

PILOTPROJEKT

" Einführung neuer Meßverfahren und Geräte im Abwasserbereich"

Gefördert von der **DEUTSCHEN BUNDESSTIFTUNG UMWELT**

(Az. 00633)

TEILPROJEKT 1 Untersuchung der Steuerungsmöglichkeit von Klärwerken auf der Basis von Fuzzy-Logik mit neuen Meßverfahren

Kooperationspartner:

AUCOTEAM GmbH Berlin, Thelemann GmbH Berlin,

WAZV Werder Havelland
(vorm PWA GmbH Potsdam)

Bericht über die 2. Etappe
(11/93 - 06/95)

Dr. Heiner Merten (AUCOTEAM GmbH)
Projektleiter

Berlin, im Juni 1995

Dieser Bericht über die 2. Etappe des Teilprojekts 1 und seine Gliederung schließen an den Teilbericht zur 1. Etappe vom 09.09.1993 an.

Gliederung

1.5. Zielstellung für die Realisierung des optimierten Verfahrens	
(Kaskadenbetrieb) in der Kläranlage Werder-Phöben	2
1.5.1. Zielstellung für die Ablaufwerte.....	2
1.5.2. Verfahrenstechnische Ziele	2
1.5.2.1. Verfahrenskonzept: kaskadierte Belebung	2
1.5.2.2. Grundlagen	4
1.5.2.3. Arbeitsweise der 8 Sektionen in den Belebungsbecken	5
1.5.2.4. Gewählte Parameter für die Belebungsstufen (nach A 131).....	6
1.5.2.5. Sauerstoffbedarf in den Belebungsbecken.....	7
1.5.2.6. Nachklärung.....	8
1.6. Realisierung der Veränderungen gemäß Konzept	8
1.6.1. Bauliche Veränderungen in der Kläranlage Werder/Phöben.....	8
1.6.1.1. Speicherbecken	8
1.6.1.2. Belebungs-Kaskade.....	9
1.6.1.3. Belüftung	10
1.6.2. Übersicht über die Stellglieder und die Meßparameter/Meßorte	12
1.6.2.1. Eingriffsmöglichkeiten/Stellglieder	13
1.6.2.2. Zur Anlagenführung und -kontrolle dienende Meßstellen	13
1.6.3. Messungen im Versuchszeitraum Juni / Juli 1994.....	13
1.6.3.1. Nutzung des Partikelgrößenanalysators PARTmaster L zur	
Bewertung unterschiedlicher Probenfilter	13
1.6.3.2. Einsatz von Feld- und Prozeßgeräten zur	
BSB-Kurzzeit-Messung	13
1.6.4. Einschätzung der Meßergebnisse und Schlußfolgerungen für	
den Endausbau	28
1.6.5. Änderung des Ablaufplanes mit Verlängerung der Projektlaufzeit	
bis 06/95	33

1.7. Endausbau des Pilotprojekts auf Grundlage der Messungen und Veränderungen im Zeitraum 10/94 bis 03/95	34
1.7.1. Steuerungskonzept mit Fuzzy-Logik (SPS-Struktur).....	34
1.7.2. pH-Wert-Regulierung und Zulaufvergleichmäßigung der BSB- Fracht.....	36
1.7.3. Rücklaufschlamm-Steuerung	39
1.7.4. Sauerstoffeintrag	42
1.7.5. Phosphatfällung	44
1.8. Versuchsbetrieb 04 bis 06/ 95 - "Meßwochen '95"	45
1.8.1. Übersicht zum Versuchsbetrieb	45
1.8.2. Änderung des TS-Gehalts mit dem Ziel einer verbesserten O2- Steuerung (Betriebskosten)	46
1.8.3. Belastungsänderung: Auswirkungen von pH-Wert-Spitzen im Zulauf der Kläranlage.....	48
1.8.4. Belastungsänderung: Fäkalienezuführung direkt auf Kläranlage oder über Dekanter entwässert.....	49
1.8.5. Belastungsänderung: Regenereignis.....	51
1.9. Das Verhalten der Kläranlage Werder-Phöben im Ergebnis des	
Pilotprojekts	52
1.9.1. Vergleich der Belastung der Kläranlage 1995 gegenüber 1992.....	52
1.9.2. Das Verhalten der Kläranlage nach der Optimierung.....	54
1.10. Einschätzung des Pilotprojekts.....	57
1.11. Publikationen zum Pilotprojekt.....	58

1.5. Zielstellung für die Realisierung des optimierten Verfahrens (Kaskadenbetrieb) in der Kläranlage Werder-Phöben

1.5.1. Zielstellung für die Ablaufwerte

Die Anlage 1 enthält die Bemessung der Abwasserabgabe auf Grundlage der bisherigen Abbauleistung der Kläranlage bei Einhaltung der erklärten Werte von:

CSB :	90 mg/l
P(ges.):	2 mg/l
N(ges.):	18 mg/l.

Es ergibt sich ein Gesamtbetrag in Höhe von 109.800,00 DM

In Anlage 2 ist die Abwasserabgabe bei Erreichen der Mindestanforderungen der AbwVV. zu 28.680 DM berechnet.

Daraus ergibt sich eine jährliche Einsparung von **81.120,00 DM.**

1.5.2. Verfahrenstechnische Ziele

1.5.2.1. Verfahrenskonzept: kaskadierte Belebung

Die Kläranlage Werder-Phöben wurde 1982 als mechanisch-biologische Anlage mit Kreislaufbelüftung fertiggestellt und für die Behandlung des Abwassers der Stadt Werder, eines Fruchtsaftbetriebes und eines Pektinwerkes konzipiert.

Dabei wurde das Klärwerk ausschließlich für den Kohlenstoffabbau bemessen und in einzelnen Anlagenteilen für eine hydraulische Belastung von 6000 m³/d Abwasser ausgelegt (ca. 20.000 EGW) Das Fließbild (Bild 1) zeigt den Parallelbetrieb von 4 Belebungsbecken:

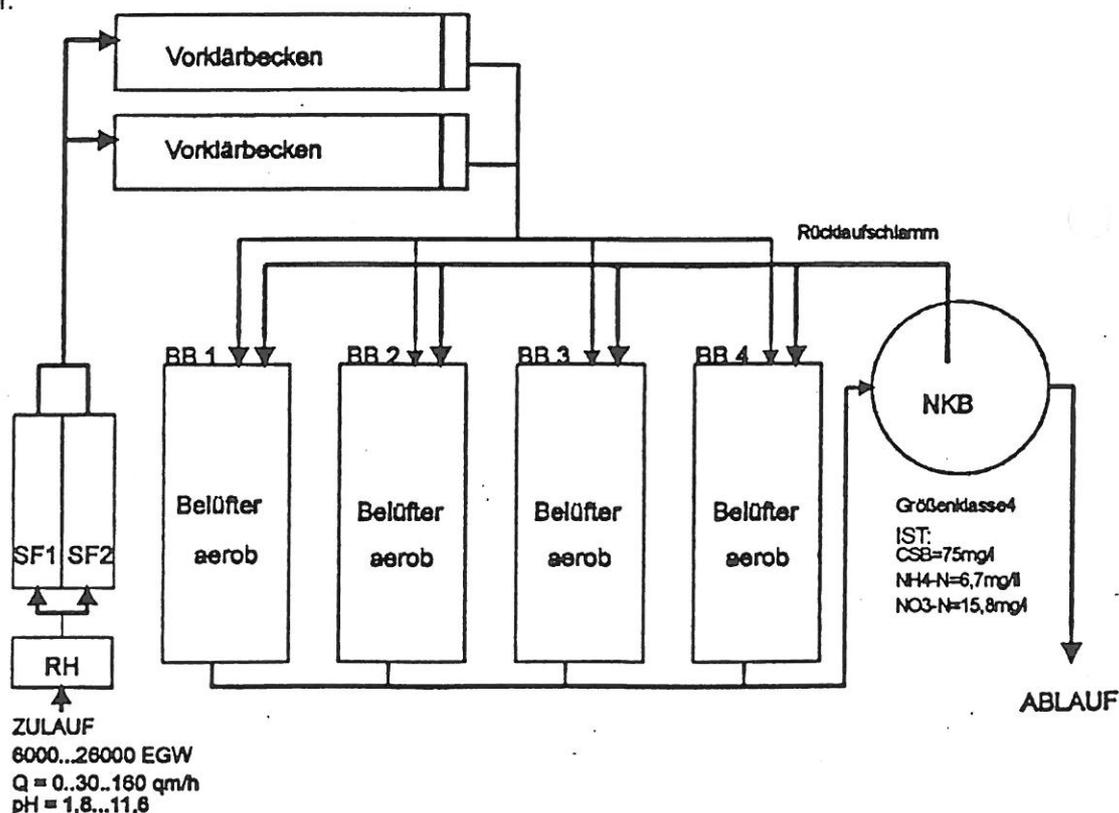


Bild 1 Fließbild der KA Werder-Phöben 1992 (Ausgangszustand)

Die Verringerung der Abwasserabgabe soll durch die verfahrenstechnische Umstellung erreicht werden mit einer erhöhten, stabilen Stickstoff- und Phosphatelimination bei Einhaltung der Mindestanforderungen der Abwasserverwaltungsvorschrift und Gewährleistung der Reinigungsleistung bei einer Erhöhung des Anschlußgrades. Die Erhöhung der Abbauleistung soll erreicht werden durch die Nutzung eines Speicherbeckens zur Zulaufvergleichmäßigung, die Umstellung der vier parallel arbeitenden Belebungsbecken auf einen seriellen Kaskadenbetrieb mit einer Erhöhung der Belüftungsleistung und die Umstellung der Betriebsführung auf eine SPS mit FUZZY-Elementen:

Eines der beiden parallel liegenden Vorklärbecken übernimmt die Funktion eines Speicherbeckens. Es hat folgende Aufgaben :

- Abfangen von pH-Wertschwankungen, die bereits am Rechenhaus erkannt werden
- Abfangen großer Schwankungen der Zulaufmenge (Vergleichmäßigung der hydraulischen Belastung)
- Pufferung des Zulaufs zur biologischen Reinigungsstufe zur Frachtvergleichmäßigung

Die 4 parallel arbeitenden Belebungsbecken werden seriell als 4stufige Kaskade betrieben. Jede Stufe wird in 2 Sektionen geteilt:

In der 1. Sektion wird nur gerührt. In dieser anoxischen bzw. anaeroben Zone erfolgt die Denitrifikation und gegebenenfalls die Bio-P Rücklösung.

In der 2. Sektion jeder Kaskadenstufe wird durch Tauch- bzw. Kreiselbelüfter eine aerobe Zone zur Nitrifikation und Bio-P Aufnahme erzeugt.

Für die Funktion der Kaskade sind die Zulaufmengen in die 4 Kaskadenstufen von entscheidender Bedeutung:

- die Abwassermenge aus der Vorklärung wird in einem festem Verhältnis auf die Kaskadenstufen aufgeteilt
- die kontinuierlich regelbare Menge Rücklaufschlamm wird in die beiden ersten Kaskadenstufen geleitet

Die Belüftungsleistung wird erhöht durch Austausch der vorhandenen Belüfter in den Belebungsbecken 1 und 2 gegen leistungsfähigere Tauchbelüfter und Erhöhung ihrer Anzahl. Die Belüftungsleistung ist über die Einschaltzeiten steuerbar. Diese neue Verfahrensstruktur ist in Anlage 7 dargestellt.

Die Prozeßführung wird durch eine SPS mit FUZZY-Elementen auf Grundlage der ausgewählten Meßgrößen unter Einbeziehung von Erfahrungswerten (Expertenwissen) realisiert. Besonders in biotechnologischen Prozessen mit ihren teilweise nur ungenau zu ermittelnden Meßwerten oder nur verbal zu beschreibenden Zusammenhängen und Erfahrungswerten lassen sich mit der FUZZY-Methodik günstige Steuerungs- und Regelungsmechanismen realisieren /1,7,11/. Dabei sind Regelmechanismen für Teilprobleme (Rücklaufschlamm, pH- und Fracht-Vergleichmäßigung, Phosphateli-

minierung) so ausgelegt, daß sie in besonderen Situationen nach bestimmten Vorrangregeln autark arbeiten und einen sicheren Betrieb der Anlage gewährleisten können. Die Bemessung für diese Umrüstung ist in /10/ dargestellt und wird hier nur in den Grundzügen wiedergegeben:

Unter Berücksichtigung der 1992 gemessenen Belastungswerte ergibt sich gemäß Anlage 3 für ca. 12 920 EW das notwendige Belebungsbeckenvolumen von 2719 m³ gegenüber 3860 m³ vorhandenem Beckenvolumen (berechnet nach Kayser).

Schon bei einer Erhöhung der Belastung auf 15 500 EGW ergibt die in Anlage 4 beige-fügte Berechnung des notwendigen Belebungsbeckenvolumens die Forderung von 4065 m³.

Aus diesen Betrachtungen wird deutlich, daß mit der herkömmlichen Abwasserbehandlungstechnologie zur Stickstoffentfernung (Denitrifikation durch intermittierende Belüftung oder vorgeschaltete Denitrifikation) die KA unter Berücksichtigung der Erhöhung der Belastung ohne bauliche Veränderungen bei Einhaltung der Mindestanforderungen der Abwasserverwaltungsvorschrift nicht weiter betrieben werden könnte (die abgeschätzte Entwicklung bestätigte sich durch die Messungen 1995 - siehe Abschnitt 1.9.1).

Diese Überlegungen führten zu dem in /10/ dargestellten Vorschlag eines Kaskadenbetriebes der Belebungsbecken.

1.5.2.2. Grundlagen

- Abwassermengen

Die Meßwochen 1992/93 im Rahmen des DBU-Pilotprojektes ergaben eine mittlere Aufleitungsmenge $Q_n = 128 \text{ m}^3/\text{h}$, die für die Berechnungen auf $150 \text{ m}^3/\text{h}$ aufgestockt wurde, so daß bei gleichmäßiger hydraulischer Belastung mit einer täglichen Abwassermenge, einschließlich aufgeleiteter Fäkalien, von $Q_d = 150 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24 \text{ h} = 3600 \text{ m}^3/\text{d}$ gerechnet wird. Die Vergleichmäßigung wird durch das Speicherbecken (zweites Vorklärbecken) mit 500 m^3 Inhalt möglich.

- Frachten nach der Vorklärung

Eine Berechnung mittels Einwohnerwerten durchzuführen ist wegen der industriellen Einleitung mit von den kommunalen Werten deutlich abweichenden Inhalten wenig sinnvoll, da die Firmen "Herbstreith & Fox" und "Havelland GmbH" etwa die Hälfte der Abwassermenge aufleiten können, welches in der Zusammensetzung von häuslichem Abwasser stark abweicht.

Außerdem ergaben sich starke Schwankungen der Werte:

nach BSB₅ wurden Anschlußwerte zwischen 5218 EW und 23459 EW ermittelt, nach CSB zwischen 9405 EW und 32700 EW.

Bei einer Vergleichmäßigung des Zuflusses zur biologischen Stufe sollte die maximale Fracht 31500 EW nicht überschreiten, damit noch eine ausreichende Stickstoffelimination gewährleistet ist.

Zusammenfassung der Werte aus /10/ (Alle Werte sind nach den Analysewerten und auf 3600 m³/d über 24 h vergleichmäßig):

BSB ₅ - Konzentration im Zulauf	525 mg/l
BSB ₅ - Fracht nach dem Vorklärbecken	1260 kg/d
CSB - Fracht nach dem Vorklärbecken (nach Analysen)	2616 kg/d
N _{ges} - Fracht nach dem Vorklärbecken	212 kg/d
NH ₄ -N- Fracht nach der Vorklärung	159 kg/d
P _{ges} - Fracht nach der Vorklärung	15,34 kg/d
Feststoff - Fracht nach der Vorklärung	360 kg/d
Säurekapazität	4,1 mmol/l ... 8,1 mmol/l

1.5.2.3. Arbeitsweise der acht Sektionen in den Belebungsbecken

Die Teilung der Belebungsbecken durch Gummimatten und ihre Umschaltung zur Kaskade schafft acht Sektionen, die vom Hauptstrom nacheinander durchflossen werden.

Erste Sektion (anoxisch und anaerob)

In diese Sektion wird der gesamte Rücklaufschlamm und ca. 40 % von der zulaufenden Abwassermenge gegeben und durchmischt. Durch den Rücklaufschlamm werden geringe Mengen Nitrat mit eingebracht, so daß zunächst nur anoxische Zustände eintreten. Nachdem das Nitrat denitrifiziert ist, wird ein anaerober Zustand erreicht, so daß eine P-Rücklösung stattfindet, die die Voraussetzung für die biologische P-Elimination ist. Diese Sektion wird nur mechanisch durchmischt.

Zweite Sektion (oxisch)

Diese Sektion wird belüftet. Hier werden die C- und N-Verbindungen oxidiert und PO₄-P wird in den Bakterienzellen eingespeichert.

Dritte Sektion (anoxisch)

Es werden weitere 40 % vom Abwasserzufluß zugegeben und das Becken wird lediglich durchmischt, so daß die oxidierten Stickstoffverbindungen denitrifiziert werden.

Vierte Sektion (oxisch)

Analog zur zweiten Sektion

Fünfte Sektion (anoxisch)

Hier werden weitere 15 % der Abwassermenge zugegeben, um die oxidierten Stickstoffverbindungen aus der vierten Sektion zu denitrifizieren.

Sechste Sektion (oxisch)

Analog zur zweiten Sektion

Siebte Sektion (anoxisch)

Unter Zugabe weiterer fünf Prozent der Abwassermenge werden die oxidierten Stickstoffverbindungen aus den oxischen Sektionen zum Teil denitrifiziert.

Achte Sektion (oxisch)

In dieser Stufe soll der Rest-Ammoniumgehalt aus der siebten Sektion aufoxidiert werden, so daß nur noch Nitrate im Ablauf enthalten sind. Anschließend kann somit keine Sauerstoffzehrung durch Ammonium mehr erfolgen (siehe Anlage 5).

1.5.2.4. Gewählte Parameter für die Belebungsstufen (nach A 131)

- Überschußschlammproduktion

Organische Belastung $B_{d,BSB_5} = 0,350 \text{ kg/m}^3 \cdot 150 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24 \text{ h/d} = 1260 \text{ kg/d}$
(31500 EW)

Abfiltrierbare Stoffe $B_{d,TSO} = 0,100 \text{ kg/m}^3 \cdot 150 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24\text{h/d} = 360 \text{ kg/d}$

Verhältnis $\text{kg TS}_0/\text{kg BSB}_5 = 360 \text{ kg/d} / 1260 \text{ kg/d} = 0,285$

(in der Tabelle 8 des A 131 nicht enthalten).

Die Überschußschlammproduktion wird dann aus dem Verhältnis abgeschätzt:

$$C/N = 1260 \text{ kg/d} / 212 \text{ kg/d} = 5,94$$

Es wird eine Schlammproduktion 0,7 kg TS/kg BSB₅ gewählt.

$$\dot{U}_{BSB_5} = 1260 \text{ kg/d} \cdot 0,7 \text{ kg TS/kg BSB}_5 = 882 \text{ kg TS/d}$$

- Schlammalter

Gewählter Schlammgehalt im Belebungsbecken $TS_{BB} = 3 \text{ g/l}$

Gewählter Schlammindex $ISV = 160 \text{ ml/g}$

Vergleichsschlammvolumen $VSV = 3 \text{ g/l} \cdot 160 \text{ ml/g} = 480 \text{ ml/l}$

gewählt: 500 ml/l

Trockensubstanz Rücklaufschlamm $TS_{RS} = 6 \text{ g/l}$

Rücklaufverhältnis $RV = 3 \text{ g/l} / (6 \text{ g/l} - 3 \text{ g/l}) = 1 (100 \%)$

- mögliches erreichbares Schlammalter

Aus der Summe der Trockensubstanzgehalte der Einzelstufen (s. Anhang) ergibt sich eine Gesamttrockensubstanzmenge von $TS_{BB} = 12579 \text{ kg}$.

Schlammalter $t_{TS} = 12579 \text{ kg} / 882 \text{ kg/d} = 14,26 \text{ d}$
 $[> 13 \text{ d (bezogen auf } 10^\circ \text{ C)}]$

Schlammalter, aerob $t_{TSaer} = 7308 \text{ kg} / 882 \text{ kg/d} = 8,28 \text{ d}$
 $[> 8 \text{ d (bez. auf } 10^\circ \text{ C)}]$

- Schlammbelastung

$$B_{TS} = 1260 \text{ kg}_{BSB5} / 12579 \text{ kg}_{TS} = 0,1 \text{ kg}_{BSB5} / \text{kg}_{TS} \cdot \text{d}$$

Zu nitrifizierender Stickstoffanteil in den oxischen Zonen

$$C_{Nnit} = C_{Nges} - C_{NO3-N} - C_{Norg-Abl.}$$

Stickstoffanteil im Belebtschlamm (aus Verhältnis Nitrifikanten zu TS_{BB}) gewählt 8 %

$$C_{Norg} = (882 \text{ kg} / \text{TS/d} \cdot 0,08 \text{ kg } N_{org} / \text{kg TS}) / 3600 \text{ m}^3/\text{d} = 19,6 \text{ g/m}^3$$

$$C_{NO3-N} = 0,8 \text{ g/m}^3 \text{ (nach Analysen)}$$

$$C_{Norg-Abl} = 2 \text{ g/m}^3 \text{ (nach Analysen)}$$

$C_{Nnit} = 59 \text{ g/m}^3 - 19,6 \text{ g/m}^3 - 0,8 \text{ g/m}^3 - 2,0 \text{ g/m}^3$	$= 36,6 \text{ g/m}^3$
--	------------------------

Zur Vereinfachung wird für die Denitrifizierung die gleiche Konzentration angesetzt:

$$C_{NDen} = C_{Nnit} = 36,6 \text{ g/m}^3$$

1.5.2.5. Sauerstoffbedarf in den Belebungsbecken

Entsprechend den Variationsmöglichkeiten der ersten beiden Stufen wird für die ersten beiden Becken jeweils die mögliche Höchstbelastung von 50 % ($75 \text{ m}^3/\text{h}$) angesetzt.

BSB₅-Fracht

$$B_{BSB5} = 75 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,350 \text{ kg/m}^3 = 26,25 \text{ kg/h}$$

Spezifischer Sauerstoffverbrauch für den Abbau der Kohlenstoffverbindungen

$$d_c = 1,24 \text{ kgO}_2/\text{kg}_{BSB5} \text{ (nach ATV 131 bei } T = 10^\circ \text{ C und } t_s = 13 \text{ d)}$$

Sauerstoffbedarf für den Abbau der Kohlenstoffverbindungen

$$O_{b,c} = 26,25 \text{ kg}_{BSB5}/\text{h} \cdot 1,24 \text{ kgO}_2/\text{kg}_{BSB5} = 32,50 \text{ kgO}_2/\text{h}$$

NH₄-N-Fracht

$$BNH_4 = 75 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,0366 \text{ kg/m}^3 = 2,745 \text{ kg/h}$$

Spezifischer Sauerstoffverbrauch für die Oxidation der Stickstoffverbindungen

$$d_N = 4,6 \text{ kgO}_2/\text{kgNH}_4\text{-N} \text{ (nach ATV 131)}$$

$$f_N = 1,5 \quad (\text{gewählter Stoßfaktor})$$

Sauerstoffbedarf für die Oxidation der Stickstoffverbindungen

$$O_{b,n} = 2,745 \text{ kgNH}_4\text{-N/h} \cdot 4,6 \text{ kgO}_2/\text{kgNH}_4\text{-N} \cdot 1,5 = 18,94 \text{ kgO}_2/\text{h}$$

Gesamter maximaler Sauerstoffbedarf für Belebungsbecken I bzw. II

$$O_b = 32,50 \text{ kg/h} + 18,94 \text{ kg/h} = 51,44 \text{ kg/h}$$

Für das Belebungsbecken III (Kaskadenstufen 5 und 6) ergibt sich bei einer Belastung mit $22,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ein Sauerstoffbedarf von $19,28 \text{ kg/h}$.

Beim Becken IV (Kaskadenstufe 7 und 8) werden noch benötigt: $6,43 \text{ kg/h}$.

Bei gut funktionierender Denitrifikation werden pro $\text{kg NO}_3\text{-N}$ bis zu $2,9 \text{ kg O}_2$ zurückgewonnen, so daß die Belüftungssysteme variabel sein sollten. Diese "Reserve" ist bei der Berechnung des Sauerstoffbedarfs nicht berücksichtigt worden.

1.5.2.6. Nachklärung

Von den zwei vorhandenen runden Nachklärbecken wird bei einem durchschnittlichen Zufluß von $150 \text{ m}^3/\text{h}$ nur ein Becken benötigt.

Zulässige Flächenbeschickung für $\text{TS}_e < 20 \text{ mg/l}$

$$q_{\text{Aerf.}} = q_{\text{SA}} / \text{VSV} = 300 \text{ l/m}^2\text{h} / 500 \text{ l/m}^3 = 0,6 \text{ m/h} \quad (\text{VSV} = 500 \text{ ml/l})$$

Vorhandene Flächenbeschickung für ANB = 803 m^2

$$q_A = (Q_t + Q_{\text{RS}}) / \text{ANB} = (150 \text{ m}^3/\text{h} + 150 \text{ m}^3/\text{h}) / 803 \text{ m}^2 = 0,37 \text{ m/h} < 0,6 \text{ m/h}$$

Mit den unter 1.5.2. beschriebenen und berechneten technologischen Veränderungen auf der Kläranlage soll unter Verwendung hochwertiger Meßtechnik und einer innovativen Steuerung bei Verwendung relativ geringer finanzieller Mittel (ca. 1 Mio DM) der Neubau der Kläranlage (Kostenschätzung bei 20 Mio DM) um einige Jahre verschoben werden.

Dabei sollen trotz der komplizierten Belastungszustände der Kläranlage die Mindestanforderungen der AbwVV. eingehalten werden.

1.6. Realisierung der Veränderungen gemäß Konzept

1.6.1. Bauliche Veränderungen in der Kläranlage Werder/Phöben

1.6.1.1. Speicherbecken

Das zweite Vorklärbecken wird zur Vergleichmäßigung der Zulaufschwankungen des Abwasserzuflusses und zur Pufferung bei pH-Wert-Über- oder Unterschreitungen genutzt.

Die Zulaufmenge zur biologischen Stufe wird durch die Höhe der Überlaufkante in der Ablaufrinne des Vorklärbeckens bestimmt. Bei erhöhtem Abwasseranfall gelangt eine Teilmenge über die Überlaufkante in das Speicherbecken. Die hydraulische Belastung der biologischen Stufe wird dadurch auf einen maximalen Wert begrenzt. Solange das

Speichervolumen noch nicht ganz ausgenutzt ist, wird diese maximale Zulaufmenge zu den Belebungsbecken selbst bei starken Regenereignissen nicht überschritten.

Ein Beispiel für die Wirkung des Speichers nach Installation der Regeleinrichtung ist in Anlage 6 für eine Regenperiode dargestellt.

