

AZ 01481

varia GmbH

Gesellschaft zur Arbeitsförderung, Beschäftigung und Strukturentwicklung

Entwicklung und Erprobung des Seesaniierungsgerätes HSG-93 mit Druckerhöhungsstation

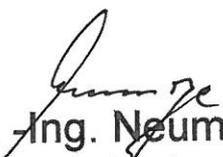
in Zusammenarbeit
Varia - Ing.-Büro Spree - Nafu

Heinersdorf, Februar 1996

Fielauf
Dr. Chr. Fielauf
Geschäftsführerin

Ergebnisbericht zur Erprobung des Seesaniierungsgerätes HSG-93

Bearbeiter:


Dr.-Ing. Neumöge
Beratender Ingenieur


Dipl.-Ing. Radke
Varia GmbH

Der Bericht umfaßt 20 Seiten und 7 Anlagen

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

1. Ergebnisbericht der Erprobung des Seesaniierungsgerätes HSG - 93
20 Seiten
7 Anlagen

2. Bericht über sanierungsbegleitende Untersuchungen des Oberflächenwassers im Rahmen des Vorhabens "Entschlammung des kleinen Heinersdorfer Sees"
14 Seiten
1 Anlage

3. Bilddokumentation für Erprobung des HSG - 93
6 Seiten

4. Prospekt "Ökologisch verträgliche Entschlammung von Gewässern"
1 Exemplar

A Textteil

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
A. TEXTTEIL	
1. Ausgangsbedingungen	1
2. Beobachtungs- und Beprobungsprogramm	1
2.1. Beobachtungsprogramm	
2.2. Beprobungsprogramm	2
2.3. Effektivitätskriterien	3
3. Ergebnisse der Beprobung	4
3.1. Vorbemerkungen	4
3.2. Schlammaufnahme und -beförderung	4
3.3. Beurteilung der Zusammensetzung des Förderstromes	6
3.4. Erweiterung des Einsatzbereiches	8
3.5. Ausfallzeiten	9
3.6. Energiebedarf und Förderkosten	12
3.7. Preisvorschlag	13
3.8. Umweltbeeinflußung	14
4. Bewertung und Einschätzung	17
4.1. Allgemeines	17
4.2. Sanierungsgerät HSG - 93	18
4.3. Druckerhöhungsstation	19
4.4. Schlußfolgerungen	20

1. Ausgangsbedingungen

Im Ergebnis der Entwicklung und Erprobung des Teichentschlammungsgerätes TEGF-2 (1988-1989) waren günstige Voraussetzungen gegeben, um dieses Gerät durch Erweiterungen von Anlagenteilen für die Entschlammung von Seen einzusetzen.

Hierdurch sollte eine Alternativlösung zu der bestehenden Bagger- und Spültechnik für Seegrößen bis zu 8 ha Wasseroberfläche und Entnahmetiefen von max. 6 m bei gleichzeitiger Reduzierung der

- Eingriffe in Fauna und Flora sowie der

- Selbstkosten

gefunden werden.

Die notwendigen Ergänzungen des Gerätes erfolgten in den Jahren 1992 bis 1994 und wurden mindestens ein Jahr auf dem "Kleinen Heinersdorfer See" einer Kontrolle bzw. Prüfung unterzogen.

2. Beobachtungs- und Beprobungsprogramm

2.1. Beobachtungsprogramm

Das Beobachtungsprogramm umfaßt alle Neuentwicklungen, die im Bereich

- Schlammaufnahme und -förderung,

- Tiefensteuerung der Schlammaufnahme sowie im

- Schlammtransport

liegen und wird ergänzt durch sanierungsbegleitende Untersuchungen der Firma NAFU Brandenburg, die die Wassergüte und deren Veränderung beinhaltet.

Für die Neuentwicklungen sind die Beobachtungen immer über Zeiträume geführt, die eine Einsatzperiode (März/April bis Oktober/November) umfassen.

Grundlage des Programms sind Aussagen zu erreichen, die die Einsatzgrenzen sowie die Wirtschaftlichkeit des Seesanierungsgerätes festlegen und von der Grundlage der Spülfeldtechnik ausgehen.

Gegenüber den Empfehlungen zur Durchführung von großtechnischen Versuchen vom 20.08.92 sind somit Erweiterungen erfolgt, die die Entwicklung der schwimmenden Druckleitung und der Druckerhöhungsstation bedingen. Desweiteren wird im Rahmen einer Kalkulation eine Aussage zur Wirtschaftlichkeit dieses Gerätes erfolgen, um somit eine vergleichbare Größe zu der Bagger- und Spültechnik zu erreichen.

2.2. Beprobungsprogramm

Das Beprobungsprogramm wurde auf der Grundlage der bereits genannten Empfehlungen für die einzelnen Bereiche wie folgt festgelegt:

a) Schlammernahme und -förderung

In diesem Teilkomplex erfolgten wesentliche Erweiterungen der technischen Ausrüstungen und somit auch der Einsatzbereiche. Neben der Entwicklung eines neuen Saugschuhs, der eine beidseitige Aufnahme, bei Erhöhung des Schlammanteils, sichert, erfolgte eine Vergrößerung der Förderleistung. Gleichzeitig waren Veränderungen der Nennweiten im Bereich des Schwimmsteiges und der Verbindung der Förderleitung zur Arbeitsplattform erforderlich.

Für die Beurteilung der Wirksamkeit dieses Teilkomplexes wurden folgende komplexe Beobachtungsparameter ausgewählt:

- Ermittlung der stündlichen Förderleistungen der Abwassertauchpumpen bei gleicher Förderlänge der Druckrohrleitung,
- Entnahme von Proben des Wasserschlammgemisches am Spülfeldeinlauf im 2-stündigen Zyklus,
- Ermittlung des Anteils an absetzbaren Stoffen einer Probe mittels Hohlzylinders von 250 ml nach 1 Stunde und 24 Stunden Absetzzeit,
- Ermittlung der Trockensubstanz im Förderstrom,
- Aufzeichnung der Ausfallzeiten,
- Ermittlung des täglichen Energieverbrauchs.

b) Tiefensteuerung der Schlammaufnahme

Die grundsätzliche Veränderung der Tiefensteuerung des Saugschuhs von Handhydraulik auf eine hydraulische Anlage mit Elektroantrieb für vier gleichzeitig wirkende Steuerzylinder erforderte den Aufbau einer elektronischen Programmsteuerung.

Um die Wirkung dieser komplexen Lösung einschätzen zu können, wurden als Beurteilungskriterien die

- Erfassung der Ausfallzeiten und die
- Feststellung der Fehlerquelle und Ursachen festgelegt.

c) Schlammtransport

Zur Vergrößerung des Arbeitsbereiches des Sanierungsgerätes, d.h. Verlängerung der Distanz auf = 600 m zwischen Schlamm-aufnahme und dem Spülfeld wurden Ergänzungen der technischen Ausrüstungen erforderlich.

Im einzelnen sind das:

- Polpunkt im Bereich der Wasserfläche,
- schwimmende Rohrleitung mit Versorgungsleitung,
- Bau der schwimmenden Druckerhöhungsstation unter Nutzung eines Güllefaßes mit 10 m³ Inhalt.

Die Kontrolle der Wirksamkeit dieser Komplettierung des Gerätes erfolgt auf der Grundlage der

- konstruktiven Berechnungen,
- Aufzeichnungen von Ausfallzeiten im Betriebstagebuch,
- Erfassung des zusätzlichen Stromverbrauchs für die Druckerhöhungsstation.

2.3. Effektivitätskriterien

Die Beurteilung des Gerätes in diesem Bereich wird auf der Grundlage von

- Aufzeichnungen zum Versuchsbetrieb des Gerätes,
- Kalkulationen für den Einsatz im Ein- und Zweischichtbetrieb,
- Einschätzungen der Beeinflussung von Fauna und Flora vorgenommen.

Hierdurch wird erreicht, daß eine vergleichende Bewertung zur Bagger- und Spültechnik erfolgen kann, sowie die wirtschaftlichen Grenzen für den Einsatz im Bereich der Seeentschlammung für dieses Gerät aufgezeigt werden.

3. Ergebnisse der Erprobung

3.1. Vorbemerkungen

Wie aus dem Punkt 2 ersichtlich, erfolgte zur Beurteilung der erzielten Ergebnisse die Sammlung eines umfangreichen Datenmaterials. Die Einzeldarstellung dieser Werte würde in Folge der Vielzahl zu keiner Übersicht führen, so daß bei der Wertedemonstration auf die

- grafische Wahrscheinlichkeitsbetrachtung,
- Darstellung im Bereich der größten Häufigkeit (ohne Ausreißer)

zurückgegriffen wurde.

Die hieraus resultierenden Übersichten garantieren, daß unter Nutzung der Streuung der Arbeitsbreiten des Gerätes realistisch eingeschätzt werden können.

Diese Ergebnisse haben sich durch die mehrjährigen Beobachtungen (1993 bis 1995) bestätigt und können als gefestigte Kenngrößen des Gerätes interpretiert werden.

3.2. Schlammaufnahme und -beförderung

Die Anlagenteile, die die Effektivität dieses Bereiches der hydrodynamischen Aufnahme ohne Vorlockerung des Schlammes und Beeinflussung der Umwelt bestimmen, sind die

- optimale Gestaltung des Saugschuhs,
- effektive Wahl der Abwassertauchpumpe.

Der Geräteeinsatz im Jahre 1992 erfolgte mit einem einseitigen Saugschuh, bei dem auf der Grundlage von Voruntersuchungen, die Geschwindigkeiten in der Aufnahme des Fördergutes bei $0,8 \text{ m/s} \leq V \leq 1,2 \text{ m/s}$ lagen. Diese Geschwindigkeit bestätigt sich bei der Erprobung, da beim Vorlauf - Saugschuhöffnung gegen den Schlamm - während einer Überfahrt Schlammnahmen von 3 bis 5 cm Mächtigkeit bei einer Aufnahmebreite von ca. 1,0 m erfolgten.

Der Rücklauf erbrachte jedoch eine äußerst geringe Schlammaufnahme, so daß für das Gerät in der Winterperiode 1992/93 ein neuer beidseitig geöffneter Saugschuh entwickelt und gebaut wurde, der die Effektivität wesentlich verbesserte.

Aus der Anlage 3 lassen sich die erzielten Ergebnisse, die zu einer Erhöhung der Schlammaufnahme von 60 % bis über 200 % führten, erkennen. Es konnte somit die Trockensubstanz im Förderstrom im Mittel auf das 1,9-fache gesteigert werden.

Diese Verbesserung hat sich auch in den Folgejahren bis 1995 bestätigt.

Weiterhin wurde nachgewiesen (siehe Anlage 4), daß die Arbeitsgeschwindigkeiten im Halbkreisverfahren durch den neuen Saugschuh nicht reduziert wurden. Sie betragen im Überwiegenden Arbeitsbereich ($1,0 \text{ m} \leq T \leq 3,0 \text{ m}$) $10,0 \text{ m/min}$ bis $20,0 \text{ m/min}$ und entsprechen somit der geplanten Leistung.

Für die Schlammförderung erfolgte der Einsatz der Abwassertauchpumpen des Typs "ABS". Aus der Erfahrung die im Bereich der Abwasser- und Abwasserschlammförderung mit diesen Pumpen gesammelt wurden, haben sie ein gutes Förderleistungsverhältnis (Wirkungsgrad) und eine geringe Havarieanfälligkeit. Bedingt durch das gute Durchlaßverhältnis bis zu einem Durchmesser von 100 mm , war sogar bei der Förderung von abgestorbenem Wurzelwerk (Schilf/Röhricht) eine Verstopfung der Pumpe kaum zu verzeichnen. Entsprechend der Anlage 1 erfolgte die Auswahl des Pumpentyps, der bei Ansatz der Förderung des Schlamm-Wassergemischs als Newton'sche Flüssigkeit bei einer Druckrohrleitung von $\text{DN } 125 \text{ mm}$ auf dem Schwimmsteg und bis zum Spülfeld einen Arbeitspunkt von $Q = 67 \text{ m}^3/\text{h}$ ergab.

Die angesetzten Mengenmessungen zeigen jedoch, daß dieser Arbeitspunkt selten erreicht wurde. Es muß davon ausgegangen werden, daß das Fördermedium sich wie eine Nichtnewton'sche Flüssigkeit verhält und in ihrem Fließverhalten sich der Gülle (Schweine- als auch Rindergülle) ähnelt.

Die erreichten Förderströme wurden deshalb im Spülfeld mit einem Thomson-Wehr (Meßwehr) kontrolliert. Aus diesen Aufzeichnungen (siehe Anlage 1) ist zu erkennen, daß die Förderleistung um ca. $10 \text{ m}^3/\text{h}$ niedriger, gegenüber dem theoretisch ermittelten Arbeitspunkt, lag.

Die gemessene mittlere Förderung liegt bei $Q_n = 57,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Vergleichende theoretische Betrachtungen mit Hilfe der Berechnungsmethodik für Güllerohrleitungen des Lehrstuhls Melioration der Universität Rostock bestätigen diese Feststellungen. Deshalb könnte bei erforderlichen theoretischen Untersuchungen zu Förderleistungen die vorangegangene Berechnungsmethode genutzt werden. Hierbei sollte von Schweinegülle mit einem TS-Gehalt von 4 bis 5 % ausgegangen werden.

3.3. Beurteilung der Zusammensetzung des Förderstromes

Die Beurteilung der Effektivität des entwickelten Gerätes HSG - 93 ist in Abhängigkeit von dem Anteil des entnommenen Seeschlammes zu sehen.

Die für diese Aussage ausgewählten Parameter sind

- Anteil an absetzbaren Stoffen (%),
- Trocksubstanzanteil (%)

im Förderstrom.

Aus technisch-technologischen Gründen (Energie, Umweltbelastung der Fauna) wurde auf eine Vorlockerung des anstehenden Faulschlammes, als auch ausgefaulten Schlammes verzichtet. Der anstehende Seeschlamm wird nach dem hydrodynamischen Prinzip direkt mit einem entsprechenden Anteil Seewasser aufgenommen und zu den Spülfeldern transportiert. Das entscheidende Kriterium liegt somit im Seeschlammanteil.

In der Anlage 2 sind die festgestellten Einzelwerte zusammenfassend im Wahrscheinlichkeitsnetz als absetzbare Stoffe dargestellt.

Grundlage für die Auswertung waren die Absetzversuche in einem Hohlzylinder nach 1 h, 8 h und 24 h.

