



Merkblätter

Nr. 13

Bemessung kommunaler Kläranlagen

Hinweise für die Bemessung
von Belebungsanlagen mit dem
Programm ARA-BER (Version 4.0)

Luft

Wasser

Boden

Abfall

Technik
Verfahren



Merkblätter

Nr. 13

Bemessung kommunaler Kläranlagen

Hinweise für die Bemessung
von Belebungsanlagen mit dem
Programm ARA-BER (Version 4.0)

Essen 1998

Impressum:

Herausgegeben vom
Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6 • 45133 Essen
Telefon (0201) 7995 - 0 • Telefax (0201) 7995 - 1446/1447

Redaktion: Dipl.-Ing.'in Kerstin Menn

ISSN 0947-5788

Informationsdienste: Umweltdaten aus NRW, Fachinformationen des LUA NRW:
• Internet unter <http://www.lua.nrw.de>
• T-Online unter Landesumweltamt NRW # oder * 40045 #

Bereitschaftsdienst: Nachrichtenbereitschaftszentrale des LUA NRW
(24-Std.-Dienst): Telefon (0201) 71 44 88

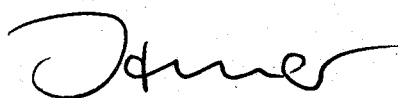
Vorwort

Das „statische“ Kläranlagen-Bemessungsprogramm ARA-BER ist zwar „in die Jahre gekommen“, hat jedoch nichts an Aktualität verloren. Auch die Berechnungen mit „dynamischen“ Modellen können nicht als Ersatz für die „statische“ Berechnung, sondern nur als Ergänzung hierzu gesehen werden, da sie lediglich das Ziel haben, bestimmte „statisch“ nicht darstellbare Betriebszustände bei der Bemessung zu berücksichtigen.

Aus diesem Grunde wurde das Bemessungsprogramm ARA-BER auf den neuesten Stand gebracht: Die PC-Benutzeroberfläche wurde auf Windows umgestellt und damit noch bedienungsfreundlicher gestaltet. Die Bemessung von Anlagen mit vermehrter biologischer P-Elimination, von Anlagen mit Kaskadendenitrifikation und SBR-Anlagen wurden in das Programm aufgenommen.

Die begleitende Arbeitsgruppe unter Leitung des LUA legt hiermit die Neufassung der „Hinweise für die Bemessung von Belebungsanlagen mit dem Programm ARA-BER (Version 4.0)“ vor. Diese Fassung berücksichtigt die vorgenommenen Programmänderungen und die Änderungen aufgrund neuer technischer Erkenntnisse und rechtlicher Grundlagen. Auf vielfachen Wunsch wurde ein Bemessungsbeispiel in die Hinweise aufgenommen.

Mein Dank gilt allen an der Aktualisierung von ARA-BER Beteiligten. Ich hoffe, daß das Programm eine weite Verbreitung findet.



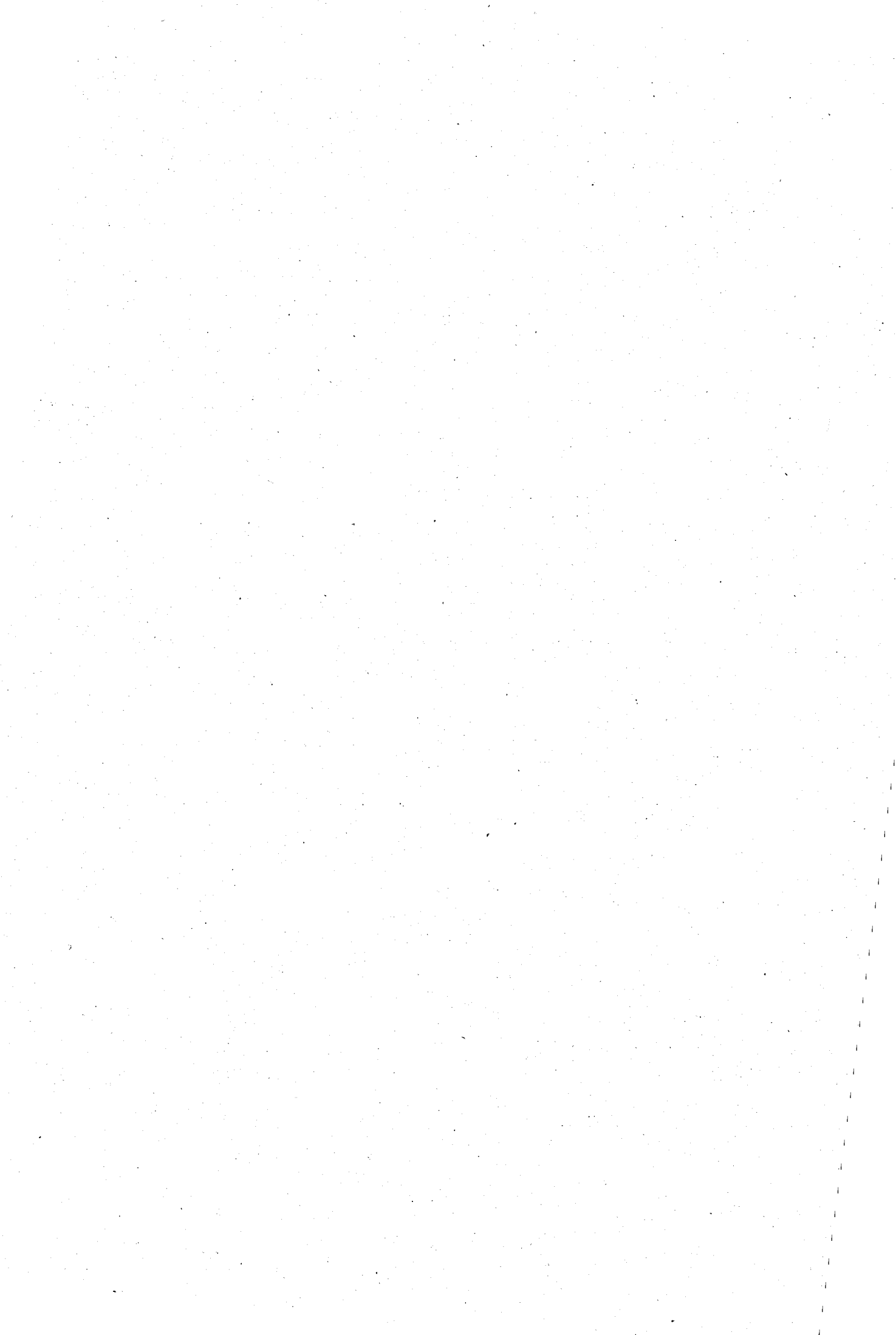
Dr. Ing. Harald Irmer

Präsident des

Landesumweltamtes NRW

Essen, im August 1998

Inhalt	Seite
Vorwort	3
1. Vorbemerkungen	7
2. Eingangsdaten und Kontrolldaten für das Bemessungsprogramm ARA-BER	10
2.1 Kläranlagenzulaufwerte	10
2.2 Wirkungsgrade der Vorreinigung bei Trockenwetter	11
2.3 Eingabeparameter, Plausibilitätsgrößen mit Warngrenzen	13
2.4 Ablaufwerte	14
2.5 Kinetische und stöchiometrische Parameter	15
3. Bemessungs- Lastfälle	16
3.1 Belastungsannahmen	16
3.2 Lastfälle	18
4. Hinweise zur Berechnung	22
4.1 Eingabeparameter N-DN Stufe	22
4.2 Ablaufwerte	24
Anlage	26



1. Vorbemerkungen

Das Bemessungsprogramm ARA- BER in der vorliegenden Version 4.0 basiert auf dem Algorithmus für die Bemessung von kommunalen Kläranlagen (Belebungsanlagen) mit Nitrifikation und Denitrifikation im Geltungsbereich des Anhangs 1 der Abwasserverordnung -AbwV vom 21.03.1997. Dieser Algorithmus wurde im Zuge des Hochschülerfahrungsaustausches entwickelt (Böhnke et al., Korrespondenz Abwasser (KA) 9/1989, Dohmann et al., KA 8/ 1993, S.1042).

Mit der neuen Version 4.0 können die folgenden Verfahren bzw. Reinigungsstufen der biologischen Abwasserreinigung berechnet werden:

* Einstufige Belebungsanlagen:

Es können Belebungsanlagen mit vorgeschalteter oder simultaner Denitrifikation, mit alternierender und intermittierender Belüftung sowie mit simultaner aerober Schlammstabilisierung bemessen werden.

* Mehrstufige Belebungsanlagen:

Wie in der alten Version kann die Reinigungsleistung einer vorgeschalteten Reinigungsstufe (z.B. A-Stufe) durch die Angabe der Wirkungsgrade der Vorreinigung bei der Bemessung der nachfolgenden biologischen Stufe berücksichtigt werden. Veränderungen in der Abbaubarkeit des Abwassers, die zum Teil diskutiert werden, werden nicht berücksichtigt.

