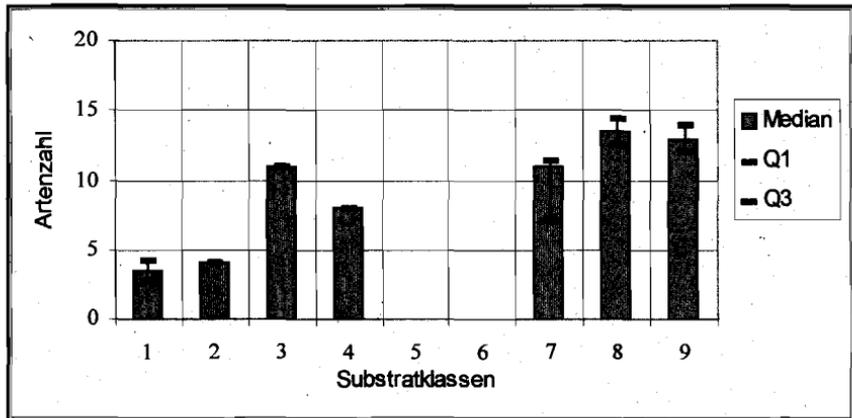


Abb. 4.4.2-3: Artenzahlen in Abhängigkeit von der Korngrößenzusammensetzung des Substrates im WDK. (Zur Zusammensetzung der einzelnen Substratklassen siehe Abb. 4.4.2-1).  
 Legende: Q1 = 1. Quartil, 25% der Meßwerte liegen unterhalb dieses Punktes; Q3 = 3. Quartil, 75% der Meßwerte liegen unterhalb dieses Punktes.

Eine ähnliche Tendenz ist auch am Wesel-Datteln-Kanal zu erkennen (siehe Abb. 4.4.2-3); aufgrund des geringeren Untersuchungsumfanges ist die Tendenz dort jedoch nicht so ausgeprägt.

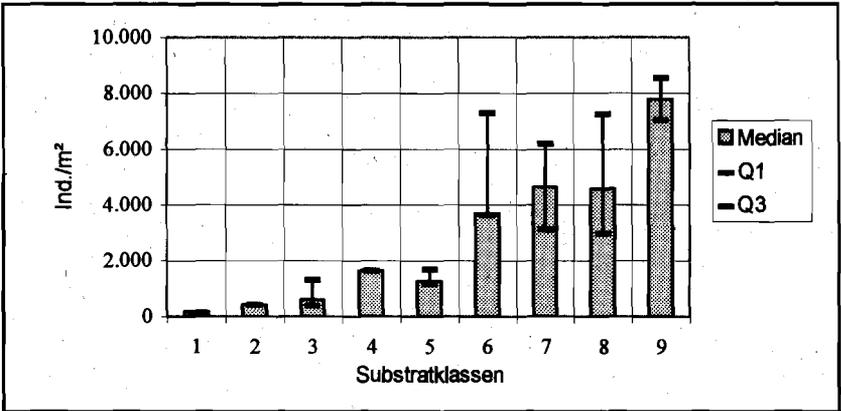


Abb. 4.4.2-4: Besiedlungsdichten in Abhängigkeit von der Korngrößenzusammensetzung des Substrates im DHK. (Zur Zusammensetzung der Korngrößen in den einzelnen Substratklassen siehe Abb. 4.4.2-1).

Legende: Q1 = 1. Quartil, 25% der Meßwerte liegen unterhalb dieses Punktes; Q3 = 3. Quartil, 75% der Meßwerte liegen unterhalb dieses Punktes.

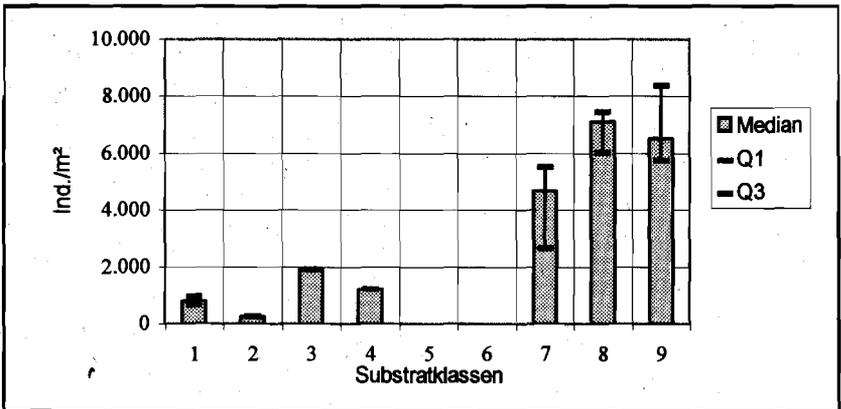


Abb. 4.4.2-5: Besiedlungsdichten in Abhängigkeit von der Korngrößenzusammensetzung des Substrates im WDK. (Zur Zusammensetzung der Korngrößen in den einzelnen Substratklassen siehe Abb. 4.4.2-1).

Legende: Q1 = 1. Quartil, 25% der Meßwerte liegen unterhalb dieses Punktes; Q3 = 3. Quartil, 75% der Meßwerte liegen unterhalb dieses Punktes.

### 4.4.3 Besiedlungsdynamik des Makrozoobenthos im Bereich der Pilot- und Anschlußstrecken im 1. Jahr nach der Verklappung

Die Pilotstrecke am **Datteln-Hamm-Kanal** und die unmittelbar angrenzenden Anschlußstrecken bildeten vor der Verklappung des Bergematerials einen etwa 6 m tiefen Kolk. Auf der gesamten Strecke fanden sich dadurch bedingt auch größere Anteile von feinkörnigen Substraten. Besonders im Bereich der Pilotstrecke bestand das ursprüngliche Kanalsohlensubstrat zu über 80% aus Schluff (siehe Abb. 4.4.3-2).

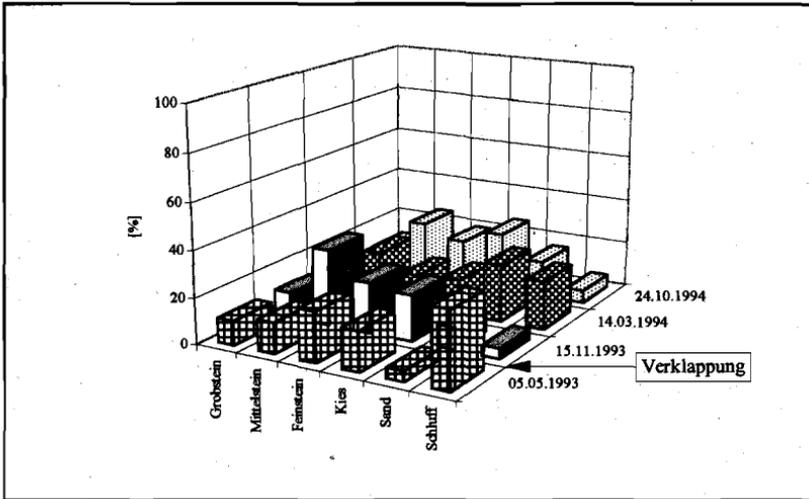


Abb. 4.4.3-1: Mittlere Korngrößenverteilung im Bereich der Anschlußstrecke 1 am DHK.

Nach der Verklappung des Bergematerials änderte sich im Bereich der Pilotstrecke die Korngrößenzusammensetzung entsprechend. Das während der Verklappung aufgewirbelte Feinmaterial lagerte sich zum Teil in den Bereichen vor und hinter der Pilotstrecke wieder ab und verteilte sich dort (siehe Abb. 4.4.3-1 und 4.4.3-3).

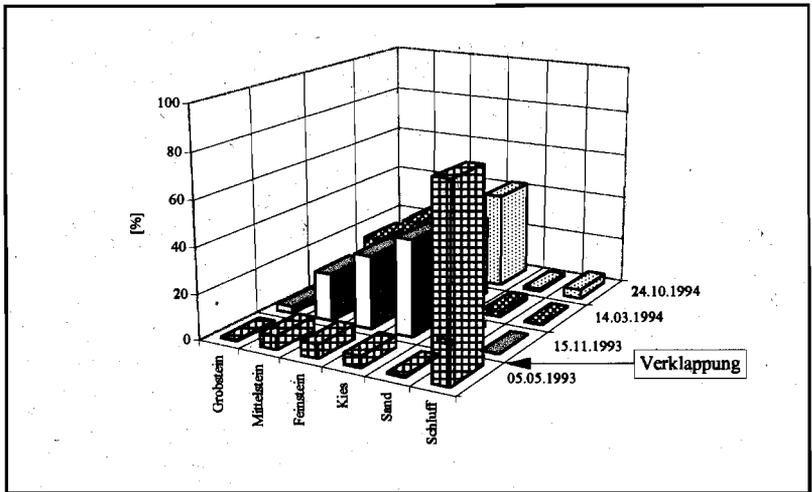


Abb. 4.4.3-2: Mittlere Korngrößenverteilung im Bereich der Pilotstrecke am DHK.

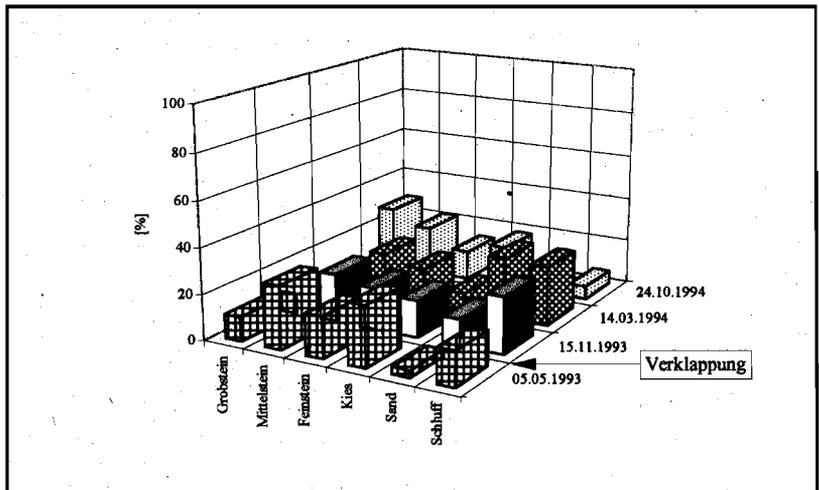


Abb. 4.4.3-3: Mittlere Korngrößenverteilung im Bereich der Anschlußstrecke 2 am DHK.

So mußte beispielsweise im Oktober 1994 (1 Jahr nach der Verklappung) die Erhebung der Makrozoenbestände innerhalb der Anschlußstrecke 1 etwa 100 m in Richtung Datteln verlegt werden, um an entsprechend grobkörnigere Substrate zu gelangen.

Die Besiedlungsstruktur in den einzelnen Kanalstrecken vor und nach der Verklappung des Bergematerials ist den nachstehenden Tabellen und Abbildungen zu entnehmen. Während sich die Summenparameter Artenvielfalt und Besiedlungsdichte

der Referenzstrecke 3 und der Anschlußstrecke 1 stark ähneln, fällt die Pilotstrecke auch vor der Verklappung des Bergematerials (April/Mai 1993) durch eine relative Artenarmut und eine geringe Besiedlungsdichte<sup>1)</sup> auf (siehe Tab. 4.4.3-1. und 4.4.3-2, sowie Abb. 4.4.3-4).

Tab. 4.4.3-1: Artenvielfalt in den einzelnen Untersuchungsstrecken des Datteln-Hamm-Kanals

Untersuchungsstrecke			Untersuchung							
			vor Verklapp.	nach Verklappung						
				April/Mai 1993	Nov. 1993	März 1994	Okt. 1994	April/Mai 1994	April/Mai 1994	April/Mai 1994
km		2. März	6. März	1. Jahr	3. Jahre	4. Jahre	7. Jahre	9. Jahre		
Anschlußstrecke 1	28,2-28,6	Mittelw.	10,7	9,4	8,3	9,8				
Bergematerial 9 Jahre		Stabw.	2,9	4,1	4,2	2,8				
Pilotstrecke (Verklappungsstrecke)	28,6-28,8	Mittelw.	6,5	4,2	6,4	6,3				
		Stabw.	5,1	2,4	2,8	3,3				
Anschlußstrecke 2	28,8-29,2	Mittelw.	12,6	7,6	9,6	11				
Bergematerial 9 Jahre		Stabw.	4,4	3,6	4	3,3				
Referenzstrecke 1	36,0 - 36,2	Mittelw.	8							
		Stabw.	3,1							
Referenzstrecke 2	39,5-39,65	Mittelw.	12,1							
		Stabw.	4,9							
Bergematerial 1990 verklappt	18,7-18,85	Mittelw.				4,9	4,9			
		Stabw.				2,3	2,7			
Bergematerial 1986 verklappt	9,1-9,7	Mittelw.						9,1		
		Stabw.						3		
Bergematerial 1984 verklappt	27,55-27,7	Mittelw.	11,1	9,1	8,9	10			11,1	
Referenzstrecke 3		Stabw.	3,8	2,8	3,1	4			3,8	

Legende: Mittelw. = Mittelwert, Stabw. = Standardabweichung; graue Felder = Zeitreihenuntersuchung auf Bergematerial, weiße Felder = Referenzuntersuchungen

<sup>1)</sup> Diese geringe Besiedlung ist auf den hohen Anteil an Schluff zurückzuführen. Zum Zusammenhang zwischen Korngröße und Besiedlungsstruktur siehe Kap. 4.4-2.

Bemerkenswert ist im Bereich der Pilotstrecke, daß bereits nach 6 Monaten die hier vor der Verklappung festgestellte Artenvielfalt, jedoch mit etwas verschobener Artenzusammensetzung, erreicht wird. Bei der Besiedlungsdichte wird nach einem Jahr etwa nur ein Fünftel des ursprünglichen Wertes erreicht. Bezieht man diese Besiedlungsparameter auf die potentielle Endbesiedlung des Bergematerials, so werden nach einem Jahr etwa die Hälfte der Artenvielfalt und etwa ein Zehntel der Endbesiedlungsdichte erreicht <sup>1)</sup>.

Tab. 4.4.3-2: Besiedlungsdichten in den einzelnen Untersuchungsstrecken des Datteln-Hamm-Kanals

Untersuchungsstrecke			Untersuchung							
			vor Verklappung	nach Verklappung						
				April/Mai 1993	Nov. 1993	März 1994	Okt. 1994	April/Mai 1993	April/Mai 1993	April/Mai 1993
	km			2 Mon.	6 Mon.	1 Jahr	3 Jahre	4 Jahre	7 Jahre	9 Jahre
Anschlußstrecke 1	28,2-28,6	Mittelw.	2544	1335	934	1096				
Bergematerial 9 Jahre		Stabw.	2397	995	797	825				
Pilotstrecke	28,6-28,8	Mittelw.	1222	118	331	266				
Verklappungsstrecke		Stabw.	2094	131	135	218				
Anschlußstrecke 2	28,8-29,2	Mittelw.	6290	2074	1734	2716				
Bergematerial 9 Jahre		Stabw.	3673	2116	1514	1665				
Referenzstrecke 1	36,0 - 36,2	Mittelw.	2829							
		Stabw.	5693							
Referenzstrecke 2	39,5-39,65	Mittelw.	5334							
		Stabw.	3381							
Bergematerial 1990 verklappt	18,7-18,85	Mittelw.				670	796			
		Stabw.				1057	1071			
Bergematerial 1986 verklappt	9,1-9,7	Mittelw.							2466	
		Stabw.							1935	
Bergematerial 1984 verklappt	27,55-27,7	Mittelw.	1699	790	823	1305				1699
Referenzstrecke 3		Stabw.	1696	621	735	1036				1696

Legende: Mittelw. = Mittelwert, Stabw. = Standardabweichung; graue Felder = Zeitreihenuntersuchung auf Bergematerial, weiße Felder = Referenzuntersuchungen

Einige Besonderheiten zeigt die Anschlußstrecke 2. Dieser Abschnitt wies im Vergleich zu den anderen sowohl hinsichtlich der Artenvielfalt als auch hinsichtlich der Besiedlungsdichte die höchsten Werte auf. Insbesondere die hohe mittlere Besiedlungsdichte von über 6.000 Ind./m<sup>2</sup> unterstreicht die relativ guten Lebensbedingungen. Die hohe Besiedlungsdichte ist zum größten Teil auf die Population der Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) zurückzuführen.

<sup>1)</sup> Siehe hierzu Kapitel 4.4.5 Langzeitentwicklung des Makrozoobenthos auf Bergematerial

Bei der Untersuchung 2 Monate nach der Verklappung des Bergematerials wurde aber auch hier ein starker Einbruch der Population beobachtet. Dieser Einbruch ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf die Verklappungsmaßnahme zurückzuführen. Die Hauptursache für den Populationseinbruch dürfte in der nach der Verklappung verstärkt aufgetretenen Sedimentation von Feinmaterial zu suchen sein. Ein starker Anstieg von Schwebstoffen im Wasser führt zur Erschwerung der Nahrungsaufnahme der filtrierenden Muscheln. Daneben können sich ihre Kiemen mit Schwebstoffen zusetzen, so daß infolge des physiologischen Sauerstoffmangels innerhalb der Muschelpopulation mit einer erhöhten Mortalität zu rechnen ist.

Im weiteren Verlauf wurde aber wieder ein deutlicher Anstieg sowohl hinsichtlich der Artenvielfalt wie auch der Besiedlungsdichte festgestellt, so daß davon auszugehen ist, daß sich die Biozönose relativ schnell regeneriert.

## Besiedlungsdichte

## Artenvielfalt

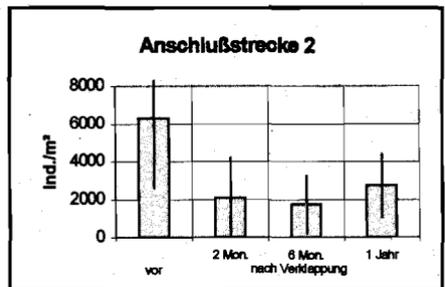
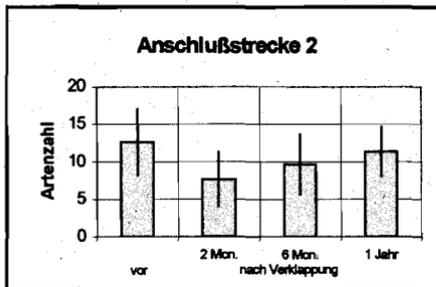
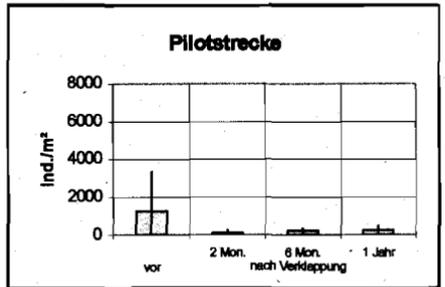
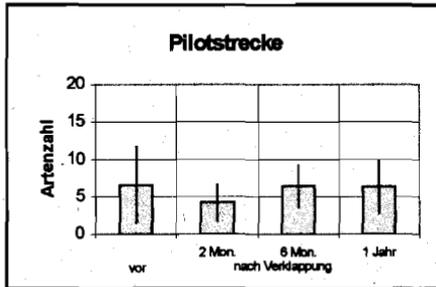
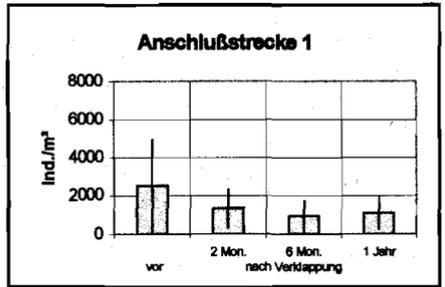
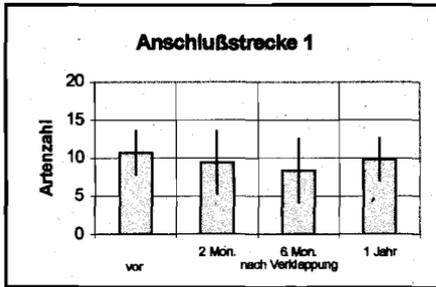
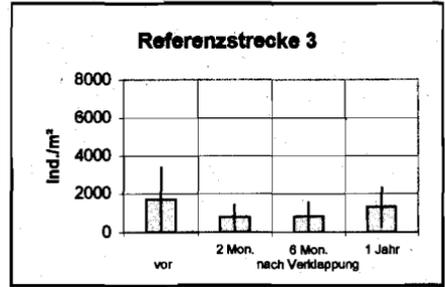
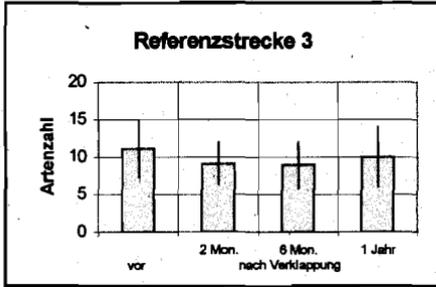


Abb. 4.4.3-4: Artenvielfalt und Besiedlungsdichte in den Untersuchungsstrecken des Datteln-Hamm-Kanals

Im **Wesel-Datteln-Kanal** befand sich in den Teilabschnitten, in denen frisches Bergematerial verklappt wurde (Teilabschnitte I und II, siehe Tab. 3.2-2) hauptsächlich Sand, bzw. im Bereich des Dreieckshafens (Teilabschnitt III) vorwiegend schluffiges Material.

Die Kanalsohle der Referenzstrecke 2 bestand zum Zeitpunkt der 1. Untersuchung (April 1993) aus Wasserbausteinen. Während der weiteren Untersuchung wurde die Kanalsohle im Rahmen einer Unterhaltungsmaßnahme z.T. mit Sand überdeckt, so daß für die weitere Untersuchung auf die randlichen Bereiche (wasserseitiger Böschungsfuß) ausgewichen werden mußte.

Die Entwicklung der Summenparameter Artenvielfalt und Besiedlungsdichte zeigen die Tabellen 4.4.3-3 und 4.4.3-4 sowie die Abb. 4.4.3-5.

Tab. 4.4.3-3: Artenvielfalt in den einzelnen Kanalabschnitten des **Wesel-Datteln-Kanals**

Untersuchungsdatum			Untersuchung				
			vor Verklapp.		nach Verklappung		
			April 1993	April 1994	Aug. 1994	Febr. 1995	Febr. 1995
Untersuchungsstrecke	km		2 Mon.	6 Mon.	1 Jahr	1,5 Jahre	
Pilotstrecke Teilabschnitt III	38,9-39,2	Mittelw.		2,3	5,9	2,1	
		Stabw.		1,0	4,2	1,0	
Pilotstrecke Teilabschnitt I	38,9-39,2	Mittelw.					7,3
		Stabw.					1,0
Referenzstrecke 1	38,2-38,5	Mittelw.	7,7				
		Stabw.	3,9				
Referenzstrecke 2	40,05-40,4	Mittelw.	13,4	7,6	13,0	8,0	
		Stabw.	1,3	2,6	2,7	1,9	

Legende: Mittelw. = Mittelwert, Stabw. = Standardabweichung; graue Felder = Zeitreihenuntersuchung auf Bergematerial, weiße Felder = Referenzuntersuchungen

Sowohl die Besiedlungsdichte wie auch die Artenvielfalt zeigt im Jahresverlauf ein uneinheitliches Bild. Die höchste Besiedlungsdichte (ca. 6.000 Ind./m<sup>2</sup>) wurde im Frühjahr 1993 festgestellt. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch bei der Artenvielfalt, auch hier wurden die höchsten Artenzahlen im Frühjahr 1993 festgestellt.

Im Bereich der Pilotstrecke (Teilabschnitt III) ist 6 Monate nach den Verklappungsarbeiten (August 1994) ein steiler Anstieg der Artenzahl zu beobachten, während bei der Untersuchung 12 Monate nach der Verklappung ein starker Einbruch hinsichtlich Artenvielfalt und Besiedlungsdichte zu verzeichnen war. Im Februar 1995 wurde deshalb auch verklapptes Bergematerial im Teilabschnitt I (WDK-km 38,9-39,2; Nordufer) untersucht. Hier zeigten sich deutlich höhere Werte.

Tab. 4.4.3-4: Besiedlungsdichten in den einzelnen Abschnitten des Wesel-Datteln-Kanals

Untersuchungsdatum			Untersuchung				
			vor Verklapp.		nach Verklappung		
Untersuchungsstrecke	km	Mittelw. Stabw.	April 1993	April 1994	Aug. 1994	Febr. 1995	Febr. 1995
				2 Mon.	6 Mon.	1 Jahr	1,5 Jahre
Pilotstrecke	38,9-39,2	Mittelw.		46	479	67	
Teilabschnitt III		Stabw.		37	356	41	
Pilotstrecke	38,9-39,2	Mittelw.					262
Teilabschnitt I		Stabw.					133
Referenzstrecke 1	38,2-385	Mittelw.	3825				
		Stabw.	4328				
Referenzstrecke 2	40,05-40,4	Mittelw.	6006	2692	4733	3661	
		Stabw.	2041	1887	1593	752	

Legende: Mittelw. = Mittelwert, Stabw. = Standardabweichung; graue Felder = Zeitreihenuntersuchung auf Bergematerial, weiße Felder = Referenzuntersuchungen

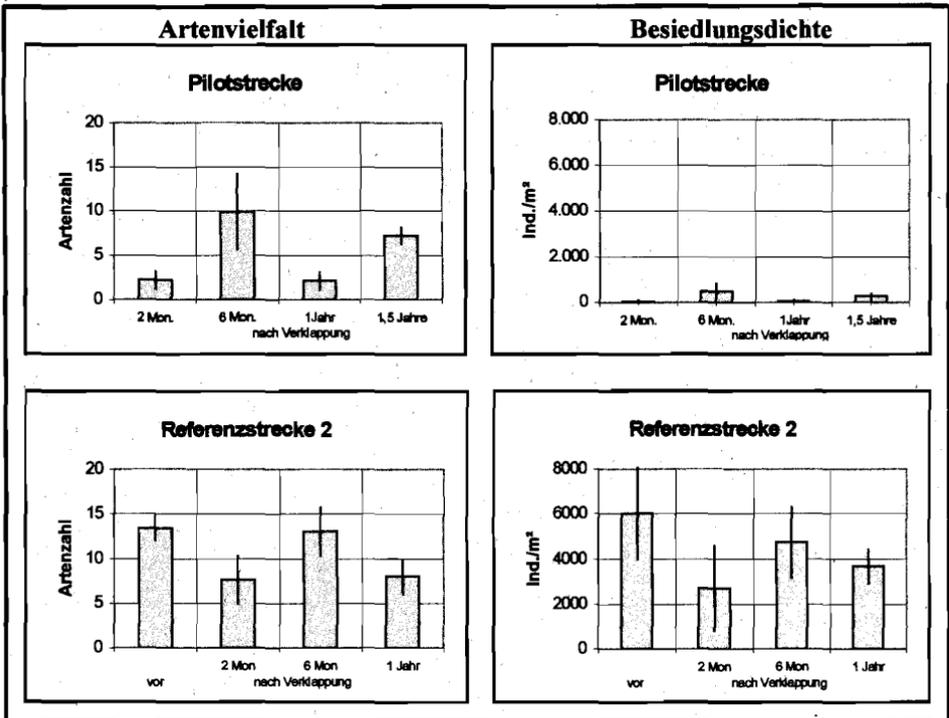


Abb. 4.4.3-5: Artenvielfalt und Besiedlungsdichte in ausgewählten Abschnitten des Wesel-Datteln-Kanals

#### 4.4.4 Vergleich der Besiedlung von ungesiebttem und gesiebttem Bergematerial

Eine Übersicht über die Besiedlungsparameter Gesamtartenzahl, mittlere Artenzahl und mittlere Besiedlungsdichte auf ungesiebttem (DHK) und gesiebttem (WDK) Bergematerial ist den Abbildungen 4.4.4-1 und 4.4.4-2 zu entnehmen.

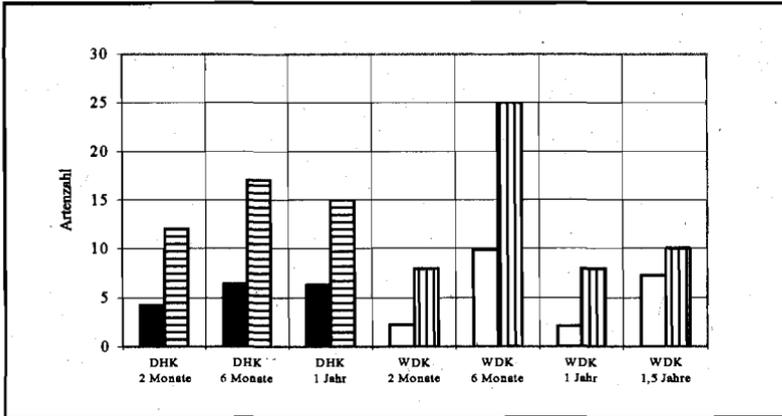


Abb. 4.4.4-1: Mittlere und Gesamtartenzahlen von ungesiebttem (DHK) und gesiebttem (WDK) Bergematerial. **Legende:** schwarze Säulen = mittlere Artenzahl auf ungesiebttem Bergematerial, quergestreifte Säulen = Gesamtartenzahl auf ungesiebttem Bergematerial, weiße Säulen = mittlere Artenzahl auf gesiebttem Bergematerial, längsgestreifte Säulen = Gesamtartenzahl auf gesiebttem Bergematerial.

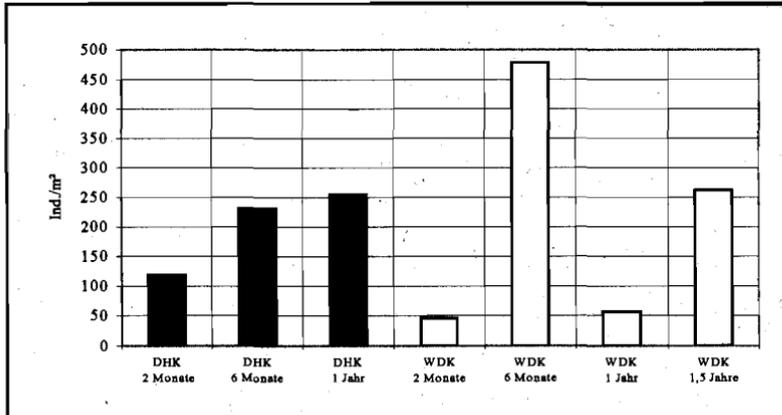


Abb. 4.4.4-2: Mittlere Besiedlungsdichte auf ungesiebttem (DHK) und gesiebttem (WDK) Bergematerial. **Legende:** schwarze Säulen = ungesiebttes Bergematerial, weiße Säulen = gesiebttes Bergematerial.

Vergleicht man die mittleren und die gesamten Artenzahlen auf ungesiebttem und gesiebttem Bergematerial miteinander, so ist bei der Untersuchung des gesiebttem Bergematerials nach 6 Monaten sowohl bei den mittleren Artenzahlen je Probe als auch bei der Gesamtzahl der auf gesiebttem Bergematerial vorgefundenen Arten ein deutlicher Anstieg gegenüber dem ungesiebten Bergematerial zu verzeichnen (siehe Abb. 4.4.4-1).

Bei einer Gesamtbetrachtung des Besiedlungsverlaufs ist ein eindeutiger Trend jedoch nicht zu erkennen. Insbesondere nach 2 Monaten und nach 1 Jahr ist das gesiebte Bergematerial deutlich schlechter besiedelt.

Ebenso spiegeln die mittleren Besiedlungsdichten das Bild des Verlaufs der Artenvielfalt wider (siehe Abb. 4.4.4-2).

