

DIPLOMARBEIT
Master's Thesis

Gewässergüte und Kläranlagenbau in China

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs

Unter der Leitung von
Ao.Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Matthias ZESSNER-SPITZENBERG

Institut für Wassergüte,
Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
E 226

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von
Yan SCHNELL (geb. ZHANG)
Matrikelnummer: 9935288
Anschrift: Adlerstraße 13, D-73434 Aalen, Deutschland

Wien, im März 2007

Yan Schnell

Kurzfassung

Die chinesischen Wasserressourcen sind unzulänglich und ihre räumliche und zeitliche Verteilung ungleich. Zurzeit werden die kostbaren Wasserressourcen Chinas durch ungeklärte Abwässer stark belastet. Eine Lösung des Wasserverunreinigungsproblems liegt in einer verbesserten Abwasserbehandlung. Deswegen ist der Bau von Kläranlagen eine wichtige Maßnahme zum Schutz der Wasserqualität.

In dieser Arbeit habe ich versucht einen Überblick über das sehr komplexe Thema der chinesischen städtischen Abwasserbehandlung zu geben. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf folgenden Themen:

- (i) einem Einblick in die Gesamtsituation der Abwasserbehandlung in China
- (ii) der gegenwärtigen Situation der städtischen Abwasserbehandlung
- (iii) bei den rechtlichen Grundlagen für Entwurf und Bau der städtischen zentralen Kläranlagen
- (iv) den allgemeinen technischen Begriffen über die Gestaltung städtischer Kläranlagen
- (v) den wichtigsten Bemessungsparametern bzw. Bemessungsgleichungen aus dem chinesischen staatlichen Standard „*Code for design of outdoor wastewater engineering* GB50101-2005“
- (vi) bei häufig verwendeten und geförderten Abwasserbehandlungsverfahren (z.B. Umlaufbecken-Verfahren), sowie den Auswahlprinzipien der technischen Verfahren
- (vii) einem Beispiel einer chinesischen Kläranlage anhand dessen die Verwendbarkeit der deutschen ATV 131(2000) zur Bemessung der Belebungsanlagen in China kurz diskutiert wurde
- (viii) möglicher zukünftiger Entwicklung der Abwasserbehandlung in chinesischen Städten

Da die Umwelt-Technologie Österreichs im Bereich der Abwasserreinigung weltweit führend ist, könnte Österreich in Zukunft China im Bereich der Abwasserbehandlung unterstützen, z.B. bei der Bemessung und Betriebsoptimierung der städtischen Kläranlagen. Ich hoffe, dass diese Arbeit Umweltfirmen im deutschsprachigen Raum etwas tiefergehende Informationen über den chinesischen Kläranlagenbau anbieten kann.

Abstract

Whilst Chinese water resources are insufficient in quantity, their spatial and temporal distribution is also unequal. Currently these precious water resources are also threatened by polluted wastewaters. A solution for the problem of water pollution can only lie in an improved wastewater treatment. Thus the construction of new wastewater treatment plants is crucial for improving water quality.

This thesis attempts to provide an overview about the complex issues of Chinese urban wastewater treatment. It focusses mainly on the following topics:

- (i) General situation of wastewater treatment in China
- (ii) Current situation of urban waste water treatment
- (iii) Legal foundations for design and construction of urban wastewater treatment plants
- (iv) General technical terms about the design of urban wastewater treatment plants
- (v) Crucial parameters and equations for scale and design derived from the federal Chinese standard "code for design of outdoor wastewater engineering GB50101-2005"
- (vi) Wastewater treatment methods that are frequently applied and endorsed (e.g. oxidation ditch). Selection criteria for implementation of treatment methods
- (vii) Example of a Chinese wastewater treatment plant demonstrating the applicability of German ATV 131(2000) code for the design of biological treatment plants in China
- (viii) Future directions of development of wastewater treatment in Chinese cities

As the Austrian wastewater treatment technology is leading globally, it could support China in its own quest of improving and developing wastewater treatment. An example for such transfer of technology would be both the design and optimisation of operation of urban wastewater treatment plants.

I do hope that this thesis will provide in depth information about Chinese wastewater treatment issues for companies focussing on environmental cleanup and protection, especially those operating from German speaking countries.

Danksagung

Zuerst möchte ich Herrn O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c.Helmut Kroiss vom Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft dafür danken, dass er das Thema dieser Diplomarbeit inspirierte und ihre Erstellung ermöglichte. Aufgrund seiner interessanten Vorlesungen habe ich mich mit dem Thema Abwasserbehandlung beschäftigt.

Für seine ständige Diskussionsbereitschaft, die vielen hilfreichen Vorschläge zur Verbesserung meiner Arbeit und die enorme fachliche Unterstützung bin ich besonders meinen Betreuer Herrn Ao.Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Matthias Zessner-Spitzenberg zu Dank verpflichtet.

Außerdem möchte ich mich bei Herrn Ing. Junchang Yang für die vielfältig zur Verfügung gestellten Informationen bedanken.

Zuletzt möchte ich auch meiner Familie danken: Meinen Eltern und meinem Mann für ihren Glauben an mich sowie ihre moralische und finanzielle Unterstützung. Ohne sie hätte ich diese Arbeit nicht beenden können. Dank gebührt auch meiner kleinen Tochter, Hannah, dafür, dass sie während vieler Stunden brav geblieben ist.

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG	A
ABSTRACT	B
INHALTSVERZEICHNIS	1
TABELLENVER INHALTSVERZEICHNIS ZEICHNIS	5
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	7
ABKÜRZUNGEN	9
KAPITEL 1	
EINLEITUNG	11
KAPITEL 2	
CHINA IM ÜBERBLICK	14
2.1 GEOGRAPHIE	14
2.2 BEVÖLKERUNG	14
2.3 DIE CHINESISCHEN STÄDTE	15
2.4 ABWASSERANFALL UND REINIGUNGSRATE	16
2.5 GEWÄSSER UND IHR ZUSTAND	16
2.5.1 Zusammenfassung über die chinesischen Wasserressourcen	16
2.5.2 Die fünf Gewässergüteklassen in China	17
2.5.3 Die sieben wichtigsten Flusssysteme und ihre Zustände	19
2.5.4 Süßwasserseen und ihr Zustand.....	22
2.6 WASSERPREISE	23
KAPITEL 3	
GESETZLICHE GRUNDLAGEN	24
3.1 RECHTSGRUNDLAGEN UND SYSTEMATIK IM WASSERRECHT.	24
3.1.1 Erklärungen des gesetzlichen Systems in China.....	24
3.1.2 Liste der in Kraft getretenen gesetzlichen Grundlagen.....	25
3.2 VERWALTUNGS- UND ÜBERWACHUNGSSYSTEM FÜR DIE CHINESISCHE STÄDTISCHE ABWASSERREINIGUNG	25
3.3 STANDARDS FÜR DIE CHINESISCHE ABWASSERREINIGUNG	27
3.3.1 Überblick über Standards für den chinesischen Gewässerschutz	27
3.3.2 Nationale Wasserqualitätsstandards	27
3.3.3 Nationale Emissionsstandards über Einleiten des Abwassers in Gewässer	29
3.3.4 Übersetzung und Erklärung der wichtigen Inhalte im „Discharge standard of pollutants for municipal wastewater treatment plant“ (GB 18918-2002)	30
3.3.5 Standards vom Bauministerium.....	35
3.3.6 Staatliche Standards für die Bemessung der Abwasseranlagen.....	38
3.4 WESENTLICHE REGULINGSINHALTE DER TECHNISCHEN RICHTLINIE ÜBER DIE BEHANDLUNG DES STÄDTISCHEN ABWASSERS	39

KAPITEL 4

TECHNISCHE BEGRIFFE ÜBER DIE GESTALTUNG STÄDTISCHER KLÄRANLAGEN 43

4.1 GRUNDLAGEN.....	43
4.1.1 Herkunft und Beschreibung des städtischen Abwasser in China.....	43
4.1.2 Inhaltsstoffe im städtischem Abwasser.....	44
4.1.3 Eigenschaften des städtisches Abwassers.....	44
4.1.4 Eigenschaften des Belebungsschlamm.....	46
4.1.5 Typische Abwasserbehandlungsverfahren für städtische Abwässer: 3 stufige Anlage.....	46
4.1.6 Die relevantesten Bemessungsparameter für Abwasserbelastung der chinesischen Kläranlagen.....	47
4.1.7 Erklärungen der wichtigen Richtwerte für die Bemessung der Belebungsanlagen.....	49
4.1.8 Abwassermenge für die Bemessung der chinesischen städtischen Kläranlagen.....	50
4.1.9 Reinigungswirkung der Kläranlage.....	53
4.2 DAS ABWASSERABLEITUNGSSYSTEM.....	53
4.3 ERSTE REINIGUNGSSTUFE – MECHANISCHE ABWASSERREINIGUNG.....	54
4.3.1 Rechen.....	54
4.3.2 Pumpenanlage.....	55
4.3.3 Sandfang.....	55
4.3.4 Absetzbecken.....	56
4.4 VERSTÄRKTE MECHANISCHE REINIGUNG	61
4.5 ZWEITE REINIGUNGSSTUFE - BIOLOGISCHE REINIGUNG.....	62
4.5.1 Begriffe und technischer Prozess des Belebungsverfahrens.....	62
4.5.2 Einflussfaktoren des Belebtschlammsystems.....	63
4.5.3 Unterteilung des Belebtschlammverfahren für organische Kohlenstoffentfernung nach Betriebsweisen.....	64
4.5.4 Grundlegende Daten für die Bemessung des Belebungsverfahrens.....	67
4.5.5 Gestaltung des Belebungsbeckens.....	68
4.5.6 Aufbau (Struktur) des Belebungsbeckens.....	68
4.5.7 Bemessungsparameter des Belebungsbeckens (nur für organische Kohlenstoffentfernung).....	69
4.5.8 Berechnungsformel für die Dimensionierung der Volumina des Belebungsbeckens.....	69
4.5.9 Gestaltungsprinzipien des Belebungsbeckens.....	70
4.6 VERSTÄRKTE II. STUFEN-BEHANDLUNG: BIOLOGISCHE N-, P-ENTFERNUNG	71
4.6.1 Allgemeines.....	71
4.6.2 Zusammenfassung über die Bemessung der biologischen N-, P-Entfernung aus GB50101-2005.....	72
4.6.3 A ₁ /O-Verfahren (Verfahren zur biologischen Stickstoffentfernung).....	73
4.6.4 A ₂ /O-Verfahren (zur biologischen Phosphorentfernung).....	74
4.6.5 A ₁ /A ₂ /O-Verfahren.....	76
4.6.6 AB-Verfahren.....	77
4.6.7 Umlaufbecken-Verfahren.....	78
4.6.8 SBR-Verfahren.....	86
4.7 DRITTE REINIGUNGSSTUFE- WEITERGEHENDE REINIGUNG, CHEMISCHE REINIGUNG	92
4.7.1 Die chemische Phosphorelimination.....	92
4.7.2 Desinfektionsanlagen.....	93
4.8 SCHLAMMBEHANDLUNG UND SCHLAMMENTSORGUNG	94

KAPITEL 5

STATISTIKEN UND ANALYSEN DES STÄDTISCHEN ABWASSERINDUSTRIE-MARKTES 95

5.1 ÜBER DIESES KAPITEL.....	95
5.2 ERKLÄRUNG DER ANALYSE	95
5.2.1 Sortierungs- und Vergleichskriterien.....	95
5.2.2 Datenquellen.....	97
5.3 ANALYSEN DES ABWASSERMARKTS	97
5.3.1 Industrieller Charakter der Abwasserbehandlung.....	97
5.3.2 Einführung in die Situation der kommunalen Abwasserbehandlung 2003.....	97

5.4 ANALYSE DER ZEHNJAHRES-ENTWICKLUNGSTENDENZ DER ABWASSERBEHANDLUNG.....	100
5.4.1 Verhältnis zwischen anfallender jährlicher Abwassermenge, jährlicher Behandlungsabwassermenge und dem Prozentsatz des behandelten Abwassers (1994-2003)	100
5.4.2 Verhältnis von Gesamt-Reinigungskapazität und biologischer Reinigungskapazität der chinesischen kommunalen Kläranlagen (1994-2003)	101
5.4.3 Zahl der kommunalen Kläranlagen mit II. und III. Reinigungsstufe.....	102
5.5 ANALYSE DER ABWASSERBEHANDLUNG BEZÜGLICH REGIONALER ZUGEHÖRIGKEIT UND GRÖßENKLASSE DER UNTERSUCHTEN STÄDTE	103
5.5.1 Abwassermenge pro Einwohner in den 8 Gebieten	103
5.5.2 Durchschnittlicher Ausnutzungsgrad der Kläranlagen	104
5.5.3 Prozentsatz des behandelten Abwassers in chinesischen Städten.....	105
5.5.4 Durchschnittlich behandelte Abwassermenge der Kläranlagen.....	107
5.5.5 Behandlungskapazität der Kläranlagen	108
5.5.6 Durchschnittliche Behandlungskapazität der Kläranlagen mit zweiter und dritter Reinigungsstufe	109
5.5.7 Wiederverwendungsrate des Abwassers.....	110
5.5.8 Durchschnittliche Länge der Kanalisation per 10.000 Einwohner	111
5.5.9 Durchschnittliche Abwassersammelkanallänge per 10.000 Einwohner	112
5.5.10 Investitionen für die Behandlung der Umweltverschmutzung.....	113
5.6 VERGLEICH MIT ÖSTERREICH.....	114

KAPITEL 6

ANWENDUNGSBEISPIELE DER WICHTIGEN REINIGUNGSVERFAHREN IN CHINESISCHEN STÄDTISCHEN KLÄRANLAGEN..... 115

6.1 DIE GEGENWÄRTIGE SITUATION DER BEHANDLUNGSVERFAHREN DER STÄDTISCHEN KLÄRANLAGEN	115
6.2 ANWENDUNGSBEISPIEL DES KLASSISCHEN BELEBUNGSVERFAHREN	117
6.2.1 Übersicht über die Kläranlage „Stadt Shen-Zhen“	117
6.2.2 Belastung und Reinigungswirkung der Kläranlage	118
6.2.3 Gestaltung.....	118
6.2.4 Betriebsergebnisse	119
6.3 ANWENDUNGSBEISPIEL DES ADSORPTIONS-BELEBUNGSVERFAHRENS.....	119
6.3.1 Übersicht über die Kläranlage „Zhangdian“.....	119
6.3.2 Belastungsparameter des Abwassers	120
6.3.3 Bemessungsparameter des Belebungsbeckens.....	120
6.3.4 Bemessungsparameter der anderen Bestandteile dieser Kläranlage	120
6.3.5 Betriebszustand von Zhangdian.....	121
6.4 ANWENDUNGSBEISPIEL DES A₁/A₂/O –VERFAHRENS.....	121
6.4.1 Übersicht über die Kläranlage „Yiai-See“	121
6.4.2 Belastungsparameter des Abwassers	122
6.4.3 Bemessungsparameter der Bestandteile.....	122
6.5 ANWENDUNGSBEISPIEL DES SBR-VERFAHRENS	124
6.5.1 Übersicht über die Kläranlage „Hang-Tian Beijing“	124
6.5.2 Belastungsparameter des Abwassers	124
6.5.3 Bestandteile der Kläranlage.....	125
6.5.4 Bemessungsparameter des CASS-Beckens	125
6.5.5 Betriebsergebnisse und die Festlegung.....	126
6.6 BIOLAK® -TECHNIK AUS DEUTSCHLAND	127
6.6.1 Begriffsklärung und Vorteile des Systems BIOLAK®	127
6.6.2 Technische Details des BIOLAK® Systems	127
6.6.3 Anwendungsbeispiel in China	128
6.7 KURZE ZUSAMMENFASSUNG	131

KAPITEL 7

BEMESSUNGSVERGLEICH EINER BELEBUNGSANLAGE MIT CHINESISCHEN STANDARD UND ATV 131(2000)	133
7.1 DIE BERECHNUNGSWEISEN FÜR DIE BEMESSUNG DES BELEBUNGSBECKENS	133
7.2 BEMESSUNGSBEISPIEL EINER CHINESISCHEN KLÄRANLAGE	134
7.2.1 grundlegende Bemessungsdaten für die Kläranlage	134
7.2.2 Vorbehandlung des industriellen Abwassers	135
7.2.3 Verfahrensplanung dieser Kläranlage.....	135
7.2.4 Gestaltung.....	137
7.2.5 Bemessung der Biologische Reinigungsteile der Kläranlage	141
7.3 BEMESSUNG DES BELEBUNGSBECKENS UND DES NACHKLÄRBECKENS UNTER ANWENDUNG DER ATV-131	147
7.3.1 Maßgebende Größen für die Bemessung unter Anwendung der ATV-131	147
7.3.2 die Bestimmung der Basisparameter des Nachklärbeckens.....	147
7.3.3 die Bestimmung der Basisparameter des Umlaufbeckens	148
7.4 BEMESSUNGSVERGLEICH DES NACHKLÄRBECKENS MIT ATV-131 UND CHINESISCHEM STANDARD	149
7.4.1 Vergleich der Bemessungsregeln für das Nachklärbecken.....	149
7.4.2 Vergleich der Bemessungswerte des Nachklärbeckens.....	152
7.5 BEMESSUNGSVERGLEICH DES BELEBUNGSBECKENS MIT ATV-131 UND CHINESISCHEM STANDARD	152
7.5.1 Vergleich den Bemessungsregeln für das Belebungsbecken mit Stickstoff-Entfernung	152
7.5.2 Vergleich der Bemessungswerte des Belebungsbeckens.....	154

KAPITEL 8

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	155
8.1 ZUSAMMENFASSUNG	155
8.1.1 Gegenwärtige Situation und mögliche Entwicklung der Abwasserbehandlung in chinesischen Städten	155
8.1.2 Wichtige Rechtsgrundlagen für die Bemessung der chinesischen städtischen Kläranlagen.....	157
8.1.3 Verfahrenauswahl der chinesischen städtischen Abwasserreinigung	157
8.1.4 die Bemessung der Belebungsanlagen in China	158
8.2 PROBLEMATIK	160
8.2.1 Problematik in den staatlichen Vorschriften und Standards bezüglich der Stadtabwasserbehandlung ...	160
8.2.2 Problematik des Entwurfs einer Kläranlage	161
8.2.3 Problematik des Bemessung der Belebungsanlagen mit chinesischen Standards.....	161
8.3 AUSBLICK	162
8.3.1. Diskrepanz zwischen Theorie und Praxis im Betrieb von Kläranlagen:.....	162
8.3.2. Probleme für die Konzipierung von Anlagen, speziell für China	162

RECHTLICHES LITERATURVERZEICHNIS	I
LITERATURVERZEICHNIS	II
ANHANG	VI

Tabellenverzeichnis

1	Tabelle.2-1	Überblick der chinesischen Wasserressourcen
2	Tabelle.2-2	Grenzwerte im Standard der Oberflächenwasserqualität
3	Tabelle.2-3	Gesamtmenge der Wasserressourcen in verschiedenen chinesischen Flusseinzugsgebieten im Jahr 2003
4	Tabelle.2-4	Wasserzustand der Teile von bedeuteten chinesischen Seen
5	Tabelle.3-1	Liste der gesetzlichen Grundlagen über chinesische städtische Abwasserbehandlung
6	Tabelle.3-2	Überblick des chinesischen Wasserqualitätstandards und Emissionsstandards
7	Tabelle.3-3	Zulässige Grenzwerte des Ablaufs aus städtischen Kläranlagen, mit Vergleich der österreichischen und deutschen Verordnung
8	Tabelle.3-4	Verhältnis zwischen Klasse und Verfahren
9	Tabelle.3-5	Zulässiger Konzentrationswert der abgeleiteten Schadstoffe (Basis-Parameter)
10	Tabelle.3-6	Zulässiger Konzentrationswert der abgeleiteten Schadstoffe (Auswahl-Parameter)
11	Tabelle.3-7	Die Anforderungswerte an die Stabilisierung
12	Tabelle.3-8	Emissionsgrenzwerte des landwirtschaftlichen genutzten
13	Tabelle.3-9	Überblick des Wasserumweltstandards aus dem chinesischen Bauministerium
14	Tabelle.3-10	Grenzwert für die Ableitung des städtischen Abwassers in Kanalisation
15	Tabelle. 4-1	Übersicht über die Eigenschaften des typischen chinesischen häuslichen Abwassers
16	Tabelle. 4-2	die Zusammensetzung des chinesischen Abwassers aus menschlichen Lebensvorgängen innerhalb verschiedener Konzentrationsbereiche
17	Tabelle. 4-3	Zahlenwerte des BSB ₅ bzw. des CSB für verschiedene (Ab)-Wässer in Deutschland
18	Tabelle. 4-4	Verzeichnis der wichtigsten Abkürzungen der Richtwerte für die Bemessung von Kläranlagen
19	Tabelle. 4-5	durchschnittlicher Abwassermengensollwert aus chinesischen Standards für folgende Städte Abwassermengensollwert
20	Tabelle. 4-6	die vorgeschriebene Reinigungswirkung der chinesischen Kläranlage
21	Tabelle. 4-7	vorgeschriebene Reinigungswirkung einer Kläranlage in der österreichischen Emissionsverordnung
22	Tabelle. 4-8	die Bemessungsformeln des Langsandfangs
23	Tabelle. 4-9	Bemessungsformeln des belüfteten Sandfangs
24	Tabelle. 4-10	die Verwendungsbedingungen und die Schwerpunkte der Bemessung der Absetzbecken
25	Tabelle. 4-11	Bemessungsrichtwerte für Absetzbecken ohne vorhandene Ermittlungsdaten
26	Tabelle. 4-12	Verhältniswerte zwischen Oberflächenbeschickung(q), Wirksame Wassertiefe für die Sedimentation (h ₂) und Absetzzeit (T)
27	Tabelle. 4-13	die Bemessungsformeln des rechteckigen Beckens
28	Tabelle. 4-14	die Bemessungsformeln des vertikal durchströmten Rundbeckens
29	Tabelle. 4-15	Überblick der Unterteilung der Belebungsbecken in China
30	Tabelle. 4-16	In China empfohlene Bemessungsparameter der unterschiedlichen Belebungsverfahren für die organische Kohlenstoffentfernung
31	Tabelle. 4-17	Bemessungsparameter des A ₁ /O-Verfahrens
32	Tabelle. 4-18	Bemessungsparameter des A ₂ /O-Verfahrens
33	Tabelle. 4-19	Bemessungsparameter des A ₁ /A ₂ /O –Verfahrens
34	Tabelle. 4-20	Bemessungsparameter des AB-Verfahrens
35	Tabelle. 4-21	Bemessungsparameter für das Umlaufbecken mit aerober Schlammstabilisierung
36	Tabelle. 4-22	Möglichkeit der Anwendung der biologischen Reinigung, bezogen auf BSB ₅ /CSB
37	Tabelle. 4-23	Bemessungsparameter des SBR –Verfahrens

38	Tabelle. 5-1	die Namen den Provinzen und Städten der achten Gebieten
39	Tabelle. 5-2	Klassifizierung der chinesischen Städte
40	Tabelle. 5-3	Situation der kommunalen Abwasserbehandlung 2003 in China
41	Tabelle. 5-4	Details der kommunalen Abwasserbehandlungssituation in den acht Gebieten
42	Tabelle. 5-5	Zunahme der jährlichen Abwassermenge, der jährlichen Behandlungsmenge und des jährlichem Behandlungsanteils
43	Tabelle. 5-6	Zunahme von Gesamt- und biochemischer Abwasserbehandlungskapazität
44	Tabelle. 5-7	Zunahme der Zahl der Kläranlagen
45	Tabelle. 6-1	wichtiger Abwasserbehandlungsverfahren und die Anwendungsbeispiele in chinesischen städtischen Kläranlagen
46	Tabelle. 6-2	Belastungsparameter und Reinigungswirkung der Kläranlage „Stadt Shen-Zhen“
47	Tabelle. 6-3	Beschreibung der Bemessungsdaten der Kläranlagenteile „Stadt Shen-Zhen“
48	Tabelle. 6-4	Belastungsparameter von Zufluß und Abfluß der Kläranlage „Zhangdian“
49	Tabelle. 6-5	Bemessungsparameter des Belebungsbeckens der Kläranlage „Zhangdian“
50	Tabelle. 6-6	Belastungsparameter von Zufluß und Ablauf der Kläranlage „Yiai-See“
51	Tabelle. 6-7	Bemessungsparameter des Belebungsbeckens der Kläranlage „Yiai-See“.
52	Tabelle. 6-8	die Bemessungsbelastungsparameter des Zuflusses und des Ablaufs der Kläranlage „Hang-Tian“
53	Tabelle. 6-9	Daten der Bestandteile der Kläranlage „Hang-Tian“
54	Tabelle. 6-10	die tatsächlichen Belastungsparameter der Kläranlage „Hang-Tian“
55	Tabelle. 6-11	Bemessungsbelastungsparameter von Zufluß und Ablauf der Kläranlage „Zhu-Cheng“
56	Tabelle. 6-12	Bemessungsparameter des Belebungsbeckens der Kläranlage „Zhu-Cheng“
57	Tabelle. 6-13	Die Betriebsdaten der Kläranlage „Zhu-Cheng“ im April 2004
58	Tabelle. 7-1	die tägliche durchschnittliche Abwassermenge der Kläranlage
59	Tabelle. 7-2	die Parameterwerte der verschiedenen industriellen Unternehmen
60	Tabelle. 7-3	die Abwassermenge für die Bemessung der Kläranlage
61	Tabelle. 7-4	Belastung von Zufluss und Abfluss der Kläranlage
62	Tabelle. 7-5	Beschreibung der Kläranlagenteile
63	Tabelle. 7-6	Maßgebende Basisparameter für die Bemessung des Nachklärbeckens
64	Tabelle. 7-7	Vergleich der Bemessungsregeln für das Nachklärbecken (horizontal durchströmtes Rundbecken)
65	Tabelle. 7-8	Die Bemessungsergebnisvergleich des Nachklärbeckens
66	Tabelle. 7-9	Vergleich der Bemessungsregeln für das Belebungsbecken
67	Tabelle. 7-10	Die Bemessungsergebnissevergleich des Belebungsbeckens
68	Tabelle. 8-1	Übersicht der wichtigsten Abwasserreinigungsverfahren in China
69	Tabelle. 8-2	Zusammenstellung der Berechnungsweise für die Bemessung des Belebungsbeckens

Abbildungsverzeichnis

- 1 Abb.2-1 die Bevölkerungsdichte in den Provinzen Chinas
- 2 Abb.2-2 Kompilation über die Wasserqualitätssituation der sieben wichtigsten chinesischen Flusssysteme
- 3 Abb.2-3 Vergleich der Wasserqualität der 7 größten Flüsse, geordnet nach ihrem Verunreinigungsgrad
- 4 Abb.2-4 weltweiter Wasserpreisvergleich
- 5 Abb.4-1 Typisches Ablaufschema einer großen chinesischen Kläranlage
- 6 Abb.4-2 die Bereiche des Absetzbeckens
- 7 Abb.4-3 Rechteckiges durchströmtes Becken
- 8 Abb.4-4 Grundriss eines vertikal durchströmten Rundbeckens
- 9 Abb.4-5 drei Typen des horizontal durchströmten Rundbeckens, nach Zufluss- und Abflussrichtung geteilt
- 10 Abb.4-6 der Grundriss eines Belebungsbeckens, das aus zwei 5-strassigen Becken besteht
- 11 Abb.4-7 Grundriss einer Belebungsanlage des vollständigen Mischungsverfahrens
- 12 Abb.4-8 Verfahrensschema des intermittierenden Belüftungs-Belebungsverfahrens
- 13 Abb.4-9 Verfahrensschema des biologischen Adsorptions-Belebungsverfahrens
- 14 Abb.4-10 Verfahrensschema des Belebungsverfahrens mit Kurzzeichen der Bemessungsparameter
- 15 Abb.4-11 der technische Prozess des A_2/O - Verfahrens
- 16 Abb.4-12 Allgemeines technisches Prozessschema des Umlaufbecken-Verfahrens in chinesischen Kläranlagen
- 17 Abb.4-13 Grundriss eines Umlaufbeckens mit Bürstenbelüfter
- 18 Abb.4-14 Grundriss eines Carrousel-Beckens
- 19 Abb.4-15 Grundriss eines Orbal-Beckens
- 20 Abb.4-16 Grundriss einer Zweigräben-Art
- 21 Abb.4-17 Grundriss einer Dreigräben-Art
- 22 Abb.4-18 Grundriss des Belebungsbeckens bei dem Integration der Belüftung und Sedimentations-Verfahren
- 23 Abb.4-19 das technische Prozessschema des „SBR-Verfahrens“
- 24 Abb.4-20 Grundprinzip verschiedener SBR-Verfahren
- 25 Abb.4-21 Prinzipskizze einer UNITANK-Anlage mit Reaktionsbecken I, II, III
- 26 Abb.5-1 die 8 Gebiete der Studie „Statistiken und Analysen des städtischen Abwasserindustrie-Marktes 2004“
- 27 Abb.5-2 Verhältnis zwischen anfallender jährlicher Abwassermenge, jährlicher Behandlungsabwassermenge, Prozentsatz des behandelten Abwassers im Zeitraum von 1994 bis 2003
- 28 Abb.5-3 Verhältnis von Gesamt-Klärkapazität und biologischer Klärkapazität
- 29 Abb.5-4 Verhältnis biochemischer Behandlungskapazität zu Gesamtbehandlungskapazität
- 30 Abb.5-5 Zahl der kommunalen Kläranlagen
- 31 Abb.5-6 Abwassermenge pro Person in den 8 Gebieten
- 32 Abb.5-7 Pro Kopf Abwassermenge geordnet nach Größenkategorie der Städte
- 33 Abb.5-8 Ausnutzungsgrad der Abwasserbehandlungsanlagen in den 8 Gebieten
- 34 Abb.5-9 Ausnutzungsgrad der Abwasserbehandlungsanlagen geordnet nach Größenkategorie der Städte
- 35 Abb.5-10 Prozentsatz des behandelten Abwassers in den 8 Gebieten
- 36 Abb.5-11 Prozentsatz des behandelten Abwassers geordnet nach Größenkategorie der Städte
- 37 Abb.5-12 Durchschnittliche behandelte Abwassermenge pro Einwohner der Kläranlagen in den 8 Gebieten
- 38 Abb.5-13 Durchschnittliche behandelte Abwassermenge pro Person nach Größenkategorie der Städte

- 39 Abb.5-14 durchschnittliche Behandlungskapazität der Kläranlagen in den 8 Gebieten
- 40 Abb.5-15 Durchschnittliche Behandlungskapazität der Kläranlagen nach Größenkategorie der Städte
- 41 Abb.5-16 Durchschnittliche Behandlungskapazität der Kläranlagen mit zweiter und dritter Reinigungsstufe in den acht Gebieten
- 42 Abb.5-17 Durchschnittliche Behandlungskapazität der Kläranlagen mit zweiter und dritter Reinigungsstufe nach Größenkategorie der Städte
- 43 Abb.5-18 durchschnittliche Abwasserwiederverwendungsrate in den 8 Gebieten
- 44 Abb.5-19 Abwasserwiederverwendungsrate nach Größenkategorie der Städte
- 45 Abb.5-20 Durchschnittliche Länge der Kanalisation per 10000 Person in den 8 Gebieten
- 46 Abb.5-21 Durchschnittliche Länge der Kanalisation per 10000 Person nach Größenkategorie der Städte
- 47 Abb.5-22 Durchschnittliche Länge der Abwassersammelkanäle per 10000 Einwohner in den acht Gebieten
- 48 Abb.5-23 Durchschnittliche Investitionen per Person für die Behandlung der Umweltverschmutzung in den 8 Gebieten
- 49 Abb.5-24 Durchschnittliche Investition per Person für die Behandlung der Umweltverschmutzung nach Größenkategorie der Städte
- 50 Abb.6-1 der technischer Prozess des AB-Verfahrens in der Kläranlage „Zhangdian“
- 51 Abb.6-2 der technische Prozess des A₁/A₂/O-Verfahrens in der Kläranlage „Yiai-See“
- 52 Abb.6-3 der technische Prozess des CASS-Verfahrens in der Kläranlage „Hang-Tian“
- 53 Abb.6-4 Lageplan der Kläranlage „Hang-Tian“
- 54 Abb.6-5 Skizze des CASS-Beckens von der Kläranlage „Hang-Tian“
- 55 Abb.6-6 Wandernde Belüftung des Systems BIOLAK®
- 56 Abb.7-1 Der Lageplan der Kläranlage mit Umlaufbecken
- 57 Abb.7-2 Das Fließschema des Abwassers und des Schlammes in der Kläranlage
- 58 Abb.7-3 die Bemessungsskizze des Carrousel-Beckens
- 59 Abb.7-4 Die Bemessungsskizze des Nachklärbeckens dieser Kläranlage

Abkürzungen

Abkürzung	Einheit	Deutsch	Englisch	Chinesisch
A ₁ /A ₂ /O-Verfahren			anaerobic/ anoxic/ oxic prozess	厌氧/缺氧/好氧脱氮除磷工艺
A ₁ /O-Verfahren			anoxic/oxic process	缺氧/好氧脱氮工艺
A ₂ /O-Verfahren			anaerobic/ oxic prozess	厌氧/好氧除磷工艺
AB-Verfahren		Adsorptions-Belebungsverfahren		
ASM			Activated Sludge Model	
ATV 131 (2000)		ATV-DVWK-Regelwerk , Arbeitsblatt: Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen		
ATV-DVWK		Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.		
BB		Belebungsbecken		生物反应池
BIOLAK®		Abwasserbehandlungssystem BIOLAK® VON NORDENSKJÖLD		百乐克工艺
B _{R,BSB} /U _v	kg/(kg.d)	BSB ₅ -Raumbelastung	Volumetric Organic Loading Rate	生物池容积负荷
BSB ₅ /BOD ₅		Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tage	Biochemical oxygen demand	五日生化需氧量
B _{TS,BSB} /U _s	kg/(kg.d)	BSB ₅ -Schlammbelastung	Sludge Organic Loading Rate	生物池污泥负荷
CASS / CAST			Cyclic Activated Sludge System / Technology	内循环式活性污泥工艺
CECS			China Association for Engineering Construction Standardization	中国工程建设标准化协会
CNEMC		Dienstbüro der Umweltüberwachung in China	Environmental Monitoring of China	中国环境监测
CSB/COD		Chemischer Sauerstoffbedarf	Chemical Oxygen Demand	
DIN 4045		Norm für Abwassertechnik - Grundbegriffe		
DO	mgO ₂ /l	Konzentration der gelösten Sauerstoff	Dissolved oxygen concentration	
DOC		gelöste organische Kohlenstoffverbindungen	Dissolved Organic Carbon	
EPB		lokales Umweltschutzbüro	Environmental Protection Bureau	环保局
FSS		Trockensubstanz	fixed suspended solids	
GB 50101-2005			Code for design of outdoor wastewater engineering	室外排水设计规范 GB 50101-2005
GDP			gross domestic product	
GGB		Staatsratsbulletin		国务院公报
ICEAS			Intermittent Cycle Extended Aeration System	间歇式循环延时曝气工艺

Abkürzung	Einheit	Deutsch	Englisch	Chinesisch
ISV/SVI	l/kg	Schlammindex	sludge volume index	
MOC		Bauministerium der Volksrepublik China	Ministry of construction P.R.CHINA	中华人民共和国建设部
MWR			the Ministry of Water Resources of the People's Republic of China	中华人民共和国水利部
NAW		DIN Normenausschuss Wasserwesen		
N _{ges} /TN		Gesamtstickstoff	total nitrogen	总磷
NOD		Stickstoffmonoxid-dioxygenase		
NVK		Der Nationale Volkskongress		全国人民代表大会
O.D-Verfahren		Umlaufbecken	oxidation ditch	氧化沟
org.TSBB / MLVSS	mg/l, kg/m ³	organischer Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken,	Mixed liquor volatile suspended solids	
P _{ges} /TP		Gesamtphosphor	total phosphorus	总氮
RISN		Forschungsinstitut der Standards u. der Normen	Research Institute of Standards & Norms	建设部标准定额研究所
RV/R	%	Rücklaufverhältnis	return-sludge ratio	
SBR-Verfahren		sequenzielles biologisches Reinigungsverfahren	sequencing batch reactor	序批式活性污泥法
SEPA		Umweltschutzamt der V.R. China	State Environmental Protection Administration of China	国家环境保护总局
SS		Schwebstoffe	suspended solids	
SV		Vergleichsschlammvolumen	sludge volume (by the dilution method))	
TKN		Kjeldahl-Stickstoff	total Kjeldahl nitrogen	总凯式氮
TN _b		Gesamter gebundener Stickstoff		
TOC		Gesamtmenge des organisch gebundenen Kohlenstoffes	Total Organic Carbon	
t _R /HRT	h,d	Durchflusszeit	Hydraulic Retention Time	
TS		Trockensubstanzgehalts	dry matter contents	
TS _{BB} / MLSS	mg/l, kg/m ³	Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken	Mixed liquor suspended solids	
t _{TS} /SRT	d	Schlammalter	Sludge residence time	
USBG		Umweltschutzbasisgesetz der V.R. China		中华人民共和国环境保护法 26.12.1989
VS		Schlammvolumen	settled sludge volume	
VSS		organischer Trockensubstanz	volatile solid	600°C挥发性固体
WTO		Welthandelsorganisation	World Trade Organisation	世界贸易组织
α			Correction factor for the oxygen transfer in wastewater	
μ _{maxNO}	1/d		Maximum growth rate of nitrite oxidizers	

Kapitel 1

Einleitung

Wasser ist essentiell für menschliches Leben. Da in China die Wirtschaft seit 20 Jahren ununterbrochen wächst und die Bevölkerung stetig zunimmt, wird das Problem der Wasserverunreinigung von Tag zu Tag akuter. Es kann nicht länger ignoriert werden, dass die Wasserverunreinigung die Wirtschaftsentwicklung ernsthaft einschränkt und damit die Lebensqualität der Bevölkerung beeinträchtigt.

Aufgrund der schnellen wirtschaftlichen Entwicklung steht China im Brennpunkt der Weltöffentlichkeit. Beispielsweise ist das GDP Chinas im Jahr 2005 um 9,9% gestiegen. Diese Zahl steht auf der ganzen Welt ziemlich einzigartig da [L-1] Das rasante Wachstum bedroht aber durch den damit verbundenen ständigen zunehmenden Abwasseranfall nicht nur das ökologische Gleichgewicht, sondern auch die Gesundheit und den Bestand der Bevölkerung. 2005 wurden in China 52,45 Milliarden m³ Abwasser produziert, von denen ein Großteil nicht vor der Einleitung in Flüsse und Seen gereinigt wurde. [L-10] Die Belastung der Umwelt ist daher entsprechend hoch.