* Nachklärung:

Die Bemessung der Nachklärbecken ist weiterhin nach dem Ansatz des ATV-Arbeitsblattes A 131 möglich.

* Vermehrte biologische Phosphorelimination:

Mit der neuen Version von ARA-BER ist die Bemessung der anaeroben Beckenzone für die vermehrte biologische Phosphorelimination nach Ansätzen von Wentzel, Boll und der ATV-Arbeitsgruppe 2.6.6 möglich. Hierbei werden bisher nur Hauptstromverfahren berücksichtigt. Mit den genannten Bemessungsansätzen ist eine Vorhersage der Bio-P-

Eliminationsleistung nicht möglich. Daher muß weiterhin die Wirkung der biologischen Phosphorelimination durch den Wert i_p (3 bis 8 %) abgeschätzt werden.

* Kaskadendenitrifikation:

Die Bemessung von Kaskadendenitrifikationsanlagen ist mit verschiedenen Zulaufaufteilungen (individuelle Aufteilung) auf bis zu 8 Kaskadenbecken möglich. Hierbei sind in der Praxis nur 2er- bis 4er-Kaskaden sinnvoll. Die Bemessung erfolgt unter Berücksichtigung der TS-Erhöhung in den ersten Kaskadenbecken. Obwohl schon erhöhte Wachstumsraten in solchen Anlagen beobachtet wurden, werden diese nicht berücksichtigt. Eine vermehrte biologische Phosphorelimination ist auch in Verbindung mit einer Kaskadendenitrifikation gut möglich, kann aber mit ARA-BER 4.0 nicht berechnet werden.

* SBR-Anlagen:

Anlagen nach dem SBR (Sequencing batch reactor) Verfahren können mit ARA-BER wie eine intermittierend belüftete Anlage bemessen werden. Hierbei werden nur die Reaktionsvolumina berechnet, die Absetzvorgänge bleiben unberücksichtigt. In diesem Zusammenhang sollte das entsprechende Merkblatt der ATV beachtet werden.

Das Bemessungsprogramm ARA-BER beruht auf einem „statischen“ Modellansatz zur Beschreibung der physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge in Belebungsanlagen. Es ermöglicht auf der Basis der BSB₅- und der N- Fracht im Zulauf eine hinreichend genaue Bemessung der erforderlichen Beckenvolumina der Belebungs- und Nachklärbecken. Die Anwendung des Programms setzt die Kenntnis wesentlicher Bemessungsparameter bzw. Eingangsdaten voraus. Diese Eingangsdaten sollen möglichst exakt die örtliche Situation widerspiegeln. Nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Gründen wird deshalb ausdrücklich empfohlen, die Eingangsdaten auf der Basis zeitnaher Abwasser- und Prozeßwasseranalysen der zu dimensionierenden Kläranlage zu ermitteln. Die im folgenden gemachten Angaben zu den Eingangsdaten und den Hinweisen zur Bemessung sollen eine Kontrolle der aufgrund dieser Analysen festzulegenden Parameter ermöglichen- sie sollen die wichtigen Untersuchungen und Analysen nicht ersetzen.

Die nachfolgend dargestellten Eingangs- und Kontrolldaten sowie Hinweise zur Berechnung wurden von einer Arbeitsgruppe erstellt, der folgende Mitglieder angehörten:

Dipl.- Ing. Bürgel, StUA Düsseldorf

Dr.- Ing. Buysch, Landesumweltamt NRW (Obmann)

Dipl.- Ing. Freund, Lippe Gesellschaft für Wassertechnik mbH

Dipl.- Ing. Jakob, StUA Aachen

Dipl.- Ing. Kuhlmann, Bergisch- Rheinischer- Wasserverband

Dr.- Ing. Londong, Wupperverband

Dipl.- Ing. Menn, Landesumweltamt NRW

Dipl.- Ing. Seyfried, RWTH Aachen

Dr.- Ing. Stein, Lippeverband

2. Eingangsdaten und Kontrolldaten für das Bemessungsprogramm ARA-BER

2.1 Kläranlagenzulaufwerte:

Q_f (Fremdwasserzufluß)	[m ³ /d]
Q_d (Tageszufluß = $Q_s + Q_f$)	[m ³ /d]
Q_t (Trockenwetterzufluß)	[m ³ /h]
Q_m (Mischwasserzufluß)	[m ³ /h]
BSB ₅ -Fracht	[kg/d]
N _{org} -Fracht	[kg/d]
NH ₄ -N-Fracht	[kg/d]
NO ₃ -N-Fracht	[kg/d]
P _{ges} -Fracht	[kg/d]
TS ₀ -Fracht	[kg/d]
KS _{4,3} (Säurekapazität)	[mmol/l]

Die folgende Darstellung ist eine hard copy aus dem Bemessungsprogramm ARA-BER. Dargestellt wird die Belastung im Zulauf einer Kläranlage.

C:\ARAWIN\DATA\TEST\NONAME03.ANW - [Zulaufeingabe]

File Eingabe Berechnen Ausgabe Simulation Fenster Hilfe

Die Eingabewerte sind der:

Zulauf zur Kläranlage Zulauf zur Belebungsstufe

Name der Anlage	Kohlenberge		
Bezeichnung des Lastfalles	Beispiel		
	Frachten	Konzentrationen	Einwohner
<input checked="" type="radio"/> Einwohnerwert (BSB5)			110000
<input type="radio"/> BSB5 im Zulauf	6600	400	60,0
TS im Zulauf	7700	467	70,0
NH ₄ -N im Zulauf	770	46,7	7,0
N org. im Zulauf	440	26,7	4,0
NO ₃ -N im Zulauf	0	0,0	0,0
P ges. im Zulauf	165	10,0	1,5
Schwankungsfaktor	1,75		
Säurekapazität SKo im Zulauf		8,5	

Anwendungsgrenzen zwischen 1,5 und 2,3; üblicherweise zwischen 1,7 und 2,0 (siehe Handbuch)

OK
Reset
Abbruch
Vor
Zurück
Hilfe

Kontrolle (Erfahrungswerte):

Q_d/Q_t	[h/d]	12 - 20
Schmutzwasseranfall	[l/(E·d)]	100 - 150
Fremdwasseranfall von Q_s	[%]	50 - 100
Q_m/Q_t	[-]	1,5 - 2
BSB ₅ - Anfall	[g/(E·d)]	50 - 60 ^{*)}
TKN - Anfall,	[g/(E·d)]	11 - 12
davon NH ₄ -N-Anteil	[%]	50 - 80
NO ₃ -N-Anfall	[g/(E·d)]	0
P _{ges} -Anfall	[g/(E·d)]	1,5 - 2,0
TS _O -Anfall	[g/(E·d)]	70

*) 60 g BSB₅/E·d ist der Rechenwert gemäß Anhang 1 der Abwasserverordnung- AbwV

2.2 Wirkungsgrade der Vorreinigung bei Trockenwetter:

Die Kläranlagenzulaufwerte (siehe Kapitel 2.1) stellen Rohabwasserdaten dar, die gleichzeitig, wenn für die Vorreinigung keine Wirkungsgrade angesetzt werden, den Zulaufdaten für die Biologie entsprechen. Hingegen ist bei Substratzugaben, z.B. von Methanol, oder bei sonstigen Rückbelastungen, z.B. aus der Schlammbehandlung oder aus der Vorversäuerung, zu beachten, daß in diesen Fällen der Ablauf der Vorklärung, in Abhängigkeit der Dosierstelle, nicht identisch mit dem Zulauf zur Belebung sein muß.

Im Bemessungsprogramm ARA- BER wird zwischen drei möglichen Arten der Vorreinigung mit jeweils entsprechend anzugebenden Wirkungsgraden unterschieden:

1. Vorklärung
2. Vorfällung
3. biologische Vorreinigung

Die in den folgenden Unterpunkten a.), b.) und c.) für die entsprechende Art der Vorreinigung angeführten Wirkungsgrade stellen jeweils den Gesamtwirkungsgrad zwischen Zulauf Rohabwasser und Zulauf Biologie dar. Dies bedeutet, daß z.B. bei Vorfällung die Vorklärwirkung mit eingeschlossen ist. In die entsprechende Maske im Bemessungsprogramm wird der Gesamtwirkungsgrad eingegeben.

a) Vorklärung

Hinweise:

- Der Wirkungsgrad der Vorklärung ist nicht allein von der Durchflußzeit abhängig, sondern auch von den örtlichen Verhältnissen des Kanalnetzes. So können z.B. bei flachen Kanalnetzen Ablagerungen, Speichervorgänge etc. auftreten, die bei Regenwetter zu einer Änderung des Wirkungsgrades der Vorklärung führen. Die in der folgenden Tabelle vorgeschlagenen Wirkungsgrade sollten allerdings nur in begründeten Einzelfällen geändert werden.
- Bei Vorklärbecken mit kurzer Durchflußzeit hat die konstruktive Gestaltung erhebliche Auswirkungen auf den anzusetzenden Wirkungsgrad. Es werden daher dort, wo es örtlich möglich ist, großtechnische Versuche zur Ermittlung des Wirkungsgrades empfohlen.