Der maximale Abfluß vom Vorklärbecken beträgt $150 \text{ m}^3/\text{h}$. Sollte die Abwassermenge nur die Hälfte (ca. $75 \text{ m}^3/\text{h}$) oder weniger betragen, werden mittels einer Tauchpumpe ca. $75 \text{ m}^3/\text{h}$ aus dem Speicherbecken in den Zulauf des Vorklärbeckens zurückgepumpt. Der Speicherinhalt erreicht in diesem Beispiel nur 220 m^3 , das entspricht 44 % des zur Verfügung stehenden Gesamtvolumens.

Zum Ein- und Ausschalten der Pumpe dient ein Signal des maximalen und minimalen Wasserspiegels in der Ablaufrinne. In Abhängigkeit der Zulaufgestaltung und Abwasser-Verteilung zu den einzelnen Belebungsbecken muß sowohl die Messung, als auch die Überlaufkante eingestellt werden.

Falls der pH-Wert im Zulauf der KA unter einen minimalen Wert sinkt bzw. über einen maximalen Wert steigt (in der Steuerung variabel einstellbar), sollte das Abwasser nicht mehr in das Absetzbecken und damit auf direktem Weg in die Belebung gelangen. Für diesen Fall wird die Abwassermenge mit dem extremen pH-Wert und eine in Abhängigkeit von dem im Zulauf gemessenen pH-Wert einzustellende Nachlaufmenge in das Speicherbecken umgeleitet. Dazu dienen motorgetriebene Schieber am Ende des Sandfanges.

Die pH-Wert-Grenzen und das Verhältnis der Nachlaufmenge kann in der Steuerung frei gewählt werden.

1.6.1.2. Belebungs-Kaskade

Zur Realisierung des vierstufigen Kaskadenbetriebes wurden die vorhandenen Belebungsbecken durch Verrohrung nacheinander geschaltet.

Die verbindenden Rohrleitungen zwischen den Belebungsbecken wurden so verlegt, daß sie vom Abwasser im Eigengefälle durchlaufen werden.

Bei einer gewählten Dimension der Verbindungsleitung von DN 400 ergeben sich die folgenden Höhenverluste:

Überlauf von der ersten zur zweiten Kaskade $h_{\text{I-II}} = 3,6 \text{ cm}$

Überlauf von der zweiten zur dritten Kaskade $h_{\text{II-III}} = 6,2 \text{ cm}$

Überlauf von der dritten zur vierten Kaskade $h_{\text{III-IV}} = 7,4 \text{ cm}$

Wegen des Rückstaus, der sich aus den Höhendifferenzen ergibt, waren die im Becken III verbleibenden Belüftungskreisel um 7,4 cm anzuheben.

- **Hydraulische Betrachtung zur Abwasseraufteilung auf die Belebungsbecken:**
Die zunächst vorgenommene Abwasseraufteilung über die Eindrosselung der einzelnen Zulaufschieber genügte nicht zur definierten Aufteilung des Abwasserstromes für eine technologiegerechte Belastung der Kaskadenstufen.

Aufgrund der geringen Durchflußgeschwindigkeiten von etwa 0,23 m/s kann der Rohrreibungsverlust vernachlässigt werden, so daß die zufließende Abwassermenge in das jeweilige Belebungsbecken durch Einschnürung (Düse oder Blende) reguliert werden kann.

Die Wasserspiegeldifferenz zwischen dem ersten und dem letzten Belebungsbecken beträgt maximal 16 cm, deshalb wurden alle auslaufenden Zuführungsrohre ca. 16 cm über den jetzigen Wasserspiegel hochgezogen. Bei einer gewählten Auslaufgeschwindigkeit von 0,8 m/s und einer Zulaufmenge von 150 m³/h wurden folgende Verjüngungen berechnet.

Belebungsbecken I und II	$D_{DI, DII}$	= 0,16 m
Belebungsbecken III	D_{DIII}	= 0,10 m
Belebungsbecken IV	D_{DIV}	= 0,06 m.

1.6.1.3. Belüftung

Zur Deckung sowie zur Regelung des Sauerstoffbedarfs in den Becken I und II (Kaskadenstufen zwei und vier) waren die bis dahin installierten Kreiselbelüfter nicht ausreichend, weil zur Gewährleistung einer sicheren Funktion einen bestimmter Sauerstoffgehalt eingehalten werden muß (variabel bei Störgrößenaufschaltung der NH₄-N-Konzentration; konstant bei ausschließlicher Regelung nach der O₂-Konzentration).

Möglich wurde dies bei Neuinstallierung von Submers-Umwälzbelüftern, die entsprechend dem aktuellen Sauerstoffgehalt ein- bzw. auszuschalten sind.

Funktionsprinzip der Submersbelüfter: Ähnlich wie bei einer Saugstrahlpumpe wird durch die Beschleunigung eines Flüssigkeitsstrahles ein Unterdruck erzeugt und Luft angesaugt. Die Bewegungsenergie wird dabei durch den Rotor selbst eingetragen, die dadurch entstehenden Turbulenzen dienen der Grenzflächenerzeugung und damit einer feinblasigen Verteilung der Luft.

Durch die Verwendung eines Unterwassermotors als Antrieb wird ein niedriger Geräuschpegel erreicht und starke Aerosolbildung vermieden.

Für den notwendigen Sauerstoffbedarf von je 51 kg_{O2}/h im ersten Belebungsbecken wurde eine Kombination von drei Belüftern mit unterschiedlichen Eintragsleistungen gewählt.

Um die anoxischen Zonen der Belebungsbecken zu durchmischen ohne jedoch unnötig Sauerstoff einzutragen wurden einstufige Sohlrührwerke ausgewählt.

Durch die Geometrie dieser Hyperboloid-Rührer wird bei einer Leistungsaufnahme von 0,88 kW und einer Drehzahl von 23 min^{-1} eine ausreichende Vermischung von Abwasserzufluß und Rücklaufschlamm (Sektion eins) sowie die sichere Aufrechterhaltung einer vollständigen Suspension erreicht.

Die Rührelemente haben einen Durchmesser von 2,10 m, die Antriebswellen sind auf dem Boden des Belebungsbeckens in Widerlagern fixiert.

Die Kläranlage Werder-Phöben wurde 1993/94 in der beschriebenen Weise umgerüstet und mit der vorgesehenen On-line-Meßtechnik ausgestattet. Das Fließschema der 4stufigen Kaskade mit dem Speicherbecken zur Zulaufvergleichmäßigung ist in Anlage 7 wiedergegeben.

1.6.2. Übersicht über die Meßparameter/Meßorte und die Stellglieder

1.6.2.1. Eingriffsmöglichkeiten/Stellglieder

In der Übersicht über die umgerüstete KA Werder-Phöben sind die Eingriffsmöglichkeiten/Stellglieder und die Meßstellen eingetragen. Die folgende Tabelle 1 faßt die Stellglieder, ihren Wirkungsort und ihren Stellbereich zusammen:

Tabelle 1 Stellglieder in der KA

Schieber 1	Zulauf Vorklärbecken	auf / zu
Schieber 2	Zulauf Speicherbecken	auf / zu
Tauchpumpe Speicherbecken	Zupumpen Vorklärbecken	ein / aus
Lüfter 1_1	Lüfter 1 BB1	ein / aus
Lüfter 1_2	Lüfter 2 BB1	ein / aus
Lüfter 1_3	Lüfter 3 BB1	ein / aus
Lüfter 2_1	Lüfter 1 BB2	ein / aus
Lüfter 2_2	Lüfter 2 BB2	ein / aus
Lüfter 2_3	Lüfter 3 BB2	ein / aus
Rücklaufschlammpumpe 1	Schlammzufuhr zur Belebung	analog 10-120 m ³ /h
Dosierung Fällmittel	Fällmittelstation	analog n. Vorgabe

1.6.2.2. Zur Anlagenführung und -kontrolle dienende Meßstellen

Die zur Anlagenführung und -kontrolle dienenden Meßstellen sind ebenfalls mit Meßort und -parameter sowie ihrem Meßbereich in Anlage 7 eingetragen bzw. in der folgenden Tabelle 2 aufgelistet:

Tabelle 2: Meßglieder in der KA

Meßwert	Kurzbez.	Ort	Meßbereich
Zulauf kommunal	IDM2	Rechenhaus	0-500 m ³ /h
Zulauf Industrie	IDM1	Rechenhaus	0-500 m ³ /h
pH-Wert Zulauf	pH-zu	Rechenhaus	1-14
Temperatur Zulauf	T-zu	Rechenhaus	0-100 °C
Füllstand Speicherbecken	FS-SB	Schlammfänger Speicherb.	0-100%
Kurzzeit BSB	BSBk	Rinne Vorklärbecken	0-2000 mg/l
Sauerstoff BB1-1	O11	BB1, zwischen Lüfter 1 & 2	0-5 mg/l
Sauerstoff BB1-2	O12	BB1, vor Auslauf	0-5 mg/l
Sauerstoff BB2-1	O21	BB2, zwischen Lüfter 1 & 2	0-5 mg/l
Sauerstoff BB2-2	O22	BB2, vor Auslauf	0-5 mg/l
Sauerstoff BB3-1	O31	BB3, zwischen Lüfter 1 & 2	0-5 mg/l
Sauerstoff BB3-2	O32	BB3, vor Auslauf	0-5 mg/l
Sauerstoff BB4-1	O41	BB4, zwischen Lüfter 1 & 2	0-5 mg/l
Sauerstoff BB4-2	O42	BB4, vor Auslauf	0-5 mg/l
Ammonium Ablauf BB1	NH_BB1	Meßcontainer	0-30 mg/l
Ammonium Ablauf BB2	NH_BB2	Meßcontainer	0-30 mg/l
Ammonium Ablauf BB4	NH_BB4	Chemiestation	0-30 mg/l
Phosphat Ablauf BB4	PO_BB4	Chemiestation	0-10 mg/l
Ammonium Ablauf NKB	NH_NKB	Chemiestation	0-20 mg/l
Nitrat Ablauf NKB	NO_NKB	Chemiestation	0-20 mg/l
Phosphat Ablauf NKB	PO_NKB	Chemiestation	0- 5 mg/l
Fällmittelmenge	DIDM1	Chemiestation	0-2,25 l/min
Fällmittelmenge	DIDM2	Chemiestation	0-2,25 l/min
Zulauf zum Dekanter	FIDM	Dekanter	0-100 m ³ /h

1.6.3. Messungen im Versuchszeitraum Juni / Juli 1994

1.6.3.1. Nutzung des Partikelgrößenanalysators PARTmaster L zur Bewertung unterschiedlicher Probenfilter

Zur Beurteilung der Schlammsituation wurden die Trockensubstanz-Gehalte (TS) und die Schlammvolumina in der Belebung und im Rücklaufschlamm bestimmt. Dabei wurde auch der Partikelgrößenanalysator PARTmaster eingesetzt und mit den Laboranalysewerten verglichen. Es bestätigten sich die im Teilbericht 1 gemachten Aussagen, so daß der Einsatz des Partikelanalyzesystems zur On-line-TS-Bestimmung für die zukünftigen Messungen verworfen wurde.

Außerdem wurde untersucht, ob die partikuläre Analyse des Belebtschlammes Rückschlüsse auf seine Kondition zuläßt. Es wurden Verteilungen aufgenommen und mit den Laboranalysergebnissen verglichen, die im mikrobiologischen Labor an der Humboldt-Universität zu Berlin (Lebensmitteltechnologie) angefertigt wurden. Die Erkennbarkeit der verschiedenen Species (Größe) und die optische Überdeckung trotz großer Verdünnungsfaktoren ließ keine sinnfällige Bewertung des Belebtschlammes mit dieser optischen Methode zu.

Die Partikelmeßtechnik konnte im Fortgang der Arbeiten erfolgreich bei der Bewertung von unterschiedlichen Filtern zur Probenaufbereitung für die BSBK-Messung eingesetzt werden. Es wurden drei verschiedene Filtertypen im Langzeitversuch bis zum Ende des Pilotprojekts 06/95 überwacht:

- herkömmliche Ultrafiltration mit Polymerfiltermodulen
- rotierendes Spaltfilter (AUCOTEAM-Entwicklung)
- modifizierte Filterkerze mit zyklischer Rückspülung (angepaßt an den Meßbetrieb im BSBK-Meßgerät).

Die Partikelanalyse gestattet dabei eine rasche und korrekte Bewertung der Filterwirkung der verschiedenen Filtertypen und das Verfolgen von Veränderungen (Verschleiß, "Zusetzen" der Filter u.ä.).

1.6.3.2. Einsatz von Feld- und Prozeßgeräten zur BSB-Kurzzeit-Messung

Nach der Umrüstung der Vorklärungs- und Belebungsstufen (Speicherbecken und Kaskade) wurde die Kläranlage Werder-Phöben im Zeitraum vom 20.6. bis 7.7.1994 zur Vorbereitung der Verfahrensoptimierung intensiv beprobt. Die BSBK-Meßorte sind dem Bild 2 zu entnehmen:.

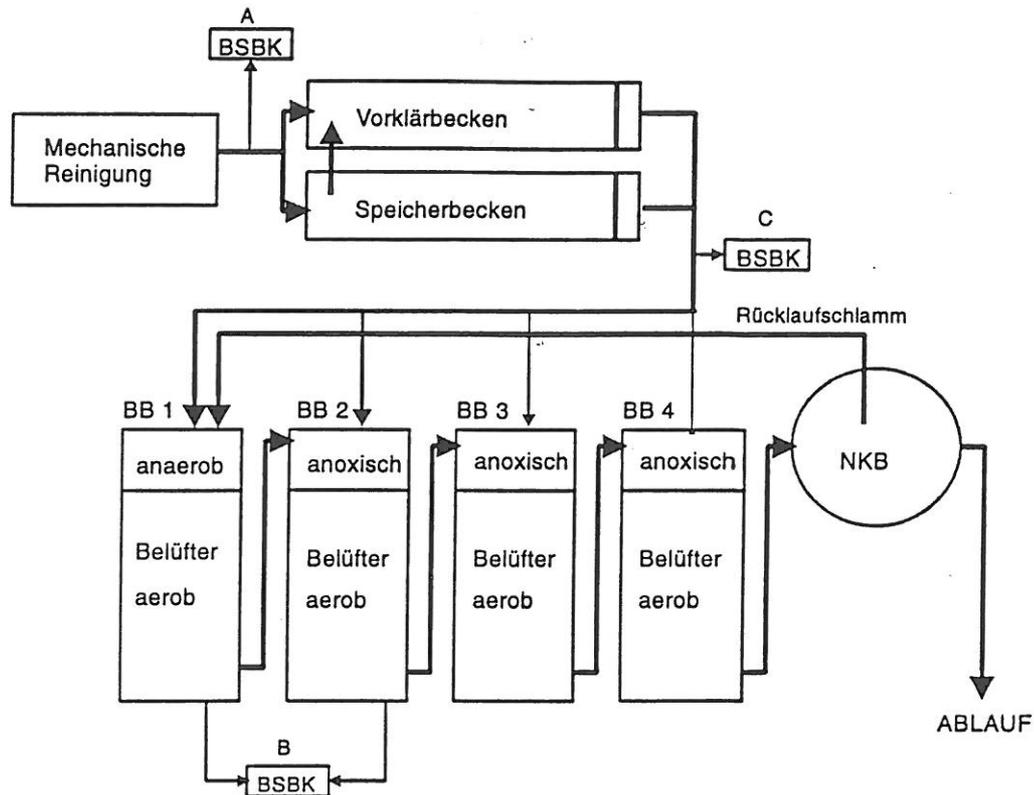


Bild 2 Fließbild der KA im Kaskadenbetrieb mit den BSBK-Meßstellen A, B und C
Während zur Analyse der Ausgangssituation in den Jahren 1992/93 am Zulauf zur Vorklärung gemessen wurde (Meßstelle A) wurden für die Aufnahme des BSB-Kurzzeit Tagesgänge die folgenden drei Meßstellen gewählt:

- * Ablauf der Belebungsbecken 1 und 2 **BODypoint T2** in 2 Kanal Version (Meßstelle B)
- * Ablauf Vorklärung/ Zulauf zur Belebungsstufe **BODYline P** (Meßstelle C).

Das Gerät **BODypoint T2** wurde mit einer vom Meßgerät gesteuerten externen Probenkanalumschaltung und einer speziellen Software ausgerüstet, so daß zeitversetzt die Tagesgänge vom Zulauf und Ablauf der Belebungsbecken aufgezeichnet werden konnten. Die Geräte standen für den Zeitraum der Messungen in den Räumlichkeiten des Analysenmeßcontainers der Firma BTG. In diesem Container befanden sich bereits 2 UF-Stationen für die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Messung der Abläufe der Belebungsbecken BB1 und BB2. Es wurde der Kurzzeit-BSB (BSBK) parallel zur NH_4 Messung über den gesamten Meßzeitraum bestimmt.

Das Prozeßgerät **BODYline P** wurde in einem für das Projekt entwickelten, mobilen Meßcontainer der Firma AUCOTEAM GmbH (mobile Umhausung) gemeinsam mit einer Doppelrohr-Ultrafiltration installiert und am Ablauf der Vorklärung aufgestellt. Der

Probenstrom aus der Ablaufrinne wurde mittels einer Tauchpumpe gefördert und direkt in die Ablaufrinne rückgespeist.

Untersucht wurden die Wirkung der Zulaufvergleichmäßigung, der Einfluß der Fäkalien bei direkter Einleitung oder bei Einleitung ihres Zentrats auf die Korrelationen der Meßgrößen BSBK, BSB₅ und CSB.

Ergebnisse:

• Korrelation der Summenparameter:

Der BSBK wurde kontinuierlich am Zulauf der Belebungsstufe gemessen. An drei Tagen wurden zusätzlich Laborwerte des BSB₅ und des CSB von 2h-Mischproben bestimmt. Entsprechend dem Meßprogramm wurde in der ersten und dritten Meßwoche die Fäkalienzuführung über den Dekanter realisiert, in der 2. Woche jedoch Fäkalien aus dem Sammelbehälter direkt eingeleitet (siehe Bilder 3 bis 5).

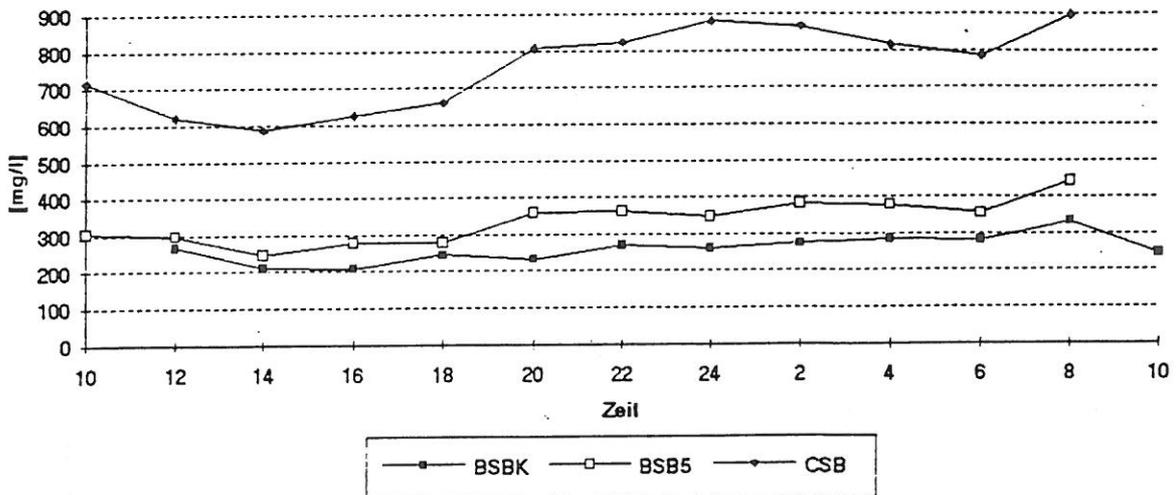


Bild 3: Tagesgang Ablauf Vorklärbecken 22.-23.06.1994

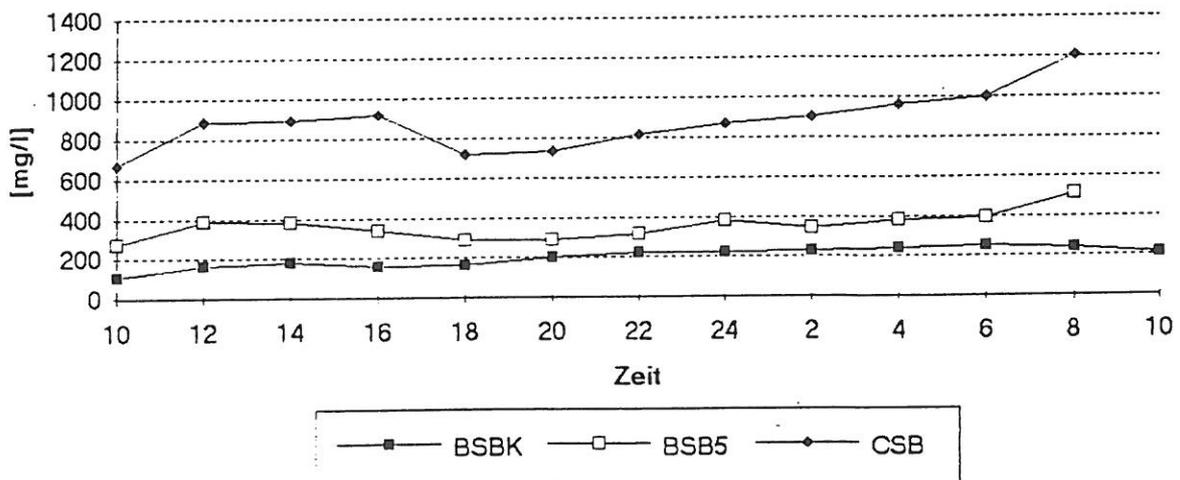


Bild 4: Tagesgang Ablauf Vorklärbecken 28.-29.06.1994

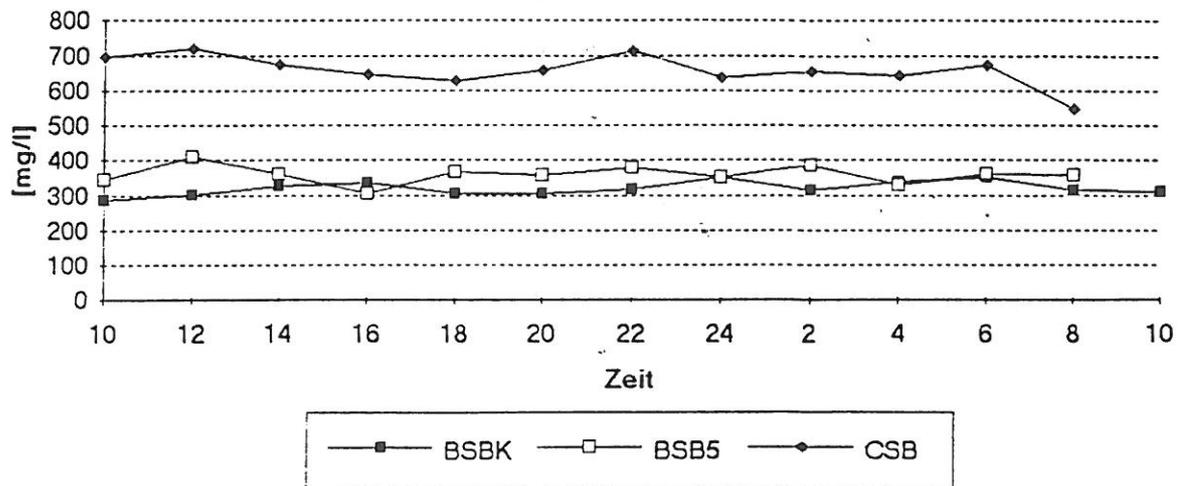


Bild 5: Tagesgang Ablauf Vorklärbecken 06. bis 07.07.1994

In den Bildern 3 bis 5 und Tabelle 3 sind die Korrelationen zwischen den Summenparametern der aus Mischproben mit Labormessungen ermittelten Werte für den CSB und den BSB5, sowie dem in der On-line-Messung erhaltenen BSBK ersichtlich.

Tabelle 3: Korrelationen CSB, BSB5, BSBK in Abhängigkeit von der Fäkalienaufbereitung

Woche	Datum	BSBK/BSB5	BSB5/CSB	BSBK/CSB
1. Zentrat	22./23.06.94	0,78	0,44	0,35
2. Fäkalien	28./29.06.94	0,56	0,41	0,23
3. Zentrat	06./07.07.94	0,90	0,55	0,49

Die unterschiedliche Zusammensetzung des Abwassers in den beiden Fahrweisen weist sich im Verhältnis von BSB5- zu BSBK-Wert aus. Im FUZZY-Regelungskonzept läßt sich dieser Sachverhalt durch eine Korrektur des BSBK-Wertes in Zeiten direkter Fäkalienzufuhr aus dem Sammelbehälter berücksichtigen.

Das Prozeßgerät **BODYline P** lief im gesamten Zeitraum störungsfrei. Entsprechend der Forderung im Zwischenbericht der 1. Etappe wurde eine automatische Probenkanalreinigung eingebaut, die zu einer stabilen Arbeitsweise der Geräte führte. Automatische Kalibrierung und Selbstreinigung sowie die Einhaltung der Vorgaben zur 8tägigen Wartung erwiesen sich als völlig ausreichend für den zuverlässigen On-line-Betrieb.

In Anlage 8 ist eine Übersicht dazu gegeben: dazu wurden die vom Gerät gespeicherten Werte für die Zellengrundspannung des Biosensors (U_{null}), die aus den Zwischenkalibrierungen ermittelten Werte der Sensorcharakteristik (Wert:a) und (Wert:b), sowie die über die integrative Methode ermittelten BSBK-Werte (Wert/l) ausgewertet. In einer Einfahrphase des Gerätes (bis zum 30.06.94) wurden verschiedene Betriebsweisen zur Kalibrierung und zur Probenanpassung getestet (erkennbar an zu großen BSBK-Werten nach jedem Kalibrierzyklus). Eine andere Betriebsversion (12. bis 13.07.94) wurde ebenfalls untersucht und anschließend verworfen.

• Kohlenstoffabbau

Der Abbau der Kohlenstofffracht wurde durch entsprechende Messungen in Zu- und Ablauf nachgewiesen. Der Sauerstoffeintrag in die Belebungsbecken erreicht mit den verwendeten Belüftern nicht die vorgesehenen Werte, so daß die Belüfter nur in belastungsschwachen Zeiten (an Wochenenden) ausgeschaltet wurden. Hier waren zur Erhöhung der Sicherheit in Zeiten großer Belastung Veränderungen vorzunehmen. Trotz der geringen Sauerstoffkonzentrationen in den Kaskadenstufen 1 und 2 (über längere Zeiträume $< 1 \text{ mg/l O}_2$) erreichte die Kläranlage immer die geforderten Ablaufwerte. Der Kohlenstoffabbau wird in Bild 6 dargestellt.