Um diese Gefährdung zu vermeiden, stellt die chinesische Regierung die Forderung, dass bis Ende 2010 durchschnittlich mindestens 50% des städtischen Abwässers gereinigt werden soll, in besonders „wichtigen“ Städten soll sogar der Prozentsatz der behandelten städtischen Abwässers auf mindestens 70%, steigen [R-9]. Die Zentralregierung übt, nach eigenen Angaben, auf die jeweiligen Regionalregierungen zunehmend Druck aus, um die bestehenden immensen Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsprobleme für die kommenden Generationen nachhaltig zu lösen.

Gemäß der Vorschrift „Technische Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser“ müssen in den „Sieben Großen Einzugsgebieten“ (siehe Kap.2.5.3) „Drei Großen Seen“ (Poyang See in der Shandong Provinz, Kunming See in der Yunnan Provinz, Chao See in der Anhui Provinz) sowie in wichtigen Küstenstädten und ihren Ufergewässern mehr Kläranlagen mit einer Abwasserbeseitigungsfähigkeit von mindestens 2×10^7 m³ /d Abwasser erstellt werden. [L-71] Um verwendetes und benutztes Wasser dem Naturkreislauf wieder zuführen zu können und um die Güte des Grundwassers auf einem hohen Niveau zu halten, ist es essentiell, das Abwasser von Nichtagrarstädten mit über 500.000 Einwohnern durch eigene kommunale Kläranlagen zu reinigen.[R-9] [L-10]

Für die kommunale Abwasserbehandlung und den Gewässerschutz verstärkt die Regierung die Investitionen kontinuierlich. Im Jahr 1998 wurden 117 Abwasserbehandlungsprojekte mit einer

Einlagesumme von insgesamt 3 Milliarden Euro genehmigt. [L-71] Die Investitionen in den Umweltschutz für das Jahr 2005 betragen 23,88 Milliarden Euro (25,1% mehr als im Vorjahr). [L-10] Im Wassersektor (Trinkwasserversorgung und Abwasserbeseitigung) dürften in China in den nächsten 15 bis 20 Jahren Investitionen von mindestens 200 Mrd. USD notwendig sein. [L-52] Das bedeutet, dass die Abwasserbehandlungsbranche in der Zukunft stark expandieren wird. Ein beträchtlicher Fortschritt in der Abwasserreinigungsbranche ist schon jetzt deutlich zu sehen: Sowohl mit in China selbst entwickelter- als auch vom Ausland eingeführter neuer Technologie wurden mehrere hundert kommunale Kläranlagen verschiedener Ausmaße gebaut, und so das Niveau der Wasserbehandlung erheblich angehoben.

Trotz dieser Bemühungen ist die gegenwärtige Situation der kommunalen Abwasserbehandlung in China immer noch inakzeptabel. In insgesamt 668 Städten existieren bis dato (Ende 2003) lediglich 612 kommunale Kläranlagen mit unterschiedlicher Zahl an Reinigungsstufen (I.-III.), davon ca. 75% mit biologischen Reinigungsstufen (siehe Kap.5). 17000 Landgemeinden haben meistens überhaupt keine Kanalisation und Abwasserbeseitigungsanlagen. [L-8] Deswegen werden zurzeit in China immer mehr kommunale Kläranlagen gebaut, um bisher ungeklärt ins Gewässer eingeleitete Abwässer umweltgerecht reinigen. Die Entwicklung neuer und passender Technologien für den heimischen Kläranlagenbau wird von der Regierung aktiv gefördert. Außerdem wird wegen des Wassermangels in Nordchina dort der Bau von Brauchwasseraufbereitungsanlagen für industrielle und gartenbauliche Wasserwiederverwendung gefördert.

Ob dieses Ziel, nämlich dass große Abwassermengen wirklich fachgerecht entsorgt, d.h. in der Kanalisation gesammelt und in Kläranlagen gereinigt werden, erreicht werden kann, ist aber nicht nur von der Zahl der gebauten Kläranlagen abhängig.

Bis Ende 2005 sollen in China 709 städtische zentrale Kläranlagen in Betrieb gegangen sein. Ihre geplante Behandlungskapazität sollte $4,5 \times 10^7$ m³/d erreichen. Aber laut den gesammelten Daten von Umweltschutzamt der V.R. China (SEPA) kann man schmerzlich empfinden, dass im Jahr 2004 nur ca. 1/3 der Kläranlagen voll im Betrieb waren und sogar mindestens 1/3 der Kläranlagen nach dem Beenden des Baus überhaupt nicht betrieben wurden. [L-17] Ein wichtiger Grund dafür könnte die ungenaue Feststellung der Bemessungsdaten sein. Als Bemessungsgrunddaten für eine kommunale Kläranlage werden in den entwickelten Ländern zuerst die Eigenschaften und die Menge des Abwassers sowie die Zusammensetzung der Verschmutzungsstoffe sorgfältig erforscht und untersucht. Auf Grund der knappen Finanzierung wurden in China bisher oft einfach die wichtigsten Richtwerte für die Bemessung (z.B. der Abwasseranfall und die Schmutzfrachten) aus den Standards als Bemessungswerte bei der Festlegung des Entwurfs adoptiert.

Deswegen wird in dieser Diplomarbeit nicht nur aufgezeigt wie die Situation der städtischen Abwasserbehandlung in China gegenwärtig ist, sondern es werden auch entwicklungsrelevante Themen angesprochen:

- Welche Richtlinien und Standards gibt es für die Bekämpfung der Wasserverschmutzung und den Bau der städtischen Kläranlagen?
- Welche Förderungsverfahren für den Kläranlagenbau existieren und wie könnte sich die Verfahrensauswahl in der Zukunft verändern?
- Ein wichtiger Bestandteil dieser Arbeit ist es auch darzustellen wie die chinesischen städtischen Kläranlagen bemessen und geplant werden und welche Problematiken beim Entwurf besondere Berücksichtigung finden bzw. vermutlich zukünftig finden werden.

Wegen der komplexen Thematik erhebt diese Arbeit keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die angeführten Informationen über den städtischen Kläranlagenbau stellen aus meiner Sicht jedoch einen aussagekräftigen Querschnitt der Situation in China dar.

Kapitel 2

China im Überblick

Um einen Einblick in die Gesamtsituation der Abwasserbehandlung in China zu erlangen, erscheint es sinnvoll, mit einer Darstellung der naturräumlichen Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes China zu beginnen und einige Besonderheiten in siedlungswasserwirtschaftlicher Hinsicht aufzuzeigen.

2.1 Geographie

China hat eine Gesamtfläche von 9,6 Millionen km², die größte nach Russland und Kanada. Die Nord-Süd-Entfernung misst über 5500 km. Von West nach Ost umfasst das Territorium Chinas über 5200 km. Chinas Oberfläche fällt von West nach Ost ab. Die Fläche Chinas besteht zu 1,5 % aus Städten, 2 % aus Feuchtgebieten, 6,5 % aus Ödland, 9 % aus Wald, 21 % aus Wüste, 24 % aus Grasland und zu 36 % aus Ackerland. [L-50]

Zwischen dem Berg Qin und dem Fluss Huai ist die korrekte geographische Trennungslinie zwischen Nord- und Südchina. Aber häufiger nimmt man den Yangtze Fluss als die Grenzlinie an. In China passen die Verteilung der Bodenfläche und der Wasserressourcen nicht zusammen. In dem Einzugsgebiet des Yangtze und dem Staatsgebiet südlich davon stehen reiche Wasserressourcen, nämlich 81% der Gesamtchinas, zu Verfügung, obwohl die Gebiete nur 36,5 % der Bodenfläche des ganzen Lands ausmachen. Dagegen besitzt das Einzugsgebiet Huaihe und der Bereich nördlich davon 63,5% der Bodenfläche Chinas, aber nur 19% der Wasserressourcen. Im Osten und Süden wird das Festland Chinas von dem Meer begrenzt. Die 18000 km lange Küstenlinie, ist zerklüftet mit vielen Buchten und Häfen. [L-8]

Ein großes Problem ist außerdem, dass Südchina häufig von Überschwemmungen, Nordchina dagegen oft von Dürren wegen fehlender Niederschläge betroffen sind. [L-8]

2.2 Bevölkerung

China führte seine 5. nationale Volkszählung am 1. November 2000 durch. Laut den neuesten Statistiken hat China insgesamt 1,29533 Milliarden Menschen. Diese Zahl verteilt sich auf 22 Provinzen (Anhui Fujian Gansu Guangdong Guizhou Hainan Hebei Heilongjiang Henan Hubei Hunan Jiangsu Jiangxi Jilin Liaoning Qinghai Shaanxi Shandong Shanxi Sichuan Yunnan Zhejiang), 5 autonomen Regionen (Guangxi Innere Mongolei Ningxia Tibet Xinjiang) und 4 regierungsunmittelbaren Städte (Beijing, Chongqing, Shanghai, Tianjin). Die Gesamtbevölkerung gliedert sich in Stadtbevölkerung (36,09%), Landbevölkerung (63,91%). Die

Provinz Taiwan, Inseln Jinmen und Mazu der Provinz Fujian, sowie Sonderverwaltungszone Hong Kong und Macao sind dabei nicht berücksichtigt.

Im Vergleich zu den 1,13368 Milliarden Menschen bei der 4. nationalen Volkszählung am 1. Juli 1990 hat die Bevölkerungszahl um 11,66% zugenommen. Dies bedeutete einen jahresdurchschnittlichen Zuwachs von 12,79 Millionen Menschen. [L-32]

Die Volksrepublik China weist eine Bevölkerungsdichte von etwa 136 Einwohnern pro Quadratkilometer auf. Aus Abbildung 2-1 kann man erkennen, dass der größte Teil der Bevölkerung in den Küstenregionen lebt. [L-50]

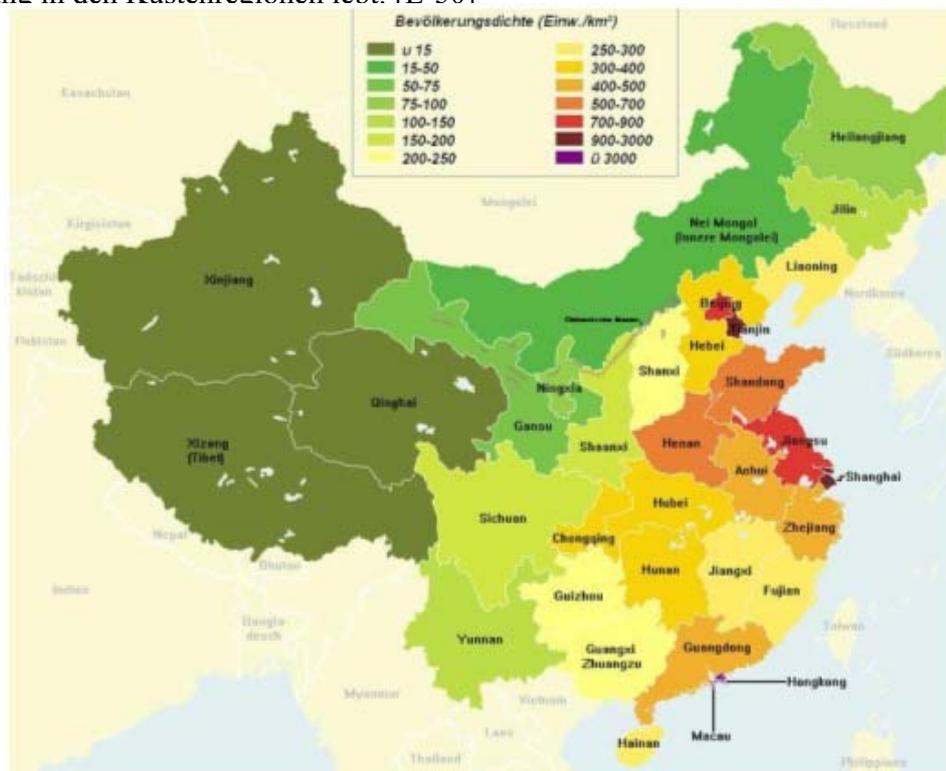


Abb.2-1: die Bevölkerungsdichte in den Provinzen Chinas
(Quelle: [L-50] Volksrepublik_China)

2.3 Die chinesischen Städte

Um die wirtschaftliche Produktivität zu erhöhen und eine gleichmäßige Verteilung der Bevölkerung zu erreichen, verfolgt die chinesische Regierung folgenden politischen Kurs: Strenge Einschränkung des Zuzugs in die Großstädte und gezielte Entwicklung der Mittelstädte und Kleinstädte. Im „Gesetz über die chinesische städtische Planung“ (01.Apr.1990, *Ministry of Construction P.R.China*) wurde dieser Kurs festgelegt. Als Großstädte bezeichnet man Städte, deren Einwohner (inklusive Vorstädte) 500.000 übersteigen. Die Einwohnerzahl (nichtlandwirtschaftlich) einer mittleren Stadt liegt zwischen 200.000 und 500.000 und als

Kleinstädte bezeichnet man Städte, deren nichtlandwirtschaftlich tätige Einwohner unter 200.000 liegen.

Das „*Ministry of Construction P.R.China*“ (Bauministerium) verkündete über den Zustand der chinesischen städtischen Entwicklung am 9.Nov.2005: „ In China existieren heute 661 Städte. Seit 1978 ist die Stadtentwicklungsquote von 17,90% auf 41,8% gestiegen. Die Zahl der nichtlandwirtschaftlich tätigen Einwohner ist von 0,17 Milliarden auf 0,54 Milliarden gestiegen. Während die Anzahl der Städte steigt, steigt auch die Größe der Städte. Von 1978 bis 2003 ist die Zahl der Millionenstädte von 13 auf 49- die Zahl der Mittelstädte von 27 auf 78- und die Zahl der kleinen Städte von 115 auf 320 gestiegen. Die städtische Bevölkerungsdichte beträgt durchschnittlich 870 Personen pro Quadratkilometer.“ [L-53]

2.4 Abwasseranfall und Reinigungsrate

Die anfallende Abwassermenge (ohne Kühlwasser und Bergbau) verteilt sich auf Industrie, Gewerbe und Haushalt. Da zahlreiche chinesische Städte Industriestädte sind, ist in ihrem „städtischen Abwasser“ ein großer Anteil Industrieabwasser enthalten. In 2004 betrug die anfallende Abwassermenge Chinas 69,3 Milliarden m³, davon 2/3 industrielles Abwasser. [L-55] Ende 2004 wurde 45,7 % des städtischen Abwassers gereinigt. Diese gereinigte städtische Abwassermenge betrug im Jahr 2004 ca. 16,3 Milliarden m³. Von den 661 Städten waren 297 Städte, davon sogar 8 Großstädte mit Einwohnern von mehr als 500.000, ganz ohne Abwasserreinigungsanlage. [L-54]

Wegen der Forderung der Regierung zum Wassersparen wurden im Jahr 2005 in China nur mehr 52,45 Milliarden m³ Abwasser produziert. Obwohl diese Zahl deutlich geringer als 2004 ist, ist das dennoch nicht unbedingt ein Erfolg: Mehr als die Hälfte der Städte und fast alle Gemeinden haben das Abwasser völlig ungeklärt direkt ins Gewässer bzw. in die Umwelt abfließen lassen. [L-10]

2.5 Gewässer und ihr Zustand

2.5.1 Zusammenfassung über die chinesischen Wasserressourcen

China gilt als ein Land, das unter Wassermangel leidet. Landesweit gibt es mehr als 400 wasserarme Städte, 110 davon zählen zu denen mit schwerem Wassermangel. [L-33]

2003 betrug die Gesamtmenge der Wasserressourcen (Gesamtmenge der Oberflächenwasserressourcen und Grundwasser) in China 2746,02 Mrd. m³. (Daten von *National Bureau of Statistics of China*, siehe Tabelle 2-1) Die Gesamtmenge der Oberflächenwasserressourcen ist mit der natürlichen Wassermenge des Flusses ausgedrückt, und bezieht sich auf das dynamische

Wasservolumen vom Oberflächenwasserkörper (Flüsse, Seen usw.), das sich durch den lokalen Niederschlag bildet und sich Jahr für Jahr erneuern kann. [L-55]

Obwohl die Menge der Wasserressourcen Chinas in der Welt den 6. Platz einnimmt, stehen aufgrund der großen Einwohnerzahl den Menschen in China nur ein Viertel der Wassermenge zur Verfügung wie dem Weltdurchschnitt. Nach Berechnungen betrug der Pro-Kopf-Anteil an den Wasserressourcen in China nur 2131,3 m³. Schätzungen zufolge wird bis zum Jahr 2030, wenn Chinas Bevölkerungszahl 1,6 Mrd. betragen wird, der Pro-Kopf-Anteil an Wasserressourcen nur noch bei 1700 m³ liegen, was sich der international anerkannten Wassermangelgrenze annähert. Dies berichtet die chinesische Nachrichtenagentur Xinhua am 07.06.2002. [L-56] [L-57]

Tabelle 2-1: Überblick der chinesischen Wasserressourcen

Index	Einheit	2000	2001	2002	2003
Gesamtmenge der Wasserressourcen	Mrd. m ³ /Jahr	2770,1	2686,8	2826,1	2746,0
Gesamtniederschlagsmenge	Mrd. m ³ /Jahr	6009,2	5812,2	6261,0	6041,5
Pro-Kopf-Anteil an Wasserressourcen	m ³	2193,9	2112,5	2207,2	2131,3

(Quelle: National Bureau of statistics of China

URL:http://www.stats.gov.cn/tjsj/qtsj/hjtjzl/hjtjsj2003/t20050706_402260954.htm)

2.5.2 Die fünf Gewässergüteklassen in China

Gemäß dem staatlichen Standard „Environmental quality standards for surface water“ (GB3838-2002) wird der Zustand von Oberflächengewässern (als Nutzwasser verwendbare Flüsse, Seen, Kanäle, Bäche, Stauseen usw.) in der Volksrepublik China in folgende 5 Gewässergüteklassen eingeteilt: [R-3]

Güteklasse I: Ursprungsquellen und Gewässer in staatlichen Naturschutzgebieten

Güteklasse II: Schutzgebiete für die zentrale Wasserversorgung mit Oberflächenwasser, Wasserlebensräume für Haltung von hochgeschätzten Tierarten (Aquaculture, z.B.: Flusskrebse, Fische, Muscheln aber auch Seetang).

Güteklasse III: Schongebiete für die zentrale Wasserversorgung mit Oberflächenwasser, Fischereiwasser und Schwimmbereich für Menschen.

(weiterer Umkreis für Wasserversorgung als bei II)

Güteklasse IV: allgemein industriell benutzte Wasserquellen und Wassergebiete, zur Unterhaltung ohne direkte menschliche Berührung (z.B.: Bootfahren).

Güteklasse V: Wassergebiete für landwirtschaftliche Nutzung und natürlich aussehende Gewässer (zum ausschließlichen „optischen Genuss“, also zum Genießen der Aussicht).

Gemäß obigen fünf Güteklassen unterteilen sich die Werte für die Qualitätsstandards des Oberflächenwassers in folgende fünf Kategorien (I. bis V.) mit jeweils eigenen Grenzwerten für die Qualitätsstandards des Oberflächenwassers.

Tabelle 2-2 :Grenzwerte im Standard der Oberflächenwasserqualität (Einheit: mg/l)

No.	Parameter	China GB3838-2002					Österreich 96. Verordnung
		I. Klasse	II. Klasse	III. Klasse	IV. Klasse	V. Klasse	
1	Wassertemperatur (°C)	Durchschnittliche wöchentliche Wassertemperaturunterschiede durch menschliche Aktivitäten $2^{\circ}\text{C} \leq \Delta T \leq 1^{\circ}\text{C}$					
2	pH-Wert	6 - 9					
3	Gelöster Sauerstoff \geq	7,5 (oder 90 % Sättigung)	6	5	3	2	
4	KMnO ₄ \leq	2	4	6	10	15	
5	CSB \leq	15	15	20	30	40	
6	BSB ₅ \leq	3	3	4	6	10	
7	NH ₄ -N \leq	0,15	0,5	1	1,5	2	siehe Gleichung (1)*
8	P _{ges} \leq	0,02(See, Stausee, Talsperre 0,01)	0,1 (See, Stausee, Talsperre 0,025)	0,2 (See, Stausee, Talsperre 0,05)	0,3 (See, Stausee, Talsperre 0,1)	0,4 (See, Stausee, Talsperre 0,2)	
9	N _{ges} \leq	0,2	0,5	1	1,5	2	
10	Kupfer \leq	0,01	1	1	1	1	0,0088 (>100 mg CaCO ₃ /l)
11	Zink \leq	0,05	1	1	2	2	0,052 (>100 mg CaCO ₃ /l)
12	Fluor \leq	1	1	1	1,54	1,5	1
13	Selen \leq	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,0053
14	Arsen \leq	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,024
15	Quecksilber \leq	0,00005	0,00005	0,0001	0,001	0,001	0,001
16	Cadmium \leq	0,001	0,005	0,005	0,005	0,01	0,001
17	Chrom ⁶⁺ \leq	0,01	0,05	0,05	0,05	0,1	0,0085
18	Blei \leq	0,01	0,01	0,05	0,05	0,1	0,0108
19	Zyanid \leq	0,005	0,05	0,2	0,2	0,2	
20	Phenol \leq	0,002	0,002	0,005	0,01	0,1	
21	Erdöl \leq	0,05	0,05	0,05	0,5	1,0	
22	Lineare Alkylbenzolsulfate \leq	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	
23	Sulfide \leq	0,05	0,1	0,2	0,5	1	
24	E.coli-Keimzahl (Stück/Liter) \leq	200	2000	10000	20000	40000	

* Gleichung (1):

$$UQN \text{ N-NH}_4 = (14.425/(1+10^{(7.688-pH)}) + 621.75/(1+10^{(pH-7.688)})) \cdot \min(2.85, 1.45 \cdot 10^{0.028 \cdot (25-T)})$$

Darin bedeuten:

UQN N-NH₄: Umweltqualitätsnorm für Ammonium (als N-NH₄ in µg/l)

pH: pH-Wert

T: Temperatur in °C

Im Vergleich mit Österreich:

Die Grenzwerte für den guten chemischen Zustand bzw. eine chemische Komponente des zu erreichenden guten ökologischen Zustandes sind aus der österreichischen Verordnung „Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer“ in der Tabelle 2-2 Spalte 8 gezeigt. Diese Verordnung trat am 1. April 2006 in Kraft. [R-5]

2.5.3 Die sieben wichtigsten Flusssysteme und ihre Zustände

Die sieben wichtigsten chinesischen Flusssysteme sind der Yangtse (Changjiang, bedeutet langer Fluss), der Gelbe Fluss (Huanghe), der Perlfluss und die Flüsse Songhuajiang, Liaohe, Haihe und Huaihe, die alle in den Stillen Ozean münden. Ihre Gesamtmengen an Wasserressourcen sind in der Tabelle 2-3 gezeigt.

Tabelle 2-3: Gesamtmenge der Wasserressourcen in verschiedenen chinesischen Flusseinzugsgebieten im Jahr 2003

Einzugsgebiete	die Gesamtmenge der Wasserressourcen [Mrd. m ³]	Länge der Hauptflüsse [km]	Gesamtflusslänge der Einzugsgebiete [km]
Ganz China	2746,00		134.593
Der Fluss Songhuajiang	142,40	4350 (3101km in China)	11.135
Der Fluss Liaohe	34,52		4.529
Der Fluss Haihe	32,11		10.719
Der Gelbe Fluss (Huanghe)	82,73	5464	13.721
Der Fluss Huaihe	185,16		11.621
Der Yangtse (Changjiang)	1006,48	6300	38.513
Andere Flüsse im Südosten	131,24		5.590
Der Perlfluss	417,22	2214	16.061
Andere Flüsse im Südwesten	577,16		11.479
Andere Flüsse im Nordwesten	136,98		11.225

(Quelle: National Bureau of statistics of china

URL: http://www.stats.gov.cn/tjsj/qtsj/hjtjzl/hjtjsj2003/t20050706_402261010.htm)

Der 6.300 Kilometer lange Yangtse ist Chinas längster Fluss. Wegen des warmen Klimas und des reichen Niederschlags ist die Region am Mittel- und Unterlauf des Yangtses ein wichtiges Agrargebiet in China. Der Gelbe Fluss ist mit einer Länge von 5.464 Kilometern der zweitlängste Fluss Chinas. In seinem Einzugsgebiet, einst Wiege der alten chinesischen Zivilisation, gibt es üppige Weideplätze und reiche Vorkommen an Bodenschätzen. Heutzutage ist hier aber auch eine hohe Konzentration an Industrie lokalisiert. Diese beiden wichtigste Flüsse Chinas entspringen auf der Qinghai-Tibet-Hochebene, nahe der westlichen Grenze Chinas und fließen von Westen nach Osten durch ganz China. [L-50]

Wegen des hohen wirtschaftlichen Entwicklungstempos sowie der Verstädterung und Industrialisierung kommt es zu einer Verschlimmerung der Flusswasserverunreinigung sowie zu einer Eutrophierung der wichtigen Seen und der Verunreinigung des städtischen Grundwassers. Die Verstädterung hat die Flusswasserqualität, vor allem der nordöstlichen chinesischen Flüsse Haihe, Luanhe, Huaihe und des gelben Flusses, besonders negativ beeinflusst, da diese Flüsse nur relativ wenig Wasserressourcen erhalten und ihre Selbstreinigungsfähigkeit schwach ist. Im Vergleich zu Nordchina sind die Wassermengen der südchinesischen Flusseinzugsgebiete viel größer und die Selbstreinigungsfähigkeit stärker. Deswegen ist die Wasserqualität der südchinesischen Flüsse im Allgemeinen relativ besser.

2005 ließ die chinesische Regierung 175 Nebenflüsse und 345 Flussabschnitte der sieben großen Flusssysteme Chinas jeweils an den Provinzgrenzen, wo sich die staatlichen Kontrollstationen befinden, untersuchen. Gemäß dem staatlichen Standard „*Environmental quality standards for surface water*“ (GB3838-2002) ergab sich, dass 9% die Wasserqualität der ersten Klasse, 17,7% die der zweiten Klasse, 20% die der dritten Klasse, 16,2% die der vierten Klasse, 8,7% die der fünften Klasse und 28,4% noch schlechter erreichten. (Abb.2-2) Das bedeutet, dass die chinesische Bevölkerung über 53% der Wasserressourcen in ihrem Alltagsleben nicht mehr benutzen kann.

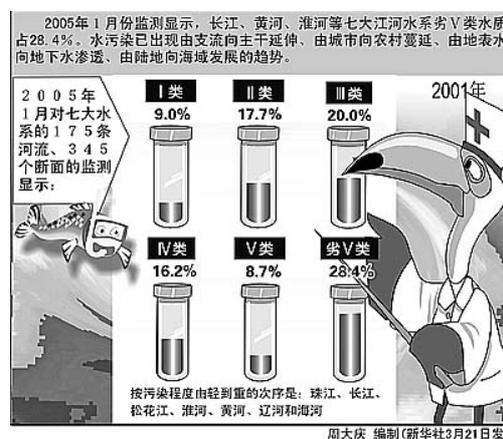
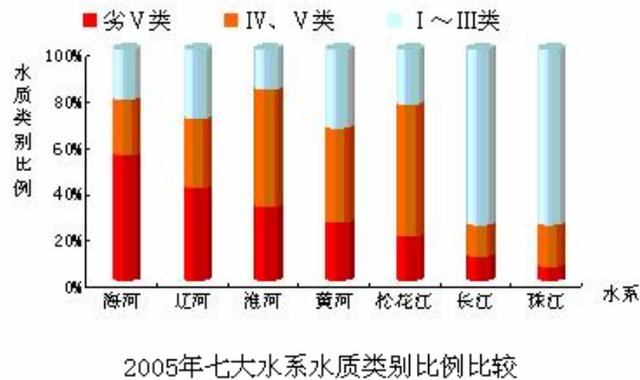


Abb.2-2: Kompilation über die Wasserqualitätssituation der sieben wichtigsten chinesischen Flusssysteme (Quelle: die Volkszeitung, am 22.03.2005 Seite 6)

Die Reihenfolge der 7 größten Flüsse geordnet nach ihrem Verunreinigungsgrad von leicht zu besonders schwer ergibt sich wie folgt: der Perlfloss, der Yangtze, der Songhua Fluss, der Huaihe Fluss, der Gelbe Fluss, der Liaohe Fluss und der Haihe Fluss. (Abb.2-3) Die Chronologie der Wasserverunreinigung besteht darin, dass sich die Verschmutzung, von den Nebenflüssen langsam zum Hauptfluss hin verlagert, von den Städten zu den Dörfern, vom Oberflächenwasser ins Grundwasser, und sich schließlich vom Land auf das Meer ausbreitet.



■ unterhalb der V. Klasse ■ Klasse V. IV ■ Klasse I.- III.

Abb.2-3: Vergleich der Wasserqualität der 7 größten Flüsse, geordnet nach ihrem Verunreinigungsgrad (von links nach rechts: Haihe Fluss, Liaohe Fluss, Gelbe Fluss, Huaihe Fluss, Songhua Fluß, Yangtze, Perlfuß)

(Quelle: URL: http://www.sepa.gov.cn/plan/zkgb/05hjgb/200607/t20060727_91443.htm)

Zu den Hauptverschmutzungskomponenten der sieben Flüsse gehören unter anderem Erdöl-Stoffe, Mangel von Sauerstoff, Ammoniak- und Stickstoffverbindungen, organische Verunreinigungen, Phenolverbindungen sowie Nitrat. Dies berichtete die chinesische Nachrichtenagentur „Xinhua“ am 22.03.2005.

Der Gelbe Fluss ist die wichtigste Wasserquelle in Nordchina. Dennoch ist er seit den 1990er Jahren mindestens viermal schwer verschmutzt worden. Abgesehen von einigen wenigen Abschnitten am Oberlauf des Gelben Flusses, dessen Wasserqualität die dritte Gewässergüteklasse erreicht, entspricht die Wasserqualität der anderen Flussabschnitte das ganze Jahr hindurch nur der vierten bzw. der fünften Gewässergüteklasse.

Der Vize-Bauminister Qiu Baoxing sagte: „Die Abwassereinleitung ohne Entsorgung hat zur Verunreinigung von 90% der Flüsse, die Städte durchfließen und zur Eutrophierung von 75% der Seen sowie zum Wassermangel wegen schlechter Wasserqualität in vielen Städten geführt. Das Problem wird immer schlimmer“. [L-58]

2.5.4 Süßwasserseen und ihr Zustand

China besitzt mehr als 2300 natürliche Seen mit Oberflächen jeweils größer als 1 km². Ihre Gesamtoberfläche beträgt 70988 km², was ungefähr 0.8% der Bodenfläche des ganzen Landes ist. Die Seen speichern mehr als 707 Milliarden Kubikmeter Wasser. Das potentielle Trinkwasserreservoir ist jedoch durch Eutrophierung bedroht. In China ist die Eutrophierung bereits jetzt ein großes Problem. [L-19]

Die Bewertungsparameter für Eutrophierung lauten: Chlorophyll a, Gesamtphosphor (P_{ges}), Gesamtstickstoff (N_{ges}), Grad der Lichtdurchlässigkeit (SD), COD_{Mn} . [L-18] Falls Gesamtstickstoff > 0,2-0,3mg/l, Gesamt-Phosphor >0,01-0,02mg/l und BSB>10mg/l sowie Chlorophyll a>10µg/l (bei pH 7-9) im Gewässer gleichzeitig vorhanden sind, sieht man in China ein Gewässer als eutrophiert an. [L-19]

Poyang See, Dongting See, Tai See, Hongze See, und Chaohu See sind die fünf größten Süßwasserseen Chinas. Im Jahr 2005 erfüllten von 28 der staatlichen Seen und Stauseen nur zwei die Gewässergüteklasse II, (7%); Sechs erfüllten Gewässergüteklasse III, (21%); Tai See, Kunming See und der See Chaohu haben Gewässergüteklasse V. Sie sind stark eutrophiert. Ihr Wasserzustand ist in der Tabelle 2-4 gezeigt.

Tabelle 2-4: Wasserzustand der Teile von bedeuteten chinesischen Seen

Name	Provinz	Oberfläche (km ²)	Chlorophyll a (mg/m ³)	COD_{Mn} (mg/l)	N_{ges} (mg/l)	P_{ges} (mg/l)	SD(m)	Güteklasse
Chaohu See	Anhui	753	4,71	5,51	3,5	0,26	0,39	<V
Stausee Miyun	Beijing		0,00151	2,5	0,62	0,018	2,5	III
Tai See	Jiansu, Zhejiang	2338	18,1	4,31	2,41	0,069	0,357	IV
DongtingSee (Nord)	Hunan	2740		2,9	1,97	0,12		V
DongtingSee (Süd)	Hunan			3,1		0,08		IV
Tausend Insel See	Zhejiang			1,47	0,48	0,01		II

(Quelle: National bureau of statistics of China

URL: http://www.stats.gov.cn/tjsj/qtsj/hjtjzl/hjtjsj2003/t20050706_402261033.htm

2.6 Wasserpreise

Um den alltäglichen Betrieb der Kläranlagen zu garantieren wurde es im Staatsrecht festgelegt, dass die Abwasserbehandlungskosten in der allgemeinen Wassergebühr enthalten sind.

Die Wasserpreise in China sind zusammenfassende durchschnittliche Preise, wobei die Trinkwassergebühren die Kosten für die Wassergewinnung und Wasserverteilung, sowie auch Abwassergebühren für die Abwasserbeseitigung enthalten. In China nennt man obige zusammenfassende Wasserpreise nur „Trinkwasserpreise“. Wenn nicht anders angegeben, sind diese „Trinkwasserpreise“ durchschnittliche Preise von gewerblichem, industriellem und Haushalts- Brauchwasser.

Die Trinkwasserpreise sind in jeder Provinz und sogar in jeder Stadt unterschiedlich. Eine Gemeinsamkeit aller Städte ist allerdings, dass der Preis für das Trinkwasser schon mehrmals erhöht wurde und in Zukunft weiter steigen wird. So beträgt der zusammenfassende durchschnittliche Wasserpreis seit Juli 2004 in Beijing ca. 0,5 €/m³. Haushalte bezahlen für Trinkwasser ca. 0,37 €/m³, dazu kommt eine Abwassergebühr von ca. 0,09 €/m³. Industrie und beispielsweise Krankenhäuser bezahlen deutlich mehr. [L-59] Zwar werden in China Abwassergebühren erhoben, diese sind aber immer noch sehr niedrig. Um das Betriebsziel „Kostendeckung mit geringfügigem Gewinn“ zu erreichen, müssten die Abwassergebühren mindestens 0,06 bis 0,08 €/m³ betragen, damit eine Kläranlage überhaupt finanziert werden kann. Wenn zusätzlich die Kosten der Kanalisation dazugerechnet werden, sollten die Abwassergebühren also mindestens 0,08 bis 0,12 €/m³ betragen. Diese Beträge werden höchstens in den größten Großstädten (z.B. Beijing, Shanghai) tatsächlich erhoben (Beispiel für Beijing). Im Juni 2005 betrug die Abwassergebühr in ca. einem Viertel aller chinesischen Städte mit Kläranlage weniger als 0,03 €/m³. [L-54]

Bemerkung: Bei der Währungs-Umrechnung in Euro wurde davon ausgegangen, dass ca. 10 RMB einem Euro entsprechen. Im Jahr 2004 betrug die zusammenfassenden durchschnittlichen Gebühren für ganz China pro m³ Wasser nur 0,28 €. Durch die Abb.2-4 kann man einen Überblick über den weltweiten Wasserpreis erhalten.

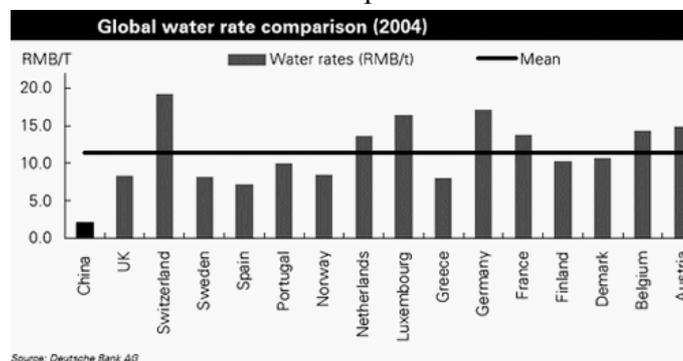


Abb.2-4: weltweiter Wasserpreisvergleich (Quelle: The CIA World Factbook 2004,

URL: http://www.cnr.cn/metro/tuijian/t20040801_504043545.html)

Kapitel 3

Gesetzliche Grundlagen

Genauso wie im deutschsprachigen Raum gibt es auch in China zahlreiche Gesetze, Richtlinien und Standards über den Umweltschutz und die Bekämpfung der Wasserverschmutzung. Abwassereinigungsanlagen (Kanalnetze, Kläranlagen) müssen auch nach anerkannten Richtlinien, nach detaillierten Standards und Regeln der Technik geplant, gebaut und betrieben werden.

3.1 Rechtsgrundlagen und Systematik im Wasserrecht.

3.1.1 Erklärungen des gesetzlichen Systems in China

In der Verfassung der VR. China §26 wird mit höchster Rechtskraft klar geregelt, dass die Nation für den Schutz und die Verbesserung der Lebensumgebung und der ökologischen Umgebung, sowie für die Verhinderung der Verunreinigung und der Klimaschädigungen verantwortlich ist. [R-1]

Der Nationale Volkskongress (NVK) ist das höchste gesetzgebende Staatsorgan in China. Seit 1949 hat der NVK auf seinen Sitzungen 9 Gesetze über den Umweltschutz und 15 Gesetze über den Naturschutz beschlossen. Zu diesen gehört das am 1. Oktober 2002 in Kraft getretene „Wassergesetz der V.R. China“ (*Water Law of The People's Republic of China*) und „das Gesetz der V.R. China zur Vermeidung und Bekämpfung der Wasserverschmutzung“ (*Law of the People's Republic of China on the Prevention and Control of Water Pollution*, 15.5.1996).

Der Staatsrat der VR. China wird vom NVK gewählt. Als das höchste chinesische Regierungsorgan ist es auch gleichzeitig das zentrale Verwaltungsorgan. Die mehr als 50 Richtlinien und Vorschriften sowie „Verwaltungsbestimmungen für die Erhebung und Verwendung von Emissionsgebühren“ (*Provisions of the People's Republic of China on the Prevention and Control of Vessel Pollution of the Inland Water Environment*) und „Durchführungsbestimmungen zum Gesetz der V.R. China zur Vermeidung und Bekämpfung der Wasserverschmutzung“ (*Detailed Rules for the Implementation of the Law of the People's Republic of China on the Prevention and Control of Water Pollution*) sind vom Staatsrat formuliert oder revidiert worden.