Falls Zulaufwerte zur Belebung vorhanden sind, sollten diese direkt angesetzt werden. Ansonsten sind zumindest Absetzversuche mit dem IMHOFF- Trichter durchzuführen. Nach neuesten, noch unveröffentlichten Kenntnissen, scheint sich zu bestätigen, daß diese Versuche bei einer Standzeit > 1h vergleichbare Werte zum großtechnischen Einsatz liefern. Bei Standzeiten < 1h sind die anzusetzenden Wirkungsgrade gegenüber den Versuchswirkungsgraden aufgrund von Strömungseinflüssen zu mindern.

Falls weder Zulaufwerte noch Versuchsergebnisse vorliegen, kann die folgende Tabelle benutzt werden.

	Wirkungsgrad [%]		
	bei Durchflußzeit, bezogen auf Q_t		
	t = 0,5 h	t = 1,0 h	t = 2,0 h
BSB ₅	20	25	30
N _{org} *)	20	25	30
P _{ges}	10	15	25
TS ₀	40	50	60

*) Elimination ausschließlich durch Sedimentation, nicht Ammonifikation
(andere Stickstoffkomponenten wie NH₄-N und NO₃-N werden nicht sedimentiert)

b) Vorfällung mit Metallsalzen, Durchflußzeit $t \geq 1,0$ h

Zur besseren Bestimmung des Wirkungsgrades sollten Versuche durchgeführt werden. Ansonsten kann die folgende Tabelle benutzt werden. Die angegebenen Wirkungsgrade beinhalten die Vorklärwirkung.

	Wirkungsgrad [%]
BSB ₅	40 - 70
N _{org}	25 - 40
P _{ges}	50 - 90
Ts ₀	60 - 80

c) Biologische Vorbehandlung

Es werden keine Wirkungsgrade vorgegeben, da die Verfahren zur biologischen Vorbehandlung, z.B. Vorversäuerung oder Adsorptionsstufe, zu unterschiedliche Reinigungsleistungen erbringen. Der letztendlich angesetzte Wirkungsgrad beinhaltet ebenso, wie schon unter b.) angeführt, die Vorklärwirkung.

2.3 Eingabeparameter, Plausibilitätsgrößen mit Warngrenzen

a) Zulauf zur N-DN-Stufe

	Min.	Standard	Max.
Bemessungstemperatur [°C]	8	10	20
TS-Gehalt [kg/m ³]	2	3,5	5
Säurekapazität [mmol/l]	5	8	-
Schwankungsfaktor	1,5	1,7 - 2,0 ¹⁾	2,3
BSB ₅ /N	3,5	5	-
r _x (Anteil N zurück in BB)	0	0,5	1,0

1) je nach Kläranlagengröße u. Struktur des Einzugsgebietes, d.h.

S = 2,0 für KA ≤ 20 000 EW und S = 1,7 für KA > 100 000 EW

b) Nachklärbecken

	Min.	Standard	Max.
Schlammindex ISV [ml/g]	75	100	180
Rücklaufverhältnis RV bei Q_m	-	0,75	-
Eindickzeit t_E [h]	1,5	2,0	2,5 ^{II)}
Schlammvolumenbeschickung q_{SV} [$l/m^2 \cdot h$]	-	450/600 ^{I)}	450/600 ^{I)}
TS_{RS}/TS_{BS}	-	0,7	0,7 ^{III)}

I) je nach Bauart des Nachklärbeckens

II) bei weitestgehender Denitrifikation (s. KA 2/93 S. 224ff.)

III) Bei Abweichung von dem Standardwert 0,7 sollten, wegen des großen Einflusses von TS_{RS}/TS_{BS} auf die Beckengröße, strömungstechnische Untersuchungen gemacht werden.

2.4 Ablaufwerte

Basis für die Überwachungswerte sind der Anhang 1 der Abwasserverordnung vom 21.03.1997. Die Berechnungswerte in der Tagesspitze bzw. im Tagesmittel werden im Kapitel 4.2 beispielhaft abgeschätzt.

Nachfolgende Tabelle gilt für den Lastfall 1, unter Voraussetzung 2 (85 Perzentilwert), (siehe Kapitel 3).

	Überwachungswert	Berechnungswert in der Tagesspitze	Berechnungswert im Tagesmittel
N_{anorg} mg/l	18 ^{I)}	18	12
NH_4-N mg/l	5 - 10 ^{II)}	5 - 10	1 - 2
NO_3-N mg/l	-	-	10

I) ÜW Anhang 1

II) ÜW Anhang 1, 10 mg/l

2.5 Kinetische und stöchiometrische Parameter

Die im folgenden angeführten kinetischen und stöchiometrischen Parameter sind mit dem Algorithmus der Hochschularbeitsgruppe (HSG- Ansatz) unmittelbar gekoppelt. Änderungen sollten daher generell unterbleiben.

(Diese Werte sind nicht mit gleichnamigen Parametern bei der dynamischen Simulation, z.B. aus dem IAWQ- Modell Nr.1, zu verwechseln!)

$\mu_{\max, A}$	- Max. Wachstumsgeschw. der Nitrifikanten	[1/d]	0,52
K_N	- Halbwertskonzentration für μ_{\max}	[mgN/l]	0,7
b_A	- Sterberate der autotrophen Bakterien	[1/d]	0,05
b_H	- Sterberate der heterotrophen Bakterien	[1/d]	0,17
$f_{T,A}$	- Temperaturfaktor für μ_A	-	1,103
$f_{T,bA}$	- Temperaturfaktor für b_A	-	1,09
$f_{T,bH}$	- Temperaturfaktor für b_H	-	1,073
Y_A	- Ertragskoeffizient, autotr. Biomasse (X_A)	[kgTS/kgN]	0,15
Y_H	- Ertragskoeffizient, heterotr. Biomasse (X_H)	[kgTS/kgBSB ₅]	0,75
f_D	- Reduktion der Atmung im anoxischen Becken	-	0,75
f_P	- Anteil der nicht abbaub. TS _O	-	0,6
i_B	- Anteil N in der aktiven Biomasse ($X_A + X_H$)	[kgTS/kgTS]	0,12
i_I	- Anteil N im inerten Material (X_I)	[kgTS/kgTS]	0,01
i_P	- Anteil P in der Aktiven Biomasse ($X_A + X_H$)	[kgTS/kgTS]	0,03
f_I	- inerter Anteil aus dem Zerfall	-	0,2
$f_{OV,S}$	- spez. Substratatemungsrate	-	0,56
$f_{OV,e}$	- spez. endogene Atmungsrate	[kgO ₂ /(kgTS·d)]	0,20
f'	- Sicherheitsfaktor	-	1,25

Mit dem Sicherheitsfaktor f' sollen nicht optimale Betriebszustände der Kläranlage, z.B. ungleichmäßige Sauerstoffverteilung sowie die Einleitung von Hemmstoffen in die Kläranlage, abgedeckt werden.

3. Bemessungs-Lastfälle

3.1 Belastungsannahmen

Da Belastung und Temperaturverlauf sowie Reinigungsanforderungen und Verfahrenstechnik bei den meisten Kläranlagen über das Jahr unterschiedlich sind, ist die Bemessung darauf abzustimmen. Das Jahr sollte daher in geeignete Abschnitte unterteilt werden, in denen Belastung, Temperatur und Verfahrenstechnik als konstant gelten können. Die in diesen Betrachtungszeiträumen und für die jeweiligen Lastfälle (siehe 3.2) relevanten Belastungen, Temperaturen und Verfahrensbedingungen sind gesondert zu ermitteln oder abzuschätzen.

Grundsätzlich ist zwischen drei möglichen Voraussetzungen, die bei der Ermittlung der maßgebenden Belastungen zu berücksichtigen sind, zu unterscheiden:

Voraussetzung 1:

Es liegen umfangreiche Meßdaten vor.

(mehrjährige Temperaturjahresganglinien und eine aktuelle Jahresganglinie der üblichen Bemessungsparameter).

