

# MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN ZWEISTUFIGER VERFAHREN UND GROSSTECHNISCHE ERFAHRUNG

JOHANNES PINNEKAMP

## 1. EINLEITUNG

Die in der Vergangenheit ständig gestiegenen Anforderungen an die Qualität der Kläranlagenabläufe und die damit verbundenen Kostensteigerungen zwingen dazu, intensiv über neue Abwasserreinigungsverfahren und -verfahrenskombinationen nachzudenken. Eine wichtige Rolle spielen dabei die mehrstufigen Verfahren, bei denen der vielschichtige Prozeß der Abwasserreinigung in einzelne, separat zu optimierende Einzelstufen zergliedert ist. Die Elimination des Stickstoffes aus dem Abwasser über die Verfahrensschritte Nitrifikation und Denitrifikation ist jedoch so stark verkoppelt, daß eine klare Trennung nicht möglich ist.

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über die wichtigsten Verfahrenskombinationen, nennt deren Vor- und Nachteile und gibt dann Betriebsergebnisse von großtechnischen Adsorptions-Belebungsanlagen wieder.

## 2. DEFINITIONEN

Eine "Stufe" innerhalb einer Kläranlage ist eine selbstständig funktionierende Einheit, in der mit physikalischen, chemischen oder biologischen Mechanismen bestimmte Abwasserinhaltsstoffe ganz oder teilweise entfernt werden. Eine Kläranlage, die aus Vorklärung, Belebungsanlage mit Nachklärung und Filtrationsanlage besteht, ist danach zunächst eine dreistufige Anlage. Im Folgenden beschränken wir uns auf Anlagen mit mehreren biologischen Stufen.

Nachklärbecken sind notwendiger Bestandteil von Belebungsanlagen und sind daher keine eigene Stufe, wohingegen Tropfkörper durchaus ohne nachgeschaltete Sedimentationseinheit funktionieren können.

Im Belebungsbecken finden sich häufig verfahrenstechnisch unterschiedliche Zonen, die sich nach dem Sauerstoffgehalt oder der Führung der Abwasser- und Schlammströme unterscheiden. Verwirrung entsteht manchmal bei der Kaskadendenitrifikation, bei der man von zwei oder mehr Stufen spricht. In unserem Sinne handelt es sich jedoch in allen Fällen um unterschiedliche Prozeßführungen innerhalb einer biologischen Stufe.

### 3. AUSGANGSSITUATION

Die Anwendung zweistufiger biologischer Systeme ist in der Vergangenheit häufig Gegenstand angeregter Diskussionen gewesen. Den Stand der Technik zum Zeitpunkt 1987/88 beschreibt der ATV-Arbeitsbericht "Mehrstufige biologische Kläranlagen" [ 1 ]. Darin werden im wesentlichen 4 Verfahrenskombinationen besprochen:

- BB : zweistufige Belebungsanlagen
- TB : erste Stufe Tropfkörper, zweite Stufe Belebungsanlage
- BT : erste Stufe Belebungsanlage, zweite Stufe Tropfkörper
- TT : zweistufige Tropfkörperanlagen

Für die zweistufigen Tropfkörperanlagen war wegen der geringen Zahl der Anlagen eine systematische Auswertung nicht möglich; für die anderen Anlagentypen ergab sich folgende Zusammenstellung:

| Verfahrenskombination          | BB      | TB     | BT      |
|--------------------------------|---------|--------|---------|
| Anschlußwert EW                | 100.000 | 50.000 | 132.500 |
| Industrieller Anteil<br>EGW/EW | 53      | 49     | 40      |
| Auslastung %                   | 70      | 72     | 73      |
| BSB <sub>5</sub> -Zulauf mg/l  | 403     | 368    | 366     |
| CSB-Zulauf mg/l                | 720     | 607    | 695     |
| Anzahl der Anlagen             | 53      | 71     | 62      |
| ausgewertete Betriebsdaten     | 37      | 34     | 29      |

**Tab. 1:** Grunddaten der untersuchten Verfahrenskombinationen [ 1 ]; arithmetische Mittelwerte

Aus der Auswertung der Betriebsdaten, aus ergänzenden Literaturlauswertungen und Begehungen vieler Anlagen hat die ATV-Arbeitsgruppe eine zusammenfassende Gegenüberstellung der Verfahrenskombinationen erarbeitet, die in Tabelle 2 wiedergegeben ist.

Hieraus ist ersichtlich, daß die insgesamt beste Bewertung die zweistufigen Belebungsanlagen und die Kombination Tropfkörper-Belebungsanlage mit zwischengeschalteter Feststoffabtrennung erfahren.

Auffällig ist aber auch, daß für das heute wichtigste Bewertungskriterium, die Gesamtstickstoffelimination, keine Aussage gemacht wurde.

| Verfahrenskombination | BB | TT                         | TB                               | BT |
|-----------------------|----|----------------------------|----------------------------------|----|
| Ablaufanforderungen   |    |                            |                                  |    |
| BSB, CSB              | ++ | +                          | + <sup>2)</sup> + <sup>3)</sup>  | +  |
| NH <sub>4</sub>       | ++ | + <sup>1)</sup>            | ++                               | +  |
| N <sub>ges</sub>      | 0  | 0                          | 0                                | 0  |
| Prozeßstabilität      | ++ | +                          | ++                               | +  |
| Zulaufbeschaffenheit  |    |                            |                                  |    |
| hohe Konzentration    | ++ | +                          | ++                               | +  |
| Blähschlammgefährdung | +  | ++                         | ++                               | +  |
| Störstoffe            | ++ | +                          | 0 <sup>2)</sup> ++ <sup>3)</sup> | +  |
| Sanierung             | ++ | +                          | ++                               | ++ |
| Kosten                |    |                            |                                  |    |
| Bau                   | +  | -                          | +                                | +  |
| Betrieb               | ++ | +                          | ++                               | +  |
| Bemerkungen:          | 1) | Temp.-Einfluß beachten     |                                  |    |
|                       | 2) | ohne Zwischenklärung       |                                  |    |
|                       | 3) | mit Zwischenklärung        |                                  |    |
| Symbole:              | ++ | besonders geeignet         |                                  |    |
|                       | +  | geeignet                   |                                  |    |
|                       | -  | nicht geeignet             |                                  |    |
|                       | 0  | indifferent, keine Aussage |                                  |    |

Tab. 2: Zusammenfassende Gegenüberstellung der verschiedenen Verfahrenskombinationen [ 1 ].