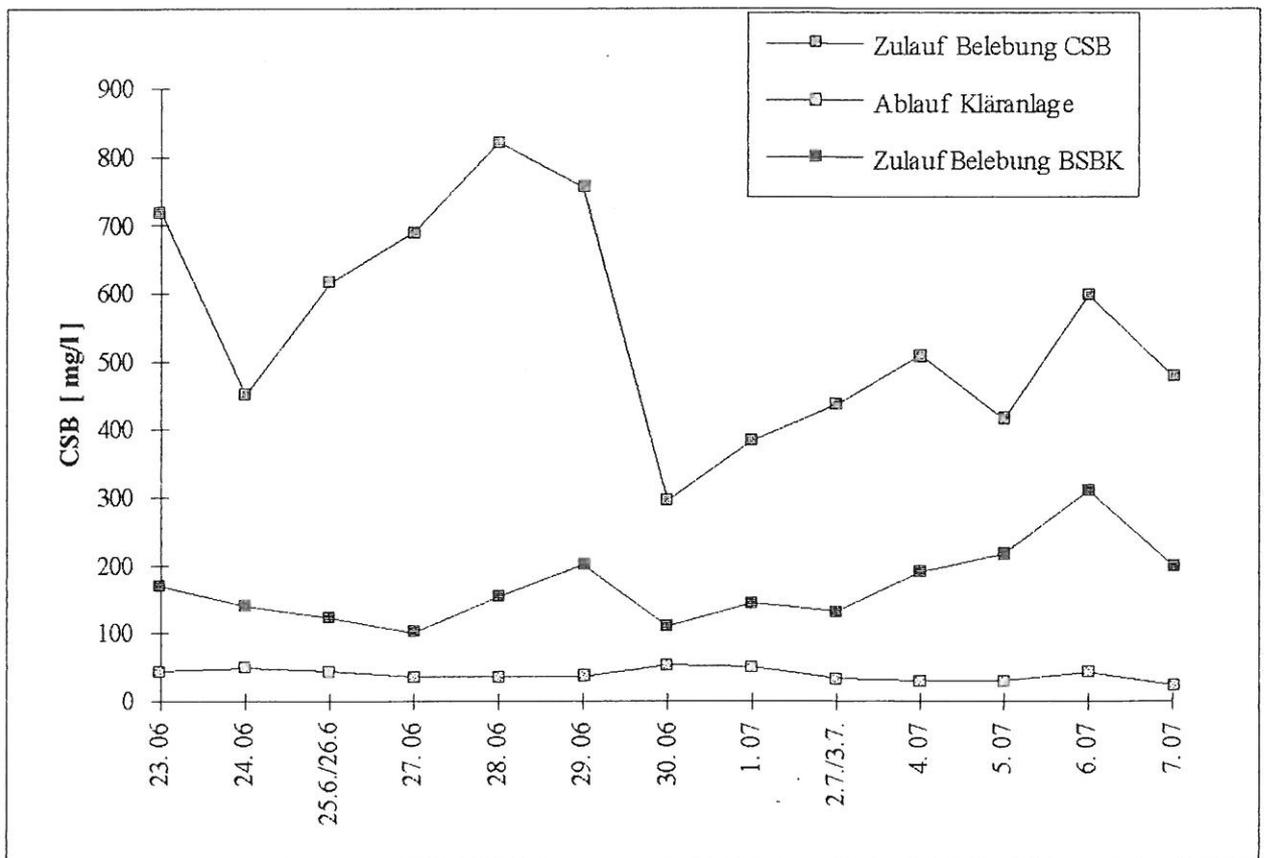


Bild 6: Kohlenstoffabbau der KA

1.6.4. Einschätzung der Meßergebnisse und Schlußfolgerungen für den Endausbau

Neben der BSBK-On-line-Messung und der CSB-Bestimmung zur Bewertung des Kohlenstoffabbaus wurden weitere wichtige Verhaltensweisen der Anlage nach den Umrüstungen untersucht:

- die Wirkung der Zulaufvergleichmäßigung,
- der Ammoniumabbau
- der biologische Phosphatabbau,
- der Einfluß der Fäkalien bei direkter Einleitung oder bei Einleitung ihres Zentrats
- Zur Beurteilung der Schlammsituation wurden die Trockensubstanz-Gehalte (TS) und die Schlammvolumina in der Belebung und im Rücklaufschlamm bestimmt.
- *Ammoniumabbau*

Die Stickstofffracht wird im zyklischen Wechsel von Nitrifikation und Denitrifikation in der 4stufigen Kaskade bei paralleler Zuführung des KA-Zulaufs als C-Quelle gut abgebaut. Eine externe C-Quelle ist somit nicht erforderlich. Wegen der zeitweise unzureichenden Belüftung wurde der angestrebte Ammonium-Ablaufwert nicht immer erreicht. Durchschnittliche Zulaufkonzentrationen zwischen 40 und 85 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ werden an Trockentagen weitgehend nitrifiziert, an Regentagen wurde der angestrebte Ablaufgrenzwert von 10 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ mehrmals überschritten.

- *Phosphatabbau*

Der Phosphatabbau konnte sehr befriedigend nachgewiesen werden. Im Ablauf der Belebung wird $\text{PO}_4\text{-P}$ gemessen und bei Bedarf Fällmittel dosiert. Letzteres war im gesamten Versuchszeitraum nur an 4 Tagen erforderlich, in der übrigen Zeit fand ein sehr guter biologischer Phosphatabbau statt. Bei durchschnittlichen $\text{PO}_4\text{-P}$ -Zulaufkonzentrationen (Zulauf BB) zwischen 10 und 15 mg/l lagen die Ablaufwerte unter 1 mg/l. Die kontinuierliche Funktion der Bio-P-Rücklösung der Kläranlage ist in Bild 7 zu erkennen. Auch das mit dem Zulauf anteilig in die Becken BB2 bis BB4 eingebrachte Phosphat wird fast vollständig abgebaut. Diese guten Ergebnisse lassen eine erhebliche Einsparung an Fällmittel erwarten.

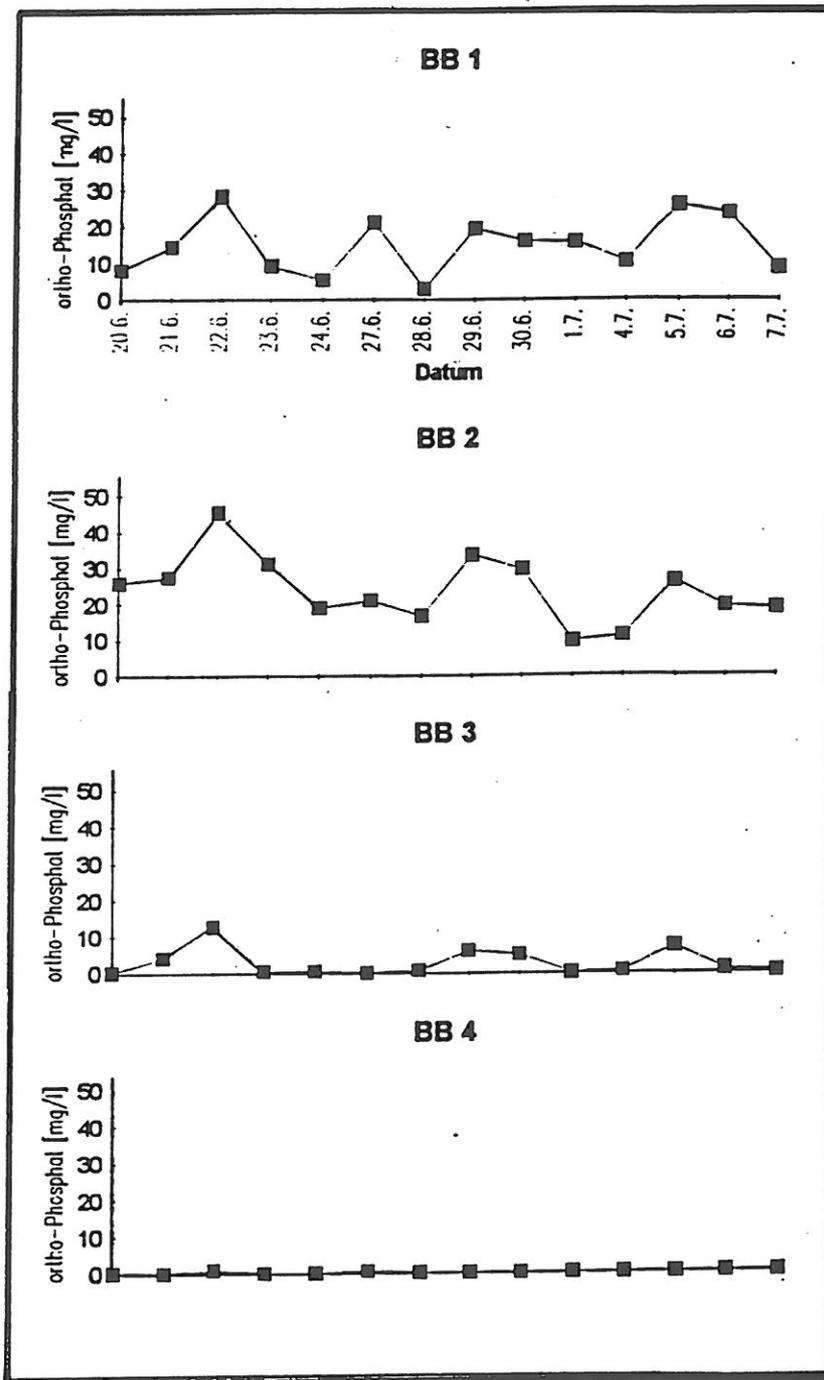


Bild 7 : Phosphatrücklösung in den Belebungsbecken vom 20.06. bis 08.07.94

Das veränderte Verfahrenskonzept der Kläranlage erwies sich damit als grundsätzlich erfolgreich. In weiteren Schritten der Optimierung waren 1995 einerseits der Sauerstoffeintrag zu verbessern und andererseits die Prozeßführungsalgorithmen zu vervollständigen bzw. die Einstellwerte zu optimieren.

• *Einschätzung zur Gerätetechnik*

Die BSB_K-, PO₄-P- und NH₄- Meßgeräte zeigten während der Meßwochen keine bemerkenswerten Störungen. Das NO₃- Meßgerät war nicht funktionstüchtig, es wurde ein Austausch dieses Gerätes vorbereitet.

Die Filtermodule der Firma ETL hatten innerhalb einer Woche keine Permeatreduzierung, sie wurden aber entsprechend der Betriebsvorschrift jeweils nach einer Woche Betriebsdauer mit NaClO-Lösung gereinigt.

1.6.5. Änderung des Ablaufplanes mit Verlängerung der Projektlaufzeit bis 06/95

Im Herbst 1994 ergab sich eine Situation, die den planmäßigen Fortschritt der Arbeiten im Pilotprojekt verhinderte: Die Umbauarbeiten zur Schaffung eines Speicherbeckens zur Zulaufvergleichmäßigung und die Umrüstung der Belebung zur vierstufigen Kaskade waren erfolgreich vollzogen. Die vorgesehenen Meßstellen und ergänzende Stellmöglichkeiten waren geschaffen. Unzulängliche Zulieferungen und Erkenntnisse aus dem Probetrieb der Kläranlage in den Meßwochen 06 und 07/94 ergaben die gemeinsame Einschätzung der Projektpartner, daß die vorgesehene Optimierung der Anlage im vorgesehenen Zeitraum nicht realisierbar ist.

Zu den unzulänglichen Zulieferungen gehören folgende Einheiten :

- Das **NO₃-N-Prozeßgerät** Nitrat Controler NOT 8 000 der Fa. BTG erreichte trotz zeitverzögernder Korrekturen durch den Hersteller keine Meßfähigkeit und muß durch ein anderes Produkt ersetzt werden
- Die **Begleitsoftware zur Speicherprogrammierbaren Steuerung** erwies sich als unzureichend, um die vorgesehene Umstrukturierung der Anlagensteuerung vorzunehmen. Zusätzlich traten Verzögerungen durch eine Schwachstelle des außerhalb des Projekts installierten Prozeßleitsystems ein. Damit konnte die Umstellung der Anlage nicht termingemäß vorgenommen werden.
- Ein Ergebnis des Probetriebs der verfahrenstechnisch umgerüsteten Kläranlage ist die Erkenntnis, daß der Sauerstoffeintrag durch die im Rahmen des Projekts installierten **Belüfter SOB 92/6,5** der Fa. Mangold nicht ausreicht, um das Fuzzy-Regelungskonzept umzusetzen. Ein Versuchsbetrieb mit leihweise eingesetzten mobilen Belüftern SUB 93/12,5 (schwimmend) und Abschätzungen dazu mit der Fa. Mangold ergaben, daß der Sauerstoffeintrag mit den im Rahmen des Projekts installierten Belüftern für Abbau der organischen Fracht und Nitrifizierung im Wochenbetrieb nicht ausreicht und deshalb eine Leistungserhöhung notwendig ist.

Die geschilderte Situation veranlaßte die Kooperationspartner zur Erarbeitung einer veränderten Termin- und Leistungsplanung, die auf Antrag durch die DBU auch bewilligt wurde. So wurde der neue Abschlußtermin 06/95 für das Pilotprojekt fixiert.

1.7. Endausbau des Pilotprojekts auf Grundlage der Messungen und Veränderungen im Zeitraum 10/94 bis 03/95

1.7.1. Steuerungskonzept mit Fuzzy-Logik (SPS-Struktur)

Die Hardware-seitige Gestaltung des Gesamtkonzepts der Prozeßführung wird durch Umgestaltung und Erweiterung des vorhandenen SPS-Systems der Kläranlage möglich. Die Struktur des Prozeßleitsystems mit den SPS-Baugruppen nach der Umgestaltung 1994/95 ist in Anlage 9 dargestellt. Wesentlicher Teil dieser Änderungen ist der Einsatz einer in einer Hochsprache programmierbaren und damit zur Realisierung von Fuzzy-Regelungen mit Software-Modulen geeigneten SPS. Neben der Veränderung auf der SPS-Ebene sind auch Erweiterungen des Prozeßleitsystems erforderlich. Der Rechner des Prozeßleitsystems arbeitet als Master für die als Slave untergeordneten SPS und organisiert das Zusammenwirken der Regelmechanismen für die Teilprobleme bzw. situationsabhängig den Vorrang einzelner Aufgaben. Es wurde eine dezentralisierte Regelungsstruktur aufgebaut:

Einige Anlagenteile verfügen über separate, mit den Anlagen gekaufte Regelungstechnik, die nicht in die Vernetzung einbezogen wurde (FAS, Dekanter,...). Zur Steuerung des Hauptprozesses wurde eine vernetzte Struktur der dezentralen SPS-Komponenten geschaffen. Kernstück bildet eine T200 mit Anbindung zum PC (Prozeßleitsystem).

Drei dezentrale CS31 ergänzen diese Struktur. Diese sind im Meßcontainer, dem Dekanter und im zentralen Schaltschrank angeordnet. Sie können separat arbeiten, sind jedoch zur Übertragung von Meßdaten und Grenzwerten mit der T200-Zentrale verbunden. Zur Erweiterung der CS31-Einheiten verfügen diese über ausgelagerte Module zur Meßwerterfassung (analog und digital). Im Schaltschrank wurde die in Hochsprache (C++) programmierbare MR91 eingesetzt. Dieses ist die Voraussetzung für die Realisierung einer Fuzzy-Regelung mit Software-Modulen.

Im Folgenden werden die verschiedenen Steuer-/Regelungsgruppen beschrieben.

1.7.2. pH-Wert-Regulierung und Zulaufvergleichmäßigung der BSB-Fracht

Zur Gewährleistung günstiger Abbauverhältnisse in den Belebungsbecken ist eine möglichst gleichbleibende Höhe der zugeführten Fracht bei mittleren pH-Werten erstrebenswert. Da ein industrieller Einleiter im Zulauf der KA zeitweise krasse pH-Wert-Spitzen verursachte, wurde zunächst eine pH-Wert-Steuerung installiert. Diese vermeidet, daß Abwasser mit einem extremen pH-Wert unmittelbar in die Belebungsbecken gelangt. Abwasser mit einem pH-Wert außerhalb der frei einstellbaren Grenzen (z. Zt. ≤ 5 bzw. ≥ 11) wird in das Speicherbecken umgeleitet. Nach Wiedererreichen des zugelas-

senen Bereiches läuft eine gleich große Menge Abwasser mit zulässigem pH-Wert zur Verdünnung in das Speicherbecken nach. Die Messung des Füllstandes im Speicherbecken wird für diese Steuerung berücksichtigt. Bei vollem Speicherbecken reduziert sich die Nachlaufmenge, da eine Durchmischung stattfindet und damit die gleichen Effekte erzielt werden, die das Nachlaufen hervorruft. Diese pH-Wert-Steuerung wird mit der Frachtvergleichmäßigung kombiniert: Auch Zuläufe mit Frachtspitzen werden zwischengespeichert und zur Vergleichmäßigung in Abhängigkeit von der aktuellen Situation in die Belebung gepumpt. Dazu müssen BSBK-Wert und Volumenstrom des Zulaufs als Eingangsgrößen für die FUZZY-Steuerung erfaßt werden. Ersterer wird mit dem BSBK-Prozeßgerät **BODYline P** in der Zulauftrinne zur Belebung gemessen, letzterer wird aus folgenden Volumenströmen ermittelt:

- Zulauf Stadt
- Zulauf Industrie
- Zentrat Fäkalientwässerung
- Betriebswasserzufuhr

Das Abziehen von abgesetztem Schlamm aus der Vorklärung und die Ableitung von Abwassermengen in das Speicherbecken müssen bei dieser Bestimmung berücksichtigt werden.

Aus diesen Volumenströmen und der Änderung des Füllstandes im Speicherbecken läßt sich der Volumenstrom zur Belebung bestimmen. Da die Möglichkeit zur Speicherung durch das Volumen des Speicherbeckens (500 m³) begrenzt ist, muß dessen Füllstand überwacht werden. Ist kein freies Speichervolumen mehr vorhanden, so werden Zulaufspitzen vergleichmäßigt, indem der Zufluß parallel über Vorklärungs- und Speicherbecken geleitet wird. Die Struktur des FUZZY-Reglers für die Zulaufvergleichmäßigung ist im Bild 8 dargestellt.

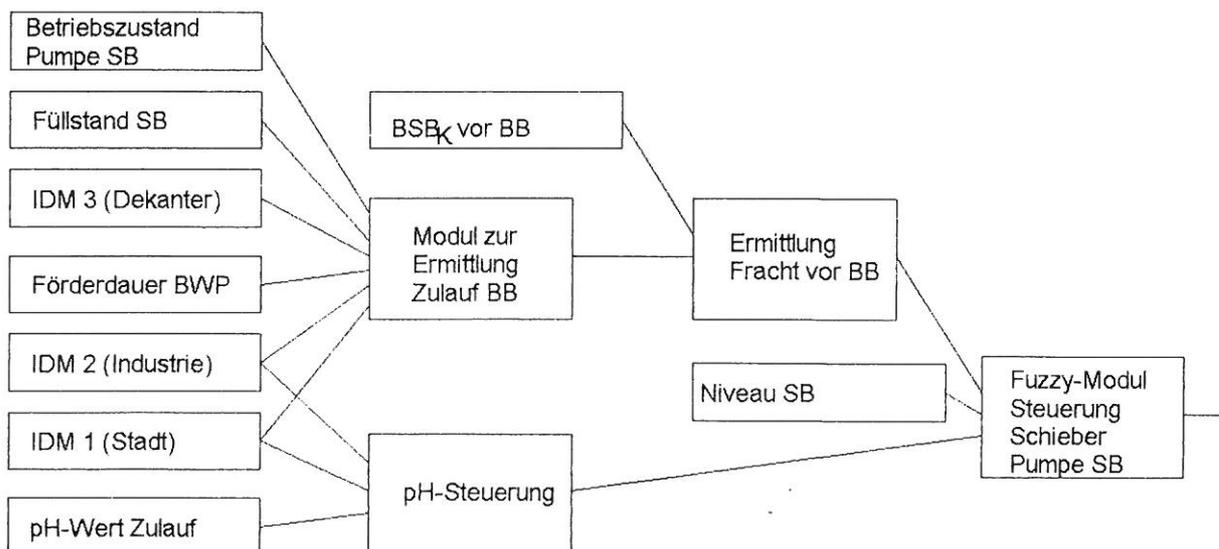


Bild 8: Fuzzy-Regler für Vergleichmäßigung des Zulaufs

Ein- und Ausgangsgrößen sowie Wertebereiche des Fuzzy-Reglers für die Zulaufvergleichmäßigung zeigen die folgenden Übersichten:

Regler für die Zulaufvergleichmäßigung (Fracht) und pH-Wert-Begrenzung

Eingangsgröße	Quelle/Meßort	Einheit	Wertebereich
Zulauf Stadt	IDM1/ Zulauf KA	m ³ /h	0 bis 400
Zulauf Industrie	IDM2/ Zulauf KA	m ³ /h	0 bis 400
Zentrat	IDM _{Dek} / Dekanter	m ³ /h	0 bis 50
Faulwasser	indirekt aus Einschaltdauer und Förderleistung	m ³ /h	0 bis 50
Übersch.-schlamm	wie oben	m ³ /h	0 bis 150
pH-Wert	pH-Messung/ Zulauf KA		1 bis 14
BSBK	BODypoint /Rinne VKB	mg/l	0 bis 1500
Niveau SB	Niveausensor/ SB	mm	0 bis 1800

interne Größen	verw. Eingangsgrößen	Einheit	Wertebereich
Zulauf BB	Zulauf Stadt Zulauf Industrie Zentrat Faulwasser Überschußschlamm	m ³ /h	0 bis 250
Fracht vor BB	Zulauf BB BSBK	kg/h	0 bis 350

Ausgangsgrößen: Schieberstellung Pumpe SB ein/aus Pumpe VKB ein/aus
Schieber 1 und 2

1.7.3. Rücklaufschlamm-Steuerung

Ziel dieser Regelung ist es, die Schlammbelastung in der Belebung konstant zu halten. Diese ergibt sich aus dem Verhältnis von Fracht und Trockensubstanzgehalt der Biologie. Über die BSBK-Messung wird die Fracht nach der oben beschriebenen Methode ermittelt. Zur Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes TS stehen keine Online-Meßgeräte zur Verfügung. Es wird davon ausgegangen, daß TS im Rück-

laufschlamm über einen längeren Zeitraum (Tage) relativ konstant ist. Die im Labor ermittelten aktuellen Werte werden zur Korrektur benutzt.

Die FUZZY-Methodik /1, 4, 8/ ordnet den Eingangsgrößen Bereiche zu, die verbal beschrieben sind (sog. linguistische Variable). Diese werden unterschiedlich gewichtet nach "unscharfen" logischen Regeln miteinander verknüpft. Es ergeben sich Zugehörigkeiten zu Bereichen der Ausgangsgröße. Diese lassen sich durch eine spezifische Mittelung (Schwerpunktbildung) zu einem "scharfen" Wert der Ausgangsgröße umwerten.

Bild 9 zeigt diese Zusammenhänge als Beispiel. BSBK, Q_{ZU} und Q_{RS} sind in jeweils 6 Bereiche eingeteilt. Die Zugehörigkeit zu den Bereichen (gering, mitt1, ...) für BSBK und den Zulauf zu den Belebungsbecken Q_{ZU} werden mit UND - Regeln unterschiedlicher Wichtung verknüpft (Regelbeispiel: wenn BSBK = gering UND Q_{ZU} = mitt1, dann ist Q_{RS} = gering). Im Ergebnis entstehen Zugehörigkeiten zu den linguistischen Variablen des Rücklaufschlammvolumens (Q_{RS}), die sich als Flächen darstellen. Die horizontale Komponente des Flächenschwerpunktes ergibt den scharfen Ausgangswert für Q_{RS}.

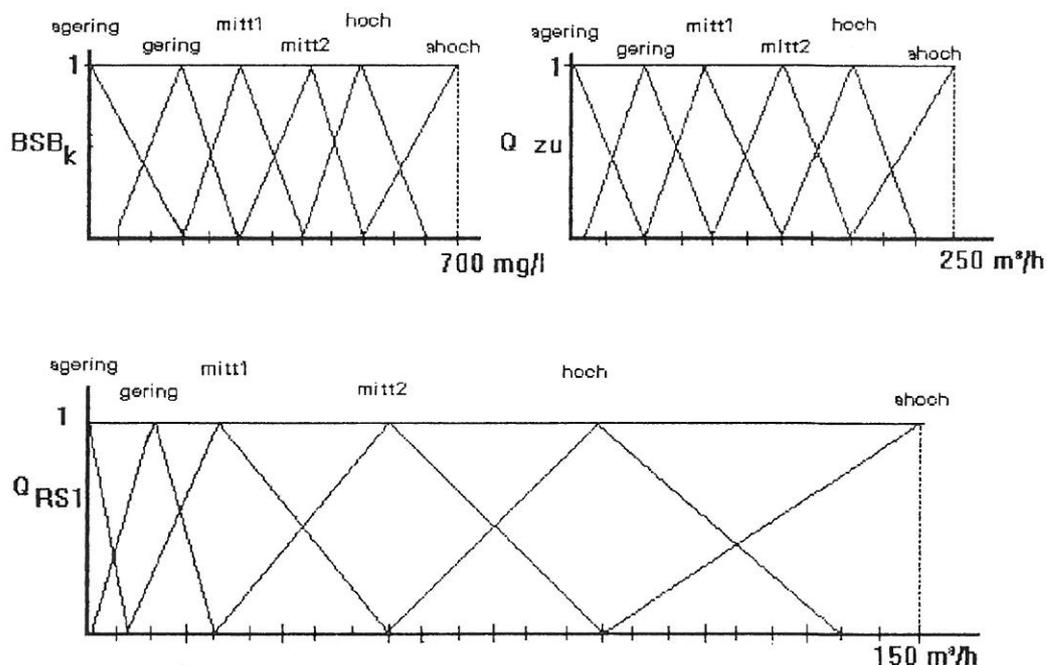


Bild 9: Zugehörigkeitsfunktionen Zulauf/ Rückführschlamm

Das Rücklaufschlammvolumen Q_{RS} wird ausgehend vom optimalen Zustand mit Hilfe einer einfachen Proportionalgleichung in Abhängigkeit vom aktuellen Wert T_{RS} korrigiert:

$$Q_{RS} = \frac{Q_{RS1} * 6 \text{ g/l}}{T_{RS}}$$

Da die Biomassekonzentration in der Belebungs von verschiedenen Faktoren abhängt (Zulaufmenge und -qualität, Schlammrückführmenge, Zuwachsrates der

Mikroorganismen, Temperatur, Assimilation,...) muß zur Bewertung von Veränderungen eine Schätzung vorgenommen werden, die von Erfahrungswerten ausgeht. So kann z.B. ein hoher Zulaufvolumenstrom zu Auswascheffekten führen. Um diese Verluste zu kompensieren, muß eine größere Menge Rücklaufschlamm gepumpt werden. Hohe Zulaufmengen treten aber häufig bei Regen auf und sind dann mit niedrigen Nährstoffkonzentrationen verbunden, so daß die Fracht trotz steigender Zulaufmenge abnimmt. So wäre weniger Rücklaufschlamm erforderlich. Bei sehr hohen Frachten kann dagegen die adäquate Menge Rücklaufschlamm nicht gepumpt werden, die aktuelle "Fehlmenge" an Rückfuhrschlamm muß ebenfalls geschätzt werden. Eine ähnliche Situation tritt ein, wenn hydraulische Probleme ein Überlaufen der Vorklärung befürchten lassen. In dem Fall wird keine bzw. eine geringe Menge Rücklaufschlamm gefördert. Dieses führt auch zu einer "Verdünnung" der Biomasse. Nach Beendigung dieser Situation wird eine größere Schlammmenge gefördert, als es aktuelle Fracht- und Zulaufwerte erfordern, um die optimale Biomassekonzentration in der Belebung wiederherzustellen. Bild 10 zeigt die Grobstruktur des zugehörigen FUZZY-Reglers und Tabelle 4 seine Ein- und Ausgangsgrößen. Dieser Grundzusammenhang läßt sich mit zunehmenden Betriebserfahrungen um weitere Einwirkungen erweitern.