Erläuterung:

Bei Vorliegen von umfangreichen Meßdaten ist eine sichere und wirtschaftliche Bemessung möglich, da die tatsächlich auftretenden Belastungen bei der Auswahl der Lastfälle berücksichtigt werden können:

Aus den mehrjährigen Temperaturganglinien werden zunächst die Betrachtungszeiträume grob festgelegt und die Jahresganglinien für Q_s , Q_f , BSB (CSB), BSB/ N, TKN, NO_3 - N, P, AFS aufgestellt. Die Jahresganglinien werden in geeignete Zeiträume unterteilt, deren Länge sich an dem vorgesehenen Schlammalter der Kläranlage orientieren soll. Im allgemeinen wird ein 2- Wochen- Rhythmus wegen des üblichen Schlammalters von rund 2 Wochen gewählt. Über die gewählten Zeiträume werden die Belastungen gemittelt, den jeweiligen kritischen Temperaturen zugeordnet und die maßgebenden Belastungen festgestellt.

Voraussetzung 2:

Es liegen keine durchgängigen Jahresganglinien vor, sondern nur übers Jahr verteilte Einzelmessungen.

Erläuterung:

In diesem Fall wird durch Auswertung der Meßergebnisse der 85- Perzentilwert als der maßgebende Belastungszustand errechnet. Dies gilt bei kommunalem Abwasser ohne saisonbedingte Einflüsse (z.B. Fremdenverkehr). Zur Plausibilitätsprüfung von Messungen können die einwohnerbezogenen Frachten gemäß ATV- Arbeitsblatt A 131, Tabelle 1, herangezogen werden.

Voraussetzung 3:

Es liegen keine Meßwerte vor.

Erläuterung:

Unter dieser Voraussetzung ergibt sich nur ein synthetischer Belastungszustand auf der Basis der einwohnerbezogenen Frachten gemäß ATV- Arbeitsblatt A 131, Tabelle 1.

Für alle drei Voraussetzungen gilt:

Die künftigen Belastungssteigerungen (-senkungen) für den Prognosezeitraum (üblicherweise 10- 20 Jahre, ggf. mehrere Prognosehorizonte) sind zu den IST- Belastungen hinzu zu addieren. Gegebenfalls ist dies für jeden Betrachtungszeitraum getrennt durchzuführen. Regenwetterdaten verbleiben im Datenkollektiv. Zuschläge für Regenwetter erfolgen nicht. Sind besondere Schwankungen im Zulauf feststellbar, ist eine gesonderte Betrachtung, z.B. mit Hilfe der dynamischen Simulation, erforderlich.

Liegen keine durchgängigen Messungen vor, sind die Belastungsgrößen durch Intensivmeßprogramme (mindestens 2 Wochen, überwiegend Trockenwettertage) unter Berücksichtigung saisonal und industriell bedingter Einflüsse abzusichern. Die Daten aus den Intensivmeßprogrammen dienen dazu, die Daten aus der Selbstüberwachung und aus den statistischen Erhebungen des Einzugsgebietes zu ergänzen. Oft findet man maximale BSB₅- Belastungen bei gleichzeitig geringer Temperatur im Februar. Hohe N- Frachten bei gleichzeitig geringen BSB₅- Frachten treten bei BSB₅- Vorabbau im Netz auf.

3.2 Lastfälle

In der Regel sind die im folgenden erläuterten Lastfälle 1, 2a, 2b unter Berücksichtigung der oben erläuterten drei Voraussetzungen, für jede Erhebung/ jeden Zeitraum nachzuweisen. Die Temperaturen werden bei allen Lastfällen über den Betrachtungszeitraum (Schlammalter) gemittelt. Die so ermittelte, niedrigste und kritischste Temperatur eines jeden Betrachtungszeitraumes ist anschließend dem ungünstigsten Jahr zu entnehmen.

Für die Volumenbemessung ist der ungünstigste der drei Lastfälle maßgebend (siehe auch Beispiel im Anhang).

	Voraussetzung 1 (umfangreiche Meßdaten)	Voraussetzungen 2 und 3 (übers Jahr verteilte Einzelmeßwerte bzw. keine Meßwerte)
Lastfall 1 (*) Überwachungs- temperatur $T \geq 12 \text{ }^\circ\text{C}$; Nachweis der Nitrifikation und Denitrifikation für Temperaturen größer gleich der Überwachungs- temperatur	Bei dieser Lastfall- Betrachtung ist im Regel- fall die Bemessungstemperatur gleich der Überwachungstemperatur. Ist eine Stickstoffelimination für Temperatu- ren von $12 \text{ }^\circ\text{C}$ und darüber gefordert, sind die im Jahresverlauf auftretenden 2- Wochen- Belastungen (max. 26) für die einzelnen Betrachtungszeiträume durchzurechnen. Für diese Betrachtungszeiträume sind die jeweils niedrigst zugeordneten Temperaturen bei der Bemessung anzusetzen. Zeiträume mit vergleichbarer Belastung können zu- sammengefaßt werden. Bei Zeiträumen mit Temperaturen unter $12 \text{ }^\circ\text{C}$ ist zunächst zu prüfen, ob erfahrungsgemäß in diesen Zeiträumen höhere Temperaturen auftreten können. Wenn dies der Fall ist, sind $12 \text{ }^\circ\text{C}$ anzusetzen. Ansonsten ist der Belastungszeitraum zu streichen.	Die BSB ₅ -Zulauffracht, die N-Fracht und Q sind mit dem 85-Percentilwert bzw. nach Tabelle 1, ATV- Arbeitsblatt A 131, bei einer Bemessungstemperatur von $10 \text{ }^\circ\text{C}$ anzusetzen.

(*) bei anderen Überwachungstemperaturen als $12 \text{ }^\circ\text{C}$ sind die unter Voraussetzung 1- 3 angegebenen Temperaturen entsprechend anzupassen

	Voraussetzung 1 (umfangreiche Meßdaten)	Voraussetzungen 2 und 3 (übers Jahr verteilte Einzelmeßwerte bzw. keine Meßwerte)
Lastfall 2a (*) Überwachungstemperatur $T \geq 12 \text{ °C}$; Nachweis der Nitrifikation bei niedrigeren Temperaturen als der Überwachungstemperatur	<p>Das aus Lastfall 1 ermittelte, maximale Nitrifikationsvolumen ist zunächst auch für den Lastfall 2 maßgebend. Aufgrund der Sicherheiten des Bemessungsansatzes kann davon ausgegangen werden, daß bei einer Bemessung auf 12°C nach Lastfall 1 kein Ausschwemmen der Nitrifikanten bis 8°C bei ordnungsgemäßem Betrieb zu erwarten ist.</p> <p>Treten über einen Zeitraum von mehr als einem Schlammalter tiefere Temperaturen als 8°C auf und ist ein Wiederanstieg von 8°C auf 12°C in einem geringeren Zeitraum als innerhalb eines zweifachen Schlammalters zu erwarten, so ist die Bemessungstemperatur zu verringern.</p>	<p>Um eine vollständige Nitrifikation bei 12 °C sicherzustellen, ist die Nitrifikation gemäß ATV- Arbeitsblatt A 131 auf 10 °C zu bemessen. Treten über einen Zeitraum von mehr als einem Schlammalter tiefere Temperaturen als 8°C auf und ist ein Wiederanstieg von 8°C auf 12°C in einem geringeren Zeitraum als innerhalb eines zweifachen Schlammalters zu erwarten, so ist die Bemessungstemperatur zu verringern.</p>
Lastfall 2b Überwachungstemperatur $T < 12 \text{ °C}$; Erhöhte Anforderungen bezüglich der Temperatur für die Nitrifikation	<p>Die Bemessungstemperatur ist gleich der Überwachungstemperatur. Durch Reserven im Bemessungsansatz für das Bakterienwachstum bei Temperaturen $\leq 8 \text{ °C}$ werden Hystereseffekte berücksichtigt.</p>	

(*) bei anderen Überwachungstemperaturen als 12°C sind die unter Voraussetzung 1- 3 angegebenen Temperaturen entsprechend anzupassen

Für den Nachweis der Belüftung ist ein gesonderter Lastfall (Lastfall 3) zu betrachten, da der maximale Luftbedarf getrennt von der Volumenbemessung zu ermitteln ist. Hierbei wird wie folgt verfahren:

Das zuvor berechnete, erforderliche Nitrifikationsvolumen wird durch die Wahl des Menü- Punktes „Volumenvorgabe“ fixiert. Anschließend kann der max. Luftbedarf ermittelt werden. Eine Berechnung des minimalen Luftbedarfs ist mit ARA- BER nicht möglich.

Die in Lastfall 3 zu berücksichtigenden maximalen Temperaturen sollten auf 20°C begrenzt werden, da dadurch erfahrungsgemäß eine ausreichende Sauerstoffversorgung bei höheren Temperaturen sichergestellt ist.