#### 4. NEUE ENTWICKLUNGEN

Nach der Erarbeitung des genannten ATV-Arbeitsberichtes Mitte der achtziger Jahre sind einschneidende Veränderungen in der Abwassertechnik erfolgt. Die vielleicht wichtigste war die Erkenntnis, daß nicht nur die inländischen stehenden Gewässer, sondern auch die Randmeere wie z. B. Nord- und Ostsee oder das Schwarze Meer vor einer weiter steigenden Nährstoffzufuhr geschützt werden müssen. Dies führte dazu, daß alle kommunalen Kläranlagen endgültig auch für eine weitgehende Entfernung der Phosphor- und Stickstoffverbindungen erweitert und betrieben werden müssen.

Dies führt insbesondere bei zweistufigen Anlagen zu teilweise erheblichen Problemen. In einem neuen ATV-Arbeitsbericht [ 2 ] sind die Möglichkeiten zum Umbau bestehender zweistufiger Kläranlagen systematisch dargestellt. Danach ergeben sich folgende Maßnahmen:

- Maßnahmen im Vorfeld
  - Verringerung der N-Belastung (= Erhöhung des C/N-Verhältnisses)
- Getrennte Behandlung der Schlammwässer
  - Strippung
  - MAP-Fällung
  - Nitrifikation/Denitrifikation
- Interne Prozeßmodifikationen
  - Rückführung
  - Begrenzung des C-Abbaues der 1. Stufe (= AB-Verfahren)
  - Bypass
  - Rückführung des Überschußschlammes der 2. Stufe in die 1. Stufe
  - Schlammaustausch zwischen beiden Stufen
- Nachgeschaltete Denitrifikation mit dem Schlamm der 1. Stufe

- Zugabe von organischem Kohlenstoff
  - innerhalb der bestehenden Anlage
  - in einer nachgeschalteten Stufe

Im Folgenden soll nur auf die Prozeßmodifikationen für zweistufige Belebungsanlagen eingegangen werden. Sie sind in Abbildung 1 auf der folgenden Seite schematisch dargestellt und werden kurz erläutert.

Durch die Rückführung (im ATV-Arbeitsbericht etwas unglücklich Rückpass genannt) wird nitrathaltiger Ablauf aus der nitrifizierenden 2. Stufe in den Zulauf der 1. Stufe zurückgepumpt. Dort sind die Bedingungen für eine Denitrifikation meistens gut. Die zusätzlichen Wassermengen führen jedoch sehr schnell zu einer hydraulischen Überlastung der Zwischen- und Nachklärbecken, so daß die Grenzen der Anwendung der Rückführung eng gesteckt sind. Im Allgemeinen wird man eine Rückführung wegen der geschilderten Probleme nur bei Trockenwetterzufluß betreiben können; sie eignet sich daher bis auf Ausnahmefälle nur für eine provisorische, vorübergehende Verbesserung der Denitrifikationsleistung und nicht als Dauerlösung.

Eine weitere Möglichkeit, um mit zweistufigen Anlagen auch zu denitrifizieren, liegt in der Begrenzung des Kohlenstoff-Abbaus in der 1. Stufe. Dabei wird das Belebungsbeckenvolumen der 1. Stufe so verkleinert bzw. die Schlammbelastung so stark erhöht, daß nur noch ein Teilabbau stattfindet. Das Verfahren wurde von Professor Böhnke in Aachen entwickelt und untersucht und ist als Adsorptions-Belebungsverfahren (AB-Verfahren) bekannt. Über das Verfahren ist in mehreren Symposien ausführlich berichtet worden [ 3 ].

Die Eignung des AB-Verfahrens für eine weitgehende Stickstoffelimination ist umstritten. Anhand mittlerweile vorliegender Daten aus dem Betrieb großtechnischer AB-Anlagen wird diese Fragestellung in Kapitel 5 ausführlich diskutiert.

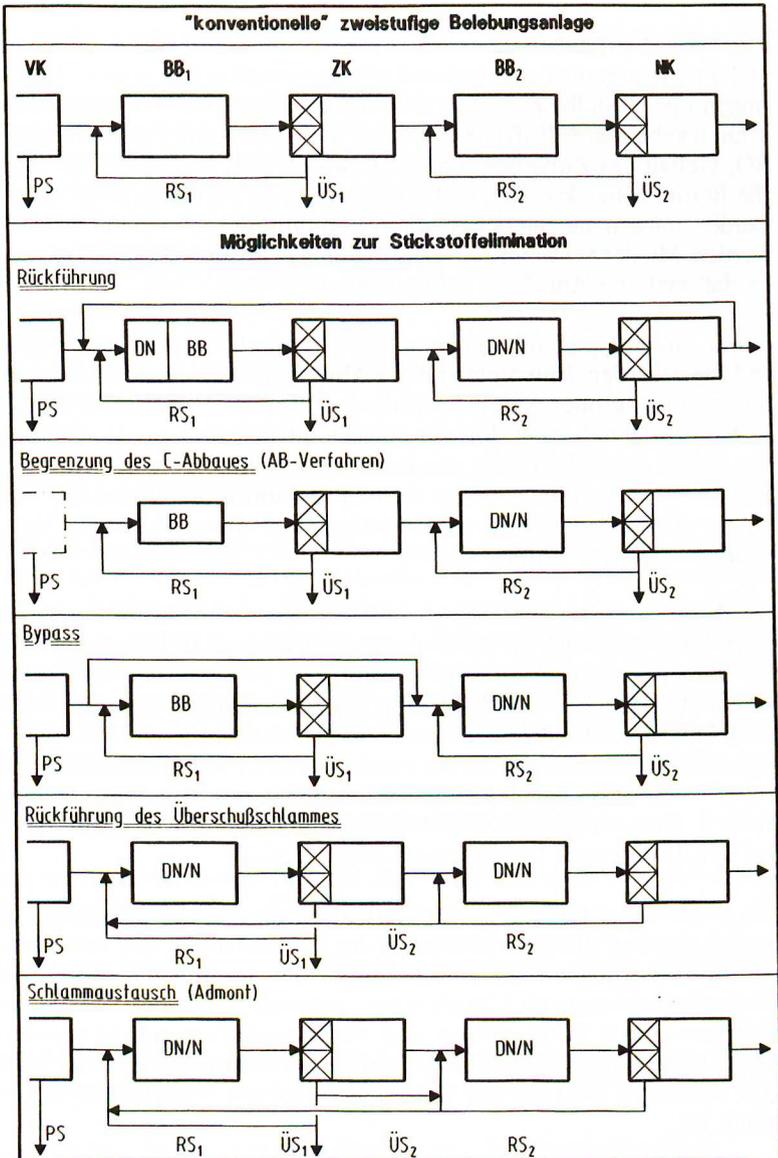


Abb. 1: Prozeßmodifikationen des konventionellen zweistufigen Belebungsverfahrens für eine weitergehende Stickstoffentfernung