Aus den Vergleichen war erkennbar, daß Unterschiede beim Absetzverhalten kaum existent sind. Man kann bei der Betrachtung davon ausgehen, daß das Imhoff-Prinzip der mechanischen Reinigung von Abwasser auch hier als Grundlage gewählt werden kann. Bei weiteren Untersuchungen sollte somit ein Ergebnis nur nach einer Absetzzeit von 1,5 h betrachtet werden. Die weitere Aussage, die sich ableiten läßt, liegt in dem annähernd eindeutigen Beweis, daß die absetzbaren Stoffe identisch mit der Schlammaufnahme im Gewässer sind.

Hieraus ergibt sich:

- die Schlammaufnahme liegt bei ca. 30 m³/h und
- die Arbeitsbreite, die sich bei einer Wahrscheinlichkeit von ca. 16 % ergibt, beträgt ca 20 m³/h und bei ca. 80 % ergibt, beträgt ca 40 m³/h.

Somit ist eine Schlammaufnahme in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte (Faulschlamm - ausgefaulter Seeschlamm) von $20 \text{ m}^3/\text{h} \leq Q_s \leq 40 \text{ m}^3/\text{h}$ zu erwarten.

Diese Werte werden auch durch vergleichende Betrachtungen mit der Arbeitsgeschwindigkeit und den Peilungen bestätigt.

Einzelergebnisse haben aber auch den Beweis geliefert, daß Schlammaufnahmen erfolgten, die bei ca. 50 m³/h lagen. Diese Ergebnisse wurden immer dann erreicht, wenn der Saugschuh sich im Übergangsbereich Seeschlamm - freier Wasserkörper befand.

Um vergleichbare Größen zu anderen Entschlammungsgeräten bzw. Medien zu erhalten, erfolgte über Laborversuche die Ermittlung der Trockensubstanz der Einzelproben. Gleichzeitig wurden über Glühverlustbestimmung die Anteile an organischer und mineralischer Substanz festgestellt.

Aus Anlage 3 ist erkennbar, daß das Gerät

- mit $4 \% \leq T_s \leq 6 \%$ einen guten Arbeitsbereich besitzt;
- ein Schlamm-Wassergemisch fördert, welches eine 2-fach dichtere Konsistenz als Abwasserschlämme hat;
- bei einer Konsistenz arbeitet, die einer eingedickten Gülle entspricht.

Die ermittelten Werte wurden über Glühverlustfeststellung hinsichtlich der mineralischen und organischen Bestandteile analysiert. Diese Aussagen bestätigen die Voruntersuchungen zum Seeuntergrund. Die anstehende Kalkmudde führte dazu, daß der mineralische Anteil im Förderstrom häufig über 50 % lag. Gleichzeitig war im Rahmen der Untersuchungen festzustellen, daß auch Sande und Kiese sowie Schotter von der Pumpe aufgenommen und zum Spülfeld gefördert wurden.

3.4. Erweiterung des Einsatzbereiches

Der Einsatz des Gerätes zu Beginn der Erprobung erfolgte grundsätzlich im ufernahen Bereich, d.h. daß die Polpunkte direkt im Uferbereich lagen. Unter diesen Bedingungen wurden die bereits erwähnten Ergebnisse erzielt.

Ausgangsbedingungen der bisherigen Ergebnisse sind:

- Entfernung zwischen der Aufnahme und Meßwehr (Arbeitsplattform - Spülfeld) beträgt ca. 200 m;
- Anordnung der Polpunkte direkt im Uferbereich.

Die hieraus resultierenden begrenzenden Kriterien für den Einsatz des Gerätes sind

- Gesamtbreite des Gewässers \leq 100 m;
- Seeoberflächengröße \leq 2 ha.

Entsprechend des geplanten Einsatzes des Gerätes sind Erweiterungen notwendig, die die Voraussetzungen schaffen, daß Einsatzkriterien wie:

- Seeoberfläche 8-10 ha;
- Seebreiten bis 400 m;
- Schlammmächtigkeiten unter Wasseroberfläche bis 6 m erreicht werden.

Die aus diesen Forderungen resultierende Weiterentwicklung mußte somit folgenden Schwerpunkten:

- Entwicklung eines stabilen Polpunktes im Bereich der freien Wasseroberfläche,
- Herstellung einer Verbindung vom Polpunkt zur Druckerhöhungsstation für die Förderung des Schlamm-Wassergemisches und der Stromführung für das Gerät,
- Bau einer schwimmenden Druckerhöhungsstation für die Aufnahme des Förderstromes von zwei Sanierungsgeräten bei gleichzeitiger Funktion als zentrale Einspeisungsstelle für die Elektroenergie,

entsprechen.

Die in der Winterperiode 1994/95 entwickelte Druckerhöhungsstation (DEST) sichert die bereits genannten Einsatzkriterien ab und konnte erfolgreich 1995 erprobt werden.

Die angestrebte Lösung, unter Nutzung eines Güllefaßes mit 10 m³ Rauminhalt, hat aufgrund der angeordneten Auftriebskörper während der Erprobung eine stabile Lage gezeigt.

Derzeitige Trägheiten der Schaltelelemente müßten jedoch ausgeschaltet werden.

Vom Grundsatz her ist die vorhandene Lösung reproduzierbar und schafft die Voraussetzungen zur Erweiterung des geforderten Einsatzbereiches des HSG - 93.

Bedingt durch die Entwicklung einer separaten Arbeitsplattform, die über einen Außenbordmotor manövrierfähig ist, sind die Voraussetzungen vorhanden um an jeden beliebigen Punkt im Gewässer einen stabilen Polpunkt (dreibeinig) herzustellen. Je nach Mächtigkeit der anstehenden Schlammschicht kann gerammt oder gespült werden. Die Verbindung zwischen dem Polpunkt im offenen Gewässer und der Druckerhöhungsstation wird über eine Tandemleitung hergestellt. Die Medienleitung (DN 100 mm Schlamm-Wassergemisch) befindet sich während der Betriebsphase im abgetauchten Zustand und wird von der zweiten Leitung (DN 100 mm), mit der eine direkte Verbindung besteht, im schwebenden Zustand gehalten.

Die Auftriebsleitung ist zusätzlich auch die Leitung, durch die die Gummischlauchleitung der Stromversorgung für das jeweilige Gerät geführt wird. Somit ist die Druckerhöhungsstation in der Stromversorgung für jeweils zwei Geräte die zentrale elektrische Schaltwarte.

3.5. Ausfallzeiten

Das Sanierungsgerät HSG - 93 wurde nach dem Umbau 1993 in Betrieb genommen.

Mit der Durchführung des großtechnischen Versuchs wurde sowohl die technische als auch technologische Einsatzfähigkeit der Anlage für die Entschlammungszwecke erprobt.

Im Verlaufe der Durchführung der Sanierungsmaßnahme "Kleiner Heinersdorfer See" traten auch technische bzw. technologische Störungen am Sanierungsgerät auf.

Die aufgetretenen Störungen lassen sich in drei Bereiche einteilen:

- a) technologisch bedingte Störungen (Ausfallzeiten),
- b) technisch bedingte Störungen (Ausfallzeiten),
- c) sonstige Ursachen, die zu Störungen (Ausfallzeiten) führten.

zu a) Technologisch bedingte Ausfallzeiten

Für die Seentschlammung wurde ein neuer Saugschuh entwickelt (Bild 3 der Bilddokumentation). Mit dem Saugschuh wird das Fördergut aus unterschiedlichen Tiefen mittels Abwasser-schlammpumpe angesaugt und in das Spülfeld gefördert.

Die konstruktive Gestaltung des Saugschuhs ist so realisiert worden, daß nur von jeweils einer Seite des Schuhs Faulschlamm aufgenommen werden kann. Die notwendige kleine Öffnung wird aber durch Fremdkörper, Seegras, Schilffreste usw. verstopft. Je nach Tiefe und Schlammzusammensetzung kam es ab und zu zur Verstopfung des Saugschuhs.

Die Ermittlung der dadurch hervorgerufenen technologisch bedingten Ausfallzeiten sind in der Anlage 6.1. dargestellt. Daraus ist ersichtlich, daß die häufigsten Ausfallzeiten zwischen 10 und 15 Minuten liegen. Die Länge einer Ausfallzeit entspricht der durchzuführenden Reinigungszeit des Saugschuhs, d.h. vom hochziehen, reinigen und wieder ablassen in die Arbeitsstellung.

Es kam auch vor, daß sich Steine in dem Saugschuh verklemmt haben. Die notwendige Reinigungszeit dauerte dann länger, weil der Saugschuh demontiert werden mußte.

Der prozentuale Anteil der technologischen Ausfallzeiten an der Gesamteinsatzdauer des Sanierungsgerätes liegt bei 5,3 %.

zu b) Technisch bedingte Ausfallzeiten

Die technischen Störungen und damit die bedingten Ausfallzeiten beziehen sich nur auf die Funktionssicherheit des Sanierungsgerätes HSG - 93.

Während der Einsatzdauer des Gerätes wurde besonders auf die Funktionssicherheit der Tiefensteuerung (Hydraulikanlage), der Elektrik mit der programmierten Steuerung und die Belastbarkeit der Pumpe geachtet.

Die Ananalyse der technischen Störungen (Ausfallzeiten) ist in der Anlage 6.2. dargestellt. Die Häufigkeit der Ausfälle ist mit insgesamt 88 mal über den gesamten Arbeitszeitraum relativ gering. In einer Zeitspanne zwischen 16 und 30 Minuten traten die häufigsten Ausfallzeiten auf, d.h. innerhalb dieser Zeit

konnten die Störungen an der Anlage vom Bedienpersonal selbstständig behoben werden. Es gab aber auch Ausfallzeiten, z.B. an der Elektrik bzw. Hydraulikanlage, die längere Reparaturzeiten in Anspruch nahmen. Schwächen traten noch vereinzelt an der Klemmeinrichtung für das Absenken bzw. Hochziehen der Schlammabnahmevorrichtung auf.

Das Spektrum der Häufigkeiten und der Länge der Ausfallzeiten ist in der Anlage 6.2. dargestellt.

Der prozentuale Anteil der technischen Ausfallzeiten an der Gesamteinsatzdauer des Sanierungsgerätes HSG - 93 liegt bei 7,44 %.

zu c) Sonstige Ursachen von Ausfallzeiten

Hierzu wurden verschiedenartige Ursachen gezählt, z.B. solche, wie in Anlage 6.3. dargestellt, die nur ganz selten auftraten. Der Anteil der ermittelten Ursachen die zu Störungen und damit zu Ausfallzeiten der Anlage führten, betrug 1,82 %. In Bezug auf die Summe der Gesamteinsatzstunden der Anlage ist dieser Anteil damit vernachlässigbar klein.

Schlußfolgerungen/Empfehlungen:

Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Arten von Ausfallzeiten ergibt sich ein Auslastungsgrad des Sanierungsgerätes HSG - 93 mit Druckerhöhungsstation von 85,43 % (siehe Anlage 6.4.)

Die Anlage ist aus technischer Sicht unter Produktionsbedingungen als relativ sicher einzustufen. Auf technologisch bedingte Ausfallzeiten kann kein Einfluß genommen werden, da diese Ausfallzeiten von den örtlichen Gegebenheiten abhängig sind.

Durch den Einsatz der Anlage können umfangreiche Eingriffe in die bestehenden Lebensräume des Gewässers, Geleges und Ufer- raumes ausgeschlossen werden.

Mit der Anlage ist bewiesen worden, daß diese neuartige Entschlammungstechnologie durchaus ihre Daseinsberechtigung hat. Der Auslastungsgrad von 85,43 % unterstützt die Richtigkeit dieses Verfahrens zur Entschlammung von Seen und Teichen, besonders in Landschafts- und Naturschutzgebieten.

3.6. Energiebedarf und Förderkosten

Die in der Anlage 5 dargestellten Kriterien erfassen:

- den Energiebedarf je m³ geförderten Seeschlamm;
- die Betriebskosten je m³ Seeschlamm

und beweisen die Effektivität des Gerätes einschließlich Druckerhöhungsstation.

Der ausgewiesene Energiebedarf wurde über die Zeiträume 1992 - 1995 ermittelt. Die Korrelation erfolgte zu der jährlich entnommenen Schlammmenge.

Somit sind folgende Leistungen erforderlich:

- Einsatz eines Gerätes **ohne** Druckerhöhungsstation ca. 5-6 kW
- Einsatz eines Gerätes **mit** Druckerhöhungsstation ca 7-9 kW.

Für die Zuführung der Energiemengen bedeutet das:

- aus dem bestehenden öffentlichen Netz der Energiewirtschaft kann eine Versorgung der Geräte bis zu 1000 m Entfernung von der Transformatorstation über Frei- oder Kabelleitung erfolgen;
- bei Überschreiten der unter dem ersten Anstrich genannten Entfernung zwischen Trafo und Gerät ist der Einsatz eines Notstromaggregats mit einer Nennleistung von max. 16 KVA erforderlich.

Entsprechende Vergleiche in den Altkreisen Fürstenwalde, Beeskow und Seelow ergaben, daß der Einsatz eines Notstromaggregates bei ca. 60 % der Seen- und Teichflächen erforderlich wird.

Die ausgewiesenen Betriebskosten beruhen auf der Grundlage von Kalkulationen für den Betrieb der Geräte mit Druckerhöhungsstation und beinhalten die Preisbasis 1995.

Grundsätzlich sollten bei den Seesanierungen immer zwei Geräte mit einer Druckerhöhungsstation zum Einsatz kommen.

Im Rahmen der Teichsanierung kann mit einem Gerät gearbeitet werden, wobei überwiegend auf eine zugehörige Druckerhöhungsstation verzichtet werden kann.

Bedingt durch den Saisoneinsatz dieses Gerätes und der daraus resultierenden natürlichen Helligkeit, sollte immer der zweischichtige Einsatz dominieren.

3.7. Preisvorschlag für das HSG - 93 einschließlich Druckerhöhungsstation

Für die Breitenanwendung des HSG - 93 kann aus der Zeit der Entwicklung und Erprobung des Prototypes ein Preis (Netto) von 250 TDM/Gerät abgeleitet werden.

In diesem Preis sind enthalten:

- Schwimmsteg mit Polpunkt sowie 50 m Druckrohrleitungen DN 125 mm aus Aluminium einschließlich Zuführungsmontage für Gummischlauchleitung;
- Arbeitsplattform mit Bedienungs- und Antriebsteil sowie Elektrosteuerung mit Schutzabschaltung bei 30 mA und 200 m Gummischlauchleitung;
- Tandemschwimmleitung für die Förderung des Schlammwassergemisches zur Druckerhöhungsstation, bestehend aus 2 x 100 m PE-Rohren DN 100 mm;
- Druckerhöhungsstation (Inhalt = 10,0 m³) mit Auftriebskörper und Anschluß für zwei Geräte sowie zugehöriger vertikaler Abwasserschlammpumpe einschließlich Elektrosteuerung und Stromverteilung für zwei Geräte;
- Druckrohrleitung bestehend aus verzinktem Stahlrohr- oder PE-Material in einer Länge von 100 m als Zuführungsleitung zum Spülfeld vom Polpunkt (Uferlage) oder Druckerhöhungsstation.