	Voraussetzung 1 (umfangreiche Meßdaten)	Voraussetzungen 2 und 3 (übers Jahr verteilte Einzelmeßwerte bzw. keine Meßwerte)
Lastfall 3 Nachweis der Belüftung	Den gewählten Belastungszeiträumen sind die maximalen Temperaturen zuzuordnen. Für jeden dieser Zeiträume ist unter Berücksichtigung der Stoßfaktoren der maximale Luftbedarf zu ermitteln.	Die Berechnung wird mit den unter Lastfall 1, 2a, 2b angesetzten Frachten, analog ATV- Arbeitsblatt A 131, durchgeführt. Ein möglicher Sauerstoffgewinn aus vorhandenen Denitrifikationszonen ist bei jeder Temperatur zu berücksichtigen.

Abhängig von der konstruktiven Gestaltung, der maschinentechnischen Auslastung und der Anzahl der Straßen einer Kläranlage können sich bei erforderlich werdenden Revisionsarbeiten zusätzlich zu berücksichtigende Lastfälle ergeben. Diese können nur dann mit einem statischen Bemessungsprogramm berücksichtigt werden, wenn sie sich über einen Zeitraum von mehr als einem Schlammalter erstrecken. Darüber hinaus sind bei Besonderheiten, wie z.B. Saisonbetrieb, untypische Abwasserzusammensetzung, Teilauslastung, Außerbetriebnahme etc. weitergehende Lastfälle zu betrachten.

Folgende Fälle können durch ARA- BER nicht oder nur in engen Grenzen nachgewiesen werden:

- Leistung der Anlage bei Regenereignissen
Durch ARA- BER ist weitgehend nur ein Nachweis für anhaltende Belastungen möglich, wobei in den Sicherheitsfaktoren übliche Regenereignisse und die damit verbundenen Schwankungen berücksichtigt sind. Der Nachweis für einzelne Belastungsspitzen, wie sie sich aus Regenereignissen ergeben können, ist mit ARA- BER nicht möglich.
- Einfluß von Belastungsstößen auf den Ablauf
- Einsparung von Belebungsvolumen durch geeignete Regelstrategien
- Optimierung des Reinigungsprozesses durch alternierende Belüftung, kurzfristige In- oder Außerbetriebnahme einzelner Becken.
- kurzfristige Schwankungen der Abwassertemperatur
- Auswirkung toxischer oder hemmender Stoffe
- Dosierung externer C- Quellen, insbesondere zur Senkung von Nitrat- Spitzen
- Auswirkung einer Trübwasserbewirtschaftung
- minimale Luftmenge/ Belüfterleistung
- Regelbereich der Luftmenge
- Auswirkungen von Zulaufspeichern
- Einflüsse von Feiertagen
- sonstige dynamische Effekte
- einseitige Abwasserzusammensetzung, z.B. durch Industrie

Für den Nachweis dieser Lastfälle ist es sinnvoll, auf dynamische Rechenverfahren (z.B. SIMBA) und Modellversuche zurückzugreifen.

4. Hinweise zur Berechnung
- 4.1 Eingabeparameter N-DN Stufe

Bemessungstemperatur (Anwendbarkeit des Programmes)

Für Abwassertemperaturen unter 8° C ist die Plausibilität der Rechenergebnisse nicht sichergestellt. In dem Temperaturbereich zwischen 5° C und 8° C ist die generelle Gültigkeit des Modellansatzes zur Bemessung der Nitrifikation deshalb statistisch noch nicht abgesichert. Für Abwassertemperaturen unter 5° C liegen bisher noch keine ausreichenden Forschungsergebnisse vor. Die Anwendung des Modellansatzes auf Abwassertemperaturen unter 5° C ist deshalb zur Zeit nicht sinnvoll.

Säurekapazität $K_{S4,3}$

Die Säurekapazität kommunalen Abwassers ist unter anderem von der jeweiligen Trinkwasserhärte abhängig. Sie ist analytisch einfach zu bestimmen und sollte gemessen werden (DIN 38409-H7-1-2). Die Säurekapazität $K_{S4,3}$ bezeichnet die Menge Säure, die einem Liter Abwasser zugegeben werden muß, um einen pH-Wert von 4,3 einzustellen. Bei $K_{S4,3} < 2,0$ mmol/l im Belebungsbecken ist mit erheblichen Störungen der Nitrifikation zu rechnen. Sollte sich bei der Bemessung eine Säurekapazität von $< 2,0$ mmol/l einstellen, sind entsprechende Maßnahmen, wie z.B. Kalkdosierung, zu treffen. Die in diesem Fall auftretende Warnmeldung im Programm hat keine Auswirkung auf den Algorithmus. Gegebenenfalls sind die Eingangsdaten zu korrigieren.

Schwankungsfaktor:

Der Schwankungsfaktor ist ein Sicherheitsfaktor, der das dynamische Verhalten einer Kläranlage in einem stationären Modell berücksichtigen soll und das Volumen der Kläranlage erheblich beeinflusst. Daher sind umfangreiche Messungen zur Berechnung des Schwankungsfaktors wünschenswert. (Er ist nicht zu verwechseln mit Sicherheits-, Stoß- und Schwankungsfaktoren anderer Bemessungsansätze!). Liegen weniger als fünf Messungen von Tagesganglinien vor, wird empfohlen, den maximal gemessenen Wert zu verwenden. Die Grenzbereiche nach Kapitel 2.3 sind zur Plausibilitätsprüfung heranzuziehen und im Regelfall nicht zu verlassen.

Der Schwankungsfaktor wird aus Trockenwetterzuflüssen errechnet und stellt das Verhältnis der zu nitrifizierenden N-2h-Tagesspitzenzulaufkraft zur mittleren zu nitrifizierenden N-2h-Zulaufkraft (errechnet aus der 24h-Zulaufkraft) dar.

Wenn keine Messungen möglich sind, werden die in Kapitel 2.3 unter Punkt a.) angegebenen Minimal-, Maximal- und Standard- Schwankungsfaktoren empfohlen. Sind Meßwerte vorhanden, so berechnet sich der Schwankungsfaktor S aus den 2h- Mischproben der zulaufenden Frachten gemäß dem Hochschulansatz wie folgt:

$$S = \frac{(N_{n,o} - [NH_4 - N]_{e, Sp}) \cdot Q_{Sp}}{(N_{n,m} - [NH_4 - N]_{e, m}) \cdot Q_{24}}$$

mit:

$[NH_4 - N]_e$	NH ₄ -N Konzentration im Belebungsbecken (= NH ₄ -N Konzentration im Ablauf)
$[NH_4-N]_{e,Sp}$	Überwachungswert für die NH ₄ -N Konzentration im Ablauf
N_n	Nitrifizierbare Stickstoffkonzentration im Zulauf zur Belebungsstufe. Diese ist gleich dem TKN im Zulauf zur Belebung (TKN ₀) zuzüglich sonstiger N-Zugaben minus dem Stickstoff der in den Belebtschlamm eingelagert wird (N _{ÜS}) minus dem nicht ammonifizierten gelösten organischen Stickstoff (orgN _e) $N_n = TKN_0 + rx \cdot N_{ÜS} + N_{FK} - orgN_e - N_{ÜS}$ (alle Werte in [mgN/l])
$N_{ÜS}$	Konzentration an dem im Überschussschlamm inkorporierten Stickstoff in [mg/l]
N_{FK}	Stickstoffkonzentration aus den Fäkalien und sonstigen Zugaben berechnet auf die Gesamtwassermenge in [mg/l]
Q_{Sp}	zugehörige Zulaufwassermenge zur N-Ablaufspitze $N_{e,Sp}$ in [m ³ /d bzw. l/ (E·d)]
Q_{24}	mittlere Zulaufwassermenge in [m ³ /d bzw. l/ (E·d)]
Index e	im Ablauf
Index o	im Zulauf
Index m	Mittelwert über einen Tag
Index Sp	Tagesspitzenwert (gemessen in 2h- Mischprobe)

r_x

Mit dem Trübwasser aus der Schlammbehandlung wird der Belebung wieder Stickstoff zugeführt. Die Rückbelastung aus der Schlammbehandlung sollte nach Möglichkeit gemessen werden. Aus dieser Belastung kann der Faktor r_x berechnet werden. Liegen keine Werte vor, kann $r_x = 0,5$ angesetzt werden. Dies gilt unter der Annahme, daß von dem Stickstoff, der im abgezogenen Primär- und Sekundärschlamm gebunden ist, rund 50 % über die Trübwasserrückführung wieder der Belebung zugeführt wird. Alternativ kann die Rückbelastung im Zulauf angesetzt werden, dann ist $r_x = 0$.

β

Für die Phosphorfällung sind die gemäß ATV- Arbeitsblatt A 131 üblichen β - Mol-Verhältnisse anzusetzen. Innerhalb des Programms ARA-BER wird das β - Mol-Verhältnis auf die zu fallende Phosphorfracht umgerechnet.

