

Dr.-Ing.
J.-St. Kollbach

Dipl.-Ing.
M. Grömping



Vorwort:

Die positive Resonanz auf die im November 1995 durchgeführte Tagung „Stickstoffrückbelastung kommunaler Kläranlagen durch Prozeßwasser aus der Schlammentwässerung" hat unsere Ingenieurgesellschaft dazu ermutigt, begleitend zur 2. Tagung am 26./27. November 1996 ein Buch herauszugeben. Im Vordergrund stand dabei die Bemühung, möglichst vielseitige Informationen aus unterschiedlichen Fakultäten von Hochschulen, Anlagenbauern, Betreibern und Planern vorstellen zu lassen, um einen aktuellen Überblick über dieses neue Gebiet der Abwasserreinigung zu geben, das sich zur Zeit sehr dynamisch entwickelt.

Da sich das Buch hauptsächlich an Betreiber von Kläranlagen wendet, werden nach einer kurzen Einführung in die Problematik der Rückbelastung Aussagen von Kläranlagenbetreibern aufgeführt, die ihre Anforderung an und Erfahrungen mit der separaten Teilstrombehandlung formulieren.

Nachdem die Grundlagen des Prozeßwasseranfalls aus der Schlammstabilisierung und die Grundlagen der biologischen Behandlung von Ammoniumfrachten vorgestellt worden sind, folgen in einem nächsten Themenkomplex theoretische und praktische Hinweise zur Bewirtschaftung der Rückbelastung. Bei vorhandenem Puffervolumen und freien Kapazitäten in der Hauptstrombiologie stellt eine gezielte Bewirtschaftung in der Regel eine erste kostengünstige Maßnahme dar, mit der im Einzelfall bessere Ablaufwerte und größere Betriebsstabilität im Klärprozeß erreicht werden können.

Zwei weitere Fachvorträge beschäftigen sich mit dem Anfall, der Menge und der typischen Zusammensetzung von Prozeßwasser. Wie bei jeder Anlage zur Abwasserreinigung kann hier nur darauf hingewiesen werden, daß eine umfassende

nntnis dieses Teilstroms und seiner möglichen Veränderung bei Umstellungen im samten Klärprozeß in der Regel sehr wesentlich für die Beurteilung der Wirtnaftlichkeit einer Teilstrombewirtschaftung oder -behandlung sind. Häufig wurde der Vergangenheit auf Kläranlagen dieser Teilstrom, ohne ihm besondere Bekksichtigung zu schenken, bei einem Ausbau in der Hauptstrombiologie mitbendelt. Für eine Aussage über Frachten und Potentiale zur Mitbehandlung lagen lten Daten vor, die belastbar waren. Dies führte oft dazu, daß Kläranlagen ohne ne Teilstrombehandlung oder -bewirtschaftung ausgebaut wurden, allerdings mit em Hinweis, daß eine Berücksichtigung des Teilstroms zu einem späteren Zeitnkt immer noch zusätzlichen Spielraum bieten könne. Das Potential der Teilrombehandlung liegt aber vor allem in der gezielten Elimination der Stickstoffacht, die unter Umständen einen Ausbau oder Umbau einer Kläranlage wesentlich eduzieren oder sogar ganz ersetzen kann.

den folgenden Fachbeiträgen werden daher unterschiedliche Verfahrensansätze ur biologischen Prozeßwasserbehandlung vorgestellt, die sich entweder im Verchs- oder Pilotmaßstab bewährt haben. Dabei stellt sich zur Zeit die Frage, elche Verfahren sich zum Stand der Technik entwickeln werden. Grundsätzlich ist ie biologische Abwasserreinigung seit Jahrzehnten bekannt und erforscht. Von den rimitiven Anfängen der kommunalen Abwasserreinigung an hat die Suche nach eistungstarken, kostengünstigen Konzepten zu immer weiteren Verbesserungen eführt. Zur Zeit sind diese Verbesserungen bei den Teilstromverfahren aber immer auch mit einem höheren Grad an Komplexizität verbunden. Es stellt sich die Frage, b sich in diesem Bereich eventuell in Zukunft das Zitat von Antoine de SaintExupery bestätigen wird, daß der Weg allen menschlichen Tuns und Denkens den Weg vom Primitiven über das Komplizierte zum Einfachen geht. Für den Abwasserbereich ist damit die Frage, ob sich die bekannte, biologische Behandlung als Hauptstrombehandlung durchsetzt oder ob die neuen scheinbar komplexeren Teilstrombehandlungsverfahren sich in der Praxis mit geringem Wartungs- und Steuerungsaufwand als einfach im Betrieb bewähren.