Die Wirtschaftlichkeit einer Adsorptionsstufe ergibt sich auch daraus, daß der Belebtschlamm nicht ausreichend mit Sauerstoff versorgt wird. Dies kann unter ungünstigen Randbedingungen (hoher Sulfatgehalt, hohe Abwassertemperaturen, schnell abbaubarer BSB) dazu führen, daß sich Desulfurikanten bilden, die den  $\text{SO}_4$ -Gehalt des Zulaufes zu Schwefelwasserstoff umsetzen, der wiederum auf die Betonflächen korrosiv wirkt. Insbesondere, wenn solche Becken abgedeckt werden, müssen alle mit der Abluft in Berührung kommenden Flächen beschichtet werden. Mit der Schwefelwasserstoffbildung geht eine Geruchsbelästigung einher, so daß evtl. die Abluft zu behandeln ist.

Durch einen Bypass um die erste Stufe herum kann die Gesamtabbauleistung reduziert werden. Entsprechend der Abwasserzusammensetzung wird ein mehr oder weniger großer Anteil des Zulaufes direkt in die zweite Stufe geleitet, sein Kohlenstoffgehalt steht dort für eine Denitrifikation zur Verfügung. Je höher der Anteil des Zulaufes ist, der um die erste Stufe geleitet wird, umso größer muß die 2. Stufe dimensioniert werden und umso mehr wird das Verfahren zu einem einstufigen. Daran wird deutlich, daß diese Methodik sich für einen Dauerbetrieb nur bedingt eignet.

Durch Änderungen der Rücklauf- und Überschußschlammströme bei zweistufigen Verfahren lassen sich die beiden unterschiedlichen Belebtschlammbiozönosen und ihre Belastungen im Hinblick auf eine verbesserte Stickstoffelimination verändern. Durch die Rückführung des Überschußschlammes der 2. Stufe in die 1. Stufe kann der Belebtschlamm dort permanent mit nitrifizierenden Bakterien angereichert werden, was dort zumindest zu einer Teilnitrifikation führt. Wegen des höheren BSB-Gehaltes sollte die entsprechende Teildenitrifikation ebenfalls in der 1. Stufe stattfinden. In Kombination mit einem Bypass wird das Verfahren auf den Hamburger Großklärwerken praktiziert.

Die letzte dargestellte Prozeßmodifikation tauscht die Schlämme der beiden Stufen aus: der Überschußschlamm der 2. Stufe dient, wie zuvor beschrieben, der Anreicherung des Belebtschlammes der 1. Stufe mit Nitrifikanten, der Überschußschlamm der 1. Stufe wird - zumindest teilweise - in die Denitrifikationszone der 2. Stufe geführt und unterstützt dort den Nitratabbau. Diese zusätzliche Feststofffracht muß bei der Bemessung natürlich berücksichtigt sein. Das Verfahren wird auf der Kläranlage Admont (Österreich) angewandt [4].

## **5. BETRIEBSERGEBNISSE GROSSTECHNISCHER AB-ANLAGEN**

Im Folgenden werden aktuelle Betriebsergebnisse großtechnischer Belebungsanlagen nach dem Adsorptions-Belebungsverfahren gezeigt. Dabei muß berücksichtigt werden, daß solche Betriebsergebnisse nicht mit der wissenschaftlichen Exaktheit der Ergebnisse von Laborversuchsanlagen verglichen werden können. In vielen Fällen wird nicht so häufig und ein geringerer Parameterumfang gemessen, als wünschenswert. Auch spielen in einigen Fällen noch nicht abgeschlossene Umbaumaßnahmen oder eine noch nicht durchgeführte Betriebsoptimierung eine Rolle.

Wenn man die Ergebnisse vor diesem Hintergrund interpretiert, haben sie dennoch eine große Aussagekraft.

### **5.1 Großklärwerk Köln-Stammheim**

Das GWK Köln-Stammheim dient der Reinigung eines großen Teiles der Kölner Abwässer. Im Jahre 1973 wurde die vorhandene mechanische Reinigungsstufe zur mechanisch-biologischen Kläranlage ausgebaut. Um verschärften Anforderungen zu genügen, wurde im Jahre 1982 entschieden, das Klärwerk zu erweitern. Im Rahmen des Vorentwurfes fiel die Wahl auf das zweistufige Adsorptions-Belebungsverfahren. Noch während der Bauzeit wurde die nochmalige Erweiterung für eine vollständige Stickstoff- und Phosphorelimination geplant und umgesetzt.

Die wesentlichen Elemente dieser Umplanung bestehen in

- einer erheblichen Erweiterung des Belebungsbeckenvolumens der 2. Stufe (von ca. 30 000 auf ca. 124 000 m<sup>3</sup>),
- dem zusätzlichen Bau von 4 Nachklärbecken mit einem Durchmesser von 70 m,
- der Nachschaltung einer belüfteten Biofiltrationsanlage (System Biofor) zur Abtrennung der restlichen Feststoffe und zur Restnitrifikation und
- zusätzlichen Maßnahmen im Bereich der Schlammbehandlung.