4.2 Ablaufwerte

Die in der Tabelle unter Kapitel 2.4 angegebenen Werte können, z.B. für eine Überwachungstemperatur von 12° C, wie folgt abgeschätzt werden:

Ausgangswert ist dividiert durch Verhältnis von Spitzen- zu Tagesmit- telwert	N_{anorg}	= 18 mg/l (ÜW-Anh. 1) = 1,5
<hr/>		
verbleibt abzügl. z.B.	$N_{\text{anorg,m}}$ $\text{NH}_4\text{-N}_{\text{,m}}$	= 12 mg/l = 2 mg/l (mittl. Rechenwert)
<hr/>		
verbleibt	$\text{NO}_3\text{-N}_{\text{,m}}$	= 10 mg/l im Mittel

$\text{NH}_4\text{-N}$ - Berechnungs-Spitzenwert:

Modelltechnisch wird von einer 2 h-Mischprobe ausgegangen. Nach derzeitigem Kenntnisstand gilt dieser Wert auch bei der qualifizierten Stichprobe.

NO₃ -N mittlerer Rechenwert:

Als Zielgröße für NO₃ -N muß aufgrund des Bemessungsalgorithmus der 24 h-Tagesmittelwert angesetzt werden.

Weitergehende Anforderungen:

Bemessungs-Spitzenwerte für NH₄-N < 3,0 mg/l und Mittelwerte für NO₃ -N < 5 mg/l erfordern andere Bemessungsverfahren.

Beispiel für die Bemessung nach Voraussetzung 1

Ermittlung der maßgebenden Temperaturen

Für dieses Beispiel werden Betrachtungsabschnitte von zwei Wochen (übliches Schlammalter) gewählt, über die die Temperatur sowie die Zulauffrachten gemittelt werden. Es wird von einer Überwachungstemperatur von 12°C ausgegangen.

Zunächst werden aus den Temperaturjahresganglinien (s. Abbildung 1) Ganglinien der 2-Wochen-Mittelwerte erstellt (s. Abbildung 2).

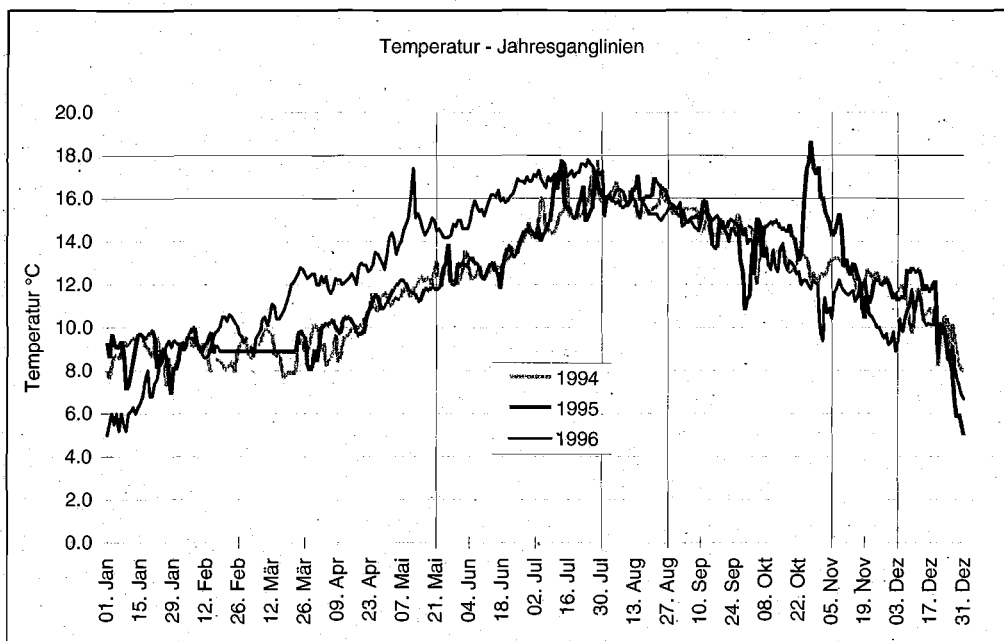


Abbildung 1 Temperatur-Jahresganglinien

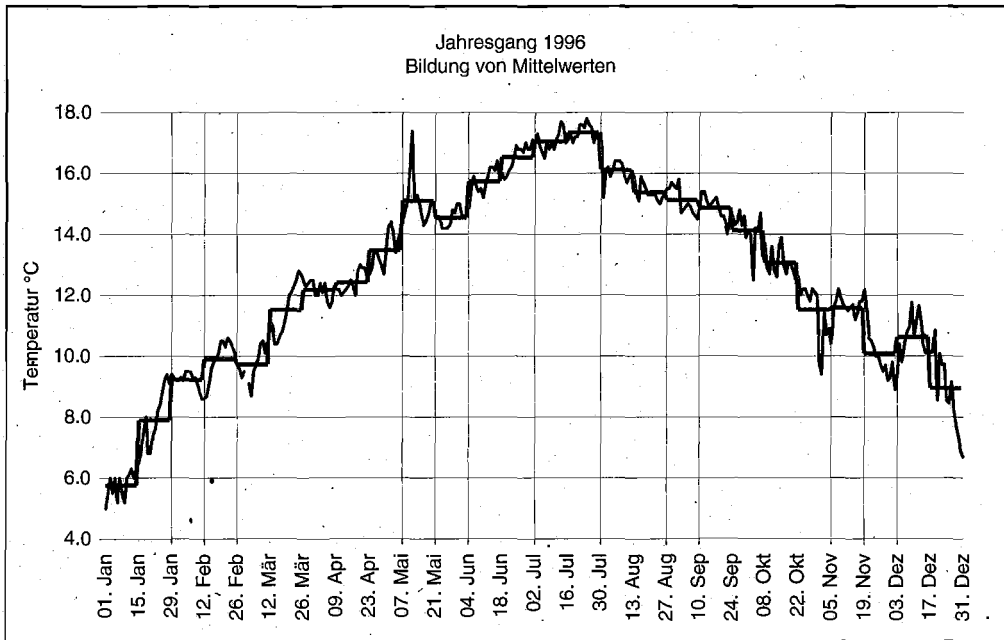


Abbildung 2 Temperatur 2-Wochen-Mittelwerte, Beispiel 1996

Die Ermittlung der Bemessungstemperaturganglinie (s. Abbildung 3) wird nach folgenden Kriterien durchgeführt:

1. Liegen alle Temperaturen eines Betrachtungsabschnitts über 12°C, so ist die Bemessungstemperatur gleich der niedrigsten Temperatur im betrachteten Zeitraum ($T = T_{\min}$).
2. Liegen die Temperaturen eines Betrachtungsabschnitts in einem Jahr unter und in einem anderen Jahr über 12°C, so wird als Bemessungstemperatur 12°C angesetzt ($T = 12\text{ °C}$).
3. Liegen alle Temperaturen eines Betrachtungsabschnitts unter 12°C, so braucht dieser Betrachtungsabschnitt nicht weiter untersucht zu werden.

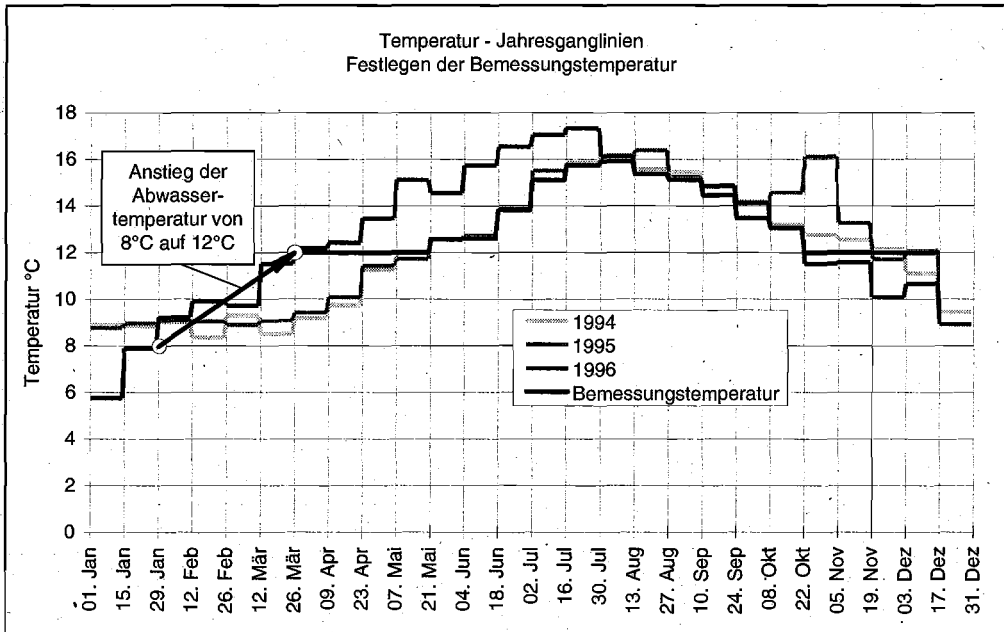


Abbildung 3 Bemessungstemperaturganglinie

Neben der Auswertung der Temperaturganglinien muß überprüft werden, ob bei Erreichen der Überwachungstemperatur im Frühjahr eine stabile Nitrifikation gewährleistet ist. Die Überprüfung sollte wie folgt vorgenommen werden:

1. Liegen alle mittleren Temperaturen der vergangenen Jahre über 8°C, so ist kein gesonderter Nachweis erforderlich.
2. Treten mittlere Temperaturen unter 8°C auf, so ist der entsprechende Zeitraum gesondert zu berücksichtigen. Steigt die Temperatur innerhalb weniger als zwei Schlammalter von 8°C auf 12°C, ist Lastfall 2a maßgebend und es muß für den entsprechenden Betrachtungsabschnitt eine niedrigere Bemessungstemperatur angesetzt werden.