Erst nach einer Verweilzeit des **gesiebten Bergematerials** von 1 ½ Jahren im Kanal beginnt sich die ansonsten auf der Kanalsohle eudominante Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) durchzusetzen. Auf **ungesiebttem Bergematerial** bleibt die Wandermuschel in ihrer Populationsentwicklung zunächst deutlich zurück.

Insgesamt bleibt festzuhalten, daß die Lebensgemeinschaft innerhalb der ersten 1 ½ Jahre noch starken Umstrukturierungen unterworfen ist. Auch sind erste Anzeichen für einen etwas schnelleren Besiedlungsverlauf auf gesiebttem Bergematerial seitens der Wandermuschel zu erkennen (siehe Kap. 4.4.6).

#### 4.4.5 Langzeitentwicklung des Makrozoobenthos auf Bergematerial

Für die Auswertung wurden am **Datteln-Hamm-Kanal** die Pilotstrecke (DHK-km 28,6-28,8), die Strecken mit 3 und 4 Jahre altem Bergematerial (DHK-km 18,7 - 18,85), die Strecke mit 7 Jahre altem Bergematerial (DHK-km 9,1-9,7) und die Strecke mit 9 Jahre altem Bergematerial (Referenzstrecke 3, DHK-km 27,55 - 27,7) herangezogen und versucht hieraus einen Besiedlungstrend hinsichtlich der Entwicklung von Artenvielfalt und Besiedlungsdichte zu ermitteln. Dieser Trend wurde dann auf einen Gesamtzeitraum von 15 Jahren extrapoliert (siehe Abb. 4.4.5-1 und 4.4.5-2).

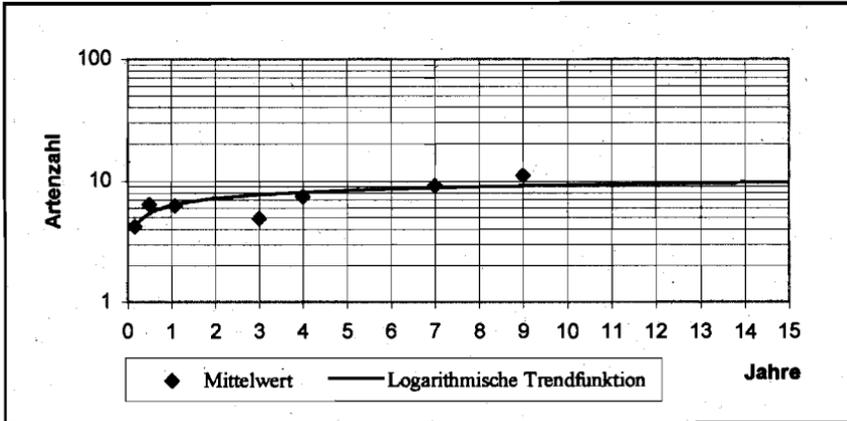


Abb. 4.4.5-1: Entwicklung der Artenvielfalt auf Bergematerial am **Datteln-Hamm-Kanal**

Im Abschnitt zwischen DHK-km 18,7 - 18,85 (Bergematerial, 3 Jahre nach Verklappung) lag die mittlere Artenzahl deutlich unter dem zu erwartenden Wert. Dieser Abschnitt wurde im 4. Jahr nach der Verklappung erneut untersucht. Zwar konnte dann ein leichter Anstieg der Besiedlungsparameter festgestellt werden, doch befanden sich die Artenvielfalt und die Besiedlungsdichte immer noch geringfügig unter dem zu erwartenden Wert. Ein Vergleich der Korngrößen zeigt, daß in diesem Bereich das Material im Mittel wesentlich feinkörniger ist und einen erhöhten Anteil an "Kohlestaub" aufweist, welcher vermutlich aus einer in der Nähe befindlichen Verladestelle in den Kanal eingeweht wurde. Die geringere Besiedlung ist vermutlich auf diesen höheren Feinkornanteil des Besiedlungsmaterials zurückzuführen.

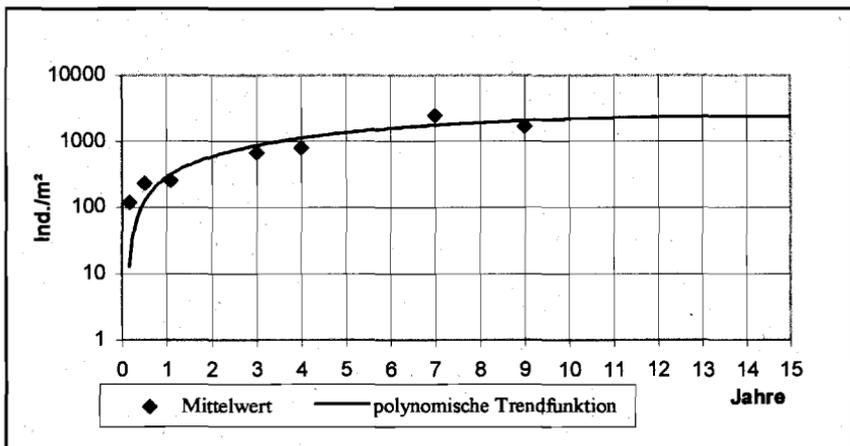


Abb. 4.4.5-2: Entwicklung der Besiedlungsdichten auf Bergematerial am **Datteln-Hamm-Kanal**

Nach der Trendfunktion wird sich im **Datteln-Hamm-Kanal** nach etwa 7 Jahren die mittlere Artenzahl auf ca. 11 Arten und die mittlere Besiedlungsdichte auf etwa 2.300 Ind./m<sup>2</sup> einpendeln. Hierbei sind je nach vorherrschendem Substrat Standardabweichungen der Artenvielfalt von bis zu 60% und der Besiedlungsdichten von bis zu 160% möglich.

Diese hohen Standardabweichungen sind zum einen auf die clusterförmige Besiedlung, insbesondere von *Dreissena polymorpha*, zum anderen auf die nicht gleichmäßige Verteilung von größeren Steinen auf der Kanalsole zurückzuführen.

Diese aus den gewonnenen Daten ermittelten Eckwerte sind abhängig von den im Gewässer herrschenden Rahmenbedingungen. Im vorliegenden Fall war das vorherrschende Substrat in diesen Bereichen Kies und Feinstein.

Ebensolche Auswertungen konnten für den **Wesel-Datteln-Kanal** nicht vorgenommen werden, da Bergematerial, welches vor entsprechend langen Zeiträumen im Wesel-Datteln-Kanal verklappt wurde, nicht vorhanden war.

#### 4.4.6 Besiedlungsverhalten der Wandermuschel *Dreissena polymorpha*

Die Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) bildet mit einem Anteil von über 60% (im DHK) bzw. von über 80% (im WDK) eine Hauptkomponente der Makrozoenbesiedlung. Anhand einer Modellrechnung zum logistischen Populationswachstum<sup>1)</sup> soll daher im folgenden die Besiedelbarkeit von Bergematerial mit der Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) diskutiert werden:

Die mittleren Besiedlungsdichten der Wandermuschel in den einzelnen Kanalabschnitten zeigen die Tabellen 4.4.6-1 und 4.4.6-2.

Tab. 4.4.6-1: Populationsdichten von *Dreissena polymorpha* in den einzelnen Untersuchungsstrecken des Datteln-Hamm-Kanals (Mittelwerte und Standardabweichung).

Untersuchungsdatum		Untersuchung								
		vor Verklappung		nach Verklappung						
		April/ Mai 1993	Nov. 1993	März 1994	Okt. 1994	April/ Mai 1993	April/ Mai 1993	April/ Mai 1993	April/ Mai 1993	
Untersuchungsstrecke	Kanal-km		2 Mon.	6 Mon.	1 Jahr	3 Jahre	4 Jahre	7 Jahre	9 Jahre	
Anschlußstrecke 1	28,2-28,6	Mittelw.	1449	942	490	614				
Bergematerial 9 Jahre		Stabw.	1402	711	471	729				
Pilotstrecke (Verklappungsstrecke)	28,6-28,8	Mittelw.	1390	0	8	20				
		Stabw.	2041	0	0	17				
Anschlußstrecke 2	28,8-29,2	Mittelw.	4690	1194	1033	1629				
Bergematerial 9 Jahre		Stabw.	2723	1456	1170	1380				
Referenzstrecke 1	36,0 - 36,2	Mittelw.	2992							
		Stabw.	5802							
Referenzstrecke 2	39,5-39,65	Mittelw.	4937							
		Stabw.	3030							
Bergematerial 1990 verklappt	18,7-18,85	Mittelw.					318	684		
		Stabw.					393	971		
Bergematerial 1986 verklappt	9,1-9,7	Mittelw.							1926	
		Stabw.							1720	
Bergematerial 1984 verklappt	27,55-27,7	Mittelw.	836	333	313	899				836
Referenzstrecke 3		Stabw.	468	315	422	788				468

Legende: Graue Felder = benutzte Werte zur Ermittlung der Kapazitätsgrenze (K) für die nachfolgende Modellrechnung.

<sup>1)</sup> Zum logistischen Wachstum siehe SIEWING (1980) und BOHL (1987).

Tab. 4.4.6-2: Populationsdichten von *Dreissena polymorpha* in den einzelnen Kanalabschnitten des Wesel-Datteln-Kanals (Mittelwerte und Standardabweichung)

Untersuchungsdatum		Untersuchung				
		vor Verklapp	nach Verklappung			
			April 1993	April 1994	Aug. 1994	Febr. 1995
Untersuchungsstrecke			2 Mon.	6 Mon.	1 Jahr	1,5 Jahre
Pilotstrecke	38,9-39,2	Mittelw.		17		
		Stabw.		9		
Pilotstrecke	38,9-39,2	Mittelw.				130
		Stabw.				102
Referenzstrecke 1	38,2-38,5	Mittelw.	3467			
		Stabw.	4198			
Referenzstrecke 2	40,05-40,4	Mittelw.	5340	2734	2942	3522
		Stabw.	2210	1715	1551	728

Legende: Graue Felder = benutzte Werte zur Ermittlung der Kapazitätsgrenze (K) für die nachfolgende Modellrechnung.

Aus den im Datteln-Hamm-Kanal und Wesel-Datteln-Kanal erhobenen Daten wurde ebenfalls versucht, eine angenäherte Wachstumskurve zu bestimmen <sup>1)</sup> (siehe Tab. 4.4.6-3 und Abb. 4.4.6-1)

Bei den erhobenen Freilanddaten für die Populationsentwicklung von *Dreissena polymorpha* auf Bergematerial ergab sich eine angenäherte Wachstumsrate  $r$  von 1,6 für ungesiebtes Bergematerial (RAG-Berge) im Datteln-Hamm-Kanal und eine angenäherte Wachstumsrate  $r$  von 2,8 für gesiebtes Bergematerial (AV-Berge) im Wesel-Datteln-Kanal (siehe Tab. 4.4.6-3 und Abb. 4.4.6-1).

Zumindest bei der Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) ist somit eine deutlich bessere Besiedlungsgeschwindigkeit des gesiebten Bergematerials zu vermuten.

<sup>1)</sup> Das Populationsmodell wurde anhand des logistischen Wachstums (SIEWING, 1980) nach der

Formel 
$$N = \frac{K}{1 + e^{a - rt}}$$
 mit der Wachstumsrate  $r = \frac{\ln \frac{N_t}{N_0}}{t}$  und  $a = \frac{K - N_0}{N_0}$  aufgestellt. Für die

nachfolgende Modellrechnung wurde eine Kapazitätsgrenze  $K$  von 2.000 Ind./m<sup>2</sup> für den Datteln-Hamm-Kanal und von 3.600 Ind./m<sup>2</sup> für den Wesel-Datteln-Kanal aus den erhobenen Freilanddaten durch Mittelwertbildung aus den Referenzdaten (siehe graue Felder Tab. 4.4.6-1 und 4.4.6-2) geschätzt und die jeweiligen Wachstumsraten ( $r$ ) ermittelt. Für die Anfangspopulation  $N_0$  wurden 2 Ind./m<sup>2</sup> eingesetzt.

Tab. 4.4.6-3: Gegenüberstellung des logistischen Wachstums und der erhobenen Freilanddaten für die Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*).

Jahre	Datteln-Hamm-Kanal		Wesel-Datteln-Kanal	
	angenäherte Wachstumsrate $r = 1,6$	Erhebungsdaten	angenäherte Wachstumsrate $r = 2,8$	Erhebungsdaten
0	2	2	2	2
0,5	5	-	8	17
1	10	20	33	-
1,5	23	-	129	130
2	52	-	470	-
3	241	318	2563	-
4	828	684	3514	-
5	1569	-	3595	-
6	1899	-	3600	-
7	1980	1926	3600	-
8	1996	-	3600	-
9	1999	1840	3600	-
10	2000	-	3600	-

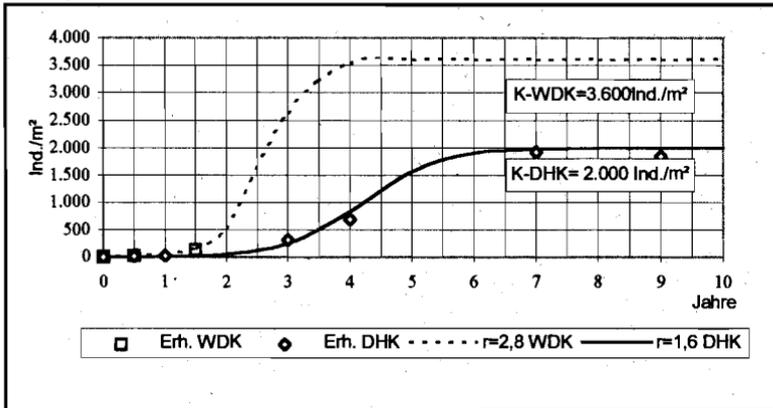


Abb. 4.4.6-1: Gegenüberstellung des logistischen Wachstums und der erhobenen Freilanddaten für die Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*).

Aus den erhobenen Daten ergibt sich somit eine Besiedlungshase zwischen vier und sieben Jahren.

Für die relativ lange Besiedlungsphase sind unter anderem folgende Faktoren verantwortlich:

- Die **relativ glatte Oberfläche** des Bergematerials, die das Festsetzen der Junglarven erschwert. Bei der Aufarbeitung des Probenmaterials konnten die anhaftenden Muscheln relativ leicht von den Steinen entfernt werden. Bei Steinen mit einer rauhen Oberfläche sitzen die Muscheln erheblich fester auf den Steinen.
- Die **durch das Schraubenwasser der Schiffe am Gewässergrund hervorgerufene mechanische Belastung der Tiere**, die ebenfalls das Festsetzen der Junglarven erschwert.
- Der **relativ hohe Feinkornanteil des 3 und 4 Jahre alten Bergematerials am Datteln-Hamm-Kanal** (zwischen DHK-km 18,7 und 18,85), der maßgeblich den Verlauf des Populationswachstums im Datteln-Hamm-Kanal bestimmte. So ergaben sich auch bei der Ermittlung des Gesamtbesiedlungsverlaufs von Bergematerial im Datteln-Hamm-Kanal. Anzeichen dafür, daß das 3 Jahre alte Bergematerial unterdurchschnittlich besiedelt war (siehe Kap. 4.4.5).

Berücksichtigt man die hohe Sterblichkeitsrate von Larven der Wandermuschel in Seen von über 99% (STANCZYKOWSKA, 1977), so ergeben sich auch für Seen nach dem logistischen Wachstumsmodell Wieder- bzw. Neubesiedlungszeiträume von 3 bis 4 Jahren.

## 5 Beurteilung der Ergebnisse

### 5.1 Waschberge

Von der Kornstruktur her sind die gesiebten AV-Waschberge im Vergleich zu RAG-Waschbergen das deutlich gröbere Material und enthalten einen geringeren Feinkornanteil  $< 0,63$  mm. Sie lassen aufgrund des ausgeprägteren Hohlraumsystems einer Schüttung ein biologisch leichter zu besiedelndes Substrat erwarten (vgl. Kapitel 4.4).

Das wäßrige Eluat der Waschberge-Feinkornfraktion ist nur schwach alkalisch und in dieser Beziehung unkritisch. Die Ammonium-Gehalte sind vergleichbar mit denen in Kanalsedimenten, die eluierbaren Phosphorgehalte liegen vergleichsweise niedrig. Auch bei vollständiger Lösung und Verteilung im Kanalwasser sind diese Konzentrationen als nicht toxisch bzw. nicht eutrophierungsrelevant einzuschätzen. Die geogen bedingten Konzentrationen an Chlorid und Sulfat haben auf das Kanalwasser keinen signifikanten Einfluß (vgl. Kapitel 5.2).

Die Ergebnisse der Arsen- und Schwermetalluntersuchungen in den Waschberge-Feinkornfraktionen sind differenzierter zu bewerten. Neben den Vergleichsuntersuchungen von natürlichen Kanalsedimenten wurden Vergleichswerte in Tabelle 5.1-1 zusammengestellt. Darin sind Angaben zu Schadstoffgehalten in verschiedenen Böden, Gesteinen, Bergematerialien und Rheinschwebstoffen/-sedimenten sowie die von der Internationalen Rheinschutzkommission (IKSR, 1992) aufgestellten Zielvorgaben für die Sediment-/Schwebstoffbeschaffenheit enthalten.

Die Gesamtgehalte an Schwermetallen, die nach oxidierendem Aufschluß der untersuchten Waschberge-Feinkornfraktionen nachgewiesen werden konnten (vgl. Tab. 4.1.2-1), stellen zunächst ein signifikantes Schadstoffpotential dar. Sie sind gegenüber den untersuchten Kanalsedimenten und den in Deutschland weit verbreiteten Böden und Gesteinen deutlich erhöht. Dies gilt in der Reihenfolge abnehmender Bedeutung bei AV-Waschbergen für Blei, Zink, Cadmium, Kupfer und Quecksilber, bei RAG-Waschbergen für Blei, Arsen, Kupfer und Zink. Die IKSR-Zielvorgaben für Rheinschwebstoffe/-sedimente werden beim Chrom dagegen deutlich unterschritten, während die Arsen- und Nickelgehalte etwa den Vorgaben entsprechen. Die Gehalte von Blei (insbesondere AV), Zink, Cadmium und Quecksilber (AV) sowie Kupfer (RAG) der Waschbergefeinfraktion liegen allerdings deutlich über den Gehalten der IKSR. Die im Rahmen dieser Untersuchungen ermittelten Schwermetallgesamtgehalte liegen im Vergleich zu früheren Untersuchungen deutlich höher; dies wird durch die von RAG veranlaßten aktuellen Untersuchungen von Flotationsbergen und einer weiteren Waschbergefeinkornfraktion bestätigt (vgl. Tab. 4.1.2-1 und Tab. 5.1-1).

Wird die Feinkornfraktion der Waschberge eluiert (wäßrige Eluate ohne pH-Regulierung bzw. unter konstanten pH-Bedingungen bei pH 4 und 11), liegen die gelösten Arsen- und Schwermetallgehalte erwartungsgemäß deutlich niedriger. Die Gehalte im wäßrigen Eluat unterschreiten mit Ausnahme von Spuren von Arsen die jeweiligen Bestimmungsgrenzen. Die Elutionsbedingungen bei pH 4 und 11 sind für im Gewässer befindliche Wasserbausteine als extrem anzusehen. Dennoch findet auch unter diesen Bedingungen eine - gemessen am potentiell verfügbaren Gesamtgehalt - nur geringe Schwermetallfreisetzung statt.

Ergänzend ist anzumerken, daß der Feinkornanteil der Waschberge-Proben bei diesen Untersuchungen lediglich 2 - 7 Gew.-% ausmacht und relativ fest dem größeren Material anhaftet.

Tabelle 5.1-1: Vergleichswerte Feststoffgehalte (mg/kg)

	Tonschiefer	Bödd./Gest.	Rheinsed.	Rheinschw.	MSV/MURL	IKSR
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Arsen	13	20	20			40
Blei	20	100	142	170		100
Cadmium	0,3	0,6	3,1	3,3		1
Chrom	90	50	93	120		100
Kupfer	45	40	91	150		50
Nickel	68	40	58	56		50
Quecksilber	0,4	0,3	1,1	1,8		0,5
Zink	95	120	615	750		200
PAK		1 (EPA)	2,5 (TVO)	4,9 (TVO)	2 (TVO)	
PCB		0,02	0,04	0,16	0,05	
TCBT			0,025	0,08	50	
EOX			0,6	1,8		

	Berge	Feinberge	Feinberge	Flotberge	Feinberge	Flotberge	Flotberge
	(7)	(8)	(9)	(9)	(10)	(11)	(12)
Arsen		11,0-17	7	4,1	60	11	8,1
Blei	30-170	111-121	20	14	108	115	91
Cadmium	0,1-1,1	0,7-1,4	0,12	0,57	0,7	0,9	< 0,5
Chrom	65-205		24	19	17	16	15
Kupfer	28-80	45-67	47	62	73	38	69
Nickel	21-124	50-83	34	33	29	39	29
Quecksilber		0,23-0,55	0,5	0,9	0,7	0,44	0,48
Zink	29-225	171-242	110	350	120	200	115
PAK			nn	nn		0,64 (EPA)	0,14 (TVO)
PCB			nn-0,004	0,023-0,07		nn	0,051
TCBT			nn	0,18-0,488			
EOX			<1-6	1-8,2	<1	16,3	< 1

- (1) TUREKIAN & WEDEPOHL (1961)
- (2) Hintergrundwerte von Böden und Gesteinen (Z 0 - Werte) nach LAGA (1994)
- (3) Stoffgehalte in Rheinsedimenten an der deutsch-niederländischen Grenze (IKSR, 1993)
- (4) Stoffgehalte in Rheinschwabstoffen (90-Perzent, 1990-1992) an d. dt.-niederl. Grenze (LWA, 1993)
- (5) Zur Verwertung von Waschbergen im Straßen- und Erdbau einzuhaltende Grenzwerte (MSV/MURL, 1991)
- (6) IKSR, 1992: Zielvorgaben für Schwebstoffe und Sedimente
- (7) Bergematerial aus dem Ruhrkarbon (VAN BERK, 1986)
- (8) Versuchsdeiche Mari, Untersuchungsbericht Lippeverband (LV 1981)
- (9) VAN BERK UND KLUKAS (1988)
- (10) Gutachten Heinrich Robert vom 31.03.1994 (WB < 0,63 mm)
- (11) Gutachten Prosper Haniel vom 30.03.1992
- (12) Gutachten Lohberg vom 09.02.1994

nn = nicht nachweisbar

Akut toxische Effekte auf Daphnien und Leuchtbakterien im neutralisierten, wäßrigen Eluat sind nicht nachzuweisen; auch die faunistischen Untersuchungen (vgl. Kapitel 5.4) lassen keine toxischen Effekte von Waschbergen als Wasserbaustein in Kanälen erkennen.

Die organischen Belastungen der Waschberge-Feinkornfraktionen haben nur untergeordnete Bedeutung. Aus Kohleresten stammende PAK lassen sich in geringer Konzentration bei RAG-Waschbergen nachweisen und liegen deutlich unter der Belastung von z.B. Rheinschwebstoffen und -sedimenten.

PCB und TCBT als Bergbau-spezifische Verunreinigungen sind nur in Einzelfällen oberhalb der Bestimmungsgrenze nachzuweisen; die in Deutschland weit verbreiteten Böden und Gesteine sowie in weitaus größerem Ausmaß die Rheinsedimente sind deutlich stärker belastet.

Die EOX-Gehalte in Waschbergen sind in der überwiegenden Anzahl der Untersuchungen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 1 mg/kg. In Einzelfällen lassen sich Gehalte über 10 mg/kg nachweisen; die Herkunft und stoffliche Zusammensetzung dieser Belastung ist unbekannt.

## 5.2 Kanalwasser

Schiffsbewegungen in den Kanälen haben nach den vorliegenden Untersuchungen keinen Einfluß auf die Ergebnisse der untersuchten Meßgrößen. Insgesamt scheint die Verklappung von Waschbergen bei den beiden Maßnahmen nur einen geringen unmittelbaren Einfluß auf die Wasserqualität zu haben. Insbesondere die Sichttiefe und damit die abfiltrierbaren Stoffe sind direkt am Ort der Verklappung kurzfristigen Veränderungen gegenüber dem Normalzustand unterworfen. Dies wurde im besonderen Maße im DHK beobachtet, in dem ungesiebttes Bergematerial der Körnung 0 -120 mm eingesetzt wurde (s. Kapitel 4.2).

Grundsätzlich können anorganische Schwebstoffe die Besiedlungsdichte eines Gewässers mit Makrozoobenthos-Organismen erheblich verringern. Auch eine Verminderung des Phytoplanktons und eine Schädigung der Fischbrut wurden bei verminderten Sichttiefen durch Schwebstoffeintrag beobachtet (TITZNER, 1989). Die Sichttiefe in den westdeutschen Kanälen unterliegt aufgrund der Algenentwicklung zusätzlich starken jahreszeitlichen Schwankungen. Die kurzzeitige Veränderung der Sichttiefe durch Aufwirbelungen von anorganischen Schwebstoffen während der Verklappungsmaßnahmen dürfte jedoch im Verhältnis zur Störung des Gewässerzustandes durch den Einbau selbst einen zu vernachlässigenden Einfluß auf das Gewässerökosystem haben.

Die mit der Verminderung der Sichttiefe gefundene Erhöhung der Konzentrationen von Eisen, Kupfer, Zink, Arsen und TOC scheint partikulär verursacht zu sein, da ebenfalls erhöhte Konzentrationen von abfiltrierbaren Stoffen gefunden wurden, und die o. g. Stoffe aus der homogenisierten Probe bestimmt wurden. Ein nennenswerter Übergang in die wässrige Phase scheint aufgrund der Ergebnisse nicht stattzufinden.

Mögliche Aufwirbelungen durch vorbeifahrende Schiffe hatten während der vorliegenden Untersuchung keinen Einfluß auf die Sichttiefe.

Es ergeben sich außerdem Hinweise auf einen Anstieg der Chloridkonzentration während der Verklappung. Dieses kann möglicherweise aber auch auf unterschiedlich starke Einspeisungen von Lippewasser in das Kanalsystem zurückzuführen sein.

Grundsätzlich können Chlorid und Sulfat aus dem Bergematerial beim Einbau in ein Gewässer ausgewaschen werden. In den "Allgemeinen Güteanforderungen für Fließgewässer" (AGA NRW 1991) sind für Chlorid und Sulfat jedoch keine Güteanforderungen festgelegt worden, die als Beurteilungsmaßstab herangezogen werden könnten. Da das Wasser der westdeutschen Kanäle u. a. zur Trinkwassergewinnung verwendet wird, kann zur Bewertung der gefundenen Konzentrationswerte die EG-Richtlinie über die Qualitätsanforderungen an Oberflächengewässer für die Trinkwassergewinnung hilfsweise herangezogen werden (EG 1975). Darin sind als Leitwerte für Chlorid und Sulfat 200 bzw. 150 mg/l im Gewässer benannt. Diese Werte wurden bei allen in diesem Rahmen durchgeführten Untersuchungen nicht erreicht.

Über die Störung des limnischen Ökosystems durch eine Salzbelastung in dem o. g. Konzentrationsbereich ist bisher erst wenig bekannt.

MÜNZINGER und THIEL (1993) bewerten in einem Modell zur Beschreibung des Zustandes von Fließgewässern im Emschereinzugsgebiet in Anlehnung an eine Einstufung für die Weser (BUHSE 1991) Chloridkonzentrationen < 500 mg/l mit "keinen bis geringen biologischen Folgen", > 500 - 2000 mg/l mit "erster biologischer Störschwelle" und > 2000

mg/l mit "Beeinträchtigung vieler autochthoner Lebewesen". FRIEDRICH (1994) hält Sulfatkonzentrationen bis 400 mg/l im Gewässer aus limnologischer Sicht für vertretbar. KLEIN und TITZLER (1981) fanden bei einer Untersuchung des Nord-Ostsee-Kanals bis zu Chloridkonzentrationen von 3500 mg/l limnische Makrozoobenthos-Organismen, die oberhalb dieser Konzentration vollständig von Brackwasser bzw. Meerwasserarten abgelöst wurden.

Die oben genannten ökologisch relevanten Konzentrationsbereiche von Chlorid und Sulfat wurden während der beiden Verklappungsmaßnahmen im Gewässer sowohl im oberflächennahen Bereich als auch kurz über dem Grund nicht erreicht.

Die umweltrelevanten Meßgrößen PAK und PCB wurden zu verschiedenen Zeiten in beiden Kanalsystemen in Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenzen nachgewiesen. Die gefundenen Gehalte liegen in etwa in der Größenordnung, die in früheren Untersuchungen im Rhein bzw. in den deutsch-niederländischen Grenzgewässern gefunden wurden und stellen keine außergewöhnliche Belastung dar. Die Konzentrationen der PAK liegen größenordnungsmäßig beim Grenzwert der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) (0,2 µg/l) und die der PCB eine Größenordnung unterhalb des Grenzwertes der TrinkwV (0,5 µg/l).

Die gefundenen Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß die im Kanalwasser nachgewiesenen PAK und PCB aus dem Bergematerial stammen können. Dies scheint jedoch unwahrscheinlich, da im Bergematerial selbst die Konzentrationen an bzw. unterhalb der Nachweisgrenze lagen (s. Kapitel 4.1.4). Bei einer späteren Untersuchung im Dezember 1994 wurden die PAK an der Bestimmungsgrenze und die PCB/TCBT unterhalb der Bestimmungsgrenze sowohl in den Verklappungs- als auch in Referenzgebieten des WDK und DHK gefunden.

### 5.3 Porenwasser

In Abhängigkeit von der Tiefe und dem Alter des verklappten Bergematerials bildet sich eine charakteristische Porenwasserzusammensetzung aus, die von der Kanalwasserbeschaffenheit abweichen kann. Insbesondere die in der Bergfeuchte des frischen Bergematerials enthaltenen leicht löslichen Natrium- und Chloridionen lösen sich in den ersten Monaten nach der Verklappung, wodurch das Porenwasser in der frischen Waschbergesohle bei diesen Stoffen höhere Gehalte aufweist als das Kanalwasser bzw. das Porenwasser in der Natursohle bzw. der älteren Waschbergeschüttungen. Dies betrifft insbesondere die tieferen Bereiche der Kanalsohle, während das kanalwassernahe Porenwasser auch beim frischen Bergematerial durch die Gehalte des Kanalwassers geprägt ist. Mit zunehmendem Alter der Bergeverklappung nimmt durch den Einfluß des Kanalwassers auch in den tieferen Bereichen die Natrium- und Chloridkonzentration ab. Durch den allmählichen Austausch des primären Porenwassers wird jedoch die Kanalwasserbeschaffenheit nicht meßbar beeinflusst.

Neben der Freisetzung der leichtlöslichen Chloride wird die Porenwasserchemie in allen untersuchten Sohlprofilen deutlich durch mikrobielle Abbauprozesse bestimmt, bei denen nacheinander Sauerstoff, Nitrat und z.T. Sulfat reduziert, abbaubare organische Substanz zu Kohlendioxid bzw. Hydrogencarbonat oxidiert und bei zunehmend reduzierenden Bedingungen auch Ammonium gebildet und Mangan und Eisen löslich werden (vgl. Leuchs 1988). Aus diesem Grund sind im Porenwasser die Gehalte von Sauerstoff, Nitrat und z.T. Sulfat geringer als im Kanalwasser, während die Hydrogencarbonat-, Ammonium-, Mangan und Eisenkonzentrationen höher liegen. Da auf der Kanalsohle ständig mikrobiell verfügbarer Kohlenstoff abgelagert (z.B. Pflanzendetritus) oder durch abgestorbene tierische Biomasse nachgeliefert wird, erfolgt der mikrobielle Abbau in den sohnahen Bereichen vollständiger als in den sohlfernen.