Gemäß der verliehenen Kompetenz haben die Ministerien und die lokalen Volksregierungen aller administrativen Ebenen ca. 660 weitere Richtlinien und Regelungen, wie z.B.: „Verwaltungs-Kontrollbestimmungen für den Bau der Wasserbehandlungsanlage Beijing“ und „Richtlinie zur Vermeidung und Bekämpfung der Wasserverschmutzung in Einzugsgebiet des Gelben-Flusses in

der Provinz Henan“, formuliert und verkündet, damit die Gesetze und die Vorschriften des Staats in jeder Branche , in jeder Provinz und sogar in jeder Stadt durchgeführt werden können.

3.1.2 Liste der in Kraft getretenen gesetzlichen Grundlagen

Die Gesetze, die Richtlinien und die Bestimmungen über chinesische städtische Abwasserbehandlung sind wie folgend in der Tabelle 3-1 aufgeführt (Falls englische Namen neben chinesischen Titeln vorhanden sind, wurden sie auch dazu geschrieben):

3.2 Verwaltungs- und Überwachungssystem für die chinesische städtische Abwasserreinigung

Das chinesische Verwaltungs- und Überwachungssystem der Wasserverschmutzung basiert auf der Arbeitsaufteilungsvorschrift des Staatsrats und unterliegt dem „Gesetz über Stadtplanung“ beziehungsweise dem „Gewässergesetz der V.R. China“.

Die Verwaltung wird in drei Hierarchieebenen gegliedert. Auf der obersten Stufe steht der Staatsrat; auf der zweiten Stufe stehen die Provinzen, die autonomen Gebiete und die regierungsunmittelbaren Städte; auf der dritten Stufe sind die Kreise und die Land- Gemeinden. Auf jeder Stufe wird eine Administration eingerichtet.

Im § 12 des Wassergesetzes der V.R. China wird geregelt, dass die Behördenstruktur für den Wasserschutz unterhalb des Staatsrates als höchstem chinesischem Exekutivorgan zuständig sei [R-2] und auf zwei Pfeilern errichtet ist:

- Zum einen sind dies die umweltrelevanten Behörden, d.h. die Volksregierungen aller Ebenen.
- Zum anderen sind dies die umweltspezifischen Behörden, d.h. das Umweltschutzministerium (SEPA) und dessen hierarchisch untergeordnete lokale Umweltschutzbüros auf Provinz- und Stadtebene. Diese können jedoch auch eigene Umweltstandards setzen, Umweltmessungen durch die lokalen Messstationen durchführen sowie Umweltverschmutzungsunfälle untersuchen. [L-31]

Die Überwachung der Abwasserreinigungsanlagen der unabhängigen Stadtunternehmen in Industrie und Bergwerksindustrie wird prinzipiell von der eigenen Administration durchgeführt. Während der Bau- und Betriebsphase werden solche Kläranlagen aber auch von den gleichrangigen Stadt-Umweltschutzabteilungen und -Bauabteilungen geleitet.

Tabelle 3-1 : Liste der gesetzlichen Grundlagen über chinesische städtische Abwasserbehandlung

Name	Datum			
	Organ	Bekanntmachung	in Kraft getretenen	Neufassung
Wassergesetz der V.R. China 中华人民共和国水法 <i>(Water Law of The People's Republic of China).</i>	NVK	21.1.88	1.10.2002	29.08.02
Gesetz der V.R. China zur Vermeidung und Bekämpfung der Wasserverschmutzung 中华人民共和国水污染防治法 <i>(Law of the People's Republic of China on the Prevention and Control of Water Pollution)</i>	NVK	11.5.84	1.11.1984	15.05.96
Durchführungsbestimmungen zum Gesetz der V.R. China zur Vermeidung und Bekämpfung der Wasserverschmutzung 中华人民共和国水污染防治法实施细则 <i>(Detailed Rules for the Implementation of the Law of the People's Republic of China on the Prevention and Control of Water Pollution)</i>	Staatsrat	12.7.89	1.9.1989	10.3.00
Gesetz der V.R. China zum Schutz der Umwelt 中华人民共和国环境保护法	NVK	16.12.89	16.12.1989	
Gesetz der V.R. China zur Vermeidung und Bekämpfung der Umweltverschmutzung 中华人民共和国环境污染防治法	NVK	30.10.95	30.10.1995	
Die technische Richtlinie über die Behandlung des städtischen Abwassers 城市污水处理及污染防治技术政策	State Environmental Protection Agency	29.5.00	29.5.2000	-
Bestimmungen zur Umweltschutzverwaltung in den Schutzgebieten der Trinkwasserquellen 饮用水水源保护区污染防治管理规定	SEPA	10.7.89	10.7.1989	-
Verwaltungsbestimmungen zur Erlaubnis der städtischen Abwassereinleitung 城市排水许可管理办法	SEPA	20.5.94	20.5.1994	
Überwachungs- und Verwaltungsbestimmungen zum Umweltschutz der Abwasserreinigungsanlagen 污水处理设施环境保护监督管理办法	SEPA	9.5.88	9.5.1988	
Verwaltungsbestimmungen zum städtischen Wasserpreis 城市供水价格管理办法	SEPA	23.9.98	23.9.1998	29.11.04
Verwaltungsbestimmungen für die Erhebung und Verwendung von Emissionsgebühren 排污费征收使用管理条例	Staatsrat	2.1.03	1.7.2003	

(Quelle: URL: <http://vip.chinalawinfo.com/Newlaw2002/ch/>)

3.3 Standards für die chinesische Abwasserreinigung

3.3.1 Überblick über Standards für den chinesischen Gewässerschutz

Die Standards der Gewässerqualität (Tabelle 3-2) sind ein wichtiger zusätzlicher Bestandteil des Nationalwassergesetzes und Nationalumweltschutzgesetzes. Sie besitzen die gesetzliche Verwaltungshoheit. Die Naturgewässer sind wichtige Ressourcen der Menschen. So steht im Gesetz der V.R. China zum Schutz der Umwelt geschrieben: „Schutz der Gewässer, wie der Flüsse, der Seen, und der Stauseen sowie des Meers: Wahren der Wasserqualität.“ Demzufolge muss die Abwasserqualität gemäß dem Wasserschutzstandard vor der Ableitung in die Gewässer streng kontrolliert werden.

Das chinesische Standardsystem zum Gewässerschutz umfasst „Fünf Kategorien und Drei Stufen“. Der nationale Wasserqualitätsstandard, der Emissionsstandard und der Wasserumwelthygienestandard sind obligatorische Standards, während die anderen Standards (Standards über Überwachung und Prüfung, Probenahmestandards usw.) nur Empfehlungsfunktion ausüben. [L-3]

Die staatlichen Standards sind alle mit den Buchstaben „GB“ bezeichnet. Bis Ende Juli 2002 wurden 370 Nationalwasserumweltstandards (exklusiv des Wasserumwelthygienestandards) vom staatlichen Umweltschutzministerium (*State Environmental Protection Agency*) verkündigt. Sie machen 64,8% der gesamten Nationalwasserumweltstandards aus. Es ist offensichtlich, dass der Wasserumweltstandard eine wichtige Rolle unter den gesamten Umweltschutzstandards spielt. Dabei ist zu unterstreichen, dass der Probenahmestandard 54 % vom Volumen der Schrift ausmacht, während der eigentliche Emissionsstandard mit seinen 31 % deutlich weniger umfangreich ist. [L-3]

Die Emissionsstandards sind in der Tabelle 3-2 gezeigt. Sie sind vergleichbar mit den Österreichischen Abwasseremissionsverordnungen mit der Richtlinie 91/271/EWG Anhang I und III und der deutschen Abwasserverordnung über die Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer, aufgelistet nach kommunalem Abwasser und Industriebranchen.

3.3.2 Nationale Wasserqualitätsstandards

Alle Länder auf der ganzen Welt legen großen Wert auf die Festlegung der Wasserqualitätsstandards und halten die Festlegung von Wasserqualitätsstandards für eine wichtige Maßnahme zur Kontrolle der Gewässerverschmutzung um die Wasserressourcen zu schützen. „*Environmental quality standards for surface water*“ (GB3838-2002) wurde seit 1983 bereits zum dritten Mal modifiziert.

Tabelle 3-2 : Überblick des chinesischen Wasserqualitätsstandards und Emissionsstandards

Kategorie	Nummer	Name des Standards	Datum
Wasser-qualitäts-standards	GB 3838-2002	Qualitätsstandard für Oberflächenwasser 地表水环境质量标准	1.6.2002
	GB 3097-1997	Qualitätsstandard für Meerwasser 海水水质标准	1.7.1998
	GB/T 14848-93	Qualitätsstandard für Grundwasser 地下水质量标准	1.10.1994
	GB 5084-92	Qualitätsstandard für landwirtschaftliche Bewässerungen 农田灌溉水质标准	1.4.1982
	GB 12941-91	Qualitätsstandard für Erholung 景观娱乐用水水质标准	18.3.1991
	GB 11607-89	Qualitätsstandard für Fischerei 渔业水质标准	5.12.1989
	GB 5749-85	Qualitätsstandard für Trinkwasser 生活饮用水卫生标准	16.8.1985
Emissions-standards	GB 18466-2005	Emissionsstandard für Krankenhäuser 医疗机构水污染物排放标准	1.1.2006
	GB 19821-2005	Emissionsstandard für Brauereien 啤酒工业污染物排放标准	1.1.2006
	GB 19430-2004	Emissionsstandard für Zitronensäure-Herstellung 柠檬酸工业污染物排放标准	1.4.2004
	GB 19431-2004	Emissionsstandard für Glutamat-Herstellung 味精工业污染物排放标准	1.4.2004
	GB 18918-2002	Emissionsstandard aus kommunalen Kläranlagen 城镇污水处理厂污染物排放标准	1.7.2003
	GB 14470.1-2002	Emissionsstandard für TNT-Herstellung 兵器工业（炸药）水污染物排放标准	1.7.2003
	GB 13458-2001	Emissionsstandard für die Ammoniumprodukt-Industrie 合成氨工业水污染物排放标准	1.1.2002
	GB 3544-2001	Emissionsstandard für die Papierindustrie 造纸工业水污染物排放标准	1.1.2002
	GB 18486-2001	Emissionsstandard für Fischverarbeitung 污水海洋处置公正排放标准	1.1.2002
	GB 18596-2001	Emissionsstandard für Tierzucht 畜禽养殖业污染物排放标准	26.11.2001
	GB 8978-1996	integrierter Emissionsstandard 污水综合排放标准	1.1.1998
	GB 15580-1995	Emissionsstandard für Düngemittel-Herstellung 磷肥工业水污染物排放标准	12.6.1995
	GB 15581-1995	Emissionsstandard für Kunststoffindustrie 烧碱聚氯乙烯工业水污染物排放标准	12.6.1996-
	GB 13456-92	Emissionsstandard für die Eisen- und Stahlindustrie 钢铁工业水污染物排放标准	12.5.1992
	GB 13457-92	Emissionsstandard für Fleischerei 肉类加工工业水污染物排放标准	18.5.1992
	GB 4287-92	Emissionsstandard für Textilfabriken 纺织染整工业水污染物排放标准	18.5.1992
	GB 4914-85	Emissionsstandard für die Ölaufbereitung 海洋石油开发工业污染物排放标准	18.1.1985
GB 3552-83	Emissionsstandard für Binnenschiffe 船舶污染物排放标准	9.4.1983	

(Quelle: SEPA. http://www.zhb.gov.cn/tech/hjbz/bzwb/shjhb/shjzlbz/200701/t20070123_100162.htm)

Durch die Festlegung des Wasserqualitätsstandards für die Bewässerung des Ackerlandes und für die Fischerei wird der Grenzwert der sich im Gewässer befindenden Verschmutzungssubstanzen geregelt, um eine adäquate Wasserumweltqualität zu garantieren. Der Teil „die fünf Gewässergüteklassen in China“ ist schon im Kapitel 2.5.2 behandelt worden.

Der Standard GB3838-2002 berücksichtigt sämtliche Eigenschaften der Wasserumwelt. Er ist die Kontrollvorschrift über die Verteilung/Verbreitung der Verschmutzungsquellen, die technischen Anlagen, die für die Verschmutzungsbehandlung relevanten Technologien und wirtschaftlichen Voraussetzungen sowie der gesundheitsschädlichen Substanzen. GB3838-2002 ist das Hauptmittel zur Direktkontrolle der Verschmutzungsquellen und dient als die Grundlage zur Vollstreckung und Ausführung der Umweltschutzpolitik und Umweltvorschriften.

3.3.3 Nationale Emissionsstandards über Einleiten des Abwassers in Gewässer

Das Ziel der Stadtabwasserbehandlung ist es, dass das Abwasser nach der Behandlung den Ableitungsstandard erreicht. Der integrierte Emissionsstandard „*Integrated wastewater discharge standard*“ (GB8978-1996) hat das breiteste Anwendungsgebiet und ist der autoritativste nationale Standard. Er wird bei den sämtlichen Abwasserableitungseinheiten angewendet. Seine Parameter sind aber hauptsächlich auf Industrieabwasser und weniger auf städtisches Abwasser ausgerichtet. Darum enthält er für das städtische Abwasser viel zu viele Parameter. [L-6]

Der Emissionsstandard der Verschmutzungsstoffe für städtische Kläranlagen „*Discharge Standard of pollutants for municipal wastewater treatment plant* „ (GB18918-2002) wurde aus dem Standard GB8978-1996 herausgelöst und hat sich auf den Neubau und Umbau der städtischen Kläranlagen umfassend ausgewirkt.

In diesem Standard werden die Ableitungsstandards für die Wasser- und Luftverschmutzung sowie die verschmutzte Erde umfassend berücksichtigt und in vier Klassen unterteilt, nämlich Klasse IA ,IB, II, und Klasse III. Zum ersten Mal werden die Standards für die Luftverschmutzung und die Erdverschmutzung berücksichtigt.

Bei zwölf Basis-Parametern, die sich auf die menschliche Gesundheit langfristig auswirken, darf das Abwasser nicht verdünnt werden. Der Standard muss im Ablauf der Kläranlage streng eingehalten werden („darf nicht übersteigen“).

Bei sieben Schwermetallsubstanzen gibt es neue zwingende Anforderungen. 43 ausgewählte Parameter werden aufgelistet. Je nach der Industriestruktur und dem Produktionsverhältnis analysiert die örtliche Umweltschutzbehörde die Verschmutzungssubstanzen im Abwasser und kontrolliert gemäß dem Standard die Grenzwerte. Bei den Kläranlagen, die vor dem 01.06.2003

gebaut wurden, wurde der Standard GB 18918-2002 offiziell ab dem 01.01.2006 in Kraft gesetzt; bei den neueren Kläranlagen, die ab Juli 2003 gebaut worden sind, findet er bei Inbetriebnahme sofortige Anwendung. [L-3]

3.3.4 Übersetzung und Erklärung der wichtigen Inhalte im „Discharge standard of pollutants for municipal wastewater treatment plant“ (GB 18918-2002)

Emissionsstandard der Verschmutzungsstoffe für städtische Kläranlagen [R-4]

§1. Anwendungsbereich

Dieser Standard ist der Emissionsstandard für die Behandlung des Abwassers und des Schlammes in städtischen Kläranlagen. Er gilt für die Überwachung, Kontrolle und Verwaltung der Ableitung des Abwassers, der Emission von Abgas und der Entfernung des Schlammes aus Kläranlagen in die Umwelt.

Dieser Standard gilt auch für die Kläranlagen in Stadsiedlungsgebieten, Vororten, Gemeinden und in den Wohnbereichen der Industriegebiete.

§3. Begriffserklärung

- Städtisches Abwasser (*municipal wastewater*)

häusliches oder gewerblich verunreinigtes Wasser aus Haushalten, öffentlichen Einrichtungen, Krankenhäusern, bzw. vorgereinigtes industrielles Abwasser und durch städtische Oberflächen abfließendes Niederschlagswasser, wobei alle durch die Kanalisation gesammelt und transportiert werden.

- Städtische Kläranlage (*municipal wastewater treatment plant*)

die zentrale Kläranlage, die städtisches Abwasser reinigt.

- Verstärkte mechanische Reinigung (*enhanced primary treatment*)

Auf Basis der mechanisch wirkenden Abwasserbehandlungsanlagen, werden physikalisch-chemische oder biologische Vorbehandlungsverfahren angewendet, um die Reinigungswirkung der ersten Stufe zu verbessern und Bau- und Betriebskosten zu sparen. Die häufigen angewendeten Verfahren sind Filtration und chemisches Fälln (CEPT, *Chemically Enhanced Primary Treatment*)

- Verstärkte biologische Reinigung

Biologische Reinigung mit N- und P-Entfernung

§4. Technische Erklärungen

§4.1 Emissionsgrenzwerte der Wasserschadstoffe

4.1.1 Kontrollierende Parameter und Klassifizierung

Auf Grund der Herkunft und Eigenschaft der Schadstoffe im Abwasser werden die kontrollierenden Parameter in zwei Kategorien, nämlich Basis-Parameter-Liste und Auswahl-Parameter-Liste getrennt. Die Basis-Parameter-Liste umfasst 19 Parameter. Sie sind in der Tabelle 3-3 und 3-5 gezeigt. Die Auswahl-Parameter-Liste enthält 43 Parameter, die länger

dauernde Beeinflussung für die Umwelt haben oder die selbst giftige Stoffe sind. Sie sind in der Tabelle 3-6 gezeigt.

Tabelle 3-3: Zulässige Grenzwerte des Ablaufs aus städtischen Kläranlagen, mit Vergleich der österreichischen und deutschen Verordnung

(Basis-Parameter , täglicher durchschnittlicher Wert) Einheit: mg/l

Nr.	Parameter	China				Österreich >50.000 EW	Deutschland >6000kg/d. BSB ₅ (roh)
		I. Klasse	B	II. Klasse	III. Klasse		
		A	B				
1	CSB	50	60	100	120**	75	75
2	BSB ₅	10	20	30	60**	15	15
3	Schwebstoffe (SS)	10	20	30	50**		
4	Öle (tierisch, pflanzlich)	1	3	5	20		
5	Erdöl	1	3	5	15		
6	anionische Detergenzien	0,5	1	2	5		
7	N _{ges.}	15	20	-	-	70%***	13
8	Ammonium - Stickstoff (NH ₄ -N)	5 (8)	8 (15)	25 (30)	-	5	10
9	P _{ges.} vor 31.12.2005 gebaute ab 01.01.2006 gebaute	1 0,5	1,5 1	3 3	5 5	1	1
10	Färbung (Verdünnungszahl)	30	30	40	50		
11	pH-Wert	6-9	6-9	6-9	6-9		
12	E. coli Keimzahl (stück/l)	10 ³	10 ⁴	10 ⁴	-		

* Die Grenzwerte in der Klammer sind bei einer Temperatur größer als 12°C

** Wenn CSB im Zulauf >350mg/l ist, beträgt die Verminderung der CSB-Fracht mindestens 60 Prozent. Wenn BSB₅>160mg/l, beträgt die Verminderung der BSB₅-Fracht mindestens 50 Prozent.

*** Emissionsbegrenzung gilt bei einer Abwassertemperatur größer als 12°C im Ablauf der biologischen Stufe

Klassifizierung [L-2]

Um den Standard zu formulieren wird besonders auf die Behandlungsprozesse und die Emissionen als technische und materielle Grundlagen eingegangen.

Gemäß dem unterschiedlichen Reinigungsgrad der Abwasserreinigungsverfahren und der Klassifizierung des Gewässers, das gereinigtes Wasser aus Kläranlagen ableiten soll, teilt sich der Emissionsstandard in vier Stufen: Stufe I Klasse A, Stufe I Klasse B, Stufe II, Stufe III.

Stufe I Klasse A ist die Mindestanforderung für Brauchwasser bzw. zur Einleitung in Gewässer zur Erholung (Flüsse, Seen), also wiederverwendbares gereinigtes Abwasser. Der entsprechende Reinigungsprozess ist meist eine biologische Reinigung mit weitergehender Reinigung.

Stufe I Klasse B ist die Mindestanforderung für die Einleitung in Gewässer der Güteklasse III aus GB 3838–2002, außer Schwimmgebiete und Quellschutzgebiete des Trinkwassers [R-3], auch Seen bzw. Stauseen. Stufe I Klasse B ist auch für die Einleitung in das Meer mit Meerwassergüteklasse II die Mindestanforderung (GB 3097–1997).

Entsprechender Reinigungsprozess: Biologische Reinigung mit N-, P-Entfernung.

Stufe II ist die Mindestanforderung für die Einleitung in Gewässer mit der Gewässergüteklasse IV und V des Oberflächenwassers und Gewässergüteklasse III und IV des Meerwassers mit Güteklasse III. Diese Stufe ist der meist angewandte Standard für die Ableitung des gereinigten Abwassers aus städtischen Kläranlagen. Entsprechender angewandter Reinigungsprozess: Biologische Reinigung (Belebtschlammverfahren, Umlaufbecken, SBR-Verfahren usw.)

Stufe III ist die Mindestanforderung für die Ableitung aus Kläranlagen in ökonomisch besonders rückständigen Bereichen (keine Wasserschutzgebiete). Entsprechender Reinigungsprozess: verstärkte mechanische Reinigung.

Die Verhältnisse von den Klassifizierungen, Behandlungsverfahren und Gewässergüteklassen sind in Tabelle 3-4 gezeigt.

Tabelle 3-4: Verhältnis zwischen Klasse und Verfahren [L-2]

	Stufe I		Stufe II	Stufe III
	Klasse A	Klasse B		
Verfahren	Weitergehende Behandlung	Verstärkte biologische Reinigung	biologische Reinigung	Verstärkte mechanische Reinigung
Eingeleitetes Gewässer	Wiederverwendung	Güteklasse III. des Oberflächenwassers Güteklasse II. des Meerwassers See, Stausee	Güteklasse IV. des Oberflächenwassers Güteklasse III. des Meerwassers	In ökonomisch besonders rückständigen Bereichen

4.1.2 Grenzwerte der Basis-Parameter

Grenzwerte der Basis-Parameter sind Mindestanforderungen für die Bewilligung der Kläranlagen. Auswahl-Parameter werden von der Umweltschutz-Behörde gemäß dem industriellen Abwasseranteil und der Wasserqualitätsanforderung bestimmt.

In der Emissionsverordnung für kommunales Abwasser (Österreich), BGBl 210/1996 werden die Grenzwerte für die Einleitung des gereinigten Abwassers im Gewässer festgelegt. Die Grenzwerte sind nach Kläranlagengröße in 5 Kategorien geordnet: > 50.000 EW, > 15.000 EW, > 10.000 EW, > 2.000 EW und > 50 EW. Bei der N_{ges} -Entfernung handelt es sich um jährliche Durchschnittswerte. Die Reinigungsanforderungen wurden so festgelegt, dass eine Entfernung von N und P erreicht werden (z.B.: gesamter gebundener Stickstoff durch Reinigung in einer Kläranlage > 5000 EW, und Gesamtphosphor durch Reinigung in einer Kläranlage > 500 EW). [L-11]

In der Verordnung über Anforderung an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Deutschland, BGBl.II.1108.2625) werden die Grenzwerte nach Kläranlagengröße bezogen auf BSB_5 -Wert in 5 Kategorien geordnet: >6000kg/d. BSB_5 , 600-6000kg/d. BSB_5 , 300-600kg/d. BSB_5 , 60-300kg/d. BSB_5 , <60kg/d. BSB_5 [R-6]

In der Tabelle 3-3 wurden die österreichische Grenzwerte für Anlagengrößen größer als 50.000 EW bzw. die deutsche Grenzwerte für Anlagengrößen größer als 6000kg/d. BSB_5 (roh) mit chinesischen Standards verglichen.

Im chinesischen Standard basieren die Grenzwerte auf der Klassifikation des Vorfluters. Es gibt keinen Unterschied für verschiedene Anlagengrößen. Die Entfernung des gesamten gebundenen Stickstoffs wird nur für wiederverwendbares Abwasser gefordert.

4.1.3 Probenahme und Messung

- Nach nationalen Bestimmungen konfigurierte automatische Messgeräte werden für die Proben für die Schadstoffemissionsuntersuchung am Ende der Abflussleitung der KA genommen. Die wichtigsten Parameter wie pH-Wert, Wassertemperatur, CSB sollten automatisch gemessen und durch Computer überwacht werden.
- Die Probenahmefrequenz beträgt mindestens alle 2 Stunden einmal. Sodann wird der tägliche durchschnittliche Wert aus 24 Stunden genommen. (Fließproportionales 24h-sample) Qualifizierte Werte können als Mischung von 5 gelegentlichen Proben innerhalb von 2 Stunden oder als Probe 2h-mixed genommen werden. Die Probenahme ist zu unterschiedlichen Tageszeiten und Wochentagen durchzuführen.

Tabelle 3-5: Zulässiger Konzentrationswert der abgeleiteten Schadstoffe

(Basis-Parameter , tägliche durchschnittliche Werte) Einheit: mg/l

Nr.	Parameter	Grenzwert
1	Quecksilber	0,001
2	Alkylquecksiber	0
3	Cadmium (Cd)	0,01
4	Chrom (Cr)	0,1
5	Cr ⁶⁺	0,05
6	Arsen (As)	0,1
7	Blei (Pb)	0,1

Tabelle 3-6: Zulässiger Konzentrationswert der abgeleiteten Schadstoffe

(Auswahl-Parameter, tägliche durchschnittliche Werte) Einheit: mg/l

Nr.	Parameter	Grenzwert	Nr.	Parameter	Grenzwert
1	Nickel	0,05	23	Trichlorethylen	0,3
2	Beryllium	0,002	24	Tetrachloethylen	0,1
3	Silber	0,1	25	Benzol	0,1
4	Kupfer (Cu)	0,5	26	Toluol	0,1
5	Zink (Zn)	1,0	27	Ethylbenzol	0,4
6	Mangan (Mn)	2,0	28	Orthoxytol	0,4
7	Selen	0,1	29	Paraxytol	0,4
8	Benzol[a]Pyrene	0,00003	30	Metaxytol	0,4
9	Phenol	0,5	31	Chlorbenzol	0,3
10	Cyanid	0,5	32	Orthodichlorbenzol	0,4
11	Sulfid	1,0	33	Paradichlorophen	1,0
12	Formaldehyd	1,0	34	Paranitrochlorbenzol	0,5
13	Anilin	0,5	35	Dinitrochlorbenzol	0,5
14	Methylparathion	2,0	36	Phenolhydroxid	0,3
15	Organische, phosphorhaltige Pestizide	0,5	37	Metakresol	0,1
16	Malathion	1,0	38	2.4-Dichlorophenol	0,6
17	„Leguo“*	0,5	39	Trichlorphenol	0,6
18	Parathion	0,05	40	Dibutylphthalat	0,1
19	Methylparathion	0,2	41	Diäthylphthalat	0,1
20	Pentachlorverbindungen	0,5	42	Acrylnitril	2,0
21	Methylenchlorid	0,3	43	AOX	1,0
22	Tetrachlorkohlenstoff	0,03			

* „Das Obst lacht“: chinesischer Name eines chemischen Mittels gegen Schädlinge

§ 4. 3 Emissionsstandard für Klärschlamm

- Schlämme aus städtischen Kläranlagen sollen stabilisiert werden. Die Anforderungswerte nach der Stabilisierung sind in der folgenden Tabelle 3-7 beschrieben.

Tabelle. 3-7 : Die Anforderungswerte an die Stabilisierung

Arten der Stabilisierung	Kontrollzahl	Entfernungsrate [%]
Anaerobe Faulung	Abbaubare organische Substanz	>40
Aerobe	Organische Abbaurate	>40
	Wassergehalt	<65
Aerobe Kompostierung	Organische Abbaurate	>50
	Todesrate der Wurmeier	>95

- Die Klärschlämme aus städtischen Kläranlagen müssen entwässert werden. Nach der Entwässerung darf der Schlammwassergehalt maximal 80% betragen.
- Für landwirtschaftliche Nutzung dürfen behandelte Klärschlämme folgende Grenzwerte in der Tabelle 3-8 nicht überschreiten und müssen dem Standard GB 4284-84 (*control standard for pollutants in sludges from agricultural use*) entsprechen. Die Schlammproben sollten an unterschiedlichen Ort genommen werden und mindestens ein Kilogramm schwer sein.

Tabelle 3-8: Emissionsgrenzwerte des landwirtschaftlichen genutzten Schlamm

Parameter	Max. Grenzwerte (mg / kg Trockenschlamm)	
	Auf sauren Böden (pH < 6,5)	Auf neutralen/basischen Böden (pH ≥ 6,5)
Cd	5	20
Hg	5	15
Pb	300	1000
Cr	600	1000
As	75	75
Ni	100	200
Zink	2000	3000
Kupfer	800	1500
Bor	150	150
Mineralöl	3000	3000
Benzol[a] Pyrene	3	3
AOX (als Cl)	500	500
PCB	0,2	0,2

3.3.5 Standards vom Bauministerium

3.3.5.1 Überblick

Das Forschungsinstitut der Standards u. der Normen (RISN), im März 1983 gegründet, ist eine gemeinnützige „non-profit“ Institutionsorganisation und dem Bauministerium (MOC)

untergeordnet. Das RISN ist auf dem Feld der Forschung, Organisation und dem Management von Standards und Normen auf dem Feld des Bauingenieurwesens tätig.

Das Forschungsinstitut RISN verfasst nicht nur staatliche technische Richtlinien wie „die technische Richtlinie über die Behandlung des städtischen Abwassers“, sondern auch 280 technische Standards der Bautechnik (Nummer CJ), wie beispielsweise den Standard über den Entwurf der zugehörigen Gebäude der städtischen Kläranlagen (CJ31-89) und weitere 820 bis jetzt verkündete Stadtplanungsproduktstandards (Nummer JG). [L-72]

3.3.5.2 Wasserumweltstandards vom Bauministerium

Das Standardsystem vom Bauministerium zur Wasserumwelt umfasst vier Kategorien, nämlich Wasserqualitätsstandard, Emissionsstandard, Technikstandard und Standards über Überwachung und Analyse. Bis 2002 wurden 96 Standards über Wasserumweltschutz von dem Bauministerium (*State Environmental Protection Agency*) angekündigt. (Siehe Tabelle 3-9)

Tabelle 3-9 : Überblick des Wasserumweltstandards aus dem chinesischen Bauministerium

Kategorie der Standard		Zahl	Beispiel-Namen der Standard	Nummer
Wasserqualitätsstandard		5	Einleitungsstandard des Abwassers in Kanalisation 污水排入城市下水道水质标准	CJ 3082-1999
Emissionsstandard		1	Emissionsstandard des Schlamms aus städtischen Kläranlage 城市污水处理厂污水污泥排放标准	CJ/T 3025-1993
Allegemeiner Standard	Überwachung	54	Standard über Überwachung und Analyse des Trinkwassers 生活杂用水标准检验法 共 16 项指标	CJ/T 49 - 1999
	Regel	7	classified standard for urban water consumption 城市用水分类	CJ/T 3070- 1999
	Bemessung	1	Die Bemessungsregel der Stabilisierungsteich 污水稳定塘设计规范	CJJ/T 54- 1993
	Ausrüstung Geräte	29	Tauchstrom-Pumpe 潜水轴流泵	CJ/T 3060-1996

3.3.5.3 Ableitebedingung für Abwasser in der städtischen Kanalisation

Gemäß des Standards „*Discharge Standard for municipal wastewater*“ von *Ministry of Construction P.R.China* CJ 3082-1999 (am 01.08.1999 in Kraft getreten) dürfen alle städtischen Abwässer nur dann in die Kanalisation eingeleitet werden, falls ihre entsprechenden Konzentrationen den Einleitungsstandard CJ 3082-1999 (siehe Tabelle 3-10) nicht übersteigen. Es ist verboten, giftige Stoffe und Gase, aggressives Wasser, Abfälle, Fäkalien, Schnee in städtische Kanalisation abzuleiten. Die Abwässer mit zahlreiche Keimen, wie beispielsweise aus aus Krankenhäusern, müssen zuerst entgiftet werden.

Tabelle 3-10: Grenzwert für die Ableitung des städtischen Abwassers in die Kanalisation

Nummer	Parameter	Einheit	Zulässiger Konzentrationswert
1	pH-Wert		6,0-9,0
2	Schwebstoff SS	mg/l	150 (400)
3	Absetzbare Stoffe	ml/(l*15min.)	10
4	Öle (tierische, Pflanzlich)	mg/l	100
5	Mineralische Öl	mg/l	20
6	Aromaten	mg/l	2,5
7	Cyanid	mg/l	0,5
8	Sulfid	mg/l	1,0
9	Phenol	mg/l	1,0
10	Temperatur	°C	35
11	BSB ₅	mg/l	100(300)
12	CSB	mg/l	150(500)
13	Gelöste Feststoffe	mg/l	2000
14	org. Phosphor	mg/l	0,5
15	Anilin	mg/l	5,0
16	Fluorid	mg/l	20
17	Quecksilber	mg/l	0,05
18	Cadmium (Cd)	mg/l	0,1
19	Blei (PB)	mg/l	1,0
20	Chrom (Cr)	mg/l	1,5
21	Cr ⁶⁺	mg/l	0,5
22	Arsen (As)	mg/l	0,5
23	Kupfer	mg/l	2,0
24	Zink	mg/l	5,0
25	Mangan	mg/l	2,0 (5,0)
26	Nickel	mg/l	1,0
27	Eisen (Fe)	mg/l	10,0
28	Antimon (Stibium)	mg/l	1,0
29	Nitrobenzol	mg/l	5,0
30	Selen	mg/l	2,0
31	Sulfat	mg/l	600
32	LAS	mg/l	10,0 (20,0)
33	Phosphat	mg/l	1,0 (8,0)
34	Ammonium-Stickstoff	mg/l	25,0 (35,0)
35	Färbung (Verdüngungszahl)	Fach	80

* Konzentrationswerte in Klammern sind für die Kanalisation, an die die städtische Kläranlage angeschlossen wurde.

In chinesischen kommunalen Kläranlagen werden die Abwässer aus menschlichen Lebensvorgängen und industriellen Abwässer gemischt und dann zusammen gereinigt. China hat strenge Bedingungen für Emissionen industrieller Abwässer, mit komplexer Zusammensetzung und von Abwässern in denen es giftige schädliche organische Stoffe oder Schwermetalle gibt. Das industrielle Abwasser muss vor der Ableitung in die öffentliche Kanalisation einer

entsprechenden Vorbehandlung unterzogen werden, um zu vermeiden dass das industrielle Abwasser den Normalbetrieb der Kläranlage stört. [L-7]

3.3.6 Staatliche Standards für die Bemessung der Abwasseranlagen

Der „*Code for design of outdoor wastewater engineering*“ GB50101-2005 (Version 2005) wurde vom Bauministerium zur Planung und Gestaltung der Abwasseranlagen festgelegt. Sie ist eine der wichtigsten Normen und dient als die Grundlage der Bauplanung und Bemessung aller städtischen Kläranlagen in China. Die Norm besteht aus 8 Kapiteln, nämlich: 1) Prinzip, 2) Begriffserklärung, 3) Wasserabflussmenge und Wasserqualität, 4) Kanalisation, 5) Pumpenanlagen, 6) Abwasserbehandlung, 7) Schlammbehandlung und Schlamm Entsorgung, 8) Prüfung und Steuerung. Es gibt insgesamt 576 Paragraphen. Da heutzutage die Abwasserreinigungsanlagen immer mehr an Bedeutung gewinnen, ist der Standard GB50101-2005 wie schon erwähnt von großer Wichtigkeit.

Beim Festlegen des neuen revidierten Standards wurden aktuelle ausländische Normen und Regelwerke nachgeschlagen. So zum Beispiel die *Anleitung und Erklärung zur Gestaltung der Kanalisation*, Japan, 2001 und das *Handbuch für die Planung der Kläranlagen*, vierte Auflage, USA, 1998. Gemäß der Entwicklung der Bautechnik sind viele neue Technologien, Verfahren, Materialien und Ausrüstungen dazugekommen. In diesem neuen revidierten Standard werden beispielsweise das SBR – Verfahren und vieles andere ausführlich beschrieben um klarzumachen, dass man mit den internationalen Standards mitzuhalten vermag.

Zweck des Standards ist es, städtische Wasserverschmutzung zu vermeiden und zu bekämpfen sowie den Abwasseranlagenbau und dessen relevante Industrien zu fördern. Der Standard ist anzuwenden beim Neubau, Umbau, Aufbau aller Abwasseranlagen im Freien (z.B. Kanalisation, Kläranlage) in den Städten. Der Standard leitet die Abwasserbehandlungstechnologie an, und hilft bei der Auswahl der relevanten Technik und fördert ihre Weiterentwicklung. Er ist die technische Grundlage für die Verwaltung des Wasserumweltschutzes.

Als Bemessungsrichtlinie für die Kläranlagen bzw. für die Abwasseranlagen kann der „*Code for design of outdoor wastewater engineering*“ mit dem deutschen ATV-Regelwerk verglichen werden, obwohl in dem chinesischen Standard nicht alles so detailliert geregelt und formuliert ist, wie in den ATV-Serien.

Außer dem „Standard“ gibt es in mancher chinesischen Provinz noch ein eigenes Bemessungshandbuch für den Kläranlagenbau, in dem detaillierte Formeln und entsprechende Erklärungen sowie Beispiele vorhanden sind.

3.4 Wesentliche Regelungsinhalte der technischen Richtlinie über die Behandlung des städtischen Abwassers

„Die technische Richtlinie über die Behandlung des städtischen Abwassers“ wurde vom Bauministerium bzw. RISN festgelegt und am 13.07.2000 verkündigt. Diese technische Richtlinie ist die gesetzliche autoritative Anleitung auf die Planung und Verfahrenauswahl der Kläranlage. Die Verhütung und Bekämpfung der Wasserverschmutzung ist darin sehr nach Technologien und Ökonomie orientiert. [L-8] Die Inhalte, die für das Konstruieren der Kläranlage relevant sind, werden wie folgt ins Deutsche übersetzt:

Technische Richtlinie über Behandlung des städtischen Abwassers [R-9]

§1. Anforderungen und Anwendungsbereich

1.1 Gemäß dem „Gesetz der V.R. China zur Vermeidung und Bekämpfung der Wasserverschmutzung“, dem „Gesetz der V.R. China zur Raumplanung und Raumordnung“, den „Überwachungs- und Verwaltungsbestimmungen zum Umweltschutz vom Staatsrat“ wurde diese technische Richtlinie festgelegt.

1.2 “städtisches Abwasser” im Sinne dieser Richtlinie sind das Mischabwasser aus menschlichen Lebensvorgängen und der Industrie, wobei alle beiden durch die Kanalisation gesammelt und transportiert werden.

1.3 Diese technische Richtlinie eignet sich für Projektbau der Stadtabwasserkläranlagen. Sie leitet zur richtigen Verfahrensauswahl und zur Implementierung der optimalen Abwasserbehandlungstechnologien an und dient als die technische Richtlinie für die Wasserumweltverwaltung.