In diesem Preis sind nicht enthalten:

- Herstellen der Spülfelder,
- Entsorgung des Schlammes,
- Verfahrenstechnologie für die Schlammkonditionierung.

Die Dimensionierung der technischen Aggregate und Anlagen erfolgt entsprechend der Anforderung für einen Förderstrom $30 \text{ m}^3/\text{h} \leq Q \leq 60 \text{ m}^3/\text{h}$.

Eine Vergrößerung der Förderleistung des Gerätes bedingt eine Verteuerung, die gesondert zu vereinbaren ist.

3.8. Umweltbeeinflussung

Die Umweltbeeinflussung durch das Sanierungsgerät HSG - 93 und der zugehörigen Druckerhöhungsstation erstreckt sich auf den

- a) aquatischen Bereich (Freiwasserzone),
- b) amphibischen Bereich (Uferzone, Au- und Bruchwälder und sollte auch getrennt analysiert werden.

a) aquatischer Bereich

Vor der Entschlammung besitzt dieser Bereich (entsprechend erfolgten Analysen von Teich- und Seenflächen) überwiegend geringe Freiwasserräume, d.h., sie haben freie Wassertiefen unter dem Wasserspiegel, die zwischen 0,30 m und 2,50 m liegen. In Abhängigkeit von der Gewässerform schwankten diese Zonen. Sie liegen im Durchschnitt bei ca. 60 % im Flachbereich.

Eindeutig ist festzustellen, daß die Ostufer der Seen und Teiche Flachwasserzonen sind und auch hier der größte Teil des Schlammes zu erwarten ist.

Vom natürlichen Nahrungsangebot befinden sich in diesem Raum infolge der feinen Bodenstruktur des Seebodens (Schluffe/Schlamm) vorrangig

- rote Zuckmückenlarven,
- Tubifex-Würmer.

Alle anderen Nährtiere haben unter diesen Bedingungen keinen ausreichenden Lebensraum und fehlen im Bereich der Nahrungskette.

Der lokale Austrag der Nährtiere, der durch die Entschlammung erfolgt, hat keine Bedeutung im Rahmen des natürlichen Futterangebotes im Gewässer. Selbst in kleinen Gewässern (Teiche) zeigten wissenschaftliche Untersuchungen der ehemaligen Ingenieurschule für Binnenfischerei Storkow - Hubertushöhe, daß sich der entschlammte Raum sehr schnell (ca. 1 Jahr) mit diesen Individuen auffüllt. Es ist einzuschätzen, daß der Betrieb selbst von zwei Geräten zu keinem natürlichem Nahrungsmangel in verschlammten Seen führt.

Der mehrjährige Probetrieb bestätigte weiter, daß bei der hydrodynamischen Schlammaufnahme keine Trübung bzw. Durchmischung des Wasserkörpers mit Schlamm erfolgte. Bedingt durch die Erhaltung der durchsichtigen Freiwasserzone und der geringen akustischen Beeinflussung kam es zu keinen panischen Verhaltensweisen im Bereich der Fauna.

Es zeigte sich vielmehr eine Vertrautheit bei den Fischen (Karpfen), die zu direkten Annäherungen an das Gerät und Bettelphasen führten.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist der elektrische Betrieb des Gerätes. Die Bewegung der Arbeitsplattform um den Polpunkt und auch der Betrieb der Pumpen zur Schlammaufnahme ist somit kein Gefahrenpunkt für die direkte Verschmutzung des Gewässers mit Dieselkraftstoffen und/oder mineralischen Ölen. Durch den Einsatz biologisch abbaubarer Öle im Bereich der Hydraulik verursachen auftretende Leckverluste keinen Schaden im Gewässer. Das Gerät sichert weiterhin, daß bestehende erhaltenswerte Wasserflora (Wasserrosen, Röhrricht und andere Geleegpflanzen) nicht zerstört wird.

Aus diesem Grunde muß im Rahmen der Planung die Aussage getroffen werden, ob überhaupt eine Entfernung der Wasserpflanzen erfolgen soll. Diese Beräumung ist durch die veränderte Pumpenbestückung möglich.

Grundsätzlich ist jedoch der Erhalt der Geleegürtel anzustreben, um eine ausreichende Population der Gewässerfauna zu erreichen. Es sollten diese Bereiche im Rahmen der Seentschlammung ausgespart und böschungsmäßig (Flachböschung 1:5) der neuen Seeschle angepaßt werden.

Bei der Entschlammung des "Kleinen Heinersdorfer Sees" wurden analytische Untersuchungen (NAFU) zur Wasserqualität und deren Veränderung durchgeführt. Erkennbare Belastungen sind, daß bei dem direkten Kreislaufprinzip über Spülfelder Nährstoffe aus dem Seesediment freigesetzt werden.

Eine Manifestierung der Inhaltsstoffe, die zur Fischerkrankung oder Fischsterben führt, waren nicht erkennbar bzw. in der Natur sichtbar. Auf jeden Fall wäre es günstig, wenn der direkte Kreislauf ausgeschaltet und im amphibischen Raum (Au- und Bruchwald) eine Infiltration angeordnet würde. Die zurückgehaltenen Nährstoffe könnten somit von der vorhandenen Flora (Baum-, Busch- und Grasbestand) genutzt werden.

b) amphibischer Bereich

Als amphibischer Bereich kann im Rahmen der Seentschlammung der Au- und Bruchwaldbereich angesprochen werden.

Beim "Kleinen Heinersdorfer See" ist das Süd- und Westufer in dieser Form ausgeprägt. In diesem Bereich ist eine Fauna und Flora vorhanden, die auch bei hohem Wasserangebot noch ausreichende Lebensbedingungen vorfindet. Am Standort treten Breiten bis 200 m auf, die vor-

rangig ein Erlen-, Espen- und Weidenaufwuchs haben.

Im Uferbereich folgt nach dem Bruchwald landwirtschaftliche Nutzfläche in Form von Acker- bzw. Grünland. Hier wurden die Spülfelder 1 bis 3 angelegt, weil durch topografisch günstige Voraussetzungen das Kreislaufprinzip

- Schlamm-Wasser-Gemisch zum Spülfeld,
 - Absetzvorgang im Spülfeld und Filterung des Rücklaufwassers über Bio-Filter,
 - Belüftung des Rücklaufwassers und Zuführung zum See,
- günstig realisiert werden konnte.

Aus dieser Anordnung resultiert eine zweifache direkte Kreuzung des Bruchwaldgürtels. Die Trasse der Druckrohrleitung erfaßte eine Breite von ca 1 m, die im rechten Winkel zur Uferlinie des Sees lag.

Für den Zugang zum Polpunkt des Gerätes zu der Bootsanlegestelle sowie für den Rücklauf des Ablaufes des Spülfeldes, war eine weitere Kreuzung erforderlich, die maximal eine Breite von 2 m hatte. Beide Kreuzungen bestanden im Durchschnitt 2 bis 3 Monate.

Im allgemeinen konnte festgestellt werden, daß diese geringen Bereiche innerhalb von 4-6 Wochen vegetativ wieder gleichwertig, wie die unberührte Umgebung, waren. Auch die Einschwimmtechnologie für das Gerät hatte keinen Einfluß auf den amphibischen Raum.

Die Arbeitsplattform wurde im Bereich des Nordufers (befestigter Bereich) mittels eines mobilen Kranes, der nur eine Tragkraft von 2 t benötigte, direkt zu Wasser gelassen. Auch die Montage des Schwimmsteiges erfolgte im Uferbereich, so daß das Gerät schwimmend komplettiert werden konnte.

Auf eine Slipanlage, die unbedingt zur Zerstörung eines größeren Bereichs im amphibischen Raum führen würde, kann beim HSG - 93 vollkommen verzichtet werden, da die Masse der Anlage und der Einzelteile im Vergleich zur Bagger- und Spültechnik gering ist. Aus Vergleichen des amphibischen Raumes von Seen in der Mark Brandenburg ist festzustellen, daß der Bruchwald gleiche Baumbestände und Unterwüchse aufweist, die auch einen Überstau über längere Zeiträume (größer als 2 Monate) ohne Schaden überstehen.

Wie auch im Gutachten der NAFU Brandenburg festgestellt, sollte beim Kreislaufprinzip mit Spülfeldern der amphibische Raum für die Infiltration der Rücklaufwässer vorgesehen werden, um eine Akkumulation der freigesetzten Nährstoffe im Gewässer zu unterbinden.

4. Bewertung und Einschätzung

4.1. Allgemeines

Mit dem HSG - 93 wurde ein Gerät entwickelt, das biotopschonend Seesäuberungen, insbesondere Entschlammungen, auf Seen von < 10 ha und Entschlammungstiefen bis 6 m unter dem Wasserspiegel, durchführt.

Das Gerät, als Prototyp bewies im Rahmen der Erprobung über 3 Jahre, die umweltfreundliche Arbeitsweise und sicherte in diesem Zeitraum die Entschlammung der wichtigsten Bereiche des Kleinen Heinersdorfer Sees.

Auf der Grundlage, der für das Gerät gewählten Spülfeldtechnik, konnte nachgewiesen werden, daß das Gewässer eine Veränderung in der qualitativen Beurteilung erfuhr, jedoch aber im Zeitraum 1992-95 nie die Gefahr eines Fischsterbens bzw. einer Fischkrankung (Kiemennekrose) auftrat.

Entsprechend der Abfischergebnisse konnte im beräumten Seebereich eine wesentliche Zunahme der Fischmasse gegenüber den Vorjahren erreicht werden.

Weiterhin zeigt die Erprobung des Gerätes die Gleichwertigkeit und Überlegenheit gegenüber der Baggertechnik (Greifer bzw. Saugspültechnik) bei Seenflächen von < 10 ha unter Beachtung umweltverträglicher Forderungen.

Die Vorteile sind:

- geringe Beeinflussung des vorhandenen Biotops im Bereich des aquatischen und amphibischen Raumes;
- Einsatz auch im Bereich von Landschafts- und Naturschutzgebieten, da nur auf kleinstem Raum ein direkter Eingriff in die Natur erfolgt und Slipanlagen nicht erforderlich sind;
- Voraussetzung zum Einsatz in Flachwasserbereichen weil die Schwimm- und Schlammaufnahmetiefe bereits ab 0,30 m tiefer Freiwasserzone gewährleistet wird;
- breiter Einsatzbereich wie:
 - * stehende, nicht ablaßbare Gewässer,
 - * Entschlammung von Badestellen,
 - * Beräumung von Schlammbecken und Abfischgruben.

4.2. Sanierungsgerät HSG - 93

Die Arbeitsweise, kreisförmige schwimmende Bewegung der Arbeitsplattform und des Schwimmsteiges bei gleichzeitiger Möglichkeit der Einstellung des Arbeiteradius zwischen 3 bis 50 m sowie hydrodynamischer Schlammaufnahme ohne Vorlockerung der Gewässersohle (Faulschlamm/ausgefaulter Schlamm) hat sich bestätigt.

Die bei diesem Prinzip erzielten Ergebnisse beweisen, daß das Sanierungsgerät HSG - 93 in der bestehenden Form eine gute Effektivität im Bereich der Entschlammung besitzt und als ökologische Alternative gegenüber der traditionellen Entschlammungstechnologie (Bagger, Spüler) zu werten ist.

Die kosten- und energiemäßig günstige Lösung sichert somit bei

- Seen mit einer Größe < 10 ha,
- Teichen mit einer Wasserfläche von > 0,25 ha

eine gleichmäßige Beräumung, ohne Hinterlassen von Schlamm-
bänken, bis zu Tiefen von 6 m.

Die ermittelten Leistungsparameter schaffen damit Voraussetzungen, daß bei Seesanierungen Bauzeiten von max. 3 bis 4 Jahren eingehalten werden. Die für die Verfahrenstechnologie gewählte Technik hat in den Jahren 1993-95 sich bestätigt.

So konnte die Schlammaufnahme und die Schlammförderung vervollkommenet und gebaut werden, so daß sie keiner Veränderung bedurften.

Einschränkungen sind im Bereich der Tiefensteuerung des Saugschuhs und der Spülfeldentwässerung festzustellen. Beim Bau der Nullserie sind die erkannten Schwachpunkte zu beseitigen. Das betrifft im Bereich der hydraulischen Steuerung die Klemmblöcke der Gestänge für die Pumpenhalterung und im Spülfeldbereich die Abtrocknung der gefüllten Spülfelder.

4.3. Druckerhöhungsstation

Die für die Erweiterung des Wirkungsbereiches des HSG - 93 konzipierte und gebaute schwimmende Druckerhöhungsstation hat sich technisch und technologisch bestätigt.

Sie sichert funktionell folgende Teilkomplexe ab:

- Aufnahme des Förderstromes von zwei Geräten (HSG - 93)
- Weiterleitung des Gesamtschlamm-Wasser-Gemisches zu den Spülfeldern,
- zentrale Schalteinrichtung für die Stromzufuhr zu zwei Geräten.

Die weiteren erforderlichen Bauteile:

- Polpunkt im offenen Seebereich,
 - Tandemleitungen zwischen Geräten und Druckerhöhungsstation
- haben in der konzipierten Form den Versuchsbetrieb bestanden und können, wie erprobt, gebaut werden.