Die Auslegungsdaten des Klärwerks gibt die folgende Tabelle 3 wieder:

|                                  |           |                   |
|----------------------------------|-----------|-------------------|
| Schmutzwasserzufluß              | 290 000   | m <sup>3</sup> /d |
| Fremdwasserzufluß                | 21 918    | m <sup>3</sup> /d |
| Trockenwetterzufluß              | 311 918   | m <sup>3</sup> /d |
| Tagesspitze Q <sub>t</sub>       | 4,73      | m <sup>3</sup> /s |
| Regenwetterzufluß Q <sub>m</sub> | 9,2       | m <sup>3</sup> /s |
| BSB <sub>5</sub> -Tagesfracht    | 94 250    | kg/d              |
| Stickstoff-Tagesfracht           | 17 400    | kg/d              |
| Einwohner                        | 919 000   | E                 |
| Einwohnergleichwerte             | 681 000   | EGW               |
| Gesamt                           | 1 600 000 | E + EGW           |
| spez. Abwasseranfall             | ca. 195   | l/E x d           |

Tab. 3: Auslegungsdaten des GWK Köln-Stammheim

Die Anlage wurde bemessen zur Einhaltung der folgenden Betriebswerte:

| Parameter             | Betriebswerte [mg/l] |
|-----------------------|----------------------|
| CSB                   | 50                   |
| BSB <sub>5</sub>      | 7                    |
| Abfiltrierbare Stoffe | 15                   |
| NH <sub>4</sub> -N    | 3                    |
| N <sub>anorg</sub>    | 13                   |
| P <sub>ges</sub>      | 0,5                  |

Tab. 4: Auslegungswerte des GWK Köln-Stammheim

Das Verfahrensschema der Anlage ist in Abbildung 2 ersichtlich. Die wichtigsten verfahrenstechnischen Daten zeigt Tabelle 5.

|                                       |          |                   |
|---------------------------------------|----------|-------------------|
| Sandfang                              |          |                   |
| - Volumen                             | 1.365    | m <sup>3</sup>    |
| - Aufenthaltszeit bei $Q_t/Q_m$       | 4,8/2,5  | min               |
| Adsorptionsstufe                      |          |                   |
| - Volumen                             | 11.800   | m <sup>3</sup>    |
| - Trockensubstanzgehalt               | 2,0      | kg/m <sup>3</sup> |
| - Schlammbelastung                    | 4,0      | kg/kg x d         |
| - Aufenthaltszeit bei $Q_t/Q_m$       | 0,7/0,36 | h                 |
| Zwischenklärbecken                    |          |                   |
| - Volumen                             | 39.400   | m <sup>3</sup>    |
| - Aufenthaltszeit bei $Q_t/Q_m$       | 2,3/1,2  | h                 |
| B-Stufe                               |          |                   |
| - Volumen gesamt                      | 124.000  | m <sup>3</sup>    |
| - Anteil Denitrifikation              | ca. 50   | %                 |
| - Trockensubstanzgehalt               | 4,5      | kg/m <sup>3</sup> |
| - Schlammbelastung                    | 0,076    | kg/kg x d         |
| - Schlammalter gesamt/aerob           | 21/10    | d                 |
| - Aufenthaltszeit bei $Q_t/Q_m$       | 7,3/3,7  | h                 |
| Nachklärbecken                        |          |                   |
| - Volumen                             | 97.940   | m <sup>3</sup>    |
| - Aufenthaltszeit bei $Q_t/Q_m$       | 5,75/2,9 | h                 |
| Biofiltrationsanlage                  |          |                   |
| - Filterfläche                        | 3.504    | m <sup>2</sup>    |
| - Filterbetthöhe                      | 3        | m                 |
| - Filtergeschwindigkeit bei $Q_t/Q_m$ | 5,7/11,1 | m/h               |