1.5 Die Abwasserbehandlung soll gemäß den Eigenschaften der verschiedenen Regionen getrennt abgehandelt werden. Die Verfahrensauswahl soll gemäß dem Wirtschaftsentwicklungsstandard, der Naturumweltvoraussetzung und der geographischen Lage getroffen werden.

1.6 Die Entwicklung von Brauchwasseraufbereitungsanlagen sowie neuer und passender Technologien für den heimischen Kläranlagenbau werden aktiv gefördert.

§2. Ziel und Prinzip

2.1 Bis Ende 2010 soll der durchschnittliche Prozentsatz der behandelten städtischen Abwässer in chinesischen Städten auf mindestens 50%, in besonders „wichtigen“ Städten sogar auf mindestens 70%, steigen.

2.2 Das direkt in die Kanalisation abgeleitete Industrieabwasser wird streng kontrolliert, damit die giftigen sowie schädlichen Substanzen im Abwasser nicht die gesetzlichen Standards

überschreiten. Das Abwasser der Wohngebiete und Touristenorte, wo die Bevölkerung ziemlich verteilt ist, und das Industrieabwasser von den unabhängigen Bergbauindustrien, dürfen nicht in die Kanalisation abgeleitet-, sondern müssen gemäß den Normen vor Ort behandelt werden.

2.4 Für den Bau der Kläranlagen soll ausgereifte und zuverlässige Technik verwendet werden. Die neueste Abwasserbehandlungstechnik darf gemäß dem Bauumfang und der speziellen Anforderungen der Ableitungsstandards der Verschmutzungssubstanzen aktiv und sorgfältig verwendet werden. Der Abfluss der Kläranlage soll die staatlichen und örtlichen Emissionsstandards erreichen

2.5 Beim Bau der Kläranlage soll der Endbauumfang gemäß dem langfristigen Plan bestimmt werden, während der kurzfristige Bauumfang von dem heutigen Wasservolumen bestimmt werden darf.

§3. Kanalisation

Es wird gefordert, dass für den Bau einer neuen Stadt oder eines Siedlungsgebiets ein Abwasser-Trennsystem geplant und implementiert wird. Das Mischsystem wird für den Umbau alter Städte oder dem Neubau von Städten mit geringem Niederschlag angewendet.

§4. Abwasserbehandlung

4.1 Prinzipien für die Verfahrensauswahl

4.1.1 Variantenuntersuchung für Standort, Reinigungsverfahren und Baustoffe sind notwendig.

4.1.3 Das Behandlungsverfahren soll die eingeflossene Abwasserqualität den Tatsachen entsprechend feststellen und die Bemessungsparameter verbessern. Es soll die Eigenschaft der gegenwärtigen Abwasserqualität und die Bestandteile der Verschmutzungssubstanzen genau untersuchen und ausrechnen, damit eine rationelle Analyse entsteht

4.1.4 Das neueste, ökonomischste und effizienteste Behandlungsverfahren soll aktiv und sorgfältig eingeführt und verwendet werden. Wird ein neues Behandlungsverfahren zum ersten Mal im Land eingeführt, so soll es eine Produktivitätsprüfung bestehen und zuverlässige Planungsparameter geliefert haben, bevor es verwendet wird.

4.2 Behandlungsverfahren

4.2.1 verstärktes mechanisches Reinigungsverfahren

Physikalisch-chemische Behandlung und Adsorptionsbecken als Adsorptions-Belebungsverfahren werden oft verwendet.

4.2.2 Biologische Reinigung

Als großstädtische Kläranlagen bezeichnet man Kläranlagen, deren tägliche Behandlungsabwassermenge 200.000 m³ übersteigt. Das Belebtschlammverfahren soll beim Bau solcher Kläranlagen eingeplant werden.

Die tägliche Behandlungsabwassermenge einer mittleren Kläranlage liegt zwischen 100.000 und 200.000 m³. Beim Bau einer mittleren Kläranlage werden Belebtschlammverfahren, Umlaufbecken-Verfahren, SBR-Verfahren und AB-Verfahren oft angewendet.

Beim Bau einer kleinen Kläranlage, deren tägliche Behandlungsabwassermenge weniger als 100.000 m³ ist, werden zuerst Umlaufbecken-Verfahren, SBR-Verfahren, AB-Verfahren und Biofilmverfahren überlegt. Das Belebtschlammverfahren kann auf jeden Fall angewendet werden.

4.2.3 verstärkte Behandlung der II. Stufe

Zum Zwecke der Stickstoff- und Phosphor-Entfernung wird eine verstärkte biologische Behandlung der II. Stufe gefordert. Beim Bau von Kläranlagen mit mindestens einer täglichen Behandlungsabwassermenge von 100.000 m³ sollen A₁/O-Verfahren, A₂/O-Verfahren oder A₁/A₂/O-Verfahren angewendet werden.

Beim Bau von kleinen Kläranlagen werden Umlaufbecken-Verfahren mit N-, P-Entfernungswirkung und SBR-Verfahren sowie Biofilter-Verfahren zuerst überlegt.

4.3 natürliche Behandlungen

4.3.1 Unter strenger Umweltverschmutzungsbewertung und unter der Voraussetzung, dass die relevanten Nationalstandards erfüllt sind und dass das Gewässer genügend Selbstreinigungsvermögen besitzt, darf das Direktabflussverfahren ins Gewässer mit größter Sorgfalt verwendet werden.

4.3.2 Die Naturverfahren verschiedener Art (wie etwa der Stabilisierungsteich) können in den Gebieten, in denen es Ödland oder unkultiviertes Land gibt verwendet werden.

4.3.3 Grundwasserverschmutzung soll unbedingt vermeiden werden.

§5. Schlammbehandlung

5.1 Für die Behandlung des Klärschlammes aus Kläranlagen mit täglich mindestens 100.000 m³ Behandlungsabwassermenge sollen anaerobe Schlammstabilisierungsverfahren angewendet werden, um Methangas zu gewinnen.

5.2 Der Klärschlamm aus kleinen Kläranlagen, deren täglicher Behandlungsabwassermenge weniger als 100.000 m³ betragen, kann deponiert werden. Falls Umlaufbecken oder SBR-Verfahren in der Kläranlage angewendet werden, soll der Schlamm auch stabilisiert werden.

5.3 Nach der notwendigen Behandlung kann der Klärschlamm für landwirtschaftliche Nutzung verwendet werden, wenn der Schlamm stabilisiert ist. Ein anderer wichtiger Weg der Schlammentsorgung ist die Deponie.

§6. Abwasserwiederverwendung (für industrielle Zwecke)

Weitergehende Reinigungsverfahrens wie Flockung (chemische Phosphorelimination) und Filtration sind anzuwenden.

Kapitel 4

Technische Begriffe über die Gestaltung städtischer Kläranlagen

Im Gesetz zur „Vermeidung und Bekämpfung der Wasserverschmutzung“ (*Law of the People's Republic of China on the Prevention and Control of Water Pollution*) regelt § 19 dass städtisches Abwasser abgeleitet und über die Kanalisation zentral behandelt werden soll.

Eine städtische chinesische Kläranlage besteht im Wesentlichen aus folgenden Teilen: Abwasserhebungsanlagen, mechanische Behandlungsstufe, biologische und weitergehende chemische Behandlungsstufe und Schlammbehandlungs- & Beseitigungsanlagen.

Falls nicht anders angemerkt, sind folgende relevante technische Begriffe und Bemessungsgrundlagen über die Gestaltung der städtischen Kläranlagen gemäß dem „Code for design of outdoor wastewater engineering GB50101-2005“ zusammengefasst und übersetzt.

4.1 Grundlagen

4.1.1 Herkunft und Beschreibung des städtischen Abwasser in China

Unter städtischem Abwasser versteht man nach der Definition im „Integrierten Emissionsstandard (GB8978-1996)“ die Abwassermischung aus menschlichen Lebensvorgängen, Industrie, und durch städtische Oberfläche abfließende Niederschlagswasser, die durch Kanalisation gesammelt und transportiert werden.“

Städtisches Abwasser ist also der Oberbegriff und die Mischung mehrerer Wasserarten:

- **Abwasser aus menschlichen Lebensvorgängen**
 - häusliches Schmutzwasser: ist in den Privathaushalten anfallende Abwasser, aus Toiletten (Fäkal- oder Schwarzwasser), Küchen und Waschmaschinen.
 - gewerbliches oder öffentliches Abwasser: aus öffentlichen Bereichen wie Hotels, Einkaufszentren und aus Kleinbetrieben (z.B. Handwerk)
 - Abwasser aus dem Krankenhaus : Es muss zuerst entgiftet werden, bevor es in die öffentliche Kanalisation abgeleitet wird.
- **Industrielles Abwasser**

Es soll in industrieeigenen Anlagen vorbehandelt werden, bevor es in die öffentliche Kanalisation abgeleitet wird.
- **Niederschlagswasser [L-12]**

4.1.2 Inhaltsstoffe im städtischem Abwasser

Man gliedert die Abwasserinhaltsstoffe in

- **Zehrstoffe**
Substanzen wie etwa Harnsäure oder Glukose sind biologisch abbaubar und führen bei anaeroben Abbauprozessen zu Geruchsbelästigungen. Die durch diese Stoffe ausgelöste Sauerstoffzehrung kann darüber hinaus zu reduzierten Sauerstoffgehalten in den Gewässern und dadurch beispielsweise zu Fischsterben führen.
- **Nährstoffe**
wie etwa Stickstoff- und Phosphorverbindungen, die zur Eutrophierung insbesondere stehender Gewässer führen und auch für verstärktes Algenwachstum in Meeren verantwortlich sind.
- **Schadstoffe**
Wie etwa Gifte, Schwermetalle, synthetische organische Substanzen, Bakterien(z.B. Escherichia coli), Pilze, oder Viren, die zu Erkrankungen führen können.
- **Störstoffe**
Wie etwa Salze, Fette, Öle, Tone, Sand [L-50]

4.1.3 Eigenschaften des städtisches Abwassers

Städtisches Abwasser hat im Wesentlichen die Eigenschaften des Abwassers aus menschlichen Lebensvorgängen. Es wird aber auch von industriellem Abwasser, die bei verschiedener Städtetypen (z.B. Industrie- oder Tourismusstadt) nach der Vorreinigung in der Kanalisation eingeleitet werden, mehr oder weniger stark beeinflusst.

Die Hauptschadstoffe im städtischen Abwasser sind organisch oder biologisch. Organische Schadstoffe können in der Kläranlage durch Mikroorganismen abgebaut werden. Die Inhaltstoffe des Abwassers sind durch die Parameter pH-Wert, BSB₅, CSB, SS, NH₄-N, Pges, Trübung, LAS-Tenside, TOC, *E. coli*-Keimzahl erfasst. Obige Parameter werden als „häufige Verschmutzungsstoffe“ (*conventional pollutants*) in China genannt. [L-12]

Die Parameter BSB₅ und CSB sind zwei der wichtigsten Kenngrößen in der Abwassertechnik und bilden die Grundlage für die Bemessung der biologischen Stufe einer Abwasserreinigungsanlage.

Im österreichischen häuslichen Abwasser liegt der BSB₅ bei ca. 300 mg/l, er kann aber auch beträchtlich höher oder niedriger sein. Die von einem Einwohner täglich in das Abwasser abgegebenen biologisch abbaubaren Schmutzstoffe als BSB₅-Fracht betragen im Mittel 40 g pro Person und Tag. [L-5]

Tabelle. 4-1: Übersicht über die Eigenschaften des typischen chinesischen häuslichen Abwassers.
(Einheit: mg/l) [L-8]

	Wohngebäude			Hotels			Bürogebäude		
	BSB ₅	CSB	SS	BSB ₅	CSB	SS	BSB ₅	CSB	SS
Toiletten	200-260	300-360	250	250	300-360	200	300	360-480	250
Küche	500-800	900-1350	250	-	-	-	-	-	-
Badzimmer	50-70	120-135	200	50-70	150-180	150	70-80	120-150	200

Die Tabelle 4-1 zeigt die Eigenschaften des typischen chinesischen häuslichen Abwassers aus öffentlichen Gebäuden. In der Tabelle 4-2 ist die Zusammensetzung des Abwassers aus menschlichen Lebensvorgängen anhand einiger Parameter wiedergegeben.

Tabelle. 4-2: die Zusammensetzung des chinesischen Abwassers aus menschlichen Lebensvorgängen innerhalb verschiedener Konzentrationsbereiche [L-12]

Parameter		Konzentration (mg/l)		
		groß	mittel	gering
Feststoffe	TS	1200	720	350
Schwebstoffe	SS	350	220	100
BSB ₅		400	220	110
CSB		1000	400	250
Organische lösliche Stoffe		750	300	200
Totaler Stickstoff	N _{ges.}	85	40	20
Totaler Phosphor	P _{ges.}	15	8	4
Cl ⁻		200	100	60
CaCO ₃		200	100	50
Fett		150	100	50

In chinesischen Städten liegt der häusliche Abwasseranfall zwischen 60 und 150 Litern pro Tag und Einwohner. [L-2] Die von einem Einwohner in südchinesischen Küstenstädten durchschnittlich täglich in das Abwasser abgegebenen chemisch abbaubaren Schmutzstoffe betragen 90 g (als CSB-Fracht). Die NH₄-N-Fracht beträgt 7 g/(Einwohner.d). [L-47]

Industrielles Abwasser spielt eine sehr wichtige Rolle im chinesischen städtischen Abwasser. Industrieabwasserinhaltsstoffe variieren stark, außer den häufigsten Verschmutzungsstoffen sind auch Schwermetalle, massiv giftige Substanzen und schädliche Chemikalien eingeschlossen. Beispielsweise wurde durch die statistischen Daten aus ca. 50 städtischen Kläranlagen mit Industrieabwasseranteil gezeigt, dass BSB im Zufluss der Kläranlage 53-509 mg/l beträgt und CSB bei 128-1313 mg/l liegt. [L-2]

Zum Vergleich: In Deutschland schwankt der Abwasseranfall von Städten in weiten Grenzen zwischen 50 - 400 Liter pro Tag und Einwohner. [L-60] In der folgenden Tabelle 4-3 werden die Werte des BSB₅ bzw. des CSB für verschiedene (Ab)-Wässer in Deutschland aufgelistet. [L-61]

Tabelle. 4-3: Werte des BSB₅ bzw. des CSB für verschiedene (Ab)-Wässer in Deutschland [L-61]

	BSB₅[mg O₂/l]	CSB[mg O₂/l]	BSB₅/CSB
Rhein (Mannheim, 1998)	1,2	8,2	0,15
Zulauf kommunale Kläranlage	300	600	0,50
Ablauf kommunale Kläranlage	15	75	0,20

4.1.4 Eigenschaften des Belebungschlamm

Belebtschlamm nennt man die Ansammlung an Mikroorganismen, die bei der aeroben biologischen Abwasserreinigung organische Stoffe abbauen. Er besteht vor allem aus Bakterien, Pilzen und Protozoen die z.B. für die Nitrifikation zuständig sind. Wichtig ist vor allem, ihnen genügend Sauerstoff zur Verfügung zu stellen. [L-50]

Die Konzentration von Belebtschlamm wird üblicherweise als Trockensubstanzgehalt - mit Abkürzung TS_{BB} – angegeben. [L-49] Zwei der wichtigsten Werte im ATV-DVWK-Regelwerk (A 131) sind Schlammalter (t_{TS}) und Schlammindex (ISV). Das Schlammalter ist das Verhältnis der im Belebungsbecken vorhandenen Schlammmasse zur täglichen Überschussschlammproduktion. [L-43] Zur Berechnung des Schlammindexes wird das Schlammvolumen (VSV) nach 30 Minuten Absetzzeit durch die TS_{BB} zu Beginn des Tests dividiert. Je geringer der Wert für ISV ist, desto besser ist die Absetzbarkeit des Belebtschlammes. [L-49]

Die Eigenschaften des Belebungschlamm in den chinesischen städtischen Kläranlagen:

Geruch: nach Erde

Spezifisches Gewicht: 1.002~1.006

Korndurchmesser: 0.02~0.2 mm

Oberflächen- zu Volumenverhältnis: 20~100cm²/ml

Feuchtigkeitsgehalt: 99.2~99.8% [L-14]

Schlammindex im chinesischen städtischen Abwasser beträgt 50~150 ml/g [L-25]

Unter Normalbedingungen liegen die SVI - Werte bei deutschen kommunalen Abwässern zwischen 80 und 120 ml/g. [L-49]

4.1.5 Typische Abwasserbehandlungsverfahren für städtische Abwässer: 3 stufige Anlage

Städtisches Abwasser wird gesammelt und sodann in Kläranlagen behandelt. Man nutzt auch in China das 3-stufige Abwasserbehandlungsverfahren (siehe Abb.4-2), nämlich mechanische/

physikalische (erste Reinigungsstufe), biologische und verstärkte biologische Behandlung (zweite Reinigungsstufe) und chemische/weitergehende Reinigungsverfahren (dritte Reinigungsstufe).

Der am öftesten verwendete Abwasserbehandlungsprozess in chinesischen städtischen Kläranlagen besteht aus Vorklärung, biologischer Reinigung durch Belebungsverfahren und Nachklärung. Nach dieser Behandlung können die Abläufe der Kläranlagen durchwegs erreichen, dass deren Schwebstoffgehalt weniger als 30mg/l und deren BSB₅-Fracht weniger als 20mg/l ist. [R-4]

Da die meisten Vorfluter, in die die Abflüsse aus chinesischen Kläranlagen ableitet werden, geringe Selbstreinigungsfähigkeit haben oder als Trinkwasserquelle dienen, werden immer mehr städtische Kläranlagen statt mit traditionellen Belebtschlammverfahren mit verstärkter biologischer Behandlung (biologischer N-, P- Entfernung) und weitergehenden Abwasserreinigungsverfahren gebaut oder geplant. [L-30]

Ein typisches Ablaufschema einer großen chinesischen Kläranlage ist in Abb.4-1 gezeigt. Der größte Unterschied zu österreichischen kommunalen Kläranlagen ist, dass der Bau von Desinfektionsanlagen in China ein Muss in den großen städtischen Kläranlagen ist. In Europa ist wegen der AOX-Bildung die Benutzung von Cl₂ in der Desinfektionsanlage unzulässig.

4.1.6 Die relevantesten Bemessungsparameter für Abwasserbelastung der chinesischen städtischen Kläranlagen

Mit Hilfe des Kennwerts des Biochemischen Sauerstoffbedarfs in 5 Tagen (BSB₅) und der Schwebstoffe (SS) lässt sich die zu erwartende Verschmutzungsbelastung einer chinesischen Kläranlage abschätzen. Diese beiden Parameter sind bei der Bemessung von chinesischen Kläranlagen die wichtigsten.

Die zu erwartende Belastung sollte entsprechend den Voruntersuchungsdaten feststehen. Ohne vorige Untersuchung werden die Schadstofffrachten nach folgenden Grenzwerten abgeschätzt und festgelegt:

- für Abwasser aus menschlichen Lebensvorgängen:
 - BSB₅: 20g bis 50g pro Einwohner und pro Tag
 - SS: 40g bis 65g pro Einwohner und pro Tag
 - N_{ges}: 5g bis 11g pro Einwohner und pro Tag
 - P_{ges}: 0,7g bis 1,4g pro Einwohner und pro Tag
- Beim „Mischsystem“ der Kanalisation muss die Schadstofffracht des Zuflusses aber unbedingt gemessen werden, Abschätzung reicht hier nicht.

- In der biologischen Behandlungsanlage einer Kläranlage beträgt die Temperatur des Zuflusses 10 bis 37 Grad, der pH-Wert des Zuflusses beträgt 6,5 bis 9,5. Das Verhältnis BSB₅: N: P beträgt 100:5:1. [R-8]
- Die Schmutzfracht aus Industrie und Gewerbe werden durch Untersuchungen bestimmt. Falls die Untersuchung unmöglich ist, werden vorhandene Erfahrungszahlen aus lokalen Standards angenommen. [R-12]

4.1.7 Erklärungen der wichtigen Richtwerte für die Bemessung der Belebungsanlagen

Um die wichtigen Bemessungsparameter bzw. Bemessungsgleichungen aus dem chinesischen Standard GB2005 besser zu verstehen und mit dem deutschen Regelwerk ATV-131 (2000) vergleichen zu können, werden die Bedeutungen und Abkürzungen der wichtigen Richtwerte für die Bemessung einer Kläranlage, vor allem für die Bemessung einer Belebungsanlage, in Tabelle 4-4 gezeigt. Die meisten Parameter in GB50101-2005 sind mit Abkürzungen aus dem Englischen beschrieben.

Tabelle.4-4: Verzeichnis der wichtigsten Abkürzungen der Richtwerte für die Bemessung von Kläranlagen

No.	in ATV		in GB50101-2005		Einheit
	Kurzzeichen	Name	Kurzzeichen	Name aus dem Englischen	
1	TS _{BB}	Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken	X _a	Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS)	mg/l, kg/m ³
2	org. TS _{BB}	organischer Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken		Mixed Volatile Liquor Suspended Solids (MLVSS)*	mg/l, g/m ³
3	SV	Schlammvolumen	SV	sludge volume after 30 minutes of settling	ml/l, % [L-49]
4	ISV	Schlammindex	SVI	Sludge Volume Index	ml/g, l/kg
5	B _{R,BSB}	BSB ₅ -Raumbelastung	U _v	Volumetric Organic Loading Rate	kgBSB ₅ /(m ³ .d)
6	B _{TS,BSB}	Schlammbelastung	U _s	Sludge Organic Loading Rate	kgBSB ₅ /(kgTS.d)
7	t _R	Durchflußzeit	HRT	Hydraulic Retention Time	h
8	t _{TS}	Schlammalter	θ _{co}	Sludge Retention Time (SRT)	h,d
9	ÜS _R	Überschussschlammproduktion			kg/d
10	RV	Rücklaufschlammverhältnis	R		%

* MLVSS bedeutet Schlammkonzentration, wenn nur organische Schwebstoffe vorhanden sind. Im Allgemeinen ist das Verhältnis MLVSS/MLSS im chinesischen städtischen Abwasser 0.7~0.85 und im chinesischen häuslichen Schmutzwasser 0,7. [L-25]

** Die Raumbelastung $B_{R,BSB}$ ist der Quotient aus Schmutzfracht BSB_5 und dem Rauminhalt der bemessenen Anlage. Sie dient als Auslegungs- und Vergleichsgröße für Anlagen der biologischen Abwasserreinigung. [L-49]

4.1.8 Abwassermenge für die Bemessung der chinesischen städtischen Kläranlagen

In China wird die Reinigungskapazität und Größe einer Kläranlage durch die tägliche durchschnittliche Abwassermenge (Einheit: Kubikmeter pro Tag) angegeben. Die maximale Bemessungsabwassermenge bei trockenerem Wetter Q ist der grundlegende Parameter für die Dimensionierung der chinesischen Belebungsanlage. [L-12]

Die Berechnung der Bemessungsabwassermenge Q ist wie folgt:

4.1.8.1 Bemessungsabwassermenge aus Siedlungsgebieten Q_1

Falls keine statistisch abgesicherten Messergebnisse über den Abwasseranfall vorliegen, kann der tägliche Wert des häuslichen Schmutzwasserzuflusses aus Standards vom untergeordneten Lokalbüro des Bauministeriums angefordert- und für die Bemessung verwendet werden.

$$Q_1 = \frac{nNK_z}{86400} (l/s)$$

n: durchschnittlicher Abwassermengensollwert aus städtischen Standard (Liter/ per Person per Tag, siehe Tabelle 4-3)

Der durchschnittliche Abwassermengensollwert (siehe Tabelle 4-5) enthält das Haushaltsabwasser der Einwohner und Abwasser aus dem öffentlichen Bereich (wie etwa Hotels, Schulen, Krankenhäuser).

Tabelle. 4-5: durchschnittlicher Abwassermengensollwert (n) aus chinesischen Standards für folgende Städte Abwassermengensollwert [L-13]

Bezirk	Millionen-Stadt	Groß-Stadt	Mittel- u. Klein-Stadt	Provinz und Städte diesem Bezirk
I	180-290	160-265	145-240	Guangxi, Yunnan, Guizhou, Sichuan, Chongqing Hunan, Hubei, Jiangxi, Anhui, Guangdong, Fujian, Hainan, Shanghai, Jiangsu, Zhejiang
II	125-205	110-180	95-155	Shandong, Hebei, Beijing, Tianjing, Liaoning, Jinlin, Heilongjiang, Shanxi, Henan, Shanxi, Inner Mongolia, Ningxia,
III	120-195	100-170	85-145	Gansu, Qinghai, Tibet, Xinjiang
	Einwohner > 1 Million	Einwohner 0,5-1 Million	Einwohner < 0,5 Million	

N: Einwohnerzahl

Im ATV-DVWK-Regelwerk wird der Begriff „ Einwohnerwert (EW)“ statt der Anzahl der natürlichen Menschen für die Bemessung des Abwasserabflusses angewendet. EW ist eine Gesamtfracht von häuslichem, industriellem und gewerblichem Schmutzwasser. In China wird nur die natürliche Einwohnerzahl für die Bemessung verwendet.

K_z: Faktor für die Schwankung der Abwassermenge aus Siedlungsgebieten [R-8]

tägliche Abwassermenge [l/s]	5	15	40	70	100	200	500	>1000
K _z	2,3	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3

4.1.8.2 Maximale Bemessungsabwassermenge aus menschlichen Lebensvorgängen in der Industrie Q₂ (Beschäftigte) [L-13]

Bemerkung: In China werden die Beschäftigten und die Maschinen, Anlagen, Reaktoren usw. in der Industrie als Verschmutzer getrennt erfasst und erst später die Gesamtbelastung durch alle zusammen ermittelt.

$$Q_2 = \frac{75N_1 + 87,5N_2}{3600T} + \frac{40N_3 + 60N_4}{3600} \text{ (l/s)}$$

N₁: die max. Arbeiterzahl in einer allgemeinen Abteilung (Einheit in Personen)

N₂: die max. Arbeiterzahl in einer heißen oder schmutzigen Produktionsabteilung

N₃: die max. Arbeiterzahl, die die Dusche verwenden, in einer allgemeinen Abteilung

N₄: die max. Arbeiterzahl, die die Dusche verwenden, in einer heißen oder schmutzigen Produktionsabteilung

4.1.8.3 Industrielle max. Bemessungsabwassermenge Q₃ (Anlagen) [L-13]

$$Q_3 = \frac{mMK_g}{3600T} \text{ (l/s)}$$

m: durchschnittlicher Abwassermengensollwert, Maßeinheit ist das hergestellte Produkt [l/ pro Produkt]

M: Durchschnittliche Tagesleistung der Produktion

K_g: Wechselbeiwert (bei verschiedenen Industrien)

Papierindustrie: 1,3 -1,8 Chemieindustrie: 1,3 -1,5 Metallindustrie: 1,0 -1,1

Nahrungsindustrie: 1,5 -2,0 Textilindustrie: 1,5 -2,0

T: die tägliche Produktionszeit (Stunden)

Falls es im industriellen Gebiet keine Betriebe mit besonders großem Wasserverbrauch gibt, kann der Wert 500m³/(d*km² Industriegebiet) für die Bemessung verwenden.

4.1.8.4 Die Grundwasserinfiltrationskapazität Q_4 (wird nur beim hohen Grundwasserstand berechnet) [L-13]

$$Q_4 = (0,1 \text{ bis } 0,2) \cdot Q_1$$

Q_1 : max. Bemessungsabwassermenge aus Siedlungsgebieten

4.1.8.5 Maximale Bemessungsabwassermenge für städtische Kläranlagen bei trockenem Wetter Q [L-13]

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

Q [m^3/h , l/s]: Dies ist die maximale stündliche Wassermenge bei trockenem Wetter, die durch die Kanalisation gesammelt wird. Bei der Dimensionierung der Belebungsanlage (Belebungsbecken, Nachklärbecken, Desinfektionsbecken usw.) wurde dieses Q benutzt.

Der Parameter bezieht sich auf die städtebaulich geplante Einwohnerzahl und die städtische Entwicklungsskala mit der geplanten Betriebsdauer der Anlage. Q ist eine Anfallssumme des Abwassers aus menschlichen Lebensvorgängen und aus der Industrie. Bei hohem Grundwasserstand soll die Grundwasserinfiltrationsmenge zur Abwassermenge dazugerechnet werden. [L-12]

4.1.8.6 Regenwasserabfluss Q_s [R-8]

$$Q_s = q \cdot \Psi \cdot F$$

Q_s [l/s]: Bemessungsregenwassermenge

Q [$\text{l/s} \cdot \text{hm}^2$]: Bemessungsregenspende

F [hm^2]: Abflussfläche

Ψ : Abflussbeiwert

Städtisches Gebiet	Dicht bebautes Gebiet	mitteldicht bebaut	dünn bebaut
Ψ	0,6 – 0,85	0,45 – 0,6	0,20 – 0,45

Bemessungsabwassermenge bei Regenwetter ist die Summe der maximalen Wassermenge bei trockenem Wetter plus die Bemessungsregenwassermenge.

4.1.8.7 Maximale Bemessungsabwassermenge für städtische Abwasserbehandlungssysteme beim Regenwetter Q'

$$Q' = Q_s + Q$$

Q' [m^3/h , l/s]: Dies ist die maximale stündliche Wassermenge bei Regenwetter, die durch die Kanalisation gesammelt wird. In China wurde dieses Q' bei der Dimensionierung der Kanalisation und der mechanischen Stufe der Kläranlage (Rechen, Sandfang, Vorklärbecken usw.) benutzt.

4.1.9 Reinigungswirkung der Kläranlage

Im Allgemeinen werden die Schadstofffrachten, BSB₅, und die Schwebstoffe (SS), des chinesischen Kläranlagenzuflusses gemessen, damit die Auswirkungen einer Kläranlage auf die Gewässer nachgewiesen werden können. Nach der biologischen Reinigung werden organische Kohlenstoffverbindungen entfernt, so beträgt die BSB₅-Entfernungsrate 65%- 95%. (siehe Tabelle 4-6) Teile von Fett, Ammonium-Stickstoff, Phosphor usw. werden auch entfernt. Die Entfernung der restlichen Schmutzstoffe ist die Aufgabe der verstärkten biologischen Behandlung (siehe Kap.4.6) und der weitergehenden Abwasserreinigung. (siehe Kap.4.7)

Tabelle. 4-6: die vorgeschriebene Reinigungswirkung der chinesischen Kläranlage [R-8]

Behandlungsstufe	Behandlungsverfahren	Reinigungswirkungsgrad (%)	
		SS	BSB ₅
Erste Stufe	Absetzen	40 - 55	20 - 30
Zweite Stufe	Biofilmprozess	60 - 90	65 - 90
	Belebungsverfahren	70 - 90	65 - 95

In Österreich ist es in der Emissionsverordnung geregelt, dass der Reinigungswirkungsgrad von 95 % beim BSB₅ und 85 % beim CSB nicht unterschritten werden darf. Für Anlagen mit mehr als 5000 EW wird bei einer Wassertemperatur über 12 °C eine Stickstoffentfernung von 70 % gefordert. Eine der in China wichtigsten Frachten für die Reinigungswirkungsgradbeschreibung, nämlich der Schwebstoffe (SS), wird nicht in der Emissionsverordnung behandelt.

Tabelle 4-7: vorgeschriebene Reinigungswirkung einer Kläranlage in der österreichischen Emissionsverordnung [L-5]

	1. EmVO		
	501-5000 EW	5001-50000 EW	>50.000 EW
CSB-Entfernung %	85	85	85
BSB ₅ -Entfernung %	95	95	95
TOC-Entfernung %	85	85	85
N-Entfernung %	-	70	70

4.2 Das Abwasserableitungssystem

Das Abwasserableitungssystem besteht aus der Kanalisation und den Pumpenanlagen. Das Abwasser wird gesammelt und durch die Kanalisation zur Kläranlage transportiert. Das städtische Abwasser wird durch die Kanalisationskanäle gesammelt und zur Kläranlage geleitet. Durch die Pumpenanlage wird Abwasser gehoben, um mittels der Schwerkraft automatisch in die Behandlungsanlage fließen zu können. Die Betriebsqualität des Abwasserhebungssystems beeinflusst den Effekt der Bekämpfung der Wasserverschmutzung direkt.

.In der Regel kostet das Abwasserableitungssystem 60% - 70% der Gesamtinvestition der städtischen Abwasseranlagen in China. Daher spielt das Abwasserhebungssystem eine gleich wichtige Rolle wie die gesamte Kläranlage, sowohl funktionell als auch finanziell. [L-8]

Fast jede chinesische Stadt ist sehr dicht besiedelt. In den meisten Städten sind die Siedlungsgebiete, die Gebiete von Kleingewerbe und Handel sowie die Fabriken unmittelbar nebeneinander gebaut. In chinesischen Städten werden Abwässer aus menschlichen/tierischen Quellen und industrielles Abwasser zusammen in städtischen Kläranlagen behandelt.

Beim „Mischsystem“ wird das Regenwasser mit dem übrigen Abwasser zusammen in die Kanalisation geleitet. Vorteile des Mischsystems sind Platz- und Kostenersparnis. Da bei starken Regenfällen nur einen Teil des Abwassers durch Mischsysteme in den Kläranlagen gereinigt werden kann, wird zunehmend gefordert, dass in neuen Städten oder Siedlungsgebieten ein Trennsystem geplant und implementiert wird. [L-12]

In Discharge Standard for municipal wastewater CJ 3082—1999 werden die Grenzwerte für die Einleitung des städtischen Abwassers in die Kanalisation geregelt. (Siehe Kap.3.4)

4.3 Erste Reinigungsstufe – mechanische Abwasserreinigung

Die mechanische Abwassereinigungsanlage besteht aus folgenden Anlagenteilen: Rechenanlage, Abwasserhebwerk, Sandfang und Vorklärbecken. Sie hat den Zweck, dass Massenabfall (wie z.B. Plastikbeutel), sedimentierbare organische Stoffe (Fäkalien) und anorganische Substanz (Sand) mit Teilchengrößen bis zu einigen Millimetern aus dem Abwasser zu entfernen. Bei dieser ersten Stufe werden dem Abwasser rund 30% der organischen Schmutzstoffe entzogen. Für die Reinhaltung der Gewässer ist die mechanische Abwasserreinigung allein unzureichend, da suspendierte und gelöste Stoffe nicht entfernt werden. [L-49]

4.3.1 Rechen

Mittels Rechen werden die meisten Feststoffe im Abwasserzufluss zurückgehalten und damit die Gefahr der Verstopfung einer Kläranlage verhindert. Man unterscheidet Grobrechen (Spaltweite 50 - 100 mm), Mittelrechen (Spaltweite 10 - 40 mm) und Feinrechen (Spaltweite 1,5 - 10 mm). Grobrechen werden vor der Pumpenanlage gebaut. Vor dem Abwasserbehandlungssystem werden normalerweise Mittelrechen verwendet. Der Stababstand beträgt 16 - 25 mm für die mechanische Rechengutentfernung und 25 - 40 mm für manuelle Rechengutentfernung.

Die Abwasserzuflussgeschwindigkeit soll zwischen 0,6 bis 1,0 m/s liegen. Der Winkel des Rechens beträgt 60°- 90° für mechanische Rechengutentfernung und 30°- 60° für manuelle Rechengutentfernung.

Auf dem Rechen muss eine Arbeitplattform eingerichtet werden. Dieser Arbeitsplatz soll 0,5 Meter höher als der höchste Bemessungswasserzustand liegen. [R-8]

4.3.2 Pumpenanlage

Durch die Pumpen werden die Abwässer gehoben, damit das Abwasser mittels der Schwerkraft die folgende Behandlungsanlage durchfließen kann.

4.3.3 Sandfang

Im Sandfang werden mineralische Stoffe wie Steine und Sand, deren relative Dichte ca. 2,65 und deren Korndurchmesser > 0,2 mm sind, abgeschieden. Die drei hauptverwendeten Arten des Sandfangs in chinesischen städtischen Kläranlagen sind Langsandfang, Rundsandfang und Belüfteter Sandfang.

Gestaltungsprinzipien siehe [R-8] und Formel für die Bemessung aus [L-12]

- **Langsandfang**

Die Fließgeschwindigkeit darf zwischen 0,3 m/s und 0,15 m/s betragen. Die Aufenthaltzeit soll länger als 30 Sekunden betragen. Die Wirkungswassertiefe beträgt maximal 1,2 m.

Tabelle 4-8: die Bemessungsformeln des Langsandfangs [L-12]

Name	Einheit	Formel	Erklärung
Fanglänge	m	$L = v \cdot t$	v: Fließgeschwindigkeit beim max. Dimensionierungswassermenge (m/s) t: Fließzeit (s)
Querschnitt des Zuflusses	m ²	$A = Q_{\max} / v$	Q _{max} : max. Dimensionierungswassermenge (m ³ /s)
Fangbreite	m	$B = A / h_2$	h ₂ : Wirkungswassertiefe
Volumen des Sandbehälters	m ³	$V = \frac{Q_{\max} \cdot X \cdot T \cdot 86400}{K \cdot 10^6}$	X: Sandmenge im städtischen Abwasser (m ³ /10 ⁶ m ³) Normalweise 30 T: Abstandzeit der Sandentfernungzeit (d) K: Wechselbeiwert der Abwassermenge aus Siedlungsgebiet
insgesamt Fanghöhe	m	$H = h_1 + h_2 + h_3$	h ₁ : Sichershöhe h ₃ : Höhe des Sandbehälters
Kontrolle der kleinsten Geschwindigkeit	m/s	$V_{\min} = \frac{Q_{\min}}{n_1 \cdot \omega_{\min}}$	Q _{min} : min. Wassermenge (m ³ /s) n ₁ : die Zahl des Sandfangs ω _{min} : Wasserquerschnittfläche (m ²)

- **Rundsandfang**

Der Zufluss fließt entlang der Richtung der Tangente in dem Rundsandfang, um einen Wirbel zu bilden. Durch die Zentrifugalkraft erfolgt die Sandtrennung.

Die Aufenthaltzeit soll länger als 30 Sekunden betragen. Die Wirkungswassertiefe beträgt 1 bis 2 Meter. Das Verhältnis zwischen Breite des Fangs und der Wirkungswassertiefe beträgt 2-2,5.

Die Oberflächenbelastung beträgt 150 -200 m³/(m² * h).

- **Belüfteter Sandfang**

Der Hauptnachteil des Langsandfangs ist der Anteil von 15% der organischen Wasserinhaltsstoffe in dem abgetrennten Material. Beim belüfteten Sandfang wird dieser Nachteil überwunden, da wegen einer walzenförmigen Strömung sich nur mineralische Stoffe am Beckenboden absetzen können.