Im angeführten Beispiel vollzieht sich der Anstieg von 8°C auf 12°C innerhalb von 8 Wochen, also in mehr als zwei Schlammalter (Abbildung 3). Dieser Lastfall ist daher nicht maßgebend.

Ermittlung der maßgebenden Frachten

Ebenso wie für die Temperaturganglinien werden aus den mehrjährigen Frachtganglinien Ganglinien mit 2-Wochen-Mittelwerten erstellt (siehe Abbildung 4 für den CSB). Die Auswertung für N, TS, BSB₅ und für P erfolgt analog. Alternativ kann die BSB₅-Ganglinie aus der CSB-Ganglinie über das mittlere CSB/BSB₅-Verhältnis ermittelt werden.

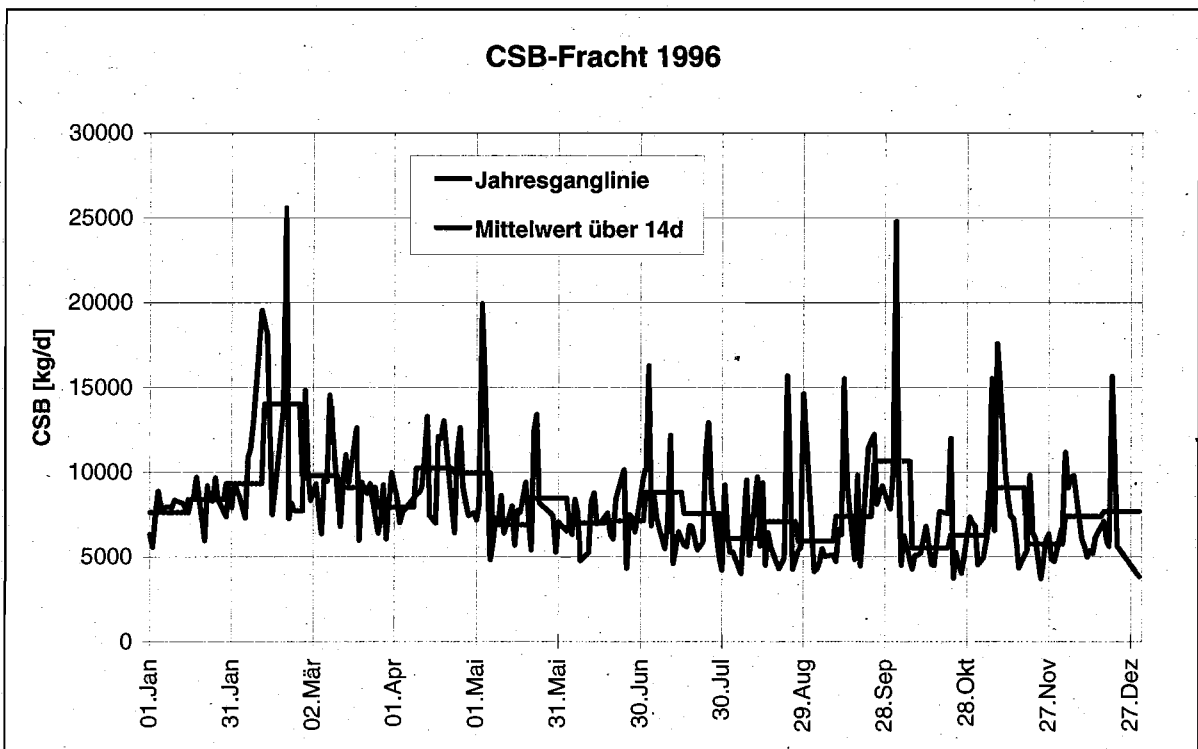


Abbildung 4 CSB-Frachtganglinie und Mittelwerte über 14 Tage für das Jahr 1996

Bemessung

Liegen für alle Abschnitte die Bemessungsfrachten und -temperaturen vor, so wird für jeden einzelnen Abschnitt eine Bemessung durchgeführt. Zeiträume mit Temperaturen unter 12°C werden wie oben beschrieben nicht berücksichtigt.

Im vorgestellten Beispiel sind somit 19 Berechnungen erforderlich (26. März bis 17. Dez.). Die Berechnungen werden nach dem Hochschulgruppenansatz mit dem Programm ARABER 4.0 durchgeführt. Die resultierenden Volumina sind in Abbildung 5 zu finden. Es wird sofort deutlich, daß in diesem Fall durch die beschriebene Vorgehensweise erhebliche

Volumeneinsparungen gegenüber einer Bemessung mit den 85-Perzentilwerten erreicht werden können (siehe Tabelle 2).

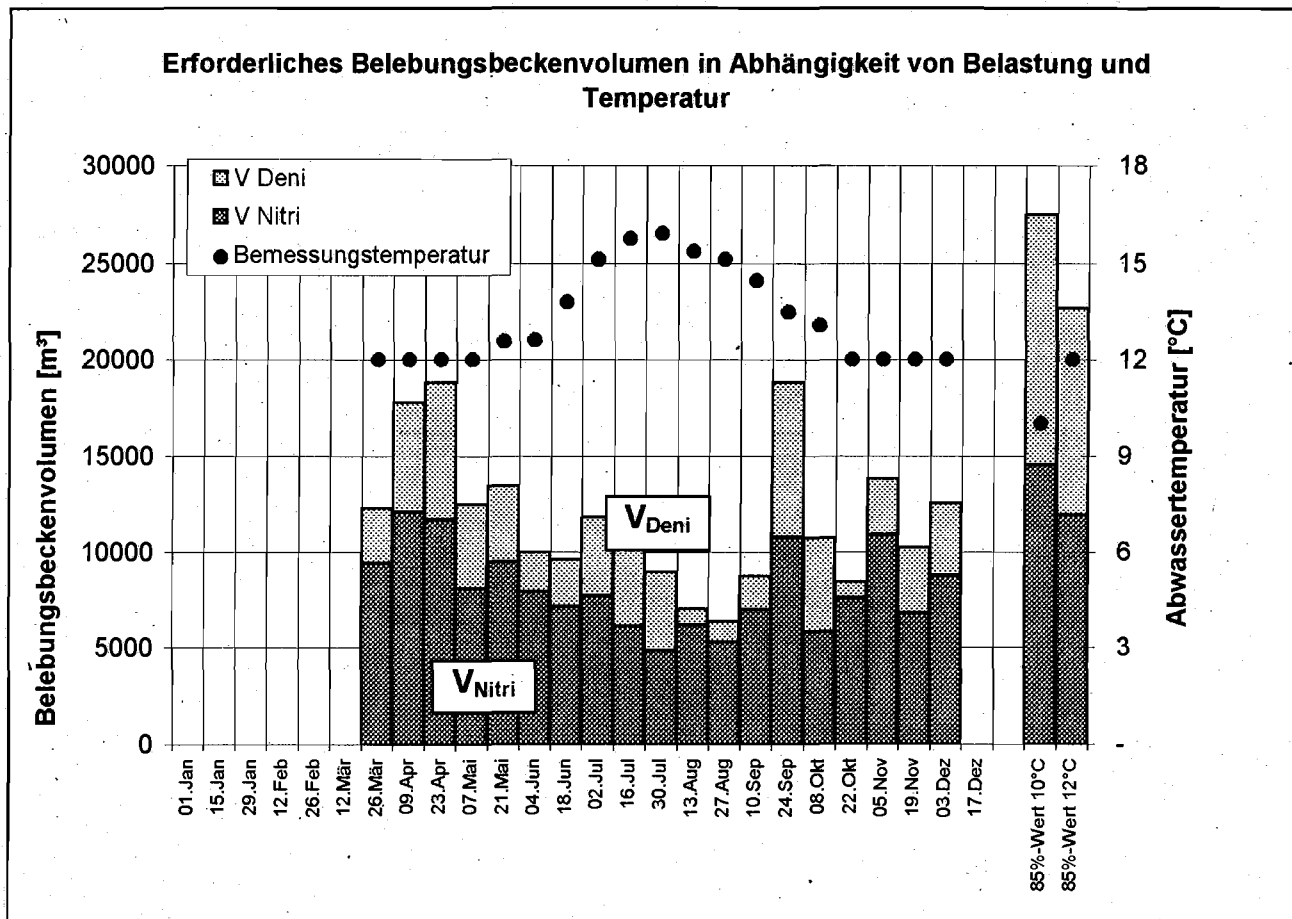


Abbildung 5 Erforderliche Beckenvolumina

Die nachfolgende Tabelle faßt die für eine Auslegung der Belebungsbecken maßgebenden Ergebnisse nach der beschriebenen Vorgehensweise zusammen. Maßgebend sind das maximale Nitrifikationsvolumen, das maximale gesamte Belebungsbeckenvolumen sowie das maximale Verhältnis V_D/V_{BB} .