Eisensulfide (Pyrit) können unter diesen Bedingungen nicht oxidiert werden; die Untersuchungsergebnisse geben daher auch keine Hinweise auf diese Reaktion.

Die insbesondere im tiefen Porenwasser der Meßstelle 1a auftretenden erhöhten Arsengehalte sind vermutlich auf die Reduktion oxidierten Eisenphases des Bergematerials zurückzuführen, bei der daran gebundenes Arsen freigesetzt wird.

Es ist jedoch nicht damit zu rechnen, daß Diffusionsvorgänge von Arsen bzw. auch Ammonium, Mangan und Eisen aus dem Porenwasser die Kanalwasserbeschaffenheit nachteilig beeinflussen, da im Bereich der Grenzschicht zwischen Poren- und Kanalwasser - aufgrund des dort ansteigenden Sauerstoffgehaltes - wieder eine Oxidation bzw. Festlegung der genannten Stoffe erfolgt.

Schwermetalle sind im Porenwasser in ähnlichen Konzentrationsverhältnissen zu finden wie im Kanalwasser.

## 5.4 Besiedlung (Makrozoobenthos)

Die Ergebnisse der durchgeführten benthosbiologischen Untersuchungen lassen folgende Schlüsse zu:

1. Die Neubesiedlung des Bergematerials in Kanälen erfolgt wesentlich langsamer als in Fließgewässern
2. Das Artenspektrum des Makrozoobenthos auf Bergematerial unterscheidet sich nicht wesentlich von anderen im Wasserbau verwendeten Gesteinen mit entsprechender Korngrößenzusammensetzung.
3. Artenvielfalt und Besiedlungsdichte des Makrozoobenthos sind von der Korngrößenzusammensetzung des Bergematerials abhängig.

zu 1. Im Gegensatz zu der Besiedlung von Bergematerial im Rhein, welche schon nach etwa einem Jahr als abgeschlossen gelten kann (siehe hierzu TITTIZER et al. 1988), dauert die Besiedlung von Bergematerial in den Kanälen - je nach Korngröße - zwischen 4 und 7 Jahre.

Der Grund dafür ist in erster Linie in der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft zu suchen: Während im Rhein die Insektenlarven - und hier insbesondere die Zuckmücken - hauptsächlich am Aufbau der Biozönose auf der Sohle beteiligt sind, dominiert in den Kanälen bei geeigneten Substraten die Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*).

Die meisten merolimnischen<sup>1)</sup> Insektenlarven weisen einen jährlichen Lebenszyklus auf. Im flugfähigen Stadium verlassen sie zur Paarung das Gewässer. Nach erfolgter Eiablage entwickelt sich die nächstfolgende Generation. Hieraus und insbesondere auch durch die für Fließgewässer typische organismische Drift<sup>2)</sup> erfolgt eine sehr schnelle natürliche Neubesiedlung freigewordener oder neuer Lebensräume.

In Kanälen ist die Lebensgemeinschaft dagegen hauptsächlich aus hololimnischen<sup>3)</sup> Arten (Muscheln, Kleinkrebse) zusammengesetzt. Insbesondere bei den hololimnischen Evertibraten mit längerer Lebensdauer, wie z.B. bei der Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) erfolgt der Wiederaufbau einer zusammengebrochenen Population bzw. die Neubesiedlung freier oder neuer Lebensräume wesentlich langsamer.

Vergleicht man nun die Besiedlung des 4, 7 und 9 Jahre alten Bergematerials im Datteln-Hamm-Kanal mit der Lebensgemeinschaft der Natursteine gleicher Korngröße in den angrenzenden Kanalabschnitten, so können bezüglich arten- und mengenmäßiger Zusammensetzung der Biozönosen keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Die Frage, ob die Neubesiedlung des Bergematerials mit gleicher Besiedlungsgeschwindigkeit erfolgt wie der anderen im Wasserbau verwendeten Materialien (Natursteine), wurde nicht explizit verfolgt. Es wird jedoch vermutet, daß keine gravierenden Unterschiede in der Besiedlungsgeschwindigkeit zu anderen im Wasserbau verwendeten Materialien (Natursteine) bestehen.

<sup>1)</sup> Merolimnische Arten: Insekten, die als Larven im Gewässer leben. Die Adulten leben am Land.

<sup>2)</sup> Organismische Drift: Verfrachtung der Tiere durch die Schleppkraft des Wassers

<sup>3)</sup> Hololimnische Arten: Tiere, die ihren gesamten Lebenszyklus, einschließlich Paarung und Eiablage, im Gewässer verbringen

- zu 2. Untersuchungen am Dortmund-Ems-Kanal zeigen, daß Natursteine (Grauwacke, Sandstein, Basalt) ein ähnliches Artenspektrum aufweisen (RÜTTEN, 1994) wie das Bergematerial im Datteln-Hamm-Kanal und Wesel-Datteln-Kanal.
- zu 3. Mit zunehmender Korngröße des Substrates steigt sowohl die Artenvielfalt wie auch die Besiedlungsdichte an (siehe hierzu Kap. 4.4.2).

Insbesondere beim Vergleich der Besiedlungsdichten der dominanten Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) auf ungesiebttem (RAG-Berge) und gesiebttem (AV-Berge) Bergematerial sind 1 bzw. 1 ½ Jahre nach der Verklappung Unterschiede feststellbar. Vergleicht man die Populationswachstumsraten auf gesiebttem und ungesiebttem Bergematerial, so ergibt sich eine höhere Besiedlungsgeschwindigkeit auf dem gesiebttem Bergematerial<sup>1)</sup> (siehe Kap.4.4.5).

Ein solcher Anstieg der Artenvielfalt und Besiedlungsdichte mit zunehmender Korngröße ist jedoch nicht spezifisch für Bergematerial sondern wurde auch in anderen Bundeswasserstraßen auf natürlichen Substraten bzw. Wasserbausteinen festgestellt (LEUCHS & SCHLEUTER, 1994).

---

<sup>1)</sup> Hierbei ist zu berücksichtigen, daß das beprobte 3 bzw. 4 Jahre alte Bergematerial im Datteln-Hamm-Kanal einen relativ hohen Feinkornanteil besaß und das gesiebte Bergematerial sich nach 1 ½ Jahren immer noch in der Anfangsphase der Besiedlung befand. Es wird daher empfohlen beide Pilotstrecken nach 3 Jahren nochmals ergänzend zu untersuchen.

## 6. Bewertung der Ergebnisse

Die in Kapitel 1 aufgeworfenen Fragen können nach den durchgeführten Untersuchungen wie folgt beantwortet werden:

*Wird durch die Verklappung von Waschbergen die Wasserqualität (pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Trübung, Sauerstoff, Chlorid, Sulfat, Schwermetalle, bergbauspezifische Verunreinigungen) am Ort der Verklappung bzw. in den angrenzenden Bereichen beeinflusst?*

Der Einsatz von Waschbergen im WDK bzw. DHK hatte während bzw. nach der Verklappung hinsichtlich pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt sowie der leichtlöslichen Chloride, Sulfate und Schwermetalle keinen Einfluß auf die Wasserqualität. Eine Beeinflussung durch bergbauspezifische Verunreinigungen konnte nicht festgestellt werden (Kap.5.2). Durch mikrobielle Vorgänge in der Gewässer-sole mobilisierte Bestandteile lassen keine Verschlechterung der Kanalwasserbeschaffenheit erwarten (Kap. 5.3).

Unabhängig von der Körnung der Waschberge wurde in den ersten Stunden nach der Verklappung eine Trübung des Kanalwassers festgestellt, die auf den Verklappungsort beschränkt bleibt und keinen nachteiligen Einfluß auf die Gewässerqualität verursacht. Schiffsbewegungen wirken sich ebenfalls nicht nachteilig aus (Kap. 5.2).

*Tritt nach der Ablagerung auf der Gewässersohle eine Oxidation des im Bergematerial enthaltenen Pyrits ein? Kommt es dadurch zur Freisetzung von leichtlöslichem Sulfat und Schwermetallen?*

Eine Pyritoxidation wurde nicht festgestellt. Im Gegenteil stellen sich in der Waschbergesohle reduzierende Verhältnisse ein, bei denen gelöster Sauerstoff, Nitrat und Sulfat durch heterotrophe Mikroorganismen abgebaut werden (Kap. 5.3). Unter diesen Bedingungen bleibt Pyrit stabil. Es ist daher nicht damit zu rechnen, daß die Folgen einer Pyritoxidation (Sulfat- und Schwermetallfreisetzung) zu einer Verschlechterung der Porenwasserbeschaffenheit führen.

*Unterscheiden sich Art und Dichte der Besiedlung (Makrozoobenthos) bei alten und jungen Auffüllungen aus Waschbergen und gibt es signifikante Unterschiede der Besiedlung in Abhängigkeit von der Korngröße des Bergematerials bzw. zum Kanalsediment und zu anderen verwendeten Gesteinen?*

Ein Vergleich der Besiedlung des 4, 7 und 9 Jahre alten Bergematerials im Datteln-Hamm-Kanal mit der Lebensgemeinschaft der Natursteine gleicher Korngröße in den angrenzenden Kanalabschnitten zeigt, daß alle untersuchten Substrate von ähnlich zusammengesetzten Biozönosen besiedelt sind. Auch lassen Untersuchungen am Dortmund-Ems-Kanal erkennen, daß Natursteine (Grauwacke, Sandstein, Basalt) ein ähnliches Artenspektrum aufweisen wie das Bergematerial im Datteln-Hamm-Kanal und Wesel-Datteln-Kanal.

Die Besiedlung von Bergematerial in den Kanälen dauert - je nach Korngröße - zwischen 4 und 7 Jahren. Im Gegensatz dazu ist die Besiedlung von Bergematerial im Rhein nach etwa einem Jahr abgeschlossen. Der Grund ist in der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft und in der organismischen Drift zu suchen. Es wird vermutet, daß in Kanälen keine gravierenden Unterschiede in der Besiedlungsge-

schwindigkeit zu anderen im Wasserbau verwendeten Materialien bestehen (Kap. 5.4).

Unter dem Gesichtspunkt der systembezogenen Einhaltung bzw. Förderung der Artenvielfalt erweist sich in Schiffahrtskanälen ein heterogenes Material mit einem hohen Anteil an Grobkorn als optimales Besiedlungssubstrat für Benthosorganismen.

## 7. Folgerungen und Empfehlungen für die Verwertung

Um nachteilige gewässerökologische Folgeschäden zu vermeiden, müssen die in Schifffahrtskanälen eingesetzten Waschberge bestimmte Qualitätskriterien erfüllen (Kap.7.1). Darüber hinaus sind auch Anforderungen an den Einbau zu stellen (Kap.7.2).

### 7.1 Anforderungen an die stoffliche Beschaffenheit

Die in Schifffahrtskanälen eingesetzten Waschberge dürfen keine Flotationsbergeanteile enthalten und müssen folgende Qualitätskriterien einhalten:

Tabelle 7.1-1: Anforderungen an die stoffliche Beschaffenheit für die Verwendung von Waschbergen in Schifffahrtskanälen

	Parameter	Grenzwert	zulässige Toleranz*	Analysenverfahren
Bestimmungen in der Originalsubstanz	Korngrößenanteil ≤ 63 mm und ≤ 0,063 mm	80 Gew.-% **	5 %	DIN 18123
		10 Gew.-%	10 %	DIN 18123
	EOX	1 mg/kg	20 %	DIN 38414-S17
	PCB/TCBT	0,02 mg/kg	50 %	s. Merkblatt MSV 1991
Bestimmungen im Eluat nach DIN 38414-S4	pH-Wert	6 - 10	±0,2	DIN 38405-C5
	Leitfähigkeit	100 mS/m	10 %	DIN 38404-C8
	Chlorid	100 mg/l	10 %	DIN 38405-D1-2
	Sulfat	100 mg/l	10 %	DIN 38405-D5
	Daphnientoxizität G <sub>D</sub>	1		DIN 38412-T30
	Leuchtbakterientoxizität G <sub>L</sub>	1		DIN 38412-T34

\* zulässige Toleranz bezieht sich auf den festgelegten Grenzwert

\*\* Einzuhalten von Waschbergen, die als oberste, 50 cm dicke Deckschicht eingesetzt werden.

Der Anteil ≤ 63 mm darf höchstens 80 Gew.-% bzw. der Anteil > 63 mm muß mindestens 20 Gew.-% betragen.

Auf die Prüfung der Algtoxizität wird verzichtet, weil Waschbergeeluate teilweise eine Hemmung der Algenvermehrung verursachen, die sich jedoch weder bei den beiden anderen parallel eingesetzten Testverfahren bestätigen, noch durch Auffälligkeiten in der hydrochemische Beschaffenheit der Eluate nachvollziehen ließ. Andere Toxizitätstests, wie z.B. der Kressetest, wurden im Rahmen des Untersuchungsvorhabens nicht eingesetzt, da diese noch nicht standardisiert sind.

Die Probenahme der Waschberge erfolgt nach den Anforderungen der DIN 52101 und der DIN EN 932. Zur Eluatherstellung sind mindestens 3 kg Bergematerial einzusetzen, wobei die Elution in mehreren Teilproben erfolgen kann und die Teilleute vereinigt werden können. Überschreitungen der o.g. Grenzwerte sind nur tolerierbar, wenn sie geringfügig und nicht systematisch sind. Eine geringfügige, tolerierbare Überschreitung liegt vor, wenn höchstens zwei der Feststoff- bzw. der Eluatkriterien im Rahmen der zulässigen Toleranzen überschritten werden.

Eine systematische Überschreitung liegt vor, wenn der zulässige Grenzwert eines Parameters bei zwei aufeinanderfolgenden Prüfungen überschritten wird.

## 7.2 Anforderungen an den Einbau

Das Wasser-/Feststoffverhältnis (W/F) darf während des Einbaus der Waschberge einen Wert von 10 nicht unterschreiten. Dieses Verhältnis ergibt sich aus der im Kanal eingebauten Waschbergemenge und der im zugehörigen Kanalabschnitt befindlichen Wassermenge:  $W/F = m^3 \text{ Wasser} / t \text{ Waschberge}$ .

Als letzte Schicht sind groberkörnige Waschberge in einer Dicke von mindestens 50 cm einzubauen. Der Anteil von Korngrößen  $\leq 63 \text{ mm}$  darf in der Deckschicht höchstens 80 Gew.-% betragen.

## 7.3 Güteüberwachung und Überwachungsverfahren

### 7.3.1 Eigen- und Fremdüberwachung

Die stofflichen Voraussetzungen für im Kanal einzubauende Waschberge werden im Rahmen der aus Eigen- und Fremdüberwachung analog DIN 18 200 bestehenden Güteüberwachung untersucht.

Für die Eigenüberwachung werden durch den Hersteller regelmäßig im Werk Proben entnommen und nach einem festgelegten Untersuchungsprogramm geprüft (siehe Tabelle 7.3.1-1). Für die Fremdüberwachung werden die erforderlichen Proben von einer zugelassenen Prüfstelle im Werk entnommen und entsprechend dem Schema der Tabelle 7.3.1-1 untersucht. Die Fremdüberwachung wird in Eignungsnachweis (Erstprüfung) und vierteljährliche Fremdüberwachung untergliedert.

Stellt die Prüfstelle bei der Fremdüberwachung fest, daß Güteanforderungen nicht erfüllt werden, wiederholt sie unverzüglich die Prüfung.

Bei wiederum negativem Ergebnis wird das Unternehmen schriftlich von der Prüfstelle verwarnt, wobei eine angemessene Frist zur Behebung der Mängel gesetzt wird. Die Wasser- und Schifffahrtsdirektion wird von der Verwarnung schriftlich unterrichtet.

Prüfstelle und Herstellerwerk sind verpflichtet, die Ergebnisse der Güteüberwachung fünf Jahre aufzubewahren.

**Tabelle 7.3.1-1:**

**Untersuchungen im Rahmen der Güteüberwachung für den Einsatz von Waschbergen in Schiffahrtskanälen**

Lfd. Nr.	Prüfung		Prüfverfahren	Prüfhäufigkeit		
	Prüfgegenstand			Eignungsnachweis	Eigenüberwachung	Fremdüberwachung
	1	2	3	4	5	6
1	Gewinnung, Aufbereitung		DIN 52101	X		2
	Stoffliche Zusammensetzung	Kap. 7.1	DIN 52100 Teil 2	X		4
2	Durchführung Eigenüberwachung	Kap. 7.3	Kontrolle durch Prüfstellen	X		4
3	Korngrößenverteilung	Kap. 7.1	DIN 52098 TL-WB-StB Abschn. 6.4	X	20/w	2
4	Verunreinigungen - Fremdstoffe - Kohleanteil	Kap. 7.4	DIN 52099	X	wnA	2
			DIN 4030 TL-WB-StB Abschn. 6.7	X	20/w	
5	Stoffliche Beschaffenheit (Gewässerschutz und Ökologie)	Kap. 7.1		X		4

Legende:

x = ist durchzuführen

2 = 2 x jährlich

4 = 4 x jährlich

20/w = je 20.000 t ausgelieferten  
Materials; mind. 1 x wöchentlich

wnA = wöchentlich nach Augenschein

### 7.3.2 Bauaufsicht

Die Bauaufsicht des Auftraggebers muß sich vor Beginn des Einbaus davon überzeugen, daß von dem Herstellerwerk aktuelle Prüfzeugnisse über die Güteüberwachung der Waschberge vorliegen.

Die angelieferten Waschberge sind unmittelbar vor und während des Einbaus von der Bauaufsicht regelmäßig visuell auf stoffliche Zusammensetzung bzw. Reinheit (Prüfung auf Fremddanteile) und Abmessungen (Flotationsbergeanteile; erforderlicher Grobkornanteil für den Einsatz als Deckschicht) zu überprüfen. Die Ergebnisse dieser Prüfungen sind zu dokumentieren. Ergeben sich bei der visuellen Prüfung deutliche Abweichungen von den geforderten Materialeigenschaften, so sind unverzüglich Untersuchungen vorzunehmen, um zu klären, ob der Einbau der Waschberge ausgesetzt werden muß.

### 7.3.3 Kontrollprüfungen

Kontrollprüfungen sind Prüfungen des Auftraggebers, ob die Qualität und die zugesicherten Eigenschaften der Waschberge den vertraglichen Anforderungen entsprechen. Die Probenahme sowie die Prüfungen führt der Auftraggeber in Anwesenheit des Auftragnehmers durch; sie finden auch in Abwesenheit des Auftragnehmers statt, wenn er den rechtzeitig bekanntgegebenen Termin nicht wahrnimmt.

Sollen die Probenahmen und die versandfertige Verpackung der Proben vom Auftragnehmer hilfsweise durchgeführt werden, so sind diese Leistungen in einer gesonderten Ordnungszahl in das Leistungsverzeichnis aufzunehmen. Der Versand der Proben und die Durchführung der Prüfungen dürfen nur vom Auftraggeber oder einer von ihm anerkannten Prüfstelle durchgeführt werden; die Prüfstelle bestimmt der Auftraggeber (ZTVT-StB 86).

Im Rahmen der Kontrollprüfungen sind je nach Erfordernis, mindestens jedoch alle 10.000 t Rückstellproben zu entnehmen. Bei kleineren Baumaßnahmen ist mindestens 1 Probe zu entnehmen.

Die Probemenge ist so zu bemessen, daß eine Nachuntersuchung möglich ist. Die Proben sind bis zur endgültigen Abnahme der Baumaßnahme aufzubewahren.

Bei Waschbergelieferungen, die als Deckschicht eingesetzt werden, ist jede dritte der entnommenen Rückstellproben zu sieben und der Anteil  $> 63$  mm zu bestimmen. Die Siebung ist nach Möglichkeit direkt am Ort der Probenahme durchzuführen. Muß die Siebung in einem Labor vorgenommen werden, so ist ein zeitliches Limit von drei Werktagen einzuhalten. Bei Nichterfüllen ist unverzüglich das liefernde Bergwerk zu benachrichtigen, damit die aufgetretenen Mängel beseitigt werden können.

Während des Einbaus der Waschberge ist die Leitfähigkeit des Kanalwassers regelmäßig zu messen. Die Messungen sollten etwa alle 2 Stunden im unmittelbaren Einbaubereich erfolgen. Das Leitfähigkeits-Meßgerät muß einmal täglich kalibriert werden. Während der gesamten Einbauphase darf die Leitfähigkeit des Gewässers den Wert von 100 mS/m nicht überschreiten.

Besteht die Gefahr, daß dieser Wert überschritten wird, ist unverzüglich der Fremdüberwacher zu benachrichtigen. Auftraggeber und Fremdüberwacher treffen gemeinsam eine Entscheidung über das weitere Vorgehen.

### **7.3.4 Prüfstellen**

Für die Fremdüberwachung zugelassene Prüfstellen müssen über eine Anerkennung nach RAP-Stra verfügen. Die Zulassung muß sowohl die Untersuchungen der bautechnischen als auch der in Kapitel 7.1 aufgeführten Qualitätskriterien beinhalten.

## 8 Literatur

AGA NRW (1991): Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer. - LWA-Merkblätter Nr. 7, Landesumweltamt NRW, Essen, 38 pp.

BERK, W. van (1986): Hydrochemische Stoffumsetzungen in einem Grundwasserleiter - beeinflusst durch eine Steinkohlenbergehalde.- Bes. Mitt. Dt. Gewässerkdl. Jb., Nr. 49: 175 S., Düsseldorf

BERK, W. van & KLUKAS, F. (1987): Wasserwirtschaftliche Bewertung der Verklappung von Bergematerial des Steinkohlenbergwerks Walsum zum Sohlmassenausgleich in den Rhein.- Bericht des Landesamtes für Wasser und Abfall NRW, Düsseldorf

BERTSCH, W. (1990): Beurteilung der Verwendung von Waschbergen als Dammbaumaterial und zur Sohlaufrhöhung.- Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

BLAB, J., NOWAK, E. TRAUTMANN, W. & SUKOPP, H. (1984): Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland (4. Aufl.). - Kilda Verlag (Greven).

BOHL, E. (1987): Mathematische Grundlagen für die Modellierung biologischer Vorgänge. -Springer Verlag (Hochschultext) (Berlin, Heidelberg, New York), 132 S..

BUHSE, G. (1991): Der ökologische Zustand der Oberweser in den letzten drei Jahrzehnten. - Wasser + Boden 4/1991, 763-767.

EG (1975): Richtlinie des Rates vom 16. Juni 1975 über die Qualitätsanforderungen an Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedstaaten-75/440/EWG - (Abl. Nr. L 194/34 vom 25.07.1975).

FRIEDRICH, G., (1994): Persönliche Mitteilung von Prof. Dr. G. Friedrich, Landesumweltamt NRW, Essen.

GLÖER, P. & MEIER-BROOK, C. (1994): Süßwassermollusken - Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland (11. erw. Aufl.). - Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung (Hamburg), 136 S..

HYGIENE-INSTITUT (1991): Untersuchungsergebnisse im Zusammenhang mit der Verklappung von Waschbergen im Wesel-Datteln-Kanal durch Gewerkschaft Auguste Victoria.- Unveröffentlichter Untersuchungsbericht Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen

ILLIES, J. (1978): Limnofauna Europaea (2. Aufl.). - Fischer Verlag (Stuttgart, New York), 532 S..

IKSR (1992): Aktualisierung von Zielvorgaben - Internationale Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR), PLEN 11/92, Techn.-wiss. Sekr. d. IKSr, Koblenz

IKSR (1993): Sedimentuntersuchungen 1990, Sedimentqualität im Längsprofil des Rheins - Internationale Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR), Untergruppe Ps, Techn.-wiss. Sekr. d. IKSR, Koblenz

KERTH M. (1988): Die Pyritverwitterung im Steinkohlenbergematerial und ihre umweltgeologischen Folgen.- Diss. Univ. GHS Essen: 182 S.

KLEIN, K. & TITTIZER, T., (1981): Bericht über den chemisch-biologischen Zustand des Nord-Ostsee-Kanals. - Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 25 pp.

LAGA (1994): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen. Technische Regeln. - Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): 20/1; E. Schmidt Verlag

LEUCHS, H. & SCHLEUTER, A. (1994): Faunistische Untersuchungen im Bereich der Versuchsstrecke zu verschiedenen Böschungssicherungsmaßnahmen am Neckar (Neckar-km 44,200-44,600). - BfG-Gutachten 0858, Koblenz.

LEUCHS, W. (1988): Vorkommen, Abfolge und Auswirkungen anoxischer Redoxreaktionen in einem pleistozänen Porengrundwasserleiter. - Bes. Mitt. Dt. Gewässerkd. Jb, 52: 106 S., Düsseldorf

LÖLF (1979): Rote Liste der in Nordrhein-Westfalen gefährdeten Pflanzen und Tiere. - Schriftenreihe der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung, Band 4 (Recklinghausen).

LÖLF (1986): Rote Liste der in Nordrhein-Westfalen gefährdeten Pflanzen und Tiere (2. Fassung). - Schriftenreihe der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung, Band 4 (Recklinghausen).

LV (1981): Berichtsheft E zum Entwurf Lippe: Eindeichung in Haltern- Lippramsdorf und Marl - Lippeverband, Essen

LWA (1987): Abfallwirtschaft Nordrhein-Westfalen - Untersuchung und Beurteilung von Abfällen, Teil 2 - Landesumweltamt NRW, Essen, 30 pp.

LWA (1993): Rheingütebericht NRW 1992 - Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

MSV (1991): Merkblatt über Analysenverfahren der im Rahmen der Güteüberwachung zu untersuchenden Parameter.- Ministerium für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen - II B6 -32 - 40 (45), Stand 9.7.91

MSV/MURL (1991): Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau - Gem. RdErl. des Ministeriums für Stadtentwicklung und Verkehr und des Ministeriums für Umwelt , Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen - SMBl. NW 913

MÜHLENBERG, M. (1989): Freilandökologie (2. Aufl.). - Quelle & Meyer Verlag (Heidelberg, Wiesbaden), 430 S..

MÜNZINGER, A. & THIEL, A., (1993): Beschreibung des Zustandes von Fließgewässern im Emschergebiet. - Wasser + Boden 12/1993, 935 - 939 und 1/1994, 59.

MURL/MSV (1991): Anforderungen an die Verwendung von aufbereiteten Altbaustoffen (Recycling-Baustoffen) und industriellen Nebenprodukten im Erd- und Straßenbau aus wasserwirtschaftlicher Sicht.- Gem. RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft u. d. Ministeriums für Stadtentwicklung und Verkehr, SMBL.NW 74

MWMV/MELF (1984): Zulassung von Bergehalden im Bereich der Bergaufsicht.- Gem. RdErl. d. Ministers für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr u. d. Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen, SMBI.NW 750

OBERMANN, P. & CREMER, S. (1992): Mobilisierung von Schwermetallen in Porenwässern von belasteten Böden und Deponien: Entwicklung eines aussagekräftigen Elutionsverfahrens. In: Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten, Band 6, - Landesamt für Wasser und Abfall NRW, Düsseldorf, 127 S.

RAP-Stra (1972): Richtlinien für die Anerkennung und Überwachung von Prüfstellen für bituminöse und mineralische Baustoffe und Baustoffgemische sowie für wasserwirtschaftliche Merkmale im Straßenbau RAP Stra 1972. Gem. RdErl. des Ministeriums für Stadtentwicklung und Verkehr und des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW "Prüfstellen für den Straßenbau" vom 28.03.1991 des Ministeriums für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes NRW. MBI Nordrhein-Westfalen, Nr. 30, S. 695

RÜTTEN, M. (1994): Der Einfluß der Schifffahrt auf das Makrozoobenthos - vergleichende Betrachtung der Uferbiozönosen des Dortmund-Ems-Kanals in Abschnitten mit und ohne Schifffahrt. - Wiss. Mitt. Niederösterreich. Landesmuseum 8, 243-255.

SIEWING, R. (Hrsg.) (1980): Lehrbuch der Zoologie, Bd. I Allgemeine Zoologie. - Gustav Fischer Verlag (Stuttgart, New York), 910 S..

STANCZYKOWSKA, A. (1977): Ecology of *Dreissena polymorpha* (PALL.) (Bivalvia) in lakes. - Pol. Arch. Hydrobiol. 24, 461-530.

TITTIZER, T., 1989: Die Rolle des Makrozoobenthos in der Fließgewässerökologie und seine Bedeutung für die Ökosystemforschung - in: Kommunikation im Ökosystem (Hrsg.: S. NEUBERT, M. BLUMBERG, U. PAULY & GHS Kassel), Ekopan-Verlag, Witzenhausen, 170 pp, 67 - 88.

TITTIZER, T. & SCHLEUTER, A. (1986): Eine neue Technik zur Entnahme quantitativer Makrozoobenthosproben aus Sedimenten größerer Flüsse und Ströme. - Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen ( Koblenz) 30, 147-149.

TITTIZER, T., SCHÖLL, F., SCHLEICHERT, U. & SPEER, W. (1988): Untersuchungen zum biologisch-ökologischen Verhalten von Bergematerial im Rhein. - BfG-Gutachten 0439, Koblenz.

TUREKIAN, K.K. & WEDEPOHL, K.H. (1961): Distribution of elements in some major units of earth's crust. - Bull. Geol. Soc. Am. 72: 175-192

VOMBERG, S. (1994): Einsatz von Bergematerial im Tiefbau. Untersuchungen zum Verwitterungsverhalten von in Straßendämmen und Kanaldeichen eingebautem Bergematerial des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlenbergbaus im Hinblick auf dessen wasserwirtschaftliche Bedeutung.- Diss. Techn. Univ. Clausthal, 288 S.