Die Fließgeschwindigkeit soll 0,1 m/s betragen. Die Aufenthaltszeit soll zwischen 1 bis 3 Minuten betragen. Die Wirkungswassertiefe beträgt 2 bis 3 Meter. Das Verhältnis zwischen Breite des Fangs und der Wirkungswassertiefe beträgt 1-1,5 m.

0,1 bis 0,2 Kubikmeter Sauerstoff werden für die Behandlung eines Kubikmeters Abwasser verbraucht.

Tabelle 4-9: Bemessungsformeln des belüfteten Sandfangs[L-12]

Name	Einheit	Formel	Erklärung
Volumen des Fangs	m ³	$V = Q_{\max} * t * 60$	Q_{\max} : max. Dimensionierungswassermenge (m ³ /s) t: Fließzeit bei Q_{\max} (min.)
Querschnitt	m ²	$A = Q_{\max} / v_1$	v_1 : Fließgeschwindigkeit bei Q_{\max} (m/s) Normalweise 0,06 -0,12 m/s
Fangbreite	m	$B = A / h_2$	h_2 : Wirkungswassertiefe
Fanglänge	m	$L = V / A$	
Sauerstoffverbrauch	m ³ / h	$Q = dQ_{\max} * 3600$	d : Sauerstoffverbrauch eines Kubikmeters Abwasser (m ³ /m ³) Normalerweise 0,2

4.3.4 Absetzbecken

Durch die Schwerkraft sinken Wasserinhaltsstoffe, deren Dichte größer als die des Wassers ist, im Absetzbecken ab, damit die Schwebstoffe vom Zulauf verringert und entfernt werden können.

Zum Absetzbecken gehören drei Teile einer Abwasserbehandlungsanlage, nämlich das Vorklärbecken, das Nachklärbecken und der Schlammindicker. [L-13] Ihre Verwendungsbedingungen und die Schwerpunkte der Bemessung werden durch folgende Tabelle 4-10 zusammengefasst.

Die Vorklärbecken in chinesischen kommunalen Kläranlagen sind meistens rechteckig und langsam durchströmt. Die horizontal durchströmten Rundbecken werden nur für moderne große Kläranlagen als Nachklärbecken verwendet. In den kleineren Städten werden die vertikal durchströmten Rundbecken oft als Nachklärbecken gebaut. Jedes Absetzbecken gliedert sich in die Bereiche Zuflusszone, Absetzzone, Schlammammelzone und Abflusszone. [L-13]

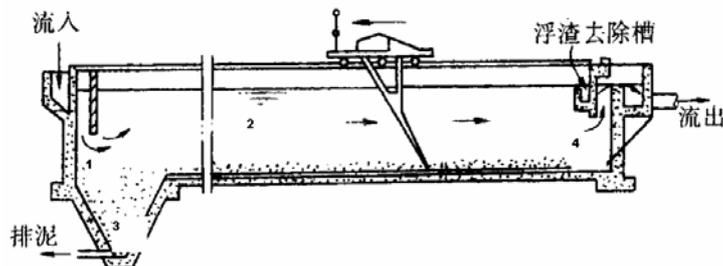


Abb.4-2: die Bereiche des Absetzbeckens:

1. Zuflusszone 2. Absetzzone 3.Schlammammelzone und 4. Abflusszone

(Quelle: [L-12])

Tabelle 4-10: die Verwendungsbedingungen und die Schwerpunkte der Bemessung der Absetzbecken [L-13]

Beckentyp	hauptaabsetzbare Teile im Becken	Schwerpunkte der Bemessung
Vorklär-Becken	anorganische Schwebestoffe, mit großer Dichte.	<ol style="list-style-type: none"> hier sollen die Schlammflocken so schnell wie möglich entfernt werden. geforderte Oberflächenbeschickung: $25-50\text{m}^3/(\text{m}^2.\text{d})$ geforderte durchschnittliche Aufenthaltszeit: 1 bis 2 Stunden max. Fließgeschwindigkeit des Rechteckbeckens: 7 mm/s bei der mechanischen Schlammmentfernung wird festgelegt, dass der Schlamm 4 Stunden im Schlammammelraum bleiben soll. Hydrostatischer Druck für Schlammmentfernung: beim Belebungsverfahren $\geq 1,5$ m
Nachklär-becken	organische Schwebestoffe, mit kleiner Dichte, die deshalb an die Oberfläche aufschwimmen können.	<ol style="list-style-type: none"> die Schlammflocken so schnell wie möglich entfernen geforderte Oberflächenbeschickung: $20-30\text{m}^3/(\text{m}^2.\text{d})$ geforderte Aufenthaltszeit des Wassers: 1,5 bis 3 Stunden max. Fließgeschwindigkeit des Rechteckbeckens: 5 mm/s Notwendige Ausrüstung für die Verhinderung des Schlammaufschwimmens. Hydrostatischer Druck für Schlammmentfernung: beim Belebungsverfahren $\geq 0,9\text{m}$, Biofilmverfahren $\geq 1,2\text{m}$ Schlammammelräume größer als beim Vorklärbecken
Schlamm-eindicker	Rücklaufschlamm mit höherer Konzentration, oft Faulgas abblasend.	<ol style="list-style-type: none"> Ausrüstung für Belebungsflurührer ist notwendig. geforderte Oberflächenbeschickung: $3-8\text{m}^3/(\text{m}^2.\text{d})$ geforderte Rückhaltezeit: 10 bis 12 Stunden max. Fließgeschwindigkeit (senkrecht nach oben) des Rechteckbeckens: 0,2 mm/s Hydrostatischer Druck für Schlammmentfernung: beim Belebungsverfahren ≥ 2 m

4.3.4.1 Allgemeine Bemessungsregeln [R-8]

- Bemessungsrichtwerte für Absetzbecken bei städtischen Kläranlagen sind in der Tabelle 4-11 gezeigt.

Tabelle 4-11: Bemessungsrichtwerte für Absetzbecken ohne vorhandene Ermittlungsdaten.

Becken	Absetzzeit T (Stunde)	Oberflächenbeschickung q [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$]	Schlammmenge [g/Person·d]	Wassergehalt des Schlammes [%]	Feststoffbeschickung [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]
Vorklärbecken	0,5-2,0	1,5-4,5	16-32	95-97	-
Nachklärbecken (Biofilmverfahren)	1,5-4,0	1,0-2,0	11-26	96-98	≤ 150
Nachklärbecken (Belebungsverfahren)	1,5-4,0	0,6-1,5	14-32	99,2-99,6	≤ 150

- Der Durchmesser der Schlammmentfernungsleitung beträgt $\geq 200\text{mm}$.
- Die Wasserhöhe beträgt aus Sicherheitsgründen: $h_1 \geq 0,3\text{m}$
- Wirksame Wasserhöhe für die Sedimentation: $h_2 = 2,0$ bis $4,0\text{m}$. das Verhältnis dafür ist: Oberflächenbeschickung = Wirksame Wassertiefe für die Sedimentation / Absetzzeit (siehe Tabelle 4-12)

Tabelle 4-12: Verhältniswerte zwischen Oberflächenbeschickung(q) , Wirksame Wassertiefe für die Sedimentation (h_2) und Absetzzeit (T) [L-13]

Oberflächenbeschickung q [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$]	Absetzzeit T [h]				
	$h_2=2,0\text{m}$	$h_2=2,5\text{m}$	$h_2=3,0\text{m}$	$h_2=3,5\text{m}$	$h_2=4,0\text{m}$
3,0			1,0	1,17	1,33
2,5		1,0	1,2	1,4	1,6
2,0	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
1,5	1,33	1,67	2,0	2,33	2,67
1,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

- Pufferzonehöhe: $h_3 = 0,3$ bis $0,5\text{m}$
- Gesamtes Schlammvolumen im Vorklärbecken wird mit max. Absetzzeit $T=2d$ berechnet und im Nachklärbecken wird mit max. Absetzzeit $T=2h$ berechnet.
- Hydrostatischer Druck für Schlammmentfernung im Vorklärbecken: $\geq 1,5\text{ m}$ beim Belebungsverfahren im Nachklärbecken: $\geq 0,9\text{m}$

4.3.4.2 Bemessungsregeln des rechteckigen durchströmten Becken

Die Bemessungsformeln sind aus Tabelle 4-13 und Abbildung 4-3 (siehe unten) ersichtlich.

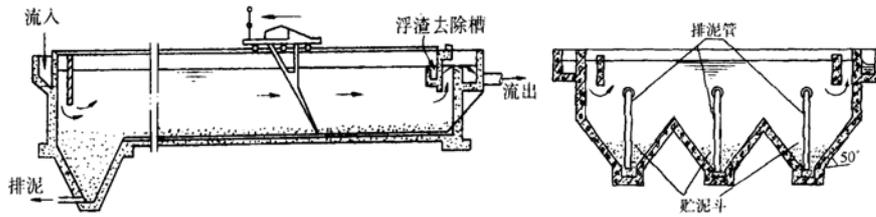


Abb.4-3: Rechteckiges durchströmtes Becken

(Quelle: [L-14])

- **Die Bemessungsformeln des rechteckigen Beckens (Tabelle 4-13)**

Tabelle 4-13: die Bemessungsformeln des rechteckigen Beckens [L-13]

Name	Einheit	Formel	Erklärung
Beckenoberfläche	m ²	$A = \frac{Q_{\max} 3600}{q}$	Q _{max} : max. Bemessungswassermenge m ³ /s q: Oberflächenbeschickung m ³ /(m ² ·h)
Wirksame Wassertiefe für das Absetzen	m	$h_2 = q \cdot T$	T: Absetzzeit (Stunden)
Wirksamer Beckeninhalte für das Absetzen	m ³	$V = A \cdot h_2$	
Beckenlänge	m	$L = v \cdot t \cdot 3,6$	v: max. Bemessungsfließgeschwindigkeit
Beckenbreite	m	$B = A/L$	
Zahl der Beckenkabinen		$N = B/b$	B: Breite jeder Beckenkabine
Notwendiger Schlammrauminhalt	m ³	$V = S \cdot N \cdot t / 1000$	S: Schlammmenge (Liter /pro Person .d) N: die Einwohnerzahl für die Bemessung t: Intervall der Schlammmentfernung (d)
Beckentiefe	m	$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$	h ₁ : Sicherungshöhe (0,3m) h ₃ : Pufferzonehöhe: h ₃ = 0,3 bis 0,5m h ₄ = h ₄ ' + h ₄ '' : Schlammschichthöhe
Volumen des Schlamm Sammlers	m ³	$V_1 = \frac{1}{3} h_4'' (f_1 + f_2 + \sqrt{f_1 f_2})$ h ₄ '' : Sammelhöhe f ₁ : Oberfläche des Sammlers f ₂ : Grundfläche des Sammlers	
Schlammvolumen außerhalb des Schlamm Sammlers	m ³	$V_2 = \left(\frac{l_1 + l_2}{2}\right) \cdot h_4' \cdot b$ l ₁ : Länge der Oberfläche des Schlammtrichters l ₂ : Unterflächen-Länge des Schlammtrichters	

- **Allgemeine Bemessungsregeln:** [L-13]

Absetzzone beim rechteckigen Becken $L/B > 4$, $12 > L/H > 8$

Fließgeschwindigkeit < 7mm/s (Vorklärbecken) < 5mm/s (Nachklärbecken)

Schlammmenge pro Person pro Tag: 0,3 bis 0,8 Liter

4.3.4.3 Bemessungsregeln des vertikal durchströmten Rundbeckens [L-13] [L-38]

Der Zulauf wird durch ein Mittelbauwerk ins Becken eingeleitet.

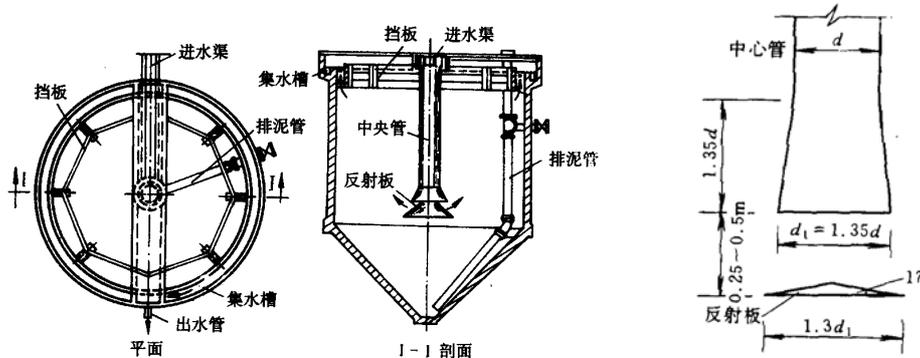


Abb.4-4: Grundriss eines vertikal durchströmten Rundbeckens (Quelle: [L-14])

- **Allgemeine Bemessungsregeln**

4m ≤ Durchmesser des Beckens ≤ 10m

das Verhältnis zwischen Durchmesser des Beckens und wirksamer Höhe des Beckens ≤ 3

Fließgeschwindigkeit des Mittelbauwerks < 30mm/s

Falls der Durchmesser des Beckens kleiner als 7 Meter ist, fließt das Klarwasser entlang dem äußeren Rand.

- **Bemessungsformeln des vertikal durchströmten Rundbeckens (Tabelle 4-14)**

Tabelle 4-14: die Bemessungsformeln des vertikal durchströmten Rundbeckens

Name	Einheit	Formel	Erklärung
Fläche des Mittelbauwerks	m ²	$f = \frac{Q_{\max}}{v_0}$	Q _{max} [m ³ /s] max. Bemessungswassermenge v ₀ [m/s]: Fließgeschwindigkeit im Mittelbauwerk
Durchmesser des Mitterohrs	m	$d_0 = \sqrt{\frac{4f}{\pi}}$	
Wirksame Fläche für Absetzen	m ²	$F = \frac{Q_{\max}}{v}$	v [m/s]: Fließgeschwindigkeit in der Absetzzone v = angenommene Oberflächenbeschickung * 1000/3600
Absetzbecken-durchmesser	m	$D = \sqrt{\frac{4(F + f)}{\pi}}$	
Wirksame Tiefe für Absetzen	m	h ₂ = v * T * 3600	

4.3.3.4 Bemessungsregeln des horizontal durchströmten Rundbeckens

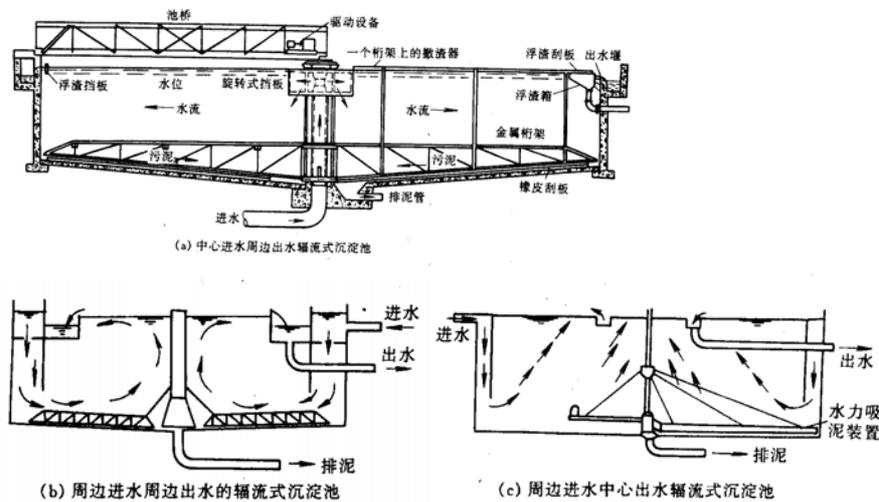


Abb.4-5: drei Typen des horizontal durchströmten Rundbeckens, nach Zufluss- und Abflussrichtung geteilt (auch Fliesschnitt des Beckens für die Bemessung) (Quelle: [L-14])

- **Allgemeine Bemessungsregeln:**

Durchmesser des Beckens $\geq 16\text{m}$

Verhältnis zwischen Durchmesser und wirksamer Höhe des Beckens: 6 bis 12

Gradient der Beckensohle: 0,05 bis 0,10

Falls der Durchmesser des Beckens kleiner als 20 Meter ist, befinden sich die Schlammmentfernungsausrüstungen in der Beckenmitte, sonst am Rand des Beckens.

Bemessungsabschnitt ist der Fliesschnitt bei $\frac{1}{2}$ Radius des Absetzbeckens

- **Bemessungsformeln bei der Annahme Oberflächenbeschickung** (Siehe. Kap.7.2)

4.4 Verstärkte mechanische Reinigung [L-16]

Sie ist eine verbesserte I. Stufe der Abwasserreinigung. Auf Basis der mechanischen Behandlung (I.Stufe) wurden physikalisch-chemische oder biologische Vorbehandlungsverfahren angewendet, um die Reinigungswirkung der ersten Stufe zu verbessern und Bau- und Betriebskosten zu sparen. Durch diese verstärkte erste Stufe können 70 % CSB und 60% BSB entfernt werden.

Das Ziel der verstärkten mechanischen Reinigung ist es, mit günstigen Kosten das städtische Abwasser zu reinigen, um die Grenzwerte des Emmissionsstandards nicht zu überschreiten.

In folgenden Situationen ist die Anwendung des Verfahrens eine optimale Wahl:

- Das städtische Abwasser hat niedrige Konzentrationen an Schmutzstoffen. Durch verstärkte mechanische Reinigung kann das gereinigte Abwasser direkt in den Vorfluter abgeleitet werden. In den meisten chinesischen kleinen Städten und viele mittleren Städte wird das Verfahren angewendet.
- Wegen momentan unzureichender Finanzierung werden neue geplante Kläranlagen in zwei Phasen gebaut. Für die erste Bauphase wird das städtische Abwasser nur durch verstärkte mechanische Reinigung behandelt. In der Zukunft soll die komplette biologische Reinigungsstufe nachgebaut werden.
- Als Vorstufe für die biologische Behandlung in den großen städtischen Kläranlagen, um die Belastung (organische Stoffe, Schwermetall) in der II. Stufe zu reduzieren.

Das in China am häufigsten angewendete Verfahren ist die physikalisch-chemische Behandlung wie Filtration und Flockung.

4.5 zweite Reinigungsstufe - biologische Reinigung

Das Abwasser wird nach der mechanischen Reinigung in die biologische Reinigungsanlage eingeleitet. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden erst die groben und sedimentierbaren Stoffe aus dem Abwasser entfernt. In den Belebungsbecken bauen Mikroorganismen (Bakterien, Kleinstlebewesen) ca. 90 Prozent der noch vorhandenen organischen Stoffe ab.

Die vor den achtziger Jahren gebauten chinesischen städtischen Kläranlagen verwenden fast alle das klassische Belebtschlammverfahren. Die erste chinesische Kläranlage mit klassischem Belebtschlammverfahren wurde im Jahre 1921 in Shanghai gebaut. 1926 wurde die zweite Kläranlage „Ost-Bezirk Shanghai“ mit einer Zuflusswassermenge von $14000\text{m}^3/\text{Tag}$ gebaut und ist bis heute immer noch im Betrieb. Das wesentliche Ziel dieses Verfahrens ist die Verringerung der BSB₅- und SS-Belastung. Um sich den natürlichen Wasserumständen und den Einleitungsanforderungen anzupassen, sollen die großen Kläranlagen nun umgebaut werden, damit ihre Fähigkeit der N, P-Entfernung verstärkt werden kann. [L-30] [L-65]

In diesem Kapitel werden die Begriffe und die Bemessungsgrundlagen über die Verfahren für den Abbau der organischen Kohlenstoffverbindungen sowie Schwebstoff-Entfernung vermittelt. Biofilm Verfahren werden ganz selten in den chinesischen städtischen Kläranlagen verwendet, deswegen wird dieses Verfahren in dieser Arbeit nicht näher erklärt.

4.5.1 Begriffe und technischer Prozess des Belebungsverfahrens

Das Belebtschlammverfahren wird oftmals auch Belebungsverfahren genannt. Allgemeine grundlegende Bestandteile sind Belebungsbecken, Nachklärbecken, Rücklaufsystem, Überschussabzug und Belüftungssystem.

Bei diesem biologischen Abwasserreinigungsverfahren wird das Abwasser mit, in der Konzentration angereichertem, belebtem Schlamm in Kontakt gebracht. Ein Grossteil der organischen Verschmutzung wird durch aerobe Mikroorganismen biologisch abgebaut, was aber die Zufuhr von Luftsauerstoff notwendig macht. Zur Verhinderung der Schlammabsetzung wird der Schlamm im Belebungsbecken stets umgewälzt. Das Gemisch von gereinigtem Abwasser und Belebungsschlamm gelangt anschließend zum Nachklärbecken, wo die Feststoffabtrennung stattfindet. Der sich am Boden des Nachklärbeckens absetzende Schlamm wird zur Aufrechterhaltung der Schlammkonzentration im Belüftungsbecken als so genannter Rücklaufschlamm wieder in dieses Becken zurückgeführt. Die durch das Bakterienwachstum entstehende Schlammvermehrung muss als so genannter Überschussschlamm von Zeit zu Zeit aus dem System entfernt werden. [L-62]

Die Hauptbemessungsteile des Belebungsverfahrens sind die Bemessung des Belebungsbeckens, des Belüftungssystems, des Nachklärbeckens und des Rücklaufschlammsystems. Hier wird nur der Punkt über die Bemessung des Belebungsbeckens aus dem chinesischen Regelwerk zusammengefasst. Zwischen der Bemessung des Vorklärbeckens und des Nachklärbeckens gibt es keine großen Unterschiede. Dies wurde schon in Kapitel 4.3.4 erklärt.

4.5.2 Einflussfaktoren des Belebtschlammssystems

Ein effizientes Belebungschlammssystem ist sowohl von der Qualität des Abwassers als auch der des Schlammes abhängig. Gleichzeitig wird es aber auch von den folgenden Faktoren beeinflusst:

- **Gelöster Sauerstoff:**

Die Flüssigkeitsmischung bei dem Ausgang des Belebungsbeckens soll Maximum 2mg/l O₂ beinhalten.

- **Wassertemperatur:**

Der Belebungschlamm reagiert am effizientesten bei der Wassertemperatur zwischen 15°C und 30°C.

- **Nährstoffe:**

Hat das Industrieabwasser einen großen Anteil, muss Stickstoff und Phosphor zugefügt werden. Das Gleichgewicht der Ernährungsmittel soll gehalten werden.

- **Giftige Substanzen:**

Schwermetallsubstanzen, Cyanid und Phenol sind giftig für Mikroorganismen. Es muss garantiert werden, dass die sich im Abwasser befindenden giftigen Substanzen nicht den Grenzwert des Standards „*Discharge Standard for municipal wastewater*“ überschreiten. [L- 38]

- **Schlammbelastung:**

Die Schlammbelastung stellt das Verhältnis der täglich zugeführten BSB₅-Fracht im Abwasser zur im Belebungsbecken vorhandenen Biomasse dar, wobei die Biomasse als Trockensubstanz (TS) [kg BSB₅/(kg TS.d)], manchmal auch als organischer Teil der TS bestimmt wird. [L-49]

Die Schlammbelastung ist ein wichtiger Einflussfaktor für den Zuwachs des Schlamms und dem Absterben der Organismen. Je höher die Schlammbelastung, desto schneller vermehrt sich der Belebungsschlamm, allerdings nur noch die schnellwachsenden Bakterien. Dadurch nimmt die biologische Vielfalt des Schlamms und damit seine Reinigungswirkung ab. [L-43]

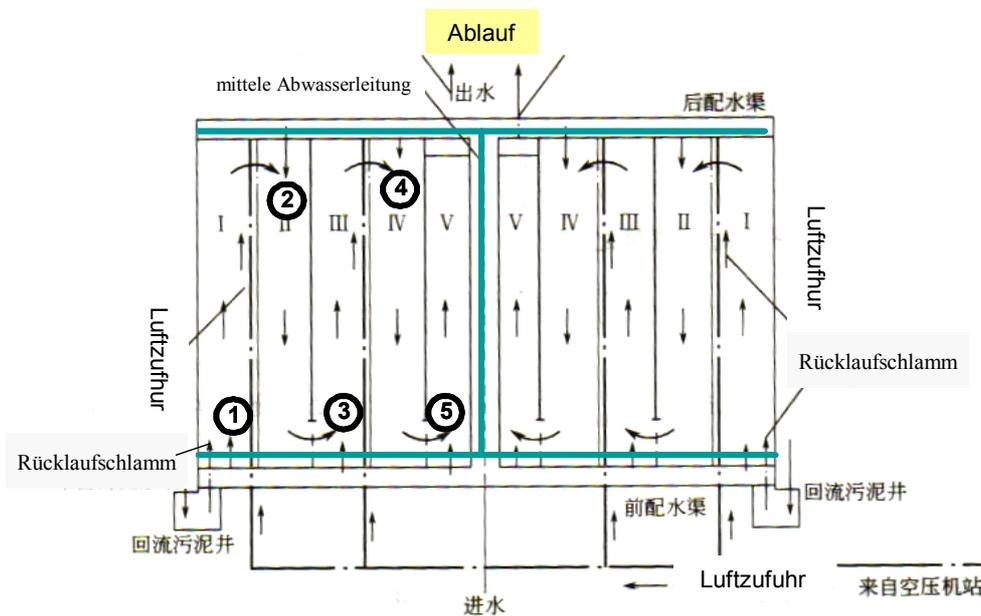
Gemäß dem Behandlungszweck soll die Schlammbelastung unterschiedlich eingestellt werden. Da bei niedriger Schlammbelastung das Belebungsbecken ein großes Volumen braucht, soll der Schlammbelastungswert bei der Bemessung unter 0,5 gewährleistet werden, um weniger Kapital zu investieren. [R-8] [L-14]

- **pH-Wert:**

Der Belebungsschlamm reagiert am effizientesten bei einem pH-Wert zwischen 6,5-8,5

4.5.3 Unterteilung des Belebtschlammverfahrens für organische Kohlenstoffentfernung nach Betriebsweisen

Anhand der Flexibilität und der Vielfältigkeit des Belebtschlammverfahrens wird in China das traditionelle Belebungschlammssystem als Entwurfsmuster genommen. In der Praxis können verschiedenen Betriebsweisen bzw. Sauerstoffzufuhrverfahren verwendet werden.



① — ⑤ : Abwasserzuführungspunkten — : Abwasserleitungen

Abb.4-6: der Grundriss eines Belebungsbeckens, das aus zwei 5-strässigen Becken besteht. (Quelle: Übersetzung aus [L-13])

Ein Belebungsbecken besteht aus zwei 5-strassigen (I-V) Becken (Abb.4-6). Das Wasser fließt vom Vorklärbecken durch das Belebungsbecken zu dem Nachklärbecken. Zwei quere (in Abb. 4.6 horizontale) Abwasserleitungen sind durch eine mittlere kreuzende Abwasserleitung (H-Form) verbunden. Auf den queren Abwasserleitungen sind 5 regulierbare Abwasserzuführungen an verschiedenen Punkten angebracht. Damit können dann z.B. die folgenden Betriebszustände eingestellt werden:

-Betriebsweise gemäß dem traditionellen Verfahren: Der Rücklaufschlamm fließt durch den vorderen Eingang von Strasse I ins BB ein. Das Abwasser fließen gleichzeitig auch durch den vorderen Eingang „1“ von der Strasse I ins Belebungsbecken ein.

-Betriebsweise gemäß dem biologischen Adsorptions-Verfahren: Der Rücklaufschlamm fließt durch den vorderen Eingang von Strasse I ins Belebungsbecken ein. Strasse I funktioniert als Schlammbelebungssteich.

Das Abwasser fließt durch den hinteren Eingang „2“ von der Strasse II ins Belebungsbecken ein. In diesem Fall besitzt der Belebungssteich 20% des Gesamtvolumens des Belebungsbeckens; die Strasse I und Strasse II können aber auch gleichzeitig als Belebungssteiche benutzt werden und das Abwasser fließt durch den vorderen Eingang „3“ von der Straße III ins Belebungsbecken ein. In diesem Fall besitzt der Belebungssteich 40% des Volumens des Belebungsbeckens.

-Betriebsweise gemäß dem Belebungsverfahren mit verteilter Abwasserzuführung: Der Rücklaufschlamm fließt durch den vorderen Eingang von Strasse I ins BB ein. Das Abwasser wird seitlich des BB von Wasserleitungen verteilt und fließt gleichmäßig durch 5 Eingänge „1-5“ ins Belebungsbecken ein. [L-13]

In China werden hauptsächlich oben aufgezählte drei Arten von Belebungsverfahren für den Abbau der organischen Kohlenstoffverbindungen angewandt. Außerdem wird auch oft ein „vollständiges Mischungsverfahren“ verwendet.

4.5.3.1 Traditionelles Belebungsverfahren [L-14]

Das Abwasser und der Rücklaufschlamm fließen gleichzeitig am Beckenanfang ein, wo der höchste Sauerstoffverbrauch herrscht.

Vorteile: 1) guter Effekt: Die BSB₅-Reinigungsrate kann bis 95% erreichen.

2) der Behandlungsgrad des Abwassers ist regulierbar.

Nachteile: 1) sehr großer Platzbedarf

2) längere Belebungs-Aufenthaltszeit: 6 bis 8 Stunden

3) Gefahr des Sauerstoffmangels am Beckenanfang

Anwendungsbereich: Kläranlagen der großen Städte.

4.5.3.2 Vollständiges Mischungsverfahren [L-12]

Belebungsbecken und Nachklärbecken werden oft zusammen in einem Becken gebaut. Solche Becken sind meistens trichterförmig, außen ist die Absetzzone für den Schlamm und in seiner Mitte liegt die Belebungszone mit dem Oberflächenbelüfter. (Abb.4-7) Das Rücklaufschlammverhältnis beträgt 100% bis 500%. Die tatsächliche Durchflußzeit durchs Becken beträgt maximal einen Stunde.

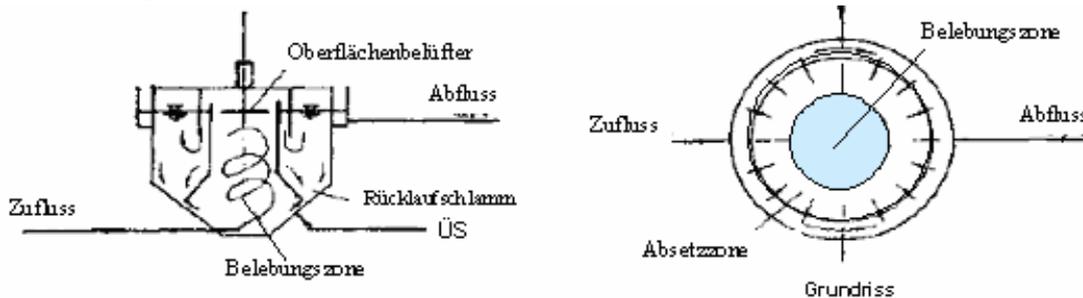


Abb.4-7: Grundriss einer Belebungsanlage des vollständigen Mischungsverfahrens

(Quelle: Übersetzung aus [L-12])

Obwohl dieses Verfahren keinen Luftgebläseraum und keine Rohrleitung für die Belebungsbecken benötigt, sind der Reinigungseffekt und die Betriebssicherheit niedriger als traditionelle Belebungsverfahren.

Anwendungsbereich: Kläranlagen der kleinen Städte oder der Siedlungsgebiete. Auch bei hoch organisch belastetem Industrieabwasser sinnvoll.

4.5.3.3 Belebungsverfahren mit verteilter Abwasserzuführung (*Step Aeration*)

Um zu verhindern, dass am Beckenanfang Sauerstoffmangel- sonst aber Sauerstoffüberschuss herrscht, wurde das Belebungsverfahren mit verteilter Abwasserzuführung entwickelt. [L-48] Wegen seiner Einfachheit wurde das Belebungsverfahren mit verteilter Abwasserzuführung in China oft angewendet. [L-13].

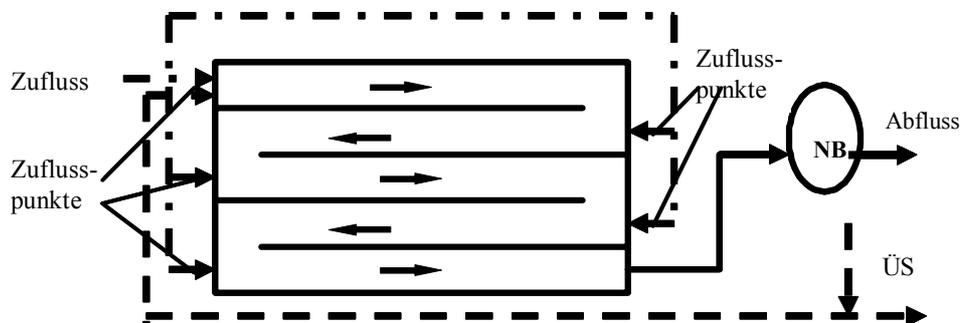


Abb.4-8: Verfahrensschema des intermittierenden Belüftungs-Belebungsverfahrens

(Quelle: Übersetzung aus [L-14])

4.5.3.4 Biologisches Adsorptions-Belebungsverfahren (*bio sorption*)

Zwei Prozesse (Adsorption und Abbau) sind in unterschiedlichen Reaktoren separat zu steuern. Da durch Adsorption manche Abwasserbestandteile sehr schnell aus dem Abwasser entfernt werden, [L-43] sind die Baukosten des Verfahrens günstiger, aber die Reinigungskapazität ist etwas niedriger als traditionelle Belebungsverfahren. (Abb.4-9) Beispielsweise kann die BSB₅-Reinigungsrate mit einer 2 stündige Adsorptionszeit maximal 90% erreichen. [L-12]

Anwendungsbereich: Abwasser mit höherem Anteil an Kolloiden und suspendierten organischen Substanzen. Für die städtische Abwasserbehandlung sollen die Volumina des Adsorptionsbeckens und des Verminderungsbeckens gleich groß sein. [L-12]

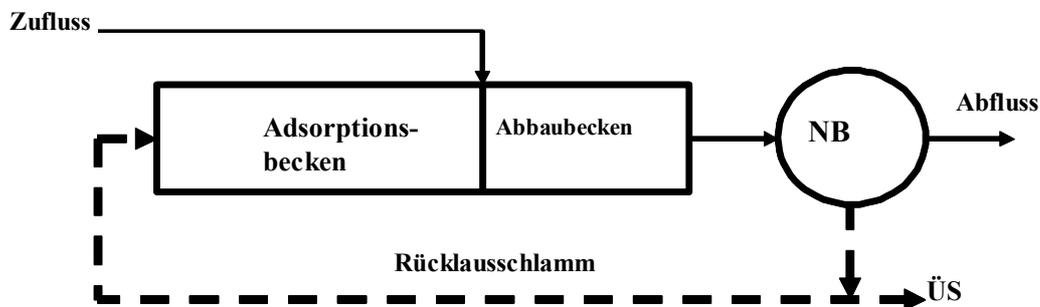


Abb.4-9: Verfahrensschema des biologischen Adsorptions-Belebungsverfahrens (Quelle: Übersetzung aus [L-14])

4.5.4 Grundlegende Daten für die Bemessung des Belebungsverfahrens

Beim städtischen Abwasser sowie bei Industrieabwasser mit vergleichbaren Eigenschaften existieren vollständige Entwurfsdaten und Standards, die bei der Bemessung direkt verwendet werden können. Ansonsten müssen folgende grundlegende Daten für die Bemessung durch eine Voruntersuchung festgestellt werden: [L-12]

- Abwasserwassermenge, Wasserqualität und die Regelmäßigkeit ihrer Änderung
- die Wasserqualitätsanforderung nach der Behandlung
- die Schlammbehandlungsanforderung
- die Schlammbelastung und Entfernrungsrate BSB₅
- Die Konzentration der Mischung aus Schlamm und Abwasser sowie Schlammrücklaufverhältnis.
- Lokale geographische Position, geologischer Zustand, klimatische Verhältnisse
- Lokales technisches Niveau der Mitarbeiter
- Die technische Implementierungsmöglichkeit sowie seine ökonomische Möglichkeit

4.5.5 Gestaltung des Belebungsbeckens

4.5.5.1 Typen des Belebungsbeckens (siehe Tabelle 4-15)

Tabelle 4-15: Überblick der Unterteilung der Belebungsbecken in China

Unterteilung	Arten	Namen der Typen
nach Fließströmungs-zustand	3	-Langbecken mit Rohrströmung -vollständiges Mischbecken -zirkulär gemischtes Becken (Umlaufbecken).
nach Belebungs-beckenform	4	-viereckige Straßenform, -Kreisform -quadratische Form -Ring- Laufbahnform
nach Belüftungs-einrichtungen	2	-Druckluftbelüftungs-Becken, -oberfläche Belüftungsbecken (Belüftungskreisel, Bürstenwalzen)
nach Verhältnis zu Nachklärbecken	2	-zusammengebaute Becken -getrennt gebaute Becken

4.5.5.2 Gestaltung des Langbeckens mit Pfropfen-Strom

- Viereck; die Länge der Straße kann 100m erreichen, liegt aber besser zwischen 50 und 70m. Die Länge sollte 5 bis 10mal die Breite sein.
- Vom Zugang des Beckens zum Ausgang des Beckens ändert sich seine Schlammbelastung, Zahl und Art der Mikroorganismen kontinuierlich.
- Häufig verwendete Formen: Becken mit einer Straße, zwei Straßen, drei Straßen oder fünf Straßen.

4.5.5.3 Gestaltung des vollständigen Mischbeckens

- Sobald das Abwasser ins Belebungsbecken fließt, mischt es sich sofort intensiv mit der schon vorhandenen Mischung.
- Die Zusammensetzung der Wasser-Schlamm-Mischung, die Schlammbelastung, der Mikroorganismenaufbau und die Mikroorganismenzahl sind im ganzen Becken vollständig gleichmäßig.
- Die Wachstumsgeschwindigkeit der Mikroorganismen im Belebungsbecken ist gleich.
- Vorteil: Wegen der Verdünnungsfunktion kann es Abwasser mit höherer Konzentration ertragen und Energie sparen.

4.5.6 Aufbau (Struktur) des Belebungsbeckens

Beim Aufbau eines Belebungsbeckens sollte die Anforderung der Belüftung und der Sauerstoffbeimischung erfüllt werden können. Der Aufbau des Belebungsbeckens wird durch die Art der Sauerstoffzufuhr und die Belüftungsausrüstung entschieden.

- **Becken mit Druckluftbelüftungssystem**

Die meisten Belebungsbecken sind Langbecken mit mehreren Straßen. Das Verhältnis zwischen der Länge und der Breite der Straße soll 5 - 10: 1 sein.

Die optimale Straßenlänge ist zwischen 50 und 70 Metern. Die Tiefe des Beckens ist 3 - 5m. Das Gefälle der Beckensohle ist 0.2%.