Zur Abrundung der biologischen Konzepte wird abschließend der Einsatz externer Kohlenstoffquellen zur Denitrifikation vorgestellt, der ebenfalls eine sichere Einhaltung der geforderten Grenzwerte ermöglicht.

Als Alternative zur biologischen Stickstoffelimination haben sich in der Vergangheit Strippverfahren bewährt. In dem nächsten großen Komplex werden die Grundlagen der Strippung von Prozeßwasser theoretisch zusammengefaßt, bevor dann die für

die Praxis wesentlichen Aspekte wie Vorbehandlung und Verschaltungsvarianten mit den unterschiedlichen Reststoffen ausführlich vorgestellt werden. Neben den großtechnischen Betriebserfahrungen stehen dabei vor allem Kosten und mögliche Einsatzbereiche im Vordergrund.

Abschließend wird in den letzten Artikeln auf die Integration der Teilstrombehandlung in vorhandene Kläranlagen eingegangen, wobei die Festlegung der energetischen Schnittstellen auch zu einer Berücksichtigung der auf Kläranlagen eingesetzten Klärschlammtrocknungstechnik geführt hat.

Bedanken möchten wir uns bei allen Mitautoren, die durch die termin- und formgerechte Einreichung ihrer inhaltlich interessanten Fachbeiträge dazu beigetragen haben, daß dieses Buch mit einem Umfang von ca. 700 Seiten rechtzeitig fertiggestellt werden konnte.

Aufgrund der Vielzahl der Fachbeiträge kann der interessierte Leser sich der Relevanz der Stickstoffrückbelastung für seinen speziellen Einsatzfall bewußt werden und sich umfassend über den heute aktuellen Stand der Technik auf diesem Gebiet informieren.

Als interessierte Leser ist damit vor allem an Betreiber und Planer kommunaler Kläranlagen gedacht, wobei dieses umfassende Nachschlagewerk für jeden relevant ist, der sich mit der Stickstoffelimination aus Abwasser auseinandersetzen will oder muß.

Für Anregungen, Fragen, Korrekturen und Bemerkungen werden wir auch in Zukunft dankbar sein.

Aachen, im Oktober 1996

Dr.-Ing. J.-St. Kollbach, Dipl.-Ing. M. Grömping
Enviro Consult GmbH
Kackertstr. 4
52072 Aachen

I. Einleitung

Fachbeitrag Nr. 1:
Einführung in die Problematik der Rückbelastung
Dr.-Ing. Kollbach, Dipl.-Ing. Grömping

II. Betreiberbeiträge

Fachbeitrag Nr. 2:
Betreibererfahrungen bei Planung, Vergabe und Betrieb einer separaten Prozeßwasserbehandlung
Dipl.-Ing. Lohmöller

Fachbeitrag Nr. 3:
Gründe für die separate Prozeßwasserbehandlung aus Betreibersicht
Dr.-Ing. Abendt, Dipl.-Ing. Wölfel

III. Schlammstabilisierung

Fachbeitrag Nr. 4:
Stellenwert der Klärschlammstabilisierung für die Klärschlammentsorgung
Prof. Dr.-Ing. Dichtl