Tab. 5: Verfahrenstechnische Hauptdaten des GWK Köln-Stammheim

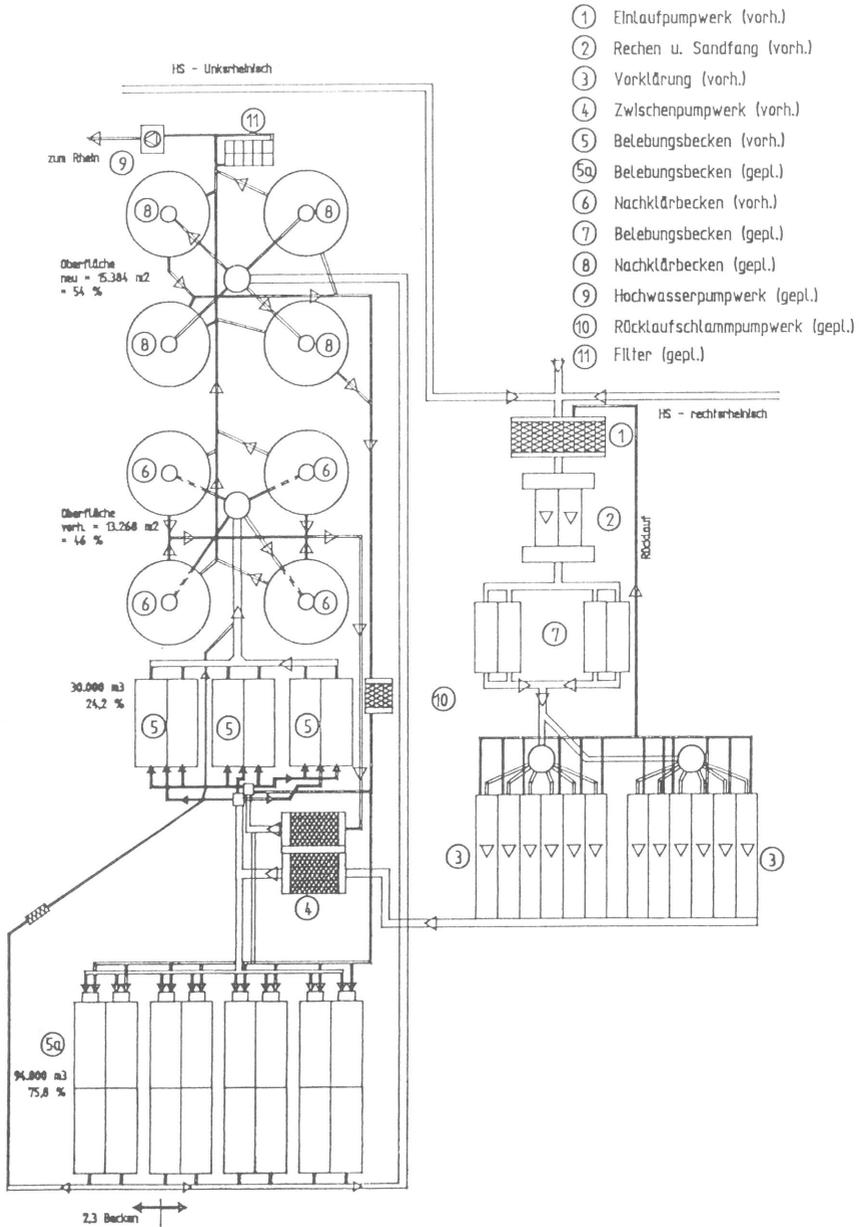


Abb. 2: Verfahrensschema des GKW Köln-Stammheim

Die erweiterten Anlagenteile zur Abwasserreinigung wurden Ende des Jahres 1992 termingerecht fertiggestellt; in den Monaten vorher wurde das Belebungsbeckenvolumen der 2. Stufe sukzessive entsprechend dem Grad der Fertigstellung erhöht. Die Adsorptionsstufe war schon 1989 in Betrieb gegangen. In Abbildung 3 sind die CSB-Konzentrationen im Zulauf, im Ablauf der A-Stufe und im Ablauf der Filtrationsanlage dargestellt. Danach werden die stark schwankenden Zulaufkonzentrationen von etwa 600 bis über 1 000 mg CSB/l durch die A-Stufe auf Werte von 200 - 400 mg/l reduziert und stark vergleichmäßigt. Die Ablaufwerte erfüllen die Erwartungen.

Für die hier zu behandelnde Fragestellung sind die Stickstoffwerte besonders interessant. Abbildung 4 zeigt die Stickstoffzu- und ablaufwerte der Anlage. Die hohen TKN-Zulaufwerte zwischen 60 und über 100 mg/l werden durch die A-Stufe auf ca. 30 - 60 mg/l abgepuffert. Die Ablaufwerte liegen mit Beginn des Jahres 1993 sicher unterhalb der Auslegungswerte. In Abbildung 5 sind die Ablaufwerte vergrößert dargestellt. Deutlich wird, daß die Ammoniumkonzentrationen seit Inbetriebnahme der erweiterten Belebungsstufe und der Biofiltrationsanlage sicher unter 1 - 2 mg/l liegen. Entsprechend steigen gegen Ende des Jahres 1992 zunächst die Nitratlaufwerte an. Im Zuge der Inbetriebnahme waren zunächst so viele Beckenteile wie möglich belüftet. Erst nach und nach wurden zu Beginn des Jahres 1993 weitere Beckenbereiche auf anoxischen Betrieb umgestellt. Dadurch wurden die Nitratlaufwerte von etwa 10 - 15 mg/l auf etwa 5 mg/l gesenkt, ohne daß die Nitrifikationsleistung beeinträchtigt wurde.

In diesem Zusammenhang ist das  $BSB_5$ -/TKN-Verhältnis interessant. Es ist - zusammen mit der prozentualen Denitrifikationsleistung - in Abbildung 6 dargestellt. Man erkennt, daß das Verhältnis im Zulauf zwischen 3 und 10 schwankt, wobei die meisten Werte jedoch zwischen 4 und 6 liegen. Im Ablauf der A-Stufe liegt es im Mittel bei nur noch 2 bis 4 ! Trotzdem werden die genannten guten Denitrifikationsleistungen erreicht. In der Abbildung ist gleichfalls ersichtlich, wie die prozentuale Denitrifikation sich auf stabile Werte von etwa 80 % einpendelt.