- **Der Beckenaufbau mit Oberflächenbelüftungsausrüstung**

- a. das vollständig Mischbecken: hat einen runden oder quadratischen Grundriss.
- b. das SBR-Reaktor: in einem Becken werden die Prozesse der Belüftung und des Absetzens kombiniert.
- c. Carrouselbelüftung: Für Oberflächenbelüftungssysteme mit gleichzeitig regenschirmartiger Umwälzung im Umlaufbecken. An das Belebungsbecken schließen eine Reihe quadratischer Becken an. Jedes quadratische Becken wird vollständig durchmischt und hat einen Walzenbelüfter.

- **Belebungsbecken mit Bürstenbelüfter oder Walzenbelüfter: Umlaufbecken**

4.5.7 Die Bemessungsparameter des Belebungsbeckens (nur für organische Kohlenstoffentfernung)

Die Bemessungsparameter aller vier Arten der Belebtschlammverfahren sind nur für die organische Kohlenstoffentfernung in der Tabelle 4-16 gezeigt.

Tabelle 4-16 : In China empfohlene Bemessungsparameter der unterschiedlichen Belebungsverfahren für die organische Kohlenstoffentfernung [R-8]

Bemessungsparameter	Traditionelle Verfahren	vollständiges Mischungsverfahren	Verfahren mit verteilter Abwasserzuführung	biologisches Adsorptions-Belebungsverfahren
Schlammbelastung [kgBSB ₅ /kgTS.d]	0,2-0,4	0,25-0,5	0,2-0,4	0,2-0,4
BSB ₅ -Raumbelastung [kgBSB ₅ /m ³ .d]	0,4-0,9	0,5-1,8	0,4-1,2	0,9-1,8
Trockensubstanzgehalt im BB [g/l]	1,5-2,5	2-4	1,5-3	Ads. Becken 2,5-3 Abbaubecken 4-6
Rücklaufverhältnis [%]	25-75	100-400	25-75	50-100
BSB ₅ -Entfernungsrate [%]	90-95	80-90	85-95	80-90

4.5.8 Formel für die Dimensionierung des Belebungsbeckenvolumens

Mit Hilfe der Richtwerte „BSB₅-Schlammbelastung“ oder „BSB₅-Raumbelastung“ kann das Volumen des Belebungsbeckens dimensioniert werden. In der Abbildung 4-10 wird ein Überblick von Kurzzeichen der Bemessungsparameter gegeben.

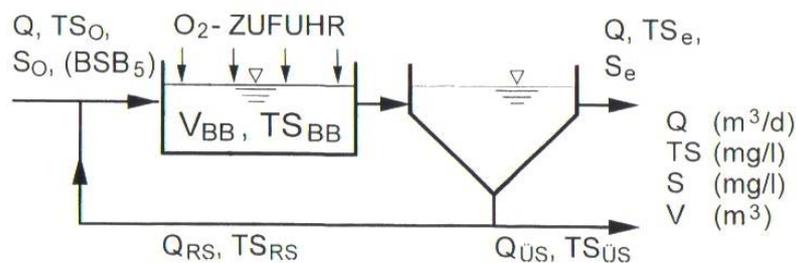


Abb.4-10 : Verfahrensschema des Belebungsverfahrens mit Kurzzeichen der Bemessungsparameter (Quelle: [L-51])

- Bemessungsformel für die Berechnung des Beckenvolumens mit maßgebender „BSB₅-Schlammbelastung“ [R-8]

$$V_{BB} = \frac{24Q(S_0 - S_e)}{1000B_{TS,BSB} TS_{BB}}$$

- V_{BB} [m³]: das Volumen des Belebungsbeckens
- S_0 [mg/l]: BSB₅-Konzentration im Zufluss des Belebungsbeckens
- S_e [mg/l]: BSB₅-Konzentration im Abfluss des Belebungsbeckens
- Q [m³/h]: die Bemessungsabwassermenge des Belebungsbeckens
- $B_{TS,BSB}$ [kgBSB₅/kgTS.d]: die BSB₅-Schlammbelastung im Belebungsbecken
- TS_{BB} [mg/l]: Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken

- Bemessungsformel für die Berechnung des Beckenvolumens mit maßgebender „BSB₅-Raumbelastung“ [R-8]

$$V_{BB} = \frac{24Q S_0}{1000B_{R,BSB}}$$

- V_{BB} [m³]: das Volumen des Belebungsbeckens
- S_0 [mg/l]: BSB₅-Konzentration im Zufluss des Belebungsbeckens
- Q [m³/h]: die Bemessungsabwassermenge des Belebungsbeckens
- $B_{R,BSB}$ [kgBSB₅/m³]: die BSB₅-Raumbelastung im BB

4.5.9 Die Gestaltungsprinzipien des Belebungsbeckens

Beckenzen: ≥ 2 ; Straßenzahlen: ≥ 3

Verhältnis zwischen Länge, Breite und Höhe des Beckens:

Länge = (~5-10) Breite, Tiefe: ~4-5 Meter, Sicherheitshöhe: 0,5 Meter

Außerdem Auswahl der Arten des Zuflusses, des Abflusses, des Rücklaufschlamm-systems sowie die Festlegung der Lage der Belüftungsausrüstung. [R-8]

4.6 Verstärkte II. Stufen-Behandlung: biologische N-, P-Entfernung

4.6.1 Allgemeines

4.6.1.1 Begriffe

Zur Stickstoff- und Phosphor-Entfernung sowie der Entfernung organischer Stoffe und Schwebstoffe wird in China eine verstärkte biologische Behandlung in der II. Stufe gefordert, falls der Abfluss aus der Kläranlage in Seen oder Stauseen abgeleitet werden soll. Damit soll die Gefahr der Eutrophierung (siehe Kap.2.5.4) durch Nährstoffe (N, P) vermieden werden.

Da das Phosphor-Aufkommen im Gewässer überwiegend von menschlichen Quellen abhängt, und weil die starke Beeinflussung der Natur durch Stickstoffverbindungen im Gewässer schwierig zu kontrollieren ist, wird dem Phosphor die größte Rolle bei Eutrophierung der Gewässer zugeordnet. Folglich sind das Kontrollieren und Verringern vor allem des Phosphors im städtischen Abwasser das Wichtigste für die Verhinderung der Eutrophierung. [L-2]

Um die Regelung der Grenzwerte in chinesischen Standards besser zu verstehen, sollten die folgenden wichtigen Parameter für die Nährstoffentfernung erwähnt werden:

- **Gesamt-Stickstoff** (N_{ges})
- **Phosphat-Phosphor** ($PO_4\text{-P}$)
- **Gesamt-Phosphor** (P_{ges})
- **Kjedahl-Stickstoff** (TKN)

Kjedahl-Stickstoff ist Konzentration der Summe aus organisch gebundenen Stickstoffs und Ammoniumstickstoffs (DIN EN 1085) $TKN = org. N + NH_4\text{-N}$ (mg/l)

- **Nitrit-Stickstoff** ($NO_2\text{-N}$)
- **Nitrat-Stickstoff** ($NO_3\text{-N}$)
- **Ammonium- Stickstoff** ($NH_4\text{-N}$)

Im häuslichen Abwasser stammt der Stickstoff vorwiegend aus dem in den menschlichen Ausscheidungen enthaltenen Eiweiß und Harnstoff. Der darin organisch gebundene Stickstoff wird zum Großteil schon im Kanalnetz zu Ammonium (NH_4) hydrolysiert. Die ökologische Bedeutung des Ammoniums liegt darin, dass NH_4^+ im Gewässer durch spezielle Mikroorganismen (Nitrifikanten) zu Nitrat (NO_3^-) oxidiert und dabei Sauerstoff verbraucht wird (Nitrifikation). Dazu kommt, dass NH_4^+ bei hohen pH-Werten in das extrem fischgiftige NH_3 (Ammoniak) übergeht. [L-5]

4.6.1.2 Prozess für N-Entfernung

Im Hinblick auf die ökologische Bedeutung von Ammonium (NH_4) werden Kläranlagen in Österreich heute so gebaut und betrieben, dass die Stickstoffoxidation (Nitrifikation) nicht erst im

Gewässer, sondern schon in der Kläranlage stattfindet und der Stickstoff im gereinigten Abwasser überwiegend nicht als Ammonium, sondern als Nitrat (NO_3) vorliegt. [L-5] Bei der Denitrifikation erfolgt die Entfernung des durch die Nitrifikation anfallenden Nitrates durch Reduktion zu gasförmigem Stickstoff. [L-63] In der österreichischen Emissionsverordnung ist geregelt, dass in kommunale Kläranlagen der Gesamtstickstoff im Abwasser durchschnittlich jährlich mindestens zu 70% entfernt werden muss. (siehe. auch Kap.3.3.4)

Die TKN-Konzentration des chinesischen städtischen Abwassers liegt zwischen 40 und 50 mg pro Liter, davon $\frac{2}{3}$ $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt. [L-26] Im chinesischen Standard GB18918-2002 ist geregelt, dass die Entfernung des gesamten Stickstoffs nur für wiederverwendbare (gebrauchte) Abwässer gefordert wird.

Der wichtigste Parameter für N-Entfernung in China ist der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt, während der NO_3 -Gehalt als unwichtig erachtet wurde. Bei der Planung einer chinesischen städtischen Kläranlage wurden die Denitrifikationsbecken (-zonen) (Umwandlung NO_3 zu N_2) daher oft nachlässig gebaut oder gänzlich oder eingespart. Da wegen des Sparens bei den Betriebskosten die meisten Denitrifikationsbecken(-zonen) der neu gebauten modernen Kläranlagen nach der Fertigstellung überhaupt nicht oder selten betrieben wurden, wird zur Zeit häufig diskutiert, ob der Bau eines Denitrifikationsbeckens überhaupt sinnvoll ist. [L-26]

4.6.1.3 Prozess für die P-Entfernung

Während in Deutschland in der Regel sowohl biologische als auch chemische Phosphatentfernung oder eine Kombination beider Verfahren zur Einhaltung der Phosphatgrenzwerte eingesetzt werden, wird in China meist nur die biologische Variante verwendet. Im Grunde könnte der chemische Prozess durch eine einfache Dosierapparatur (z.B. für Eisensalze) leicht in bestehende Anlagen integriert werden. [L- 4]

In Österreich soll die Phosphatkonzentration im Abwasser nach der Reinigung der Kläranlage auf 1 mg / l reduziert werden.

4.6.2 Zusammenfassung über die Bemessung der biologischen N-, P-Entfernung aus GB50101-2005

- Bedingungen für die biologische N-, P-Entfernung

Für N-Entfernung: $\text{BSB}_5/\text{TKN} > 4$

Für P-Entfernung: $\text{BSB}_5/\text{P}_{\text{ges}} > 17$

Für N-, P-Entfernung: $\text{BSB}_5/\text{TKN} > 4$, $\text{BSB}_5/\text{P}_{\text{ges}} > 17$

basischer Zustand in aeroben Becken : Konzentration $\text{CaCO}_3 > 70\text{mg/l}$

- Falls nur N-Entfernung geplant ist, wird A_1/O -Verfahren angewendet.
(Siehe Kap.4.6.3)

- Falls nur P-Entfernung geplant ist, wird A₂/O-Verfahren angewendet. (Siehe Kap.4.6.4)
- Falls N- und P-Entfernung geplant ist, wird A₁/A₂/O-Verfahren angewendet. (Siehe Kap.4.6.5)

4.6.3 A₁/O-Verfahren (Verfahren zur biologischen Stickstoffentfernung)

Das A₁/O-Verfahren ist eine Anoxische/Aerobe-Anlage mit Stickstoffentfernung. Da es bis jetzt in China keine Kläranlage gibt, welche nur mit dem A₁/O-Verfahren im Betrieb genommen- oder geplant ist, werden hier nur die Bemessungsparameter (siehe Tabelle 6-5) und die Gleichungen für die Volumenberechnung des Beckens (der Zone) aus dem „Code for design of outdoor wastewater engineering“ GB50101-2005 gezeigt. Für Nitrifikation und Denitrifikation gilt die folgende Berechnung mit Hilfe des Wachstumskinetik-Modells.

- **Volumen des anoxischen Beckens (der anoxischen Zone) V_n**

$$V_D = \frac{0,001Q(N_k - N_t) - 0,12\Delta X_{vss}}{K_{de} TS_{BB}}$$

$$K_{de(t)} = K_{de(20)} \times 1,08^{(t-20)}$$

$$\Delta X_{vss} = fY_t \frac{Q(S_o - S_e)}{1000}$$

V _D [m ³]:	Volumen des anoxischen Beckens (der anoxischen Zone)
Q [m ³ /h]:	Bemessungswassermenge der Belebungsbecken
TS _{BB} [kg/m ³]:	Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken
N _k [mg/l]:	Konzentration des Kjeldahl-tickstoffs (TKN) im Zufluss des Belebungsbeckens
N _t [mg/l]:	Konzentration des Gesamtstickstoffs im Abfluss des BBs
ΔX _{vss} [kgorg.TS _{BB} /g]:	Biomassemenge, die aus Belebungsbecken abgeleitet sind.
K _{de} [kgNO ₃ -N/ kgTS _{BB} *d]:	Geschwindigkeit der N-Entfernung. 0,03 bis 0,06 bei 20°C
K _{de(t)} , K _{de(20)} :	Geschwindigkeit der N-Entfernung bei 0°C und 20°C
Y _t [kgSS/kgBSB ₅]:	Beiwerte für Schlammproduktion Reinigungssystem ohne Vorklärbecken: 0,6 bis 1,0 Reinigungssystem mit Vorklärbecken: 0,3 bis 0,85
f [%]:	Verhältnis der organischen Trockensubstanz im Belebungsschlamm
S _o , S _e [mg/l] :	BSB ₅ -Konzentrationen im Zufluss und im Abfluss des BBs.

- **Volumen des aeroben Beckens (der aeroben Zone)**

$$V_N = \frac{Q(S_o - S_e)t_{TS}Y_t}{1000TS_{BB}}$$

V_N [m³]: Volumen des aeroben Beckens (der aeroben Zone), für Nitrifikation

$$t_{TS} = F \times \frac{1}{\mu}$$

F: Sicherheitsfaktor, 1,5-3,0

μ [d^{-1}]: Wachstumsrate der Nitrifikanten

t_{TS} [d]: Schlammalter

$$\mu = 0,47 \times \frac{N_a}{K_N + N_a} e^{0,098(t-15)}$$

N_a [mg/l]: Konzentration des NH_4-N im Belebungsbecken

K_N [mg/l]: Stickstoff-Konzentration, bei der halbmaximales Wachstum bei der Nitrifikation erreicht ist.

0,47 [d^{-1}]: maximale Wachstumsgeschwindigkeit der Nitrifikanten

- **Bemessungsparameter des A_1/O -Verfahrens** (Tabelle 4-17)

Tabelle 4-17 : Bemessungsparameter des A_1/O -Verfahrens

Bemessungsparameter	Einheit	Grenzwerte
BSB ₅ -Schlammbelastung	kgBSB ₅ /kgTS·d	0,05-0,15
Stickstoff-Schlammbelastung	KgN _{ges} /kgTS·d	≤ 0,05
Trockensubstanzgehalt im BB	g/l	2,5-4,0
Schlammalter	d	12-25
Schlammprodukt, bezogen auf BSB ₅	KgVSS/kgBSB ₅	0,3-0,5
Sauerstoffverbrauch	KgO ₂ /kg BSB ₅	1,1-1,8
Durchflusszeit	h	8-16 (in der anoxischen Zone: 0,5-3h)
Rücklaufschlammverhältnis	%	50-100
Rücklaufverhältnis der Schlamm-Wasser-Mischung	%	100- 400
Entfernungsrate	%	90-95(BSB ₅), 60-85(N _{ges.})

- **Rücklaufstrom des Schlamm-Wasser-Gemisches**

$$Q_{Ri} = \frac{1000 V_n K_{de} X_a}{N_t - N_{ke}} - Q_R$$

Q_{Ri} [m^3/d]: Rücklaufstrom des Schlamm-Wasser-Gemisches

Q_R [m^3/d]: Rücklaufschlammstrom

N_{ke} [mg/l]: Konzentration des Kjeldahlstickstoffs im Abfluss des Belebungsbeckens

- Das Verhältnis zwischen Volumen des anoxischen Beckens (der anoxischen Zone) und Volumen des aeroben Beckens (der aeroben Zone) beträgt 2 bis 4.

4.6.4 A_2/O -Verfahren (zur biologischen Phosphorentfernung)

4.6.4.1 Begriffsklärung und Vorteile der A_2/O -Verfahren

Das A_2/O -Verfahren ist eine Anaerob/Aerob-Anlage ohne Stickstoffelimination.

Diese Verfahrensweise wurde gewählt, um die erhöhte biologische P-Elimination ohne den Einfluss der parallelen Stickstoffelimination durch Nitrifikation und Denitrifikation untersuchen zu können. [L-23] Der technische Prozess der Reinigung ist wie in Abb.4-11 gezeigt.

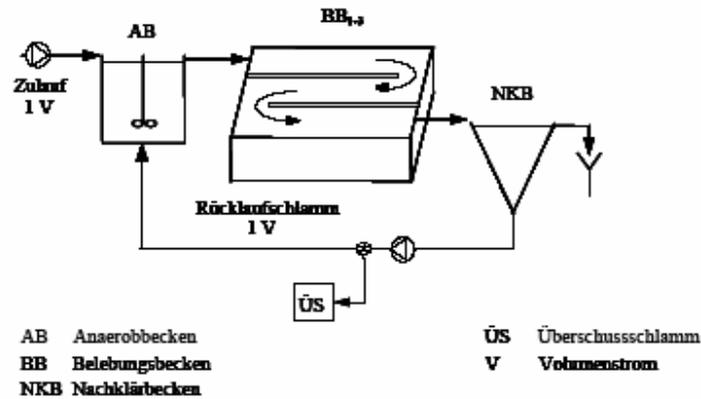


Abb.4-11: der technische Prozess des A₂/O- Verfahrens
(Quelle: [L-23])

4.6.4.2 Bemessungsregeln und Bemessungsbedingungen aus GB50101-2005

Im „Code for design of outdoor wastewater engineering“ GB50101-2005 ist wie folgt geregelt:

- Falls biologische P-Entfernung geplant ist, wird das A₂/O-Verfahren angewendet.
- Volumen des anaeroben Beckens (der anaeroben Zone)

$$V_{Biop} = \frac{TQ}{24}$$

V_{Biop} (m³): Volumen des anaeroben Beckens (der anaeroben Zone)

T (h): Durchflusszeit in der anaeroben Zone, 1~2h.

Q (m³/d): Bemessungswassermenge der Belebungsbecken

- Volumen des aeroben Beckens
siehe.Kap.4.6.3
- Primär- und Überschussschlamm aus der A₂/O-Anlage sollten maschinell eingedickt werden
- Folgende Voraussetzungen existieren für die biologische Phosphorentfernung:
pH-Wert im Zufluss: 6-8
BSB₅/TP-Verhältnis im Zufluss: 20-30
CSB/TN-Verhältnis im Zufluss: ≥10
Einfach abbaubare organische Stoffe im Zufluss: ≥60 mg/l
- Bemessungsparameter des A₂/O-Verfahrens (Tabelle 4-18)

Tabelle 4-18 : Bemessungsparameter des A₂/O-Verfahrens

Bemessungsparameter	Einheit	Grenzwerte
BSB ₅ -Schlammbelastung	kgBSB ₅ /kgTS.d	0,4-0,7
Trockensubstanzgehalt im BB	g/l	3,0-4,5
Schlammalter	d	3,5-7
Schlammprodukt, bezogen auf BSB ₅	KgVSS/kgBSB ₅	0,4-0,6
Phosphor-Anteil im Schlamm	KgTP/kgVSS-d	0,03-0,07
Sauerstoffverbrauch	KgO ₂ /kg BSB ₅	0,7-1,1
Durchflusszeit	h	3-6 dazu in der anaeroben Zone: 1-2h
Rücklaufschlammverhältnis	%	40-100
Schlammindex	l/kg	≤ 100
Entfernungsrate	%	80-90(BSB ₅) , 75-85(P _{ges.})

4.6.5 A₁/A₂/O-Verfahren

4.6.5.1 Begriffsklärung und Vorteile der jeweiligen Verfahren

Das A₁/A₂/O-Verfahren ist eine Erweiterung des A₂/O-Verfahrens mit zusätzlicher Nitrifikation und Denitrifikation. Alle Becken sind jedoch durch entsprechende Unterteilungen als Kaskade ausgeführt, um eine Pfropfenströmung zu gewährleisten. [L-9]

4.6.5.2 Bemessungsparameter des A₁/A₂/O –Verfahrens (Tabelle 4-19)

Im „GB50101-2005“ ist wie folgt geregelt: falls N- und P-Entfernung geplant ist, wird das A₁/A₂/O-Verfahren angewendet.

Tabelle 4-19 : Bemessungsparameter des A₁/A₂/O –Verfahrens

Bemessungsparameter	Einheit	Grenzwerte
BSB ₅ -Schlammbelastung	kgBSB ₅ /kgTS.d	0,1-0,2
Trockensubstanzgehalt im BB	g/l	2,5-4,0
Schlammalter	d	10-20
Schlammprodukt	KgVSS/kgBSB ₅	0,3-0,5
Sauerstoffverbrauch	KgO ₂ /kg BSB ₅	1,1-1,6
Durchflusszeit	h	7-14 dazu in der anoxischen Zone: 1-2h in anaeroben Zone: 0,5-3h
Rücklaufschlammverhältnis	%	20-100
Rücklaufverhältnis der Schlamm-Wasser-Mischung	%	≥ 200
Entfernungsrate	%	85-95(BSB ₅)
		50-75(P _{ges.})
		55-80(N _{ges.})

4.6.6 AB-Verfahren

4.6.6.1 Begriffsklärung und Vorteile der jeweiligen Verfahren

Das AB-Verfahren ist die Abkürzung vom zweistufigen Adsorptions-Belebungsverfahren. Beim AB-Verfahren gibt es zwei hintereinander durchflossenen Belebungsanlagen mit jeweils getrennten Rücklaufschlammkreisläufen. [L-42] und stets ohne Vorklärbecken. Der Überschussschlamm der zweiten Stufe wird in der Regel in den Schlammkreislauf der ersten Stufe gegeben. Nach der hochbelasteten A-Stufe wird ca. 40% bis 70% der gelösten organischen Stoffe abgebaut, dadurch die zweite Stufe immer sehr schwach belastet ist. In den AB-Anlagen sind Nitrifikation und Denitrifikation zu erzielen. [L-43]

Die Anwendung des AB-Verfahrens beginnt Anfang der achtziger Jahre in China in der Projektpraxis. Die Vorteile dieses Verfahrens sind die gute Eliminationsleistung und der Puffer-Effekt zur Änderung des pH-Werts sowie Elimination der giftigen Stoffe. In den das AB-Verfahren anwendenden Kläranlagen kommen hauptsächlich hoch belastete Abwässer vor. Die Änderung der Abwassermenge und der Abwassereigenschaften sind auch in solchen Kläranlagen häufig. Besonders oft wurde das Verfahren in den städtischen Kläranlagen mit hohem industriellem Abwasseranteil im Betrieb genommen. Die Bau- und Betriebskosten des AB-Verfahrens sind relativ niedrig. Im Vergleich zum traditionellen Belebtschlammverfahren können bei den Baukosten 15-25% gespart werden und die Betriebskosten sind ebenfalls um ca. 20-25% niedriger. [L-38]

4.6.6.2 Bemessungsparameter des AB-Verfahrens

Tabelle 4-20: Bemessungsparameter des AB-Verfahrens

Bemessungsparameter	Einheit	Stufe A	Stufe B
BSB ₅ -Schlammbelastung	kgBSB ₅ /(kgTS · d)	2-6	0,15-0,30
BSB ₅ -Raumbelastung	kgBSB ₅ /(m ³ · d)	4-12	≤0, 9
Schlammalter, bezogen auf V _{BB}	d	0,3-0,7	15-20
Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken	g/l	1,5-2	3-4
Rücklaufverhältnis	%	20-50	50-100
Durchflusszeit	h	0,5-0,75	2-6
gelöste Sauerstoff (DO)	mg/l	0,3-0,7	2-3
Schlammindex	ml/g	60-90	70-100
Schlammwasserinhalt	%	98-98,7	99,2-99,6
Entfernungsrate von BSB ₅	%	50-60	90-95

4.6.7 Umlaufbecken-Verfahren

Das *oxidation ditch* Verfahren ist eine Variante des Belebtschlammverfahrens, es wird in China mit der Abkürzung OD bezeichnet, in der chinesischen Übersetzung hat dieses Verfahren gleiche Bedeutung wie in Deutsch „Umlaufbecken“. In dieser Arbeit wurde „Umlaufbecken“ als terminologische Definition verwendet. In China wird ein ringförmiges Belebungsbecken beim OD-Verfahren auch "ständig zirkulierendes Belebungsbecken" genannt. In der deutschen Norm „DIN 4045 Abwassertechnik“ wurde „Umlaufbecken“ definiert. Die Definition lautet: „Belebungsgraben, ringförmiges Belebungsbecken zur aeroben Abwasserbehandlung, dem ein Nachklärbecken nachgeschaltet ist.“

Außer dem Belebungs-schlammverfahren ist zur Zeit das „Umlaufbecken“ eines der am öftesten verwendeten Verfahrenstechniken für chinesische städtische Abwasserreinigungsanlagen, vor allem für Kläranlagen mit täglichen Behandlungsabwassermengen von 100.000 – 200.000 m³/d [R-9], weil sie viele Vorteile wie die niedrigen Betriebskosten, einfache Struktur, einfach Betriebsteuerung, sehr hohe Reinigungswirkung (BSB₅-Entfernung 95-99%), Toleranz gegenüber Stoßbelastungen, und gute Entfernungseleistungen von Nitrat und Phosphor hat. [L-8]

4.6.7.1 Technischer Prozess

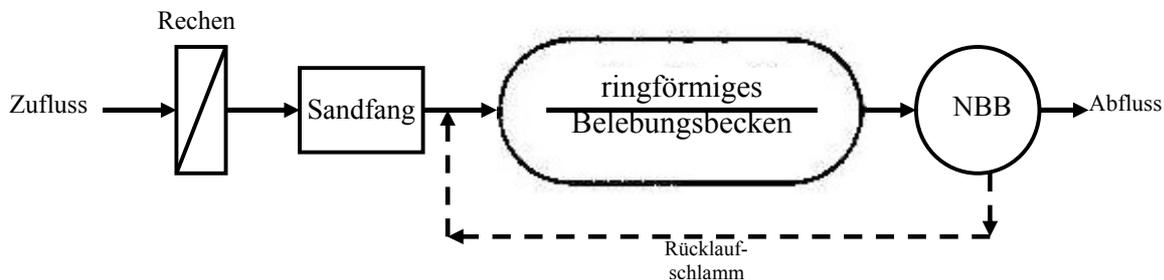
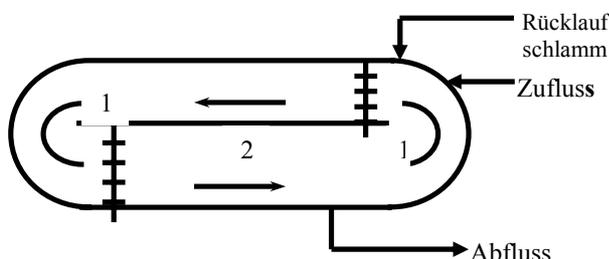


Abb.4-12: Allgemeines technisches Prozessschema des Umlaufbecken-Verfahrens in chinesischen Kläranlagen. (Quelle: Übersetzung aus [L-14])



1. Wand für die Stömungseinleitung 2. Querwand für Beckenteilung

Abb.4-13: Grundriss eines Umlaufbeckens mit Bürstenbelüfter

(Quelle: Übersetzung aus [L-14])

4.6.7.2 Technische Besonderheit des Umlaufbeckens

- Der Querschnitt des Umlaufbeckens ist quadratisch oder trapezoidtisch
- Die meisten Belüfter sind oberflächlich mechanisch (z.B. mit dem Bürstenbelüfter) belüftet. .
- Das Belebungsbecken, in dem das Wasser-Schlamm-Gemisch schnell (meistens 0.4 - 0.5m/s) fließt, ist ein vollständiges Mischungsbecken. Wegen der hohen Fließgeschwindigkeit des Wasser-Schlamm-Gemisches kann der Zufluss sich rasch und vollständig mit dem Gemisch mischen.
- Zur Wassertemperatur, der Wasserqualität und der Wassermengenänderung hat es hohe Kompatibilität und Flexibilität
- Die Schlammproduktionsrate ist niedrig. Überschussschlamm wird wenig produziert.
- Das Schlammalter ist hoch (15 bis 30 Tage). Das Schlammalter des traditionellen Belebtschlammverfahren ist nur 1/3 bis 1/6 dieses Werts.
- Bakterien mit langen Generationsszeiten (wie z.B. Bakterien für Nitrifikation) können im Becken überleben. Sie ermöglichen dem Umlaufbecken, die Funktion der N-Entfernung und der Schlammstabilisierung.

4.6.7.3 Einige typische Strukturarten des Umlaufbeckens

Zurzeit werden folgende vier Umlaufbeckenstypen in China angewendet: Carrousel, Orbal, „Intermittierender Betrieb“ und „Belüftungs-Sedimentations-Kombination“.

Davon wird das Orbal-System, das von der amerikanischen Firma Envirex entdeckt wurde, in China erfolgreich weiter entwickelt. Alle Ausrüstungsteile des Orbal-Systemes können in China hergestellt werden. Das „Intermittierender Betrieb“ -Verfahren wurde in Kläranlagen mit hoch belastetem Abwasserzufluss in mittleren und kleinen Städten verwendet. Das Carrousel-System wurde oft in den Kläranlagen mit ausländischer Finanzierung in Betrieb genommen. [L-40]

4.6.7.3.1 Carrousel-Verfahren [L-14]

Carrousel wurde auch „parallele mehrstufige kaskadenartige Gräben“ genannt. Es wurde am Ende der sechziger Jahre von der Holland DHV präsentiert. Die Belebungsbecken sind mit Walzenbelüftern ausgerüstet. Im Belebungsbecken kann die Wassertiefe 4m bis 4,5m sein. Die Fließgeschwindigkeit beträgt 0,3 – 0,4 m/s.

Das Abwasser-Belebtschlamm-Gemisch soll alle 5 bis 20 Minuten einmal im Belebungsbecken zirkulieren. Die Abwasser-Belebtschlamm-Gemischmenge im Belebungsbecken ist 30 bis 50-mal soviel wie die Zuflussmenge. Die BSB₅-Reinigungsrate kann über 95% erreichen und die N-Entfernungsrage kann bis zu 90% erreichen.

In China wurde das „Carrousel“ für mehrere Kläranlagen angewandt. So z.B. die Kläranlagen „Lan-hua-gou“ in der Stadt Kun Ming, „Long-hua“ in Shanghai und „Ost-Guilin“. Dies sind bedeutende große städtische Kläranlagen mit der Carrousel-Technik.

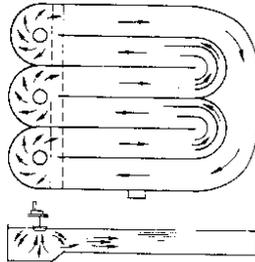
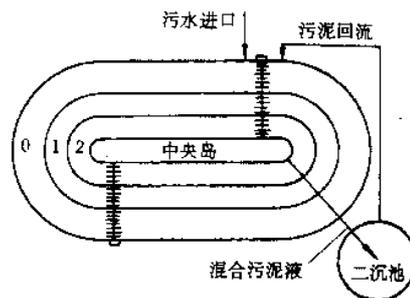


Abb.4-14: Grundriss eines Carrousel-Beckens (Quelle: [L-14])

4.6.7.3.2 Orbal- Verfahren

Orbal-Belebungsbecken wurden auch „konzentrische Kreise-Belebungsbecken“ genannt. Sein Grundriss ist in der Abbildung 4-15 gezeigt.



0: die äußerste Kreiserinne

1, 2: Die erste und zweite Kreiserinne weiter innen als die äußerste Kreiserinne

Abb.4-15: Grundriss eines Orbal-Beckens (Quelle: [L-14])

Diese Technik hat folgende technische Besonderheiten:

- Rund- oder Ellipsengrundriss des Belebungsbeckens können die Strömungsschwingkraft gut nutzen und damit Energie sparen.
- Durch mehrstufige kaskadentartige Rinnen wurde das Kurzschlussphänomen der Strömung im Belebungsbecken verringert.
- Im Belebungsbecken beträgt die äußerste Kreiserinne (siehe in der Abb.4-13, „0“ genannt) des Belebungsbeckens 60-70% des Volumens des gesamten Beckenvolumens. In dieser Kreiserinne ist fast kein gelöster Sauerstoff vorhanden, damit die Bedingungen für die Denitrifikation und die Phosphorfreigabe geschaffen werden können.

- Die erste Kreisrinne („1“ in der Abb.4-14) weiter innen als die äußerste Kreisrinne hat 20-30% des Volumens des gesamten Beckenvolumens. In dieser Kreisrinne ist die Konzentration der gelösten Sauerstoffs 1mg/l.
- Die zweite Kreisrinne („2“ in der Abb.4-14) weiter innen als die erste Kreisrinne hat 10% des Volumens des gesamten Beckenvolumens. In dieser Kreisrinne ist die Konzentration des gelösten Sauerstoffs 2mg/l.

Die Hauptprojektbeispiele in China sind:

-Kläranlage „II.Erdölfabrik in der Stadt Fushun“, Dongbei Provinz (28.800m³/d);

-Kläranlage „Yanshan“ in Beijing (60.000m³/d). [L-14] , [L-41]

4.6.7.3.3 „Intermittierender Betrieb“

Das Verfahren wurde durch die dänische Firma Kruger entwickelt. Es gibt zwei Arten, nämlich Zweigräben- (Abb.4-16) und Dreigräben-Systeme (Abb.4-17). Die Haupteigenschaft des Verfahrens ist, dass Nachklärbecken und Rücklaufschlammsysteme nicht notwendig sind, da jeder Graben im System als Belebungsbecken und Nachklärbecken abwechselnd im Betrieb dienen kann. Aber leider ist der Gebrauchsfaktor des Bürstenbelüfters niedrig, bei der Zweigräben-Art 40% und bei der Dreigräben-Art 58%.

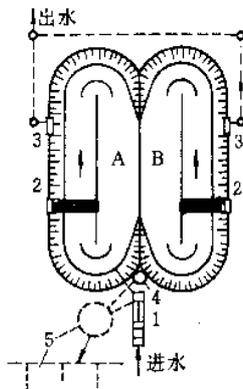


Abb.4-16: Grundriss einer Zweigräben-Art
(Quelle: [L-14])

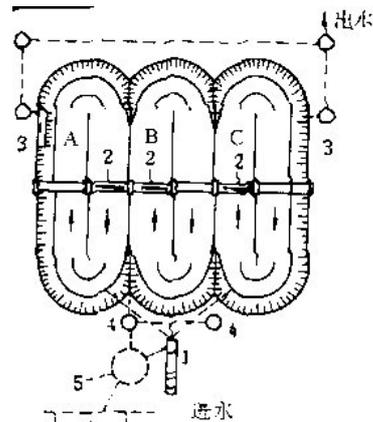


Abb.4-17: Grundriss einer Dreigräben-Art
(Quelle: [L-14])

Technische Besonderheiten der der Dreigräben-Art sind folgende (die entsprechenden Nummern sind in der Abb.4-17 gezeigt):

- Seitliche Gräben A und C dienen abwechselnd als Belebungsbecken und Nachklärbecken, der Graben B wird nur als Belebungsbecken angewendet.
- Der Zufluss und der Abfluss fließen abwechselnd in und aus den Gräben A und C.
- Der Gebrauchsfaktor des Bürstenbelüfters beträgt 58%
- Gute Wirkung für BSB-Entfernung und Denitrifikation)

Die Hauptprojektbeispiele in China sind:

-Kläranlage „Ost-Handan“ in der Provinz Shandong (Dreigräben-Art, 100.000m³/d);

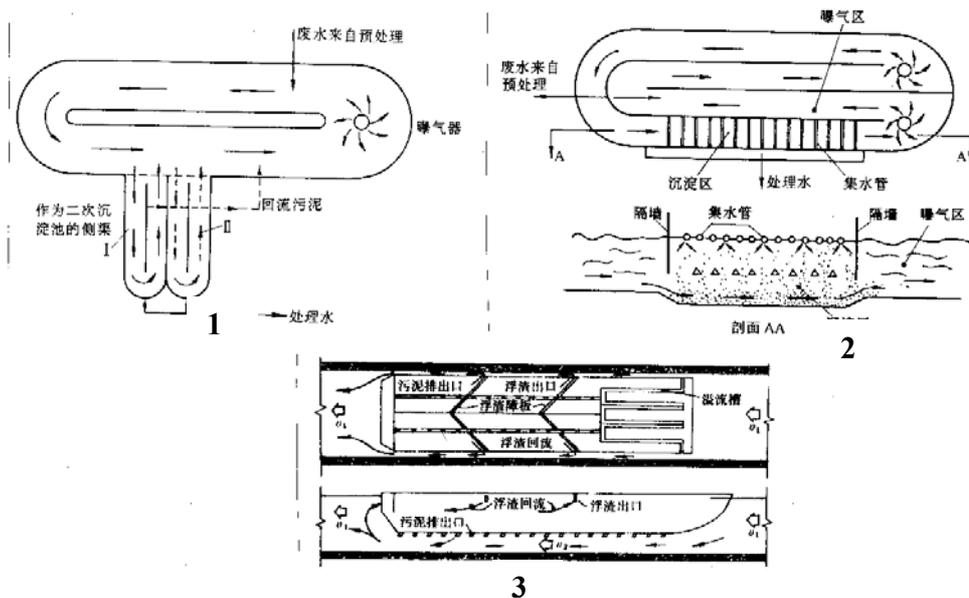
- Kläranlage „West-Fluss“ in der Stadt Suzhou (Dreigräben-Art, 80.000m³/d);
- Kläranlage in der Stadt Nantong (Fünfgreben-Art, 25.000m³/d) [L-14]

4.6.7.3.4 Integration der Belüftung und Sedimentations-Verfahren

Dieses Verfahren ist in den achtziger Jahren in den USA entwickelt worden. Seine Haupttypen sind: Seiten-Graben (Abb.4-18.1), BMTS (Abb.4-18.2), Bootform (Abb.4-18.3)

Bei diesem Verfahren ist das ringförmige Becken ein biologisches Behandlungssystem für anaerobe, aerobe, anoxische Reaktionen, um das Abwasser biologisch zu reinigen und das Abwasser-Schlamm-Gemisch zu trennen. [L-14]

Bei dem Seiten-Graben-Typ befindet sich der Trenner für das Abwasser-Schlamm-Gemisch in den seitliche Gräben I und II. (siehe Abb.4-18.1). Der Trenner hat gleichzeitig zwei Funktionen: nämlich das Abwasser und den Belebungsschlamm zu trennen und den Belebungsschlamm zurücklaufen zu lassen. Obwohl der Trennter die gleiche Funktion wie das Nachklärbecken hat, ist sein Arbeitsprinzip anders. Das heißt, durch Flockung entsteht eine schwimmende obere Schicht aus Belebtschlamm im Trenner. Die Zuflussqualität ist von dem Betrieb des Trenners direkt beeinflusst. [L-38]



1.Seiten-Graben 2. BMTS 3. Bootform

Abb.4-18 : Grundriss des Belebungsbeckens bei dem Integration der Belüftung und Sedimentations-Verfahren (Quelle: [L-14])

4.6.7.4 Grundlagen für die Bemessung des Umlaufbeckens aus staatlichen Standards

Im Standard „Code for design of outdoor wastewater engineering“ GB50101-2005 (Kap.3.3.6) wurden folgende Grundlagen für die Planung und Gestaltung des Umlaufbeckens dargestellt.