WIGGERING, H. & KERTH, M. (1991): Bergehalden des Steinkohlenbergbaus.- Vieweg-Verlag

ZTVT-StB (1986): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau, Ausgabe 1986, Fassung 1990, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

## **Anhang: Tabellen und Abbildungen**

### **Zu Kapitel 3 Untersuchungsprogramm**

#### **3.1 Auswahl des Bergematerials (Herkunft, Korngröße)**

Abbildung A 3.1-1: Bergwerke des RAG-Konzerns

Abbildung A 3.1-2: Untersuchungsstrecken am Wesel-Datteln-Kanal

Abbildung A 3.1-3 a und b: Untersuchungsstrecken am Datteln-Hamm-Kanal

### **Zu Kapitel 4 Untersuchungsergebnisse**

#### **4.2 Kanalwasser**

##### **4.2.1 Wesel-Datteln-Kanal**

Tabelle A 4.2.1-1: Längsprofil der Vor-Ort-Meßgrößen im WDK vor der Verklappung von Waschbergen

Tabelle A 4.2.1-2: Längsprofil einiger Meßgrößen im WDK während der Verklappung von Waschbergen (8.6.93)

Tabelle A 4.2.1-3: Längsprofil einiger Meßgrößen im WDK während der Verklappung von Waschbergen (15.7.93)

Tabelle A 4.2.1-4: Tiefenprofil einiger Meßgrößen im WDK während der Verklappung von Waschbergen (15.7.93)

Tabelle A 4.2.1-5: Längsprofil der Vor-Ort-Meßgrößen im WDK nach Abschluß der Verklappung von Waschbergen

Tabelle A 4.2.1-6: Ergebnisse der Untersuchung von Wasserproben aus dem Verklappungsgebiet

Tabelle A 4.2.1-7: Wöchentliche Untersuchung im WDK während der Verklappung von Waschbergen

##### **4.2.2 Datteln-Hamm-Kanal**

Tabelle A 4.2.2-1: Längsprofil der Vor-Ort-Meßgrößen im DHK vor der Verklappung von Waschbergen

Tabelle A 4.2.2-2: Längsprofil einiger Meßgrößen im DHK während der Verklappung von Waschbergen

Tabelle A 4.2.2-3: Tiefenprofil einiger Meßgrößen im DHK während der Verklappung von Waschbergen (15.7.93)

Tabelle A 4.2.2-4: Längsprofil der Vor-Ort-Meßgrößen im DHK nach Abschluß der Verklappung von Waschbergen

Tabelle A 4.2.2-5: Ergebnisse der Untersuchung von Wasserproben aus dem Verklappungsgebiet DHK

Tabelle A 4.2.2-6: Untersuchungen im DHK während der Verklappung von Waschbergen

Tabelle A 4.2.2-7: Ergebnisse der Untersuchung von Wasserproben aus dem DHK und WDK

### 4.3 Porenwasser

- Tabelle A 4.3-1: Untersuchungsergebnisse der Wasserproben aus dem WDK
- Tabelle A 4.3-2: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 1  
a, oben
- Tabelle A 4.3-3: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 1  
a, Mitte
- Tabelle A 4.3-4: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 1  
a, unten
- Tabelle A 4.3-5: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 1  
b, oben
- Tabelle A 4.3-6: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 1  
b, Mitte
- Tabelle A 4.3-7: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 1  
b, unten
- Tabelle A 4.3-8: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 2,  
oben
- Tabelle A 4.3-9: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 2,  
Mitte
- Tabelle A 4.3-10: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 2,  
unten
- Tabelle A 4.3-11: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 3,  
oben
- Tabelle A 4.3-12: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 3,  
Mitte
- Tabelle A 4.3-13: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 3,  
unten
- Tabelle A 4.3-14: Untersuchungsergebnisse der Wasserproben aus dem DHK
- Tabelle A 4.3-15: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 4,  
oben
- Tabelle A 4.3-16: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 4,  
Mitte
- Tabelle A 4.3-17: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 4,  
unten
- Tabelle A 4.3-18: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 5,  
oben
- Tabelle A 4.3-19: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 5,  
Mitte
- Tabelle A 4.3-20: Untersuchungsergebnisse der Porenwasserproben aus der Meßstelle 5,  
unten

- Abbildung A 4.3-1: Konzentrations-Zeit-Kurven für Leitfähigkeit, pH-Wert, Natrium und Hydrogenkarbonat in den verschiedene Entnahmetiefen der untersuchten Sohlprofile des WDK (Meßstellen 1 bis 3)
- Abbildung A 4.3-2: Konzentrations-Zeit-Kurven für Sauerstoff, Nitrat, Ammonium und Sulfat in den verschiedene Entnahmetiefen der untersuchten Sohlprofile des WDK (Meßstellen 1 bis 3)
- Abbildung A 4.3-3: Konzentrations-Zeit-Kurven für Mangan, Arsen, Eisen und Phosphat in den verschiedene Entnahmetiefen der untersuchten Sohlprofile des WDK (Meßstellen 1 bis 3)
- Abbildung A 4.3-4: Konzentrations-Zeit-Kurven für Leitfähigkeit, pH-Wert, Natrium und Hydrogenkarbonat in den verschiedene Entnahmetiefen der untersuchten Sohlprofile des DHK (Meßstellen 4 und 5)
- Abbildung A 4.3-5: Konzentrations-Zeit-Kurven für Sauerstoff, Nitrat, Ammonium und Sulfat in den verschiedene Entnahmetiefen der untersuchten Sohlprofile des DHK (Meßstellen 4 und 5)
- Abbildung A 4.3-6: Konzentrations-Zeit-Kurven für Mangan, Zink, Eisen und Kupfer in den verschiedene Entnahmetiefen der untersuchten Sohlprofile des DHK (Meßstellen 4 und 5)
- Abbildung A 4.3-7: Konzentrations-Zeit-Kurven für Kalium, Calcium und Chlorid in den verschiedene Entnahmetiefen der untersuchten Sohlprofile des DHK (Meßstellen 4 und 5)
- Abbildung A 4.3-8: Konzentrationstiefenprofile für Leitfähigkeit, pH-Wert, Natrium und Hydrogenkarbonat zu verschiedenen Entnahmetiefen (Meßstelle 1a)
- Abbildung A 4.3-9: Konzentrationstiefenprofile für Sauerstoff, Nitrat, Ammonium und Sulfat zu verschiedenen Entnahmetiefen (Meßstelle 1a)
- Abbildung A 4.3-10: Konzentrationstiefenprofile für Mangan, Arsen, Eisen und Phosphat zu verschiedenen Entnahmetiefen (Meßstelle 1a)
- Abbildung A 4.4.2-1: Verteilung der Substratklassen in den einzelnen Untersuchungsstrecken

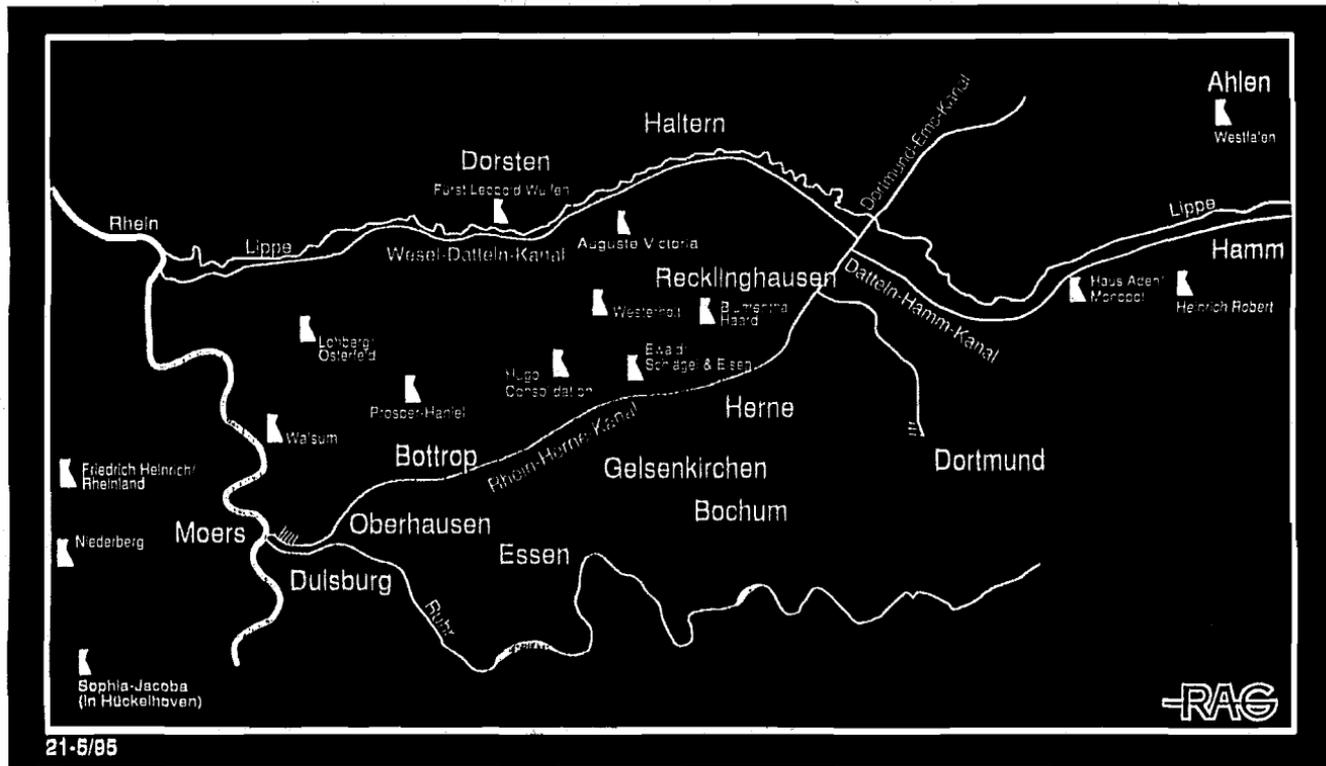
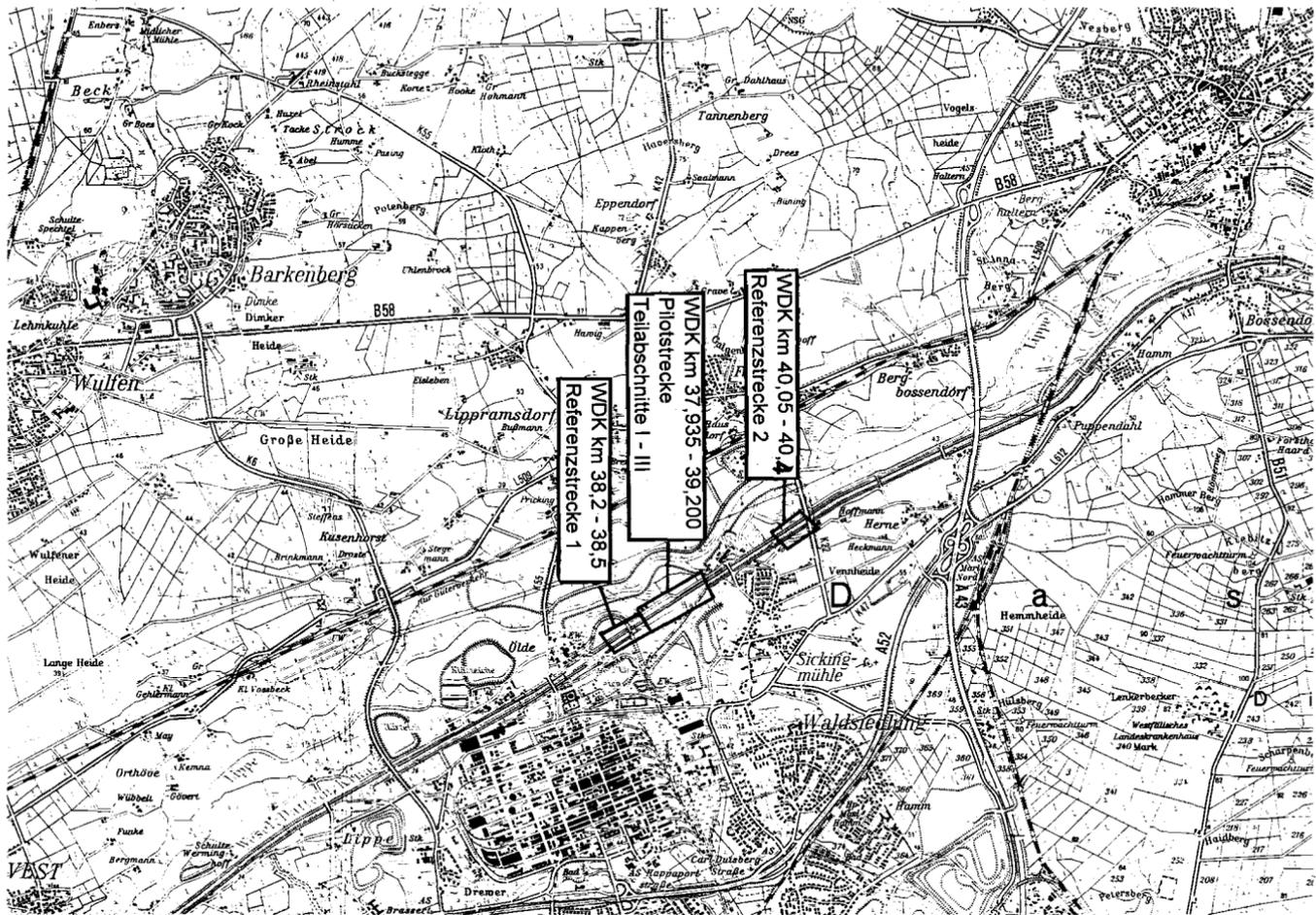


Abb.: A 3.1-1:

## Bergwerke des RAG-Konzerns



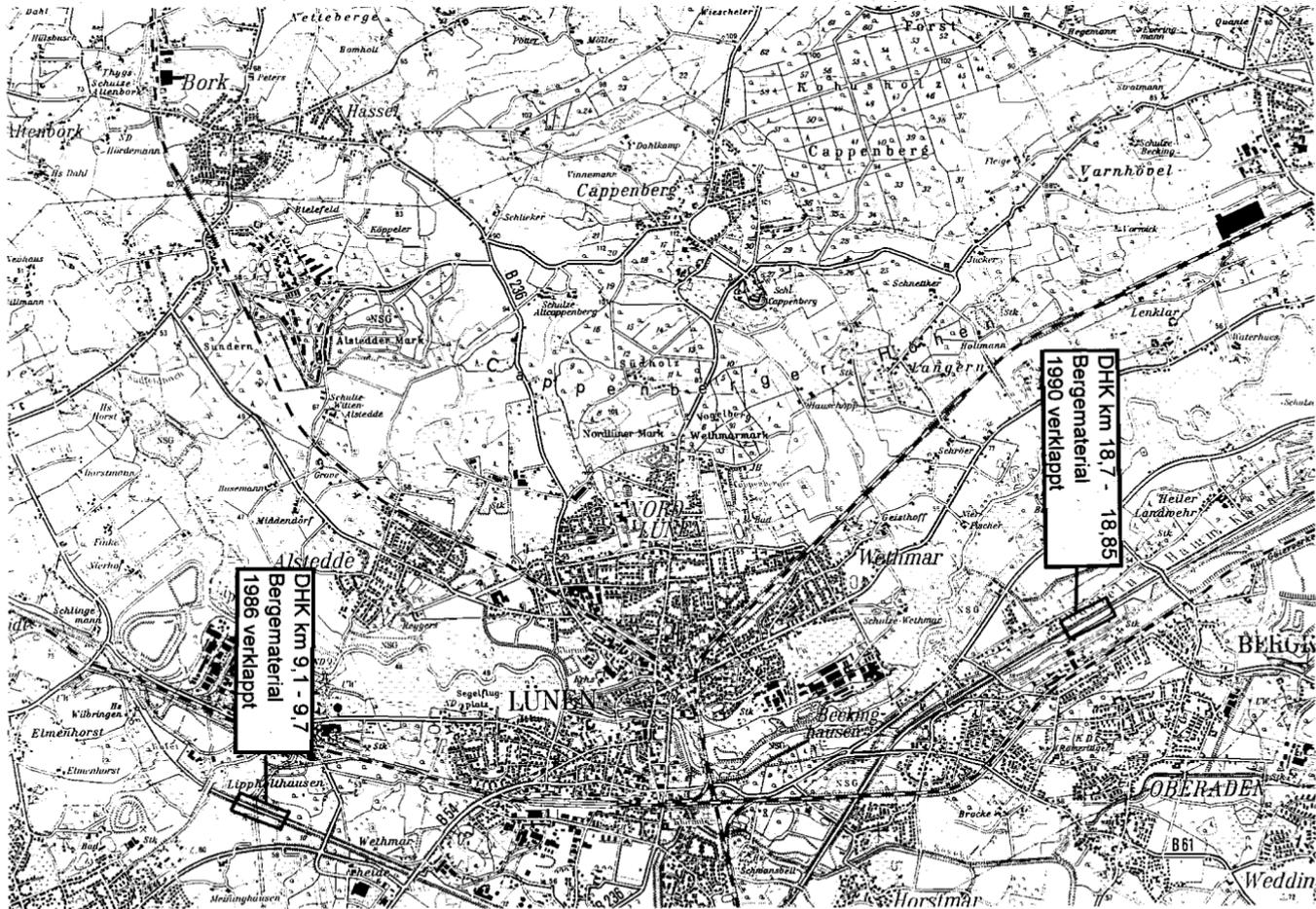
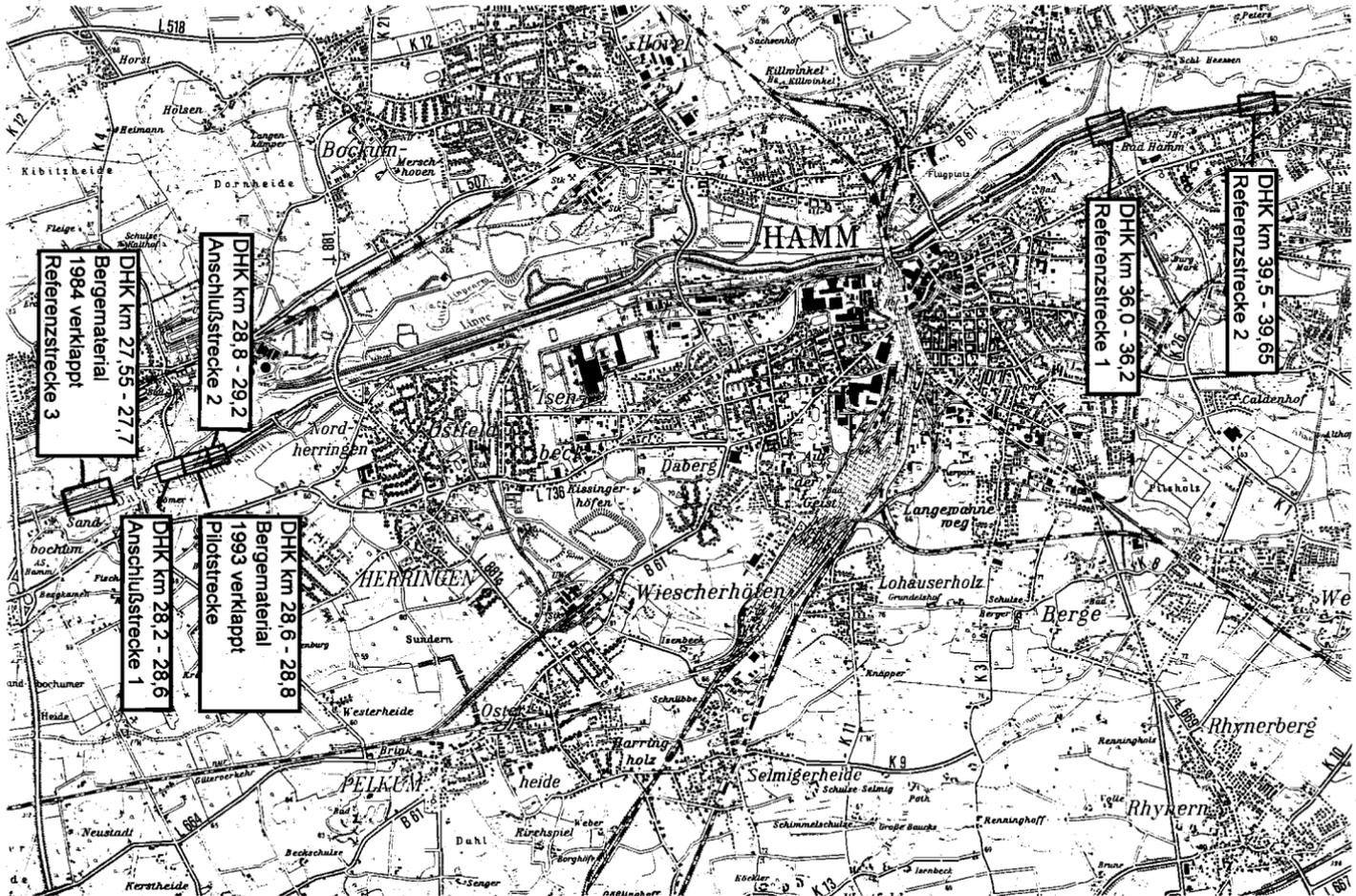


Abb.: A 3.1-3 a : Untersuchungsstrecken am Datteln-Hamm-Kanal



90 Abb. A.3.1-3 b : Untersuchungsstrecken am Datteln-Hamm-Kanal

**Tabelle A 4.2.1-1: Längsprofil der Vor-Ort-Meßgrößen im WDK vor der Verklappung von Waschbergen**

Datum: 01.04.1993	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Uhrzeit	8.50	9.05	9.15	9.25	9.30	9.40	9.55	10.10	10.45	10.55	11.05	11.10	11.15	11.20	11.30	11.40
Kanal-Km	39,3	39,1	38,9	38,7	38,5	38,3	38,1	37,9	37,9	38,1	38,3	38,5	38,7	38,9	39,1	39,3
Sichtiefe (cm)	54	50	60	58	50	58	58	58	58	50	50	57	50	58	58	54
pH	8,2	8,1	8,1	8,0	8,1	8,5	8,1	8,4	8,1	8,1	8,1	8,1	8,0	8,0	8,0	8,1
Lf (mS/m)	80	80	80	80	80	80	80	80	79	80	80	80	80	80	80	80
O <sub>2</sub> (mg/l)	12,3	12,2	12,1	12,0	12,2	12,1	12,2	12,1	12,1	12,0	12,1	11,9	11,9	12,0	12,1	12,0
Wassertemp. (°C)	9,8	10,0	10,2	10,0	10,1	10,1	10,1	10,2	10,5	10,4	10,3	10,5	10,7	10,6	10,6	10,4
letzte Schiffsbewegung	8.45	8.55	8.55	8.55	8.55	8.55	8.55	9.55	10.40	10.40	10.40	10.40	11.10	11.15	11.15	11.15

Datum: 01.04.1993	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.
Uhrzeit	11.40	11.55	12.05	12.15	12.25	12.35	12.45	12.55	12.55	13.05	13.15	13.25	13.35	13.45	13.55	14.05
Kanal-Km	39,3	39,1	38,9	38,7	38,5	38,3	38,1	37,9	37,9	38,1	38,3	38,5	38,7	38,9	39,1	39,3
Sichtiefe (cm)	54	59	58	58	56	50	50	50	50	50	57	50	58	58	58	48
pH	8,1	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,4	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Lf (mS/m)	80	80	80	80	80	80	79	80	80	80	80	80	80	80	80	80
O <sub>2</sub> (mg/l)	12,0	11,8	11,9	11,9	11,9	12,0	12,0	12,1	12,1	12,1	12,3	12,3	12,3	12,0	12,0	12,0
Wassertemp. (°C)	10,4	10,8	10,8	10,7	10,4	10,3	10,5	10,2	10,2	10,2	9,9	10,0	10,4	10,2	10,2	10,3
letzte Schiffsbewegung	11.15	11.50	12.00	12.00	12.20	12.25	12.40	12.40	12.40	12.40	12.40	12.40	12.40	12.40	13.45	13.45

**Tabelle A 4.2.1-2: Längsprofil einiger Meßgrößen im WDK während der Verklappung von Waschbergen**

<b>Datum: 08.06.1993</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>6.</b>	<b>7.</b>	<b>8.</b>	<b>9.</b>	<b>10.</b>	<b>11.</b>	<b>12.</b>	<b>13.</b>	<b>14.</b>	<b>15.</b>	<b>16.</b>
Uhrzeit	11.00	11.15	11.25	11.30	11.40	11.45	11.50	12.00	12.05	12.10	12.15	12.20	12.30	12.40	12.50	12.55
Kanal-Km	37,9	38,1	38,3	38,5	38,7	38,9	39,1	39,3	39,3	39,1	38,9	38,7	38,5	38,3	38,1	37,9
Sichtiefe (cm)	80	65	60	65	60	55	65	100	100	60	60	55	60	60	55	70
pH	8,1	8,0	8,0	8,0	8,0	8,2	8,1	8,0	8,0	8,1	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Lf (mS/m)	82	82	82	82	82	82	81	81	81	81	82	82	82	82	82	82
O <sub>2</sub> (mg/l)	7,8	8,0	8,1	8,1	7,9	7,9	8,8	8,8	8,8	8,2	8,0	8,3	8,5	8,2	8,4	8,4
Wassertemp. (°C)	22,2	22,3	22,3	22,4	22,7	22,6	22,5	22,5	22,5	22,7	22,5	23,0	22,7	22,2	22,2	22,1
Cl (mg/l) <sup>1)</sup>	88	88	87	-	87	87	86	86	85	86	88	88	87	87	87	87
SO <sub>4</sub> (mg/l) <sup>1)</sup>	54	53	53	-	53	54	54	53	53	55	53	71	53	53	54	53
letzte Schiffsbewegung	10.50	10.50	10.50	10.50	11.35	11.35	11.35	11.35	11.35	11.35	12.15	12.15	12.25	12.30	12.30	12.30
letzte Verklappung	bei 39,1															
ab	10.45															

1) = Ergebnisse des LUA

Tabelle A 4.2.1-2 (Fortsetzung)

Datum: 08.06.1993	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.
Uhrzeit	13.25	13.30	13.35	13.45	13.50	14.00	14.05	14.10	14.20	14.25	14.30	14.35	14.45	14.50	14.55	15.00
Kanal-Km	37,9	38,1	38,3	38,5	38,7	38,9	39,1	39,3	39,3	39,1	38,9	38,7	38,5	38,3	38,1	37,9
Sichtiefe (cm)	75	70	50	55	50	60	50	100	100	30	60	60	55	70	65	70
pH	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,2	8,2	8,1	7,9	8,0	7,9	8,0	8,0	8,0
Lf (mS/m)	82	81	82	82	82	81	81	80	80	81	81	82	82	82	82	82
O <sub>2</sub> (mg/l)	8,5	8,4	8,4	8,5	8,5	8,5	8,4	8,9	8,4	8,2	8,1	8,1	8,3	8,3	8,5	8,2
Wassertemp. (°C)	22,2	23,3	22,8	23,2	22,7	23,0	22,2	23,1	23,1	22,4	22,5	22,8	22,6	23,1	22,7	22,3
Cl (mg/l) <sup>1)</sup>	88	87	88	87	87	86	87	85	85	87	87	87	87	87	88	88
SO <sub>4</sub> (mg/l) <sup>1)</sup>	53	53	53	53	53	56	54	53	53	53	53	53	54	53	61	55
letzte Schiffsbewegung	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	14.20	14.20	14.20	14.20	14.20	14.20	14.20	14.20
letzte Ver- klappung	bei ab	39,1 10.45														

1) = Ergebnisse des LUA

**Tabelle A 4.2.1-3: Längsprofil einiger Meßgrößen im WDK während der Verklappung von Waschbergen**

<b>Datum: 15.07.1993</b>	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Uhrzeit	8.10	8.20	9.40	9.50	10.00	10.10	10.15	10.25	10.40	10.45	10.50	11.00	10.10	11.15	11.20	11.25
Kanal-Km	37,9	38,1	38,3	38,5	38,7	38,9	39,1	39,3	37,9	38,1	38,3	38,5	38,7	38,9	39,1	39,3
Sichtiefe (cm)	40	50	40	40	40	30	40	20	30	20	30	30	40	30	30	30
pH	8,3	8,0	7,8	7,9	7,9	7,9	7,9	7,8	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,8	8,1
Lf (mS/m)	63	70	70	70	70	69	69	69	71	70	70	69	70	70	69	69
O <sub>2</sub> (mg/l)	9,8	8,2	8,3	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,1	8,2	7,9	8,2	8,2
Wassertemp. (°C)	19,0	19,2	19,2	19,3	19,2	19,2	19,2	19,1	19,1	19,2	19,3	19,3	19,3	19,2	19,3	19,2
Cl (mg/l) <sup>1)</sup>	72	71	70	70	67	70	70	69	71	70	70	69	69	69	69	69
SO <sub>4</sub> (mg/l) <sup>1)</sup>	77	76	76	76	77	77	77	77	77	76	76	76	76	77	77	79
letzte Schiffsbewegung	8.00	8.00	8.00	9.45	9.55	9.55	9.55	10.20	10.40	10.40	10.40	10.40	11.05	11.05	11.05	11.05
letzte Ver- klappung	bei		38,0													
	ab		8.30													

1) = Ergebnisse des LUA

Tabelle A 4.2.1-3 (Fortsetzung)

<b>Datum: 15.07.1993</b>	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.
Uhrzeit	13.15	13.25	13.30	13.35	13.45	13.55	14.05	14.10	14.20	14.25	14.30	14.35	14.40	14.45	14.50	14.55
Kanal-Km	37,9	38,1	38,3	38,5	38,7	38,9	39,1	39,3	37,9	38,1	38,3	38,5	38,7	38,9	39,1	39,3
Sichtiefe (cm)	30	20	30	30	30	30	40	30	30	30	20	30	30	30	30	30
pH	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
Lf (mS/m)	72	70	69	69	69	69	69	69	71	72	70	69	69	69	69	69
O <sub>2</sub> (mg/l)	8,3	8,2	8,2	8,2	8,2	8,1	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,2	8,2	8,3	8,4
Wassertemp. (°C)	19,6	19,4	19,5	19,4	19,4	19,4	19,6	19,5	19,4	19,5	19,4	19,4	19,4	19,3	19,4	19,4
Cl (mg/l) <sup>1)</sup>	77	70	69	69	69	70	69	69	71	72	70	69	69	70	69	69
SO <sub>4</sub> (mg/l) <sup>1)</sup>	89	76	76	77	77	77	77	77	77	77	77	84	77	77	77	77
letzte Schiffsbewegung	13.00	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	14.00	14.00	14.00	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25
letzte Ver- klappung	bei ab	38,0 8,30														

1) = Ergebnisse des LUA

**Tabelle A 4.2.1-4:** Tiefenprofil einiger Meßgrößen im WDK während der Verklappung von Waschbergen  
 A: 15.07.1993, 11.40 Uhr, Sichttiefe 30 cm, Gesamttiefe 6,20 m,  
 Bereich, in dem noch nicht verklappt wurde  
 B: 15.07.1993, 8.30 Uhr, Sichttiefe 30 cm, Gesamttiefe 5,00 m,  
 Bereich der aktuellen Verklappung

**A:**

Tiefe	1 m	2 m	3m	4 m	5 m	6,10 m
Kanal-Km	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5
pH	8,3	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
Lf (mS/m)	63	63	63	63	63	62
O <sub>2</sub> (mg/l)	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,1
Wassertemp. (°C)	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,0
Cl (mg/l) <sup>1)</sup>	70	70	71	69	70	69
SO <sub>4</sub> (mg/l) <sup>1)</sup>	77	77	78	76	81	76
letzte Schiffsbewegung	11.05	-	-	-	-	-

**B:**

Tiefe	1 m	2 m	3m	4 m	4,90 m
Kanal-Km	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0
pH	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
Lf (mS/m)	63	63	64	63	63
O <sub>2</sub> (mg/l)	9,6	9,6	9,5	9,3	9,3
Wassertemp. (°C)	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0
Cl (mg/l) <sup>1)</sup>	71	71	71	71	71
SO <sub>4</sub> (mg/l) <sup>1)</sup>	76	76	76	76	77
letzte Schiffsbewegung	8.25 -> das verklappende Schiff selbst				

1) = Ergebnisse des LUA

**Tabelle A 4.2.1-5: Längsprofil der Vor-Ort-Meßgrößen im WDK nach Abschluß der Verklappung von Waschbergen**

<b>Datum: 12.07.1994</b>	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Uhrzeit	8.40	8.50	8.55	9.00	9.10	9.15	9.20	9.25	10.00	10.05	10.10	10.15	10.20	10.25	10.30	10.35
Kanal-Km	37,9	38,1	38,3	38,5	38,7	38,9	39,1	39,3	39,3	39,1	38,9	38,7	38,5	38,3	38,1	37,9
Sichtiefe (cm)	80	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	80
pH	7,8	7,9	8,0	8,0	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
Lf (mS/m)	81	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
O <sub>2</sub> (mg/l)	8,8	9,0	8,9	9,2	9,2	9,0	9,2	9,2	9,2	9,3	9,0	8,9	9,1	8,8	8,9	8,9
Wassertemp. (°C)	24,3	24,3	24	24	24	24	24,1	24,1	24,1	24,2	24,2	24,2	24,1	24,1	24,1	24,1
letzte Schiffsbewegung		8.50	8.50	9.00	9.00	9.15	9.20	9.25	9.25	9.25	10.00	10.10	10.10	10.25	10.25	10.25

<b>Datum: 12.07.1994</b>	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.
Uhrzeit	11.25	11.30	11.35	11.40	11.45	11.50	11.55	12.00	12.05	12.10	12.15	12.20	12.25	12.30	12.35	12.40
Kanal-Km	37,9	38,1	38,3	38,5	38,7	38,9	39,1	39,3	39,3	39,1	38,9	38,7	38,5	38,3	38,1	37,9
Sichtiefe (cm)	80	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	80
pH	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
Lf (mS/m)	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
O <sub>2</sub> (mg/l)	8,9	8,9	8,8	9,1	8,9	9,0	9,3	9,2	9,2	9,3	9,0	8,9	9,1	8,9	8,9	8,9
Wassertemp. (°C)	24,1	24,1	24,2	24,2	24,3	24,3	24,3	24,2	24,3	24,3	24,3	24,4	24,3	24,4	24,4	24,4
letzte Schiffsbewegung	10.25	11.30	11.30	11.40	11.45	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	12.15	12.15	12.25	12.25	12.25	12.25

Tabelle A 4.2.1-6: Ergebnisse der Untersuchung von Wasserproben aus dem Verklappungsgebiet

	Unter- suchungs- verfahren DIN	93-22-5 Schiffs- vorbeifahrt	93-22-6 beruhigter Kanal	93-2-12-1 beruhigter Kanal	93-2-12-2 Schiffs- vorbeifahrt	93-2-66-1 außerhalb Verklap- pungsgebiet	93-2-66-2 Verklap- pungsgebiet	94-1-66-3 beruhigter Kanal	94-1-66-4 Schiffs- vorbeifahrt
Datum		01.04.93	01.04.93	08.06.93	08.06.93	15.07.93	15.07.93	12.07.94	12.07.94
Uhrzeit		8.00	8.20	10.00	10.40	11.40	8.35	11.00	9.30
<b>Vor Ort</b>									
O <sub>2</sub> [mg/l]	38408-G22	12,1	12,0	8,4	8,3	9,5	9,5	8,7	8,7
pH-Wert	38404-C5	8,4	8,3	8,1	8,2	8,3	8,2	7,9	7,9
Lf [ms/m]	38404-C8	80	80	83	83	63	63	80	80
H <sub>2</sub> O temp. [C°]	38404-C4	9,5	9,6	21,8	21,5	19,1	19,0	24	25
<b>Sonstige</b>									
NH <sub>4</sub> -N [mg/l]	38406-E5-2	< 0,1	< 0,1	< 0,25	< 0,25	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Abfiltr. Stoffe [mg/l]	38409-H2	20	20	n.b.	n.b.	36	60	12	16
<b>Anionen</b>									
NO <sub>3</sub> -N [mg/l]	38405-D19	7,3	7,1	6,2	6,2	4,3	3,9	5,5	5,3
Cl <sup>-</sup> [mg/l]	38405-D19	74	73	98	100	88	67	73	73
SO <sub>4</sub> [mg/l]		58	58	62	62	84	76	57	56
Hydrogencarbonat [mg/l]	38409-H17	226	262	n.b.	n.b.	166	161	n.b.	n.b.