IV. Prozeßwasserbewirtschaftung und biologische Prozeßwasserbehandlung

Fachbeitrag Nr. 5:
Grundlagen der biologischen Reinigung hoch mit Ammonium beladener Abwässer
Dr.-Ing. Kollbach, Dr.-Ing. Haeske, Dipl.-Ing. Grömping

Fachbeitrag Nr. 6:
Dynamische Simulation am Beispiel der Schlammwasserbewirtschaftung
Dipl.-Ing. Rolfs

Fachbeitrag Nr. 7:
Praxis der Prozeßwasserbewirtschaftung
Prof. Dr.-Ing. Dichtl, Dipl.-Ing. Pape

Fachbeitrag Nr. 8:
Anfall von Schlammwasser in Abhängigkeit von der Schlammbehandlung
Dr.-Ing. Otte-Witte

Fachbeitrag Nr. 9:
Menge und Beschaffenheit der Porzeßwässer aus der Schlammbehandlung
Dr.-Ing. Jardin

Fachbeitrag Nr. 10:
entfällt

Fachbeitrag Nr. 11:
Wirtschaftliche biologische Stickstoffentnahme durch Schlammwasserbehandlung mit dem Biofugat®-Verfahren
Dr.-Ing. Wagner

Fachbeitrag Nr. 12:
Kostenbetrachtung biologischer Konzepte zur Filtratwasserbehandlung
Dr.-Ing. Kollbach, Dr.-Ing. Haeske, Dipl.-Ing. Grömping

Fachbeitrag Nr. 13:
Nitrifikation und Denitrifikation des Abwasserteilstroms aus der anaeroben Schlammbehandlung
Prof. Dr.-Ing. Krauth, Dipl.-Ing. Winter

Fachbeitrag Nr. 14:
Ergebnisse zur biologischen Prozeßwasserbehandlung mit dem Nitra-Verfahren
Dr. Pohl, Herr Bewernick

Fachbeitrag Nr. 15:
Ergebnisse zu Pilotversuchen mit der SBR-Technik für Trüb- und Filtratwasser
Prof. Dr.-Ing. Kroiss, Dr.-Ing. Svardal

Fachbeitrag Nr. 16:
Biologische Verfahren zur Behandlung von Prozeßwässern aus der Schlammbehandlung
Prof. Dr.-Ing. Wilderer, Dipl.-Ing.Döllerer

Fachbeitrag Nr. 17:
Erfahrungen mit der Behandlung hoch mit Ammonium beladener Abwässer - Vorstellung des Wedeco FBS-Verfahrens
Dr.-Ing. Geiger

Fachbeitrag Nr. 18:
Beeinflußt die Klärschlammtrocknung den Betrieb der Kläranlage ?
Dr.-Ing. Hruschka, Dipl.-Ing. Neuner, H. Siewert

Fachbeitrag Nr. 19:
Belastung der Brüdenkondensate aus der Trocknung kommunaler Klärschlämme
Dipl.-Ing. Brautlecht

Fachbeitrag Nr. 20:
Kostensenkende Strategien für Kläranlagen: Separate Trübwasserbehandlung
Dr.-Ing. Mihopulos

Fachbeitrag Nr. 21:
Optimierung des Stickstoffabbaus in Kläranlagen durch die Behandlung von Filtrat oder Zentrat aus der Schlammentwässerung mit einem Membran-Bioreaktor-System
Dipl.-Ing. Geraci

Fachbeitrag Nr. 22:
Prozeßwasserbehandlung auf der Kläranlage Lingen - Beispiel für eine kostengünstige Übergangslösung
Dr.-Ing. Mennerich, Dr.-Ing. Ladiges, Dipl.-Ing. Rolf

Fachbeitrag Nr. 23:
Probleme bei der Denitrifikation auf kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen und Lösungsansätze unter Einsatz externer Kohlenstoffquellen
Prof. Dr.-Ing. Pöpel

. Physikalische Teilstrombehandlung (Grundlagen)

Fachbeitrag Nr. 24:
Grundlagen der Strippung und der Rektifikation
Prof. Dr.-Ing. Pfennig