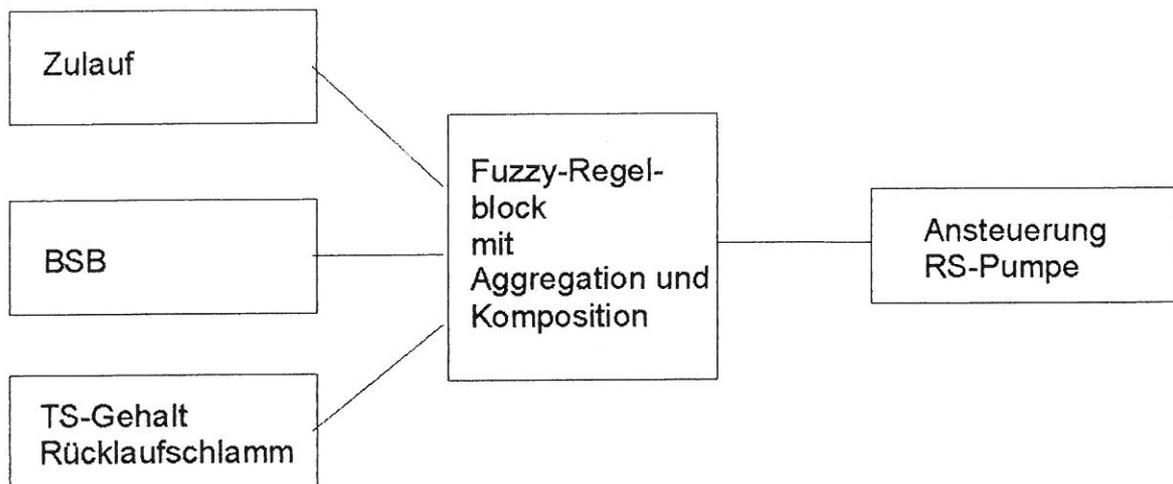


Bild 10: Fuzzy-Regler Rücklaufschlamm

Tabelle 4: Ein- und Ausgangsgrößen Regelung Rückfuhrschlamm

Eingangsgrößen	Quelle	Einheit	Wertebereich
Zulauf BB	intern berechnet	m ³ /h	0 bis 250
BSBK	BODYline/ Rinne VKB	mg/l	0 bis 1500
TS-Gehalt RS	manuelle Eingabe Analysenwerte	g/l	2 bis 10
Ausgangsgröße	Ansteuerung Rückfuhrschlammpumpe RS P		

Basisregeln für das Regelwerk (Auszug):

Zulauf BB	BSB _k	Ansteuerung RS-Pumpe
sehr groß	sehr groß	sehr groß
sehr groß	groß	80% sehr groß 20 % groß
mittel 1	mittel 1	mittel 1
mittel 1	mittel 2	60 % mittel 1 40 % mittel 2
mittel 2	mittel2	mittel2
hoch	mittel 2	50 % mittel 2 50 % hoch
hoch	hoch	hoch
hoch	sehr hoch	50 % hoch 50 % sehr hoch

1.7.4. Sauerstoffeintrag

Die Optimierung der Belüftung ist eine wesentliche Voraussetzung für die Verringerung der Betriebskosten einer Kläranlage. Die Steuerungs- und Regelungseinrichtung der Kläranlage ermöglicht es, die Belüfter der Belebungsbecken in Abhängigkeit von den aktuellen Meßwerten für Sauerstoff- und Ammoniumgehalt anzusteuern. Die Grenzwerte für die Steuerung können am Prozeßleitsystem der Anlage eingestellt werden.

Als Eingangsgrößen werden gemäß Anlage 7 die aktuellen Konzentrationswerte von O₂ und NH₄-N in den Belebungsbecken 1 und 2 genutzt. Hinzu kommt das Ergebnis der Rücklaufschlamm-Regelung. Die Verknüpfung dieser Größen gewährleistet die erforderliche Einstellung der Sauerstoffkonzentration für die Nitrifikation. Die Einbeziehung der Stellgröße für den Rückführschlamm ermöglicht es, beim Auftreten von Belastungsspitzen rechtzeitig die Sauerstoffzufuhr entsprechend zu erhöhen: dazu werden die Schaltgrenzwerte für die jeweiligen Belüfter 1 und 2 angehoben.

Während der im Rahmen des Pilotprojektes 1994 durchgeführten Meßwochen wurde festgestellt, daß der Sauerstoffeintrag in den Belebungsbecken 1 und 2 nicht den technologischen Erfordernissen entspricht. So wird z.B. der für die Nitrifikation erforderliche Sauerstoffgehalt von 0,5 - 1 mg/l in den BB1 und BB2 nur selten erreicht (Wochenenden oder Nachtbetrieb ohne Fäkaleinspeisung). Um diese Situation zu verbessern, wurde die Aufteilung der Zuläufe zu den einzelnen Belebungsbecken

verändert. Auf Grund dieser aktuellen technologischen Gegebenheiten auf der Kläranlage in Werder-Phöben wurde daher im Rahmen des Pilotprojektes ein Software-Modul auf dem Leitreechner der Kläranlage installiert, das auf Basis der Fuzzy-Logic die Grenzwerte für die Sauerstoffregelung in Abhängigkeit von den aktuellen Betriebsbedingungen neu festlegt und an die zur Steuerung der Belüfter eingesetzten SPS übergibt. Gegenwärtig werden die Ein- und Ausschaltgrenzen der Tauchbelüfter 1 und 2 in Abhängigkeit von den Meßergebnissen der jeweiligen Sonde 1 der Sauerstoffmessung gebildet. Die Grenzen für den Tauchbelüfter 3 werden in Auswertung der Meßergebnisse der jeweiligen Sauerstoffsonde 2 und des Ammonium-Meßwertes gebildet. Regelgröße ist der Sauerstoffgehalt in den Belebungsbecken 1 und 2. Die Regelung erfolgt in Abhängigkeit von den Meßgrößen für O_2 und NH_4-N . Angesteuert werden Belüfter 1 und 2 parallel (versetzte Einschaltung wegen der Strombelastung) durch Meßstelle 1 (O_2) und der Belüfter 3 durch Meßstelle 2 (O_2 , NH_4-N). Der in jedem Becker installierte Rührer läuft unabhängig von den Meßwerten im Dauerbetrieb.

Grenzwerte Meßstelle 1 (O_2):

O_2 -Gehalt $\leq 1,0$ mg/l Belüfter an

O_2 -Gehalt $\geq 2,0$ mg/l Belüfter aus

Grenzwerte zur Ansteuerung von Belüfter 3 durch die Meßst. 2 (O_2 , NH_4-N):

NH_4-N [mg/l]	$x < 1$	$1 \leq x < 5$	$5 \leq x < 10$	$10 \leq x < 20$	$x > 20$
O_2 [mg/l]					
$x < 0,5$	an	an	an	an	an
$0,5 \leq x < 1$	aus	an	an	an	an
$1,0 \leq x < 2$	aus	aus	an	an	an
$2,0 \leq x < 3$	aus	aus	aus	an	an
$3,0 \leq x < 4$	aus	aus	aus	aus	an

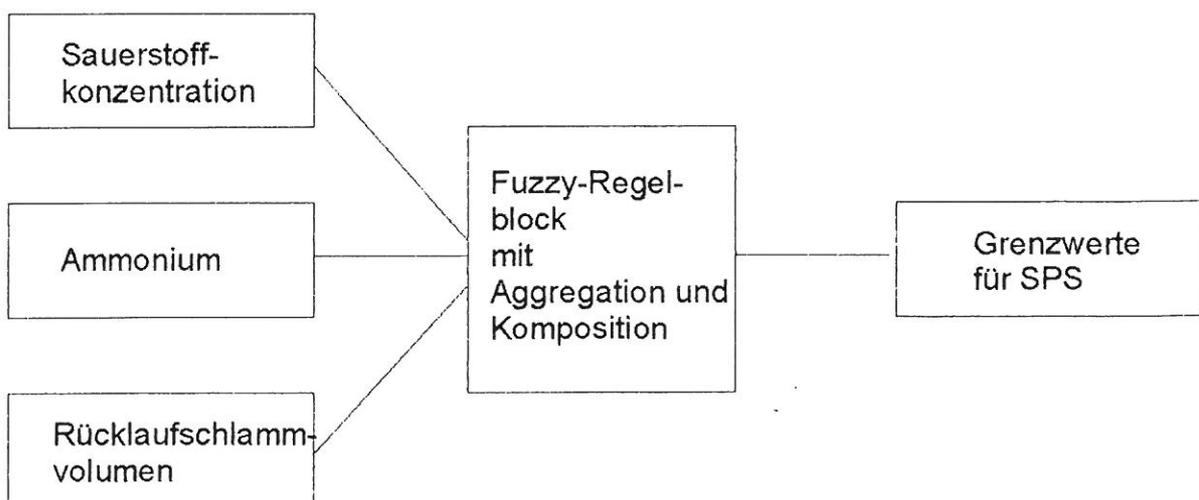


Bild 11: Struktur des Fuzzy-Reglers für den Sauerstoffeintrag

1.7.5. Phosphatfällung

Für Perioden, in denen die Bio-P-Eliminierung zur Einhaltung des Grenzwertes nicht ausreicht, wird eine Fällung am Ablauf des vierten Belebungsbeckens BB4 vorgenommen. Die erforderliche Fällmittelmenge ergibt sich aus Menge und PO_4 -Konzentration des aus der Belebung abfließenden Wassers. Die abfließende Menge wird aus der Summe der in die Belebung geführten Volumenströme bestimmt: Zufluß aus der Vorklärung und zugepumpter Rücklaufschlamm. Die PO_4 -Konzentration wird mittels Prozeßphotometer ermittelt. Der Erfolg der Fällmittelgabe läßt sich durch die Messung im Ablauf der Kläranlage kontrollieren. Dabei bietet die Einbindung von Erfahrungswerten über FUZZY-Algorithmen Vorteile zur Optimierung.

Beispielsweise geht man sinnvollerweise davon aus, daß bei starkem Anstieg der PO_4 -Konzentration und einer großen Zulaufmenge ein Zustand eintritt, der das in der Denitrifikationszone rückgelöste Phosphat ausschwemmt. In einer solchen Situation wäre es sinnvoll, bereits vorsehend bei einer geringeren Konzentration die Fällung einsetzen zu lassen. Bei einem langsamen Anstieg der Konzentration über einen längeren Zeitraum sollte man versuchen, die Bedingungen für die Bio-P-Eliminierung zu verbessern, und erst bei Erreichen eines vorzugebenden Grenzwertes mit der Fällung beginnen. Auch zum Erhalt von Fällmittelresten im Rückfuhrschlamm gibt es Erfahrungswerte, bei deren Berücksichtigung sich der Fällmitteleinsatz reduzieren läßt. Derartige Behandlungsregimes lassen sich auch nachträglich in den FUZZY-Apparat einbinden und mit den gewonnenen Erfahrungen optimieren.

Durch Nutzung solcher Möglichkeiten auch in den anderen Teilproblemlösungen wird die gesamte Betriebsführung immer besser an die spezifischen Bedingungen der Anlage angepaßt.

1.8. Versuchsbetrieb 04 bis 06/ 95 - "Meßwochen '95"

1.8.1. Übersicht zum Versuchsbetrieb

In Anlage 10 ist eine Übersicht zu Vorbereitung und Durchführung der "Meßwochen '95" gegeben.

In der Vorbereitungszeit waren Veränderungen notwendig, um die Anlage gemäß Verfahrenskonzept betreiben zu können:

- Verbesserung des Abwasserdurchsatzes zur Realisierung der beabsichtigten Abbauprozesse: Die Aufteilung des Zulaufs zur Belebung gestaltete sich nach Installation der berechneten Blenden nicht in der vorgesehenen Weise:

BB1: BB2 : BB3 : BB4 wie 0,35:0,35:0,25: 0,5.

Deshalb mußten die Ablaufkante im BB4 gesenkt und die Zulaufstutzen im Niveau korrigiert werden. Nach diesen Veränderungen vollzog sich der Durchsatz in der nach der Dimensionierung abgeschätzten Weise.

- Versuchsweise Senkung des TS-Gehalts in der Belebung zur Realisierung veränderter Bedingungen für die Belüftung. Die Auswirkungen dieser Maßnahme sind im folgenden Abschnitt 1.8.2 beschrieben.

In dieser "Vorbereitungszeit" wurden die on-line-Betriebsdaten und ausgewählte Laborwerte zur Situationsanalyse als Grundlage des Vergleichs zum Betrieb in den Meßwochen ausgewertet.

In den "Meßwochen" wurde die Anlage in unterschiedlicher Weise beaufschlagt:

18. bis 22. KW: Fäkalien tagsüber über den Dekanter behandelt und das entstehende Zentrat sofort eingeleitet

23./24. KW: Fäkalien tagsüber gespeichert und nachts direkt aufgeleitet.

Außerdem wurden mit einem industriellen Einleiter nach Absprache mehrmals größere Abwassermengen mit stark abweichenden pH-Werten eingeleitet, um die Wirksamkeit der pH-Wertvergleichmäßigung nachzuweisen. Die Einschätzung zu diesen Versuchsphasen wird in den Abschnitten 1.8.3 und 1.8.4. vorgenommen.

Ein Regenereignis um den 02.06.95 wird in Abschnitt 1.8.5 behandelt.

1.8.2. Änderung des TS-Gehalts mit dem Ziel einer verbesserten O₂-Steuerung (Betriebskosten)

Insbesondere die geringen Sauerstoffgehalte in den Belebungsbecken und der hohe Energieeinsatz je kg BSB5 führten zu der Annahme, daß durch Verringerung des TS-Gehaltes im Belebungsbecken und im Rücklaufschlamm eine Erhöhung des Sauerstoffgehaltes in den Belebungsbecken zu erreichen ist, die die Sauerstoffregelung in Eingriff bringt und durch zeitweiliges Abschalten von Belüftern eine Betriebskosteneinsparung bringt. Den Nachweis sollte die Versuchsdurchführung im Mai 1995 erbringen.

Ausgangssituation Jan. - Febr.

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Berechnung des Ertragskoeffizienten: } Y(B/S) &= \frac{(C_d - C_o) \times V_{\dot{U}}}{(CSB_{zul} - CSB_{abl}) \times V_o} \\
 &= \frac{(10 - 0,25) \text{ kg/m}^3 \times 70 \text{ m}^3/\text{d}}{(1,295 - 0,053) \text{ kg/m}^3 \times 1821 \text{ m}^3/\text{d}} \\
 &= 0,30 \text{ kgoTS/kg CSBabbau}
 \end{aligned}$$

$$2. \text{ Schlammalter: } t(TS) = \frac{V(R) \times C(B)}{V(\dot{U}) \times C(D)} = \frac{3680 \text{ m}^3 \times 7 \text{ g/l}}{70 \text{ m}^3/\text{d} \times 10 \text{ g/l}} = 36,8 \text{ d} .$$

Das ermittelte hohe Schlammalter von 36,8 d läßt auf folgende Nachteile schließen:

- größerer Sauerstoffverbrauch durch endogene Atmung
- schlechter Stoffübergang
- zuviel inaktive Masse.

Nach vorübergehend erhöhtem Überschussschlammabzug stellte sich in den Belebungsbecken ein Wert von 4,5 g/l TS und im Rücklaufschlamm 7,0 g/l TS ein.

Mit Umstellung der Formel (1) ergibt sich dafür eine berechnete

Überschussschlammmenge von $V(\ddot{u}) = 100 \text{ m}^3/\text{d}$ und ein Schlammalter von 20 d.

Mit diesen TS - Gehalten wurde die Versuche im Mai 95 durchgeführt.

Die Tabelle 5 enthält Angaben über den Schlammgehalt der Belebungsbecken in den Monaten Jan. - Febr. bzw. Mai - Juni, also vor und nach der gezielten Absenkung der TS-Gehalte in der Belebung und im Rückführschlamm.

Tabelle 5 Vergleich der Kläranlagendaten			
Mittelwerte		Jan. - Feb. 95	Apr. - Mai 95
Mengen ÜSS in m ³ /d		70	100
TS BB in g/l		7	4,5
oTS BB in %			65
TS RLS in g/l		10,9	7
oTS RLS in %			69
Laufzeit Belüfter	kwh/d	1464,6	1777
KWh / kgBSB5		1,3	1,5
Ablaufwerte			
CSB	mg/l	57	45
NH 4 - N	mg/l	6,8	6,45
N ges.	mg/l	7,5	11,25
P ges.	mg/l	0,6	0,8
Anzahl der Überschreitungen bei			
CSB	90mg/l	0	0
NH 4 - N	18mg/l	5	13
P ges.	2mg/l	1	0
Schlammalter	d	34	23

Der Tabelle 5 ist zu entnehmen, daß sich die durchschnittlichen Ablaufwerte der Kläranlage nicht wesentlich unterscheiden, wobei auch die unterschiedlichen Jahreszeiten und Temperaturen berücksichtigt werden sollten.

Problematischer aus Betreibersicht erscheint die erhöhte Häufigkeit des Überschreitens der Mindestanforderungen der AbwV im Ablauf der Kläranlage bei Fahrweise mit geringerem TS-Gehalt.

Verursacht wird diese Erscheinung durch relativ geringe Tiefe im Nachklärbecken und verschlechtertes Absetzverhalten und Eindickvermögen, z.B. bei erhöhter Mengenbelastung im Regenwetterfall.

Weiterhin konnte eine Verringerung des Energieverbrauches bei geringerem TS-Gehalt nicht offensichtlich nachgewiesen werden. Die angegebenen geringeren Laufzeiten für den Zeitraum Jan. - Feb. wurden jedoch durch Havarien der Belüfter verursacht und verfälschen den Vergleich. Eine Erhöhung des Sauerstoffgehaltes in den Belebungsbecken bei veränderter Fahrweise wurde nicht festgestellt, wobei die wesentliche Ursache in dem grundlegend ungenügenden Sauerstoffeintrag der Belüfter zu suchen ist.

Die Vermutung, daß bei dem hohen TS-Gehalt in den Belebungsbecken und bei vorhandener geringer Schlammbelastung vorrangig im Zeitraum Jan. bis Feb. ein großer Anteil an Trockensubstanz bereits in mineralisierter Form vorliegt, bestätigte sich nicht. (Anlagen 11 und 12)

Der ermittelte organische Anteil am Schlamm von 65 % im Belebungsbecken und 69 % im Rücklaufschlamm läßt eher auf eine gute biologische Aktivität des Schlammes schließen.

1.8.3. Belastungsänderung: Auswirkung von pH-Wert-Spitzen im Zulauf der Kläranlage

Extreme pH-Werte im Zulauf zur Kläranlage wurden sowohl zu den mit dem industriellen Einleiter abgesprochenen Zeiten als auch (zufällig) außerhalb dieser Zeiträume mit der pH-Sonde pHzu registriert. Mit der für den Versuchszeitraum zusätzlich in der Zulaufrinne zur Belebung installierten Sonde pHBB wurde in allen Fällen eine hinreichende Vergleichmäßigung nachgewiesen:

Tabelle 6: Vergleichmäßigung von pH-Wert-Sprüngen

Datum	pHzu-Zulauf KA	Dauer/h	pHBB- zulauf BB
24.04.(Absprache)	12,3	3,5	7,5
08.05.	11,5	2	8,2
23.05.	5,8	0,5 - wiederholt	6,5
28.05.	10	2	7,6
02.06.(Absprache)	10,5	3	7,8
03.06.	10,5	4	7,6
06.06.(Absprache)	11,7	2	7,8

Die Vergleichmäßigung mit Hilfe des Speicherbeckens baute sowohl alkalische wie auch saure "Spitzen" ab und gewährleistete einen pH Wert-Bereich zwischen 6,5 und 8,2, also günstige Bedingungen für die Biologie.

Die Situation am 24.04.95 ist als Beispiel im folgenden Bild 12 wiedergegeben:

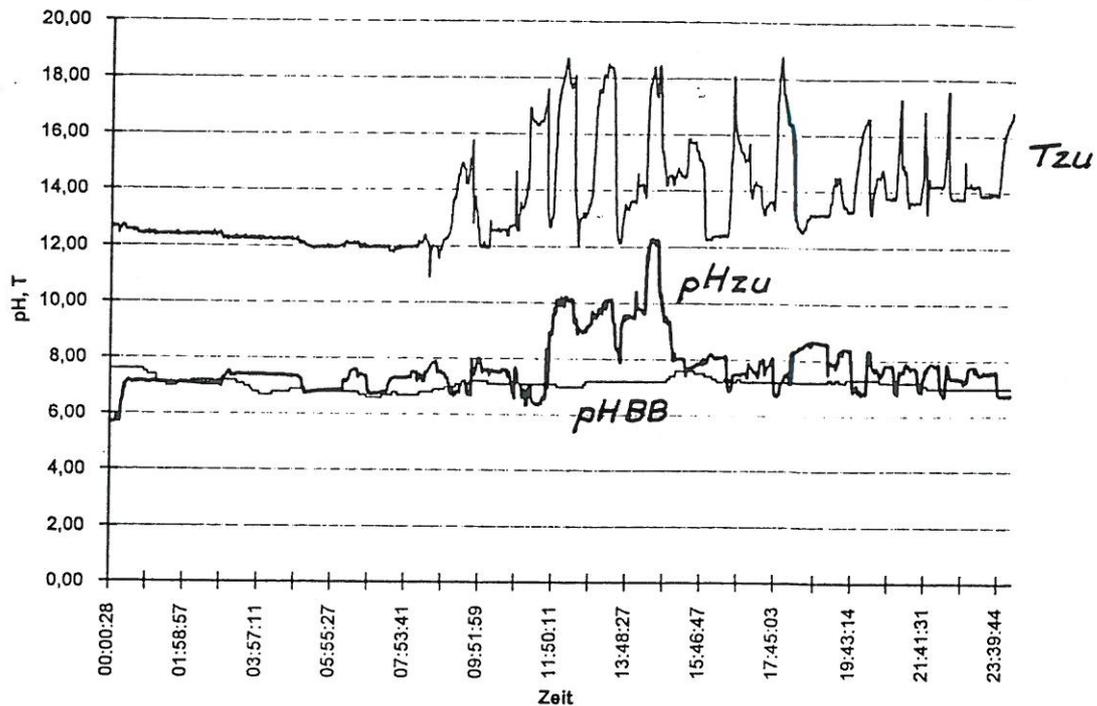


Bild 12: Vergleichmäßigung des pH-Werts im Zulaufs zur Belebung pHBB bei Auftreten eines pH-Stoßes im Zulauf zur KA pHzu

1.8.4. Belastungsänderung: Fäkalienezuführung direkt auf Kläranlage oder über Dekanter entwässert

Während der Versuchsreihen 1995 wurden wiederum zwei verschiedene Betriebsweisen der Anlage erprobt. Dabei wurden Fäkalien :

1. nach der üblichen Fahrweise der Anlage über den Dekanter vorbehandelt (19. bis 21. KW) und
2. überwiegend in den Nachtstunden direkt zudosiert. (22. bis 24. KW)

Hintergrund dieser Versuchsdurchführung sind folgende Vorstellungen:

- Senkung der Energiekosten der Kläranlage durch Nutzung des billigeren Nachtstromes bzw. Reduzierung des Einsatzes der Zentrifuge zur Fäkalentwässerung und Verwendung des Dekanters zur Schlammentwässerung.
- Optimierung der Fahrweise der Kläranlage und Erhöhung der Prozeßstabilität des Ablaufes durch Vergleichmäßigung im Zulauf der Belebung

Das direkte Zuführen der Fäkalien zum Klärprozeß wäre aus Kostengründen (Strompreis) zu favorisieren. Es wird der teure Arbeitsgang der Feststoffabscheidung im Dekanter eingespart. Die energetische Einsparung ergibt etwa 10% des Gesamtverbrauches. In den Kalenderwochen 22 bis 24 sank der Verbrauch um ca. 300 kWh auf

ca. 3200 kWh pro Tag. Dieses entspricht einer Einsparung von ca. 40 DM je Tag. Durch das Überpumpen der Fäkalien in die Zulaufleitung zur Kläranlage entsteht kein wesentlicher zusätzlicher Energieverbrauch.

Die Nutzung des Dekanter macht es erforderlich, Flockmittel einzusetzen, was einen erheblichen Kostenfaktor darstellt.

Zur Verlagerung des Überpumpens der Fäkalien in die Nachtstunden muß die Verträglichkeit der hohen Nährstoffkonzentrationen für die Biologie berücksichtigt werden. Die Verlagerung von Nährstoffzufuhr in die unterbelasteten Nachtstunden ermöglicht eine erweiterte Abbauleistung, wobei die sehr hohen Nährstoffkonzentrationen der Fäkalien die Bio-P-Eliminierung und die Denitrifikation hemmen. Ein Ansteigen der Ablaufwerte und damit verbunden der zusätzliche Einsatz von Fällmittel wird als kritisch eingeschätzt. Insgesamt ließ sich mit dieser Verfahrensweise unter den im Experiment herrschenden Bedingungen keine signifikante Einsparung nachweisen :

Da der Preisunterschied zwischen Hoch- und Niedrigtarif 2,3 Pf/kWh beträgt, wäre eine deutliche Lastverlagerung in die Nachtstunden zu empfehlen. z.B. durch Betrieb des Dekanter in den Nachtstunden. Da der Betrieb des Dekanters aber Personal erfordert, würde die energetische Einsparung wahrscheinlich durch steigende Personalkosten aufgezehrt.

K.-Woche	19	20	21	22	23	24
Fäkalien	über	Dekanter		direkt zur KA		
kWh HT	14.801	15.462	14.165	12.428	12.113	12.799
kWh NT	10.395	10.432	9.703	10.148	10.531	8.312
kWh/d	3.599	3.699	3.410	3.225	3.235	3.016
DM	3.868	3.981	3.667	3.446	3.449	3.250
DM/d	553	569	524	492	493	464

Den Anlagen 13 und 14 können die Leistungsbilder der Belüfter in den Belebungsbecken 1 und 2 entnommen werden.