4.4. Schlußfolgerungen

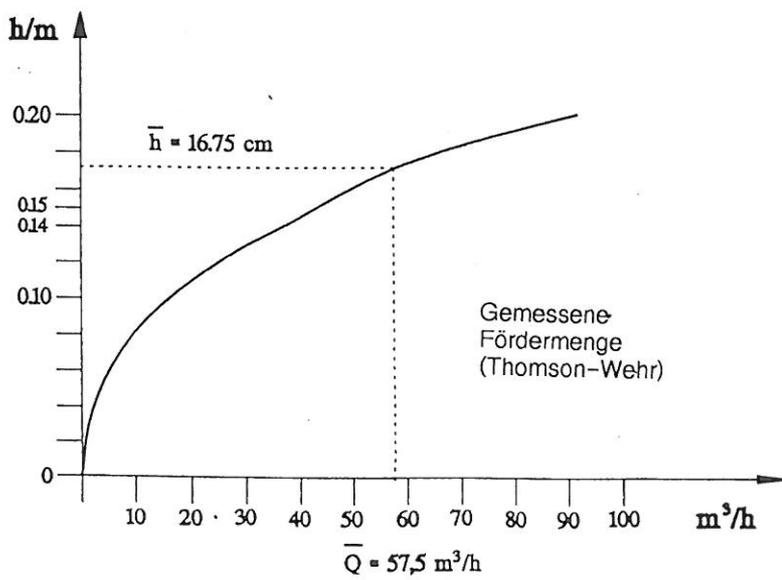
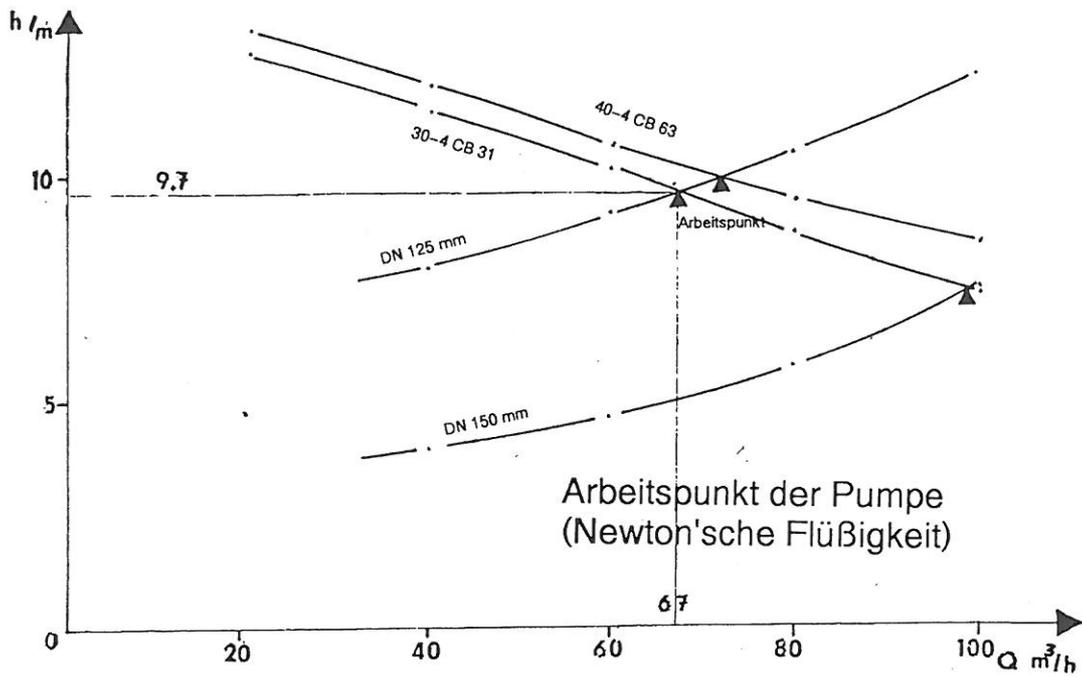
Im Ergebnis des Langzeitversuches und dessen Auswertung sollte zur Sicherung einer breiten Anwendung des HSG - 93 folgendes Programm für die Herstellung der Nullserie angestrebt werden:

- Schaffung der Voraussetzungen zum Bau der Nullserie des Gerätes einschließlich Druckerhöhungsstation durch die
 - * Feststellung des möglichen Bedarfs an Geräten bzw. an erforderlicher Sanierungskapazität;
 - * Bildung eines Betriebes für die Gewässersanierung oder einer Abteilung in der VARIA GmbH Heinersdorf, um die Voraussetzungen zum Bau des Gerätes bzw. für die Durchführung von Sanierungsarbeiten zu schaffen;
 - * Vervollständigung der konstruktiven Unterlagen des HSG - 93 auf der Grundlage der erfolgten Ergänzungen;
 - * Überarbeitung der vorhandenen Lösung der hydraulischen Aufnahme der Gestänge der Pumpenführung einschließlich Schaffung eines mechanischen Zusatzteils für die Rücklaufsicherung;
- Durchführung von weiteren Untersuchungen beim Einsatz der Spülfeldtechnik, um eine Verminderung der Phosphatkonzentration im Rücklaufwasser zu erreichen durch
 - * Unterbindung des direkten Rücklaufes in das Gewässer, wie es beim Kleinen Heinersdorfer See erfolgte;
 - * Verbesserung der Infiltration des Rücklaufwassers in beckenähnliche Geländeformen im Au- oder Bruchwald;
 - * Auswahl von Infiltrationsflächen, die einer Breite im Au- oder Bruchwaldbereich zum Gewässer von mind. 200 m aufweisen;
 - * Untersuchungen zum möglichen Einsatz der Nährstoffeliminierung über chemische bzw. biologische Verfahren;
- Verbesserung der Transportmöglichkeit des in den Spülfeldern gestapelten Schlammes durch Senkung des Wasseranteils über
 - * Einbau eines Abbauelementes zur partiellen Entwässerung der Schlammoberfläche;
 - * die Verbesserung der Entwässerungsleistung im Sohlbereich, die eine Kapillarwirkung unterbindet und gleichzeitig Sickerwasser drucklos abführt;
 - * Variantenuntersuchung zum Einsatz einer Schlammkonditionierung;
- Realisierung von Qualifikations- und Weiterbildungsmaßnahmen um die Kenntnisse des Bedienungspersonals im Bereich der Limnologie und Wasserchemie zu erweitern, damit
 - * die Effektivität des Gerätes (Vergrößerung der Schlammaufnahme) voll ausgenutzt wird;
 - * über chemische Schnelltestverfahren der Kenntnisstand zum Wasserchemismus und dessen Beeinflussung der Ichtyofauna vor Ort möglich ist.

B Anlagen

B. Anlagen

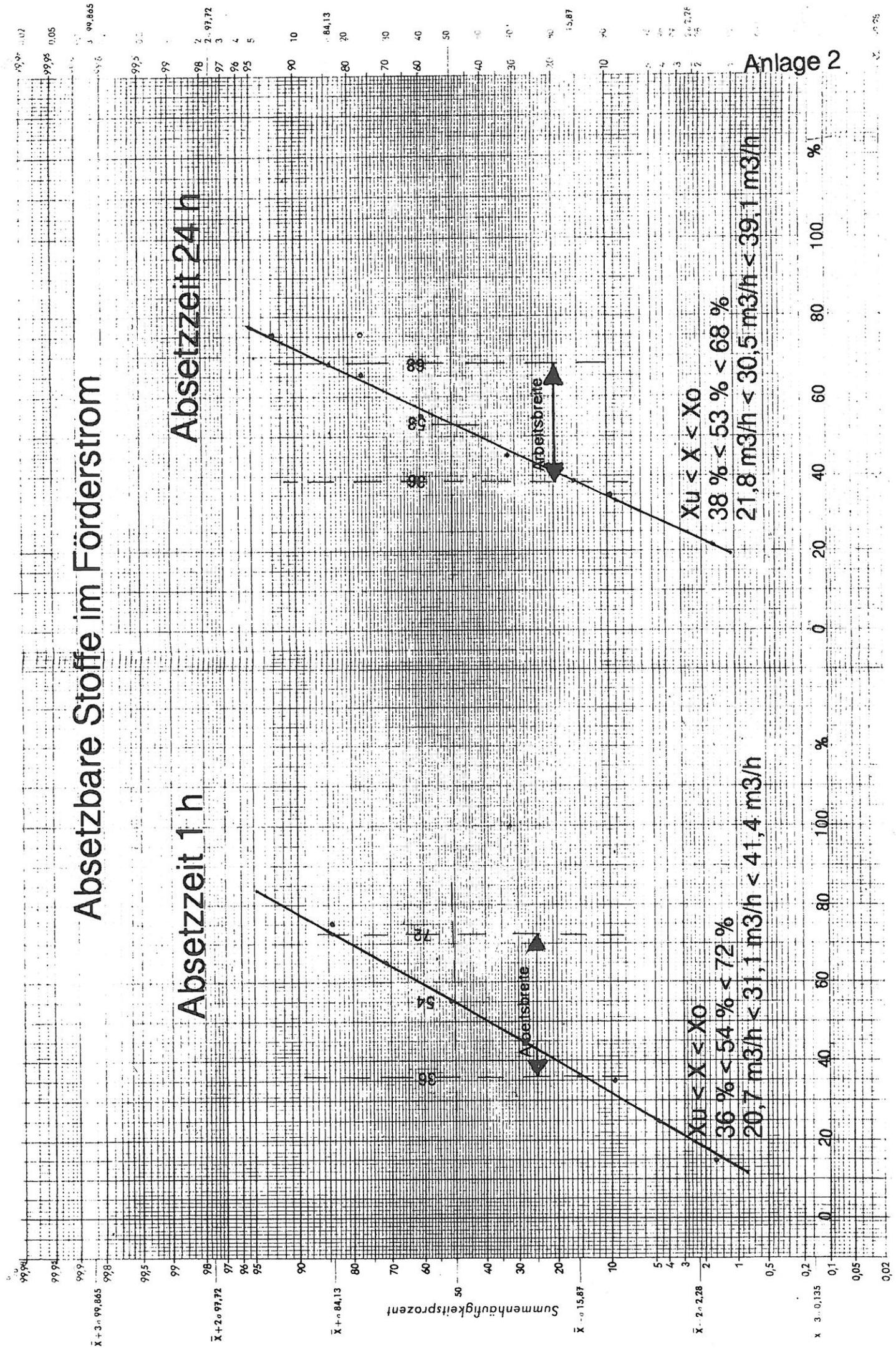
- Anlage 1: Ermittlung der Fördermengen
- Anlage 2: Absetzbare Stoffe im Förderstrom
- Anlage 3: Trockensubstanz im Förderstrom
- Anlage 4: Arbeitsdauer für eine Überfahrt (Halbkreisbogen)
4.1. Radius 37 m
4.2. Radius 38 m
- Anlage 5: Leistungsaufnahme und Betriebskosten
- Anlage 6: Ausfallzeiten und Auslastungsgrad
6.1. technische Unterbrechungen
6.2. technologische Unterbrechungen
6.3. sonstige technische Unterbrechungen
6.4. Auslastungsgrad
- Anlage 7: Preisvorschlag -Netto- für Gesamtanlage



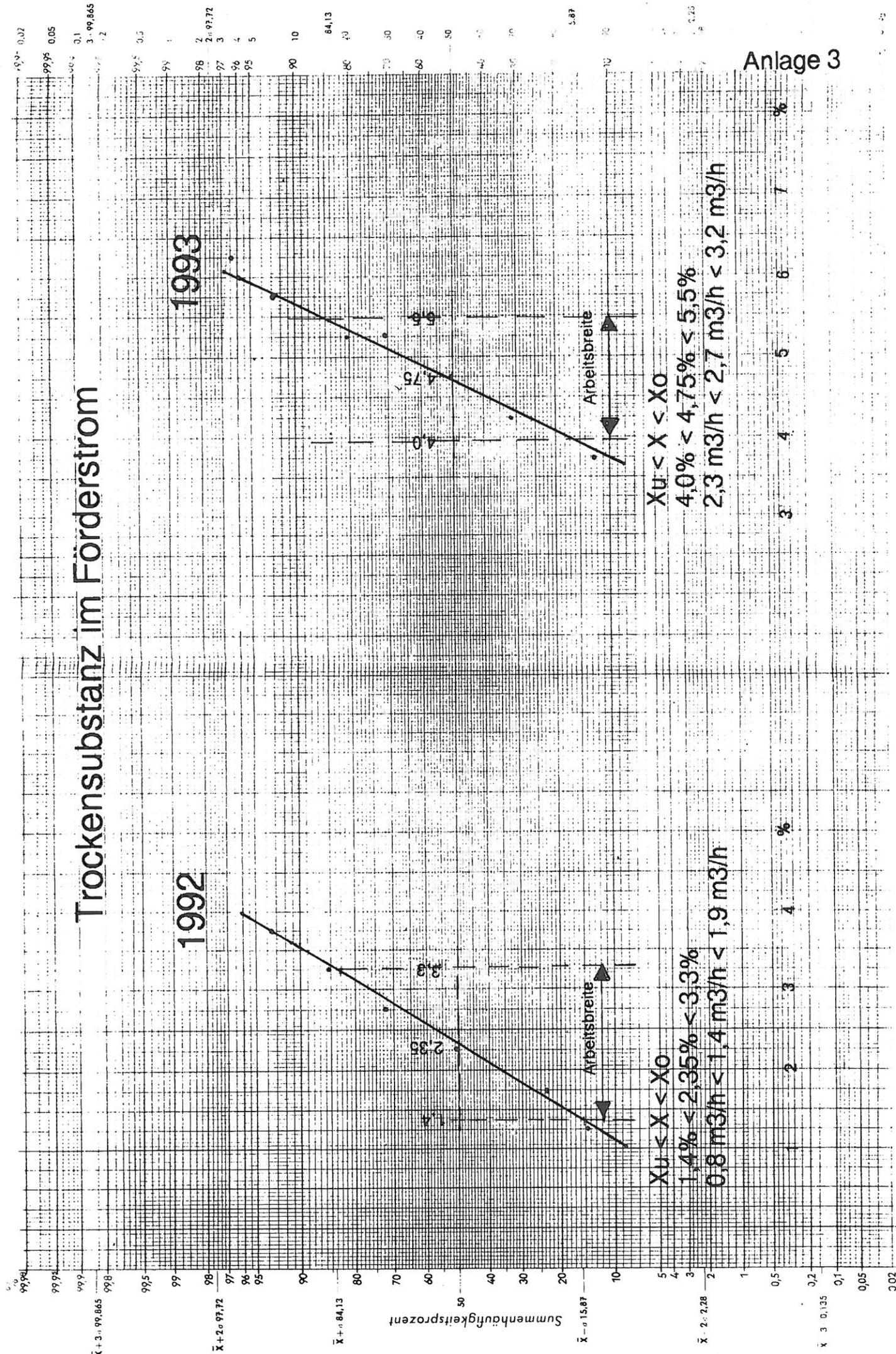
Absetzbare Stoffe im Förderstrom

Absetzzeit 1 h

Absetzzeit 24 h



Trockensubstanz im Förderstrom



Arbeitsgeschwindigkeit

Zeitdauer einer Überfahrt im Halbkreisbogen

Zeit (t) (min.)	Tiefe (cm)
6	199
7	200
7	205
7	208
7	210
7	212
6	213
8	219
8	219
8	219
9	223
8	224
7	224
8	225
9	230
10	232
8	232
7	234
8	235
7	235
7	236
9	240
8	241
6	241
8	242
6	243
8	244
7	246
9	247
7	250
13	250
7	251
7	251
7	252
9	255
9	255
10	260
10	259
10	260
8	260
13	264
Summe	330
Anzahl	42