Fachbeitrag Nr. 25:
Stoffdaten zum System Ammoniak / Ammonium / Wasser
Prof. Dr.-Ing. Knoche, Dr.-Ing. Roth, Dipl.-Ing. Rütten

VI. Physikalische Teilstrombehandlung (Vorbehandlung)

Fachbeitrag Nr. 26:
Grundlagen zur Vorbehandlung von Prozeßwasser vor einer physikalischen Behandlung (Strippung)
Dr.-Ing. Kollbach, Dipl.-Ing. Grömping, Dipl.-Ing. Heinemeyer

Fachbeitrag Nr. 27:
Umfassende Bilanzierung der Vorbehandlung von Prozeßwasser aus der Schlammentwässerung - NaOH und $Ca(OH)_2$ im Vergleich
Prof.- Dr.-Ing. Rautenbach, Dr.-Ing. Kollbach, Dipl.-Ing. Grömping

Fachbeitrag Nr. 28:
Verwertung der bei der Vorbehandlung mit Kalkmilch anfallenden Reststoffe
Dipl.-Ing. Peschen

Fachbeitrag Nr. 29:
Maschinentechnik zum Einsatz von Kalk zur pH-Wert-Verschiebung und Entkarbonisierung
Dipl.-Ing. Rosenbaum

Fachbeitrag Nr. 29 b :
KBU Stahl-Emailbehälter als günstige Alternative zu aufwendigen Betonkonstruktionen auf kommunalen Kläranlagen
Dipl.-Ök. Kollbach

VII. Physikalische Teilstrombehandlung (Verfahrensvariationen)

Fachbeitrag Nr. 30:
Grundlagen zur Auslegung von Ammoniak-Strippkolonnen
Dr.-Ing. Kollbach, Dipl.-Ing. Grömping

Fachbeitrag Nr. 31:
Erste Untersuchungen zur Ammoniakdesorption aus verschiedenen Abwässern in Deutschland
Dr.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Kühn

Fachbeitrag Nr. 32:
Betriebserfahrungen zu unterschiedlichen Strippverfahren mit Prozeßwasser
Dr.-Ing. Geipel, Dipl.-Ing. Hoffmann

Fachbeitrag Nr. 33:
Betriebserfahrungen zur Dampfstrippung mit preiswerten Dampferzeugungs-verfahren in Bremen und Cloppenburg
Dr. Rolfs

Fachbeitrag Nr. 34:
Einsatz von Ammoniak-Strippverfahren zur Behandlung von Abwasser der Fleischmehlindustrie - Praxisbeispiele
Dr. Temper, Dipl.-Ing. Carozzi

Fachbeitrag Nr. 35:
Betriebserfahrungen mit Verfahren zur Ammoniumentfernung aus Abwässern und Abluft
Dr.-Ing. habil. Mackowiak

Fachbeitrag Nr. 36:
Die Beteiligung von Dritten an der Abwasserreinigung
Dipl.-Ing. Opitzer

Fachbeitrag Nr. 37:
Strippverfahren zur Ammonium/Ammoniakelimination aus Abwasser - Ausgeführte Anlagen
Dr.-Ing. Kollbach, Dipl.-Ing. Grömping, Dipl.-Ing. Multhaupt

Fachbeitrag Nr. 38:
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei der Behandlung von Zentratwaser
Dr.-Ing. Schmitter

Fachbeitrag Nr. 39:
Betreibungsmodell in der Abwassertechnik und speziell zur Prozeßwasser-behandlung oder „Prozeßwasserbehandlung im Lohnverfahren“
Dipl.-Ing. Frye

Fachbeitrag Nr. 40:
Möglichkeiten der biologischen und physikalischen Stickstoffelimination
Dr. Frenzel, Dipl.-Ing. Friedrich

Fachbeitrag Nr. 41:
Kombinationsverfahren Ammoniakstrippung-Katalytische Ammoniakoxidation
Dr.-Ing. Korherr, Dipl.-Ing. Prantner