Tabelle A 4.2.1-6 (Fortsetzung)

	Unter- suchungs- verfahren DIN	93-22-5 Schiffs- vorbeifahrt	93-22-6 beruhigter Kanal	93-2-12-1 beruhigter Kanal	93-2-12-2 Schiffs- vorbeifahrt	93-2-66-1 außerhalb Verklap- pungsgebiet	93-2-66-2 Verklap- pungsgebiet	94-1-66-3 beruhigter Kanal	94-1-66-4 Schiffs- vorbeifahrt
Datum		01.04.93	01.04.93	08.06.93	08.06.93	15.07.93	15.07.93	12.07.94	12.07.94
Uhrzeit		8.00	8.20	10.00	10.40	11.40	8.35	11.00	9.30
<b>Metalle</b>									
Pges. [mg/l]	38406-E22	0,11	0,10	0,11	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Cu [mg/l]	38406-E22	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cr [mg/l]	38406-E22	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cd [µg/l]	38406-E19-3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Hg [µg/l]	38406-E12-3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Ni [mg/l]	38406-E22	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pb [mg/l]	38406-E6-3	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Zn [mg/l]	38406-E22	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fe [mg/l]	38406-E22	0,47	0,47	0,41	0,37	0,24	0,80	0,17	0,12
Mn [mg/l]	38406-E22	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,06	0,02	0,02
As [mg/l]	38405-D18	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001
Ca [mg/l]	38406-E22	107	105	70	75	64	64	99,4	98,7
Mg [mg/l]	38406-E22	4	4	5	5	6	6	n.b.	5,2
Na [mg/l]	38406-E22	43	41	50	50	48	51	45	44
K [mg/l]	38406-E22	5	6	6	6	6	6	5	5

Tabelle A 4.2.1-6 (Fortsetzung)

	Unter- suchungs- verfahren DIN	93-22-5 Schiffs- vorbeifahrt	93-22-6 beruhigter Kanal	93-2-12-1 beruhigter Kanal	93-2-12-2 Schiffs- vorbeifahrt	93-2-66-1 außerhalb Verklap- pungsgebiet	93-2-66-2 Verklap- pungsgebiet	94-1-66-3 beruhigter Kanal	94-1-66-4 Schiffs- vorbeifahrt
Datum		01.04.93	01.04.93	08.06.93	08.06.93	15.07.93	15.07.93	12.07.94	12.07.94
Uhrzeit		8.00	8.20	10.00	10.40	11.40	8.35	11.00	9.30
<b>Organische Summenparameter</b>									
TOC [mg/l]	38409-H3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	4,3	6,0	5,0	4,7
DOC [mg/l]	38409-H3	2,1 <sup>1)</sup>	2,2 <sup>1)</sup>	2,7 <sup>1)</sup>	2,4 <sup>1)</sup>	n.b.	n.b.	4,2	4,1
AOX [mg/l]	38409-H14	0,017 <sup>1)</sup>	0,022 <sup>1)</sup>	0,016	0,015	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01
<b>PAK</b>									
Naphthalin [µg/l]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Acenaphthen [µg/l]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Fluoren [µg/l]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	0,04	0,04	n.n.	n.n.
Phenanthren [µg/l]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	0,01	0,02	< 0,01	n.n.
Anthracen [µg/l]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 0,01	0,01	n.n.	n.n.
Fluoranthen [µg/l]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	0,02	0,02	0,02	< 0,01
Pyren [µg/l]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	0,01	0,01	0,03	0,02

Tabelle A 4.2.1-6 (Fortsetzung)

	Unter- suchungs- verfahren DIN	93-22-5 Schiffs- vorbeifahrt	93-22-6 beruhigter Kanal	93-2-12-1 beruhigter Kanal	93-2-12-2 Schiffs- vorbeifahrt	93-2-66-1 außerhalb Verklap- pungsgebiet	93-2-66-2 Verklap- pungsgebiet	94-1-66-3 beruhigter Kanal	94-1-66-4 Schiffs- vorbeifahrt
Datum		01.04.93	01.04.93	08.06.93	08.06.93	15.07.93	15.07.93	12.07.94	12.07.94
Uhrzeit		8.00	8.20	10.00	10.40	11.40	8.35	11.00	9.30
Benzo(a)anthracen [ $\mu\text{g/l}$ ]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
Chrysen [ $\mu\text{g/l}$ ]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(b)fluoranthen [ $\mu\text{g/l}$ ]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	0,02	0,02	0,01	< 0,01
Benzo(k)fluoranthen [ $\mu\text{g/l}$ ]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren [ $\mu\text{g/l}$ ]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	0,01	0,02	0,02	0,01
Dibenzo(ah)anthracen [ $\mu\text{g/l}$ ]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	n.n.	< 0,01	n.n.	n.n.
Benzo(ghi)perylen [ $\mu\text{g/l}$ ]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(123,cd)pyren [ $\mu\text{g/l}$ ]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	0,02	n.a.	< 0,01	n.n.
Acenaphthylen [ $\mu\text{g/l}$ ]	HPLC-FLD	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	< 1 <sup>1)</sup>	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
$\Sigma$ PAK (TVO) [ $\mu\text{g/l}$ ]		-	-	-	-	0,09	0,08	0,05	0,01
$\Sigma$ PAK (EPA) [ $\mu\text{g/l}$ ]		-	-	-	-	0,18	0,18	0,08	0,03
PCB/TCBT									
PCB 28 [ $\mu\text{g/l}$ ]	anal.DEV-F2	-	-	-	-	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01
PCB 52 [ $\mu\text{g/l}$ ]	anal.DEV-F2	-	-	-	-	< 0,01	< 0,01	0,01	0,02

Tabelle A 4.2.1-6 (Fortsetzung)

	Unter- suchungs- verfahren DIN	93-22-5 Schiffs- vorbeifahrt	93-22-6 beruhigter Kanal	93-2-12-1 beruhigter Kanal	93-2-12-2 Schiffs- vorbeifahrt	93-2-66-1 außerhalb Verklap- pungsgebiet	93-2-66-2 Verklap- pungsgebiet	94-1-66-3 beruhigter Kanal	94-1-66-4 Schiffs- vorbeifahrt
Datum		01.04.93	01.04.93	08.06.93	08.06.93	15.07.93	15.07.93	12.07.94	12.07.94
Uhrzeit		8.00	8.20	10.00	10.40	11.40	8.35	11.00	9.30
PCB 101 [ $\mu\text{g/l}$ ]	anal.DEV-F2	-	-	-	-	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01
PCB 138 [ $\mu\text{g/l}$ ]	anal.DEV-F2	-	-	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 153 [ $\mu\text{g/l}$ ]	anal.DEV-F2	-	-	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 180 [ $\mu\text{g/l}$ ]	anal.DEV-F2	-	-	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB= $\Sigma$ 6 Kong. [ $\mu\text{g/l}$ ]	anal.DEV-F2	< 0,01 <sup>1)</sup>	< 0,01 <sup>1)</sup>	< 0,01 <sup>1)</sup>	< 0,01 <sup>1)</sup>	-	-	0,03	0,04
TCBT 21 [ $\mu\text{g/l}$ ]	anal.DEV-F2	< 0,01 <sup>1)</sup>	< 0,01	-	-	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
TCBT 27 [ $\mu\text{g/l}$ ]	anal.DEV-F2	< 0,01 <sup>1)</sup>	< 0,01 <sup>1)</sup>	-	-	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
TCBT 28 [ $\mu\text{g/l}$ ]	anal.DEV-F2	< 0,01 <sup>1)</sup>	< 0,01 <sup>1)</sup>	-	-	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
TCBT 52 [ $\mu\text{g/l}$ ]	anal.DEV-F2	< 0,01 <sup>1)</sup>	< 0,01 <sup>1)</sup>	-	-	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
TCBT 74 [ $\mu\text{g/l}$ ]	anal.DEV-F2	< 0,01 <sup>1)</sup>	< 0,01 <sup>1)</sup>	-	-	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
TCBT 80 [ $\mu\text{g/l}$ ]	anal.DEV-F2	< 0,01 <sup>1)</sup>	< 0,01 <sup>1)</sup>	-	-	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
TCBT= $\Sigma$ 6 Kong.	anal.DEV-F2	< 0,01 <sup>1)</sup>	< 0,01 <sup>1)</sup>	< 0,01 <sup>1)</sup>	< 0,01 <sup>1)</sup>	-	-	n.n.	n.n.

n.n. = nicht nachweisbar

n.b. = nicht bestimmt

n.a. = nicht auswertbar

1) = Ergebnisse der Ruhanalytik, Herne

Tabelle A 4.2.1-7: Wöchentliche Untersuchungen im WDK während der Verklappung von Waschbergen

A: "Oberwasser"/Kanal-Km 39,56

Datum	Durchsicht cm	absetzb. Stoffe ml/l	abfiltr. Stoffe mg/l	Leitfähig- keit µS/cm	pH-Wert	Chlorid mg/l	Nitrat mg/l	Sulfat mg/l	Eisen gel. mg/l
1993									
27.05.	> 50	< 0,1	22,7	798	8,2	84,4	27,6	54,4	0,06
04.06.	> 50	< 0,1	19,7	817	8,2	91,4	26,3	54,8	0,06
08.06.	> 50	< 0,1	20,1	786	8,2	87,7	26,0	53,7	0,06
17.06.	> 50	< 0,1	31,5	776	8,2	82,8	25,8	55,4	0,06
22.06.	> 50	< 0,1	11,4	740	8,3	75,4	25,8	56,5	0,03
28.06.	> 50	< 0,1	18,1	749	8,3	79,5	26,8	58,2	0,08
05.07.	50	< 0,1	33,1	740	8,4	82,7	23,2	69,3	0,03
14.07.	17	0,2	55,4	669	8,2	75,3	18,7	78,7	0,19
22.07.	22	0,1	49,4	646	8,1	69,3	17,9	77,6	0,12
27.07.	25	0,3	61,0	622	8,2	69,1	18,1	76,4	0,03
03.08.	50	0,1	18,4	617	8,2	67,9	17,2	75,5	0,02
09.08.	37	0,2	31,0	672	8,2	77,2	19,5	72,2	0,02
15.08.	47	0,2	24,4	745	8,3	97,6	20,8	59,9	0,02
25.08.	47	0,2	24,2	720	8,3	83,9	20,6	58,5	0,02
03.09.	35	0,2	35,8	691	8,2	72,2	18,8	67,9	0,03
07.09.	45	0,2	38,4	660	8,2	71,6	17,7	76,0	0,03
16.09.	50	< 0,1	20,1	730	8,2	80,3	20,0	59,1	0,02
24.09.	> 50	< 0,1	18,0	802	8,3	88,4	22,0	56,6	0,04
29.09.	42	0,1	27,0	741	8,2	76,0	25,0	54,0	< 0,05
05.10.	41	0,3	11,0	668	8,3	59,0	29,0	48,0	0,45
15.10.	38	0,2	24,0	738	8,3	62,0	31,0	51,0	0,33
19.10.	42	0,1	26,0	621	8,1	40,0	35,0	45,0	0,34
28.10.	35	0,3	64,0	770	8,2	59,0	30,0	50,0	0,09
04.11.	36	0,2	39,0	758	8,2	58,0	30,0	50,0	0,25
08.11.	46	0,2	34,0	826	8,4	68,0	32,0	52,0	0,11
19.11.	45	0,1	21,0	784	8,3	65,0	30,0	52,0	0,52
25.11.	32	0,2	40,0	840	8,4	77,0	27,0	56,0	1,20
29.11.	32	0,2	38,0	750	8,4	65,0	30,0	52,0	0,87

Tabelle A 4.2,1-7 (Fortsetzung)

B: "Unterwasser"/Kanal-Km 38,43

Datum	Durchsicht cm	absetzb. Stoffe ml/l	abfiltr. Stoffe mg/l	Leitfä- higkeit µs/cm	pH-Wert	Chlorid mg/l	Nitrat mg/l	Sulfat mg/l	Eisen gel. mg/l
27.05.	> 50	< 0,1	24,6	810	8,2	85,0	27,2	57,1	0,10
04.06.	> 50	< 0,1	16,2	822	8,2	95,1	26,9	55,0	0,07
08.06.	> 50	< 0,1	19,4	798	8,2	89,8	26,2	55,0	0,09
17.06.	> 50	< 0,1	18,6	783	8,3	86,3	26,2	54,7	0,07
22.06.	> 50	< 0,1	12,8	747	8,3	77,8	25,9	56,5	0,34
28.06.	> 50	< 0,1	16,6	739	8,3	77,0	26,4	58,8	0,08
05.07.	> 50	< 0,1	15,0	740	8,4	82,7	24,0	66,0	0,08
14.07.	28	0,1	44,4	688	8,3	75,9	19,2	79,8	0,05
22.07.	35	0,1	30,8	642	8,1	69,6	18,1	78,0	0,06
27.07.	36	0,2	35,8	626	8,1	68,8	18,1	76,4	0,02
03.08.	> 50	0,1	12,0	618	8,2	67,1	17,2	75,8	0,02
09.08.	40	0,2	28,4	664	8,2	75,0	18,4	76,1	0,02
15.08.	> 50	0,1	20,8	739	8,3	97,6	20,6	57,1	0,02
25.08.	47	0,1	19,6	730	8,3	86,9	20,8	57,2	0,02
03.09.	39	0,2	30,2	710	8,3	76,0	19,6	62,4	0,03
07.09.	50	0,1	28,8	670	8,2	72,9	18,1	72,4	0,04
16.09.	50	0,1	28,0	718	8,2	78,6	19,9	60,1	0,02
24.09.	> 50	< 0,1	29,5	789	8,3	86,4	21,5	56,3	0,09
29.09.	> 50	0,1	12,0	727	8,1	78,0	25,0	53,0	< 0,05
05.10.	45	0,2	8,0	665	8,3	57,0	28,0	45,0	0,34
15.10.	38	0,2	20,0	749	8,4	64,0	31,0	53,0	0,45
19.10.	47	0,2	14,0	613	8,2	35,0	30,0	38,0	0,28
28.10.	44	< 0,1	24,0	750	8,2	58,0	31,0	51,0	0,08
04.11.	32	0,5	32,0	770	8,2	57,0	29,0	48,0	0,21
08.11.	> 50	0,1	16,0	757	8,2	63,0	32,0	53,0	0,10
19.11.	48	0,1	20,0	779	8,3	65,0	29,0	52,0	0,39
25.11.	26	0,3	44,0	834	8,4	80,0	28,0	55,0	1,00
29.11.	43	0,1	28,0	781	8,4	74,0	30,0	52,0	0,85

Ergebnisse der Gewerkschaft Auguste Viktoria

**Tabelle A 4.2.2-1: Längsprofil der Vor-Ort-Meßgrößen im DHK vor der Verklappung von Waschbergen**

<b>Datum: 04.08.1993</b>	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Uhrzeit	9.30	9.35	9.45	9.55	10.10	10.15	10.25	10.35	10.40	10.50
Kanal-Km	28,8	28,75	28,7	28,65	28,6	28,6	28,65	28,7	28,75	28,8
Sichtiefe (cm)	100	100	90	90	110	110	90	90	110	100
pH	7,5	7,6	7,8	7,6	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
Lf (mS/m)	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
O <sub>2</sub> (mg/l)	7,7	7,8	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Wassertemp. (°C)	21,1	21,0	21,0	21,0	20,9	20,9	21,1	21,0	20,9	21,0
letzte Schiffsbewegung	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	10.20	10.30	10.30	10.45

**Tabelle A 4.2.2-2: Längsprofil einiger Meßgrößen im DHK während der Verklappung von Waschbergen**

Datum: 17.08.1993	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Uhrzeit	12.25	12.30	12.35	12.45	12.50	12.55	13.00	13.10	13.15	13.20
Kanal-Km	28,8	28,75	28,7	28,65	28,6	28,6	28,65	28,7	28,75	28,8
Sichtiefe (cm)	80	60	60	30	20	20	20	40	80	60
pH	7,9	7,9	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,7
Lf (mS/m)	80	81	81	81	81	81	81	80	80	80
O <sub>2</sub> (mg/l)	7,7	7,9	7,5	7,5	7,5	7,5	7,6	7,7	8,0	7,8
Wassertemp. (°C)	22,6	22,7	22,7	22,7	22,1	22,1	22,4	22,1	22,4	22,4
Cl (mg/l) <sup>1)</sup>	85	85	85	87	88	86	87	86	86	85
SO <sub>4</sub> (mg/l) <sup>1)</sup>	51	50	50	50	51	50	50	51	50	50
letzte Schiffsbewegung	12.00	12.00	12.00	12.45	12.45	12.45	12.45	12.45	12.45	12.45
letzte Ver- klappung bei ab				28,65 12,45						

1) = Ergebnisse des LUA

Tabelle A 4.2.2-2 (Fortsetzung)

<b>Datum: 17.08.1993</b>	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
Uhrzeit	13.25	13.35	13.40	13.45	13.50	13.55	14.00	14.05	14.10	14.15
Kanal-Km	28,8	28,75	28,7	28,65	28,6	28,6	28,65	28,7	28,75	28,8
Sichtiefe (cm)	60	50	50	40	20	20	20	30	40	50
pH	7,8	7,8	7,8	7,8	7,7	7,7	7,8	7,8	7,8	7,8
Lf (mS/m)	80	80	80	81	81	81	81	81	81	81
O <sub>2</sub> (mg/l)	7,8	7,5	8,2	7,9	7,8	7,8	8,0	8,1	8,0	8,1
Wassertemp. (°C)	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4	22,2	22,4	22,2
Cl (mg/l) <sup>1)</sup>	85	86	86	88	87	88	87	88	85	86
SO <sub>4</sub> (mg/l) <sup>1)</sup>	51	50	50	51	51	51	50	50	50	50
letzte Schiffsbewegung	12.45	12.45	12.45	13.40	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50
letzt Ver- klappung bei			28,65							
ab			13,40							

1) = Ergebnisse des LUA

**Tabelle A 4.2.2-3:** Tiefenprofil einiger Meßgrößen im DHK während der Verklappung von Waschbergen

A: 17.08.1993, Bereich, in dem noch nicht verklappt wurde (km 28,8)

B: 17.08.1993, Bereich der aktuellen Verklappung (km 28,65)

**A:**

Tiefe	1 m	2 m	3m	4 m	5 m	5,40 m
Kanal-Km	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8
pH	7,8	7,8	7,9	7,9	7,9	7,9
Lf (mS/m)	73	73	73	74	75	75
O <sub>2</sub> (mg/l)	6,9	6,8	6,9	7,2	6,7	7,1
Wassertemp. (°C)	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2
Cl (mg/l) <sup>1)</sup>	86	87	86	89	92	91
SO <sub>4</sub> (mg/l) <sup>1)</sup>	51	51	50	50	50	50

**B:**

Tiefe	1 m	2 m	3m	4 m	5 m	5,50 m
Kanal-Km	28,65	28,65	28,65	28,65	28,65	28,65
pH	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Lf (mS/m)	73	73	73	73	74	75
O <sub>2</sub> (mg/l)	7,2	6,9	7,4	7,2	7,5	7,6
Wassertemp. (°C)	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2
Cl (mg/l) <sup>1)</sup>	85	87	87	87	87	89
SO <sub>4</sub> (mg/l) <sup>1)</sup>	50	50	50	50	51	52

1) = Ergebnisse des LUA

**Tabelle A 4.2.2-4: Längsprofil der Vor-Ort-Meßgrößen im DHK nach Abschluß der Verklappung von Waschbergen**

<b>Datum: 28.09.1993</b>	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Uhrzeit	10.55	11.00	11.05	11.15	11.20	11.25	11.30	11.35	11.40	11.45
Kanal-Km	28,8	28,75	28,7	28,65	28,6	28,6	28,65	28,7	28,75	28,8
Sichtiefe (cm)	70	60	70	70	60	60	70	70	60	70
pH	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
Lf (mS/m)	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
O <sub>2</sub> (mg/l)	8,4	8,6	8,7	8,6	8,6	8,6	8,6	8,7	8,5	8,8
Wassertemp. (°C)	15,4	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,4	15,4
letzte Schiffsbewegung	10.45	10.45	10.45	10.45	11.25	11.25	11.25	11.25	11.25	11.25

<b>Datum: 28.09.1993</b>	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
Uhrzeit	12.00	12.05	12.10	12.15	12.20	12.25	12.30	12.35	12.40	12.45
Kanal-Km	28,8	28,75	28,7	28,65	28,6	28,6	28,65	28,7	28,75	28,8
Sichtiefe (cm)	70	40	50	40	40	50	50	50	50	50
pH	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
Lf (mS/m)	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
O <sub>2</sub> (mg/l)	8,8	8,6	8,7	8,5	8,6	8,7	8,7	8,8	8,8	8,8
Wassertemp. (°C)	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,2	15,4	15,4
letzte Schiffsbewegung	11.50	11.50	12.05	12.05	12.05	12.20	12.20	12.20	12.20	12.20

Tabelle A 4.2.2-5: Ergebnisse der Untersuchung von Wasserproben aus dem Verklappungsgebiet (DHK)

	Unter- suchungs- verfahren DIN	93-1-66-1 beruhigter Kanal	93-1-66-2 Schiffsvor- beifahrt	93-1-66-7 außerhalb Verklap- pungsgebiet	93-1-66-8 Ver- klappungs- gebiet	93-1-66-9 beruhigter Kanal	93-1-66-10 Schiffsvor- beifahrt
Datum		04.08.93	04.08.93	17.08.93	17.08.93	28.09.93	28.09.93
Uhrzeit		8.40	9.05	11.40	10.20	8.55	10.00
<b>Vor Ort</b>							
O <sub>2</sub> [mg/l]	38408-G22	7,9	7,8	7,7	7,6	8,9	8,9
pH-Wert	38404-C5	7,5	7,5	7,9	7,8	7,6	7,6
Lf [ms/m]	38404-C8	76	76	80	81	72	72
H <sub>2</sub> O temp [°C]	38404-C4	21,2	21,2	22,4	22,2	15,2	15,3
<b>Sonstige</b>							
NH <sub>4</sub> -N [mg/l]	38406-E5-2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Abfiltr. Stoffe [mg/l]	38409-H2	< 10	< 10	< 10	82	< 10	< 10
<b>Anionen</b>							
NO <sub>3</sub> -N [mg/l]	38405-D19	5,5	5,5	5,4	5,3	7,0	7,0
Cl <sup>-</sup> [mg/l]	38405-D19	79	78	88	89	55	54

Tabelle A 4.2.2-5 (Fortsetzung)

	Unter- suchungs- verfahren DIN	93-1-66-1 beruhigter Kanal	93-1-66-2 Schiffsvor- beifahrt	93-1-66-7 außerhalb Verklap- pungsgebiet	93-1-66-8 Ver- klappungs- gebiet	93-1-66-9 beruhigter Kanal	93-1-66-10 Schiffsvor- beifahrt
Datum		04.08.93	04.08.93	17.08.93	17.08.93	28.09.93	28.09.93
Uhrzeit		8.40	9.05	11.40	10.20	8.55	10.00
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	38405-D19	56	55	56	54	56	47
Hydrogen- carbonat [mg/l]	38409-H7	241	272	200	271	290	228
<b>Metalle</b>							
Pges. [mg/l]	38406-E22	0,13	< 0,10	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Cu [mg/l]	38406-E22	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02
Cr [mg/l]	38406-E22	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cd [µg/l]	38406-E19-3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Hg [µg/l]	38406-E12-3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Ni [mg/l]	38406-E22	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pb [mg/l]	38406-E6-3	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Zn [mg/l]	38406-E22	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,06	< 0,05	< 0,05
Fe [mg/l]	38406-E22	0,21	0,19	0,13	1,19	0,47	0,49
Mn [mg/l]	38406-E22	0,04	0,04	0,03	0,05	0,04	0,05



Tabelle A 4.2.2-5 (Fortsetzung)

	Unter- suchungs- verfahren DIN	93-1-66-1 beruhigter Kanal	93-1-66-2 Schiffsvor- beifahrt	93-1-66-7 außerhalb Verklap- pungsgebiet	93-1-66-8 Ver- klappungs- gebiet	93-1-66-9 beruhigter Kanal	93-1-66-10 Schiffsvor- beifahrt
Datum		04.08.93	04.08.93	17.08.93	17.08.93	28.09.93	28.09.93
Uhrzeit		8.40	9.05	11.40	10.20	8.55	10.00
Acenaphten [µg/l]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)
Fluoren [µg/l]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)
Phenanthren [µg/l]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)
Anthracen [µ/l]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)
Fluoranthren [µg/l]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)
Pyren [µg/l]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)
Benzo(a) anthra- cen [µg/l]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)
Chrysen [µ/l]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)
Benzo(b) fluor- anthren [µ/l]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)

Tabelle A 4.2.2-5 (Fortsetzung)

	Unter- suchungs- verfahren DIN	93-1-66-1 beruhigter Kanal	93-1-66-2 Schiffsvor- beifahrt	93-1-66-7 außerhalb Verklap- pungsgebiet	93-1-66-8 Ver- klappungs- gebiet	93-1-66-9 beruhigter Kanal	93-1-66-10 Schiffsvor- beifahrt
Datum		04.08.93	04.08.93	17.08.93	17.08.93	28.09.93	28.09.93
Uhrzeit		8.40	9.05	11.40	10.20	8.55	10.00
Benzo(k)fluor- anthen [ $\mu\text{g/l}$ ]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)
Benzo(a)fluor [ $\mu\text{g/l}$ ]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)
Dibenzo(ah)an- thracen [ $\mu\text{g/l}$ ]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)
Benzo(ghi)- perylen [ $\mu\text{g/l}$ ]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)
Indeno(123,cd) pyren [ $\mu\text{g/l}$ ]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)
Acenaphthylen [ $\mu\text{g/l}$ ]		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)
<b>PCB / TCBT</b>							
PCB = $\Sigma$ 6 Kon- genere		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	0,20 1)	< 0,1 1)
TCBT = $\Sigma$ 6 Kon- genere		< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)	< 0,1 1)

n.n. = nicht nachweisbar  
n.b. = nicht bestimmt

n.a. = nicht auswertbar  
1) = Ergebnisse der Ruhranalytik, Herne

**Tabelle A 4.2.2-6: Untersuchungen im DHK während der Verklappung von Waschbergen**

Datum der Probenahme	pH	Lf (mS/m)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)
16.08.1993 1)	8,1	75,9	53	87
16.08.1993	8,0	77,3	56	111
17.08.1993	8,1	77,2	52	106
20.08.1993	8,0	78,2	53	184
23.08.1993	8,2	76,6	57	118
24.08.1993	8,0	77,2	52	80
25.08.1993	8,1	79,0	53	83
26.08.1993	8,0	79,1	53	87
27.08.1993	7,4	80,3	49	87
30.08.1993	8,3	79,7	53	93
01.09.1993	8,2	79,4	50	87
02.09.1993	8,2	78,0	54	83
03.09.1993	8,1	76,9	49	88
06.09.1993	8,2	81,0	50	88

1) = Vor Beginn der Verklappung

Ergebnisse der Ruhranalytik, Herne

**Tabelle A 4.2.2-7: Ergebnisse der Untersuchung von Wasserproben aus dem WDK und DHK**

	Unter- suchungs- verfahren DIN	94-1-66-1 WDK	94-1-66-2 DHK
Datum		23.02.94	23.02.94
Uhrzeit		9.45	11.50
<b>Vor Ort</b>			
O <sub>2</sub> [mg/l]	38408-G22	12,8	12,7
pH-Wert	38404-C5	8,1	8,0
Lf [ms/m]	38404-C8	76	81
H <sub>2</sub> O temp [°C]	38404-C4	1,3	5,2
<b>Sonstige</b>			
NH <sub>4</sub> -N [mg/l]	38406-E5-2	< 0,1	0,13
Abfiltr. Stoffe [mg/l]	38409-H2	23	18
<b>Anionen</b>			
NO <sub>3</sub> -N [mg/l]	38405-D19	8,0	7,3
Cl <sup>-</sup> [mg/l]	38405-D19	93	95
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	38405-D19	62	64
Hydrogencarbonat [mg/l]	38409-H7	294	289

Tabelle A 4.2.2-7 (Fortsetzung)

	Unter- suchungs- verfahren DIN	94-1-66-1 WDK	94-1-66-2 DHK
Datum		23.02.94	23.02.94
Uhrzeit		9.45	11.50
<b>Organische Summenparameter</b>			
TOC [mg/l]	38409-H3	3,7	3,8
DOC [mg/l]	38409-H3	2,9	3,1
AOX [mg/l]	38409-H14	0,011	0,010
<b>PAK</b>			
Naphthalin [µg/l]	HPLC-FLD	n.n.	n.n.
Acenaphten [µg/l]	HPLC-FLD	< 0,01	n.n.
Fluoren [µg/l]	HPLC-FLD	0,02	0,01
Phenanthren [µg/l]	HPLC-FLD	0,04	0,01
Anthracen [µg/l]	HPLC-FLD	< 0,01	n.n.
Fluoranthen [µg/l]	HPLC-FLD	0,14	0,09
Pyren [µg/l]	HPLC-FLD	0,14	0,12

Tabelle A 4.2.2-7 (Fortsetzung)

	Unter- suchungs- verfahren DIN	94-1-66-1 WDK	94-1-66-2 DHK
Datum		23.02.94	23.02.94
Uhrzeit		9.45	11.50
Benzo(a)anthracen [µg/l]	HPLC-FLD	0,08	0,04
Chrysen [µg/l]	HPLC-FLD	0,07	0,03
Benzo(b)fluoranthen [µg/l]	HPLC-FLD	0,07	0,04
Benzo(k)fluoranthen [µg/l]	HPLC-FLD	0,04	0,02
Benzo(a)fluor- [µg/l]	HPLC-FLD	0,07	0,04
Dibenzo(ah)anthracen [µg/l]	HPLC-FLD	< 0,01	0,01
Benzo(ghi)perylen [µg/l]	HPLC-FLD	0,04	0,02
Indeno(123,cd) pyren [µg/l]	HPLC-FLD	0,03	0,02
Acenaphthylen [µg/l]	HPLC-FLD	n.b.	n.b.