Radius um Polpunkt: 37 Meter

$$t = \text{Summe (t)} / n$$

$$t = 330 / 42 = 7,857$$

$$\underline{\underline{t = 7,857 \text{ min.}}}$$

$$U/2 = 3,1416 \times r$$

$$l = 3,1416 \times 37$$

$$\underline{\underline{l = 116,24 \text{ m}}}$$

$$v = s/t$$

$$v = 116,24 / 7,857$$

$$\underline{\underline{v = 14,79 \text{ m/min.}}}$$

$$l = s$$

Zeitdauer einer Überfahrt im Halbkreisbogen

Zeit (t) (min.)	Tiefe (cm)
8	250
8	250
7	250
9	250
8	250
19	255
11	255
7	255
8	256
7	256
10	256
10	256
11	257
8	257
7	257
8	257
10	257
8	258
8	258
7	258
7	259
10	259
14	259
9	260
12	263
13	264
11	265
13	266
12	266
11	267
13	267
12	270
11	272
13	273
12	274
Summe	352
Anzahl	35

Radius um Polpunkt: 38 Meter

$$t = \text{Summe (t)} / n$$

$$t = 352/35 = 10,06$$

$$\underline{\underline{t = 10,06 \text{ min}}}$$

$$U/2 = 3,1416 \times r$$

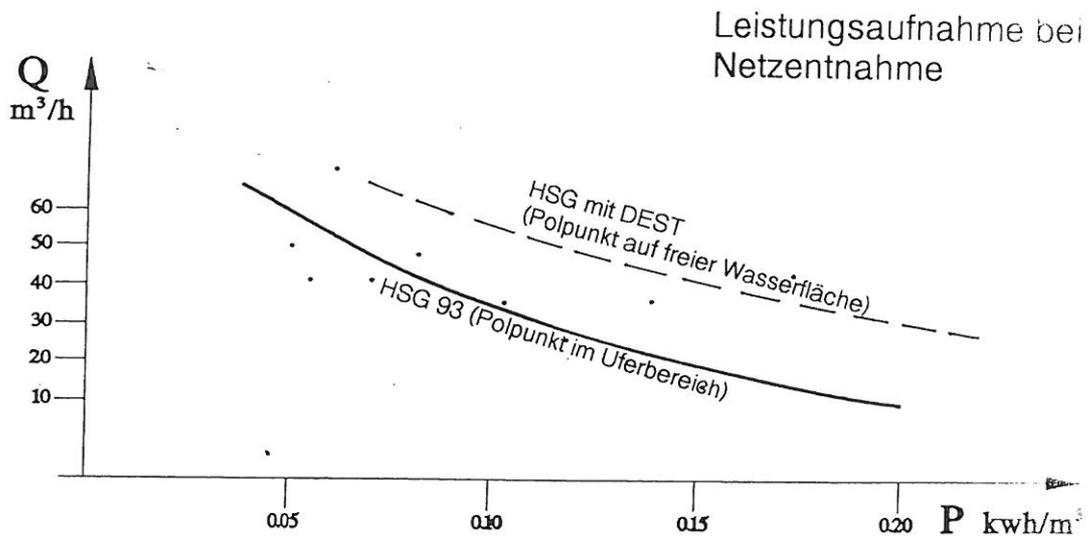
$$l = 3,1416 \times 38$$

$$\underline{\underline{l = 119,38 \text{ m}}}$$

$$v = s/t \qquad l = s$$

$$v = 119,38/10,06$$

$$\underline{\underline{v = 11,87\text{m/min}}}$$



Betriebskosten des Gerätes
(DM/ m^3 Seeschlamm)

Schichtbetrieb	1 Gerät	2 Geräte
einschichtig	21,11	17,96
zweischichtig	16,54	12,23

Ausfallzeiten und Auslastung
des Saniergerätes HSG - 93

**Ausfallzeiten für technologisch bedingte Unterbrechungen
durch Verstopfung des Saugschuhes**

Zeitspanne t (von - bis) (min.)	Zeit t (min.)	t m (t * n)	Häufigkeit n
5			
10	7,5	1020	136
15	12,5	1500	120
20	17,5	1540	88
25	22,5	720	32
30	27,5	1430	52
35	32,5	195	6
40	37,5	300	8
45	42,5	170	4
50	47,5	95	2
55	52,5	0	0
60	57,5	345	6
Summe		7315	454

Ermittlung von \bar{t} :

$$\bar{t} = \text{Summe } t_m / n$$

$$\bar{t} = 7315 / 454$$

$$\bar{t} = \underline{\underline{16,11\text{min}}}$$

**Prozentualer Anteil an der Gesamteinsatzdauer
der Anlage:**

$$\text{Proz-tualer Anteil} = \frac{\text{Ausfallzeit}}{\text{Einsatzdauer der Anlage}} \times 100$$

$$= \frac{7315 \text{ min.}}{2299 \times 60 \text{ min}} \times 100$$

$$= \underline{\underline{5,30\%}}$$

Technolog. Ausfallanteil = 5,30 %

Ausfallzeiten für technische Unterbrechungen

Zeitspanne t (von - bis) (min.)	(t*n)	Mittl. Zeit		Häufig- keit n	Häufig- keit n (summiert)
		t _m (min.)	(t _m *n)		
0 - 15	120	7,5	60	8	8
16 - 30	780	23	598	26	34
31 - 60	960	45	720	16	50
61 - 120	1680	90	1260	14	64
121 - 240	3840	180	2880	16	80
241 - 360	2880	300	2400	8	88
> 361		360		6	94
Summe :	10260		7918	88	

Ermittlung von \bar{t} :

$$\bar{t} = \text{Summe } t_m / n$$

$$\bar{t} = 7918 / 88$$

$$\bar{t} = \underline{\underline{89,98 \text{ min.}}}$$

Prozentualer Anteil der techn. bedingten Ausfallzeiten
an der Gesamteinsatzdauer der Anlage :

$$\text{Proz. - tualer Anteil} = \frac{\text{Ausfallzeit} \times 100}{\text{Einsatzdauer der Anlage}}$$

$$= \frac{10260 \text{ min} \times 100}{2299 \times 60 \text{ min}}$$

$$\underline{\underline{\text{Techn. Ausfallanteil} = 7,44 \%}}$$

**Ermittlung der Dauer der Ausfallzeit (t) in
Abhängigkeit von sonstigen technischen Ursachen**

Unter sonstige technische Ursachen fallen:

- > zu heiß gewordenes Hydrauliköl
- > notw. Austausch von Schläuchen
- > Schieber am Saugschuh defekt
- > Reparatur am Tiefenmaßband
- > Stromausfall
- > Reparatur Schlauchverbindungen
- > Reparatur Schauglas
- > Reparatur der Klammern an Schwimmleitung
- > Rohrleitungsschellen nachziehen
- > Steuerprobleme an der Druckerhöhungs-
station in der Erprobungsphase

Der Anteil der ermittelten Ausfallzeiten durch die o.g. Ursachen beträgt 41,9 Stunden im gesamten Arbeitszeitraum von 2299 Stunden.

Die ausgewiesene Stundenzahl ist so gering, daß sie nicht weiter berücksichtigt wird.

In Prozent ausgedrückt:

$$\frac{\text{Ausfallstunden} \times 100 \%}{\text{Einsatzstd. der Anlage}} \quad \frac{41,9 \text{ h} \times 100}{2299 \text{ h}}$$

$$= 1,82\%$$

=====

Der Anteil der Ausfallstunden beträgt in Bezug auf die Summe der Einsatzstunden der Anlage **1,82%**.

Ermittlung Auslastungsgrad der Anlage

<u>Jahr</u>	<u>Einsatzstunden</u>
1993	1040 h
1994	868 h
1995	390 h
	Summe: 2299 h
	=====

Auslastung: = Summe Einsatzstunden: 2299 h
 - Ausfallzeiten : 335 h
 = effektive Auslastung: 1964 h
 =====

Auslastung in Prozent:

$$\frac{\text{effekt. Auslastung} \times 100 \%}{\text{Summe Einsatzstunden}}$$

$$\frac{1964 \text{ h} \times 100}{2299 \text{ h}}$$

= **85,43%**
 =====

Der Auslastungsgrad der Sanieranlage beträgt **85,43%**.

Gesamtpreis
HSG-93 mit Druckerhöhungsstation

I. Entwicklungskosten des Gerätes

1. Vorhandene Baugruppen des Prototyps:

- Arbeitsplattform	30,0 TDM	
- Schwimmsteg	15,0 TDM	
- Sammel- und Schaltstation	12,0 TDM	
		57,0 TDM

2. Ergänzungen des Prototyps zum HSG-93:

- Saniergerät	83,4 TDM	
- Druckerhöhungsstation	39,5 TDM	
		122,9 TDM

II. Preisvorschlag für:

1. Fremdleistung

-Schwimmträger (FERRAL Rechlin-GmbH)	77,5 TDM	
-Elektroausrüstung einschl. programmierter Steuerung (ELFÜ-GmbH Fürstenwalde)	37,5 TDM	
-Hydraulikanlage (Hydraulik-Maschinen GmbH Strausberg)	15,5 TDM	
		130,5 TDM

2. Eigenleistung
(VARIA-GmbH Heinersdorf)

-Montage der Baugruppen	19,8 TDM	
-Komplettierung der Anlage	30,0 TDM	
-Konstruktive Leistungen	30,0 TDM	
		79,8 TDM

3. Allgemeinkosten

-Geschäftskosten (27% von 49,8 TDM)	21,5 TDM	
-Wagnis, Gewinn (6% von 193,8 TDM)	13,4 TDM	
		34,9 TDM

Summe: 245,2 TDM
=====

Preisvorschlag (Netto) 250,0 TDM
=====

Bericht über sanierungsbegleitende
Untersuchungen des Oberflächenwassers
im Rahmen des Vorhabens " Entschlammung
des kleinen Heinersdorfer Sees "

Telefon: (030) 6 40 83 171/172 · Telefax: (030) 6 40 83 170

NAFU · Brandenburg GmbH & Co KG
Berliner Straße 2, 15566 Schöneiche

VARIA GmbH

Hauptstraße 43

15518 Heinersdorf

Beratung in Umweltschutzfragen

Geologische / hydrogeologische Untersuchungen

Von der BAM  akkreditiertes Prüflaboratorium für

○ chemische Wasser-, Schlamm-, Boden-, Abfall-,
Abwasser-, Schmieröl- und Brennstoffanalytik

○ chem. Abwasseruntersuchungen gemäß VGS

○ Erkundung und Untersuchung des Baugrundes
sowie Entnahme und Untersuchung von Boden-
und Wasserproben für chemische Untersuchungen

Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren
Reg.-Nr. BAS 7741401-01/02/03, 7741403

Prüfstelle für Emissionen / Immissionen nach
§ 26 BImSchG

Außerbetriebliche Meßstelle für gefährliche Arbeits-
stoffe nach TRgA 400

13.04.1994 Ro/Fr

Bericht

über sanierungsbegleitende Untersuchungen des Oberflächenwassers im Rahmen des Vorhabens "Entschlammung des kleinen Heinersdorfer Sees"

1. Auftraggeber

VARIA GmbH

2. Auftrag

Auftrag vom 19.08.1993

NAFU - interne Auftragsnr.: N 930420

Erarbeitung eines zusammenfassenden Berichtes über sanierungsbegleitende
Untersuchungen im Rahmen der Erprobungsphase des Vorhabens "Entschlam-
mung des kleinen Heinersdorfer Sees"

Dieser Bericht umfaßt 14 Seiten und 1 Anlage.

Dieses Prüfzeugnis darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

Die gekürzte oder auszugsweise Vervielfältigung bedarf unserer schriftlichen Genehmigung.

3. Allgemeines

Im August 1993 begann die Erprobungsphase für die Sanierungsmaßnahme "Entschlammung des kleinen Heinersdorfer Sees". Das NAFU - Ingenieurbüro in Brandenburg wurde durch die VARIA GmbH beauftragt, die Oberflächenwasseruntersuchungen fachlich zu betreuen.

Auf der Grundlage eines für die Dauer der Erprobungsphase aufgestellten Laboruntersuchungsprogrammes erfolgte über den Zeitraum vom 06.08. bis 09.11.1993 die Untersuchung des Oberflächenwassers auf ausgewählte Parameter.

Nach Abschluß der Erprobungsphase sollen die Untersuchungsergebnisse zusammengefaßt und erste Aussagen zu möglichen Beeinflussungen der Oberflächenwasserqualität durch die angewandte Technologie der Entschlammung getroffen werden.

4. Beprobungs- und Laboruntersuchungsprogramm

Vorhandene Untersuchungsergebnisse

Ergebnisse zu Langzeituntersuchungen der Oberflächenwasserqualität liegen nicht vor. Lediglich am 27.08.1992 erfolgte die Entnahme zweier Wasserproben und deren Untersuchung auf ausgewählte Parameter.

Beprobungsprogramm

Probenahmestellen

1. Saugstelle - Bereich des Saugkopfes etwa 0,5 m über Sedimentoberkante
2. Rücklauf - Randbereich des Sees, in dem das aus den Absetzbecken über die Kaskade rücklaufende Wasser in das Oberflächengewässer eintritt
3. Kaskade - Rücklaufwasser
4. Zusatzuntersuchungen am 02.11.1993 Entnahme einer Wasserprobe jeweils am Zulauf, am Ablauf und an der Saugstelle

Probenahmerhythmus

- 06.08.1993 bis 10.09.1993 - 2 mal wöchentlich jeweils Montag und Freitag
- 15.09.1993 bis 09.11.1993 - 5 mal stichprobenartig

Laboruntersuchungsprogramm

Das Laboruntersuchungsprogramm wurde so zusammengestellt, daß mit den begrenzten zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln erste Aussagen zu eventuellen Veränderungen bzw. Beeinflussungen der Oberflächenwasserqualität durch das Sanierungsverfahren möglich werden.

Dabei wurden Untersuchungsparameter ausgewählt, die auch nach Abschluß der Beprobungsphase bei laufender Entschlammung des kleinen Heinersdorfer Sees durch den Betreiber selbst mittels Schnelltestmethoden mit hinreichender Genauigkeit bestimmt werden können.

Vor-Ort-Messungen

Untersuchungsmethode

- | | |
|--------------------|--|
| - Sauerstoffgehalt | Amperometrisch mit Sauerstoffsonde DIN 38408-G22 |
| - pH-Wert | Elektrometrie
DIN 38404-C5 |
| - Leitfähigkeit | Elektrometrie
DIN 38405-C8 |
| - Temperatur | Spezialthermometer
DIN 38404-C4-2 |

Laboruntersuchungsparameter

- | | |
|------------|--------------------------------------|
| - Ammonium | Photometrie
DIN 38406-E5-1 |
| - Nitrat | Ionenchromatografie
DIN 38405-D19 |
| - Nitrit | Ionenchromatografie
DIN 38405-D19 |

- | | |
|---------------------------|---|
| - o-Phosphat (ber. als P) | Ionenchromatografie
DIN 38405-D19 |
| - Gesamtphosphor | Photometrie
n. Lange |
| - abfiltrierbare Stoffe | Bestimmung mittels
Membranfilter
DIN 38402-H2-2 |

Ergänzend zu diesen Parametern erfolgte die Bestimmung des Chlorid- und Sulfatgehaltes (Ionenchromatografie nach DIN 38405-D19). Diese Parameter wurden lediglich in die Untersuchungen miteinbezogen, um mögliche Unregelmäßigkeiten bei der Messung der Vor-Ort-Parameter (insbesondere der Leitfähigkeit) umfassend interpretieren zu können. Der Chlorid- und Sulfatgehalt der Wasserproben wird in die Beurteilung der Wasserqualität jedoch nicht miteinbezogen.