Die installierte Leistung der Belüftungs- und Rührertechnik ergibt bei einer Betriebsdauer von 24h einen täglichen Verbrauch von ca. 2.700 kWh, was etwa 85% des Gesamtenergieverbrauches ausmacht. Für die Rücklaufschlammumpen, die Polderpumpen und den Rechen werden ca. 300 kWh (9,5%) benötigt. Alle anderen Pumpen, die Räumler in Vor- und Nachklärbecken sowie Beleuchtungs-, Labor- und andere Nebenzwecke verbrauchen täglich etwa 200 kWh (6%).

Die Analysenergebnisse der Beprobung des Zulaufes der Kläranlage für die aufgeführten unterschiedlichen Belastungszustände sind den Anlagen 15 und 16 zu entnehmen. Es wird deutlich, daß sich die Belastung der Kläranlage bei Entwässerung der Fäkalien bezüglich CSB und Stickstoffgehalt erheblich verringert. Hinsichtlich der entscheidenden gewerblichen Einleitung auf die Kläranlage (ca. 35 % der Belastung) kann im Versuchszeitraum von einer gleichmäßigen Beschickung ausgegangen werden (Anlage 17), womit vergleichbare Belastungszustände der Kläranlage im Versuchszeitraum anzunehmen sind.

1.8.5. Belastungsänderung: Regenereignis

Starke Regenereignisse verursachen auch bei vorhandener Trennkanalisation in den Ortslagen eine Erhöhung der Abwassermenge um 100 bis 200 %. In der Anlage 18 sind Spitzenzuläufe von 450 m³/h gegenüber durchschnittlich 120 m³/h Abwasser zu erkennen.

Weiterhin ist der Grafik bei Reduzierung des BSBK eine erhebliche Frachterhöhung zu entnehmen. Trotz Nutzung des 2. Vorklärbeckens als Speicherbecken hat dieser Sachverhalt Auswirkungen auf die Ablaufqualität der Kläranlage. Der Anlage 19 können Konzentrationen bezüglich NH₄-N und Orthophosphat im Ablauf des Belebungsbeckens 4 und im Ablauf der Kläranlage entnommen werden, die die Problematik der Kläranlage verdeutlichen. Der geringe Phosphatgehalt im Ablauf des Nachklärbeckens wird durch Einsatz der geregelten Phosphatfällung im Bedarfsfall erreicht.

1.9. Das Verhalten der Kläranlage Werder-Phöben im Ergebnis des Pilotprojekts

1.9.1. Vergleich der Belastung der Kläranlage 1995 gegenüber 1992

Die Kläranlage Werder-Phöben wurde 1982 als mechanisch-biologische Anlage mit Kreislaufbelüftung fertiggestellt und für die Behandlung des Abwassers der Stadt Werder, eines Fruchtsaftbetriebes und eines Pektinwerkes konzipiert.

Dabei wurde das Klärwerk ausschließlich für den Kohlenstoffabbau bemessen und in einzelnen Anlagenteilen für eine hydraulische Belastung von 6000 m³/d Abwasser ausgelegt (ca. 20.000 EGW).

Vergleicht man die Belastung der Kläranlage in den Jahren 1992 und 1995, stellt man sowohl bezüglich der Abwassermenge als auch bezüglich der Belastung eine erhebliche Veränderung fest:

Die Entwicklung der durchschnittlich angeschlossenen Einwohnergleichwerte stellt sich wie folgt dar (einwohnerbezogene Frachten nach ATV A 131):

	1992	1995
angeschl. EW (bezügl. CSB)	12.880	19.652
angeschl. EW (bezüglich N)	12.117	17.451
angeschl. EW (bezüglich P)	3.593	9.713

Die Erhöhung der angeschlossenen Einwohnergleichwerte ergibt sich insbesondere aus der Menge an Fäkalien, die zum gegenwärtigen Zeitpunkt auf die Kläranlage geleitet werden.

Die anschließende Tabelle 7 zeigt die unterschiedlichen Belastungen im Einzelnen:

Tabelle 7: Kläranlage Werder / Phöben Abwassermengenbilanz und Belastungszustand

	1992			1995		
	Mittelwert 1992	Fracht kg/d		Mittelwert 1995	Fracht kg/d	
Qzu ges. m ³ /d	2472,82	1545		1821	2358,2	
Q Fäkalien m ³ /d				668	821,6	für 1230 mg/l CSB
Q gewerblich m ³ /d	1119,94	873,6	für 780 mg/l CSB	267	961,2	für 3600 mg/l CSB
Q Kommunal m ³ /d	1352,88	671,4	für 496 mg/l CSB	886	575,4	für 650 mg/l CSB
pH Wert	7,242			6,9		
NH 4 - N mg/l	44,3	109,55		80	145,68	
NO 3 - N mg/l	0,747	1,85				
N ges mg/l	58,79	145,38		115	209,42	
Pges mg/l	4,36	10,78		16	29,14	
CSB mg/l	625,05	1.545,64		1295	2.358,20	
BSB 5 mg/l	313,33	774,81		635	1.156,34	

Der gewerbliche Anteil an Abwasser reduzierte sich durch die Schließung von Firmen bzw. Reduzierung des Herstellungsumfanges, während sich die Fracht wegen der erhöhten Konzentration des CSB vergrößert.

Dagegen erhöhte sich die Menge an auf der Kläranlage zu behandelnden Fäkalien extrem und stellt neben der Stoßbelastung durch das Gewerbe die Hauptproblematik der Abwasserbehandlung auf der Kläranlage Werder-Phöben dar.

Verhältnis der Belastung auf der Kläranlage:

	Kommun. Abwässer	:	Gewerbl. Abwässer	:	Fäkalien
nach Fracht	24,4	:	40,8	:	34,8
nach Abwassermenge	48,8	:	14,7	:	36,7

Nach Empfehlungen der ATV- Richtlinien sollte der Anteil von Fäkalien auf Kläranlage jedoch 10 % nicht überschreiten.

Da dieser Belastungszustand wegen der langsam voranschreitenden Erschließung des weitläufigen Umlandes der Kläranlage für wenigstens die kommenden 5 Jahre bestehen bleibt und ein umfassender Ausbau der Kläranlage möglichst um mindestens 5 Jahre verschoben werden soll, war neben verschiedenen technologischen Veränderungen ein für diese Kläranlagengrößenklasse sehr umfangreich erscheinender Steuermechanismus notwendig, um auch bei den unterschiedlichen Belastungszuständen einen stabilen Kläranlagenbetrieb zu garantieren.

1.9.2. Das Verhalten der Kläranlage nach der Optimierung

Die Betriebsdaten der Kläranlage vor und nach der Umrüstung der Biologie sind der folgenden Tabelle 8 zu entnehmen:

Tabelle 8: Bemessungs- und Betriebsdaten der Kläranlage Werder/Phöben

	vor Umrüstung 1992/93	nach Umrüstung 1995	
		Jan.-März	ab April
Vorklärbecken [m ³]	450	450	450
Denibecken [m ³]		1280	1280
Nitribecken [m ³]	3680	2400	2400
BSB 5 Fracht, Zulauf KA [kg/d]	774,8	1156,3	1156,3
BSB 5 Fracht, Zulauf BB [kg/d]	516,5	835	835
Überschußschlammmenge [m ³ /d]	260	70	100
TS BB [g/l]	2,8	7	4,5
TS RLS [g/l]	4,3	10,9	7
Schlammbelastung [kg/kgxd]	0,05	0,03	0,05
Biomasse gesamt [t]	10	25,7	16,6
Biomasse aerob [t]		17	10,8
Schlammalter ges. [d]	9,2	33,6	23,7
Schlammalter aerob [d]		21,9	15

Ausschlaggebend für die Einschätzung einer Kläranlage ist die gesicherte Einhaltung der vorgeschriebenen Ablaufwerte der Anlage bei höchstmöglicher Reduzierung der Betriebskosten. Auf dieser Grundlage wurden die durchzuführenden Untersuchungen im Versuchszeitraum Mai 1995 ausgewählt.

Dabei konnten jedoch die gewünschten Effekte wie verringerter Energiebedarf bei Reduzierung des Trockensubstanzgehaltes in den Belebungsbecken und geringere Energiekosten bei unterschiedlicher Aufleitung von Fäkalien im Rahmen der Versuchsdurchführung nicht befriedigend nachgewiesen werden.

Aus den Anlagen 20 und 21 ist vielmehr ersichtlich, daß sich die Ablaufqualität bei direkter Aufleitung von Fäkalien trotz gewisser Energieeinsparungen als problematisch erweist, der Einhaltung der Ablaufwerte muß aber bei der Optimierung der Kläranlage der Vorrang eingeräumt werden.

Weiterhin wurde deutlich, daß bei Regenereignissen die erforderliche Ablaufqualität nicht garantiert werden kann. Ursache ist die hohe hydraulische und frachtbezogene Belastung, die insbesondere auf die $\text{NH}_4\text{-N}$ - Konzentration im Ablauf der Kläranlage Auswirkungen hat.

Ein Vorschlag zur weiteren Verfahrensweise auf der Kläranlage ist die schrittweise Erhöhung des TS-Gehaltes in den Belebungsbecken und im Rücklaufschlamm. Vorteile liegen in der schnelleren Rückführung von TS-reichem Schlamm bei Reduzierung des Schlammgehaltes an Regentagen durch Ausspülung. Weiterhin können bei höherer TS-Konzentration in den BB $\text{NH}_4\text{-N}$ - und P-Zulaufspitzen besser kompensiert werden.

Insbesondere die in den anaeroben Teilen der Belebungsbecken vorhandene Rücklösung von Phosphor mit anschließender in den aeroben Beckenteilen ablaufender P-Eliminierung (Anlage 22) wird durch einen hohen Anteil an Mikroorganismen stabilisiert, wenn die Prozeßführung das Vorhandensein ausreichender Kohlenstoffbelastung und organischer niedermolekularer Säuren organisiert. So kann mit Erhöhung der Prozeßstabilisierung der biologischen P-Eliminierung eine Reduzierung der Betriebskosten durch Verringerung des Einsatzes von Fällmitteln erreicht werden.

Betrachtungen zum Fällmittelverbrauch:

Zulaufwerte: (1994)

$$Q_{\text{zu}}=2016 \text{ m}^3/\text{d};$$

$$P_{\text{ges}}=11,2 \text{ mg/l}$$

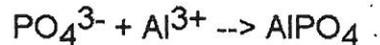
Es ergibt sich eine **Phosphatzulauf**fracht von

$$22,6 \text{ kg/d.}$$

Bei angenommener 30 %iger biologischer Reduzierung der Phosphatfracht und einem angestrebten Reinigungsziel von 2 mg/l ergibt sich folgender theoretische Fällmittelbedarf:

Abbau von 11,2 mg/l auf 2 mg/l ergibt **82,1% Abbau**

gekürzte Reaktionsgleichung:



Je mol Phosphor ist ein mol Aluminium erforderlich:

$$22,6 \text{ kg P} / 30,975 \text{ g/mol} = 729,6 \text{ mol}$$

$$729,6 \text{ mol} * 82,1\% = 599,0 \text{ mol (abzubauenende Stoffmenge)}$$

$$599,0 \text{ mol} * 70\% = 419,3 \text{ mol (biologische Reduzierung)}$$

Es werden täglich 419,3 mol **Aluminium** verbraucht.

$$419,3 \text{ mol} * 26,98 \text{ g/mol} = 11,3 \text{ kg Al}^{3+}$$

Bei Einsatz vom Entec 118/S mit einem Metallgehalt von 110 g/l bzw. 85 g/kg ergibt sich ein täglicher Bedarf von:

$$11,3 \text{ kg} / 0,11 \text{ kg/l} = 102,7 \text{ l bzw.}$$

$$11,3 \text{ kg} / 0,085 \text{ kg/kg} = 132,9 \text{ kg.}$$

Dieses entspricht bei einem Preis von 1,15 DM/kg einem täglichen Aufwand von:

$$132,9 \text{ kg} * 1,15 \text{ DM} = 152,84 \text{ DM für Fällmittel.}$$

Durch die erweiterte Phosphatelimination konnte der tägliche Verbrauch auf ca. 70l reduziert werden. Daraus ergibt sich eine biologische Phosphateliminierung von ca. 55%.

Es konnten **täglich etwa 42 kg Fällmittel und damit etwa 40 DM eingespart** werden.

Bei 365 Tagen im Jahr ergibt das etwa 15.000 DM.

Einhergehend mit dieser Reduzierung des Fällmittelverbrauchs sinkt die Überschussschlammproduktion, was zu einer zusätzlichen Kostenersparnis führt.

Als problematisch für den Kläranlagenbetrieb stellt sich der auch in wesentlichen Phasen der Versuchsdurchführung in den Meßwochen 1995 nicht ausreichende Sauerstoffgehalt in den Belebungsbecken dar. Durch Anschaffung eines weiteren schwimmenden Belüfters im Rahmen dieses Förderprojektes und Umrüstung der vorhandenen Belüfter in die schwimmende Form soll künftig der für die Nitrifikation notwendige Sauerstoffgehalt von 2 mg/l in den Belebungsbecken gewährleistet sein. Damit bestehen bessere Voraussetzungen für den Eingriff der kostensenkenden Steuer-/Regelalgorithmen mit den anlagenspezifisch bestimmten Fuzzy-Modulen unter Verwendung der On-line-Meßwerte an den ausgewählten Punkten der Anlage.

1.10. Einschätzung des Pilotprojekts

Der Einsatz innovativer Meßgeräte zur Beurteilung kläranlagenspezifischer Kennwerte brachte wichtige Erkenntnisse bei der Situationsanalyse, bei der Verfahrensumstellung der Anlage sowie im optimierten Betrieb.

Die Bewertung des "Zustands der Biologie" (Schlammkondition) anhand der partikulären Struktur konnte nicht praktikabel gestaltet werden, die Erfassung des TS-Gehalts von Proben mit Hilfe des Partikel-Analyse-Systems PARTmaster gelang besser. Das Gerät konnte aber sehr erfolgreich zur schnellen komplexen Bewertung von Probenaufbereitungsapparaturen (UF, rotierendes Spaltfilter, periodisch rückgespülte modifizierte Filterkerze) eingesetzt werden.

Die mit Biosensoren arbeitenden BSBK-Analysatoren BODypoint und BODyline für die On-line-Messung des BSBK-Wertes brachten wichtige Erkenntnisse in der Situationsanalyse sowie im späteren optimierten Betrieb der Kläranlage. Entsprechend der Förderaufgabe wurde mit den Erfahrungen der Meßwochen 1994 der Funktionsumfang des Prozeßgerätes BODyline P erweitert. Die Untersuchungen im On-line-Betrieb wurden fortgesetzt und in Verbesserungen des Geräteaufbaus und der Betriebsweise umgesetzt. Die mit den Praxiserfahrungen im Pilotprojekt eingebrachten Verbesserungen und Vereinfachungen vor allem beim Prozeßgerät führten zu praxisorientierter Bedienbarkeit und geringerem Wartungsaufwand, wie das in /17/ bestätigt ist. Als Belege für den erreichten Zustand der BSBK-Online-Meßtechnik sind Meßergebnisse aus den Meßwochen zum Abschluß des Pilotprojekts in den Anlagen 23 bis 25 dargestellt: Zum einen sind das die täglich automatisch ausgegebenen Tagesgänge beider Biosensoren für eine identische Probe (BSBK-Meßstelle C), zum anderen die übereinander dargestellten BSBK-Tagesgänge aus je einer Betriebswoche mit Fäkal- bzw. mit Zentratschickung.

Typische Tagesganglinien wie in anderen rein kommunalen Kläranlagen sind wegen der unregelmäßigen Zuführung durch die Pumpwerke und die ungewöhnliche industrielle Belastung sowie den überproportionalen Fäkalienanteil kaum zu beobachten. Damit ist die Notwendigkeit zur Frachtüberwachung und zur Fuzzysteuerung der Anlage nach den ermittelten On-line-Werten nochmals demonstriert.

Da eine große Kläranlage mit ihren Mengen- und Zeit-Dimensionen nur begrenzten Tests unterzogen werden kann, ist eine Einschätzung zur Wirksamkeit der gewählten Fuzzy-Algorithmen und ein Vergleich zu herkömmlichen Methoden erst nach längerer Beobachtung des KA-Betriebs möglich. Begrenzt wirksame Sprünge in der Belastung (pH-Wert, Regenereignis) zeigten prinzipiell richtiges Reagieren der installierten Anlagenführung. Die Möglichkeit zum Einbringen gewichteter Einflüsse aus Expertenerfah-

ungen ist ein wesentlicher Vorzug dieser innovativen Technologie und bietet Möglichkeiten zur weiteren Optimierung des Anlagenbetriebes.

Aus Sicht des Kläranlagenbetreibers war die Durchführung des DBU Pilotprojektes 00633, Teilprojekt 1 ein Erfolg vor allem bezüglich

- der Erfassung des Belastungszustandes der Kläranlage sowie
- der Erarbeitung einer Studie zur Umrüstung der Kläranlage unter Verwendung neuester Meß- und Regelungstechnik.

Es konnte begründet eine Umgestaltung der Kläranlage mit Nährstoffelimination durchgesetzt werden, die eine Reduzierung bzw. Verlagerung von Investitionskosten ermöglichte, und zwar

- in Höhe von 20 Mio DM für eine Auslegung als Anlage für 30.000 EW bzw.
- in Höhe von 42 Mio DM für 60.000 EGW, die bei Neubau einer Kläranlage angefallen wären.

Voraussetzung für alle weiteren Überlegungen waren die Meßwochen im September 1992, die Erkenntnisse über die extrem schwankenden Zuflüsse und Belastungen der Kläranlage brachten.

Im Ergebnis dieser Untersuchungen konnten mit den gewerblichen Einleitern als den Verursachern dieses Zustandes zielgerichtet Verhandlungen geführt werden, die zum heutigen Zeitpunkt gute Ergebnisse bezüglich Vergleichmäßigung der Menge und Fracht und des pH-Wertes erbracht haben.

Die weitere Auswertung dieser Meßergebnisse führte im Folgenden zur Bereitstellung von finanziellen Mitteln, die den Umbau der Kläranlage als Kaskadenanlage ermöglichen.

Damit sollte das vorhandene Beckenvolumen bei der Notwendigkeit der Vergleichmäßigung des Zulaufes und der Belastung über Messung der organischen Belastung und anschließende Steuerung relevanter Parameter optimal ausgenutzt werden.

Abschließend kann man feststellen, daß mit der veränderten Kläranlage zum heutigen Zeitpunkt:

1. die aktuellen Grenzwerte der AbwVV im Mittelwert eingehalten werden
2. ein stabiler Kläranlagenbetrieb durch Einsatz von moderner Meß- und Steuertechnik gewährleistet wird und
3. eine erhebliche Kostenminimierung bezüglich Abwasserabgabe und Investition gegenüber einem Kläranlagenneubau erzielt werden könnte.

Im Ergebnis des Projekts ist die Erhöhung des Anschlußgrades auf der Kläranlage bei Erschließungsmaßnahmen in den Umlandgemeinden gesichert.

1.11. Publikationen zum Pilotprojekt

Seitens des Projektleitung wurden verschiedene Wege zur Publikation der erzielten Ergebnisse gesucht:

- Darstellung der erzielten Fortschritte beim Einsatz der innovativen Meßtechnik
- Darstellung des Pilotprojekts als Referenz für die Möglichkeiten zur Ertüchtigung vorhandener Anlagen unter Berücksichtigung der Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Dazu wurden neben Firmenpräsentationen Vorträge auf Fachkolloquien und Messen gehalten sowie in der Fachpresse veröffentlicht, wie es das anschließende Literaturverzeichnis wiedergibt:

- | | | |
|-----|---------------------------|--|
| /1/ | MERTEN, H.
KRAUSE, St. | Prozeßsteuerung von Abwasserbehandlungsanlagen mit neuartigen Meßverfahren (BSB-Kurzzeitmessung, Partikelanalyse) und Fuzzy Logik
Computer Congressmesse BeRAM '92, Thema 4 "Lösungen für den Umweltschutz", Berlin 09/1992 |
| /2/ | MERTEN, H. | Feldgerät mit Biosensor zur BSB-Kurzzeitmessung in Abwasserreinigungsanlagen; Symposium "Erfahrungen mit Analysen- und Prozeßmeßgeräten in Abwasserreinigungsanlagen" Techn. Akademie Esslingen, 12/92 |
| /3/ | MERTEN, H. | BSB-Meßsystem mit Biosensor für die Abwassermessung ; Kongreß "Sensor '93", Vortrag C 8.1 im Technologieforum "Mikrosystemtechnik", Nürnberg 12. - 14.10.93 |
| /4/ | MERTEN, H.
u. a. | Verfahren zur Bewertung von Stoffwechselfvorgängen in Metabolismussensoren
Antrag der Fa. AUCOTEAM GmbH Berlin zur Erteilung eines Patents vom 28.02.94 |
| /5/ | GEHRING, S.
MERTEN, H. | BODYpoint mißt BSBK mit Biosensor - Feldgerät für Einzel- und Dauermessungen - Poster auf dem Symposium "Frontiers in Biosensorics", Potsdam 15./16. 12. 1994 |
| /6/ | RÖDING, B.
u.a. | Bericht zum Einsatz des BSBK-Meßgerätes BODYline P 20.06. bis 10.07.94 auf der KA Werder-Phöben, AUCOTEAM 08/94 |
| /7/ | NOACK, J.
u.a. | Teilbericht Regelkonzepte unter Nutzung der Fuzzy-Set Theorie
Thelemann GmbH 09/94 |

- /8/ LENZ, U. Auswertung der Meßwochen vom 20.06. bis 07.07.94
u.a. Thelemann GmbH 09/94
- /9/ KELM, S. Einsatzerfahrungen mit BSB-Kurzzeit-Meßgeräten bei der
MERTEN, H. Situationsanalyse und im Betrieb mit einer Fuzzy-Steuerung in
NOACK, J. einem kommunalen Klärwerk Brandenburgs
RÖDING, B. Technische Akademie Esslingen, 3. TAE - Symposium
u. a. Esslingen, 28.- 30.11.1994
- /10/ MALLON, I. Ertüchtigung der Kläranlage Werder/Phöben durch Umrüstung
u.a. -Verfahrenstechnische Ziele und Dimensionierung -
Zwischenbericht, ergänzte Fassung WAZV, 1995
- /11/ MERTEN, H. Fuzzy-Algorithmen zur Optimierung eines Klärwerks mittlerer
HÜBNER, F. Größe
14. Berlin-Brandenburgisches Automatisierungskolloquium:
NEURO-FUZZY-ANWENDUNGEN, Berlin, 26.01.95
- /12/ MERTEN, H. BSB-Kurzzeitmessung mit Biosensor in kommunalen Klär-
GEHRING, St. werken; WWt (1995) Heft 3
- /13/ MERTEN, H. Kurzzeitmessung des Biochemischen Sauerstoff-Bedarfs
GEHRING, St. (BSBK) mit Biosensor in on-line-fähigen Geräten für Kläran-
lagen
3. Eberswalder Technologietag 1995 "Umweltschutz durch
Abwasserreinigung", Eberswalde 12.04.95
- /14/ MERTEN, H. Kontinuierliche Messung des Biochemischen Sauerstoff-Be-
GEHRING, St. darfs mit Biosensor (BSBK) in Kläranlagen
Tagung zur Mittelsachsen-Schau 1995 "Im Osten 'was Neues",
Riesa 07.06.95
- /15/ GEHRING, St. Präsentation Hannover Messe Industrie 95:" Analytik
MERTEN, H. bei der KA-Ertüchtigung" Hannover, 03.-08.04.95
- /16/ GEHRING, St. Standgestaltung ENVITEC: " BSBK-Online Meßgerät
BODYline P zur KA-Steuerung", ENVITEC, Düsseldorf,
19.-23.06.95
- /17/ KITZMANN, u. Einschätzung BODYline P im Dauerbetrieb auf der Kläranlage
Phöben
Glindow, 06/95

PILOTPROJEKT

" Einführung neuer Meßverfahren und Geräte im Abwasserbereich"

Gefördert von der **DEUTSCHEN BUNDESSTIFTUNG UMWELT**

(Az. 00633)

TEILPROJEKT 1 Untersuchung der Steuerungsmöglichkeit von Klärwerken auf der Basis von Fuzzy-Logik mit neuen Meßverfahren

Kooperationspartner:

AUCOTEAM GmbH Berlin, Thelemann GmbH Berlin,

WAZV Werder Havelland
(vorm. PWA GmbH Potsdam)

ANLAGENTEIL zum

Bericht über die 2. Etappe
(11/93 - 06/95)

Dr. Heiner Merten (AUCOTEAM GmbH)
Projektleiter

Berlin, im Juni 1995

ANLAGE	INHALT	Seite
Anlage 1	KA Werder-Phöben - Voraussichtliche Abwasserabgabe 1995 (erkarte Werte)	1
Anlage 2	KA Werder-Phöben - Voraussichtliche Abwasserabgabe 1995 (bei Einhaltung der Mindestanforderungen)	2
Anlage 3	KA Werder-Phöben. Berechnung des notwendigen Beckenvolumens nach Belastungswerten 1992 (Berechnung nach KAYSER)	3
Anlage 4	KA Werder-Phöben. Berechnung des notwendigen Beckenvolumens bei steigender Belastung (Berechnung nach KAYSER)	6
Anlage 5	KA Werder-Phöben. Übersicht über die errechneten Werte für die Kaskadendenitrifikation.	7
Anlage 6:	Abbau von Zulaufspitzen (a) durch Zwischenspeicherung (b) und Erzielen eines vergleichmäßigten Zulaufs zur Belebung (c)	8
Anlage 7	Fließschema der KA nach dem Umbau mit Meß- und Stellgliedern	9
Anlage 8	BSBK-Messung mit Prozeßgerät BODYline P im Klärwerk Werder-Phöben 06/07'94	10
Anlage 9	Übersicht KA Werder-Phöben: PLS und SPS-Übersicht nach Erweiterung mit Fuzzy-SPS (software-Module)	11
Anlage 10	Übersicht zu Vorbereitung und Ablauf des Versuchsbetriebes "Meßwochen 05/95-06/95"	12
Anlage 11	Belebtschlammuntersuchung: RS vom 06.04.95	13
Anlage 12	Belebtschlammuntersuchung: BB1 vom 06.04.95	16
Anlage 13	Leistungsbild der Belüfter in BB1 u. BB2 (KW 21-Fäkalien über Dekanter)	19
Anlage 14	Leistungsbild der Belüfter in BB1 u. BB2 (KW 22-Fäkalien direkt)	20
Anlage 15	Beprobung Zulauf Kläranlage 21. KW (Fäkalien über Dekanter)	21
Anlage 16	Beprobung Zulauf Kläranlage 22. KW (Fäkalien direkt)	23
Anlage 17	Beprobung Einleitung Fruchtsaftbetrieb 05/95	25
Anlage 18	Regenereignis: Zulauf- und Frachtermittlung am 02.06.95	27
Anlage 19	Regenereignis: NH4 und PO4-Abbau am 02.06.95	28
Anlage 20	Ablaufwerte: 21.KW (Fäkalien über Dekanter)	29
Anlage 21	Ablaufwerte: 22.KW (Fäkalien direkt)	30
Anlage 22	Phosphatabbau : PO4-P-Gehalt in den 4 Belebungsbecken und im RLS	31
Anlage 23	BODYline P im KW Werder-Phöben (30 000 EW) tägliche Ausgabe des BSBK-Tagesganges am Zulauf Belebung Messung eines Kanals parallel mit beiden Biosensoren gemessen	32
Anlage 24	BSBK-Tagesgänge Zulauf Belebung 20.KW(Fäkalien über Dekanter)	33
Anlage 25	BSBK-Tagesgänge Zulauf Belebung 23.KW(Fäkalien direkt)	34