Tabelle A 4.2.2-7 (Fortsetzung)

	Unter- suchungs- verfahren DIN	94-1-66-1 WDK	94-1-66-2 DHK
Datum		23.02.94	23.02.94
Uhrzeit		9.45	11.50
$\Sigma$ PAK TVO		0,40	0,24
$\Sigma$ PAK EPA		0,80	0,46
<b>PCB / TCBT</b>			
PCB 28 [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	anal.DEV-F2	n.n.	n.n.
PCB 52 [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	anal.DEV-F2	n.n.	n.n.
PCB 101 [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	anal.DEV-F2	n.n.	n.n.
PCB 138 [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	anal.DEV-F2	n.n.	n.n.
PCB 153 [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	anal.DEV-F2	n.n.	n.n.
PCB 180 [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	anal.DEV-F2	n.n.	n.n.
PCB = $\Sigma$ 6 Kongenere	anal.DEV-F2	n.n.	n.n.
TCBT 21 [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	anal.DEV-F2	n.n.	n.n.
TCBT 27 [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	anal.DEV-F2	n.n.	n.n.
TCBT 28 [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	anal.DEV-F2	n.n.	n.n.
TCBT 52 [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	anal.DEV-F2	n.n.	n.n.
TCBT 74 [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	anal.DEV-F2	n.n.	n.n.
TCBT 80 [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	anal.DEV-F2	n.n.	n.n.
TCBT = $\Sigma$ 6 Kongenere	anal.DEV-F2	n.n.	n.n.

n.n. = nicht nachweisbar

n.b. = nicht bestimmt

n.a. = nicht auswertbar

Tabelle A 4.2.2-7 (Fortsetzung)

	Unter- suchungs- verfahren DIN	94-1-66-1 WDK	94-1-66-2 DHK
Datum		23.02.94	23.02.94
Uhrzeit		9.45	11.50
<b>Metalle</b>			
Pges. [mg/l]	38406-E22	< 0,1	0,16
Cu [mg/l]	38406-E22	< 0,02	< 0,02
Cr [mg/l]	38406-E22	< 0,01	< 0,01
Cd [µg/l]	38406-E19-3	< 0,5	< 0,5
Hg [µg/l]	38406-E12-3	< 0,5	< 0,5
Ni [mg/l]	38406-E22	< 0,01	< 0,01
Pb [mg/l]	38406-E6-3	< 0,005	< 0,005
Zn [mg/l]	38406-E22	< 0,05	< 0,05
Fe [mg/l]	38406-E22	0,28	0,29
Mn [mg/l]	38406-E22	0,03	0,06
As [mg/l]	38405-D18	< 0,001	< 0,001
Ca [mg/l]	38406-E22	124	126
Mg [mg/l]	38406-E22	4,6	4,7
Na [mg/l]	38406-E22	35	43
K [mg/l]	38406-E22	5	4

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmestort:	WD-Kanal	WD-Kanal	WD-Kanal	WD-Kanal
Entnahmedatum:	22.11.93	12.04.94	19.07.94	27.09.94

Parameter Symbol Einheit:

Wasserstoffionenkonz.	pH		8.30	8.36	8.32	8.25
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l	12.50	11.70	9.20	9.40
Redoxpotential	Eh	mV		496.00	352.00	382.00
Wassertemperatur	T	°C	4.30	8.60	24.60	16.00
Lufttemperatur	T	°C				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	824.00	635.00	776.00	707.00
Abdampfdruckstand		mg/l				
Kalium	K+	mg/l	4.90	3.70	5.60	6.00
Natrium	Na+	mg/l	45.00	23.50	54.00	50.00
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.06	0.03	< 0.02	0.03
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	110.60	97.40	96.00	82.60
Magnesium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	( 10.29)	( 7.10)	( 6.43)	( 7.18)
Eisen	Fe <sup>++</sup>	mg/l	0.25	< 0.15	< 0.15	< 0.15
Mangan	Mn <sup>++</sup>	mg/l	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
Chlorid	Cl-	mg/l	79.00	43.00	98.60	80.40
Nitrit	NO <sub>2</sub> -	mg/l				
Nitrat	NO <sub>3</sub> -	mg/l	30.80	34.70	23.50	18.10
Sulfat	SO <sub>4</sub> --	mg/l	56.20	43.00	52.60	67.20
Sulfid	S--	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub> -	mg/l	273.89	230.58	228.75	189.71
Phosphat(gesamt)	PO <sub>4</sub> ---	mg/l	0.29	0.34	0.37	0.19
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO <sub>3</sub> ---	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	4.49	3.78	3.75	3.11
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	17.83	15.25	14.90	13.20
Karbonathärte	KH	odH	12.57	10.58	10.50	8.71
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	5.26	4.67	4.40	4.49
freie Kohlensäure	CO <sub>2</sub>	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO <sub>2</sub>	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	0.060	0.080
Blei	Pb	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	77.00	3.20	2.90	6.30
Kupfer	Cu	µg/l	31.000	4.400	11.000	22.000
Nickel	Ni	µg/l	< 1.000	1.500	6.800	2.300
Quecksilber	Hg	µg/l	< 0.100	0.130	0.090	< 0.040
Arsen	As	µg/l	3.500	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr.	KMNO <sub>4</sub>	mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	1a, oben	1a, oben	1a, oben	1a, oben
Entnahmedatum:	22.11.93	12.04.94	19.07.94	27.09.94

Parameter Symbol Einheit:

Wasserstoffionenkonz.	pH		8.33	8.31	7.71	7.91
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l	8.50	7.50	2.70	2.90
Redoxpotential	Eh	mV		500.00	372.00	354.00
Wassertemperatur	T	°C	2.30	7.80	24.90	17.60
Lufttemperatur	T	°C				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	820.00	632.00	823.00	699.00
Abdampfdruckstand		mg/l				
Kalium	K <sup>+</sup>	mg/l	5.40	4.20	7.00	5.60
Natrium	Na <sup>+</sup>	mg/l	42.00	26.00	51.00	51.00
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.07	0.08	0.58	0.52
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	107.80	97.00	108.00	82.20
Magnesium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	( 10.69)	( 5.78)	( 8.44)	( 7.42)
Eisen	Fe <sup>++</sup>	mg/l	< 0.15	< 0.15	0.16	0.16
Mangan	Mn <sup>++</sup>	mg/l	< 0.10	< 0.10	1.70	0.96
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mg/l	79.60	43.00	96.00	76.40
Nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l				
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	29.60	30.80	< 1.00	< 1.00
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	mg/l	56.40	43.00	37.90	48.10
Sulfid	S <sup>---</sup>	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	274.50	228.75	312.93	234.24
Phosphat(gesamt)	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	mg/l	0.16	0.21	3.00	5.60
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	4.50	3.75	5.13	3.84
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	17.53	14.89	17.04	13.20
Karbonathärte	KH	odH	12.60	10.50	14.40	10.80
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	4.93	4.39	2.64	2.40
freie Kohlensäure	CO <sub>2</sub>	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO <sub>2</sub>	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	< 0.050
Blei	Pb	µg/l	2.100	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	16.00	12.00	14.00	3.60
Kupfer	Cu	µg/l	23.000	8,100	22.000	23.000
Nickel	Ni	µg/l	< 1.000	2.100	12.000	7.100
Quecksilber	Hg	µg/l	< 0.100	0.070	0.120	< 0.040
Arsen	As	µg/l	< 1.000	< 1.000	3.400	10.300
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr. KMNO <sub>4</sub>		mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	1a,mitte	1a,mitte	1a,mitte	1a,mitte		
Entnahmedatum:	22.11.93	12.04.94	19.07.94	27.09.94		
Parameter	Symbpl	Einheit:				
Wasserstoffionenkonz. pH			8.42	8.08	7.71	7.91
Sauerstoff O2	mg/l		8.00	3.70	2.20	3.60
Redoxpotential Eh	mV			307.00	267.00	365.00
Wassertemperatur T	°C		2.60	8.30	25.00	17.90
Lufttemperatur T	°C					
Leitfähigkeit LF	µS/cm		818.00	721.00	854.00	715.00
Abdampfdruckstand	mg/l					
Kalium K+	mg/l		4.70	4.90	7.60	5.70
Natrium Na+	mg/l		44.00	53.00	59.00	52.00
Ammonium NH4+	mg/l		0.14	0.33	1.36	1.20
Calcium Ca++	mg/l		103.80	92.60	111.00	85.00
Magnesium Mg++	mg/l	( 14.29)	( 8.36)	( 8.18)	( 7.89)	( 7.89)
Eisen Fe++	mg/l	< 0.15	< 0.15	0.53	< 0.15	0.20
Mangan Mn++	mg/l	< 0.10	< 0.10	1.20	1.60	1.10
Chlorid Cl-	mg/l		78.00	51.00	90.00	77.60
Nitrit NO2-	mg/l					
Nitrat NO3-	mg/l		29.80	7.30	< 1.00	< 1.00
Sulfat SO4--	mg/l		56.40	48.00	< 20.00	25.00
Sulfid S--	mg/l					
Hydrogenkarbonat HCO3--	mg/l		319.64	299.51	386.74	276.94
Phosphat (gesamt) PO4---	mg/l		0.24	1.90	7.75	8.50
Gesamtphosphor P	mg/l					
Borat BO3---	mg/l					
Säurekap. pH 4.3 m-Wert	mval/l		5.24	4.91	6.34	4.54
Säurekap. pH 8.2 p-Wert	mval/l					
Basenkap. pH 8.2	mval/l					
Gesamthärte GH	odH		17.80	14.87	17.40	13.70
Karbonathärte KH	odH		14.67	13.75	17.75	12.70
Nichtkarbonathärte NKH	odH		3.13	1.12	0.00	1.00
freie Kohlensäure CO2	mg/l					
kalkaggressive Kohl. CO2	mg/l					
Cadmium Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	< 0.050	< 0.050
Blei Pb	µg/l	1.600	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Chrom Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink Zn	µg/l	13.00	6.50	15.00		2.90
Kupfer Cu	µg/l	24.000	4.300	25.000		22.000
Nickel Ni	µg/l	< 1.000	7.000	8.700		4.000
Quecksilber Hg	µg/l	< 0.100	0.130	0.100		0.090
Arsen As	µg/l	< 1.000	5.200	18.900		9.300
Chemischer Sauerst.b.CSB	mg/l					
Kaliumperm.verbr. KMNO4	mg/l					

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	1a, unten	1a, unten	1a, unten	1a, unten
Entnahmedatum:	22.11.93	12.04.94	19.07.94	27.09.94

## Parameter Symbol Einheit:

Wasserstoffionenkonz.	pH		7.99	7.91	7.69	7.77
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l	11.00	3.30	2.70	3.60
Redoxpotential	Eh	mV		217.00	291.00	216.00
Wassertemperatur	T	°C	0.10	8.50	27.00	17.60
Lufttemperatur	T	°C				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	1147.00	838.00	909.00	1003.00
Abdampfdruckstand		mg/l				
Kalium	K <sup>+</sup>	mg/l	7.10	3.60	5.40	5.40
Natrium	Na <sup>+</sup>	mg/l	79.00	114.00	122.00	116.00
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	3.50	2.32	3.86	4.30
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	93.20	56.50	67.30	88.20
Magnesium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	( 21.16)	( 8.26)	( 7.78)	( 9.86)
Eisen	Fe <sup>++</sup>	mg/l	< 0.15	0.93	< 0.15	0.60
Mangan	Mn <sup>++</sup>	mg/l	2.10	1.80	2.30	2.85
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mg/l	169.00	76.00	74.00	83.40
Nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l				
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	1.10	< 1.00	< 1.00	< 1.00
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	mg/l	< 20.00	22.32	< 20.00	< 20.00
Sulfid	S <sup>--</sup>	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	347.70	362.34	461.16	508.74
Phosphat(gesamt)	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	mg/l	7.20	14.00	8.60	7.90
Gesamtposphor	P	mg/l				
Borat	BO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	5.70	5.94	7.56	8.34
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	17.90	9.80	11.20	14.60
Karbonathärte	KH	odH	15.96	16.63	21.20	23.40
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	1.94	0.00	0.00	0.00
freie Kohlensäure	CO <sub>2</sub>	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO <sub>2</sub>	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	< 0.050
Blei	Pb	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	16.00	1.60	3.10	4.10
Kupfer	Cu	µg/l	46.000	13.000	13.000	20.000
Nickel	Ni	µg/l	7.300	2.100	5.700	6.300
Quecksilber	Hg	µg/l	n.a	0.110	0.060	< 0.040
Arsen	As	µg/l	19.000	32.000	55.800	48.500
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr. KMNO <sub>4</sub>		mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	1b, oben	1b, oben	1b, oben	1b, oben
Entnahmedatum:	22.11.93	12.04.94	19.07.94	27.09.94

-----  
Parameter Symbol Einheit:

Wasserstoffionenkonz.	pH		8.27	8.25	8.15	8.16
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l	8.70	5.40	4.80	4.70
Redoxpotential	Eh	mV		381.00	364.00	334.00
Wassertemperatur	T	°C	1.30	10.10	27.50	17.80
Lufttemperatur	T	°C				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	821.00	653.00	783.00	689.00
Abdampfdruckstand		mg/l				
Kalium	K+	mg/l	11.00	4.60	6.80	5.00
Natrium	Na+	mg/l	42.00	31.00	53.00	53.00
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.08	0.12	0.43	0.27
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	105.80	82.20	102.00	78.20
Magnesium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	( 10.12)	( 18.06)	( 8.87)	( 8.11)
Eisen	Fe <sup>++</sup>	mg/l	< 0.15	n.a.	< 0.15	< 0.15
Mangan	Mn <sup>++</sup>	mg/l	< 0.10	n.a.	1.30	1.06
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mg/l	84.50	46.00	95.40	75.50
Nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l				
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	30.30	13.42	1.50	1.00
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	mg/l	57.10	43.00	38.40	67.20
Sulfid	S <sup>---</sup>	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	262.30	262.30	292.80	219.60
Phosphat(gesamt)	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	mg/l	0.23	< 0.15	1.80	2.90
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	4.30	4.30	4.80	3.60
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	17.12	15.65	16.30	12.80
Karbonathärte	KH	odH	12.04	12.04	13.40	10.10
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	5.08	3.61	2.90	2.70
freie Kohlensäure	CO <sub>2</sub>	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO <sub>2</sub>	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	n.a.		
Blei	Pb	µg/l	1.700	n.a.		
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	n.a.		
Zink	Zn	µg/l	15.00	n.a.		
Kupfer	Cu	µg/l	41.000	n.a.		
Nickel	Ni	µg/l	1.400	n.a.		
Quecksilber	Hg	µg/l	< 0.100	n.a.		
Arsen	As	µg/l	< 1.000	n.a.		
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr. KMNO <sub>4</sub>		mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	1b,mitte	1b,mitte	1b,mitte	1b,mitte
Entnahmedatum:	22.11.93	12.04.94	19.07.94	27.09.94

Parameter	Symbol	Einheit:				
Wasserstoffionenkonz.	pH		8.15	7.86	7.62	7.66
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l	(14.30)	2.80	2.50	3.60
Redoxpotential	Eh	mV		233.00	219.00	268.00
Wassertemperatur	T	°C	n.a.	8.30	25.00	17.40
Lufttemperatur	T	°C				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	893.00	773.00	841.00	704.00
Abdampfrückstand		mg/l				
Kalium	K <sup>+</sup>	mg/l	5.10	4.40	7.70	5.90
Natrium	Na <sup>+</sup>	mg/l	78.00	73.00	62.00	59.00
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.34	0.38	1.30	1.40
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	94.60	83.00	102.00	78.60
Magnesium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	( 11.01)	( 10.41)	( 9.73)	( 7.87)
Eisen	Fe <sup>++</sup>	mg/l	5.60	2.10	< 0.15	0.30
Mangan	Mn <sup>++</sup>	mg/l	3.80	1.60	1.60	1.10
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mg/l	92.00	55.00	90.10	75.20
Nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l				
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	16.30	1.60	< 1.00	< 1.00
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	mg/l	61.90	43.20	< 20.00	27.80
Sulfid	S <sup>--</sup>	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	307.44	334.89	366.00	274.50
Phosphat(gesamt)	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	mg/l	0.46	3.70	7.50	9.20
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	5.04	5.49	6.00	4.50
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	15.76	14.00	16.50	12.80
Karbonathärte	KH	odH	14.11	15.37	16.80	12.60
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	1.65	0.00	0.00	0.20
freie Kohlensäure	CO <sub>2</sub>	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO <sub>2</sub>	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	< 0.050
Blei	Pb	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Chrom	Cr	µg/l	1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	24.00	11.00	6.00	2.50
Kupfer	Cu	µg/l	64.000	3.400	33.000	29.000
Nickel	Ni	µg/l	2.000	8.400	15.000	4.800
Quecksilber	Hg	µg/l	n.a	0.080	< 0.040	0.240
Arsen	As	µg/l	33.000	9.700	14.600	7.700
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr. KMNO <sub>4</sub>		mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	1b, unten	1b, unten	1b, unten	1b, unten
Entnahmedatum:	22.11.93	12.04.94	19.07.94	27.09.94

Parameter	Symbol	Einheit:				
-----------	--------	----------	--	--	--	--

Wasserstoffionenkonz.	pH	.	7.67	7.91	7.99	7.70
Sauerstoff	O2	mg/l	13.00	3.30	2.40	3.60
Redoxpotential	Eh	mV		217.00	356.00	203.00
Wassertemperatur	T	°C	n.a.	9.10	28.00	18.00
Lufttemperatur	T	°C				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	1121.00	793.00	905.00	1072.00
Abdampfdruckstand		mg/l				
Kalium	K+	mg/l	5.50	3.00	4.50	5.50
Natrium	Na+	mg/l	46.00	116.00	162.00	116.00
Ammonium	NH4+	mg/l	5.95	2.03	4.50	6.20
Calcium	Ca++	mg/l	136.30	41.10	43.00	106.00
Magnesium	Mg++	mg/l	( 20.79)	( 13.09)	( 8.55)	( 11.21)
Eisen	Fe++	mg/l	< 0.15	1.40	< 0.15	1.10
Mangan	Mn++	mg/l	5.50	1.90	1.30	3.60
Chlorid	Cl-	mg/l	154.00	70.00	67.30	78.80
Nitrit	NO2-	mg/l				
Nitrat	NO3-	mg/l	< 1.00	< 1.00	1.30	< 1.00
Sulfat	SO4--	mg/l	< 20.00	< 20.00	< 20.00	< 20.00
Sulfid	S---	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO3-	mg/l	446.52	375.15	481.29	576.45
Phosphat(gesamt)	PO4---	mg/l	3.40	8.60	10.30	7.50
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO3---	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	7.32	6.15	7.89	9.45
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	23.84	8.76	7.98	17.40
Karbonathärte	KH	odH	20.50	17.22	22.10	26.50
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	3.34	0.00	0.00	0.00
freie Kohlensäure	CO2	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO2	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	< 0.050
Blei	Pb	µg/l	2.200	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	15.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	19.00	6.90	3.00	2.90
Kupfer	Cu	µg/l	36.000	17.000	18.000	12.000
Nickel	Ni	µg/l	4.100	3.000	24.000	5.000
Quecksilber	Hg	µg/l	< 0.100	0.060	< 0.040	0.040
Arsen	As	µg/l	12.000	35.000	67.300	47.800
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr. KMNO4		mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	2, oben	2, oben	2, oben	2, oben
Entnahmedatum:	22.11.93	12.04.94	19.07.94	27.09.94

Parameter	Symbol	Einheit:				
Wasserstoffionenkonz.	pH		7.70	7.72	7.71	7.94
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l	2.60	1.90	2.10	4.30
Redoxpotential	Eh	mV		123.00	309.00	374.00
Wassertemperatur	T	oC	1.80	10.70	27.10	16.90
Lufttemperatur	T	oC				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	925.00	858.00	881.00	893.00
Abdampfdruckstand		mg/l				
Kalium	K <sup>+</sup>	mg/l	6.00	5.30	8.90	7.60
Natrium	Na <sup>+</sup>	mg/l	44.00	45.00	50.00	47.00
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	3.20	2.20	4.90	3.90
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	123.90	117.80	118.00	123.00
Magnesium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	( 13.38)	( 13.04)	( 10.88)	( 11.75)
Eisen	Fe <sup>++</sup>	mg/l	5.20	4.00	< 0.15	< 0.15
Mangan	Mn <sup>++</sup>	mg/l	2.80	2.50	2.00	2.00
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mg/l	74.50	63.00	82.70	77.20
Nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l				
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3.80	< 1.00	1.30	< 1.00
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	mg/l	18.10	< 20.00	< 20.00	< 20.00
Sulfid	S <sup>--</sup>	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	424.56	418.46	411.14	442.25
Phosphat(gesamt)	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	mg/l	4.90	5.10	6.30	7.10
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	6.96	6.86	6.74	7.25
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	20.40	19.47	19.00	19.90
Karbonathärte	KH	odH	19.49	19.21	18.90	20.30
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	0.91	0.26	0.10	0.00
freie Kohlensäure	CO <sub>2</sub>	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO <sub>2</sub>	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	< 0.050
Blei	Pb	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	7.80	3.80	3.20	2.30
Kupfer	Cu	µg/l	19.000	1.100	16.000	10.000
Nickel	Ni	µg/l	1.900	< 1.000	19.000	1.700
Quecksilber	Hg	µg/l	< 0.100	0.090	< 0.040	< 0.040
Arsen	As	µg/l	11.000	10.000	22.700	16.500
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr.	KMNO <sub>4</sub>	mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	2, mitte	2, mitte	2, mitte	2, mitte
Entnahmedatum:	22.11.93	12.04.94	19.07.94	27.09.94

Parameter Symbol Einheit:

Wasserstoffionenkonz.	pH		7.84	7.82	7.94	8.06
Sauerstoff	O2	mg/l	3.40	2.00	2.70	4.80
Redoxpotential	Eh	mV		216.00	329.00	349.00
Wassertemperatur	T	°C	1.00	10.30	27.00	16.50
Lufttemperatur	T	°C				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	770.00	683.00	800.00	811.00
Abdampfdruckstand		mg/l				
Kalium	K+	mg/l	6.80	4.60	8.50	7.40
Natrium	Na+	mg/l	41.00	38.00	46.00	47.00
Ammonium	NH4+	mg/l	2.07	1.20	2.40	1.80
Calcium	Ca++	mg/l	91.80	83.40	98.00	106.00
Magnesium	Mg++	mg/l	( 10.63)	( 13.04)	( 11.73)	( 11.21)
Eisen	Fe++	mg/l	3.00	1.50	< 0.15	< 0.15
Mangan	Mn++	mg/l	1.40	1.10	0.90	0.95
Chlorid	Cl-	mg/l	65.00	51.00	89.30	79.60
Nitrit	NO2-	mg/l				
Nitrat	NO3-	mg/l	2.04	5.81	7.20	< 1.00
Sulfat	SO4--	mg/l	57.70	39.40	45.10	25.40
Sulfid	S--	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO3-	mg/l	279.38	270.23	291.58	342.21
Phosphat(gesamt)	PO4---	mg/l	3.34	3.45	4.30	4.10
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO3---	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	4.58	4.43	4.78	5.61
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	15.28	14.66	16.40	17.40
Karbonathärte	KH	odH	12.82	12.40	13.40	15.70
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	2.46	2.26	3.00	1.70
freie Kohlensäure	CO2	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO2	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	< 0.050
Blei	Pb	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	7.60	5.50	7.70	3.00
Kupfer	Cu	µg/l	19.000	30.000	31.000	12.000
Nickel	Ni	µg/l	1.700	< 1.000	9.800	2.900
Quecksilber	Hg	µg/l	0.140	0.100	0.150	< 0.040
Arsen	As	µg/l	5.900	4.600	12.100	9.300
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr. KMNO4		mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	2, unten	2, unten	2, unten	2, unten
Entnahmedatum:	22.11.93	12.04.94	19.07.94	27.09.94

Parameter	Symbol	Einheit:				
Wasserstoffionenkonz.	pH		7.74	7.89	7.86	7.82
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l	3.00	3.00	3.00	3.80
Redoxpotential	Eh	mV		260.00	359.00	341.00
Wassertemperatur	T	°C	3.80	9.30	25.00	16.50
Lufttemperatur	T	°C				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	770.00	765.00	777.00	783.00
Abdampfdruckstand		mg/l				
Kalium	K <sup>+</sup>	mg/l	6.10	5.70	9.50	8.10
Natrium	Na <sup>+</sup>	mg/l	40.00	45.00	45.00	46.00
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.24	0.07	0.11	0.08
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	89.00	97.40	96.00	97.00
Magnesium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	( 26.75)	( 12.96)	( 12.94)	( 12.34)
Eisen	Fe <sup>++</sup>	mg/l	0.52	0.39	< 0.15	< 0.15
Mangan	Mn <sup>++</sup>	mg/l	0.29	0.23	0.20	0.25
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mg/l	64.00	62.00	82.80	80.80
Nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l				
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	11.60	< 1.00	< 1.00	< 1.00
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	mg/l	67.30	70.10	54.00	47.50
Sulfid	S <sup>--</sup>	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	298.90	273.28	283.65	294.02
Phosphat(gesamt)	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	mg/l	0.37	0.20	0.36	0.16
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	4.90	4.48	4.65	4.82
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	18.60	16.60	16.40	16.40
Karbonathärte	KH	odH	13.72	12.54	13.00	13.50
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	4.88	4.06	3.40	2.90
freie Kohlensäure	CO <sub>2</sub>	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO <sub>2</sub>	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	< 0.050
Blei	Pb	µg/l	1.100	< 1.000	3.400	< 1.000
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	16.00	5.40	16.00	5.80
Kupfer	Cu	µg/l	26.000	23.000	26.000	18.000
Nickel	Ni	µg/l	3.400	3.800	11.000	5.300
Quecksilber	Hg	µg/l	0.200	0.170	0.130	0.090
Arsen	As	µg/l	1.300	1.200	2.000	2.000
Chemischer Sauerst.b.	CSB	mg/l				
srbr.	KMNO <sub>4</sub>	mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	3, oben	3, oben	3, oben
Entnahmedatum:	14.04.94	21.07.94	29.09.94

Parameter	Symbol	Einheit:			
Wasserstoffionenkonz.	pH		8.18	8.18	8.30
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l	9.10	2.50	3.50
Redoxpotential	Eh	mV	367.00	401.00	384.00
Wassertemperatur	T	°C	7.90	34.30	16.90
Lufttemperatur	T	°C			
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	789.00	988.00	1158.00
Abdampfrückstand		mg/l			
Kalium	K <sup>+</sup>	mg/l	5.70	9.70	9.70
Natrium	Na <sup>+</sup>	mg/l	38.00	49.00	53.00
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.85	2.50	5.10
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	80.80	40.00	58.10
Magnesium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	( 7.97)	( 26.09)	( 46.81)
Eisen	Fe <sup>++</sup>	mg/l		n.a	
Mangan	Mn <sup>++</sup>	mg/l		n.a	
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mg/l	59.00	63.40	64.70
Nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l			
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	7.00	< 1.00	2.70
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	mg/l	23.00	< 20.00	30.00
Sulfid	S <sup>--</sup>	mg/l			
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	378.20	311.10	414.80
Phosphat(gesamt)	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	mg/l	2.10	1.00	5.10
Gesamtphosphor	P	mg/l			
Borat	BO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	mg/l			
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	6.20	5.10	6.80
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l			
Basenkap. pH 8.2		mval/l			
Gesamthärte	GH	°dH	13.13	11.60	18.90
Karbonathärte	KH	°dH	17.36	14.30	19.00
Nichtkarbonathärte	NKH	°dH	0.00	0.00	0.00
freie Kohlensäure	CO <sub>2</sub>	mg/l			
kalkaggressive Kohl.	CO <sub>2</sub>	mg/l			
Cadmium	Cd	µg/l	n.a		
Blei	Pb	µg/l	n.a		
Chrom	Cr	µg/l	n.a		
Zink	Zn	µg/l	n.a		
Kupfer	Cu	µg/l	n.a		
Nickel	Ni	µg/l	n.a		
Quecksilber	Hg	µg/l	n.a		
Arsen	As	µg/l	n.a		
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l			
Kaliumperm.verbr.	KMNO <sub>4</sub>	mg/l			

Tab. A 4.3-12

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	3,mitte	3,mitte	3,mitte
Entnahmedatum:	14.04.94	21.07.94	29.09.94

Parameter Symbol Einheit:

Wasserstoffionenkonz.	pH		8.30	8.29	8.19
Sauerstoff	O2	mg/l	6.70	2.70	3.70
Redoxpotential	Eh	mV	374.00	416.00	389.00
Wassertemperatur	T	oC	8.80	32.70	16.50
Lufttemperatur	T	oC			
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	703.00	827.00	895.00
Abdampfrückstand		mg/l			
Kalium	K+	mg/l	5.80	8.30	6.90
Natrium	Na+	mg/l	42.00	49.00	50.00
Ammonium	NH4+	mg/l	0.44	1.70	2.40
Calcium	Ca++	mg/l	92.60	108.00	126.00
Magnesium	Mg++	mg/l	( 5.32)	( 22.59)	( 14.71)
Eisen	Fe++	mg/l		n.a	
Mangan	Mn++	mg/l		n.a	
Chlorid	Cl-	mg/l	58.00	66.30	69.00
Nitrit	NO2-	mg/l			
Nitrat	NO3-	mg/l	8.45	< 1.00	< 1.00
Sulfat	SO4--	mg/l	< 20.00	< 20.00	< 20.00
Sulfid	S--	mg/l			
Hydrogenkarbonat	HCO3-	mg/l	341.60	457.50	475.80
Phosphat(gesamt)	PO4---	mg/l	3.40	2.90	4.70
Gesamtphosphor	P	mg/l			
Borat	BO3---	mg/l			
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	5.60	7.50	7.80
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l			
Basenkap. pH 8.2		mval/l			
Gesamthärte	GH	odH	14.17	20.30	21.00
Karbonathärte	KH	odH	15.68	21.00	21.80
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	0.00	0.00	0.00
freie Kohlensäure	CO2	mg/l			
Kalkaggressive Kohl.	CO2	mg/l			
Cadmium	Cd	µg/l	n.a		
Blei	Pb	µg/l	n.a		
Chrom	Cr	µg/l	n.a		
Zink	Zn	µg/l	n.a		
Kupfer	Cu	µg/l	n.a		
Nickel	Ni	µg/l	n.a		
Quecksilber	Hg	µg/l	n.a		
Arsen	As	µg/l	n.a		
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l			
Kaliumperm.verbr.	KMNO4	mg/l			