Fachbeitrag Nr. 42:
Vorteile von Stoffaustauschmaschinen im Gleichstromprinzip
Herr Horwarth

Fachbeitrag Nr. 43:
Zentratwasserreinigung durch Strippung und katalytische Oxidation unter Einsatz einer neuartigen Strippeinrichtung AMMOX-Verfahren
Dipl.-Ing. Burkant, Dipl.-Ing. Müller

Fachbeitrag Nr. 44:
Sauer/alkalische Brüdenwäsche - ein Verfahren zur Gewinnung von Ammoniumsalzen und Kohlenstoffquellen für die Denitrifikation aus Prozeßwasser und flüssigen Abfällen
Dipl.-Ing. Eisner

VIII. Reinsauerstoffeinsatz auf Kläranlagen

Fachbeitrag Nr. 45:
Reinsauerstoffbegasung auf Kläranlagen - Grundlagen und Betriebserfahrun-gen zum Biox®- N - Verfahren
Dipl.-Ing. Schaaf, Dipl.-Ing. Müller

Fachbeitrag Nr. 46:
Einsatz von Reinsauerstoff bei der biologischen Behandlung von hoch mit Ammonium belasteten Abwässern
Dipl.-Ing. Herzog, Dipl.-Ing. Distler

IX. Klärschlammtrocknung und Energiekonzepte

Fachbeitrag Nr. 47:
Klärschlammtrocknung im Niedertemperaturbereich mit und ohne Rückbelastung
Dr.-Ing. Ehresmann, Dipl.-Ing. Woldert

Fachbeitrag Nr. 48:
Vergleich unterschiedlicher Klärschlammtrocknungsverfahren
Prof. Dr.-Ing. Thome-Kozmiensky, Dipl.-Ing. Cerajewski

Fachbeitrag Nr. 49:
Stand der Technik bei der Klärschlammtrocknung - Marktübersicht
Dr.-Ing. Kollbach, Dipl.-Ing. Grömping, Dipl.-Ing. Will, Dipl.-Ing. Schauf

Fachbeitrag Nr. 50:
Kläranlage als Standort von Verbundkonzepten zur Klärschlammtrocknung, Zentratwasserbehandlung und Sickerwasserreinigung
Dr.-Ing. Kollbach, Dr.-Ing. Yüce, Dipl.-Ing. Grömping

Fachbeitrag Nr. 51:
Pflanzenöl zur Energiegewinnung in der ARA Schalchen mit dem Ziel einer gesicherten landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung
Ing.(A) Müller

Fachbeitrag Nr. 52:
Kläranlagenerweiterung ohne Beckenausbau - Einsatz von Membrantechnik und Erstellung von Indirekteinleiterkatastern als notwendige, zukünftige Schritte
Dipl.-Ing. Schilling, Dr.-Ing. Kollbach, Dipl.-Ing. Grömping

Fachbeitrag Nr. 1:

Einführung in die Problematik der Stickstoff-Rückbelastung

1. Überblick über den Prozeßwasseranfall in Deutschland
2. Möglichkeiten der Prozeßwasserbewirtschaftung oder - behandlung
3. Ziele der Teilstrombehandlung und Anforderungen der Betreiber
4. Kostenpositionen
5. Einflußgrößen und Aufwand erzeugende Systeme bei der Teilstrombehandlung
6. Ausblick
7. Literatur