Voraussichtliche Abwasserabgabe 1995 (erklärte Werte)

Kläranlage Werder-Phöben
Größenklasse 4

Voraussichtliche Abwassermenge:

800.000 m³

Parameter	Zeitraum von	bis	Anzahl d. Tage	UW mg/l	MA mg/l	Überschr.	ET	Abw.-Menge m³	Fracht kg	SE	Abw.-abgabe ohne Überschreitung DM	zusätzliche Abw.-abgabe bei Überschreitung DM
CSB	01.01.1995	31.12.1995	365	90,00	90	0,25		600.000	54.000	1.080	16.200 DM	DM
1.Änderung			0		90			0	0	0	DM	DM
2.Änderung			0		90			0	0	0	DM	DM
3.Änderung			0		90			0	0	0	DM	DM
Summe			365					600.000	54.000	1.080	16.200 DM	DM
N	01.01.1995	31.12.1995	365	40,00	18	1,00		600.000	24.000	960	57.600 DM	DM
1.Änderung			0		18			0	0	0	DM	DM
2.Änderung			0		18			0	0	0	DM	DM
3.Änderung			0		18			0	0	0	DM	DM
Summe			365					600.000	24.000	960	57.600 DM	DM
P	01.01.1995	31.12.1995	365	3,00	2	1,00		600.000	1.800	600	36.000 DM	DM
1.Änderung			0		2			0	0	0	DM	DM
2.Änderung			0		2			0	0	0	DM	DM
3.Änderung			0		2			0	0	0	DM	DM
Summe			365					600.000	1.800	600	36.000 DM	DM
Gesamt											109.800 DM	DM
											109.800 DM	

ÜW - Überwachungswert
MA - Mindestanforderung
ET - Ermäßigungstarif
SE - Schadeinheiten

Vorraussichtliche Abwasserabgabe 1995 (bei Einhaltung der Mindestanforderungen nach Beendigung der Versuchsdurchführungen und Umbaumaßnahmen)

Kläranlage Werder-Phöben

Größenklasse 4

Vorraussichtliche Abwassermenge: **600.000 m³**

Parameter	von	Zeitraum	bis	Anzahl d. Tage	ÜW mg/l	MA mg/l	Überschr.	ET	Abw.-Menge m³	Fracht kg	SE	Abw.-abgabe ohne Überschreitung DM	zusätzliche Abw.-abgabe bei Überschreitung DM
CSB	01.01.1995	31.12.1995		365	90,00	90		0,25	600.000	54.000	1.080	16.200 DM	DM
1. Änderung				0		90		-	0	0	0	DM	DM
2. Änderung				0		90		-	0	0	0	DM	DM
3. Änderung				0		90		-	0	0	0	DM	DM
Summe				365					600.000	54.000	1.080	16.200 DM	DM
N	01.01.1995	31.12.1995		365	18,00	18		0,25	600.000	10.800	432	6.480 DM	DM
1. Änderung				0		18		-	0	0	0	DM	DM
2. Änderung				0		18		-	0	0	0	DM	DM
3. Änderung				0		18		-	0	0	0	DM	DM
Summe				365					600.000	10.800	432	6.480 DM	DM
P	01.01.1995	31.12.1995		365	2,00	2		0,25	600.000	1.200	400	6.000 DM	DM
1. Änderung				0		2		-	0	0	0	DM	DM
2. Änderung				0		2		-	0	0	0	DM	DM
3. Änderung				0		2		-	0	0	0	DM	DM
Summe				365					600.000	1.200	400	6.000 DM	DM
Gesamt												28.680 DM	DM
													28.680 DM

ÜW - Überwachungswert
MA - Mindestanforderung
ET - Ermäßigungstarif
SE - Schadeinheiten

Im untersuchten Zeitraum wurden als durchschnittliche Zulauf Konzentrationen gemessen:

BSB5:	310 mg/l	⇒ 12.920 EGW
TS:	248 mg/l	
TKN:	80,0 mg/l.	

Die Abwassermenge betrug im Mittel 2500 m³/d. Nach Kayser /1/ ist bei dieser Zulaufbelastung für eine weitgehende Stickstoffoxidation (NH₄N Ablauf um 0,7 mg/l) ein Nitrifikationsvolumen von 1376 m³ erforderlich, wenn man eine Bemessungstemperatur von 15,0 °C und eine Schlamm-Trockenmasse von 3,0 g/l zugrunde legt.

Bemessung nach Kayser

berechnet am: 05. 01. 93

EINGANGSWERTE

ZULAUF

Menge im Mittel	QO =	2500 m ³ /d
Menge in der Spitze	QOsp =	400 m ³ /h

Mittlere Konzentrationen und Frachten:

BSB5	SO =	310 mg/l	entspr.	775 kg/d
Trockensubstanz	TSO =	248 mg/l	"	620 kg/d
Kjeldahl-Stickstoff	TKNO =	80 mg/l	"	200,0 kg/d
Ammonium-Stickstoff	NH ₄ NO =	45 mg/l	"	112,5 kg/d
Nitrat-Stickstoff	NO ₃ NO =	0,8 mg/l	"	2,0 kg/d
gelöster Sauerstoff	O ₂ O =	1,0 mg/l		
Hydrogenkarbonat	NCO ₃ O =	500 mg/l		
Gesamt-Phosphor	gesPO =	4,4 mg/l	"	11,0 kg/d

Konzentrationen in der Spitze:

Kjeldahl-Stickstoff	TKNOsp =	200 mg/l
---------------------	----------	----------

REAKTIONSKINETISCHE UND STOECHIOMETRISCHE PARAMETER

Nitrifikanten:

Halbwertskonzentration NH ₄ N	KN =	1,0 mg/l
max. Wachstumsrate bei 15 °C	MUEmax =	0,47 kg/(kg*d)
Zerfallsrate	Ba =	0,04 kg/(kg*d)
Ertragsfaktor	Ya =	0,15 kg/kg
Temperaturfaktor Wachstum	fTa =	1.103 -
Temperaturfaktor Zerfall	FTb =	1.103 -

Heterotrophe Organismen:

Zerfallsrate	Oh =	0,08 kg/(kg*d)
Ertragsfaktor	Yh =	0,60 kg/kg
Temperaturfaktor	FTh =	1,072 -
BSB5-Elimination	EtaS =	1,00 -

Denitrifikation:

Relation OV anoxisch/oxisch	fO =	0,75 -
-----------------------------	------	--------

Phosphorfällung:

Atomgewicht des Metalls	aFM =	56,0 -
Einflußfaktor auf Säurekapazität	fSK =	3,66 -
Einflußfaktor auf Nitrifikationsrate	ftS =	1,00 -
Fällmittelspez. Schlammanfall	fbP =	3,45 kg/kg
Delta-P-spez. Schlammanfall	fdP =	0,00 kg/kg

Sonstige Werte:

org. Stickstoff am Ablauf	orgNe =	2,0 mg/l
Stickstoffanteil in aktiver Biomasse	iBN =	0,120 -
Stickstoffanteil in Inertmasse	iIN =	0,000 -
Phosphoranteil in aktiver Biomasse	iBP =	0,030 -
Inert-Anteil in Zulauf-Feststoffen	fP =	0,600 -
Anteil inerter Zerfallsprodukte	fT =	0,100 -
Sauerstoffgehalt im aeroben Volumen	ox =	2,0 mg/l
Betriebsparameter:		
Temperatur	Temp =	15,0 °C
Schlamm-trockenmasse	TSb =	3,0 kg/m ³

VOLUMINA und BELASTUNGSKENNWERTE

Nitrifikationsvolumen	Vn =	1376 m ³
Denitrifikationsvolumen	Vd =	1343 m ³
Gesamtvolumen	V =	2719 m ³

Raumbeschichtung:

qR - QO/V
qR = 2500/2719
qR = 0,919 m³/(m³*d)

BSB5-Raumbelastung

BR = 80/1000 * qR
BR = 310/1000 * 0,92
BR = 0,28 kg/(m³*d)

BSB5-Schlammbelastung

$$BTS = BR/TSb$$

$$BTS = 0,28/3,00$$

$$BTS = 0,09 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$$

TKN-Raumbelastung

$$NR = \text{TKNO}/1000 \cdot \text{QO}/Vn$$

$$NR = 80,0/1000 \cdot 2500/1376$$

$$NR = 0,145 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$$

TKN-Schlammbelastung

$$NTS = NR/TSb$$

$$NTS = 0,145/3,00$$

$$NTS = 0,048 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$$

ABLAUF

mittlere Konzentrationen:

Org. geb. Stickstoff	orgNe =	2,0 mg/l
Ammonium Stickstoff	NH ₄ Nem =	0,7 mg/l
Nitrat-Stickstoff	NO ₃ Ne =	10,0 mg/l
Hydrogenkarbonat	HCO ₃ e =	274 mg/l
bzw. Säurekapazität	SKe =	4,49 mmol/l
Orthophosphat	PO ₄ Pe =	1,4 mg/l

Bemessung n. Kayser
Projekt/Anlage: Werder

Seite 1
berechnet am: 19.01.93

EINGANGSWERTE

- ZULAUF

Menge im Mittel.....Q0 = 3000 m3/d
Menge in der Spitze.....Q0sp = 300 m3/h

mittlere Konzentrationen und Frachten:

BSB5.....S0 = 310 mg/l entspr. 930 kg/d
Trockensubstanz.....TS0 = 248 mg/l " 744 kg/d
Kjeldahl-Stickstoff.....TKN0 = 60 mg/l " 180.0 kg/d
Ammonium-Stickstoff.....NH4N0 = 45 mg/l " 135.0 kg/d
Nitrat-Stickstoff.....NO3N0 = 0.8 mg/l " 2.4 kg/d
gelöster Sauerstoff.....O20 = 1.0 mg/l
Hydrogenkarbonat.....HCO30 = 506 mg/l
Gesamt-Phosphor.....gesP0 = 4.4 mg/l " 13.2 kg/d

Konzentrationen in der Spitze:

Kjeldahl-Stickstoff....TKN0sp = 150 mg/l
EGW = 15500

- REAKTIONSKINETISCHE UND STOECHIOMETRISCHE PARAMETER

Nitrifikanten:

Halbwertskonzentration NH4N.....kN = 1.0 mg/l
max. Wachstumsrate bei 15 Grad C.....MUEmax = 0.47 kg/(kg*d)
Zerfallsrate.....Ba = 0.04 kg/(kg*d)
Ertragsfaktor.....Ya = 0.15 kg/kg
Temperaturfaktor Wachstum.....fTa = 1.103 -
Temperaturfaktor Zerfall.....fTb = 1.103 -

Heterotrophe Organismen:

Zerfallsrate.....Bh = 0.08 kg/(kg*d)
Ertragsfaktor.....Yh = 0.60 kg/kg
Temperaturfaktor.....fTh = 1.072 -
BSB5-Elimination.....EtaS = 1.00 -

Denitrifikation:

Relation OV anoxisch/oxisch.....fO = 0.75 -

Phosphor-Faellung:

Atomgewicht des Metalls.....aFM = 56.0
Einflussfaktor auf Saeurekapazitaet....fSK = 3.66 -
Einflussfaktor auf Nitrifikationsrate..fTS = 1.00 -
Faellmittelspez. Schlammanfall.....fbP = 4.52 kg/kg
Delta-P-spez. Schlammanfall.....fdP = 0.00 kg/kg

Sonstige Werte:

org. Stickstoff im Ablauf.....orgNe = 2.0 mg/l
Stickstoffanteil in aktiver Biomasse...iBN = 0.120 -
Stickstoffanteil in Inertmasse.....iIN = 0.000 -
Phosphoranteil in aktiver Biomasse.....iBP = 0.030 -
Inert-Anteil in Zulauf-Feststoffen.....fP = 0.600 -
Anteil inerter Zerfallsprodukte.....fI = 0.100 -
Sauerstoffgehalt im aeroben Volumen.....cx = 2.0 mg/l

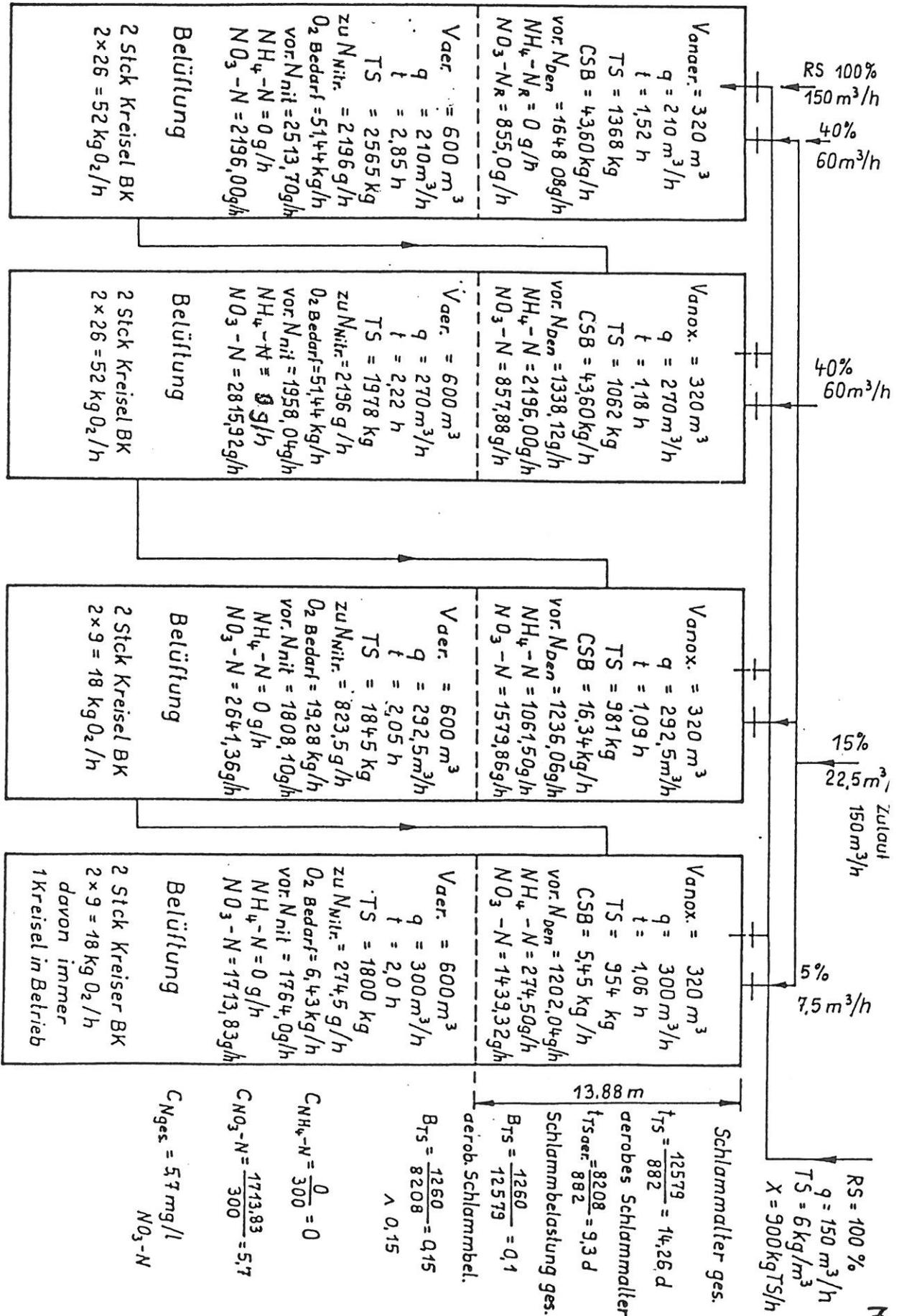
- BETRIEBSPARAMETER

Temperatur.....Temp = 10.0 Grad C
Schlamm-trockenmasse.....TSb = 3.0 kg/m3

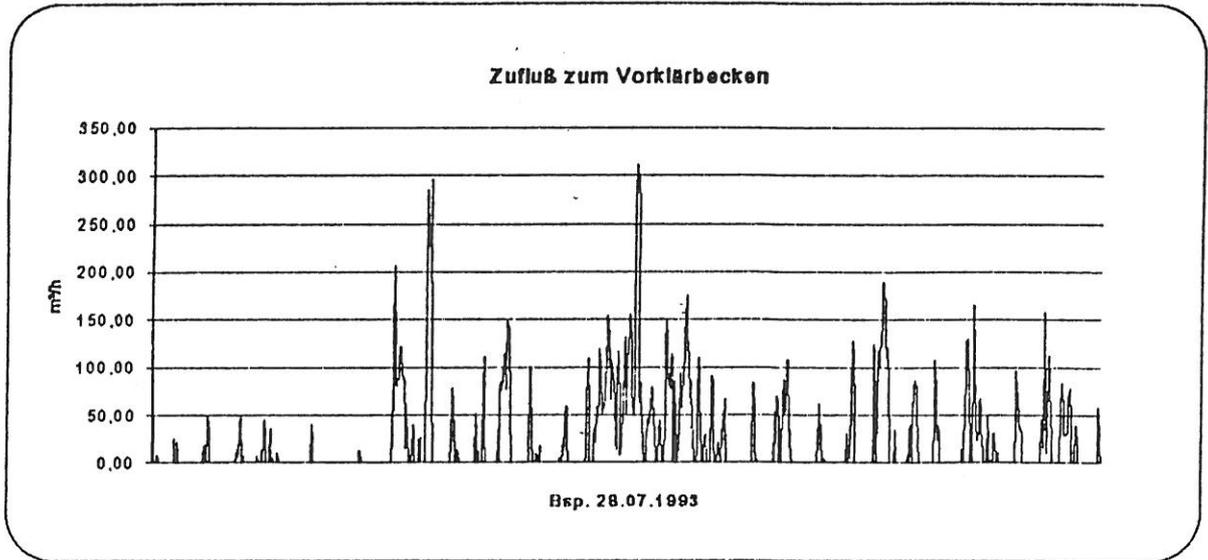
Kaskadendenitrifikation - KA Werder - Phöben

Ausgangswerte: $BSB_5 = 350 \text{ g/m}^3$, $CSB = 726,6 \text{ g/m}^3$, $N_{\text{ges.}} = 59 \text{ g/m}^3$, dav. $\text{NH}_4\text{-N} = 44 \text{ g/m}^3$

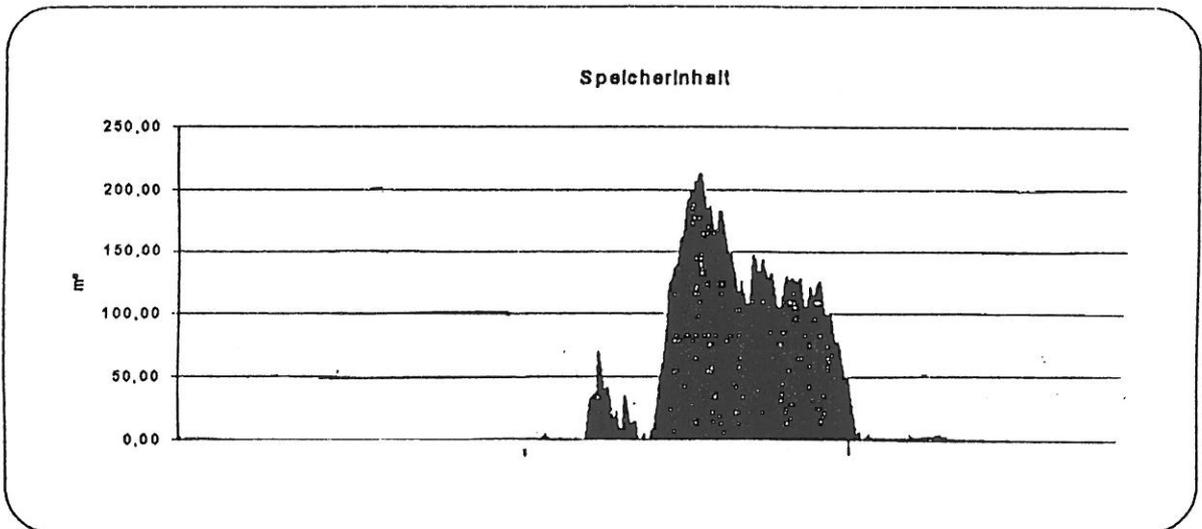
Berechnung für 15°C (Var. 3) u. $P_{\text{ges.}} = 4,26 \text{ g/m}^3$



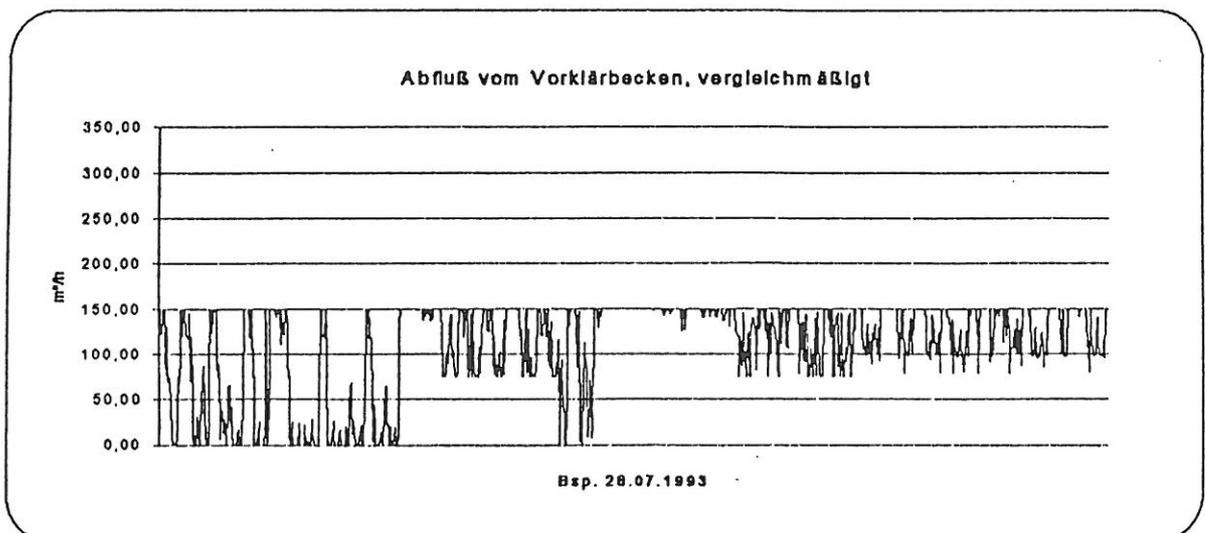
Anlage 6: Abbau von Zulaufspitzen (a) durch Zwischenspeicherung (b) und Erzielen eines vergleichmäßigten Zulaufs zur Belebung (c)



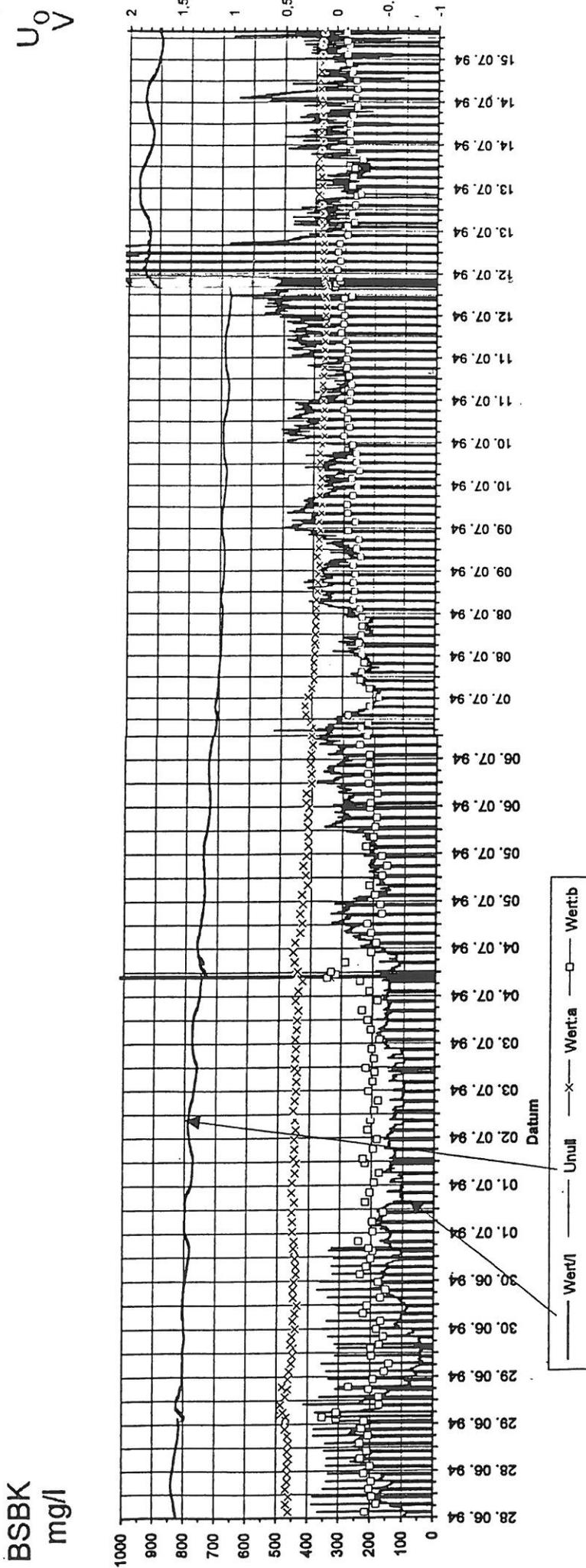
a : Zulauf zum Vorklärbecken



b : Auslastung des Speichervolumens



c : Vergleichmäßiger Abfluß vom Vorklärbecken



BSBK-Messung mit Prozeßgerät BODYline P im Klärwerk Phöben/Werder 06/07'94

PILOTPROJEKT KA Werder-Phöben "Meßwochen 1995"									
		Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerst.	Freitag	Samstag	Sonntag	
März	9. KW 27.02.-05.03.	(22.02.: Senkung Ablaufkante BB 4)							
	10. KW 06. - 12.03.	Vorbereitung							
	11. KW 13. - 19.03.	Verbesserung Hydraulik Meßwerte Ausgangssituation							
	12. KW 20. - 26.03.	(21.03.Korrektur Einlaufstutzen BB 1)							
	13. KW 27.03.-02.04.								
April	14. KW 03.-09.04.	Vorbereitung							
	15.KW 10.-16.04.	Absenkung TS-Gehalt Installation Rest Fuzzy							
	16.KW 17.-23.04.	Situationsanalyse TS-Gehalt, Übergang mit vermehrtem Schlammabzug							
	17.KW 24.-30.04.	Einstellung eines neuen Gleichgewichts mit ca. 5 mgTS/l in BB pH-Sprung(12)							
Mai	18.KW 01.-07.05.								
	19.KW 08.-14.05.	pH-Sprung(10)							
MESS- WOCHE	X 20.KW	2 WOCHEN: Fäkalien über DEKANTER							
	X 15.-21.05.	(tags)							
	X 21.KW								
	X 22.-28.05.	2 WOCHEN: Fäkalien direkt					Regenereignis		
	X 29.05.-04.06.	(nachts)					pH-Sprg.(10)	pH-Sprg.(10)	
Juni	X 23.KW								
	X 05.-11.06.	pH-Sprung(12)							
Juni	24.KW 12.-18.06.								
	25.KW 19.-25.06.	Beratung Auswertung							
		Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerst.	Freitag	Samstag	Sonntag	

Potsdamer Wasser- und Umweltlabor

in der Havelländischen
Wasser GmbH & CoKG
DAP-akkreditiertes Prüflaboratorium
Friedrich-Engels-Str. 22
14473 Potsdam
Tel.: Potsdam (0331) 2775120-125
Fax: Potsdam (0331) 2775122

Durch das DAP Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen Deutscher Akkreditierungsrat
akkreditiertes Prüflaboratorium



Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde
aufgeführten Prüfverfahren

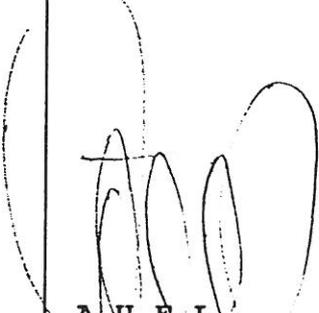
Registrier-Nr.: DAP-P-01.374-00-01

IVO Registrier-Nr.: DAP-PI-01.374-01-91-01

DVO Registrier-Nr.: BAS-001.374-02-91-01

BAM-Begutachtungs-Stelle(BBS)

Zulassung als Untersuchungsstelle gemäß § 19 Abs.2 der Trinkwasserverordnung von
Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Frauen des Landes Brandenburg

P R Ü F B E R I C H T			
Analysen-Nr.	: S9502314	Flaschen-Nr.:	9509537
	KA Werder-Phöben		
Auftraggeber	: WA Zweckverband Werder Havelland Ludwig-Jahn-Str. 14 14542 Glindow		
Probenahmeort	: KA Werder-Phöben Phöbener Chaussee 14542 Werder/Havel		
Prüfauftrag	: Technologiekontrolle		
Prüfbereich	: Technologieüberwachung		
Art der Probe	: Belebtschlamm		
Bezeichnung	: aus dem Belebungsbecken 1		
Probenehmer	: Betreiber		
Probenahmedatum	: 30.03.95	Uhrzeit:	07:10
Probeneingang	: 30.03.95		
Ausstellungsdatum	: 06.04.95		
Bemerkung	:		
P r ü f e r g e b n i s s e			
Prüfparameter	Norm/Methode	Maßeinheit	Prüfergebnis
Trockensubstanz	DIN 38 414 S2	g/l	6.172
Glühverlust	DIN 38 414 S3	Gew. %	63.32
Schlammvolumenanteil	DIN 38 414 S10	ml/l	975
Schlammindex	DIN 38 414 S10	ml/g	158
Gesamtseitenzahl: 1		n.b.: nicht bestimmt n.n.: nicht nachweisbar	
 A U E L Leiter des PWU-Labors		<u>bitte wenden</u>	
HINWEIS: Ohne Genehmigung des Prüflaboratoriums darf der Bericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Die Prüfergebnisse beziehen sich auf den ausgewiesenen Prüfgegenstand, die Meßunsicherheiten der genormten Verfahren werden eingehalten.			