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	3, unten	3, unten	3, unten
Entnahmedatum:	14.04.94	21.07.94	29.09.94

## Parameter Symbol Einheit:

Wasserstoffionenkonz.	pH		8.48	8.35	8.37
Sauerstoff	O2	mg/l	7.60	2.40	3.50
Redoxpotential	Eh	mV	406.00	415.00	385.00
Wassertemperatur	T	°C	9.50	33.30	16.50
Lufttemperatur	T	°C			
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	602.00	727.00	716.00
Abdampfdruckstand		mg/l			
Kalium	K+	mg/l	4.60	6.80	5.90
Natrium	Na+	mg/l	44.00	44.00	45.00
Ammonium	NH4+	mg/l	0.80	0.95	1.70
Calcium	Ca++	mg/l	69.80	90.00	80.20
Magnesium	Mg++	mg/l	( 3.23)	( 16.58)	( 15.15)
Eisen	Fe++	mg/l		n.a	
Mangan	Mn++	mg/l		n.a	
Chlorid	Cl-	mg/l	60.00	79.60	76.50
Nitrit	NO2-	mg/l			
Nitrat	NO3-	mg/l	3.46	< 1.00	< 1.00
Sulfat	SO4--	mg/l	22.00	21.00	41.00
Sulfid	S--	mg/l			
Hydrogenkarbonat	HCO3-	mg/l	256.20	305.00	277.55
Phosphat(gesamt)	PO4---	mg/l	2.07	3.00	3.80
Gesamtphosphor	P	mg/l			
Borat	BO3---	mg/l			
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	4.20	5.00	4.55
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l			
Basenkap. pH 8.2		mval/l			
Gesamthärte	GH	odH	10.50	16.40	14.70
Karbonathärte	KH	odH	11.76	14.00	12.70
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	0.00	2.40	2.00
freie Kohlensäure	CO2	mg/l			
Kalkaggressive Kohl.	CO2	mg/l			
Cadmium	Cd	µg/l	n.a		
Blei	Pb	µg/l	n.a		
Chrom	Cr	µg/l	n.a		
Zink	Zn	µg/l	n.a		
Kupfer	Cu	µg/l	n.a		
Nickel	Ni	µg/l	n.a		
Quecksilber	Hg	µg/l	n.a		
Arsen	As	µg/l	n.a		
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l			
Kaliumperm.verbr. KMNO4		mg/l			

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	DH-Kanal	DH-Kanal	DH-Kanal	DH-Kanal		
Entnahmedatum:	23.11.93	13.04.94	20.07.94	28.09.94		
<hr/>						
Parameter	Symbol	Einheit:				
Wasserstoffionenkonz.	pH		8.09	8.08	7.96	8.10
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l	12.00	11.10	7.20	8.40
Redoxpotential	Eh	mV		472.00	420.00	402.00
Wassertemperatur	T	°C	8.30	10.50	24.20	18.40
Lufttemperatur	T	°C				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	786.00	737.00	817.00	778.00
Abdampfrückstand		mg/l				
Kalium	K+	mg/l	4.70	4.10	5.90	5.70
Natrium	Na+	mg/l	36.00	33.00	51.00	46.00
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.23	0.09	0.08	0.06
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	114.60	120.20	107.00	104.00
Magnesium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	( 7.47)	( 2.59)	( 5.83)	( 5.91)
Eisen	Fe <sup>++</sup>	mg/l	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15
Mangan	Mn <sup>++</sup>	mg/l	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mg/l	68.50	58.00	96.50	83.00
Nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l				
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	33.10	30.77	24.70	26.20
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	mg/l	51.80	45.80	55.20	56.20
Sulfid	S <sup>--</sup>	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	270.84	261.08	252.54	243.39
Phosphat(gesamt)	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	mg/l	0.50	0.32	0.40	0.32
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	4.44	4.28	4.14	3.99
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	17.74	17.40	16.30	15.90
Karbonathärte	KH	odH	12.43	11.98	11.60	11.20
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	5.31	5.42	4.70	4.70
freie Kohlensäure	CO <sub>2</sub>	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO <sub>2</sub>	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	0.060
Blei	Pb	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	21.00	6.30	4.00	7.50
Kupfer	Cu	µg/l	62.000	30.000	11.000	18.000
Nickel	Ni	µg/l	< 1.000	1.000	3.000	3.500
Quecksilber	Hg	µg/l	< 0.100	0.100	0.120	< 0.040
Arsen	As	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr.	KMNO <sub>4</sub>	mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	4, oben	4, oben	4, oben	4, oben
Entnahmedatum:	23.11.93	13.04.94	20.07.94	28.09.94

Parameter	Symbol	Einheit:				
Wasserstoffionenkonz.	pH		8.43	8.08	7.96	8.27
Sauerstoff	O2	mg/l	3.30	2.80	3.10	4.80
Redoxpotential	Eh	mV		496.00	443.00	374.00
Wassertemperatur	T	°C	7.10	8.20	23.60	16.50
Lufttemperatur	T	°C				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	831.00	729.00	821.00	814.00
Abdampfdruckstand		mg/l				
Kalium	K+	mg/l	3.80	4.70	7.10	5.30
Natrium	Na+	mg/l	138.00	89.40	55.00	116.00
Ammonium	NH4+	mg/l	0.20	0.13	0.03	0.06
Calcium	Ca++	mg/l	32.90	60.10	101.00	50.90
Magnesium	Mg++	mg/l	( 6.61)	( 5.99)	( 7.74)	( 6.10)
Eisen	Fe++	mg/l	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15
Mangan	Mn++	mg/l	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
Chlorid	Cl-	mg/l	73.00	57.00	96.70	90.50
Nitrit	NO2-	mg/l				
Nitrat	NO3-	mg/l	29.40	17.10	23.10	5.30
Sulfat	SO4--	mg/l	52.80	46.10	56.20	58.60
Sulfid	S--	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO3-	mg/l	285.48	271.45	256.81	268.40
Phosphat(gesamt)	PO4---	mg/l	< 0.15	< 0.15	0.32	0.33
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO3---	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	4.68	4.45	4.21	4.40
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	6.12	9.78	15.90	8.52
Karbonathärte	KH	odH	13.10	12.46	11.90	12.30
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	0.00	0.00	4.00	0.00
freie Kohlensäure	CO2	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO2	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	< 0.050
Blei	Pb	µg/l	1.400	< 1.000	< 1.000	1.800
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	15.00	12.00	11.00	4.70
Kupfer	Cu	µg/l	21.000	10.000	34.000	11.000
Nickel	Ni	µg/l	< 1.000	2.500	14.000	4.100
Quecksilber	Hg	µg/l	0.100	0.120	0.130	< 0.040
Arsen	As	µg/l	2.200	1.600	1.500	2.300
Chemischer Sauerst. b. CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr. KMNO4		mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	4,mitte	4,mitte	4,mitte	4,mitte
Entnahmedatum:	23.11.93	13.04.94	20.07.94	28.09.94

Parameter	Symbol	Einheit:				
Wasserstoffionenkonz.	pH		8.60	8.22	7.92	8.40
Sauerstoff	O2	mg/l	3.30	3.00	2.60	6.00
Redoxpotential	Eh	mV		496.00	443.00	380.00
Wassertemperatur	T	oC	5.80	8.00	23.60	16.00
Lufttemperatur	T	oC				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	847.00	735.00	812.00	841.00
Abdampfdruckstand		mg/l				
Kalium	K+	mg/l	4.10	4.30	8.00	5.10
Natrium	Na+	mg/l	156.00	108.00	72.00	148.00
Ammonium	NH4+	mg/l	0.32	0.05	0.04	0.06
Calcium	Ca++	mg/l	16.40	44.10	84.00	31.30
Magnesium	Mg++	mg/l	( 6.03)	( 8.75)	( 8.07)	( 5.06)
Eisen	Fe++	mg/l	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15
Mangan	Mn++	mg/l	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
Chlorid	Cl-	mg/l	74.00	58.00	93.30	95.00
Nitrit	NO2-	mg/l				
Nitrat	NO3-	mg/l	29.00	15.70	14.70	< 1.00
Sulfat	SO4--	mg/l	53.80	47.50	55.20	58.60
Sulfid	S--	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO3-	mg/l	289.14	272.67	260.47	274.50
Phosphat(gesamt)	PO4---	mg/l	< 0.15	< 0.15	0.18	0.33
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO3---	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	4.74	4.47	4.27	4.50
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Bäsenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	3.68	8.18	13.60	5.54
Karbonathärte	KH	odH	13.27	12.52	12.00	12.60
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	0.00	0.00	1.60	0.00
freie Kohlensäure	CO2	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO2	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	< 0.050
Blei	Pb	µg/l	1.500	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	18.00	9.30	9.00	19.00
Kupfer	Cu	µg/l	33.000	4.800	22.000	19.000
Nickel	Ni	µg/l	1.200	1.600	20.000	4.100
Quecksilber	Hg	µg/l	< 0.100	0.080	0.070	0.260
Arsen	As	µg/l	2.500	1.500	1.900	4.000
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr.	KMNO4	mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	4, unten	4, unten	4, unten	4, unten
Entnahmedatum:	23.11.93	13.04.94	20.07.94	28.09.94

## Parameter                      Symbol    Einheit:

Wasserstoffionenkonz.	pH		8.26	8.44	8.44	8.39
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l	3.90	3.00	3.00	5.90
Redoxpotential	Eh	mV		484.00	411.00	380.00
Wassertemperatur	T	°C	5.50	7.90	23.60	15.90
Lufttemperatur	T	°C				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	813.00	796.00	810.00	884.00
Abdampfrückstand		mg/l				
Kalium	K <sup>+</sup>	mg/l	5.90	5.00	6.50	5.40
Natrium	Na <sup>+</sup>	mg/l	104.00	138.00	156.00	150.00
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.37	0.17	0.22	0.05
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	53.70	25.65	15.60	34.10
Magnesium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	( 8.92)	( 8.31)	( 5.86)	( 5.18)
Eisen	Fe <sup>++</sup>	mg/l	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15
Mangan	Mn <sup>++</sup>	mg/l	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mg/l	72.00	68.00	85.50	104.00
Nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l				
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	30.40	4.90	< 1.00	< 1.00
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	mg/l	51.80	49.90	52.80	61.00
Sulfid	S <sup>--</sup>	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	278.16	292.19	290.97	281.82
Phosphat(gesamt)	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	mg/l	< 0.15	< 0.15	0.33	0.42
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	4.56	4.79	4.77	4.62
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	9.56	5.50	3.53	5.96
Karbonathärte	KH	odH	12.77	13.41	13.40	12.90
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	0.00	0.00	0.00	0.00
freie Kohlensäure	CO <sub>2</sub>	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO <sub>2</sub>	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	< 0.050
Blei	Pb	µg/l	1.300	1.300	5.600	< 1.000
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	22.00	5.40	10.00	4.40
Kupfer	Cu	µg/l	39.000	3.400	33.000	11.000
Nickel	Ni	µg/l	1.700	1.400	23.000	3.400
Quecksilber	Hg	µg/l	< 0.100	< 0.040	0.100	< 0.040
Arsen	As	µg/l	1.800	1.700	5.900	6.700
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr.	KMNO <sub>4</sub>	mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	5, oben	5, oben	5, oben	5, oben
Entnahmedatum:	23.11.93	13.04.94	20.07.94	28.09.94

Parameter Symbol Einheit:

Wasserstoffionenkonz.	pH		7.87	7.90	7.81	7.93
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l	3.20	2.10	1.50	4.50
Redoxpotential	Eh	mV		481.00	434.00	410.00
Wassertemperatur	T	°C	6.20	9.90	24.40	17.80
Lufttemperatur	T	°C				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	778.00	706.00	809.00	774.00
Abdampfdruckstand		mg/l				
Kalium	K <sup>+</sup>	mg/l	5.70	5.10	7.90	6.90
Natrium	Na <sup>+</sup>	mg/l	43.00	31.00	46.00	46.00
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.09	0.03	< 0.02	0.05
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	101.00	101.00	105.00	103.00
Magnesium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	( 11.04)	( 9.47)	( 7.91)	( 7.82)
Eisen	Fe <sup>++</sup>	mg/l	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15
Mangan	Mn <sup>++</sup>	mg/l	0.27	0.14	0.20	0.11
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mg/l	74.00	51.00	92.70	83.40
Nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l				
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3.70	24.30	19.90	14.30
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	mg/l	55.90	48.50	58.30	53.80
Sulfid	S <sup>--</sup>	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	283.04	259.25	251.93	256.81
Phosphat(gesamt)	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	mg/l	0.20	0.18	0.23	0.17
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	4.64	4.25	4.13	4.21
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	16.66	16.30	16.50	16.20
Karbonathärte	KH	odH	12.99	11.90	11.60	11.80
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	3.67	4.40	4.90	4.40
freie Kohlensäure	CO <sub>2</sub>	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO <sub>2</sub>	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	0.060
Blei	Pb	µg/l	1.400	< 1.000	2.400	1.700
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	29.00	9.40	9.20	8.80
Kupfer	Cu	µg/l	38.000	3.600	20.000	12.000
Nickel	Ni	µg/l	9.400	4.300	11.000	3.000
Quecksilber	Hg	µg/l	< 0.100	0.090	0.110	0.050
Arsen	As	µg/l	2.000	1.600	1.300	1.100
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr.	KMNO <sub>4</sub>	mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

Entnahmeort:	5,mitte	5,mitte	5,mitte	5,mitte		
Entnahmedatum:	23.11.93	13.04.94	20.07.94	28.09.94		
<hr/>						
Parameter	Symbol	Einheit:				
Wasserstoffionenkonz.	pH	7.99	8.09	7.69	7.89	
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l	2.10	3.00	1.20	5.40
Redoxpotential	Eh	mV		479.00		400.00
Wassertemperatur	T	°C	6.60	9.90	24.30	17.90
Lufttemperatur	T	°C				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	776.00	681.00	801.00	805.00
Abdampfdruckstand		mg/l				
Kalium	K <sup>+</sup>	mg/l	6.40	5.40	8.00	6.70
Natrium	Na <sup>+</sup>	mg/l	43.00	36.00	47.00	46.00
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.10	< 0.02	0.03	0.07
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	98.60	92.60	103.00	109.00
Magnesium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	( 11.02)	( 10.40)	( 8.26)	( 7.66)
Eisen	Fe <sup>++</sup>	mg/l	0.22	< 0.15	< 0.15	< 0.15
Mangan	Mn <sup>++</sup>	mg/l	< 0.10	0.13	0.20	0.17
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mg/l	74.00	49.00	92.50	91.00
Nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l				
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	< 1.00	10.40	15.90	1.30
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	mg/l	54.70	53.00	59.30	50.00
Sulfid	S <sup>--</sup>	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	283.04	258.64	252.54	284.26
Phosphat(gesamt)	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	mg/l	0.37	< 0.15	< 0.15	< 0.15
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	4.64	4.24	4.14	4.66
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	16.32	15.34	16.30	17.00
Karbonathärte	KH	odH	12.99	11.87	11.60	13.00
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	3.33	3.47	4.70	4.00
freie Kohlensäure	CO <sub>2</sub>	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO <sub>2</sub>	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	< 0.050
Blei	Pb	µg/l	1.100	1.300	4.000	3.400
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	103.00	8.80	11.00	6.20
Kupfer	Cu	µg/l	9.800	3.300	23.000	7.600
Nickel	Ni	µg/l	3.900	2.300	10.000	2.600
Quecksilber	Hg	µg/l	n.a	0.090	0.100	< 0.040
Arsen	As	µg/l	3.400	1.100	1.300	1.800
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr. KMNO <sub>4</sub>		mg/l				

## Bundesanstalt für Gewässerkunde

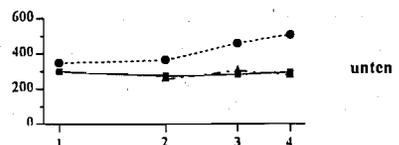
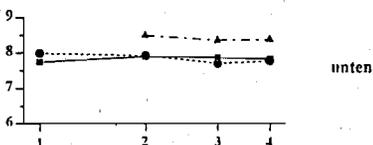
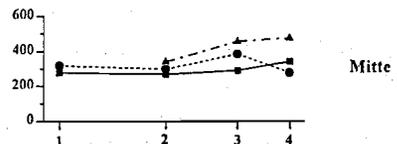
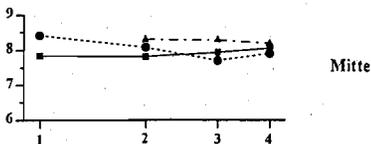
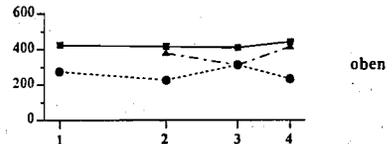
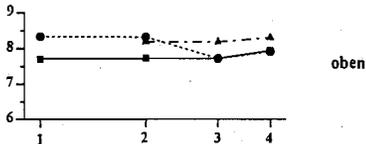
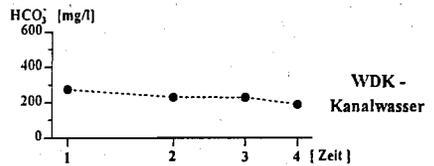
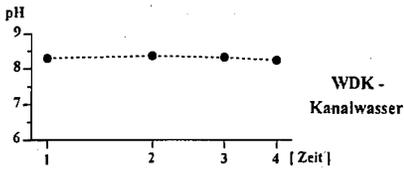
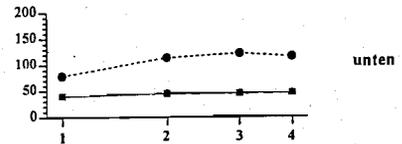
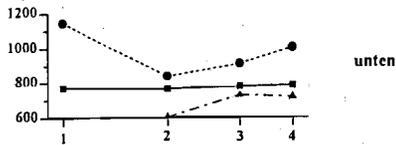
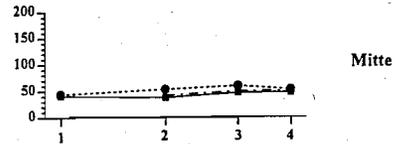
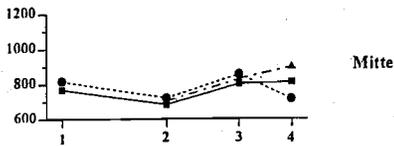
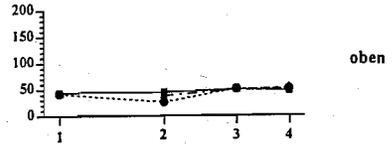
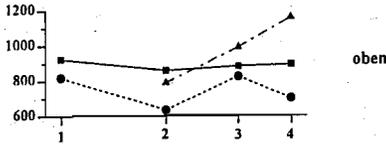
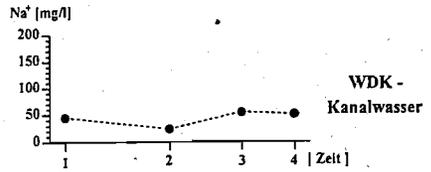
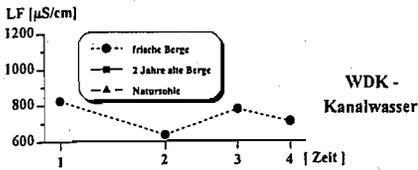
Entnahmeort:	5, unten	5, unten	5, unten	5, unten
Entnahmedatum:	23.11.93	13.04.94	20.07.94	28.09.94

## Parameter Symbol Einheit:

Wasserstoffionenkonz.	pH		8.52	8.37	8.18	8.14
Sauerstoff	O2	mg/l	n.a.	4.80	2.40	4.10
Redoxpotential	Eh	mV		457.0	409.00	423.00
Wassertemperatur	T	°C	n.a.	7.30	29.00	18.10
Lufttemperatur	T	°C				
Leitfähigkeit	LF	µS/cm	756.00	673.00	760.00	812.00
Abdampfdruckstand		mg/l				
Kalium	K+	mg/l	6.90	5.70	7.80	7.30
Natrium	Na+	mg/l	47.00	38.00	46.00	46.00
Ammonium	NH4+	mg/l	0.60	0.10	0.17	0.11
Calcium	Ca++	mg/l	71.10	76.20	98.00	109.00
Magnesium	Mg++	mg/l	( 18.72)	( 18.45)	( 9.12)	( 8.52)
Eisen	Fe++	mg/l	0.90	< 0.15	< 0.15	< 0.15
Mangan	Mn++	mg/l	2.00	0.54	0.70	0.64
Chlorid	Cl-	mg/l	84.00	50.00	84.60	93.50
Nitrit	NO2-	mg/l				
Nitrat	NO3-	mg/l	2.10	< 1.00	< 1.00	< 1.00
Sulfat	SO4--	mg/l	30.00	57.60	59.30	45.30
Sulfid	S--	mg/l				
Hydrogenkarbonat	HCO3-	mg/l	295.85	268.40	261.08	286.09
Phosphat(gesamt)	PO4---	mg/l	0.40	< 0.15	0.34	< 0.15
Gesamtphosphor	P	mg/l				
Borat	BO3---	mg/l				
Säurekap. pH 4.3	m-Wert	mval/l	4.85	4.40	4.28	4.69
Säurekap. pH 8.2	p-Wert	mval/l				
Basenkap. pH 8.2		mval/l				
Gesamthärte	GH	odH	14.25	14.90	15.80	17.20
Karbonathärte	KH	odH	13.58	12.32	12.00	13.10
Nichtkarbonathärte	NKH	odH	0.67	2.58	3.80	4.10
freie Kohlensäure	CO2	mg/l				
kalkaggressive Kohl.	CO2	mg/l				
Cadmium	Cd	µg/l	< 0.200	< 0.050	< 0.050	< 0.050
Blei	Pb	µg/l	8.000	< 1.000	< 1.000	1.700
Chrom	Cr	µg/l	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Zink	Zn	µg/l	115.00	15.00	18.00	26.00
Kupfer	Cu	µg/l	197.00	50.000	31.000	6.800
Nickel	Ni	µg/l	24.000	2.400	19.000	5.300
Quecksilber	Hg	µg/l	n.a.	0.140	0.100	0.100
Arsen	As	µg/l	n.a.	2.000	3.800	2.500
Chemischer Sauerst.b.CSB		mg/l				
Kaliumperm.verbr.	KMNO4	mg/l				

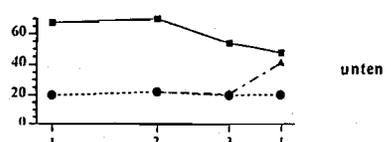
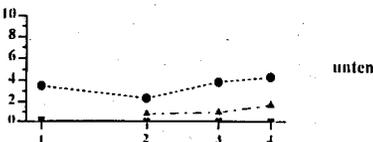
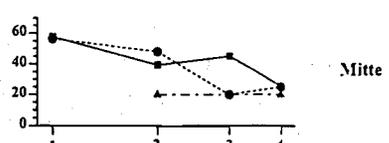
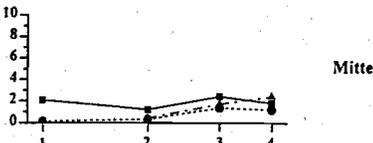
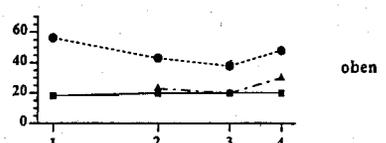
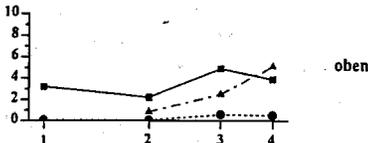
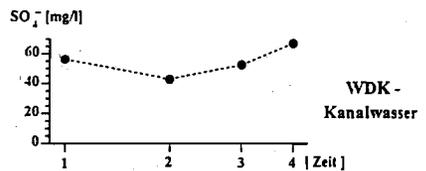
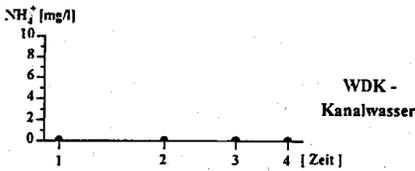
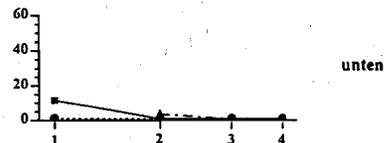
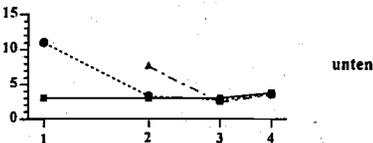
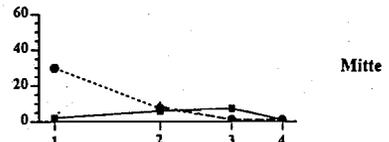
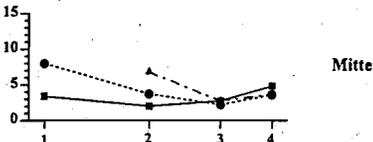
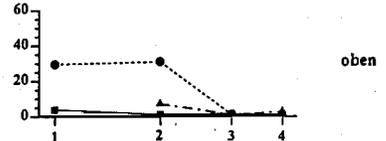
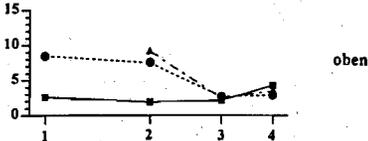
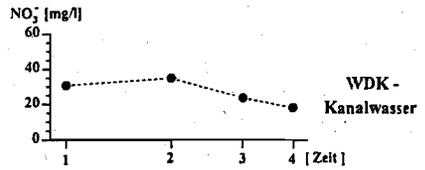
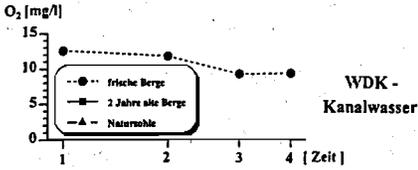
# WDK - Meßstellen (Edelstahl)

Abb. A 4.3-1



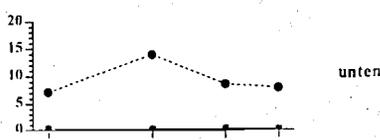
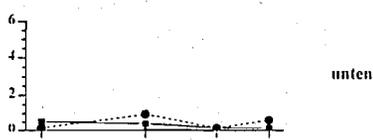
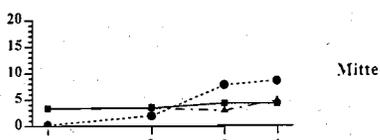
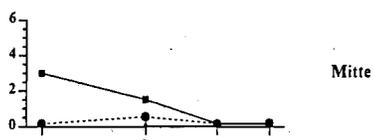
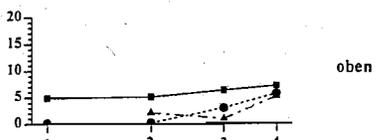
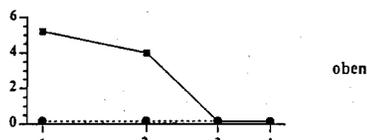
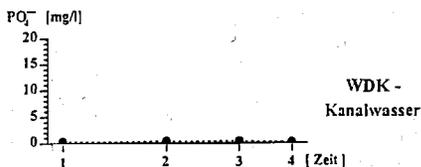
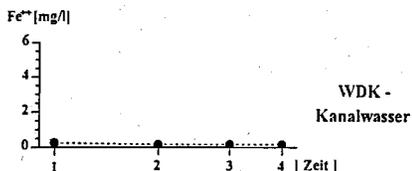
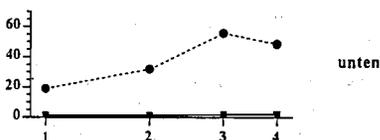
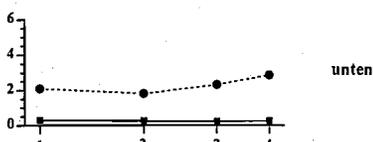
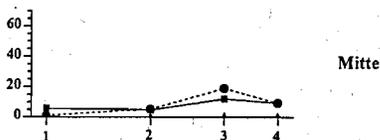
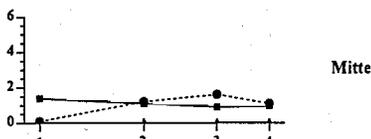
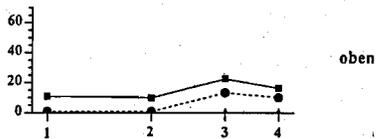
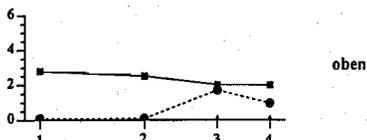
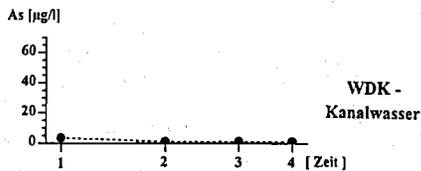
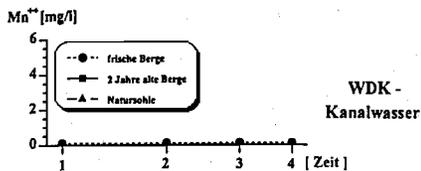
# WDK - Meßstellen (Edelstahl)

Abb. A 4.3-2

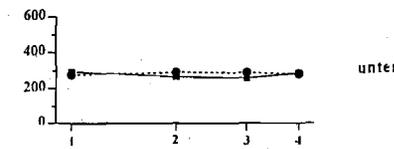
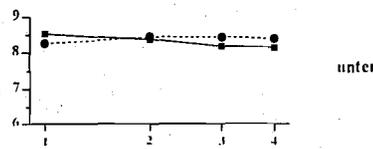
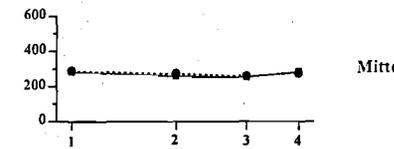
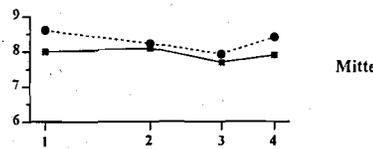
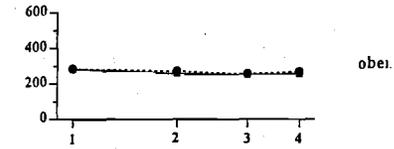
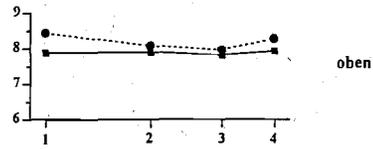
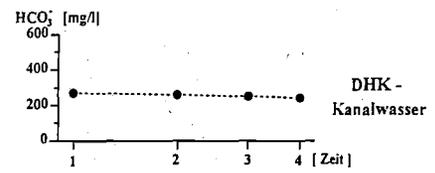
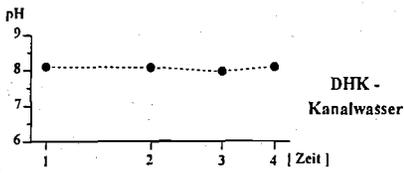
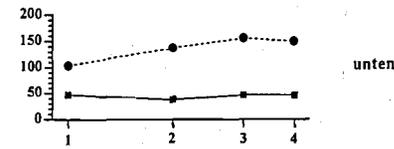
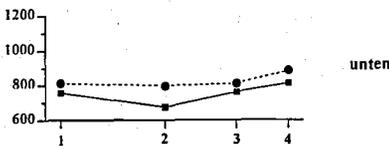
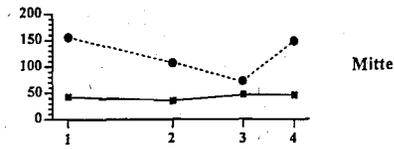
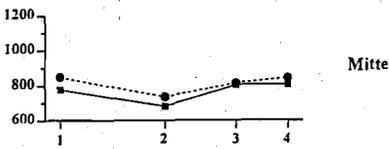
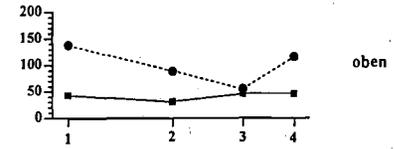
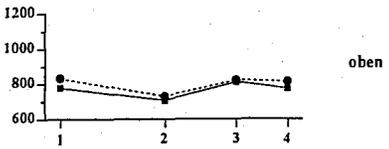
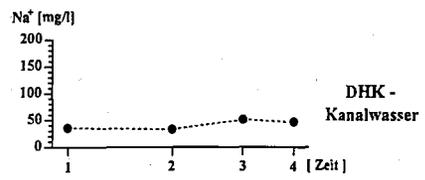
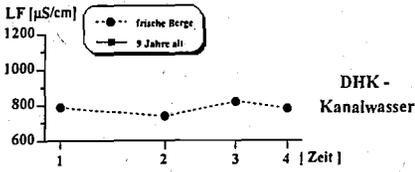