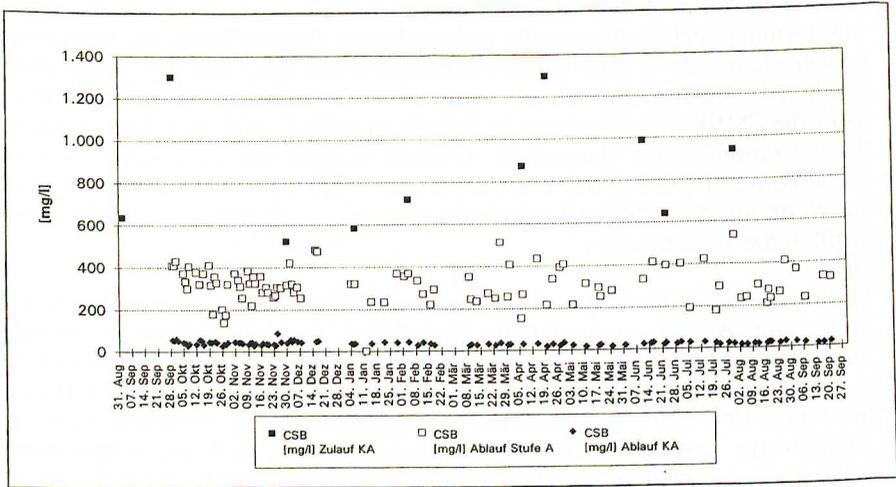


Abb. 3: CSB-Konzentrationen im GWK Köln-Stammheim

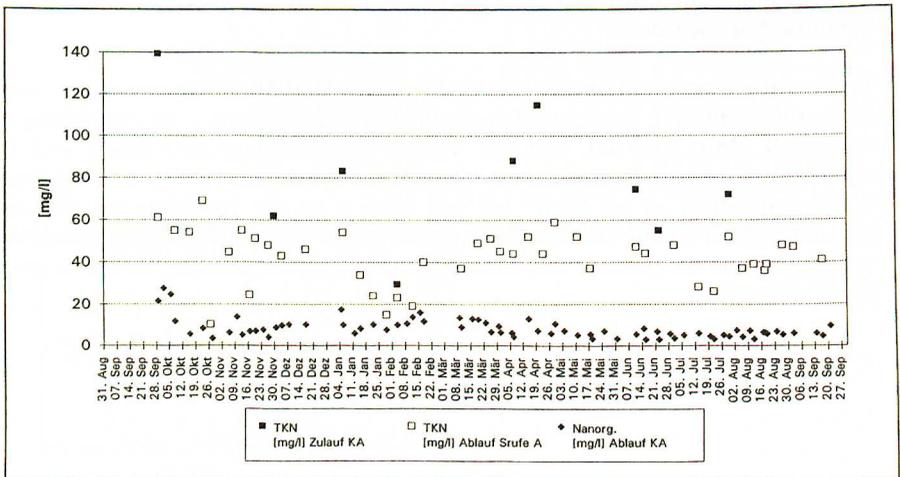


Abb. 4: Stickstoff-Konzentrationen im GWK Köln-Stammheim

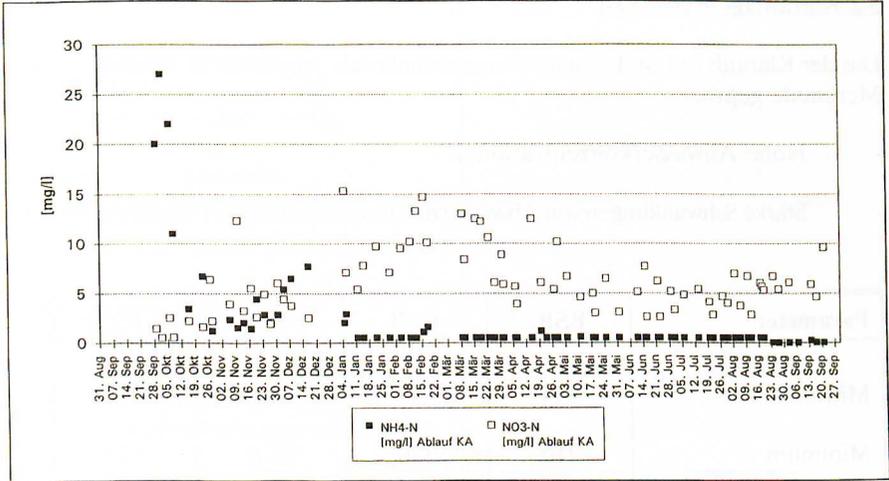


Abb. 5: Stickstoff-Konzentrationen im Ablauf des GWK Köln-Stammheim

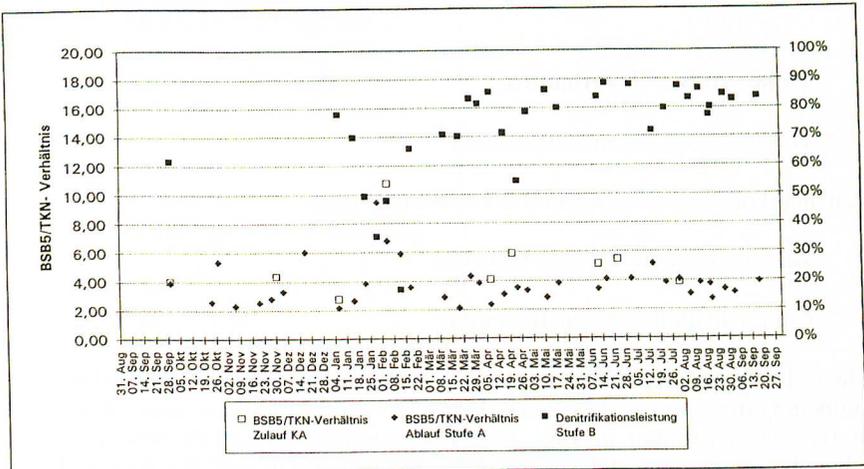


Abb. 6: BSB<sub>5</sub>-/TKN-Verhältnis und Denitrifikationsleistung des GWK Köln-Stammheim

## 5.2 Kläranlage Neuss-Ost

Das der Kläranlage Ost der Stadt Neuss zufließende Abwasser ist durch folgende Merkmale geprägt:

- Hohe Abwasserkonzentrationen
- Starke Schwankungen von Abwasserzusammensetzung und -konzentrationen

| Parameter | BSB <sub>5</sub> | CSB   | N <sub>ges</sub> | P <sub>ges</sub> |
|-----------|------------------|-------|------------------|------------------|
| Mittel    | 394              | 887   | 43,1             | 21,7             |
| Minimum   | 210              | 396   | 24,0             | 10,3             |
| Maximum   | 1 780            | 6 600 | 142,3            | 43,5             |

Tab. 5: Zusammensetzung des Abwassers im Zulauf der Kläranlage Neuss-Ost

- Hohes BSB<sub>5</sub>-/N-Verhältnis
- Hohe Abwasserkonzentrationen

Zusätzlich kommen erschwerend 2 Umstände hinzu:

- Äußerst beengte Platzverhältnisse
- Nähe zur umliegenden Bebauung.

Im Jahre 1987 wurde die Entscheidung getroffen, aufgrund der oben geschilderten Randbedingungen die Anlage nach dem AB-Verfahren auszubauen. Planung und Bau wurden dabei in zwei Ausbaublocken aufgeteilt, wobei im 1. Ausbaublock zunächst die Adsorptionsstufe gebaut wurde. Sie ging im Mai 1989 in Betrieb.

|  |           |                   |
|--|-----------|-------------------|
| Trockenwetterzufluß  | 44.100    | m <sup>3</sup> /d |
| Tagesspitze  | 680       | l/s               |
| Regenwetterzufluß  | 1.360     | l/s               |
| BSB <sub>5</sub> -Tagesfracht                              | 16.800    | kg/d              |
| Stickstoff-Tagesfracht                                     | 2.630     | kg/d              |
| Einwohnergleichwerte                                       | 280.000   | E + EGW           |
| Adsorptionsstufe   |           |                   |
| - Volumen  | 1.314     | m <sup>3</sup>    |
| - Trockensubstanzgehalt                                    | 2,0       | kg/m <sup>3</sup> |
| - Schlammbelastung   | 6,4       | kg/kg x d         |
| - Aufenthaltszeit bei Q <sub>i</sub> /Q <sub>m</sub>       | 0,54/0,27 | h                 |
| Zwischenklärbecken   |           |                   |
| - Volumen  | 5.660     | m <sup>3</sup>    |
| - Aufenthaltszeit bei Q <sub>i</sub> /Q <sub>m</sub>       | 2,31/1,16 | h                 |
| B-Stufe  |           |                   |
| - Volumen  | 21.060    | m <sup>3</sup>    |
| - Anteil Denitrifikation                                   | 44        | %                 |
| - Trockensubstanzgehalt                                    | 4,0/3,0   | kg/m <sup>3</sup> |
| - Schlammbelastung   | 0,128     | kg/kg x d         |
| - Aufenthaltszeit bei Q <sub>i</sub> /Q <sub>m</sub>       | 8,6/4,3   | h                 |
| Nachklärbecken   |           |                   |
| - Volumen  | 18.420    | m <sup>3</sup>    |
| - Aufenthaltszeit bei Q <sub>i</sub> /Q <sub>m</sub>       | 7,5/3,8   | h                 |
| Filteranlage   |           |                   |
| - Filterfläche   | 440       | m <sup>2</sup>    |
| - Filterbetthöhe   | 2,0       | m                 |
| - Filtergeschwindigkeit bei Q <sub>i</sub> /Q <sub>m</sub> | 5,6/11,2  | m/h               |