Bemerkung:

Das Absetzverhalten des Belebtschlammes aus dem Belebungsbecken 1 zeigt mit einem Schlammvolumenanteil von 975 ml/l schlechte Eigenschaften (optimaler Bereich 350 - 600 ml/l). Daraus folgt ein Schlammindex von 158 ml/g.

Der Schlamm kann als Schwachlastschlamm eingestuft werden, der gekennzeichnet ist durch leichte Trübung des überstehenden Wassers (ungenügendes Absetzverhalten), schlechte Eindickbarkeit, geringe biologische Aktivität, kleine Denitrifikationsrate. Es sind jedoch ein guter CSB/BSB₅-Abbau sowie eine ausgeprägte Nitrifikation zu erwarten.

Der Rücklaufschlamm setzte sich nicht ab, daher waren Schlammvolumenanteil und Schlammindex nicht zu ermitteln.

Potsdamer Wasser- und Umweltlabor

in der Havelländischen
Wasser GmbH & CoKG
DAP-akkreditiertes Prüflaboratorium
Friedrich-Engels-Str. 22
14473 Potsdam
Tel.: Potsdam (0331) 2775120-125
Fax: Potsdam (0331) 2775122

Durch das DAP Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen Deutscher Akkreditierungsrat
akkreditiertes Prüflaboratorium



Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde
aufgeführten Prüfverfahren

Registrier-Nr.: DAP-P-01.374-00-01
IVO Registrier-Nr.: DAP-PI-01.374-01-91-01
DVO Registrier-Nr.: BAS-001.374-02-91-01

BAM-Begutachtungs-Stelle(BBS)

Zulassung als Untersuchungsstelle gemäß § 19 Abs.2 der Trinkwasserverordnung vom
Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Frauen des Landes Brandenburg

P R Ü F B E R I C H T		
Analysen-Nr.	: S9502443 KA Werder-Phöben	Flaschen-Nr.: 9509599
Auftraggeber	: WA Zweckverband Werder Havelland Ludwig-Jahn-Str. 14 14542 Glindow	
Probenahmeort	: KA Werder-Phöben Phöbener Chaussee 14542 Werder/Havel	
Prüfauftrag	: Belebtschlammuntersuchung	
Prüfbereich	: Technologieüberwachung	
Art der Probe	: Belebtschlamm	
Bezeichnung	: Rücklaufschlamm	
Probenehmer	: Betreiber	
Probenahmedatum	: 06.04.95	Uhrzeit: 07:00
Probeneingang	: 06.04.95	
Ausstellungsdatum	: 12.04.95	
Bemerkung	:	
P r ü f e r g e b n i s s e		
Prüfparameter	Maßeinheit	Prüfergebnis
Trockensubstanz	g/l	13.470
Glühverlust	Gew. %	69.48
Schlammvolumenanteil	ml/l	n.n.
Schlammindex	ml/g	n.n.
n.n.: nicht nachweisbar n.b.: nicht bestimmt		
<div style="text-align: center;">  A U E L Leiter des PWU-Labors </div>		
HINWEIS: Ohne Genehmigung des Prüflaboratoriums darf der Bericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Die Prüfergebnisse beziehen sich auf den ausgewiesenen Prüfgegenstand, die Meßunsicherheiten der genormten Verfahren werden eingehalten.		

AZ Werder-Phöben
 25. APR. 1995
 Prof. Dr. ... 1640
 Ma

Potsdamer Wasser- und Umweltlabor

in der Havelländischen
Wasser GmbH & CoKG
DAP-akkreditiertes Prüflaboratorium
Friedrich-Engels-Str. 22
14473 Potsdam
Tel.: Potsdam (0331) 2775120-125
Fax: Potsdam (0331) 2775122

Durch das DAP Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen Deutscher Akkreditierungsrat
akkreditiertes Prüflaboratorium



Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde
aufgeführten Prüfverfahren

Registrier-Nr.: DAP-P-01.374-00-01

IVO Registrier-Nr.: DAP-PI-01.374-01-91-01

BAM-Begutachtungs-Stelle(BBS)

DVO Registrier-Nr.: BAS-001.374-02-91-01

Zulassung als Untersuchungsstelle gemäß § 19 Abs.2 der Trinkwasserverordnung vom
Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Frauen des Landes Brandenburg.

PRÜFBERICHT

Analysen-Nr. : S9502442 Flaschen-Nr.: 9509598
KA Werder-Phöben

Auftraggeber : WA Zweckverband Werder Havelland
Ludwig-Jahn-Str. 14
14542 Glindow

Probenahmeort : KA Werder-Phöben
Phöbener Chaussee
14542 Werder/Havel

Prüfauftrag : Belebtschlammuntersuchung

Prüfbereich : Technologieüberwachung

Art der Probe : Belebtschlamm

Bezeichnung : Belebungsbecken 2

Probenehmer : Betreiber

Probenahmedatum : 06.04.95 Uhrzeit: 07:00

Probeneingang : 06.04.95

Ausstellungsdatum: 12.04.95

Bemerkung :

Prüfergebnisse

Prüfparameter	Maßeinheit	Prüfergebnis
Trockensubstanz	g/l	6.532
Glühverlust	Gew. %	65.85
Schlammvolumenanteil	ml/l	980
Schlammindex	ml/g	150

n.n.: nicht nachweisbar
n.b.: nicht bestimmt

Bewertung siehe Rückseite


A U E L
Leiter des PWU-Labors

HINWEIS: Ohne Genehmigung des Prüflaboratoriums darf der Bericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Die Prüfergebnisse beziehen sich auf den ausgewiesenen Prüfgegenstand, die Meßunsicherheiten der genormten Verfahren werden eingehalten.

Bemerkung:

Das Absetzverhalten des Belebtschlammes aus dem Belebungsbecken 2 zeigt mit einem Schlammvolumenanteil von 980 ml/l schlechte Eigenschaften (optimaler Bereich 350 - 600 ml/l). Daraus folgt ein SchlammindeX von 150 ml/g.

Der Schlamm kann als Schwachlastschlamm eingestuft werden, der gekennzeichnet ist durch leichte Trübung des überstehenden Wassers (ungenügendes Absetzverhalten), schlechte Eindickbarkeit, geringe biologische Aktivität, kleine Denitrifikationsrate. Es sind jedoch ein guter CSB/BSB₅-Abbau sowie eine ausgeprägte Nitrifikation zu erwarten.

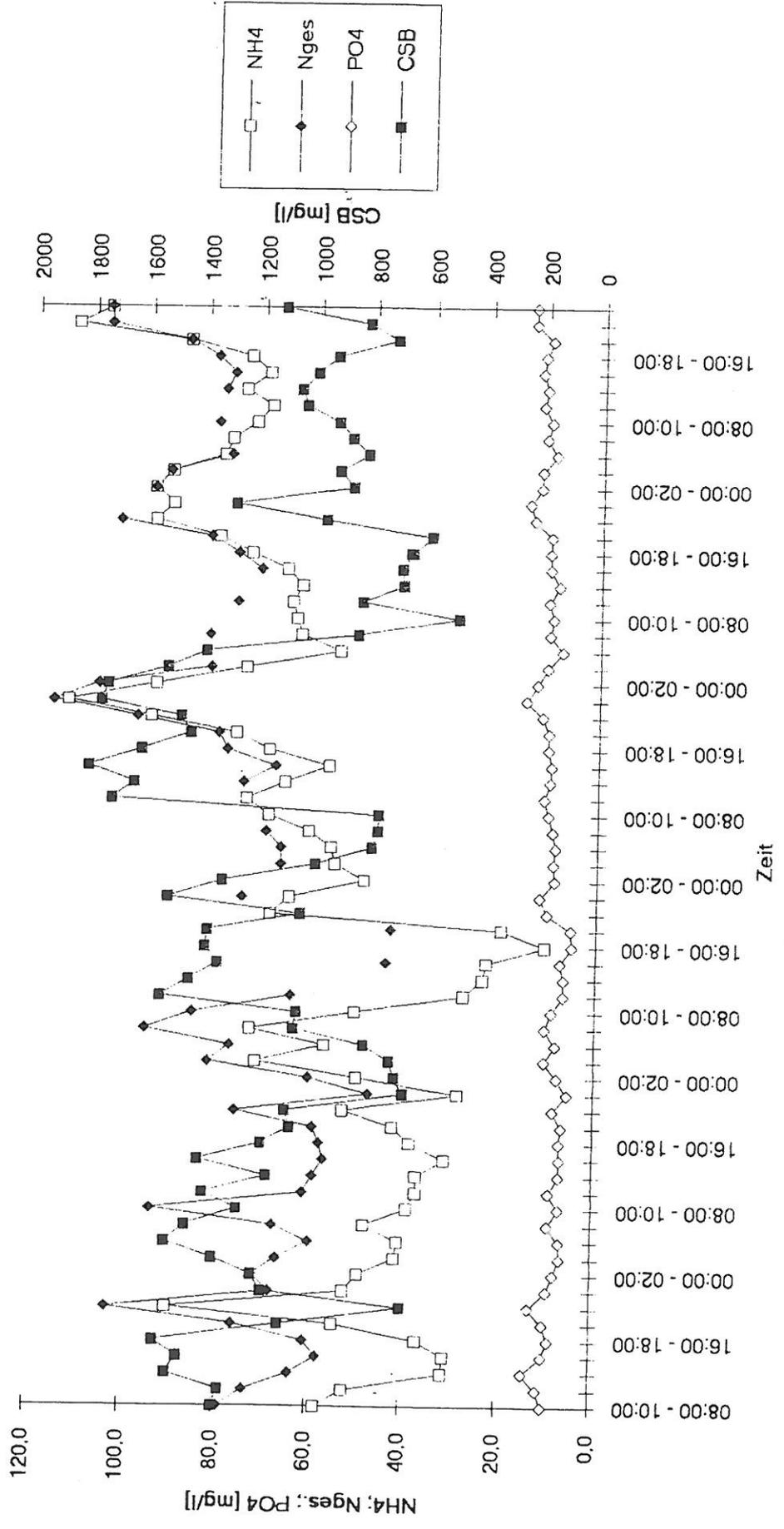
Der Rücklaufschlamm setzte sich nicht ab, daher waren Schlammvolumenanteil und SchlammindeX nicht zu ermitteln.

LEISTS21.XLS

Leistungsbild Belüfter bei verschiedener Fahrweise der KA													
KW 21 mit Dekanter													
Datum:	22.05.95	23.05.95	24.05.95	25.05.95	26.05.95								
BB 1	Leistung	Stunden	ges. kWh	MW O2	Stunden	ges. kWh	MW O2	Stunden	ges. kWh	MW O2	Stunden	ges. kWh	MW O2
Belüfter 1	11,4	7,2	82,08		7,5	85,5		0	0		10,1	115,14	
Belüfter 2	15,7	24	376,8	0,5	24	376,8	0,3	24	376,8	0,4	24	376,8	0,4
Belüfter 3	6,5	21,8	141,7		23,9	155,35		19,5	126,75		21,6	140,4	
Summe			600,58			617,65			503,55			632,34	
BB 2													
Belüfter 1	11,2	22,4	250,88		21,7	243,04		17,5	196		20,3	227,36	
Belüfter 2	9,26	24	222,24	0,4	24	222,24	0,1	24	222,24	0,2	22,7	210,202	0,3
Belüfter 3	9,07	23,1	209,517		24	217,68		22,1	200,447		22,2	201,354	
Summe			682,637			682,96			618,687			638,916	
ges. kWh / d			3672			3666			2616			3414	
Zentrat m3/d			581			552			0			611	
Q ges.			1656,6			1670			834,7			1597,9	

KW21_XLS Diagramm 1

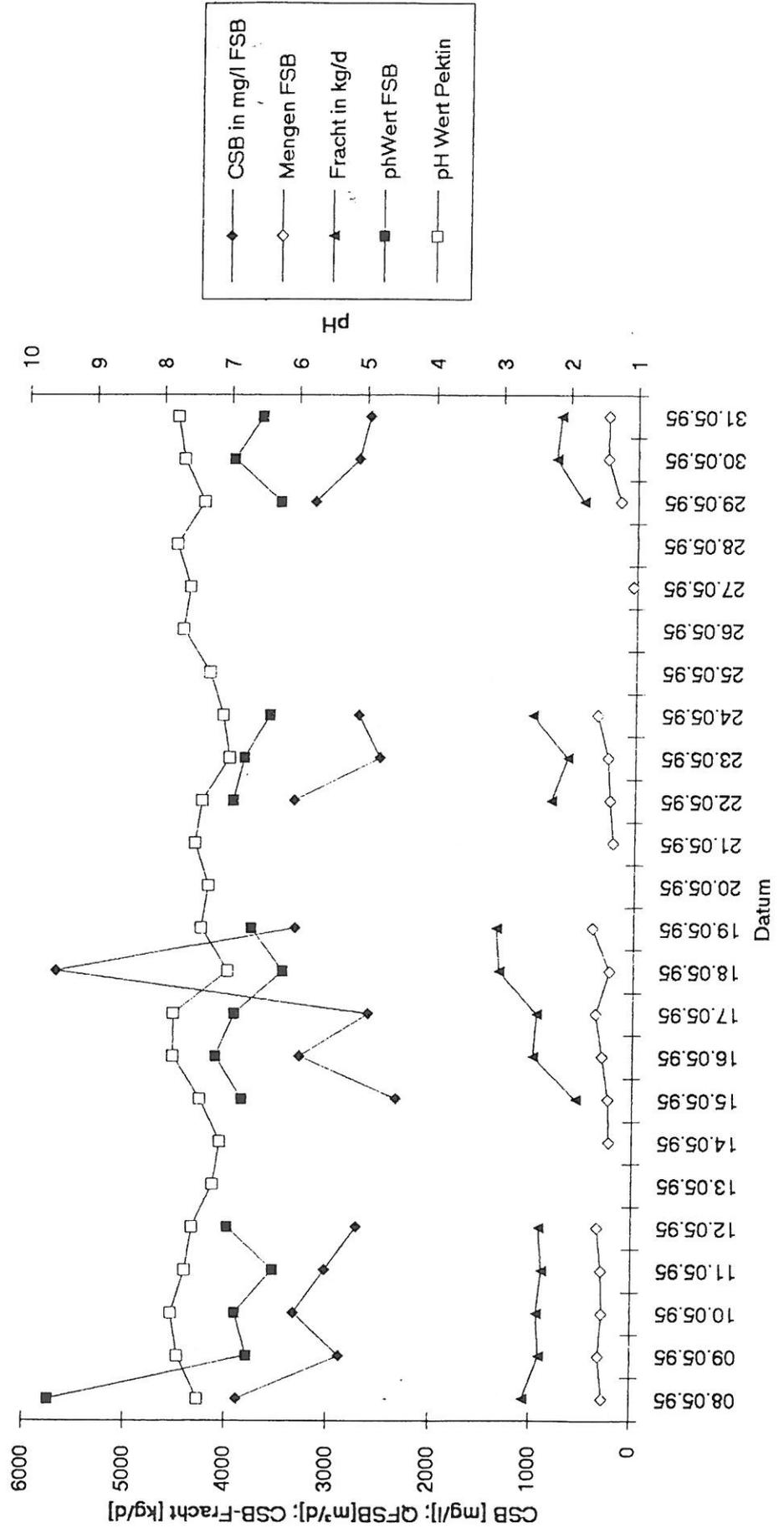
Zulauf KA 2h-MP vom 22.5.; bis 27.5.95



Meiprogramm KA Werder-Phöben MAI 1995																									
Datum	28.05.				29.05.				30.05.				31.05.				01.06.				02.06.				
	CSB	NH4	Nges	PO4	CSB	NH4	Nges	PO4	CSB	NH4	Nges	PO4	CSB	NH4	Nges	PO4	CSB	NH4	Nges	PO4	CSB	NH4	Nges	PO4	
00:00 - 02:00	942	44,2	92,6	13,5	664	93,8	95,8	11,5	1286	129,8	163,0	25,1	1384	98,0	129,0	17,3	1420	126,8	159,0	29,8	1535	110,0	164,0	19,8	
02:00 - 04:00	750	63,0		9,9	1350	132,2	158,0	20,4	1350	132,2	158,0	20,4	1330	100,6	134,0	16,9	1556	132,2	164,0	28,0	1631	116,8	163,0	26,9	
04:00 - 06:00	948	70,6	78,5	11,4	668	96,6	96,8	12,2	1428	129,2	194,0	21,4	1424	111,8	143,0	20,6	1614	125,2	163,0	26,4	1456	108,8	163,0	27,8	
06:00 - 08:00	1282	101,6		17,0	1410	83,4	109,0	13,9	1354	109,0	13,9	1354	109,0	13,9	1354	109,0	13,9	1580	95,4	130,0	25,4	1300	82,4	124,0	25,1
08:00 - 10:00	1350	113,0		17,3	994	88,0	90,6	10,4	1524	45,0	69,6	10,6	1696	43,6	77,3	9,6	1573	37,0	78,3	9,9	900	47,8		9,2	
10:00 - 12:00	1106	105,0	124,0	15,9	932	59,8	78,7	10,4	1638	34,8	67,7	8,5	1420	53,6	79,4	10,9	1219	46,4	77,7	8,6					
12:00 - 14:00	890	81,6	108,0	13,1	1438	63,6	118,0	14,9	1438	36,2	69,5	7,6	1372	27,4	51,4	7,6	1480	26,4	66,2	8,2					
14:00 - 16:00					1280	93,4	152,0	17,4	1186	32,0	61,4	6,7	1086	28,8	55,3	6,3	1389	58,2	104,0	14,1					
16:00 - 18:00	642	92,6	101,0	11,2	1020	73,8	113,0	13,6	1150	34,4	70,9	7,1	1314	18,8	45,4	6,3	1520	84,0	144,0	23,3					
18:00 - 20:00					1018	77,0	104,0	12,1	1096	29,4	68,5	7,2	1592	15,4	70,0	6,7	1506	85,8	136,0	23,1					
20:00 - 22:00	638	91,0	95,5	11,3	1430	72,0	118,0	14,2	1330	76,6	111,0	14,9	1486	90,0	111,0	17,2	1409	92,8	135,0	28,2					
22:00 - 24:00					1246	103,6	141,0	17,7	1372	97,2	126,0	16,9	1316	103,2	129,0	21,2	1449	92,6	147,0	27,7					
Mittelwert	950	85,8	99,9	13,4	1069	80,2	110,8	13,4	1351	71,7	104,9	13,4	1398	65,3	95,4	13,0	1476	83,6	125,4	21,1	1364	93,2	153,5	21,8	
Stichproben CSB-Auslauf & Bio-P in Becken																									
10:00 Ablauf	CSB	NO3	NO2	Nges	CSB	NO3	NO2	Nges	CSB	NO3	NO2	Nges	CSB	NO3	NO2	Nges	CSB	NO3	NO2	Nges	CSB	NO3	NO2	Nges	
	30	2,1	0,33		33	2,63	0,25	9,87	40,4	2,09	0,39	8,7	45	0,58	0,48	10,6	52,5	0,68	0,82	9,49	53	0,3	0,66		
Ablauf	Pges	0,3	NH4		Pges	0,3	NH4	0,1	Pges	0,43	NH4	1,47	Pges	0,51	NH4	5,69	Pges	0,51	NH4	6,39	Pges	0,68	NH4	12,1	
FAS	CSB	NH4	Nges	Pges	CSB	NH4	Nges	Pges	CSB	NH4	Nges	Pges	CSB	NH4	Nges	Pges	CSB	NH4	Nges	Pges	CSB	NH4	Nges	Pges	
	1692	141,5	176,6	24,6	2238	127,5	190,6	27,8	1878	138,5	184,4	24,2	2228	138,5	181,2	30	1952	119			1952	119		21,6	
Becken	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	
Bio-P	23,0	12,3	12,3	6,4	62,4	38,6	38,6	10,9	54,4	48,2	48,6	35,8	42,4	38,6	33,6	21,2									
Extras	Uhr	Bio-P RS:			Bio-P RS:				Bio-P RS:				Bio-P RS:				Bio-P RS:				Bio-P RS:				
TS Waage	5,58	4,9	4,6	4,0					5,56	4,14	4,12	3,02	5,26	4,52	3,68	3,12									
TS Sonde	4,4	3,9	4,0	3,4	5,15	4,19	4,1	3,79	5,46	4,29	4,27	3,83	5,15	4,09	3,92	3,7					5,09	4,32	4	3,04	
Fahrweise	Fäkalien direkt																								
	6:40-12:20				04:30-06:15	12:45-6:00			20:00-06:30				20:00-06:30				14:30-6:30				16:50-20:30				
USS m ³ /d	0				120				100				140				90				20				
Fäkalien m ³ /d	314,2				822				617				597				913				197				
Extras																									
BSB 5	6:00-8:00 = 570mg/l				8:00-10:00 = 510mg/l				14:00-16:00 = 650mg/l				6:00-8:00 = 560mg/l												
Bemerkungen	Probenehmer Störung				13:00 = 5mg/l Ablauf								leichter Regen 4mm								leichter Regen 2,5mm				