Untersuchungslaboratorien

- NAFU Ingenieurbüro in Brandenburg (2 -malige Beprobung und Untersuchung)
- Märkische Wasserversorgungs- und Abwasserbehandlung GmbH (15 -malige Beprobung und Untersuchung)

5. Untersuchungsergebnisse

Die Laboruntersuchungsberichte zu den einzelnen Beprobungen und Analyseergebnissen liegen beim Auftraggeber, der VARIA GmbH, vor.

Eine tabellarische Zusammenstellung aller Ergebnisse ist der Anlage zu entnehmen.

Im folgenden werden ausgewählte Untersuchungsergebnisse der an der "Saugstelle" und am "Rücklauf" (vgl. Kap. 4) entnommenen Wasserproben zur besseren Übersicht grafisch dargestellt.

Diese Diagramme dienen lediglich dazu, das in der Anlage aufgeführte Datenmaterial zu systematisieren. Aufgrund der z.T. verhältnismäßig großen Abstän-

**Sanierungsbegleitende Untersuchungen
 kleiner Heinersdorfer See**

de zwischen den Beprobungen sind daraus lediglich tendenzielle Aussagen abzuleiten.

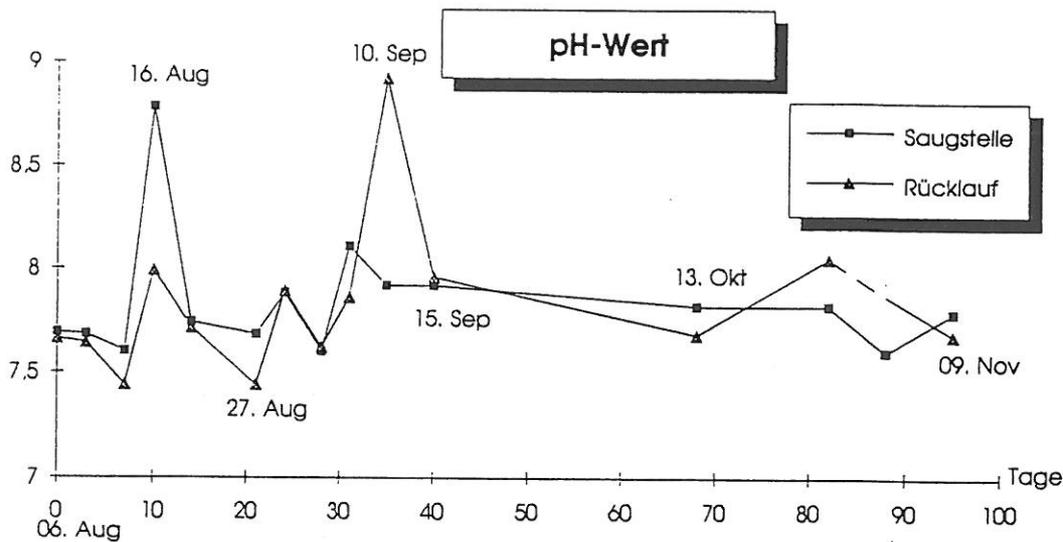


Abb. 1: Gemessene pH-Werte

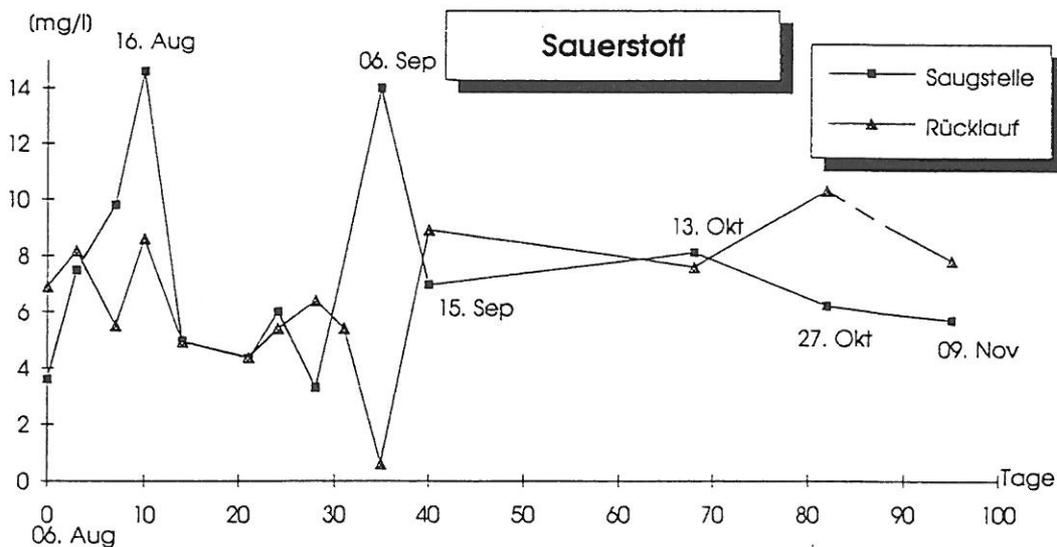


Abb. 2: Gemessene Sauerstoffgehalte

**Sanierungsbegleitende Untersuchungen
 kleiner Heinersdorfer See**

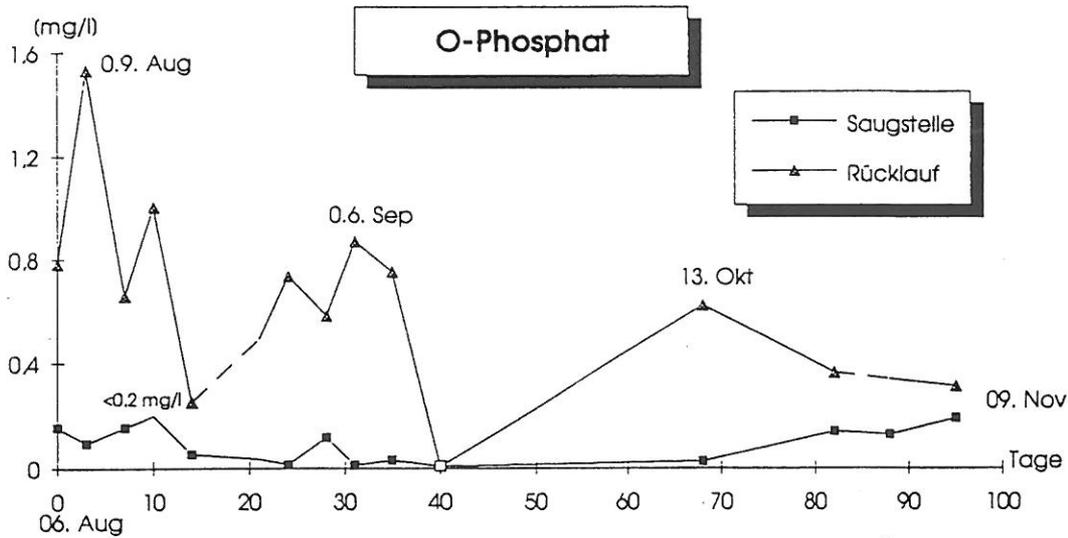


Abb. 3: Ermittelte o-Phosphatgehalte

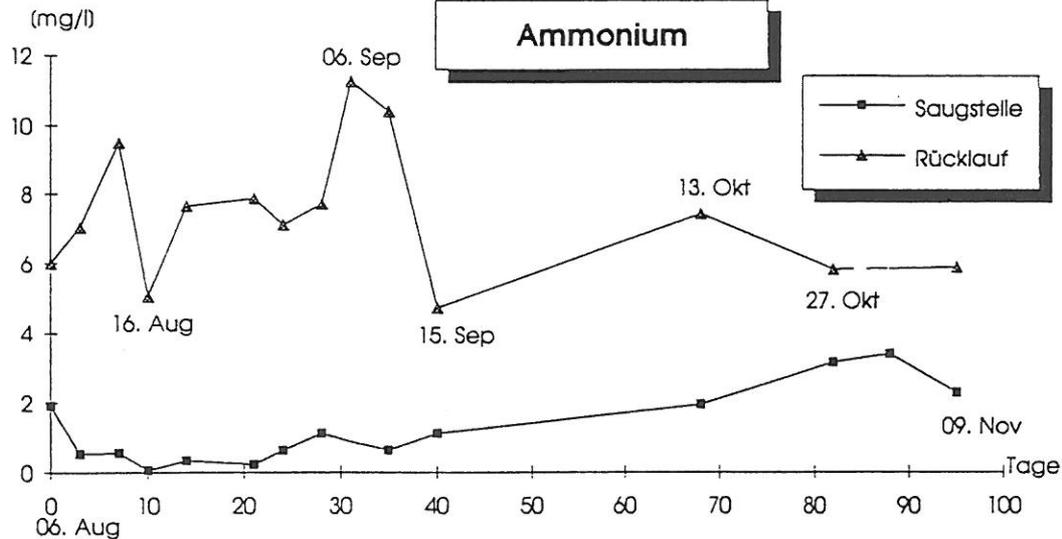


Abb. 4.1: Ermittelte Ammoniumgehalte

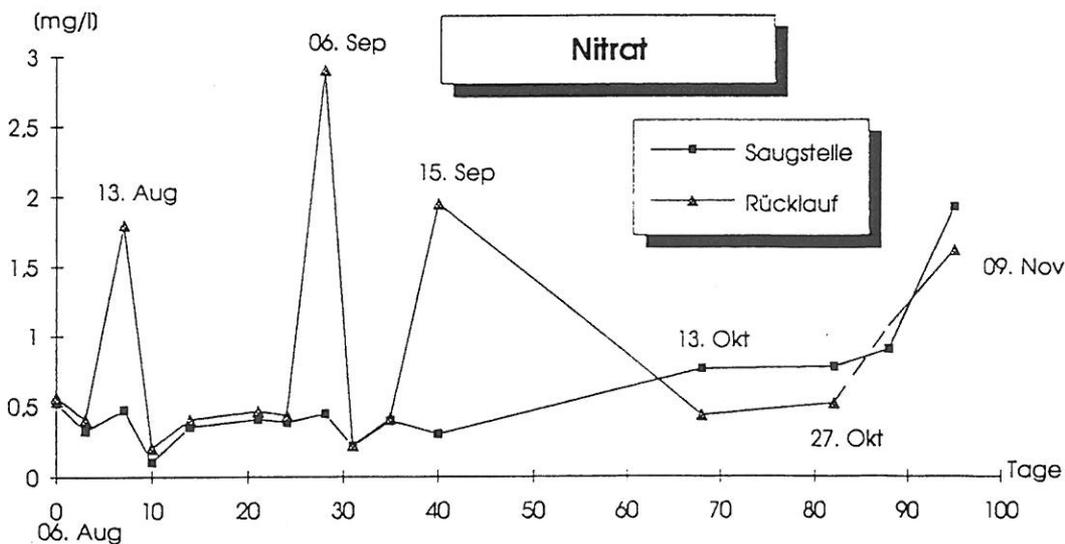


Abb. 4.2: Ermittelte Nitratgehalte

6. Bewertung der Untersuchungsergebnisse aus limnologischer Sicht

6.1. Allgemeines

Der kleine Heinersdorfer See gehört zu den seichten Gewässern. Die ursprüngliche Tiefe (vor Beginn der Sanierungsmaßnahme) betrug in Abhängigkeit von der örtlichen Lage der Meßpunkte zwischen 0,6 m und 3,5 m.

Aufgrund der geringen Gewässertiefe kommt es nicht zur Ausbildung einer Vertikalschichtung im Gewässer.

Der kleine Heinersdorfer See besitzt einen Abfluß. Der Zufluß wird durch eine künstliche Wasserstandsregelung (Wehr) reguliert.

Der See ist als eutrophes Gewässer einzustufen. Die Eutrophierung kann verschiedene Ursachen haben.

Zum einen handelt es sich dabei um einen natürlichen Prozeß, bei dem sich durch Sedimentation Materialien (Schwebstoffe u.ä.) aus den oberflächennahen Wasserschichten in der Tiefe anreichern. Dieser Prozeß verläuft langsam.

Zum anderen kann der Eutrophierungsprozeß sehr stark durch erhöhte Nährstoffzufuhr aufgrund anthropogener Einflüsse, d.h. durch eine allochthone Stoffzufuhr beschleunigt werden. Diese Nährstoffzufuhr setzt eine Kettenreaktion in Gang, die zur Eutrophierung und damit zu einer Verminderung der Wasserqualität führt.

Desweiteren führen Eutrophierungsprozesse durch zunehmende Verlandung und erhöhte Sedimentation zur Verringerung des Wasserkörpers.

Bei flachen, nahezu stehenden Gewässern, wie dem kleinen Heinersdorfer See, wird das Selbstreinigungsvermögen stark herabgesetzt. Zur Wiederherstellung des Ökosystems sollte durch eine Entschlammung der Wasserkörper vergrößert werden, wobei derartige Maßnahmen immer im Zusammenhang mit der Reduzierung der allochthonen Nährstoffzufuhr, d.h. der Lösung der Einleiterproblematik (Abwasserringleitungen, Abwasserbehandlungen, Phosphat-Eliminierungen in Zuläufen, Uferbepflanzung u.ä.) gesehen werden.

Die Entschlammung sollte "schonend" erfolgen, d. h. Uferbereiche sollten möglichst nicht in Mitleidenschaft gezogen werden.

Starke Aufwirbelungen des Sedimentes sollten vermieden werden, da dies mit der Freisetzung von leichtlöslichen Verbindungen (insbesondere Phosphate, Stickstoffverbindungen) und dem Entstehen anaerober Verhältnisse im Kontaktbereich Wasser - Schlamm verbunden sein kann und ggf. zum "Umkippen" des Gewässers führt.

Im folgenden soll anhand einiger ausgewählter Untersuchungsparameter das bei der Entschlammung des kleinen Heinersdorfer Sees angewandte Verfahren hinsichtlich seiner Auswirkungen auf die Oberflächenwasserqualität, insbesondere bezüglich eventueller Freisetzungen leichtlöslicher Verbindungen beurteilt werden.