4.6.7.4.1 Terminologie

- **Umlaufbecken** (*Oxidation Dicht*)

Ständig zirkulierendes Belebungsbecken. Eine Variante des Belebtschlammverfahrens, um den organischen Verschmutzungsstoff und Nährstoffe (N, P) im Abwasser zu vermindern. Normalweise Beckenaufbau mit Oberflächenbelüfter.

- **Aerobe Zone** (*Oxic zone*)

Im Umlaufbecken liegt die aerobe Zone in dem Sauerstoffzufuhr-Abschnitt, wo das Wasser stark gemischt wurde und die Gelöst-Sauerstoffkonzentration nicht kleiner als 2mg/l ist. Die Hauptfunktionen der Zone sind der Abbau der organischen Stoffe und das Stattfinden der Nitrifikation.

- **Anoxische Zone** (*Anoxie zone*)

Diese sauerstoffarme Zone liegt in dem Abschnitt ohne Sauerstoffzufuhr, wo die Gelöst-Sauerstoffkonzentration 0.2 - 0.5mg /l beträgt. Die Denitrifikation findet in dieser Zone statt, falls genügend gebildetes Nitrat und organische Substanz im Rücklaufschlamm vorhanden sind.

- **Anaerobe Zone** (*Anae zone*)

Die Hauptfunktion einer vorgeschalteten anaeroben Zone, wo die Gelöst-Sauerstoffkonzentration kleiner als 0,2mg/l beträgt, ist die Phosphatrücklösung durch Biomasse, damit die biologische P-Entfernung im Umlaufbecken bewirkt werden kann.

4.6.7.4.2 Bemessungsgrundlagen

- Vorklärbecken sind nicht notwendig.
- Für biologische Phosphorentfernung können vorgeschaltete anaerobe Zonen (Becken) gebaut werden.
- Das Umlaufbecken kann durch zwei ringförmige Belebungsbecken oder Multigruppen Reihen mit den Wasserverteilungsausrüstungen angeordnet werden.
- Belebungsbecken können auch mit Nachklärbecken zusammengebaut werden.
- Falls N- und P-Entfernung geplant ist, werden die Bemessungsgrundlagen für Umlaufbecken auch auf alle Regelungen in Kapitel 6.8.2 bezogen.
- Um Ablagerungen zu vermeiden, soll die Strömungsgeschwindigkeit im Umlaufbecken mindestens 0,25m/s betragen.
- Die relevanten Bemessungsparameter für das Umlaufbecken mit aerober Schlammstabilisierung sollten durch Untersuchung in der Pilotanlage bestimmt werden. Falls keine Möglichkeiten für Tests vorhanden sind, können entsprechend Werte der folgenden Tabelle 4-21 herangezogen werden.

Tabelle 4-21 : Bemessungsparameter für das Umlaufbecken mit aerober Schlammstabilisierung [R-8]

Bemessungsparameter	Einheit	Grenzwerte
BSB ₅ -Schlammbelastung	kgBSB ₅ /kgTS.d	0,04- 0,1
Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken	g/l	2,5- 4,5
Schlammalter	d	15-30
Schlammprodukt, bezogen auf BSB ₅	KgVSS/kgBSB ₅	0,5-0,7
Sauerstoffverbrauch	KgO ₂ /kg BSB ₅	1,6-2,5
Durchflusszeit	h	≥16
Rücklaufschlammverhältnis	%	75-150
Reinigungsrate	%	>95

Bemerkungen: 1.ohne Vorklärbecken, 2.Wassertemperatur ≥10°C

- Das Freibord des Belebungsbeckens ist abhängig von den Formen der Belüfter. Beim Bürstenbelüfter und Plattenbelüfter beträgt die Höhe 0,5 Meter. Beim Walzenbelüfter soll die Höhe 0,6 bis 0,8 Meter betragen, und der Belüftergrund 0,6 – 0,8 Meter höher als die Bemessungswasseroberfläche liegen.
- Die Wirkungswassertiefe des Belebungsbeckens beträgt im Allgemeinen 3,5 bis 4,5 Meter.
- Gemäß den unterschiedlichen Breiten der Belebungsbecken werden eine oder mehrere Leitwände in der Kurve des Beckens gebaut. Die Wände für die Strömungstrennung und Stömungseinleitung sollen 0,2 – 0,3 Meter höher als die Bemessungswasseroberfläche des Beckens sein.

4.6.7.5 Weitergehende Hinweise zur Bemessung des Umlaufbeckens aus vorgeschlagenem Standard

„Chinesischer Verein für Ingenieur-Konstruktionsstandardisierung (*China Association for Engineering Construction Standardization*, CECS, 中国工程建设标准化协会) ist eine non-profit Berufsorganisation von individuellen und institutionellen Fachleuten die sich um die freiwillige Standardisierung bemüht.“ [L-59]

„Designregelungen für Umlaufbecken“ CECS112:2000 wurde vom CECS geschrieben, da heutzutage Umlaufbecken eines der am meisten verwendeten Reinigungsverfahren für die chinesische städtische Abwasserbehandlung sind, und immer mehr an Bedeutung gewinnen. CECS112:2000 ist ein empfehlender Organisations-Standard und dient als Bemessungs- und Konstruktionsregelwerk für chinesische Kläranlagen mit Umlaufbecken-Reinigungsverfahren.

Das Regelwerk besteht aus 7 Kapiteln, nämlich: 1) Prinzip, 2) Begriffserklärung, 3) Verfahrensprozess 4) Basisdaten 5) wichtige Parameter 6) Ausrüstung 7) Aufstellung.

Folgende Punkte aus CECS112: 2000 können als wichtige Ergänzung für die Bemessung des Umlaufbeckens angewendet werden:

(1) Basisdaten für die Bemessung

Vor der Bemessung sollten die folgenden Basisdaten feststehen:

- Bemessungsabwassermenge
- Beiwerte für die Abwassermenge
- Wassertemperatur
- Schmutzstoffkonzentrationen im Zufluss: CSB, BSB₅, SS, N_{ges} (TKN), NH₃-N, P_{ges}
- pH-Wert des Abwassers
- die Anforderung der Schmutzstoffkonzentrationen im Abfluss
- die Anforderung der Schlammbehandlung
- Klimabewertung
- Daten von Meteorologie, Geologie, Hydrologiegeologie

(2) Das Verhältnis zwischen BSB₅ und CSB aus dem Zufluss soll größer als 0,3 sein.

Tabelle 4-22: Möglichkeit der Anwendung der biologischen Reinigung, bezogen auf BSB₅/CSB

BSB ₅ /CSB	> 0,45	0,45-0,3	0,3-0,25	<0,25
Möglichkeit der Anwendung der biologischen Reinigung	gut	normal	schwer	nicht gut

(3) Der Standard nennt eine Wassertemperatur zwischen 10 und 25 °C und pH-Werte zwischen 6 und 9 im Zufluss eines Umlaufbeckens ideal

(4) für biologische N-Entfernung: BSB₅/TKN ≥ 4

(5) Wirkungswassertiefe des Belebungsbeckens

- Beim Bürstenbelüfter: 2,6 – 3,5 m
- Beim Plattenbelüfter: 3,0 – 4,5 m
- Walzenbelüfter: 4 – 5 m

(6) Schlammalter θ_C (d) und Schlammproduktion Y (KgVSS/kg BSB₅)

- Anforderung nur für BSB₅-Entfernung:
Schlammalter θ_C : 5-8 d ; Schlammproduktion Y: 0,6
- Anforderung für CSB-Entfernung und Nitrifikation:
Schlammalter θ_C : 10- 20 d ; Schlammproduktion Y: 0,5-0,55
- Anforderung für BSB₅-Entfernung , Nitrifikation und Denitrifikation :
Schlammalter θ_C : 30d ; Schlammproduktion Y: 0,48 gleichzeitig findet

Schlammstabilisierung statt.

(7) Bemessungsparameter für das Nachklärbecken

- Oberflächenbeschickung q : $0,50 - 0,75 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
- Rücklaufschlammverhältnis: 60% - 200%

(8) Die Belüftungsausrüstung soll folgende Regelungen angepasst werden.

- In der aeroben Zone beträgt die Gelöst-Sauerstoffkonzentration mindestens 2 mg/l .
- Die Belüftungsfähigkeit ist regulierbar.
- Höhe Sauerstoffeintrag-Leistungsfähigkeit. Beim Bürstenbelüfter oder Plattenbelüfter sollte die Sauerstoffeintrag-Leistungsfähigkeit nicht niedriger als $1,7 \text{ kgO}_2/\text{kWh}$ sein.
- Die Ausrüstung kann den Wasserstrom im Belebungsbecken zirkulieren lassen.
- Die Ausrüstung erlaubt es, den Sauerstoff, die organische Substanz und die Mikroorganismen vollständig zu mischen. Das Gemisch bleibt immer im schwebenden Zustand, um das Schlammabsetzen zu vermeiden.
- Die Ausrüstung sollte einfach instand zu halten und zu reparieren sein.

(9) Konstruktion

Der Querschnitt des ringförmigen Belebungsbeckens ist quadratisch, trapezoidtisch oder halbkreisförmig. Die Beckenwände können senkrecht oder schräg sein.

4.6.8 SBR-Verfahren

4.6.8.1 Begriffsklärung und Vorteile der jeweiligen Verfahren

SBR ist die Abkürzung vom Sequencing-Batch-Reactor-Verfahren. Ein Prozesszyklus in der SBR-Behälter besteht aus 5 Phasen: Füllen (*Fill*), Belebungsreaktion (*React*), Sedimentation (*Settle*), Ablauf (*Decant*), Stillstand (*Idle*). Die Verfahrensschritte beim SBR-Verfahren laufen in einer zeitlichen Abfolge im selben Behälter ab. Eine SBR-Anlage kann aus einem oder mehreren SBR-Becken bestehen. [L-49] Der Prozess ist in der Abbildung 4-19 gezeigt.

Das SBR-Verfahren lässt sich im Wesentlichen in zwei Durchflussweisen unterteilen: i) die kontinuierlich durchflossene Kläranlage und ii) die intermittierend durchflossene Kläranlage. Gemäß den Betriebsbedingungen wurde das SBR-Verfahren auch nach hoch belastetem und niedrig belastetem Betrieb unterteilt. Die Hauptausrüstungen des SBR-Verfahrens sind das Belebungs-system und das Klarwasser-Abzugssystem. [L-13]

Das SBR-Verfahren kam zum ersten mal in der Kläranlage der englischen Stadt Salford 1914 zum großtechnischen Einsatz. Auf Grund der zurückgebliebenen Überwachungstechnik wurde das SBR-Verfahren in einer langen Phase nicht gefördert. [L-49] China jedoch hat Mitte der 80er Jahre mit der Forschung zur Anwendung des SBR-Verfahrens begonnen. 1985 wurde die erste

SBR-Kläranlage „Wu-Song Metzgerverband“ in Shanghai gebaut. Ihre tägliche Abwasserreinigungsmenge beträgt 24.000 m³. Aufgrund der immer strengeren Anforderungen des Nationalstandards an N- und P-Entfernung, hat das SBR-Verfahren mehr an Beachtung gewonnen und wird intensiver entwickelt. In zahlreichen chinesischen Kläranlagen wurden das SBR-Verfahren und seine Varianten, wie z.B die ICEAS- und die CAST-Verfahren, angewendet. [L-24] [L-34]

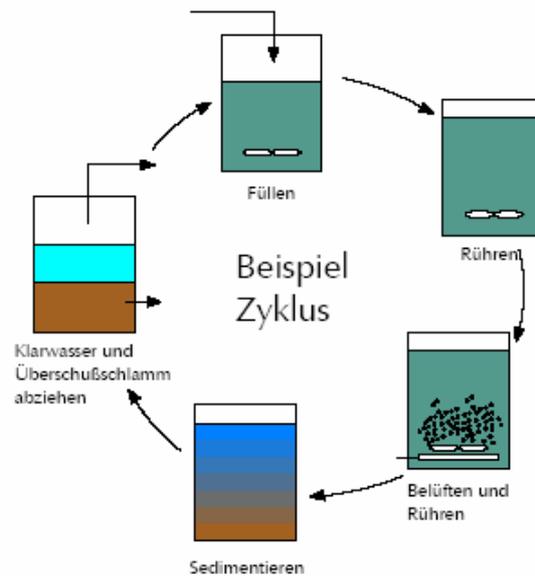


Abb.4-19: das technische Prozessschema des „SBR-Verfahrens“
(Quelle: [L-21])

Nach chinesischer Literatur von ZHOU [L-8] und GAO [L-66] werden folgende Vorteile des SBR-Verfahrens zusammengefasst:

- einfache Anlagenstruktur

Das Vorklärbecken und das Rücklaufschlammsystem sind unnötig. Das Verfahren lässt sich einfacher bauen. Die Baukosten sind günstig und SBR benötigt weniger Fläche als andere Verfahren.

Im Vergleich zum traditionellen Belebungsverfahren sind die Baukosten des SBR-Verfahrens für mittlere und kleine Kläranlagen ca. 22% günstiger und die Fläche der Kläranlage ca.30% geringer

Außerdem ergeben sich:

- sehr gute Reinigungswirkungen
- gute Betriebsbedingungen für Nitrifikation, Denitrifikation und Phosphor-Entfernung.
- gute Schlammabsetzeigenschaften

4.6.8.2 Varianten des SBR-Verfahrens

Es gibt aber auch natürliche Einschränkungen beim traditionellen SBR-Verfahren. Beispielsweise bei großem Abwasserzufluss musste das Verfahrenssystem neu eingestellt werden, was mehr

Investitionen bedeutete. Die speziellen Anforderungen an die Abflussqualität nach der Behandlung, wie zum Beispiel die N-, P-Entfernung, erforderte eine entsprechende Verbesserung des Verfahrens. Um Regelungs- bzw. Steuerungskosten zu sparen und die N-, P-Entfernungswirkungen zu erhöhen, wurden bereits zahlreiche SBR-Verfahrensvarianten entwickelt. [L-36]

Die verschiedenen SBR-Varianten lassen sich in vier Grundformen einordnen, die in Abbildung 4-20 dargestellt sind. [L-64] Darunter werden die Verfahren „CASS“ und „ICAS“ oft in China angewendet, außerdem wird das Verfahren „UNITANK“ immer bedeutender. [L-36]

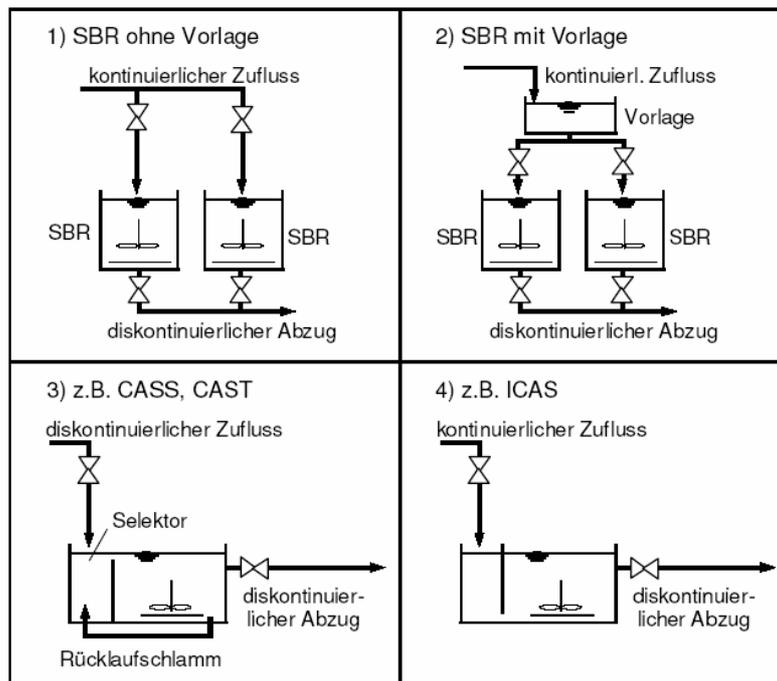


Abb. 4-20: Grundprinzip verschiedener SBR-Verfahren
(Quelle: [L-63])

4.6.8.2.1 ICAS – Technik

Die technischen Besonderheiten des ICAS (*Intermittent Cycle Extended Aeration System*)-Verfahrens sind:

- vor dem SBR-Reaktor ist ein biologischer Selektor gebaut. In der Abbildung 4-20-4) ist gezeigt, dass der Zufluss zuerst in diesem biologischer Selektor eingeleitet wird.
- Der Zufluss ist kontinuierlich und der Abzug intermittierend
- Es arbeitet ohne offensichtliche Reaktions- und Pausenphasen.

In China ist die Kläranlage „3.Kun Ming“ die größte Kläranlage mit dieser Technik. Die durchschnittliche Abwasserbehandlungsmenge bei trockenem Wetter beträgt 150.000m³/d und die größte Abwasserbehandlungsmenge bei Regenwetter beträgt 300.000m³/d. Es wurden

insgesamt 14 ICAS-Becken gebaut. Die gesamte Investition betrug 19 Millionen Euro. Die Abwasserbelastungsdaten des Abflusses: $N_{ges} < 8 \text{ mg/l}$ ($NH_4-N \leq 2 \text{ mg/l}$), $BSB_5 \leq 15 \text{ mg/l}$, $SS < 15 \text{ mg/l}$. [L-13] [L-36]

Wegen der niedrigen BSB_5 -Schlammbelastung für die Bemessung ($0,04-0,06 \text{ kgBSB}_5/\text{kgTS.d}$) ist der Anwendungsbereich dieser Technik in China beschränkt. [L-13]

4.6.8.2.2 CASS – Technik

CASS / CAST / CASP (*Cyclic Activated Sludge System / Technology / Process*) haben die synonyme Bedeutung in China, nämlich das „zirkulierende Belebungschlamm Verfahren“. Die spezielle Technik wurde 1979 von Goronszy entwickelt. Beim CASS-Verfahren wurden ein biologischer Selektor und ein inneres Rücklaufschlammsystem zum Basisreaktor des SBR-Verfahrens eingebaut. (Abb.4-20-3)

Bei diesem Verfahren wird kein Wasser während der Sedimentationsphase eingeführt. Dies gewährleistet die Abflussstabilität. Der CASS-Reaktor ist eine Kombination von biologischem Selektor und traditionellem SBR-Reaktor. Es gibt drei Zonen in einem CASS-Reaktor: biologischer Selektor, anoxische Zone und aerobe Zone. Das Volumenverhältnis der drei Zonen beträgt 1:5:30. Der Abwasserzufluss fließt zuerst in den biologischen Selektor herein, dann vermischt es sich mit dem rücklaufenden Abwasser-Schlamm-Gemisch aus der aeroben Zone. Nach der anoxischen Reaktion fließt das Abwasser weiter in der Hauptreaktionszone, die aerobe Zone. [L-13]

Das CASS-Verfahren hat viele Vorteile, wie etwa gute Stickstoff-Entfernungswirkung ($N_{ges} < 5 \text{ mg/l}$ kann im Abfluss erreicht werden), die Widerstandsfähigkeit gegenüber Stoßbelastung, die Verhinderung der Schlammausbreitung, sowie dem einfachen Technikprozess nebst kleiner Investitionen in Grundstückserwerb und Anlagenbau. [L-13]

In China sind die Kläranlage „Hang-Tian Beijing“ (siehe Kap.6.5) und die Kläranlage „Run-Zhou“ in der Provinz Zhejiang (Abwasserbehandlungsmenge $100.000 \text{ m}^3/\text{d}$) nach dieser Technik eingerichtet. [L-34]

4.6.8.2.3 UNITANK – Technik

Die UNITANK-Technik ist eine Variante bzw. eine Entwicklung aus dem traditionellen SBR-Verfahren, bei der das Wasser kontinuierlich durchläuft. Von außen gesehen besteht der Reaktor aus drei rechteckigen Becken. Alle drei Becken haben eigenen Belüfter. Die Becken werden durch Rohrleitungen verbunden, damit ein Durchfluss durch alle drei Räume möglich wird. [L-71]

Die Anwendung der UNITANK-Technik ist sehr flexibel. So können Becken I und III (Abb.4-21) z.B. als Absatzbecken oder Belebungsbecken verwendet werden. Durch die Einstellung von Behandlungszeit und -Volumen sowie der Belüftung und Mischung können aerobe, anaerobe, anoxische Zonen verändert werden, und damit zahlreiche Technikvariationen, z.B. N-Entfernung, realisiert werden. Für die UNITANK-Anlage sind Rücklaufschlammsystem und Klarwasser-Abzugssystem nicht notwendig. Deswegen wird die UNITANK-Technik in China als ein effizientes, ökonomisches und flexibles Abwasserverfahren mit positiver Entwicklungsaussicht angesehen, besonders für kleine Kläranlagen, deren täglicher Behandlungsabwassermenge weniger als 100.000 m³ betragen. [L-67] [L-71]

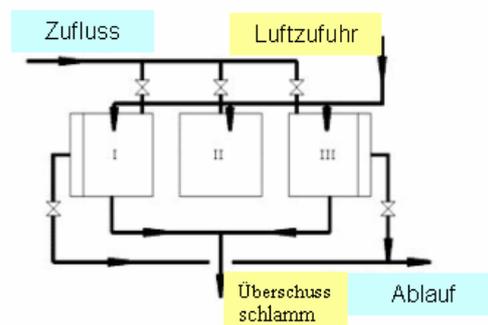


Abb.4-21: Prinzipskizze einer UNITANK-Anlage mit Reaktionsbecken I, II, III
(Quelle: [L-67])

Die Kläranlage „Zhu-Jiang Brauerei“ in der Provinz Guangdong, die „Erste Panjing“ in der Provinz Liaoning, „Shi-Jia-Zhuang“ in der Provinz Hebei, sowie alle drei städtischen Kläranlagen im Macao verwenden die UNITANK-Technik. Die Daten für die Kläranlage „Han-Zai“ in Macao lauten wie folgt: die tägliche Abwasserreinigungsmenge beträgt 70.000m³. Die Belastung des Zuflusses: CSB=860 mg/l, BSB₅=500 mg/l, SS=240 mg/l; Die Belastung des Abflusses: CSB<60 mg/l, BSB₅<15 mg/l, SS<15 mg/l [L-67]

4.6.8.3 Bemessungsregeln des SBR –Verfahrens in „GB50101-2005“

- **Bemessungsabwassermenge**

für die SBR-Becken: relevant ist die durchschnittliche tägliche Abwassermenge.

Für die Bemessung von Pumpen und Wasserrohren in der Kläranlage ist die größte anfallende Abwassermenge relevant.

- **die Zahl der SBR-Becken soll mindestens 2 sein.**
- **Die Anzahl der Zyklen innerhalb eines Tags soll ganze Zahlen sein.**
- **Volumen der SBR-Becken**

$$V = \frac{24QS_o}{1000 B_{TS,BSB} TS_{BB} T_R}$$

V [m ³]:	Volumen des SBR-Beckens
S ₀ [mg/l]:	BSB ₅ -Konzentration im Zufluss des SBR-Beckens
Q [m ³ /h]:	Bemessungsabwassermenge des SBR-Beckens
B _{TS,BSB} [kgBSB ₅ /kgTS.d]:	BSB ₅ -Schlammbelastung im SBR-Beckens
TS _{BB} [mg/l]:	Trockensubstanzgehalt im SBR-Beckens
T _R [h]:	Dauer der Reaktionsphase je Zyklus

- **Die Dauer während einem Prozesszyklus T**
 - **die Dauer der Füllphase T_F:**

$$T_F = V_0 / Q$$

Q [m³/h]: die Bemessungsabwassermenge eines SBR-Beckens

V₀ [m³]: zulässige Zulaufwassermenge für ein SBR-Becken

T_F soll zwischen 1 bis 4 Stunden betragen [L-8]

- **die Dauer der Reaktionsphase T_R**

$$T_R = \frac{24S_0m}{1000B_{TS,BSB}TS_{BB}}$$

S₀ [mg/l]: BSB₅-Konzentration im Zufluss des SBR-Beckens

m: Wasserzuflussverhältnis. bei hoher Belastung: 0,25-0,5; bei niedriger Belastung: 0,15-0,3

B_{TS,BSB}[kgBSB₅/kgTS.d]: BSB₅-Schlammbelastung im SBR-Beckens

TS_{BB}[mg/l]: Trockensubstanzgehalt im SBR-Beckens

- **die Dauer der Absetzphase T_S**

T_S soll zwischen 0,5 bis 1 Stunden betragen

- **die Dauer der Ablaufphase T_D**

T_D soll zwischen 1 bis 1,5 Stunden betragen

- **die Dauer der Prozessphasen T**

$$T = T_F + T_R + T_S + T_D + T_b$$

T_b[h]: die Dauer der Stillstandsphase.

- **Bemessungsparameter des SBR-Verfahrens**

In „GB50101-2005“ sind nur einige Bemessungsparameter geregelt, da es noch keine genügenden wissenschaftlichen Erfahrungsdaten für die Bemessung des SBR-Verfahrens in China gibt. Die Bemessungsparameter in der Tabelle 4-23 wurden in den meisten chinesischen Architektur- und Ingenieurbüros für Kläranlagebau berücksichtigt.

- **Die Reaktionsbecken sollen rechteckig sein. Die Wassertiefe beträgt 4 bis 6 Meter.**

Das Verhältnis zwischen Länge und Breite des SBR-Beckens:

für intermittierende Abwasserzuführung: (1-2):1

für kontinuierliche Abwasserzuführung: (2,5-4):1

- **Ausrüstung**

Im Reaktionsreaktor sind das Klarwasser-Abzugssystem und die Ausrüstung für die Beseitigung des schwimmenden Gutes notwendig

Tabelle 4-23 : Bemessungsparameter des SBR –Verfahrens [L-13]

Bemessungsparameter	Einheit	Grenzwerte	
		Hohe Schmutz- Belastung	Niedrige Belastung
BSB ₅ -Schlammbelastung	kgBSB ₅ /kgTS.d	0,1- 0,4	0,03 – 0,1
Trockensubstanzgehalt im BB	g/l	1,5 - 5,0	
Zyklushäufigkeit eines Tags		3 - 4	2 - 3
Schlammprodukt	KgTS _{BB} /kgSS	1	0,75
Sauerstoffverbrauch	KgO ₂ /kg BSB ₅	0,5 – 1,5	1,5 – 2,5
Verhältnis von Klarwasserzone zu Behältervolumen		1/4 – 1/2	1/6 – 1/3
Mindestwassertiefe auf der Belebtschlammsschicht	cm	>50	

4.7 Dritte Reinigungsstufe- weitergehende Reinigung, chemische Reinigung

Weitergehende Reinigungsstufen in chinesischen kommunalen Kläranlagen sind normalerweise chemischer Art, wobei die chemischen Mittel hauptsächlich dazu verwendet werden, um Nährstoffe, vor allem gelöste Phosphorverbindungen, zu verringern.

4.7.1 Die chemische Phosphorelimination

Die chemische Phosphorelimination ist in ausgebauten dritten Reinigungsstufen häufig. Als Fällmittel für städtische Abwässer werden Aluminiumsalze, Eisensalze oder CaCO₃ in China oft angewendet. Obige Chemikalien werden in den meisten Fällen nach der biologischen Reinigung zur Fällung zugegeben, falls die Zuflussqualität die Anforderungen an das Einleiten von Abwasser ins Gewässer nicht erreichen kann. Das noch phosphathaltige Abwasser soll aus dem Nachklärbecken zunächst in ein Flockungsbecken, wo chemische Fällmittel angewendet werden, gelangen.

Da chemische Fällungen die Klärschlammmenge erkennbar erhöhen, geht heutzutage die Abwassertechnik zunehmend auf biologische Verfahren zur Verminderung der Nährstoffe im Abwasser über. [L-43]

4.7.2 Desinfektionsanlagen

Nach der Behandlung in der Kläranlage hat das Wasser zwar eine bessere Qualität, denn der Bakteriengehalt wird reduziert, aber der Absolutwert der Bakterien kann immer noch ziemlich hoch sein, sodass krankmachende Mikroben noch existieren können. In den Abflüssen und Zuflüssen der städtischen Kläranlagen sind beispielsweise zahlreiche pathogene Bakterien, Viren und Parasiten vorhanden. Die biologische Abwasseraufbereitung ermöglicht es nicht, sie zu abzutöten. [L-2]

Beispielsweise in der größten Kläranlage Chinas „Gaobeidian Beijing“ beträgt die Keimzahl im Zufluss $240 \times 10^6/l$ und im Abfluss $540 \times 10^3/l$. Gemäß den Überwachungsergebnissen des Oberflächengewässers durch lokale Umweltschutzbüros wurde festgestellt, dass die *E. coli*-Keimzahl die Grenzwerte der Güteklasse III (siehe Kap.2.5.2) überschreiten. [L-2]

In den chinesischen städtischen Kläranlagen werden deshalb UV-Bestrahlung und chemische Desinfektionsmittel, vor allem Cl_2 , verwendet. In Europa ist wegen der AOX-Bildung die Benutzung von Cl_2 unzulässig.

Um die Gesundheit der Menschen zu schützen und die Verbreitung von Krankheiten zu vermeiden, ist in China eine Desinfektion des Abwassers bevor es in den Vorfluter abgeleitet wird eine absolute Notwendigkeit. Der Desinfektionsprozess richtet sich je nach der Abwasserqualität und soll den geregelten Standard für Ableitung und Wiederverbrauch erreichen.

Allgemeine Anforderungen gemäß dem Standard [R-8]

- In den städtischen Kläranlagen sollten Desinfektionsanlagen gebaut werden. Der Abwasserdesinfektionsgrad sollte entsprechend der Abwassereigenschaft, den Standardemissionen oder der Forderung über wiederverwendbare Abwässer eingestellt werden. Bei der Abwasserdesinfektion sollen UV-Bestrahlung, Desinfektionsmittel ClO_2 oder flüssiges Cl_2 verwendet werden.
- Die genauen Anforderungen der Bauplanung der Desinfektionsanlagen sind aus einem weiteren Standard (für den Entwurf von Wasserversorgungsaußenanlagen) zu entnehmen.
- Desinfektion mit UV-Strahlung
Die Dosis der UV-Strahlung für Ablaufwasser ist $15-25 \text{ mWs/cm}^2$
- Desinfektion mit ClO_2 oder Cl_2
Die Dosis beträgt 5-10mg für einen Liter gereinigten Abwassers nach der zweiten Reinigungsstufe in den chinesischen städtischen Kläranlagen.
Berührungsszeit: 30 Minuten
Cl-Gehalt bei der Ableitung: $>0.5 \text{ mg/l}$

4.8 Schlammbehandlung und Schlamm Entsorgung

Der bei der Abwasserreinigung anfallende Schlamm (z.B. Primärschlamm und Sekundärschlamm) muss vor seiner Entsorgung derart behandelt werden, dass er seine Fäulnisfähigkeit weitgehend verliert. Diese Vorgehensweise wird Schlammstabilisierung genannt. Die Schlammfäulung ist eine anaerobe Schlammstabilisierung. [L-49]

Bei der Schlammfäulung werden organische Bestandteile des Klärschlammes in Methan (CH_4) unter anaeroben Bedingungen in den eiförmigen Faultürmen umgewandelt. Da das entstehende Methan als wertvolle Energiequelle in Strom und Wärme umgewandelt werden kann, ist das Verfahren in China sehr gewünscht.

Der chinesische Standard GB 18918-2002 fordert, dass Primärschlamm und Überschussschlamm aus städtischen Kläranlagen stabilisiert werden soll, und sein organischer Inhalt zumindest 40% abgebaut werden soll. Aber leider können nur modernste und große Kläranlagen in wichtigen Millionenstädten dieses Anforderungsziel erreichen.

Im Jahre 2003 wurden 9 Millionen Tonnen Primär- und Überschussschlamm (Wassergehalt des Schlammes 80%) durch chinesische städtische Kläranlagen produziert. Nach einer Prognose [L-2] wird bis 2009 die jährliche Produktion des Primär- und Überschussschlammes auf 27.000.000 t (Wassergehalt des Schlammes wieder 80%) steigen. Wegen des beschleunigten Bautempos der Kläranlagen, wird die Behandlung des Klärschlammes zunehmend problematisch. Nur ca. $\frac{1}{4}$ der städtischen Kläranlagen haben vorhandene Schlammstabilisierungsanlagen. Einige davon sind auch außer Betrieb. [L-2]

Die Schlämme aus den meisten städtischen Kläranlagen, vor allem aus den Mittelstädten und kleinen Städten werden ohne Stabilisierung direkt mechanisch eingedickt und entwässert. [L-8] Dieser vereinfachte Prozess für die Schlammbehandlung in China resultiert hauptsächlich aus dem Mangel an finanziellen Ressourcen, begrenzte Projektinvestitionen und Mangel an knowhow für die anaerobe Schlammfäulung.

Der wichtigste Schlamm Entsorgungsweg in China ist die Deponie. So wird der Schlamm nach der Entwässerung zum Deponieplatz transportiert. Dort werden die Abfälle aus der Stadt und der Schlamm aus städtischen Kläranlagen zusammen beseitigt. [L-2]

In Deutschland wird der Primär- und Überschussschlamm im Allgemeinen durch a) anaerobe Schlammfäulung oder b) durch durch ausgedehnte aerobe Lüftung stabilisiert. [L-4]

Kapitel 5

Statistiken und Analysen des städtischen Abwasserindustrie-Marktes

5.1 Über dieses Kapitel

In China ist der Bericht „Statistiken und Analysen des städtischen Abwasserindustrie-Marktes 2004“ die bisher systematischste und umfassendste Datenanalyse in der Abwasserbehandlungsbranche.

Der Bericht unterteilt das Land China nach der wirtschaftlichen Entwicklung und den geographischen Eigenschaften in acht Gebiete. Die Städte werden je nach Einwohnerzahl in fünf Größen eingestuft. Die Analysen stellen sowohl die ausführlichen mehrjährige Statistiken aus der Online-Datenbank von www.H2O-china.com dar, als auch die strategischen Forschungsergebnisse des Forschungszentrums für Wasserwirtschaftspolitik der Tsinghua Universität. Die zahlreichen gesammelten Daten und Statistiken wurden zusammen mit den Analysen von Umweltschutzabteilungen der Provinzen und regierungsunmittelbaren Städten überprüft. Die Ergebnisse wurden unter der Leitung von Dr. Tao Fu, dem Direktor des Forschungszentrums der Wasserwirtschaftspolitik der Tsinghua Universität, zusammengefasst.

Dieses Kapitel befasst sich also mit der auszugsweisen Übersetzung aus den „Statistiken und Analysen des städtischen Abwasserindustrie-Marktes 2004“.

5.2 Erklärung der Analyse

5.2.1 Sortierungs- und Vergleichskriterien

Zur effizienten Analyse werden geografische Regionen in 8 Investment-Gebiete mit verschiedener ökonomischer Leistungsfähigkeit und Städte, je nach Größe, in 5 verschiedene Kategorien eingeteilt. Die 8 Regionen dieser Studie sind nicht identisch mit administrativen Bezirken, sondern beziehen sich auf die Entwicklungsstrategie die vom Entwicklungs-Forschungszentrum des Ministeriums vorgeschlagen wurde.

Die Namen der Provinzen und Städte der acht Gebiete sind in Tabelle 5-1 aufgeführt und die Unterteilung der 8 Regionen ist in Abb.5-1 gezeigt. Die Klassifizierung der untersuchten 663 chinesischen Städte, unterteilt nach ihrer Größenkategorie, ist in Tabelle 5-2 gezeigt (und die detaillierte Liste der Städte findet sich im Anhang). In den Großstädten werden alle Einwohner

erfasst, und in der „Landkreisen“ wird nur die Zentralstadt erfasst. Die Dörfer sind nicht erfasst, denn sie haben sowieso keine Kläranlage.

Da einige Bevölkerungsdaten für Städte fehlen, wird der Durchschnittswert der 8 Regionen als der für alle chinesischen Städte angenommen.

Tabelle 5-1: die Namen den Provinzen und Städten der achten Gebieten

Nr.	Namen der Gebiete	Provinz und Städte
1	Südliche Küste	Guangdong, Fujian, Hainan
2	Ostküste	Shanghai, Jiangsu, Zhejiang
3	Nördliche Küste	Shandong, Hebei, Beijing, Tianjing
4	Nord-Ost Gebiet	Liaoning, Jinlin, Heilongjiang
5	Einzugsgebiet vom Yangtze Fluss	Hunan, Hubei, Jiangxi, Anhui
6	Einzugsgebiet vom Gelben Fluss	Shanxi, Henan, Shanxi, Inner Mongolia
7	Süd-Westliches Gebiet	Guangxi, Yunnan, Guizhou, Sichuan, Chongqing
8	Nord-Westliches Gebiet	Gansu, Qinghai, Ningxia, Tibet, Xinjiang



Abb.5-1: die 8 Gebiete dieser Studie
(Quelle: [L-50] Volksrepublik_China)

Tabelle 5-2: Klassifizierung der chinesischen Städte

Klassifizierung	Super Metropolis	Millionenstadt	Große Stadt	Mittlere Stadt	Kleine Stadt
Einwohner (in Tausend)	>2000	1000-2000	500-1000	200-500	<200
Zahl der Städte	31	71	112	136	313

5.2.2 Datenquellen

Die Daten dieser Analyse stammen aus den folgenden Quellen:
 The Statistic Report of Municipal Construction,
 The Municipal Economic Statistics,
 The Annual Book of China Municipal Statistic,
 Datenbank von www.H₂O-china.com
 und dem Bauministerium “Ministry of Construction”.

5.3 Analysen des Abwassermarkts

5.3.1 Industrieller Charakter der Abwasserbehandlung

- **Sozialer Charakter**

Abwasserbehandlung ist eng mit dem Umweltschutz und der Wirtschaft verbunden. Abwasserbehandlung hat große Vorteile für die Umwelt und liegt in der Verantwortung der Regierung

- **Regionalisierung**

Die Entsorgung muss nach Städten getrennt erfolgen.