INDIMW2.XLS Diagramm 2

Fruchtsaftbetrieb



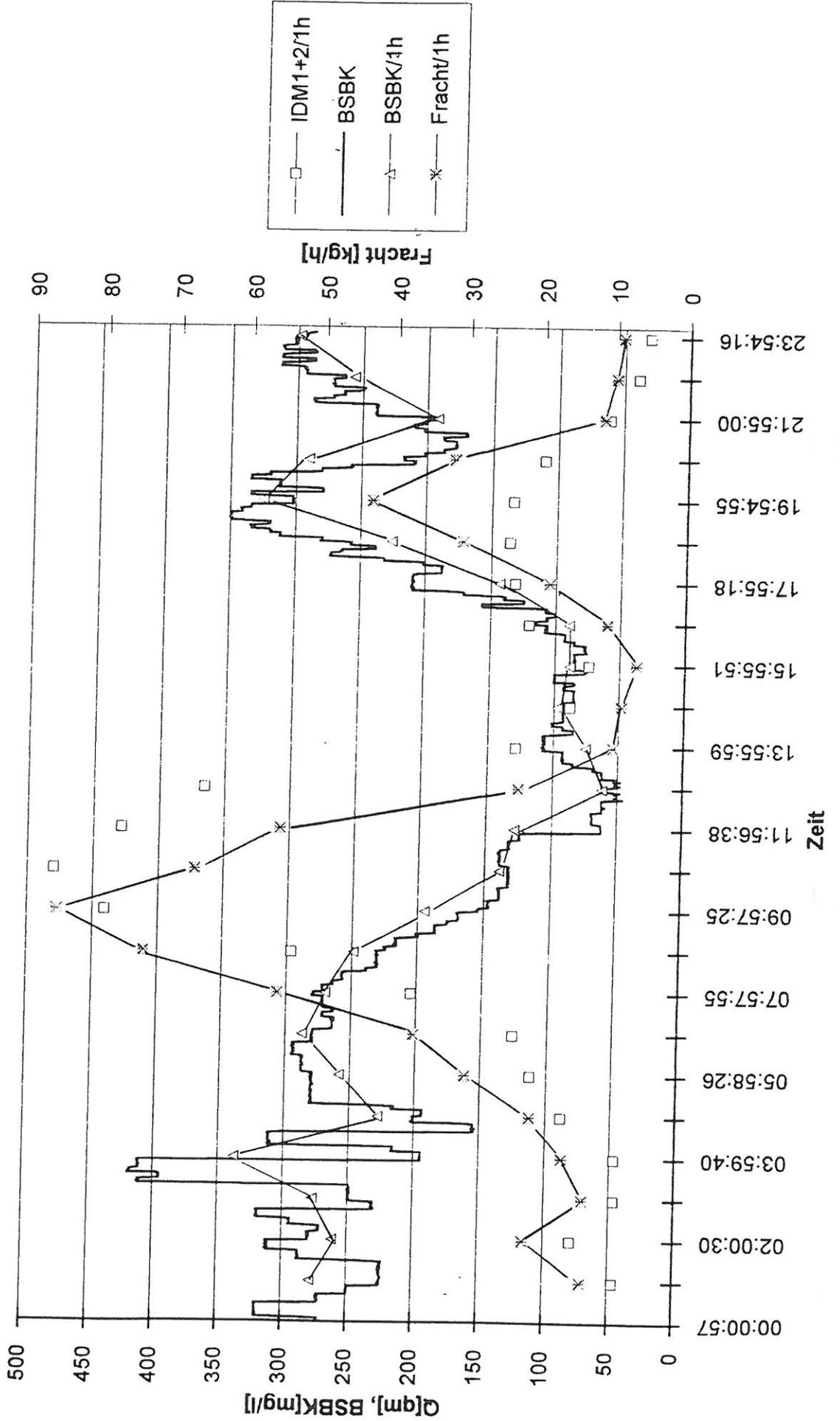
INDIMW2.XLS

		Indirekteinleiter									
Datum	phWert FSB	CSB in mg/l FSB	Mengen FSB	Fracht in kg/d	pH Wert Pektin	CSB Pektin	Mengen Pektin				
08.05.1995	9.62	3880	275	1.067,00	7,4	35	5,5				
09.05.1995	6.68	2878	315	906,57	7,7	470	5,5				
10.05.1995	6.85	3327	281	934,89	7,8	480	5,5				
11.05.1995	6.3	3022	293	885,45	7,6	300	5,5				
12.05.1995	6.98	2717	337	915,63	7,5	263	5				
13.05.1995					7,2	72					
14.05.1995			226		7,1	94					
15.05.1995	6.78	2335	240	560,40	7,4	212	12				
16.05.1995	7.17	3284	301	988,48	7,8	449	27				
17.05.1995	6.9	2614	366	956,72	7,8	514	49				
18.05.1995	6.19	5700	234	1.333,80	7	425	6				
19.05.1995	6.66	3340	409	1.366,06	7,4	449					
20.05.1995					7,3	412					
21.05.1995			212		7,5	318	17				
22.05.1995	6.94	3355	248	832,04	7,4	436	7				
23.05.1995	6.78	2517	268	674,56	7	398					
24.05.1995	6.41	2729	375	1.023,38	7,1	410					
25.05.1995					7,3	378					
26.05.1995					7,7	417					
27.05.1995			37		7,6	349					
28.05.1995					7,8	248					
29.05.1995	6.27	3170	169	535,73	7,4	197					
30.05.1995	6.96	2746	295	810,07	7,7	348	26				
31.05.1995	6.55	2637	291	767,37	7,8	132	10				
Summe		50251	5172	14.558,14		7806	181				
Mittelwert	7	3.141	272	910	7	325	14				

AUCOTEAM GmbH Berlin

QB5B0602.XLS Diagramm 1

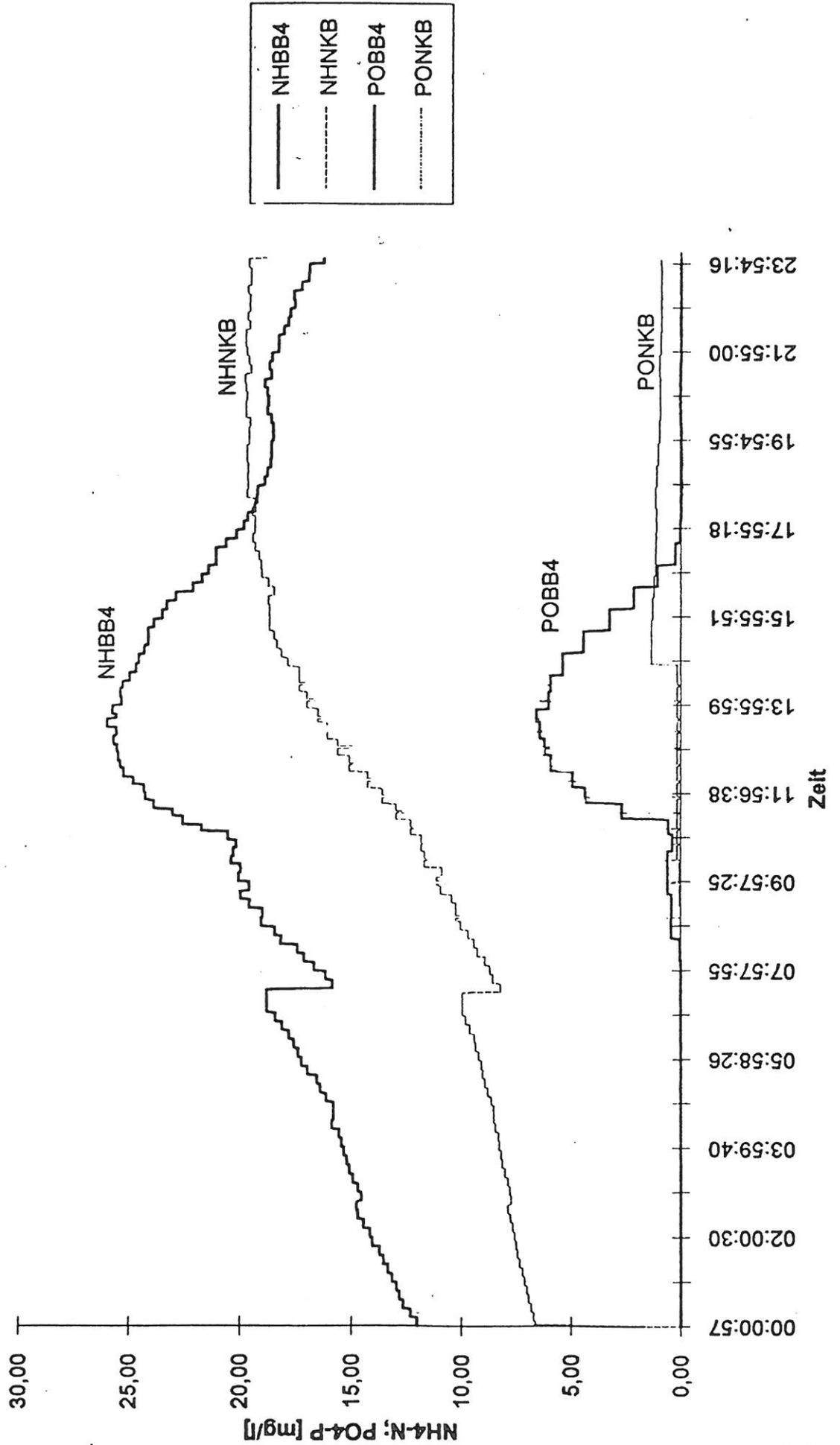
KA Phöben BSBK-Fracht 02.06.1995



AUCOTEAM GmbH Berlin

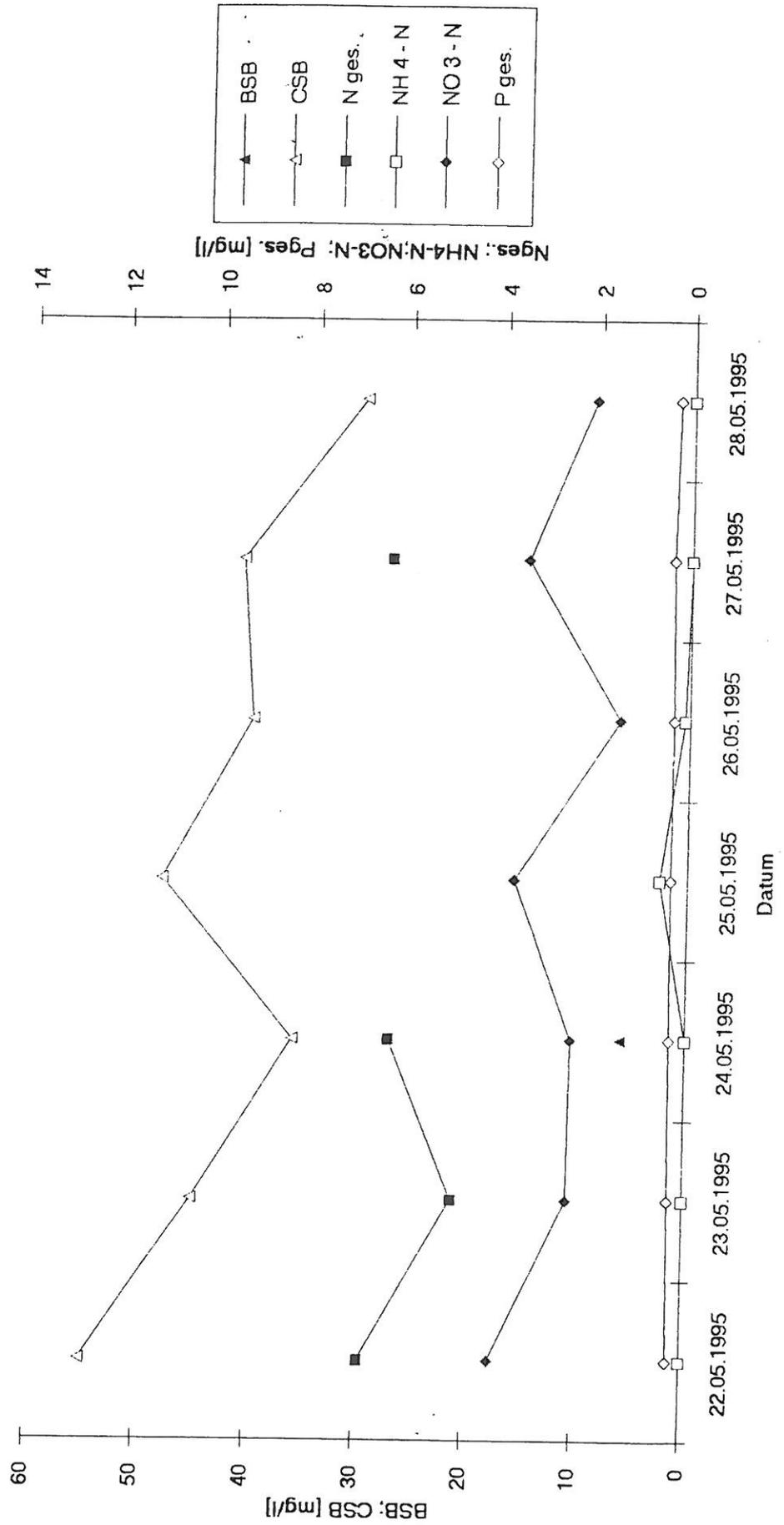
NH4N0602.XLS Diagramm 2

KA Phöben 02.06.95 NH4 und-PO4- Abbau



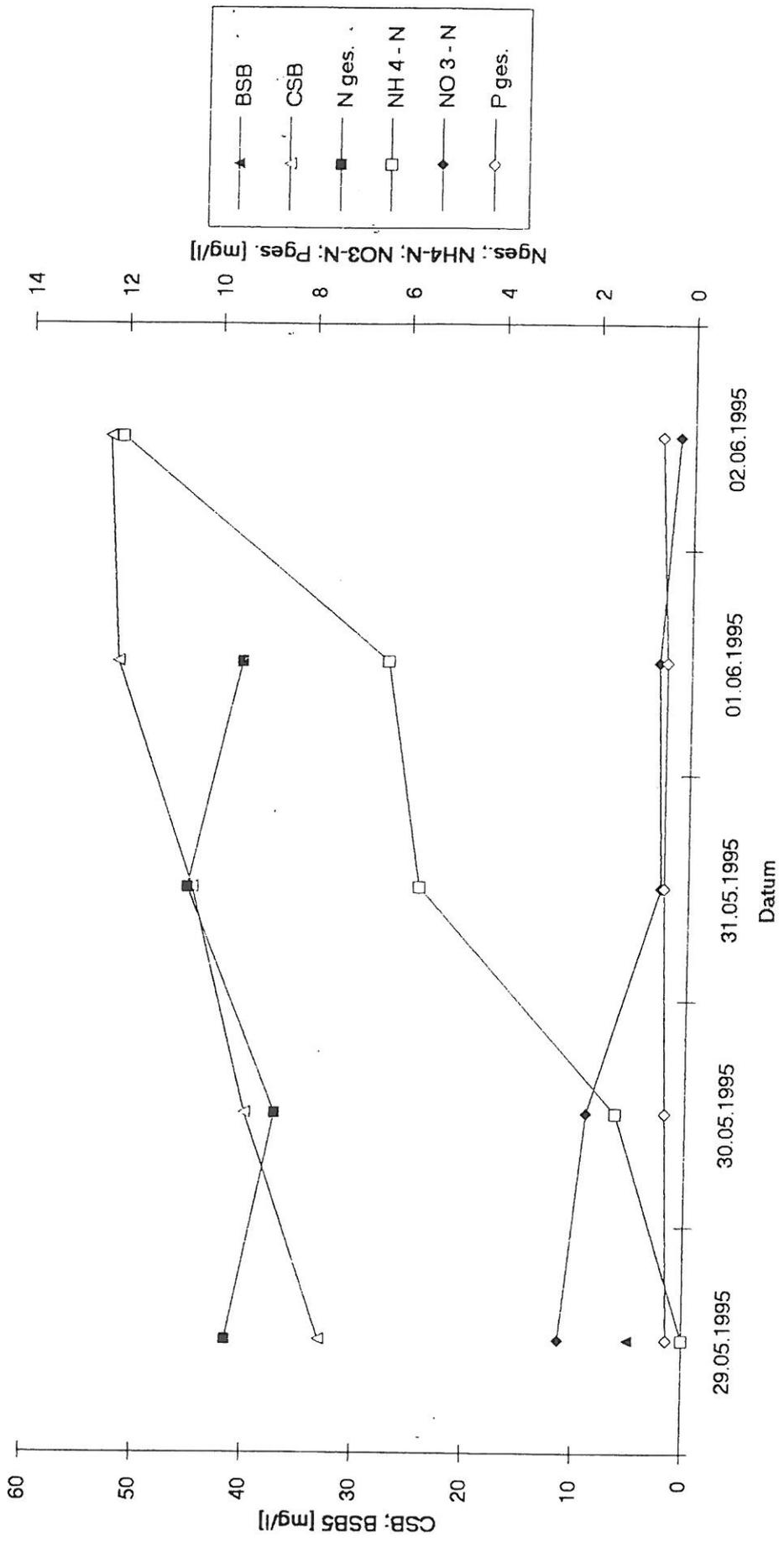
NKB.XLS Diagramm 1

Ablaufwerte 21Kw mit Zentrat



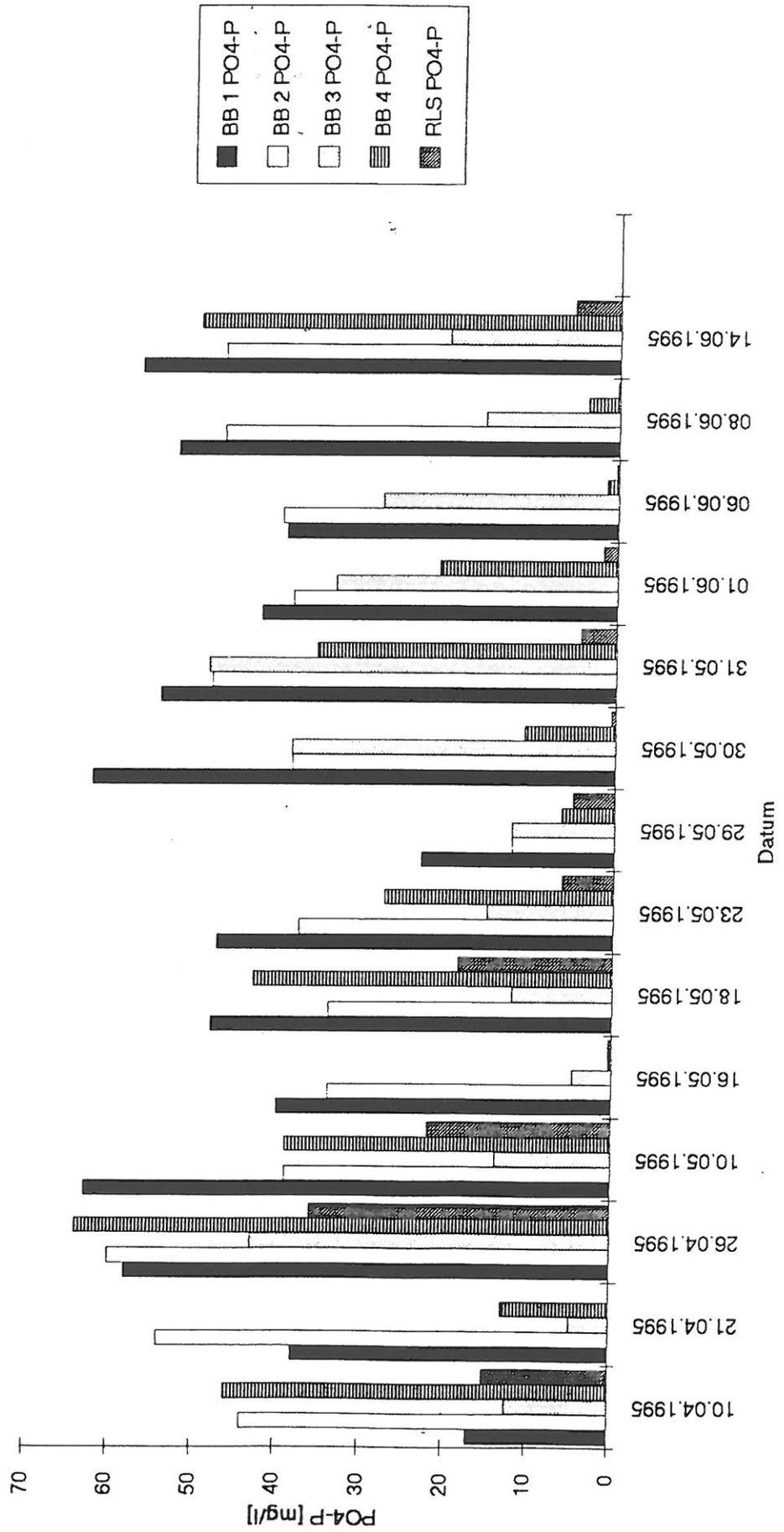
NKB.XLS Diagramm 2

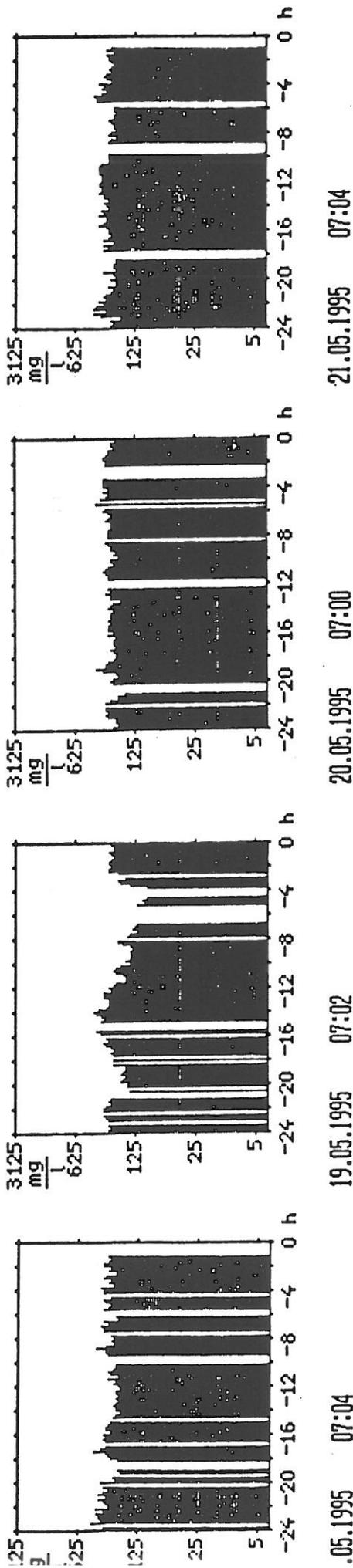
Ablaufwerte 22KW mit Fäkalien



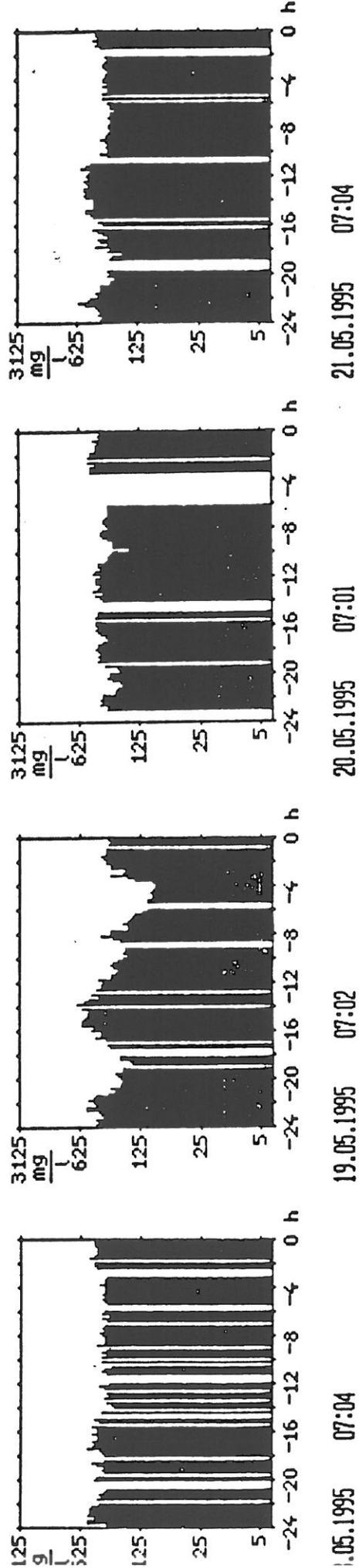
RÜCKVERH.XLS Diagramm 3

PO4 - P Gehalt der BB





AGESGANG MST1 MZ1 TAGESGANG MST1 MZ1 TAGESGANG MST1 MZ1 TAGESGANG MST1 MZ1

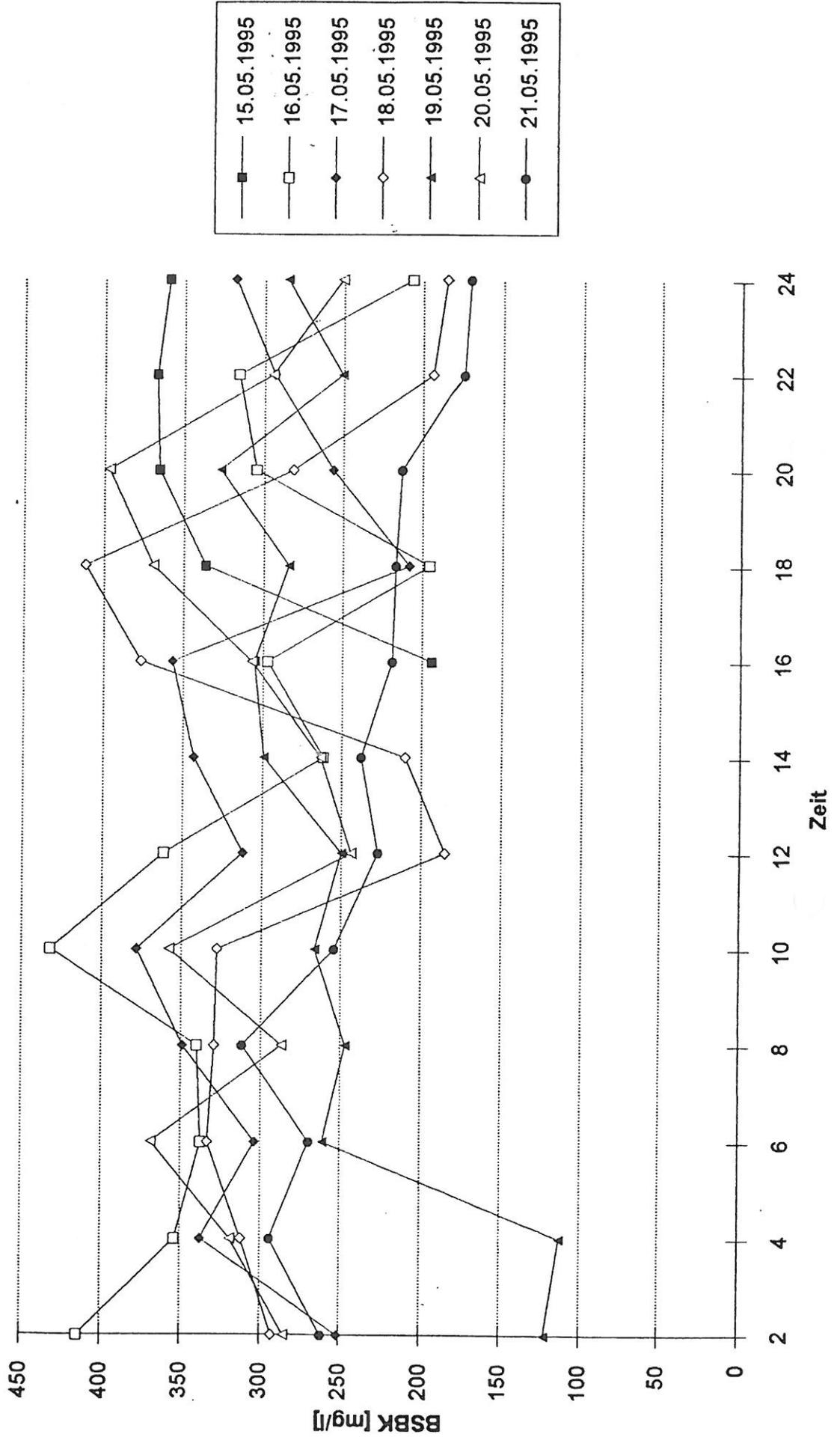


AGESGANG MST1 MZ2 TAGESGANG MST1 MZ2 TAGESGANG MST1 MZ2 TAGESGANG MST1 MZ2

AUCOTEAM GmbH Berlin

TG_KW20.XLS Diagramm 1

KA Phöben BSBK Tagesgänge Mo 15.05.95 - So 21.05.95 (KW20)



AUCOTEAM GmbH Berlin

TG06__95.XLS Diagramm 2

KA Phöben BSBK Tagesgänge Mo 5.06.95 - So 11.06.95 (KW23)