6.2. Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Untersuchungsergebnisse der im Bereich der "Saugstelle" und des "Rücklaufes" entnommenen Wasserproben

Die **Temperatur** sinkt, wie zu erwarten jahreszeitbezogen an beiden Entnahmestellen stark ab.

Die **pH-Werte** liegen im Oberflächenwasser im normalen Bereich zwischen 7,4 und 8. Überdurchschnittlich hohe Werte wurden am 16. August an der "Saugstelle" bzw. am 10. September am "Rücklauf" gemessen. Eine grafische Darstellung der über dem Untersuchungszeitraum gemessenen pH-Werte ist der Abb. 1 (Kap. 5) zu entnehmen.

Die Ermittlung des Anteiles an **abfiltrierbaren Stoffen** in den jeweiligen Wasserproben ergab an der "Saugstelle" Maximalwerte von 40 mg/l, im Mittel lagen die Werte um 20 bis 25 mg/l und sind damit als unbedenklich anzusehen. Zum Teil erheblich höhere Werte wurden am "Rücklauf" gemessen. Die Maximalwerte lagen hier im Bereich von 180 mg/l bis 275 mg/l. Dies gibt Hinweise auf doch teilweise erhebliche Feinstkorneinträge in das Gewässer.

Der **Sauerstoffgehalt** wurde jeweils ca. 0,3 m oberhalb der Sedimentoberkante gemessen und in [%] - Sättigung umgerechnet. Eine grafische Darstellung der über dem Untersuchungszeitraum gemessenen Sauerstoffgehalte ist der Abb.2 (Kap. 5) zu entnehmen.

Die Sauerstoffsättigung schwankt im Bereich der "Saugstelle" sehr stark. Anfang August und Anfang September 1993 lag zum Zeitpunkt der Probenahme eine Sauerstoffübersättigung vor. Kritische Werte (< 4 mg/l) wurden nur vereinzelt gemessen. Im allgemeinen betrug die Sauerstoffsättigung mehr als 50 %.

Im Bereich des Rücklaufes sind die gemessenen Werte ausgeglichener. Das absolute Minimum wurde bei der Messung am 6. September mit 0,6 mg/l (entspricht 6,3 %) erreicht. Im allgemeinen liegen die Meßwerte jedoch zwischen 50 % und 80 % und sind demnach nicht als kritisch zu betrachten.

Die Untersuchung der Oberflächenwasserproben auf deren Gehalt an **o-Phosphat** zeigt, daß nahezu über dem gesamten Untersuchungszeitraum die im Bereich des "Rücklaufes" gemessenen Konzentrationen höher liegen als die der an der "Saugstelle" entnommenen Wasserproben (vgl. Abb. 3, Kap. 5). Analog sind die gemessenen Gehalte an **Gesamtphosphat** zu bewerten, wobei die jeweiligen Anteile des durch o-Phosphat gebundenen Phosphors z.T. erheblich schwanken. Insgesamt sind jedoch die ermittelten Phosphatgehalte zumeist stark erhöht.

Phosphor "kommt in der Natur nur in Form von Derivaten der Phosphorsäure vor" (RÖMPP), wobei für aquatische Systeme das Orthophosphat relevant ist. Algen und Bakterien nehmen diesen Nährstoff bevorzugt auf. Algen können zusätzlich auch andere Phosphorquellen (z.B. Polyphosphate) nutzen.

Neben anorganisch gebundenem löslichen Phosphor (Orthophosphat) wird durch das Gesamtphosphat organisch gebundenes lösliches Phosphor und organisch partikuläres Phosphat erfaßt.

In welcher Bindungsform das Phosphor vorliegt, hängt in entscheidendem Maße von den vorherrschenden Redoxverhältnissen im Epilimnion ab.

Der größte Teil des löslichen anorganischen Phosphats wird organisch gebunden (photoautotrophe Produzenten). Im Sediment wird es unter aeroben Bedingungen an Sedimentteilchen adsorbiert und fällt als Eisenphosphat aus.

Bei Vorliegen reduzierender Bedingungen in der, über dem Sediment liegenden Wasserschicht ($< 3 \text{ mg/l}$) können die Ionen wieder gelöst ins Wasser diffundieren.

In flachen Seen wird der Phosphor von der Sedimentschicht aus direkt in die produktive Zone befördert, d.h. er wird von den Algen direkt aufgenommen. Es können sich hypertrophe Verhältnisse (Nährstoffüberangebot) einstellen. Trotz Sauerstoffsättigung in der produktiven Zone können sich sehr schnell anaerobe Zonen in der Sediment-/Wasserschicht aufbauen.

Die anorganischen Stickstoff-Fractionen **Ammonium, Nitrat und Nitrit** (vgl. Abb. 4.1 und 4.2, Kap.5) weisen an der Saugstelle erhöhte Konzentrationen auf, die jedoch aufgrund der nahezu flächendeckenden anthropogenen Beeinflussungen der für Oberflächengewässer dieser Region als nicht außergewöhnlich hoch zu bewerten sind. Im Vergleich dazu liegen insbesondere die Ammoniumwerte am "Rücklauf" wesentlich höher als an der "Saugstelle".

Ammonium- und Nitratverbindungen sind immer in engem Zusammenhang zu sehen. Unter oxidierenden Bedingungen wird Ammonium durch Nitrifikation in einer Zwischenstufe zu Nitrit abgebaut und anschließend als Nitrat angereichert.

Die **Chlorid-** und **Sulfatkonzentrationen** sind für Oberflächengewässer normalerweise niedriger, liegen allerdings für vergleichbare Seen dieser Region im normalen Bereich. Dies ist u.E. auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen (Einträge über Schichtenwässer). Dadurch bedingt ist auch die **Leitfähigkeit** als leicht erhöht zu bewerten.

Untersuchungsergebnisse der an der "Kaskade" entnommenen Wasserproben

Die Untersuchung der Wässer, die durch Überlauf aus den Spülfeldern über die Kaskade in den Uferbereich zurückgeführt werden, ergab keine erheblichen Abweichungen von den Werten, die am "Rücklauf" gemessenen wurden.

Die pH-Werte liegen im normalen Bereich (7,6 bis 8,0). Die Leitfähigkeit ist leicht erhöht. Der Ammoniumkonzentrationen sind mit $4,4 \text{ mg/l}$ bis $7,98 \text{ mg/l}$ als erhöht zu bewerten. Die ermittelten Gehalte an Phosphorverbindungen (o-Phosphat, Gesamtphosphor) sind stark erhöht.

Die Chlorid- und Sulfatgehalte sind nicht kritisch.

Untersuchungsergebnisse zusätzlich entnommener Wasserproben

Im Rahmen der Untersuchungen erfolgte vor Beginn der Entschlammung eine Entnahme und Untersuchung von Oberflächenwasserproben aus unterschiedlichen Wassertiefen (vgl. Anlage, Tab. 2).

Ein Vergleich der Untersuchungsergebnisse zeigt, daß mit zunehmender Tiefe der pH-Wert leicht absinkt, jedoch mit 7,75 bzw. 7.86 im normalen Bereich liegt. Der Sauerstoffgehalt in den Entnahmetiefen ist mit 3,5 mg/l bzw. 2,4 mg/l bereits als kritisch zu bewerten.

Die Ammoniumkonzentrationen sind leicht erhöht, jedoch nicht bedenklich, Nitrat- und Nitritverbindungen waren nicht nachweisbar.

Phosphorverbindungen wurden nur in geringen Konzentrationsbereichen gemessen.

Die Gehalte an Chlorid- und Sulfatverbindungen sind leicht erhöht aber unkritisch.

Eine Untersuchung der Wasserproben im Leuchtbakterientest ergab keine aus biotoxikologischer Sicht kritischen Wasserinhaltsstoffe in den Proben.

Weitere ergänzende Untersuchungen des Oberflächenwassers wurden nach Abschluß der Testphase durchgeführt (vgl. Anlage, Tab. 3). Im Rahmen einer Beprobungscampagne wurden drei Oberflächenwasserproben am kleinen Heinersdorfer See entnommen, eine Probe im Bereich des Gewässerzulaufes, eine Probe im Bereich des Abflusses und eine Probe im Bereich der Saugstelle. Desweiteren wurde an allen drei Probenahmestellen ein Tiefenprofil der Parameter Sauerstoffgehalt-pH-Wert-Temperatur aufgenommen.

Ein Vergleich der Ergebnisse der Untersuchung der am Zu- und Ablauf bzw. an der "Saugstelle" entnommenen Wasserproben zeigt bezüglich der untersuchten Parameter nahezu identische Werte. Stickstoffverbindungen liegen in erhöhten Konzentrationsbereichen vor, Phosphorverbindungen sind in nur geringen Konzentrationen nachweisbar. Auffälligkeiten hinsichtlich der weiteren untersuchten Parameter sind nicht zu verzeichnen.

Auch die aufgenommenen Tiefenprofile zeigen ein ausgeglichenes Bild. Zur Tiefe hin ist ein leichter Abfall des Sauerstoffgehaltes und des pH-Wertes zu verzeichnen, insgesamt jedoch liegen alle Werte in der gleichen Größenordnung im unkritischen Bereich.

6.3 Bewertung der Entschlammungstechnologie hinsichtlich möglicher Beeinflussungen der Oberflächenwasserqualität

Einleitend muß angemerkt werden, daß die vorliegenden Untersuchungsergebnisse lediglich erste Aussagen zur Entschlammungstechnologie und zu den damit verbundenen Beeinflussungen der Oberflächenwasserqualität zulassen.

Prognosen zum zu erwartenden Sanierungserfolg sind auf der Grundlage der vorliegenden Datenbasis nicht möglich. Hierzu bedarf es einer Reihe zusätzlicher Untersuchungen. Entsprechende Empfehlungen sind dem Kapitel 7 zu entnehmen.

In Auswertung der im Rahmen der Testphase durchgeführten Untersuchungen lassen sich bei Ausschluß vereinzelt auftretender Extremwerte, die ggf. auch durch Meßfehler entstanden sein können, folgende erste Aussagen treffen:

- Die Untersuchungsergebnisse geben keine Hinweise auf starke Aufwirbelungen des Gewässersedimentes im Bereich der unmittelbaren Schlammentnahme ("Saugstelle").
- Es ist keine Ausbildung von Reduktionszonen (Sauerstoffmangel) bzw. keine signifikante pH-Wert-Erhöhung im Bereich der "Saugstelle" zu verzeichnen.
- Im Bereich der "Saugstelle" erfolgt durch das Ansaugen des Schlamm-Wassergemisches eine Freisetzung von an das Sediment gebundenen bzw. angelagerten anorganischen Stickstoff- und Phosphorverbindungen. Dabei sind die festgestellten Gehalte an o-Phosphat bzw. Gesamtphosphat als stark erhöht zu bewerten.

Anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse kann u.E. aus jetziger Sicht eingeschätzt werden, daß das für die Entschlammung des kleinen Heinersdorfer Sees zur Anwendung gebrachte Verfahren ein im Vergleich zur Naßbaggerung "schonenderes" Verfahren darstellt.

Das über die Kaskade und die Uferbereiche in den kleinen Heinersdorfer See gelangende Rücklaufwasser führt zu einer erheblichen Nährstoffzufuhr. Eutrophierungsprozesse werden begünstigt. Durch die Versickerung der Rücklaufwässer in den Uferbereichen auftretende Selbstreinigungseffekte und damit Verringerungen der Nährstoffeinträge konnten nicht festgestellt werden.

Als besonders positiv ist zu bewerten, daß die Uferbereiche von der technischen Maßnahme nahezu unberührt bleiben. Zerstörungen vorhandener Ufervegetation sind weitestgehend auszuschließen, Beeinflussungen der Vegetation durch die Versickerung der nährstoffbelasteten Rücklaufwässer sind jedoch nicht auszuschließen.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß über den gesamten Beprobungszeitraum an der "Saugstelle" außer jahreszeitlich bedingten Schwankungen keine Auffälligkeiten festzustellen sind.

Das Rücklaufwasser, das aus dem Spülfeld über eine Kaskade in einen Erlbruchwald und über Schilf in den See zurückgeleitet wird, ist stark mit Nährstoffen angereichert. Als kritisch sind hier die hohen Gehalte an Phosphorverbindungen zu sehen.

Diesem Nährstoffeintrag könnte entgegengewirkt werden, indem das Rücklaufwasser durch Phosphat-Eliminierung (Zusatz von Fällungsmitteln) vor der Einleitung in das Gewässer aufgearbeitet wird.

Alternativ könnte überprüft werden, inwiefern durch eine verlängerte Verweildauer des Rücklaufwassers in den Spülfeldern positive Effekte erzielt werden.

7. Empfehlungen für weitere sanierungsbegleitende Untersuchungen

Um abschließende Aussagen zur angewandten Entschlammungstechnologie und zum erzielten Sanierungseffekt erhalten zu können sollten ein weiterführendes Untersuchungsprogramm wie folgt gestaltet werden:

1. Als Parameter sollten neben Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoff, Ammonium, Nitrat, Nitrit auch alle drei Phosphatfraktionen sowie der Chlorophyllgehalt und die Sichttiefe untersucht bzw. festgestellt werden.

**Sanierungsbegleitende Untersuchungen
kleiner Heinersdorfer See**

Seite 14 von 14 Seiten

Die Untersuchungen von Chlorid, Sulfat und abfiltrierbaren Stoffen kann u.E. entfallen.

2. Änderungen (nur qualitativ) in Bezug auf Fauna (Fischbesatz, Zooplankton) und Flora (Änderungen in der Zusammensetzung der Algen, Uferbewuchs) sollten erfaßt werden.
3. Die Probennahmen sollten auf jeden Fall in regelmäßigen Abständen erfolgen.

Die Probenahmestellen sollten neben Zu- und Ablauf des Sees, die "Saugstelle" und den "Rücklauf" sowie stichpunktartig auch das Sediment im See und die Spülfelder umfassen.

Zusätzlich ist stichprobenartig die Erfassung des Chemismus aller Wassertiefenbereiche zu empfehlen. Hierbei sollte eine meterweise Abstufung erfolgen, wobei ein Sauerstoffprofil an einigen ausgewählten Tagen auch 10 cmweise genommen werden sollte.

4. Die Messung von Vor-Ort-Parametern und die Bestimmung der Gehalte an Ammonium, Nitrat sowie o-Phosphat (über Schnelltestverfahren) kann im Interesse einer Kostensenkung und der Gewinnung einer großen Datendichte durch den Anlagenbetreiber selbst erfolgen (Schichttagebuch).