Tab. 7: Hauptauslegungsdaten der Kläranlage Neuss-Ost

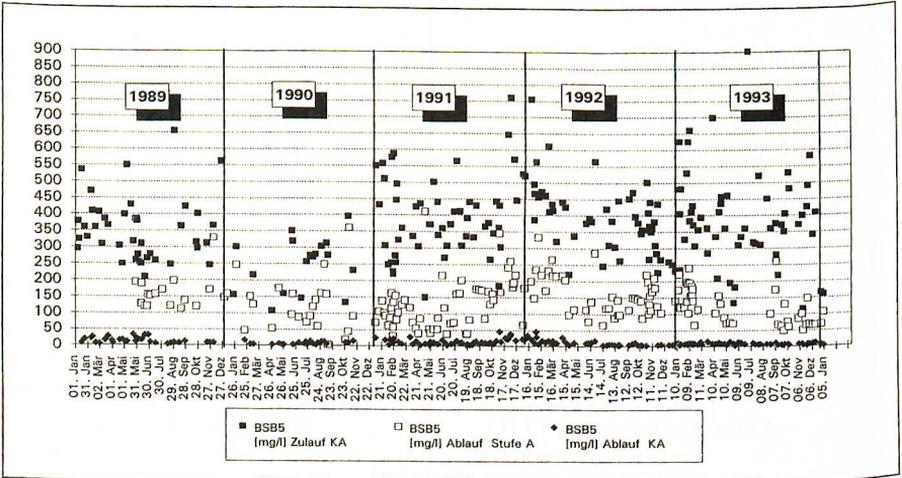


Abb. 7: BSB<sub>5</sub>-Konzentrationen in der Kläranlage Neuss-Ost

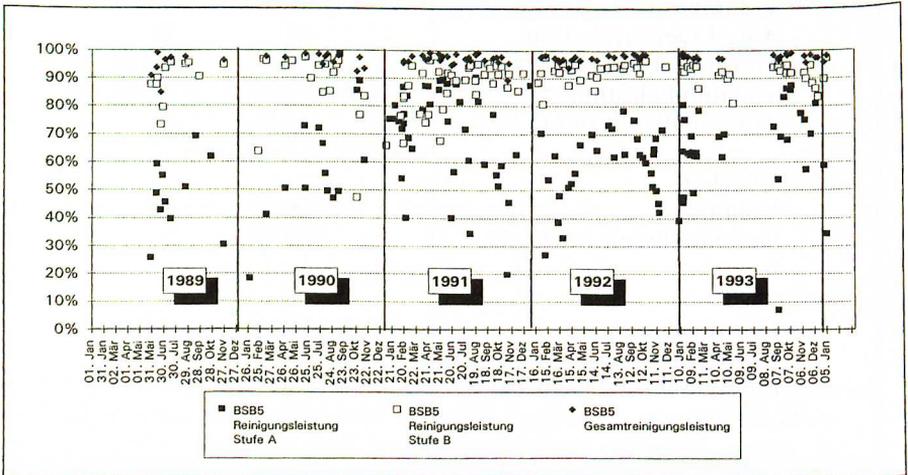


Abb. 8: Prozentuale BSB<sub>5</sub>-Reduzierung in der Kläranlage Neuss-Ost

Die Genehmigungsplanung für den 2. Ausbauabschnitt, der im wesentlichen die Erweiterung der vorhandenen Belebungsbecken, den Neubau von doppelstöckigen Nachklärbecken und einer Flockungsfiltrationsanlage umfaßt, wurde 1991 abgeschlossen. Ein Teil der Anlagen befindet sich derzeit in Bau, die Gesamtfertigstellung ist für 1996 vorgesehen.

In Tabelle 7 sind die wichtigsten Auslegungsdaten der Anlage wiedergegeben.

Aus den vorliegenden Betriebsergebnissen können, da die 2. Stufe noch nicht fertiggestellt ist, keine endgültigen Aussagen in Bezug auf die Stickstoffelimination hergeleitet werden. Es ist jedoch möglich zu beurteilen, inwieweit die Bedingungen dafür im Ablauf der 1. Stufe noch geeignet sind.

Dazu sind die Messungen des Abwasserlabors der Stadt Neuss ausgewertet worden. Es handelt sich dabei um 24-h-Mischproben.

Abbildung 7 zeigt die  $BSB_5$ -Konzentrationen im Zulauf, Ablauf der A-Stufe und im Ablauf der Nachklärung. Es ist zu erkennen, daß etwa ab Inbetriebnahme der A-Stufe zur Mitte des Jahres 1989 sich die vorher stark schwankenden Ablaufwerte stabilisieren. Im Jahre 1991 stellten sich Probleme mit den Belüftungseinrichtungen ein, die zeitweilig zu Ablaufverschlechterungen führten. Nachdem diese Probleme behoben wurden, sind die Werte in den letzten 2 Jahren wieder ausgesprochen stabil.

In Abbildung 8 ist die prozentuale  $BSB_5$ -Reduzierung aufgetragen. Hier wird ein Problem des Betriebes einer Höchstlaststufe deutlich: die Schwierigkeit, einigermaßen konstante Abbauleistung zu erzielen. Sowohl der Überschußschlammabzug als auch der Sauerstoffgehalt schwanken stark, entsprechend schwierig ist die Regelung. Auf der Kläranlage Neuss-Ost wird allerdings eine weitgehende Automatisierung erst im Zuge des zweiten Ausbauabschnittes realisiert.

Abbildung 9 zeigt die TKN-Elimination der Anlage. In der 1. Stufe wird eine Reduzierung um i. M. 25 % erreicht, was im wesentlichen wohl auf Absetzvorgänge zurückzuführen ist. In der 2. Stufe wird heute schon - allerdings mit stark schwankender Leistung - eine Teilnitrifikation erreicht. In Abbildung 10 schließlich sind die für die Denitrifikation wichtigen Verhältnisse zwischen  $BSB_5$  und TKN wiedergegeben. Im Zulauf liegen diese Zahlen stark schwankend zwischen 5 und 20, durch die A-Stufe wird eine Reduktion auf Werte um 5, teilweise jedoch auch unter 2 bewirkt. Wie die Erfahrungen aus dem GWK Köln-Stammheim zeigen, ist dies für eine weitgehende Denitrifikation ausreichend.