Tabelle 1: Für die Auslegung der Belebungsbecken maßgebende Bemessungsergebnisse

Abschnitt	V_{Nitri} [m ³]	V_{Deni} [m ³]	V_{BBges} [m ³]	V_D/V_{BB} [-]
09.04. - 22.04.	12 111	5 662	17 773	0,32
23.04. - 06.05.	11 703	7 097	18 800	0,38
30.07. - 12.08.	4 841	4 146	8 987	0,46
08.10. - 21.10.	5 793	4 933	10 726	0,46

Das maximale Belebungsbeckenvolumen wird mit 18800 m^3 für den Zeitraum 23.4 - 6.05. ermittelt. Das maximal erforderliche Nitrifikationsvolumen beträgt 12111 m^3 , das ungünstigste Verhältnis V_D/V_{BB} beträgt 0,46.

Um allen auftretenden Belastungen gerecht zu werden, wird ein Belebungsbecken angelegt, das in eine Nitrifikationszone, eine Denitrifikationszone und eine variabel belüftbare Zone aufgeteilt wird. Das Belebungsbeckenvolumen beträgt insgesamt 18800 m^3 . Das maximale belüftbare Volumen entspricht der erforderlichen Nitrifikationszone von 12111 m^3 . Die nicht belüftbare Zone berechnet sich aus der Differenz dieser beiden Volumina und beträgt 6689 m^3 . Die maximal benötigte Denitrifikationszone läßt sich aus dem ungünstigsten Verhältnis V_D/V_{BB} - also 0,46 - zu 8648 m^3 berechnen. Damit beträgt die variable Zone als Differenz aus maximal erforderlichem Denitrifikationsvolumen und nicht belüftbarer Zone 1959 m^3 (Abbildung 6 und Tabelle 2).

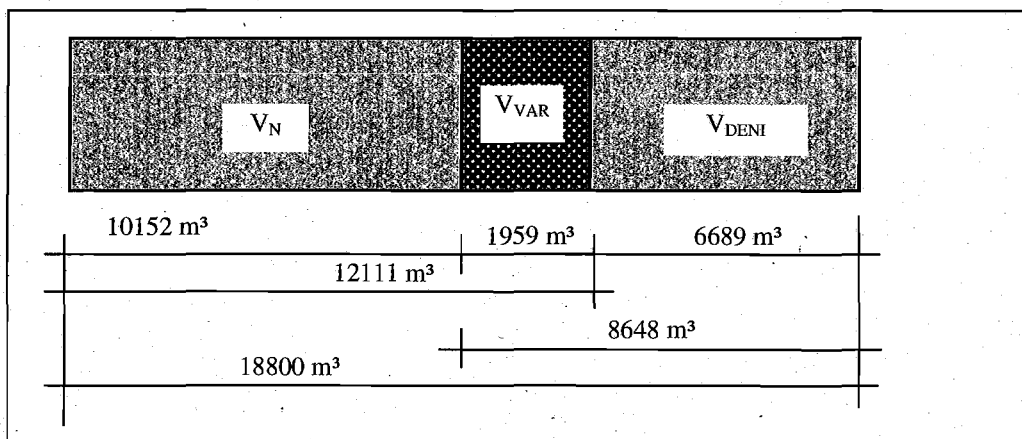


Abbildung 6: Aufteilung des Belebungsbeckens in eine belüftete, eine unbelüftete und eine variabel belüftbare Zone

Mit dieser variablen Aufteilung und der Möglichkeit, die Belüftungsaggregate der variablen Zone stufenweise zuzuschalten, lassen sich alle nach der Bemessung erforderlichen Beckenvolumina für die Nitrifikationszone sowie das jeweils erforderliche Verhältnis V_D/V_{BB} einstellen.

	V_{Nitri}	V_{Deni}	variabel belüftbar	$V_{\text{BB,ges}}$	$V_{\text{Deni}}/V_{\text{BB}}$
	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[-]
LUA-Vorschlag	10152	6689	1959	18800	0,36 - 0,46
85%-Wert 12°C	11928	10744	-	22672	0,47
85%-Wert 10°C	14504	12962	-	27466	0,47

Tabelle 2: Belebungsbeckenvolumina in Abhängigkeit von der Datenauswertung und der Lastfallermittlung.

Die Einrichtung einer stufenweise zuschaltbaren variablen Belüftung setzt eine entsprechende Meß- und Steuerungstechnik sowie ein hohes Prozeßverständnis beim Kläranlagenpersonal voraus. Es ist auch denkbar, bei turnusmäßig wiederkehrenden Belastungssituationen, einen Plan für den Verlauf eines Jahres zu erstellen, so daß die Belüftung nicht für jede Veränderung des Zulaufs neu einzustellen ist.

Zusammenfassung

Im vorliegenden Fall zeigt sich, daß bei der Bemessung einer kommunalen Kläranlage erhebliche Beckenvolumina eingespart werden können, indem bei der Ermittlung der maßgebenden Belastung der Anlage die tatsächlich im Jahresverlauf auftretenden Belastungen und Abwassertemperaturen zugrundegelegt werden.

Die beschriebene Vorgehensweise eröffnet damit Spielräume für zusätzliche Maßnahmen, wie zum Beispiel eine variabel belüftbare Zone im Belebungsbecken. Ungünstige und in der Realität nie auftretende Belastungskombinationen, die durch die Betrachtung der 85-Percentilwerte entstehen, brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

Die hier vorgestellte Methode erfordert einen erheblichen Aufwand sowohl hinsichtlich der Meßtechnik als auch der Datenauswertung. Vor allem ist es notwendig, den Zulauf einer Kläranlage über den Betrachtungszeitraum kontinuierlich zu untersuchen. Stellt man jedoch den Meßaufwand den erreichbaren Investitions- und Betriebskosteneinsparungen und der erhöhten Bemessungssicherheit gegenüber, so kann die vorgestellte Methode nur als lohnend bezeichnet werden.

Seit 1. April 1994 sind bisher folgende Merkblätter im Landesumweltamt NRW erschienen:

1	Bestimmung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Bodenproben	15,00 DM
2	Betrieb und Unterhaltung von mechanisch-biologischen Kläranlagen	15,00 DM
3	Abwasserbeseitigung im Außenbereich (Kleinkläranlagen)	15,00 DM
4	Leitfaden für die Abwicklung der Luftreinhalteplanung in NRW	15,00 DM
5	Leitfaden für die Vorgehensweise bei akuten Dioxin-Schadensfällen	15,00 DM
6	Bestimmung von 6 polychlorierten Biphenylen (PCB) in Böden, Schlämmen, Sedimenten und Abfällen	15,00 DM
7	Anforderungen an die Verwendung von Stahlwerksschlacken im Wasserbau	15,00 DM
8	Anforderungen an biologische Bodenbehandlungsanlagen nach dem Mietenverfahren	20,00 DM
9	Anforderungen an Sachverständige bei der Bearbeitung von Altlasten (Stand Juli 1997)	15,00 DM
10	Geräuschemissionsprognose von Sport- und Freizeitanlagen – Berechnungshilfen –	15,00 DM
11	Richtlinie – Schnittstellenspezifikation für die Vorlage von Betriebskenndaten bei der nach § 3 Abs. 1 zuständigen Behörde gemäß Deponieselbstüberwachungsverordnung	30,00 DM
12	Merkblatt zur Anwendung der TA Siedlungsabfall bei Deponien	30,00 DM
13	Bemessung kommunaler Kläranlagen – Hinweise für die Bemessung von Belebungsanlagen mit dem Programm ARA-BER (Version 4.0)	15,00 DM