# WDK - Meßstellen (Edelstahl)

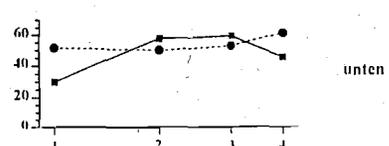
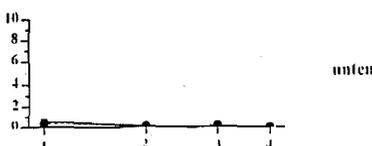
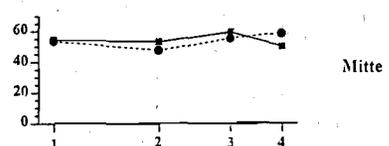
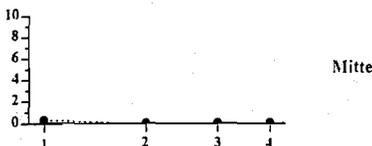
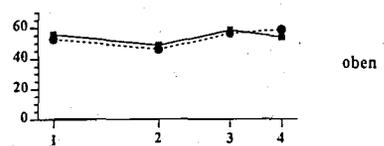
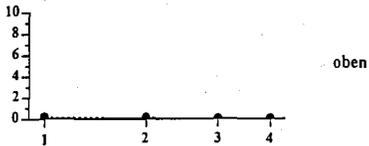
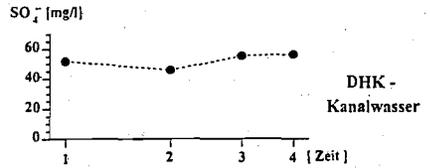
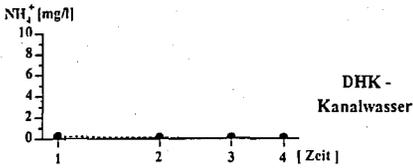
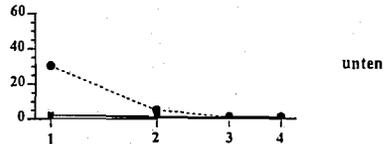
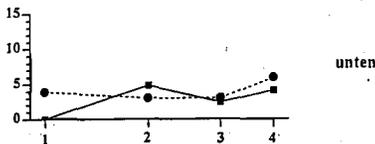
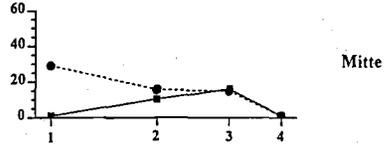
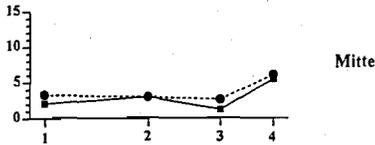
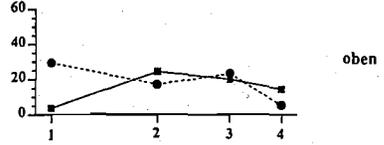
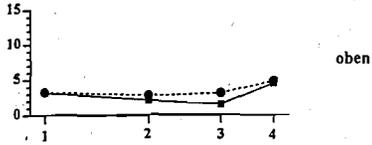
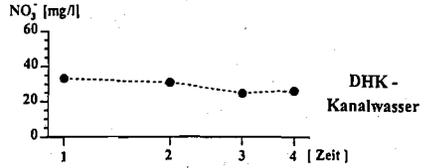
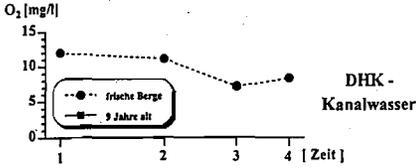
Abb. A 4.3-3



# DHK - Meßstellen (Edelstahl) Abb. A 4.3-4

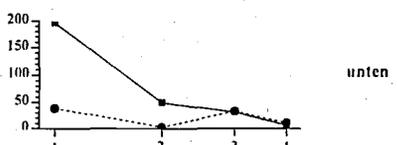
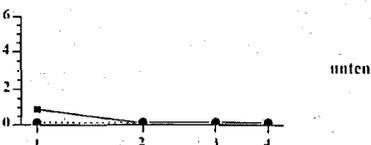
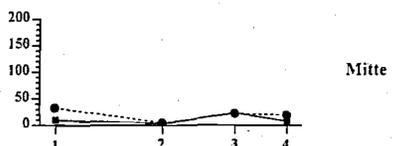
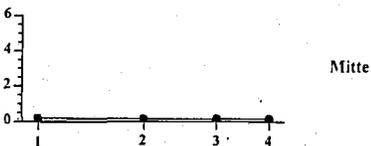
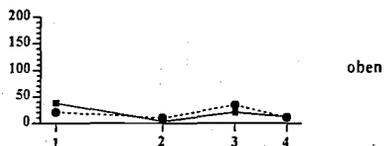
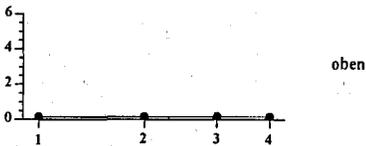
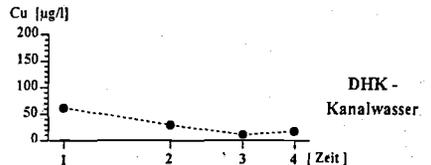
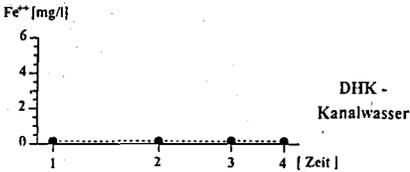
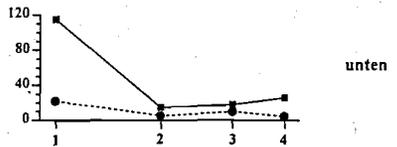
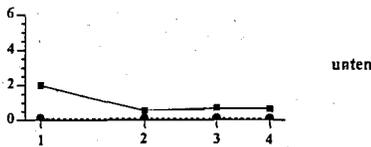
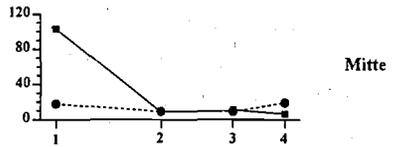
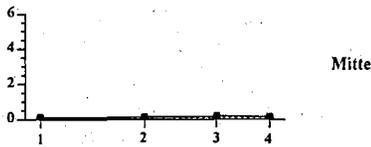
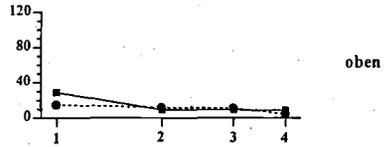
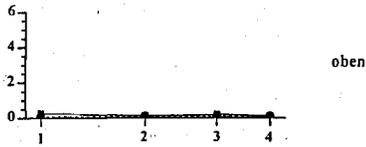
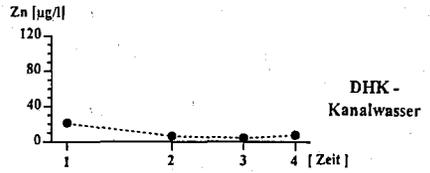
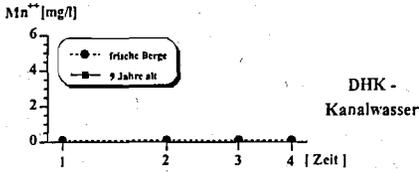


# DHK - Meßstellen (Edelstahl) Abb. A 4.3-5



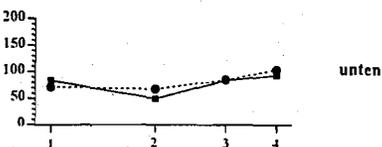
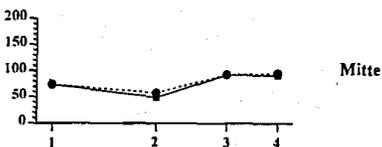
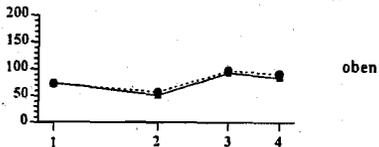
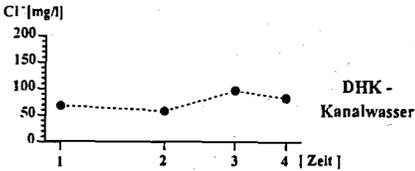
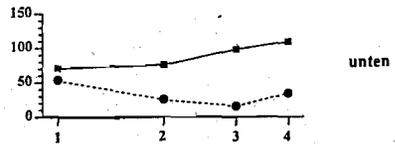
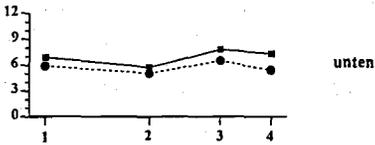
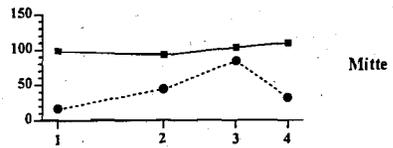
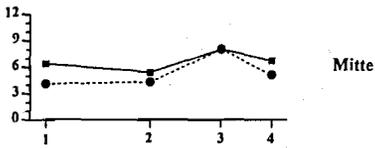
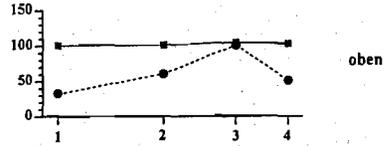
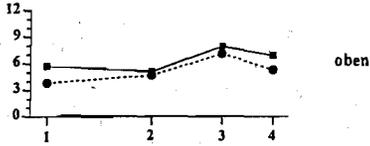
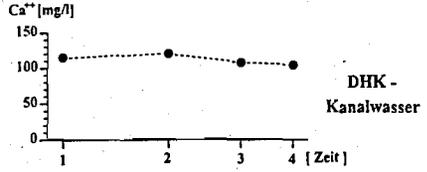
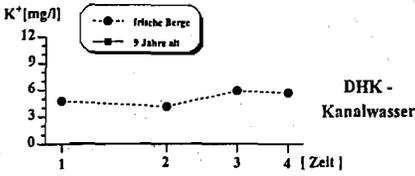
# DHK - Meßstellen (Edelstahl)

Abb. A 4.3-6

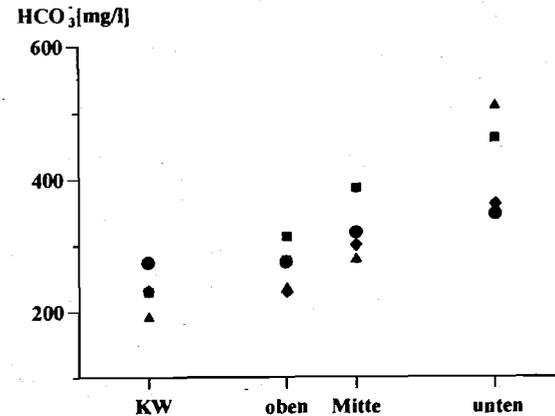
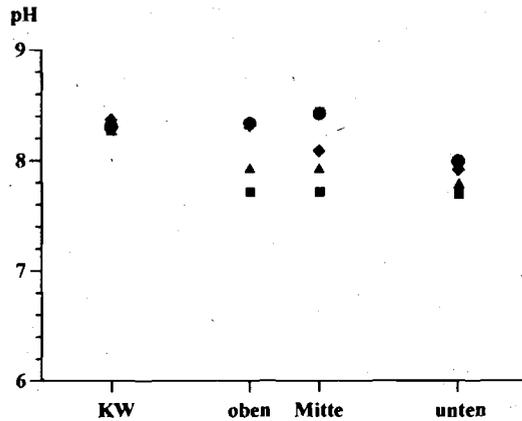
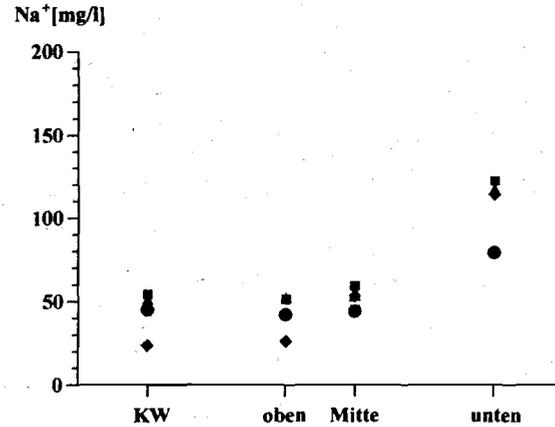
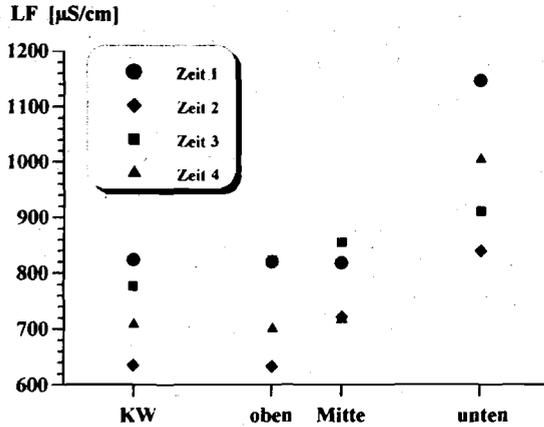


# DHK - Messstellen (Edelstahl)

Abb. A 4.3-7



## WDK - Meßstelle 1a (Edelstahl)



# WDK - Meßstelle 1a (Edelstahl)

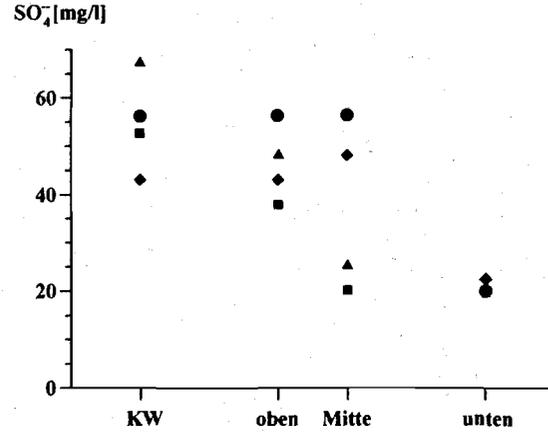
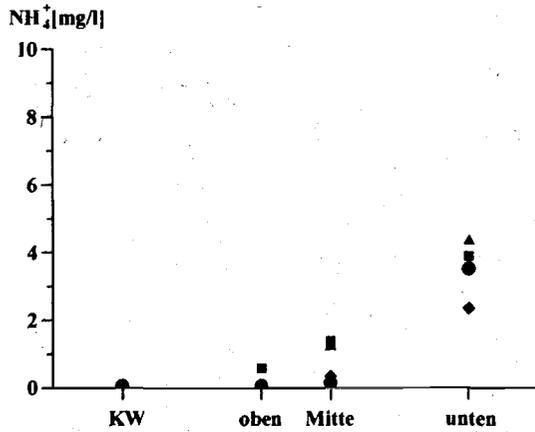
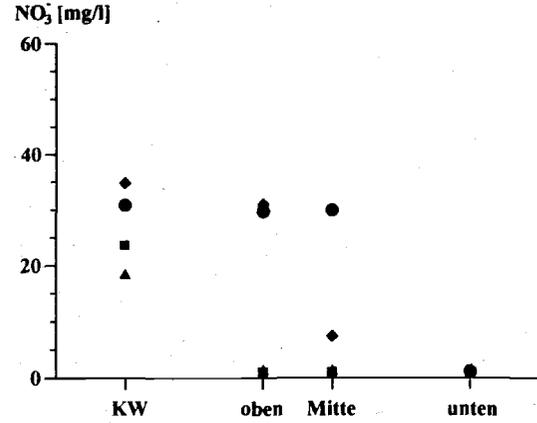
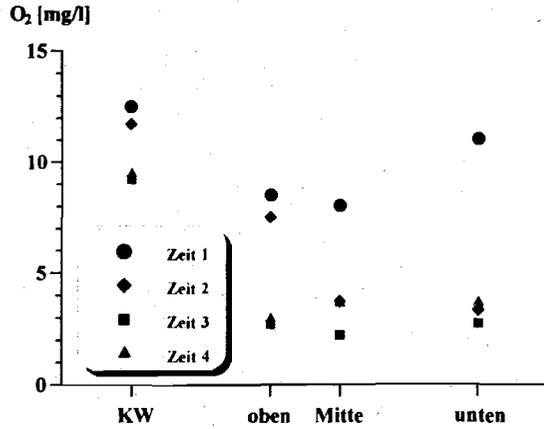
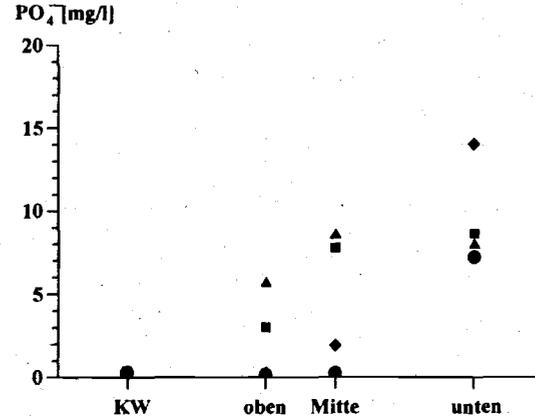
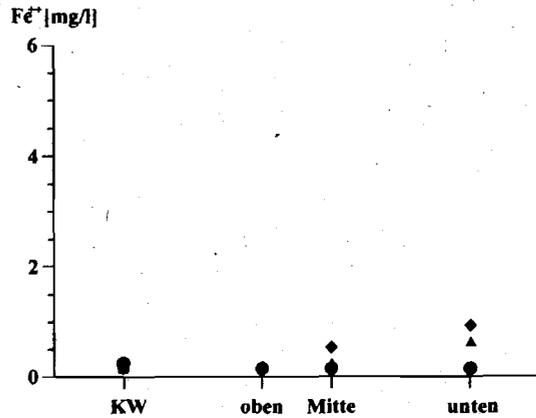
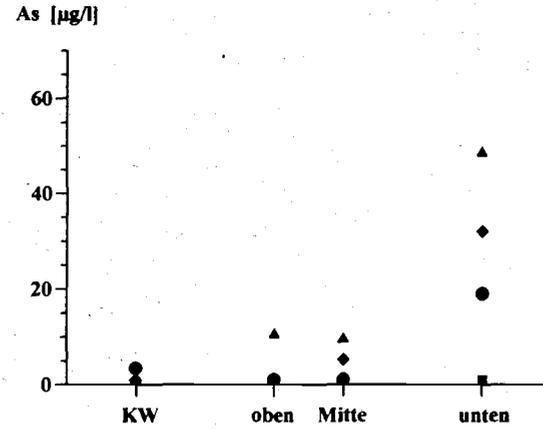
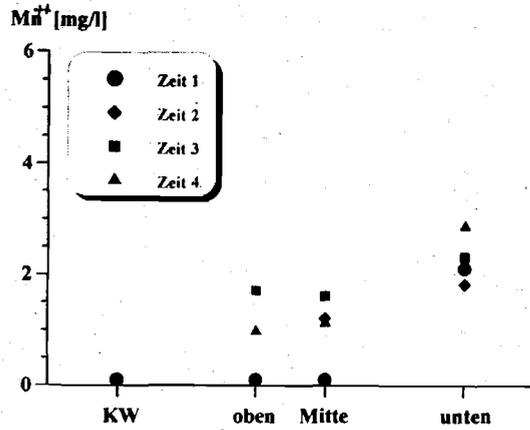
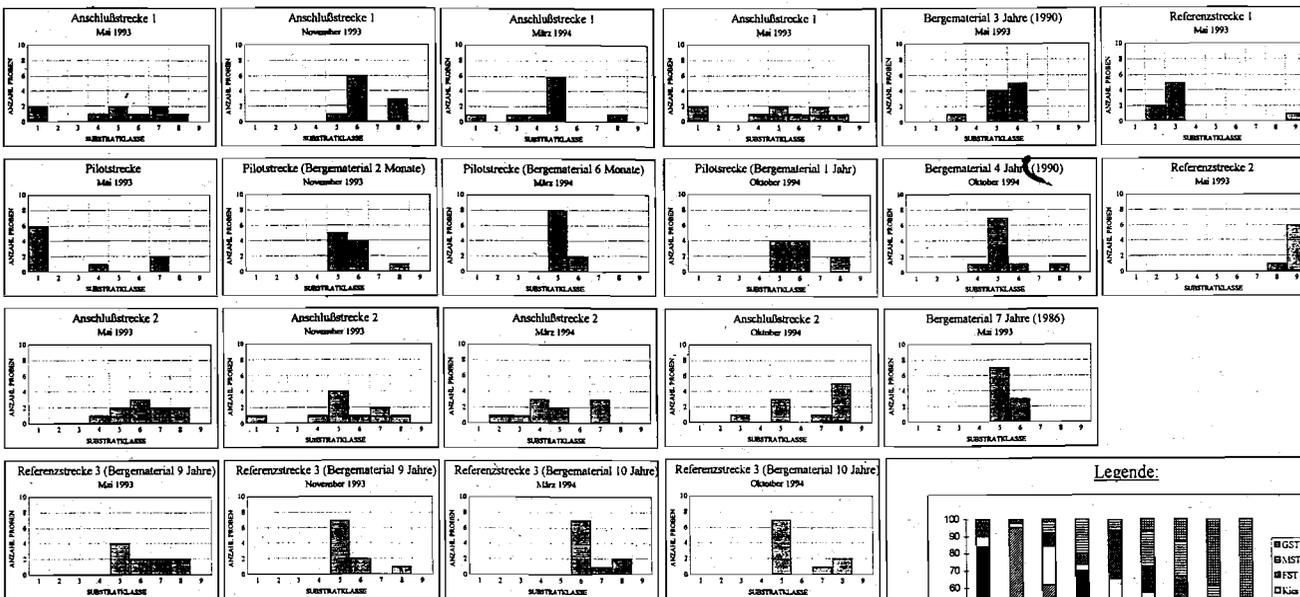


Abb. A 4.5-9

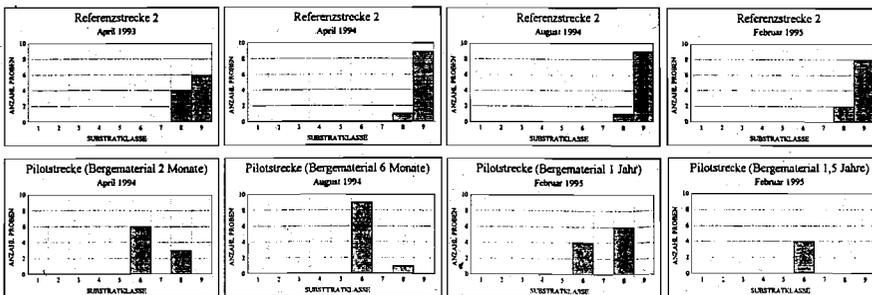
# WDK - Meßstelle 1a (Edelstahl)



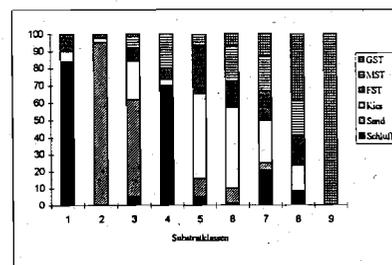
## Datteln-Hamm-Kanal



## Wesel-Datteln-Kanal



### Legende:



#### Substratklassen:

- 1 Vorwiegend Schluff mit geringen Anteilen Kies und Feinstein
- 2 Vorwiegend Sand mit geringen Anteilen Kies und Feinstein
- 3 Vorwiegend Sand mit geringen Anteilen Kies, Feinstein und Mittelstein
- 4 Vorwiegend Schluff mit geringen Anteilen Kies, Feinstein und Mittelstein
- 5 Vorwiegend Kies und Feinstein mit geringen Anteilen Mittelstein, Sand und Schluff
- 6 Vorwiegend Kies und Feinstein mit geringen Anteilen Mittelstein, Grobstein und Sand
- 7 Heterogenes Substrat mit nahezu allen Korngrößen zu gleichen Teilen
- 8 Vorwiegend Grob- und Mittelstein mit geringen Anteilen feinkörniger Substrate
- 9 Ausschließlich Grobstein

**Seit 1. April 1994 sind bisher folgende „Materialien“ des Landesumweltamtes NRW erschienen:**

- |    |   |          |
|----|---|----------|
| 1  | Der Dynamische Daphnientest<br>– Erfahrungen und praktische Hinweise –<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 44 S.  | 15,00 DM |
| 2  | Umsetzung der TA-Siedlungsabfall bei Deponien<br>2. Abfallwirtschaftliches Fachgespräch<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 99 S.                                       | 15,00 DM |
| 3  | Verwertung von Elektro- und Elektronikgeräten<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 153 S.  | 20,00 DM |
| 4  | Einsatz alternativer Baustoffe in Abdichtungssystemen<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 91 S.   | 15,00 DM |
| 5  | Einwicklung im Bereich der Sonderabfallentsorgung<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 39 S.   | 15,00 DM |
| 6  | Ökologische Auswirkungen von Fischteichen auf Fließgewässer<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 208 S.  | 25,00 DM |
| 7  | Ökologische Effizienz von Renaturierungsmaßnahmen an Fließgewässern<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 462 S.  | 28,00 DM |
| 8  | Vermeidung von Bunkerbränden in Abfallverbrennungsanlagen mit Hilfe<br>der Infrarot-Thermographie<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 53 S.                             | 15,00 DM |
| 9  | Prozeßleittechnik in Anlagen der chemischen Industrie –<br>Anlagenschutz und sicherheitsrelevante Komponenten<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 119 S.                | 20,00 DM |
| 10 | Sicherheitstechnische Hinweise und Anforderungen an Abschott- und<br>Entlastungssysteme aus der Sicht der Störfall-Verordnung<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 40 S. | 15,00 DM |
| 11 | Literaturstudien zum PCDD/F-Transfer vom Boden in die Nahrungskette<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 149 S.  | 25,00 DM |
| 12 | Die verlust- und kontaminationsfreie Probenahme und -vorbereitung<br>von Wässern und Feststoffen<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 203 S.                             | 28,00 DM |
| 13 | Essener Verfahren zur Bewertung von Altlastenverdachtsflächen<br>– Erstbewertung und normierte Charakterisierung –<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 66 S.            | 15,00 DM |
| 14 | Optimierung der thermischen Behandlung organischer chlorhaltiger<br>Problemabfälle<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 132 S.   | 25,00 DM |
| 15 | Entsorgungsbericht 1993 über Sonder- und Massenabfälle in NRW<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 75 S.   | 20,00 DM |
| 16 | Begleitende meßtechnische Erfolgskontrolle bei der Sanierung<br>einer Textilreinigungsanlage<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 60 S.                                  | 15,00 DM |

---

**Vertrieb: Landesumweltamt NRW • Postfach 102 363 • 45023 Essen**

---

- 17 Ausgewählte Untersuchungsergebnisse der halbertechnischen Versuchskläranlage  
– Untersuchungen zur Stickstoffelimination –  
– Praxiserprobung von Online-Meßtechnik –  
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 110 S. 20,00 DM
- 18 Vergleich verschiedener europäischer Untersuchungs- und Bewertungsmethoden für Fließgewässer  
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 140 S. 25,00 DM
- 19 Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer vor gefährlichen Stoffen  
– Ergebnisse der Erprobung in NRW –  
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 150 S. 25,00 DM
- 20 Information und Dokumentation bei Deponien  
4. Abfallwirtschaftliches Fachgespräch, 26. Oktober 1994  
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 98 S. 20,00 DM
- 21 Ausbreitungsuntersuchungen von Gerüchen anhand einer Modellquelle  
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 57 S. 15,00 DM
- 22 Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs  
– Prognose und Schutzmaßnahmen –  
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 658 S. 40,00 DM
- 23 Naturraumspezifische Leitbilder für kleine und mittelgroße Fließgewässer in der freien Landschaft  
Eine vorläufige Zusammenstellung von Referenzbach- und Leitbildbeschreibungen für die Durchführung von Gewässerstrukturgütekartierungen in Nordrhein-Westfalen  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 127 S. 25,00 DM
- 24 Siedlungsabfalldeponien – Oberflächenabdichtung und Sickerwasser  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 162 S. 25,00 DM
- 25 Thermodynamische Analyse der Verfahren zur thermischen Müllentsorgung  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 121 S. 25,00 DM
- 26 Normierung und Konventionen in der Abfallanalytik – Aufgaben und Ziele  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 188 S. 28,00 DM
- 27 Entsorgungsbericht 1994 über Sonder- und Massenabfälle in Nordrhein-Westfalen  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 92 S. 20,00 DM
- 28 Umweltüberwachung im Spannungsfeld; integral/medial – privat/staatlich  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 289 S. 30,00 DM
- 29 Bauabfallentsorgung – von der Deponierung zur Verwertung und Vermarktung  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 181 S. 28,00 DM
- 30 Ergebnisse von Dioxin-Emissionsmessungen an Industrieanlagen in NRW  
– Dioxinmeßprogramm Nordrhein-Westfalen –  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 114 S. 20,00 DM
- 31 Umsetzung der TA Siedlungsabfall bei Deponien in NRW  
Fortbildungsveranstaltung am 27./28. Juni 1995 im Bildungszentrum für die Entsorgungs- und Wasserwirtschaft GmbH (BEW) in Essen  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 189 S. 28,00 DM

- 32 Medienübergreifendes Arbeiten im technischen Umweltschutz  
Beiträge aus dem Fachgespräch anlässlich der Verabschiedung von  
Herrn Abteilungsdirektor Dr.-Ing. H.-O. Weber am 06. Juli 1995  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 78 S. 20,00 DM
- 33 Handbuch der Laborpraxis für Ver- und Entsorgerinnen/  
Ver- und Entsorger – 1. und 2. Ausbildungsjahr –  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 186 S. 30,00 DM
- 34 Explosionsschutz bei der Lagerung brennbarer Flüssigkeiten  
Entwicklungen und Erkenntnisse  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 54 S. 18,00 DM
- 35 Physikalisch-chemische und biologische Auswirkungen bei der Verwendung  
von Waschbergen in Schifffahrtskanälen  
Untersuchungsbericht des Arbeitskreises „Waschberge im Wasserbau“  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 154 S. 25,00 DM