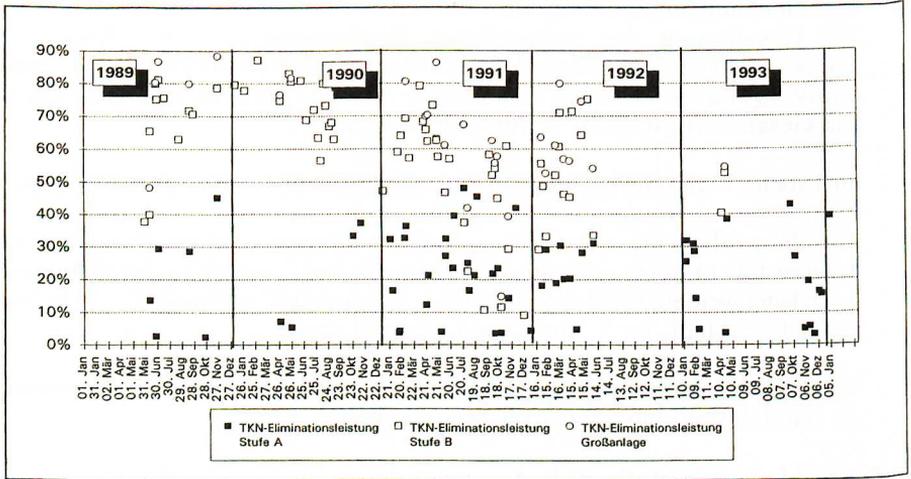


Abb. 9: TKN-Elimination der Kläranlage Neuss-Ost

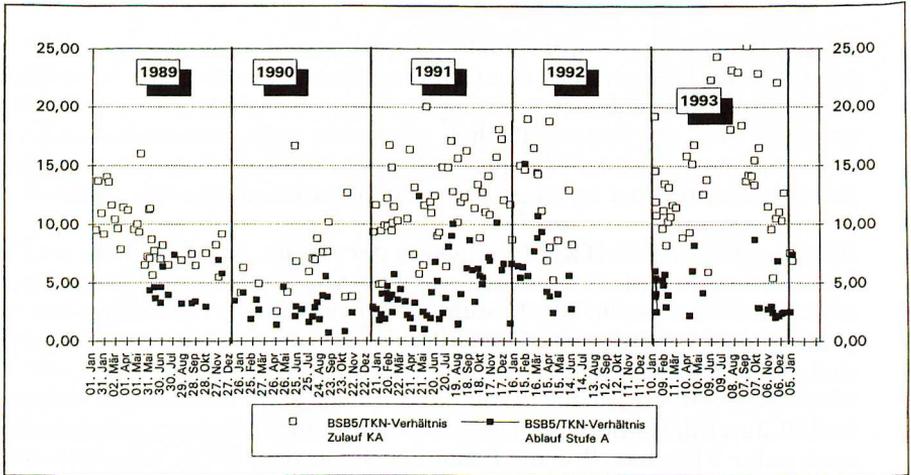


Abb. 10: BSB<sub>5</sub>-/TKN-Verhältnisse in der Kläranlage Neuss-Ost

## **6. ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG**

Zweistufige Belebungsanlagen haben bei der Stickstoffelimination verfahrenstechnische Nachteile. Es existieren eine Reihe von Möglichkeiten, diese Nachteile zumindest teilweise auszugleichen.

Anhand großtechnischer Betriebsergebnisse kann nachgewiesen werden, daß bei geeigneter Abwasserzusammensetzung eine zweistufige Belebungsanlage nach dem AB-Verfahren noch ausreichende Denitrifikationsleistungen erbringen kann. Allerdings muß sorgfältig geprüft werden, ob im Ablauf der A-Stufe noch genügend organisches Material vorhanden ist.

## **7. DANKSAGUNG**

Den Mitarbeitern der Labor- und Betriebsabteilungen der Städte Köln und Neuss bin ich zu Dank verpflichtet, weil sie bereitwillig die gezeigten Daten zur Verfügung gestellt haben.

Meinem Mitarbeiter, Herrn Carlos Dante Canizare-Condarco, danke ich für die Aufbereitung und graphische Darstellung der Daten.

## LITERATURVERZEICHNIS

- [ 1 ] ATV-ARBEITSGRUPPE 2.6.5:  
Mehrstufige biologische Kläranlagen  
Korrespondenz Abwasser 2 (1989) S. 181
- [ 2 ] ATV-FACHAUSSCHUSS 2.6:  
Umgestaltung zweistufiger biologischer Kläranlagen zur Stickstoff-  
elimination  
Korrespondenz Abwasser 1 (1994) S. 95
- [ 3 ] A-B-TECHNOLOGIE - ERFAHRUNGSUSTAUSCH -  
Symposium vom 26.09. - 28.09.1983 in Aachen  
Gewässerschutz - Wasser - Abwasser, Band 70 (1984)
- A-B-TECHNOLOGIE - ERFAHRUNGSUSTAUSCH -  
2. Symposium vom 18.09. - 20.09.1985 in Aachen  
Gewässerschutz - Wasser - Abwasser, Band 85 (1986)
- EIN- UND ZWEISTUFIGE BELEBUNGSANLAGEN UNTER DEM  
ASPEKT WEITERGEHENDER REINIGUNGSMASSNAHMEN  
Symposium am 22./23.01.1987 in Aachen  
Gewässerschutz - Wasser - Abwasser, Band 98 (1987)
- ABWASSERBEHANDLUNG FÜR WEITER- UND WEITESTGEHEN-  
DE REINIGUNGSANFORDERUNGEN  
Symposium am 08./09.02.1990 in Aachen  
Gewässerschutz - Wasser - Abwasser, Band 115 (1990)
- WEITGEHENDE ABWASSERREINIGUNG IN EIN- UND  
ZWEISTUFIGEN BIOLOGISCHEN KLÄRANLAGEN - STICKSTOFF-  
UND PHOSPHORELIMINATION -  
Symposium am 12./13.03.1991 in Aachen  
Gewässerschutz - Wasser - Abwasser, Band 126 (1991)
- [ 4 ] MATSCHÉ, N.; PRENDL, L.; GUAN, L.:  
Erweiterung der Kläranlage Admont/Hall  
Wiener Mitteilungen Wasser - Abwasser - Gewässer,  
Band 100 (1992) S. F-1

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. Johannes Pinnekamp  
Leiter des Geschäftsbereiches Wasser  
AEW Plan GmbH  
Abfall - Energie - Wasser  
Graeffstraße 5  
50823 Köln

Tel.: 0221 - 57 40 2 - 49