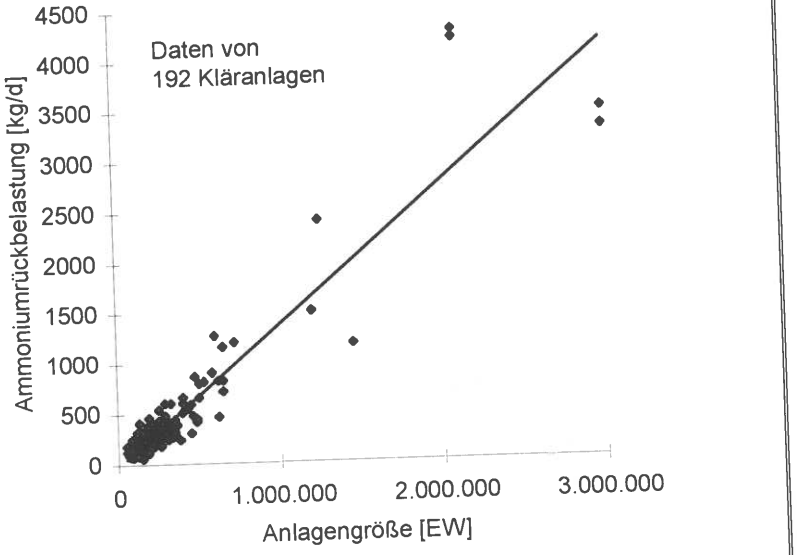
Autoren:
Dr.-Ing. J.-St. Kollbach, Dipl.-Ing. M. Grömping

Anschrift der Autoren:
Enviro Consult GmbH
Kackertstr.4
52072 Aachen

1. Überblick über den Prozeßwasseranfall in Deutschland

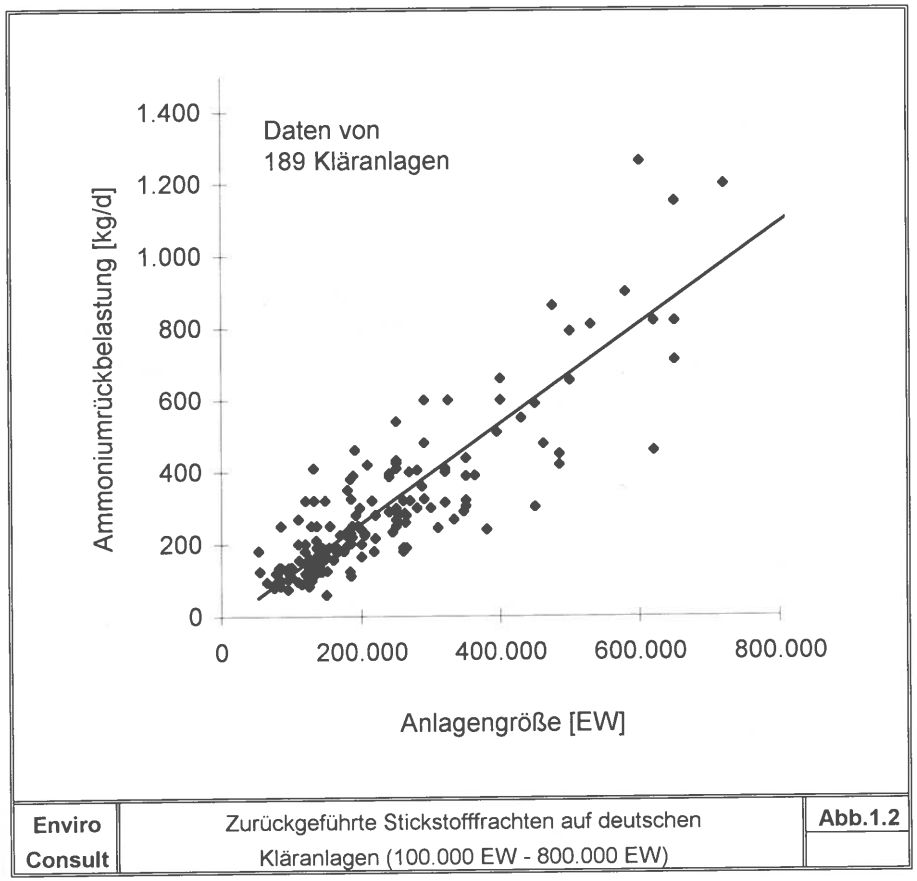
Die Stickstoff-Rückbelastung kommunaler Kläranlagen durch Prozeßwasser aus der Schlammentwässerung ist vor dem Hintergrund der leeren Kassen und der gleichzeitig geforderten weitergehenden Nährstoffelimination immer mehr in das Interesse der Betreiber und Planer kommunaler Kläranlagen gerückt.