Obst
NAFU Ingenieurbüro
in Brandenburg



Friedrich
NAFU Ingenieurbüro
in Brandenburg

**Meßwerte und Ergebnisse sanierungsbegleitender Untersuchungen
 zum Vorhaben
 Entschlammung des kleinen Heinersdorfer Sees**

**Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse der Wasserproben der Entnahmestellen
 "Saugstelle" und "Rücklauf"**

SAUGSTELLE

	Probenahmedatum					
Parameter [mg/l]		6.08.	9.08.	13.08.	16.08. MWA /NAFU	20.08.
Temperatur	[°C]	21,2	21,0	20,8	24,0 / 22,8	20,5
Leitfähigkeit	[mS/cm]	0,85	0,93	0,81	1,02 / 0,772	0,80
pH-Wert		7,69	7,68	7,60	8,42 / 8,78	7,74
Sauerstoff	[mg/l]	3,60	7,49	9,80	16,1 / 14,6	4,95
Ammonium	[mg/l]	1,91	0,53	0,56	0,20 / 0,06	0,33
Nitrat	[mg/l]	0,52	0,32	0,47	0,40 / 0,10	0,35
Nitrit	[mg/l]	0,02	0,02	0,02	0,02 / < 0,1	0,008
Chlorid	[mg/l]	86,10	86,20	79,00	74,5 / 71,3	77,8
Sulfat	[mg/l]	173,50	175,30	166,80	163 / 150	166,4
o-Phosphat (als P)	[mg/l]	0,156	0,094	0,156	0 / < 0,2	0,052
ges. Phosphor	[mg/l]	0,3030	0,1670	0,2230	0,134 / 0,71	0,14
abfiltr. Stoffe	[mg/l]	16,60	10,60	29,40	8,00 / 14,4	40,0

RÜCKLAUF

	Probenahmedatum					
Parameter		6.08.	9.08.	13.08.	16.08. MWA/ NAUFU	20.08
Temperatur	[°C]	20,3	23,5	18,9	23,1 / 21,4	18,2
Leitfähigkeit	[mS/cm]	0,96	0,82	0,91	0,77 / 0,857	0,89
pH-Wert		7,66	7,64	7,44	7,93 / 7,99	7,71
Sauerstoff	[mg/l]	6,90	8,16	5,50	8,60 / -	4,94
Ammonium	[mg/l]	6,00	7,04	9,50	4,9 / 5,05	7,65
Nitrat	[mg/l]	0,56	0,40	1,80	0,49 / 0,2	0,4
Nitrit	[mg/l]	0,02	0,02	0,04	0,07 / < 0,1	0,009
Chlorid	[mg/l]	85,50	84,30	74,40	73,8 / 67,5	75,9
Sulfat	[mg/l]	164,96	165,60	158,20	155,7 / 140	157,7
o-Phosphat (als P)	[mg/l]	0,781	1,53	0,656	0,71 / 1,0	0,25
ges. Phosphor	[mg/l]	1,30	1,00	1.240	0,809 / 2,92	0,849
abfiltr. Stoffe	[mg/l]	27,00	0,10	11,60	36,8 / 102	84,4

**Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse der Wasserproben der Entnahmestellen
 "Saugstelle" und "Rücklauf"**

SAUGSTELLE

		Probenahmedatum				
Parameter		27.08.	30.08.	03.09.	06.09.	10.09.
Temperatur	°C]	17,6	16,5	16,8	15,7	17,0
Leitfähigkeit	[mS/cm]	0,99	0,89	1,00	0,99	1,05
pH-Wert		7,68	7,88	7,60	8,11	7,92
Sauerstoff	[mg/l]	4,35	6,00	3,30	7,80	14,0
Ammonium	[mg/l]	0,22	0,64	1,12		0,64
Nitrat	[mg/l]	0,40	0,38	0,44	0,21	0,39
Nitrit	[mg/l]	0,02	0,02	0,04	0,043	0,08
Chlorid	[mg/l]	83,2	92,3	85,50	83,8	85,7
Sulfat	[mg/l]	172,5		174,4	171,6	172,4
o-Phosphat (als P)	[mg/l]		0,013	0,118	0,012	0,03
ges. Phosphor	[mg/l]	0,193	0,201	0,341	0,316	0,211
abfiltr. Stoffe	[mg/l]	15,4	12,8	4,8	10,0	32,8

RÜCKLAUF

		Probenahmedatum				
Parameter		27.08.	30.08.	03.09.	06.09.	10.09.
Temperatur	°C]	16,8	15,7	16,3	14,6	16,2
Leitfähigk.	[mS/cm]	0,95	1,01	0,89	1,1	1,01
pH-Wert		7,44	7,89	7,62	7,86	8,92
Sauerstoff	[mg/l]	4,38	5,40	6,40	5,40	0,6
Ammonium	[mg/l]	7,85	7,10	7,71	11,25	10,4
Nitrat	[mg/l]	0,46	0,43	2,90	0,22	0,41
Nitrit	[mg/l]	0,026	0,05	0,04	0,035	0,05
Chlorid	[mg/l]	81,9	80,9	81,70	80,4	82,0
Sulfat	[mg/l]	164,1	160,8	159,4	155,70	149
o-Phosphat (als P)	[mg/l]		0,734	0,58	0,867	0,75
ges. Phosphor	[mg/l]	1,04	0,909	1,32	1,74	1,57
abfiltr. Stoffe	[mg/l]	56,0	153,2	28,4	31,6	128,8

**Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse der Wasserproben der Entnahmestellen
"Saugstelle" und "Rücklauf"**

SAUGSTELLE

		Probenahmedatum				
Parameter		15.09.	13.10.	27.10	02.11. NAFU	09.11.
Temperatur	°C]	15,5	15,0	7,5	5,4	6,3
Leitfähigkeit	[mS/cm]	0,88	0,98	1,2	0,908	1,50
pH-Wert		7,92	7,82	7,82	7,60	7,79
Sauerstoff	[mg/l]	6,96	8,10	6,20		5,70
Ammonium	[mg/l]	1,12	1,95	3,15	3,39	2,27
Nitrat	[mg/l]	0,30	0,76	0,77	0,90	1,93
Nitrit	[mg/l]	0,11	0,22	0,16	< 0,1	0,10
Chlorid	[mg/l]	n.u.	86,7	n.u.	82	82,7
Sulfat	[mg/l]	n.u.	168,5	n.u.	147	149,5
o-Phosphat (als P)	[mg/l]	0,007	0,026	0,14	0,128	0,19
ges. Phosphor	[mg/l]	0,247	0,285	0,255	1,68	0,454
abfiltr. Stoffe	[mg/l]	2,4	9,4	12,0	13,2	5,0

RÜCKLAUF

		Probenahmedatum				
Parameter		15.09.	13.10.	27.10.	02.11.	09.11.
Temperatur	[°C]	15,15	14,6	7,1	n.u.	6,40
Leitfähigkeit	[mS/cm]	1,09	1,04	1,2	n.u.	1,27
pH-Wert		7,96	7,68	8,05	n.u.	7,68
Sauerstoff	[mg/l]	8,90	7,60	10,31	n.u.	7,80
Ammonium	[mg/l]	4,71	7,41	5,81	n.u.	5,87
Nitrat	[mg/l]	1,95	0,43	0,51	n.u.	1,62
Nitrit	[mg/l]	0,09	0,16	0,10	n.u.	0,097
Chlorid	[mg/l]	n.u.	85,7	n.u.	n.u.	79,8
Sulfat	[mg/l]	n.u.	156,4	n.u.	n.u.	137,9
o-Phosphat (als P)	[mg/l]	0,007	0,62	0,36	n.u.	0,31
ges. Phosphor	[mg/l]	1,08	1,38	0,706	n.u.	1,18
abfiltr. Stoffe	[mg/l]	26,0	182,4	43,2	n.u.	275,2

**Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse der Wasserproben an der Entnahmestelle
 "Kaskade"**

KASKADE

		Probenahmedatum		
Parameter		16.08.	16.08. NAFU	27.08
Temperatur	[°C]	24,2	22,1	15,8
Leitfähigk.	[mS/cm]	0,86	867	1,00
pH-Wert		7,97	7,86	7,62
Sauerstoff	[mg/l]	9,90	n.u.	5,24
Ammonium	[mg/l]	4,40	5,37	7,98
Nitrat	[mg/l]	0,40	0,2	0,40
Nitrit	[mg/l]	0,02	< 0,1	0,023
Chlorid	[mg/l]	74,40	69,1	82,2
Sulfat	[mg/l]	157,50	142	164,8
o-Phosphat (als P)	[mg/l]	0,656	1,4	0,577
ges. Phosphor	[mg/l]	0,7720	2,68	0,931
abfiltr. Stoffe	[mg/l]	52,00	101,6	56,0

**Tabelle 2: Ergebnisse der Untersuchung zusätzlicher Wasserproben vor Beginn der
 Entschlammung**

Probenahme vor Inbetriebnahme am 27.08.1992			
SAUGSTELLE			
Parameter		Entnahmetiefe 0,0 - 0,5	Entnahmetiefe 0,8 - 1,3
Temperatur	[°C]	20,4	22,0
Leitfähigkeit	[mS/cm]	0,783	0,804
pH-Wert		7,86	7,75
Sauerstoff	[mg/l]	3,5	2,4
Ammonium	[mg/l]	0,95	1,1
Nitrat	[mg/l]	< 0,1	< 0,1
Nitrit	[mg/l]	< 0,1	< 0,1
Chlorid	[mg/l]	70,4	67,0
Sulfat	[mg/l]	156	150
o-Phosphat (ber. als P)	[mg/l]	< 0,07	< 0,07
ges. Phosphor	[mg/l]	0,38	0,21
GL-Wert		2	2

Tabelle 3: Ergebnisse zusätzlicher Wasseruntersuchungen nach Abschluß der Testphase

Probenahmestelle/Probenahmedatum				
Parameter [mg/l]		Saugstelle 02.11.	Zulauf See 02.11	Ablauf See 02.11.
Temperatur	[oC]	5,4	5,5	5,3
Leitfähigkeit	[mS/cm]	0,908	0,913	0,903
pH-Wert		7,60	7,64	7,59
Sauerstoff	[mg/l]	-	n.u.	n.u.
Ammonium	[mg/l]	3,39	3,42	3,45
Nitrat	[mg/l]	0,90	0,90	1,0
Nitrit	[mg/l]	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chlorid	[mg/l]	82	83,2	81,0
Sulfat	[mg/l]	147	145,7	148
o-Phosphat (ber. als P)	[mg/l]	0,128	0,16	0,128
ges. Phosphor	[mg/l]	0,538	1,56	1,62
abfiltr. Stoffe	[mg/l]	13,2	17,8	24,4

AUFNAHME VON TIEFENPROFILEN

Datum: 02.11.1993

Meßtiefe [m]	Sauerstoff [mg/l]	pH-Wert	Temperartur [°C]
Zulauf - See			
0,5	7,9	7,64	5,5
1,0	7,4	7,35	5,6
Saugstelle			
0,5	7,6	7,60	5,4
1,0	7,4	7,61	5,3
2,0	7,3	7,62	5,3
3,0	7,1	7,36	5,5
Ablauf See			
0,5	7,5	7,50	5,3
1,0	7,1	7,10	5,2

Bilddokumentation für die
Erprobung des HSG - 93

3. Bilddokumentation zur Erprobung des HSG - 93

	Seite
Bild 1: Umbau des Gerätes	1
Bild 2: Schlammförderung	1
Bild 3: Saugschuhentwicklung	2
Bild 4: Programmierte Steuerung	2
Bild 5: Erprobungsobjekt "Kleiner Heinersdorfer See"	3
Bild 6: Aufbau Schwimmsteg	3
Bild 7: Druckleitung im Auwald	4
Bild 8: Schwimmsteg mit Polpunkt	4
Bild 9: Arbeitsstellung des Gerätes	5
Bild 10: Schwimmende DEST mit Verbindungsleitungen	5
Bild 11: Spülfeld nach Beschickung und teilweiser Entwässerung	6
Bild 12: Belüftungskaskade für Spülfeldablauf	6



Bild 1: Umbau des Gerätes

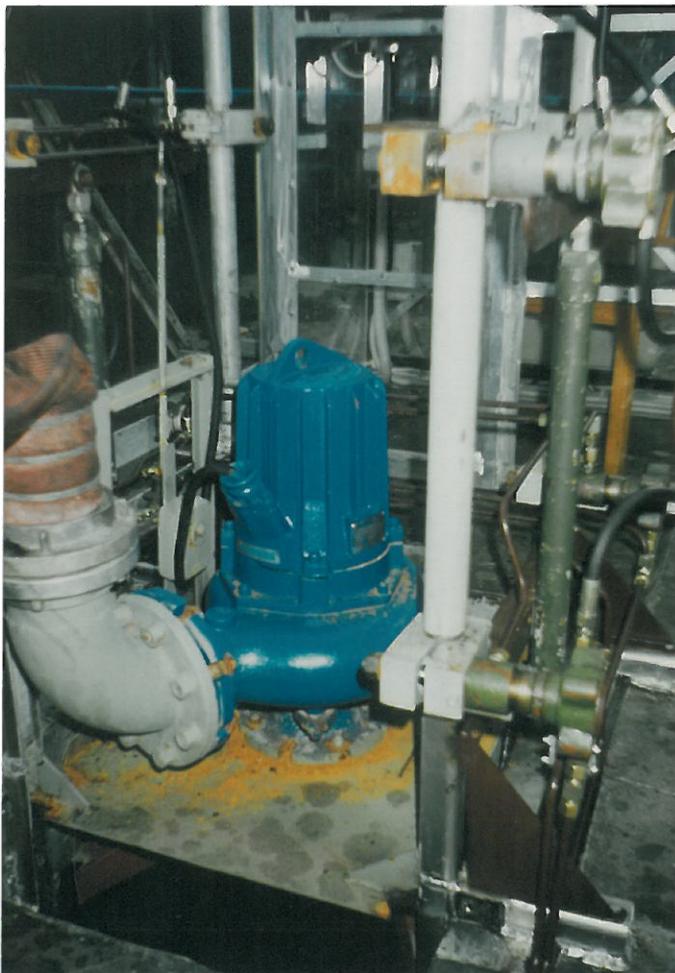


Bild 2:
Schlammförderung



Bild 3: Saugschuhentwicklung



Bild 4: Programmerte Steuerung



Bild 5: Erprobungsobjekt "Kleiner Heinersdorfer See"



Bild 6: Aufbau Schwimmsteg



Bild 7: Druckleitung im Auwald



Bild 8: Schwimmsteg mit Polpunkt



Bild 9: Arbeitsstellung des Gerätes



Bild 10:
Schwimmende DEST mit
Verbindungsleitungen



Bild 11: Spülfeld nach Beschickung und teilweiser Entwässerung



Bild 12:
Belüftungskaskade
für Spülfeldablauf