In **Abb.1.1** und **Abb.1.2** sind die täglich als Rückbelastung anfallenden Stickstofffrachten von über 190 der 251 in den alten Bundesländern mit anaerober Faulstufe betriebenen Kläranlagen aufgetragen, die für eine Anschlußgröße mit mehr als 100.000 EW ausgebaut sind.



Enviro Consult	Zurückgeführte Stickstofffrachten auf deutschen Kläranlagen (100.000 EW - 3 Mio. EW)	Abb.1.1

Um den Bereich der Kläranlagen in der Ausbaugröße von 100.000 EW bis 300.000 EW übersichtlicher zu gestalten, ist in **Abb.1.2** der Ausschnitt für die kleineren Ausbaugrößen noch einmal separat dargestellt.



Enviro Consult	Zurückgeführte Stickstofffrachten auf deutschen Kläranlagen (100.000 EW - 800.000 EW)	Abb.1.2

Es ist deutlich zu erkennen, daß die Frachten trotz der Unterschiedlichkeit der einzelnen Kläranlagen in bezug auf die eingesetzte Verfahrenstechnik und erreichten Ablaufwerte gut mit den angeschlossenen Einwohnerwerten korrelieren. Aus der Ausgleichsgerade läßt sich eine mittlere Rückbelastung von 1,4 bis 1,5 g/(EW·d) bestimmen, die sehr gut mit den in der Literatur und in den Fachbeitrag 8, Fachbeitrag 9 und Fachbeitrag 19 genannten Werten übereinstimmt. In diesen Beiträgen sind auch Angaben zu anderen Prozeßwasserinhaltsstoffen ausführlich aufgeführt.

In welcher prozentualen Größenordnung diese Fracht bezogen auf den Kläranlagenzulauf liegt, läßt sich nicht pauschal beantworten. In der Regel kann jedoch von einer Stickstoffrückbelastung von 15 - 25 % bezogen auf den Gesamtstickstoff im

Zulauf zur Kläranlage ausgegangen werden. Betrachtet man jedoch den hauptsächlich im Prozeßwasser enthaltenen Ammonium-Stickstoff, so wird klar, daß als Bezugsgröße nicht der Gesamtstickstoff im Zulauf zur Kläranlage herangezogen werden sollte, sondern die Stickstofffracht, die nach dem Abzug der organischen Stickstofffracht mit dem Primärschlamm der biologischen Stufe zugeführt wird.

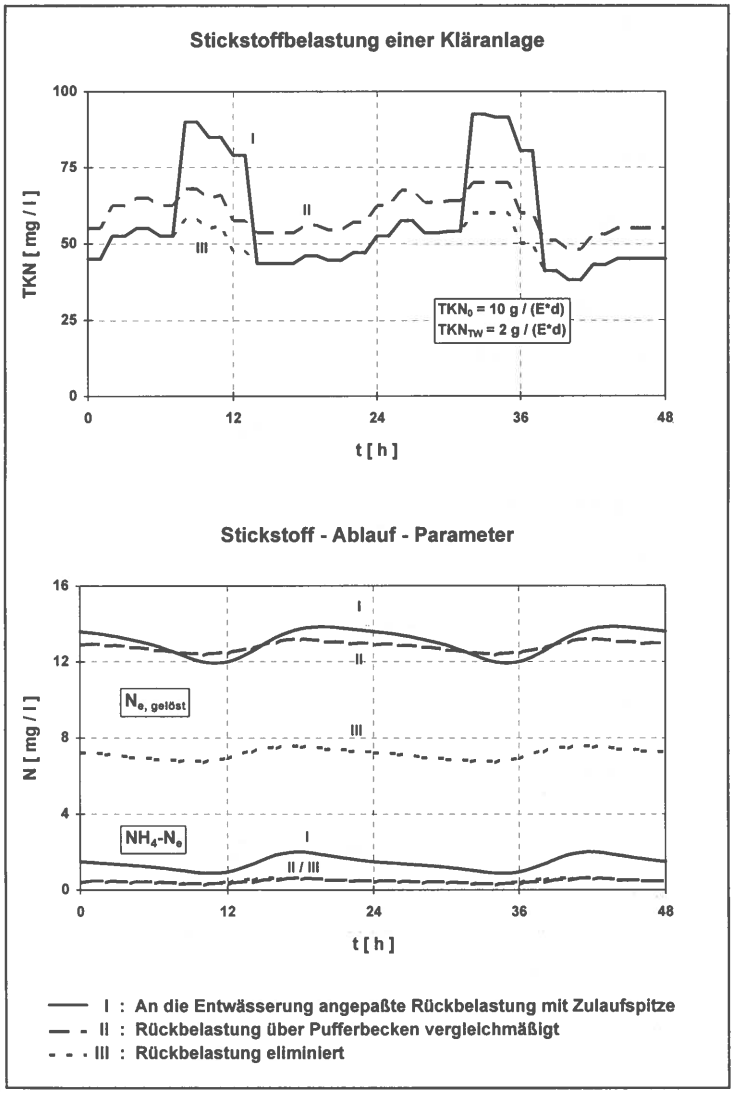
2. Möglichkeiten der Prozeßwasserbewirtschaftung und - behandlung

Neben der durchschnittlichen Fracht sollte bei der Betrachtung der Rückbelastung auch dem zeitlichen Verlauf besondere Beachtung geschenkt werden. Je nach Betriebsweise der Schlammentwässerung ergeben sich für die Kläranlagen stoßartige Belastungsstöße, die in der Regel zeitgleich mit den hohen Stickstoff- und Kohlenstofffrachten im Zulauf in die biologische Reinigungsstufe weitergeleitet werden. Simulationsrechnungen von Kolisch /1/ verdeutlichen, daß diese stoßartigen Belastungen im Zulauf auch in Form von Schwankungen in den Ablaufwerten wiederzuerkennen sind (**Abb.2.1**). Eine Vergleichmäßigung der Rückbelastung durch Zwischenspeicherung bewirkt eine Dämpfung dieser Schwingungen auch im Ablauf. Je nach Zulaufqualität und Verhältnissen der speziellen Kläranlage (Verhältnis C:N, vorhandenes Beckenvolumen) kann die gezielte Bewirtschaftung nach Schmidt /2/ bereits eine deutliche Verbesserung der Ablaufwerte bewirken.

Wie auch an der **Abb.2.1** zu erkennen ist, wird eine wirkliche Entnahme der Stickstofffracht im Teilstrom eine wesentliche Verbesserung der Ablaufwerte zur Folge haben. Grundsätzlich lassen sich unterschiedlichste Verfahren zur gezielten Stickstoffelimination im Teilstrom einsetzen. Theoretisch sind Verfahren wie die Knickpunktchlorung, die Elektrodialyse, das Ionenaustauschverfahren, die Transmembrandestillation oder die Flüssigmembran-Permeation, die alle aus anderen Gebieten der Wasseraufbereitung bekannt sind, zur Stickstoffelimination einsetzbar. Diese Verfahrenstechniken sind jedoch in der Regel nur im Versuchsmaßstab auf ihre Praktikabilität für Prozeßwasser untersucht worden. Großtechnische Erfahrungen oder Ergebnisse aus Pilotversuchen liegen dagegen zu

- biologischen Verfahren
- physikalischen Verfahren
- chemischen Verfahren

zur Stickstoffreduktion vor. In **Abb.2.2** sind die unterschiedlichen Verfahrensvarianten dieser Verfahrenskonzepte zusammengefaßt.



Enviro Consult	Stickstoffbelastung einer Kläranlage und Stickstoff -Ablauf- Parameter /1/	Abb.2.1 13049501