- **Abwasser wird zur Wasserressource**

Nach der Behandlung wird Abwasser zur Frischwasser-Ressource.

- **Dienstleister für die Allgemeinheit kommen nicht direkt in Kontakt mit dem Kunden (Endverbraucher)**

Obwohl die Abwasserindustrie einen Dienst für die Allgemeinheit leistet, kann der einzelne Verbraucher (der gar nicht mit ihr in Kontakt kommt) ihre Leistungsqualität gar nicht ermitteln (messen). Folglich muss die Regierung für die Qualitätskontrolle sorgen.

5.3.2 Einführung in die Situation der kommunalen Abwasserbehandlung 2003

Durch die Daten der Tabelle 5-3 kann man die allgemeine Situation der chinesischen kommunalen Abwasserbehandlung in Jahren 2003 erkennen. Die Durchschnittswerte pro Person nehmen die jeweilige Bevölkerung als Bezugswert.

In der Tabelle 5-4 sind detaillierte Daten über die Situation der kommunalen Abwasserbehandlung in den acht Gebieten dieser Studie nachzuschlagen.

Tabelle 5-3: Situation der kommunalen Abwasserbehandlung 2003 in China

Kategorie	Einheit	Durchschnittswert
Anfallende jährliche kommunale Abwassermenge	10.000 m ³	3.491.616
Jährliche gesamte Behandlungsabwassermenge	10.000 m ³	1.479.932
Prozentsatz des behandelten Abwassers	%	42,4
Jährliche Behandlungsabwassermenge durch die städtischen zentralen Kläranlagen	10.000 m ³	959.562
Prozentsatz des behandelten Abwassers durch die städtischen zentralen Kläranlagen	%	27,5
Zahl der städtischen zentralen Kläranlagen	Stück	612
Zahl der Kläranlagen mit II. und III. Reinigungsstufe	Stück	480
Behandlungskapazität der städtischen zentralen Kläranlagen	10.000 m ³ /d	4253,6
Behandlungskapazität der städtischen zentralen Kläranlagen mit II. und III. Reinigungsstufe	10.000 m ³ /d	3173
Ausnutzungsgrad der städtischen zentralen Kläranlagen	%	61,19
Prozentsatz wiederverwendeten Wassers	%	6,46
Per capita Investitionen für Abwasserbehandlung	€ / Einwohner	40,41
Durchschnittliche jährliche Abwassermenge pro Einwohner	m ³ /Einwohner	106,05
Durchschnittliche behandelte Abwassermenge durch die städtischen zentral Kläranlagen	m ³ /Einwohner	29,14
Menge des recycelten Abwassers für industrielle Nutzung	m ³ / Einwohner	6,85
Die durchschnittliche Länge der Kanalisationskanäle (Trennsystem und Mischsystem)	km/10.000 Einwohner	6,03
Die durchschnittliche Länge der Abwassersammelkanäle	km/10.000 Einwohner	2,04

Tabelle 5-4: Details der kommunalen Abwasserbehandlungssituation in den acht Gebieten

Region	Anfallende jährliche städtische Abwassermenge [10.000 m ³]	Zahl der KA	Zahl der Anlagen mit II. und III. Stufe	Prozentsatz des behandelten Abwassers [%]	Behandlungskapazität der Kläranlagen mit II. und III. Stufe [10.000 m ³ / d]	Jährliche Behandlungsabwassermenge durch städtische Kläranlagen 10.000 m ³
ganz China	3.491.616	612	480	42,4	3173	959.562
Nördliche Küste						
Beijing	108763	21	19	50,06	215,4	54442,6
Tianjin	53730	3	3	43,94	76	23609,1

Region	Anfallende jährliche städtische Abwassermenge [10.000 m ³]	Zahl der KA	Zahl der Anlagen mit II. und III. Stufe	Prozentsatz des behandelten Abwassers [%]	Behandlungskapazität der Kläranlagen mit II. und III. Stufe [10.000 m ³ / d]	Jährliche Behandlungsmenge durch städtische Kläranlagen 10.000 m ³
Hebei	127009	23	21	44,16	155,2	39960,5
Shandong	172704	68	61	49,62	344,5	75053,6
Einzugsgebiet des Gelben Flusses						
Shanxi	46677	34	19	47,08	70,1	19207
Innere Mongolei	37577	14	13	41,09	68,1	12808,7
Henan	145904	25	21	34,78	180,3	41958,6
Shanxi	54860	4	4	22,40	43,6	11315
Nord-Ost Gebiet						
Liaoning	216361	23	20	39,18	222	59032
Jilin	69766	6	5	34,46	57	23715,5
Heilongjiang	143560	7	6	51,45	64,5	17837
Ostküste						
Shanghai	182236	36	34	82,61	144,6	147511
Jiangsu	317473	90	79	69,87	331,4	79270,9
Zhejiang	175165	30	28	45,90	239,3	59163,1
Einzugsgebiet vom Yangtze Fluss						
Anhui	121008	18	17	47,23	119,0	15707,7
Jiangxi	96738	3	1	21,16	8,0	2950
Hubei	217180	22	10	36,81	49,1	28810,5
Hunan	150236	13	12	26,81	40,2	15103,6
Südliche Küste						
Guangdong	452135	55	42	27,42	326,6	100923,2
Hainan	14257	2		57,21		7076
Fujian	93623	22	14	39,68	102,1	33938,2
Süd-Westen						
Guangxi	120297	7	6	33,03	37,9	9776,3
Chongqing	56057	11	6	26,19	20	4288
Sichuan	130211	10	5	24,62	62,8	22883
Guizhou	35962	2	2		8	1305,7
yunnan	42050	23	7	60,08	54,7	18169,5
Nord-Westen						
Tibet						
Gansu	38378	9	5	34,09	25	6756,3
Qinghai	10326	1	1	0,21	8,5	22
Ningxia	18761	4	4	35,24	27	4119,5
Xinjiang	42613	26	15	57,05	72,2	22847,6

Nach dem vom Staatsrat verabschiedeten „Wasserverschmutzungsverhinderungs-plan“ sollen im zehnten Fünfjahresplan (bis 2006) ca. 760 Kläranlagen gebaut werden. Die dabei neu installierte Kapazität wird 40 Mio.m³/d betragen.

5.4 Analyse der Zehnjahres-Entwicklungstendenz der Abwasserbehandlung

5.4.1 Verhältnis zwischen anfallender jährlicher Abwassermenge, jährlicher Behandlungsabwassermenge und dem Prozentsatz des behandelten Abwassers (1994-2003)

In Abbildung 5-2 sind das Verhältnis zwischen anfallender jährlicher Abwassermenge, jährlicher Behandlungsabwassermenge und dem Prozentsatz des behandelten Abwassers im Zeitraum von 1994 bis 2003 dargestellt.

2003 betrug die gesamte anfallende Abwassermenge 34,9 Milliarden m³, davon wurden 14,8 Milliarden m³ Abwasser behandelt. Der Prozentsatz des behandelten Abwassers war 42,4%.

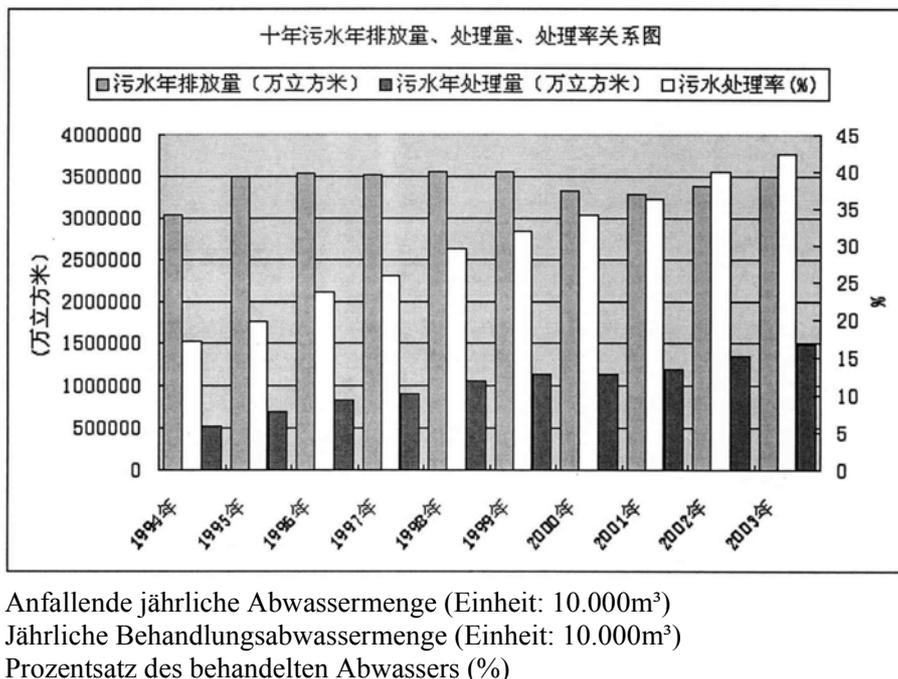


Abb.5-2: Verhältnis zwischen anfallender jährlicher Abwassermenge, jährlicher Behandlungsabwassermenge, Prozentsatz des behandelten Abwassers im Zeitraum von 1994 bis 2003

Die anfallende jährliche Abwassermenge stieg leicht an, im Durchschnitt 1,74% pro Jahr. Der Prozentsatz der jährlichen behandelten Abwassermenge erhöhte sich schnell, in 10 Jahren war er ungefähr um 13% angestiegen. Der behandelte Anteil stieg im Durchschnitt jährlich um 10,71%.

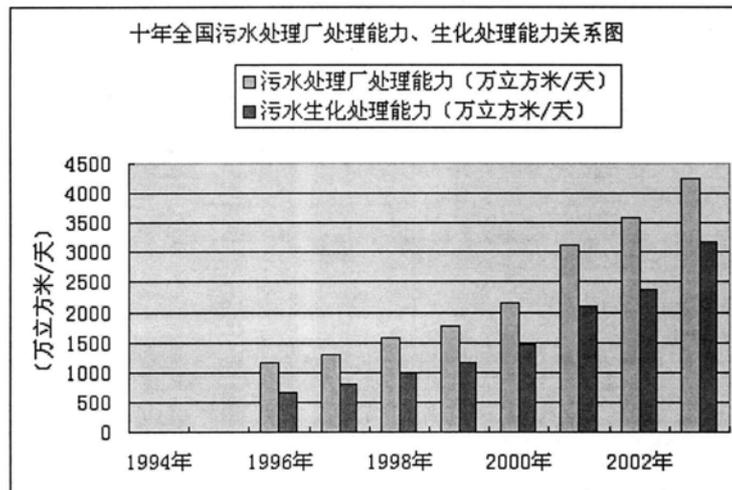
Die Zahlen sind in der Tabelle 5-5 zeigt. Es ist offensichtlich, dass China in letzten 10 Jahren große Fortschritte bei der Abwasserbehandlung gemacht hat.

Tabelle 5-5: Zunahme der jährlichen Abwassermenge, der jährlichen Behandlungsmenge und des jährlichem Behandlungsanteils (Einheit: %)

Jahr	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Durchschnitt
Zunahmerate der Abwassermenge	15,59	0,74	-0,41	1,39	-0,17	-6,72	-0,97	2,74	3,43	1,74
Zunahmerate der behandelten Abwassermenge	33,14	20,84	8,94	16,02	7,80	0,01	5,40	12,73	9,68	12,73
Zunahmerate des behandelten Abwasseranteils	15,20	19,80	9,32	14,73	7,77	7,21	6,43	9,89	6,00	10,71

5.4.2 Verhältnis von Gesamt-Reinigungskapazität und biologischer Reinigungskapazität der chinesischen kommunalen Kläranlagen (1994-2003)

Im Jahr 2003 war die Behandlungskapazität der Kläranlagen 42,54 Million m³ pro Tag. Die Behandlungskapazität der Kläranlagen mit II. und III. Stufe betrug 31,73 Million m³ pro Tag. (Abb.5-3) Der Anteil biologischer Behandlungskapazität erhöht sich stufenweise, es waren 74,6% der gesamten Behandlungskapazität 2003. (Abb.5-4)



- Behandlungskapazität der Kläranlagen (Einheit: 10.000 m³/ Tag)
- Behandlungskapazität der Kläranlagen mit II. und III. Stufe (Einheit: 10.000 m³/ Tag)

Abb.5-3: Verhältnis von Gesamt-Klärkapazität und biologischer Klärkapazität (1994-2003)

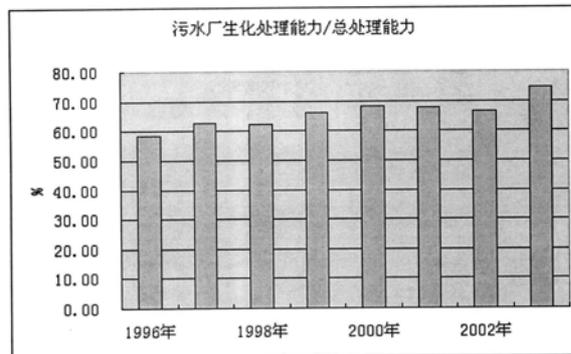


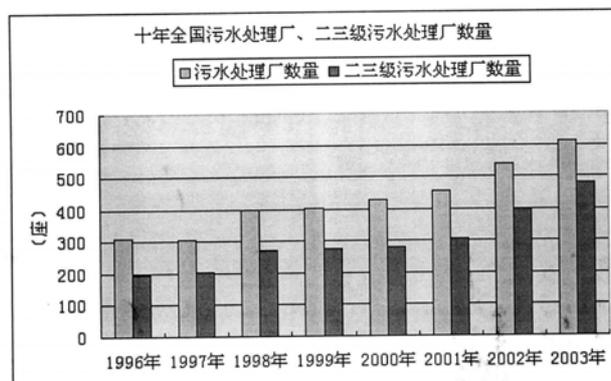
Abb.5-4: Verhältnis biochemischer Behandlungskapazität zu Gesamtbehandlungskapazität
Im zehnjährigen Durchschnitt stiegen die Abwasserbehandlungskapazität um 20,90% und die biochemische Behandlungskapazität um 25,15%. (Tabelle.5-6)

Tabelle 5-6: Zunahme von Gesamt- und biochemischer Abwasserbehandlungskapazität
(Einheit: %)

Jahr	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Durchschnitt
Zunahme Gesamt-Behandlungskapazität	12,05	22,54	11,58	22,15	43,95	15,20	18,87	20,90
Zunahme biologische Behandlungskapazität	20,64	21,34	18,40	26,71	42,34	13,57	33,09	25,15

5.4.3 Zahl der kommunalen Kläranlagen mit II. und III. Reinigungsstufe

Von insgesamt 612 schon gebauten Kläranlagen im Jahr 2003 hatten 480 zweite und dritte Reinigungsstufen. Insgesamt hatten aber fast alle seit 2000 neu gebauten Anlagen zweite und dritte Reinigungsstufen. (Abb.5-5) In der Tabelle 5-7 wird deutlich, dass im zehnjährigen Durchschnitt die Zahl der Kläranlagen jährlich um 10,69% stieg.



□ Zahl der Kläranlagen ■ Zahl der Kläranlagen mit II. und III. Reinigungsstufe

Abb.5-5: Zahl der kommunalen Kläranlagen

Tabelle 5-7: Zunahme der Zahl der Kläranlagen

Jahr	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Durchschnitt
Zunahme der Zahl der Kläranlagen	-0,65	29,64	1,01	6,22	5,85	18,81	13,97	10,69
Zunahme der Zahl der Kläranlagen mit II. u. III. Reinigungsstufe	4,59	32,68	1,10	2,55	8,87	29,97	20,30	14,29

5.5 Analyse der Abwasserbehandlung bezüglich regionaler Zugehörigkeit und Größenklasse der untersuchten Städte

5.5.1 Abwassermenge pro Einwohner in den 8 Gebieten

Die Abwassermenge pro Einwohner und Jahr beträgt $106,05\text{m}^3$, das ist $73,47\%$ der durchschnittlichen Menge der Wasserversorgung pro Einwohner von $144,35\text{m}^3$. Die Abwassermengen und die Menge der Wasserversorgung stehen in einem annähernd konstanten Verhältnis.

Entsprechend der steigenden durchschnittlichen Abwassermenge pro Einwohner, ist die Reihenfolge der 8 Gebiete (in der Abbildung 5-6) wie folgt:

- südlicher Küstenbereich,
- östlicher Küstenbereich
- nordöstlicher Bereich
- Einzugsgebiet des Yangtze Flusses,
- nordwestlicher Bereich,
- Nordküstenbereich,
- südwestlicher Bereich und Einzugsgebiet des gelben Flusses.

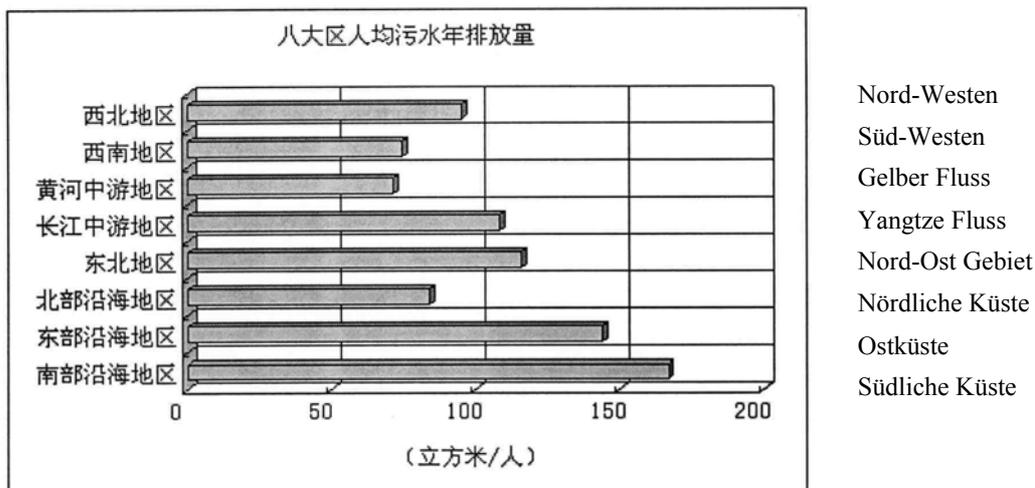
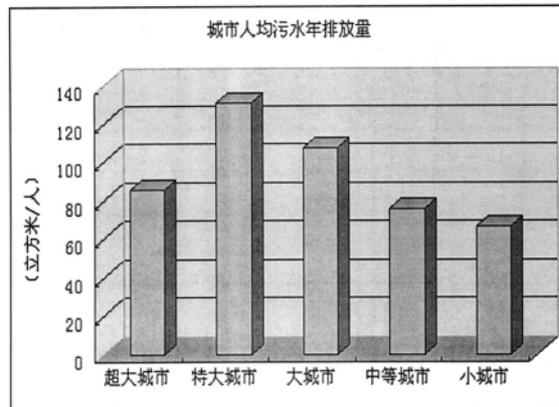


Abb.5-6: Abwassermenge pro Person in den 8 Gebieten (Einheit: $\text{m}^3/\text{Einwohner} \cdot \text{Jahr}$)



Super Metropolis, Millionen- Groß- Mittel- Klein-Stadt

Abb.5-7: Pro Kopf Abwassermenge geordnet nach Größenkategorie der Städte.
(Einheit: m³/Einwohner.Jahr)

Die Städte, nach Pro Kopf Abwassermenge in absteigender Reihenfolge (Abb.5-7) geordnet, sind:

- Super Metropolis,
- Millionen Stadt,
- Mittelgrosse Stadt,
- Große Stadt, und Kleine Stadt

5.5.2 Durchschnittlicher Ausnutzungsgrad der Kläranlagen

Der Prozentsatz in Abb. 5-8 zeigt den Ausnutzungsgrad der Abwasserbehandlungsanlagen. Wegen der Probleme der Abwassereinleitung, eventuell fehlerhafter Planung, und lokaler Gegebenheiten ist der Ausnutzungsgrad der Abwasserbehandlungsanlagen meist nicht sehr hoch, durchschnittlich 61,19 %. Die hohen Betriebskosten sind auch ein wichtiger Faktor, der den niedrigen Ausnutzungsgrad der Abwasserbehandlungsanlagen verursacht, und damit Leerlauf oder ungünstigen oder Teillastbetrieb der Behandlungsanlagen auslöst.

Die Reihenfolge der 8 Gebiete ergibt sich nach Abwasserbehandlungsrate (Abb.5-8) absteigend wie folgt:

- Südlicher Küstenbereich,
- Nordöstlicher Bereich,
- Ostküstenbereich,
- Nordwestlicher Bereich,
- Nordküstenbereich,
- Einzugsgebiet des gelben Flusses
- Einzugsgebiet des Yangtze Flusses und südwestlicher Bereich.

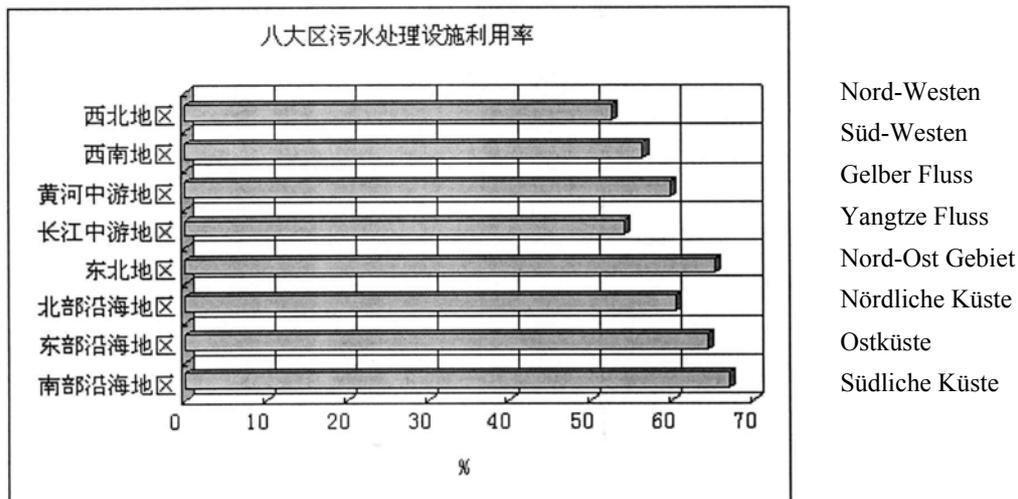


Abb.5-8: Ausnutzungsgrad der Abwasserbehandlungsanlagen in den 8 Gebieten (Einheit: %)

Die Städte, nach Ausnutzungsgrad (Abb.5-9) in absteigender Reihenfolge geordnet sind:

- Super Metropolis,
- Millionen Stadt,
- Mittelgrosse Stadt,
- Große Stadt, und Kleine Stadt.

Wegen der billigen Abwassergebühren (siehe Kap.2.6) und niedrigen Abwassersammlungsrate ist der Ausnutzungsgrad in den kleinen Städten deutlich niedriger als 50%.

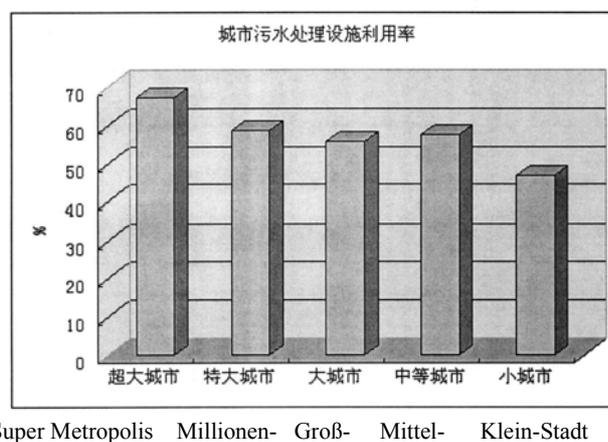


Abb.5-9: Ausnutzungsgrad der Abwasserbehandlungsanlagen geordnet nach Größenskategorie der Städte. (Einheit: %)

5.5.3 Prozentsatz des behandelten Abwassers in chinesischen Städten

Die durchschnittliche Abwasserbehandlungsrate in chinesischen Städten ist 42,4%. Die 8 Gebiete sind nach Abwasserbehandlungsrate absteigend wie folgt geordnet (Abb.5-10):

- Ostküstenbereich,
- Nordküstenbereich,
- Nordöstlicher Bereich,
- Nordwestlicher Bereich,
- Einzugsgebiet des gelben Flusses,
- Einzugsgebiet des Yangtze Flusses,
- Südküstenbereich und südwestlicher Bereich.

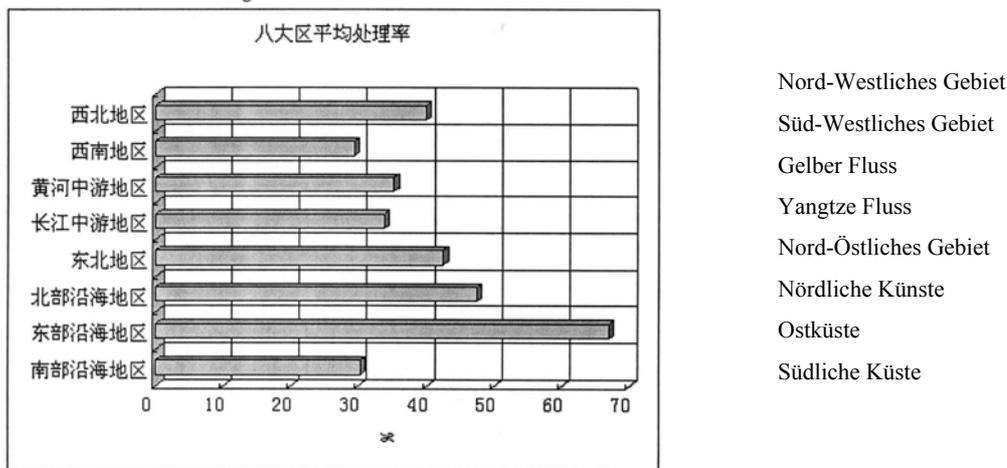


Abb.5-10: Prozentsatz des behandelten Abwassers in den 8 Gebieten (Einheit: %)

Die offensichtlich hohe und überdurchschnittliche Abwasserbehandlungsrate im Ostküstenbereich wird durch strikte Durchführung der politischen Richtlinien über die Abwassergebühr dort verursacht. Demgegenüber, hat der ökonomisch durchaus hoch entwickelte südliche Küstenbereich noch eine niedrige Abwasserbehandlungsrate. Dies wird durch die niedrige Behandlungsgebühr und die Nachlässigkeit der lokalen Regierungen verursacht.

Die Städte, sind nach dem Prozentsatz des behandelten Abwassers in absteigender Reihenfolge geordnet: -Super Metropolis, -Millionen Stadt, -Mittelgrosse Stadt, -Große Stadt, und Kleine Stadt. Die Reinigungsrate in den kleinen Städten beträgt nur ungefähr 20%. (Abb.5-11)

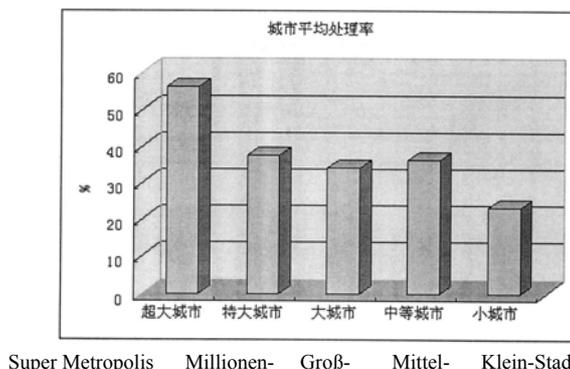


Abb.5-11: Prozentsatz des behandelten Abwassers geordnet nach Größenkategorie der Städte.(in %)

5.5.4 Durchschnittlich behandelte Abwassermenge der Kläranlagen

2003 betrug die insgesamt anfallende Abwassermenge 34,9 Milliarden m³, davon wurden 9,6 Milliarden m³ Abwasser durch die städtischen zentralen Kläranlagen behandelt. Die durchschnittlich jährlich behandelte Abwassermenge in den zentralen städtischen Kläranlagen war im ganzen Land 29,14 m³ pro Einwohner. Die Reihenfolge der 8 Gebiete von der Abbildung 5-12 sind nach behandelter Abwassermenge absteigend wie folgend geordnet:

- Ostküstenbereich,
- Südküstenbereich,
- Nordküstenbereich,
- Nordwestlicher Bereich,
- Nordöstlicher Bereich,
- Einzugsgebiet des gelben Flusses,
- Einzugsgebiet des Yangtze Flusses und Südwestlicher Bereich.

Die Städte, sind nach dem Prozentsatz des behandelten Abwassers in absteigender Reihenfolge geordnet: Super Metropolis, Millionen Stadt, Mittलगrosse Stadt, Große Stadt, und Kleine Stadt. (Abb.5-13)

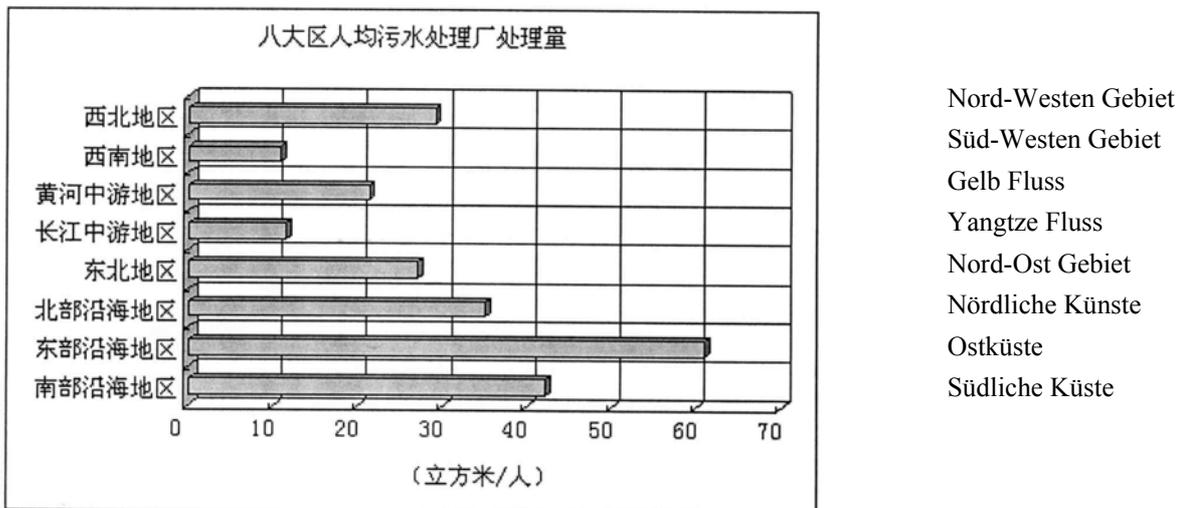
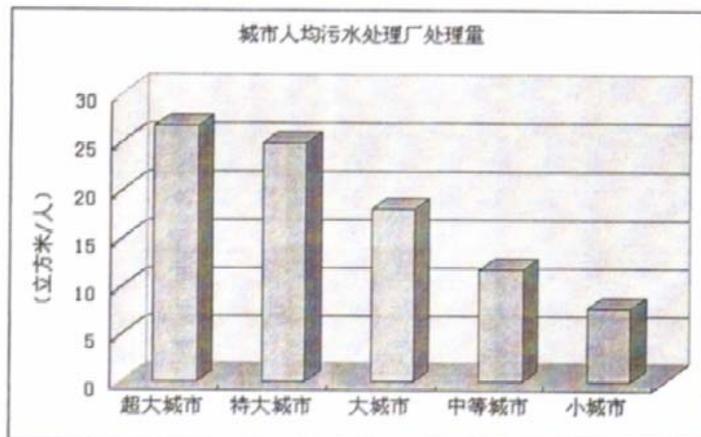


Abb.5-12: Durchschnittliche behandelte Abwassermenge pro Einwohner der Kläranlagen in den 8 Gebieten (Einheit: m³ / Einwohner.Jahr)



Super Metropolis Millionen- Groß- Mittel- Klein-Stadt

Abb.5-13: Durchschnittliche behandelte Abwassermenge pro Person nach Größenkategorie der Städte. (Einheit: m³ / Einwohner.Jahr)

5.5.5 Behandlungskapazität der Kläranlagen

Die durchschnittliche Behandlungskapazität der Kläranlagen (pro Tag und per 10.000 Einwohner) beträgt im ganzen Land 1292 m³/(d·10.000 Einwohner). Die Reihenfolge der 8 Gebieten von der Abbildung 5-14 sind nach Behandlungskapazität absteigend wie folgend geordnet:

- Ostküstenbereich,
- Südküstenbereich,
- Nordwestlicher Bereich,
- Nordküstenbereich,
- Nordöstlicher Bereich,
- Einzugsgebiet des gelben Flusses,
- Einzugsgebiet des Yangtze Flusses, und Südwestlicher Bereich.

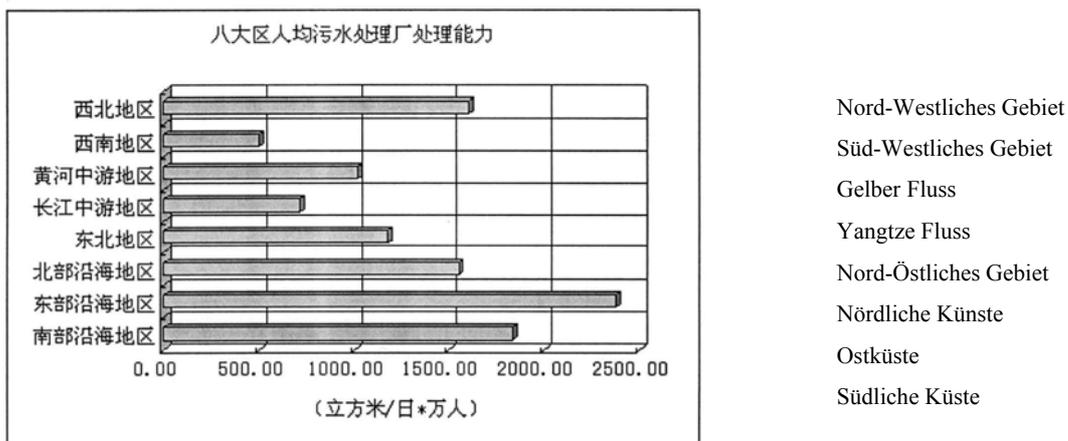


Abb.5-14: Die durchschnittliche Behandlungskapazität der Kläranlagen in den 8 Gebieten
Einheit: m³/(d·10.000 Einwohner)

Die Städte, sind nach durchschnittlicher Behandlungskapazität der Kläranlagen in absteigender Reihenfolge geordnet: Super Metropolis, Millionen Stadt, Mittelgrosse Stadt, Große Stadt, und Kleine Stadt. (Abb.5-15)

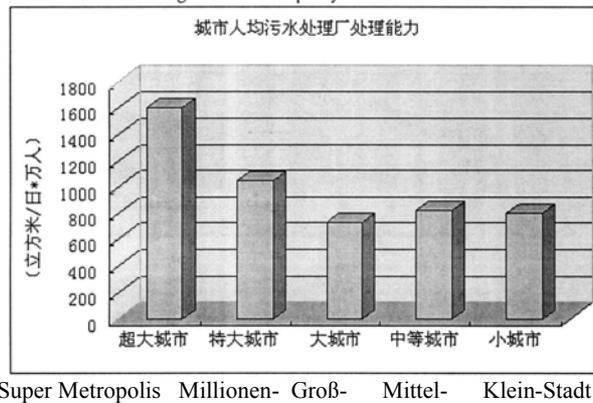


Abb.5-15: Durchschnittliche Behandlungskapazität der Kläranlagen nach Größenkategorie der Städte. Einheit: $m^3/(d \cdot 10.000 \text{ Einwohner})$

5.5.6 Durchschnittliche Behandlungskapazität der Kläranlagen mit zweiter und dritter Reinigungsstufe

Entsprechend dem Emissionsstandard für kommunale Kläranlagen können die Parameter des Ablaufs der Kläranlagen die Anforderungen nur durch eine biologische Behandlung erreichen. Die durchschnittliche Behandlungskapazität der Kläranlagen mit II. und III. Reinigungsstufe im ganzen Land ist $963,75 m^3/(Tag \cdot 10.000 \text{ Einwohner})$.

Die durchschnittlichen Behandlungskapazitäten der Kläranlagen mit II. und III. Reinigungsstufe der acht Gebiete sind wie in Abb.5-16 gezeigt. Die Werte dieser Behandlungskapazitäten nach Größenkategorie der Städte sind in Abb.5-17 gezeigt.

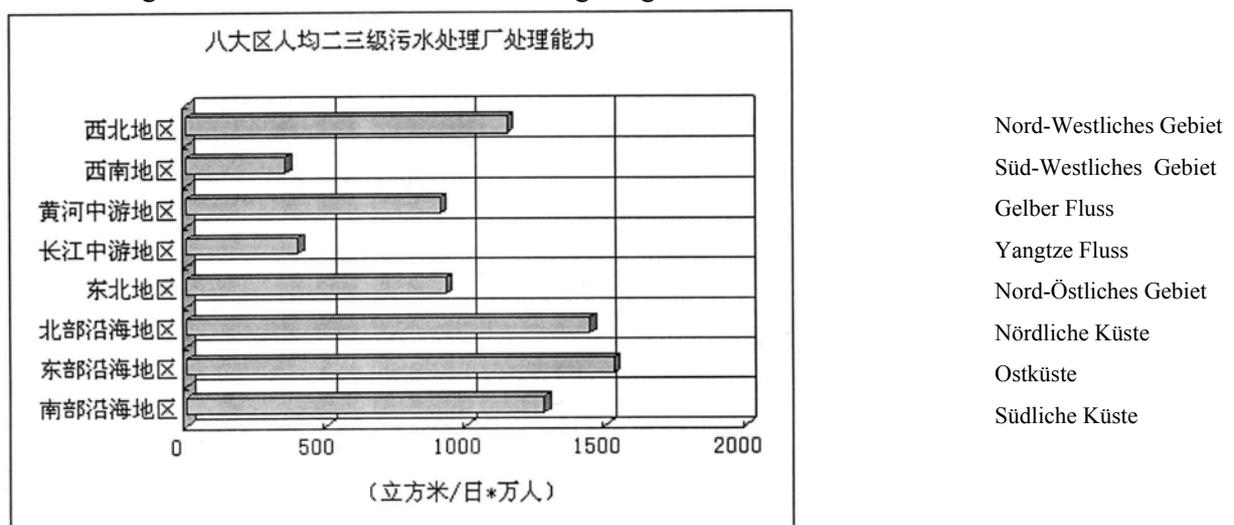


Abb.5-16: Durchschnittliche Behandlungskapazität der Kläranlagen mit zweiter und dritter Reinigungsstufe in den acht Gebieten. Einheit: $m^3/(d \cdot 10.000 \text{ Einwohner})$

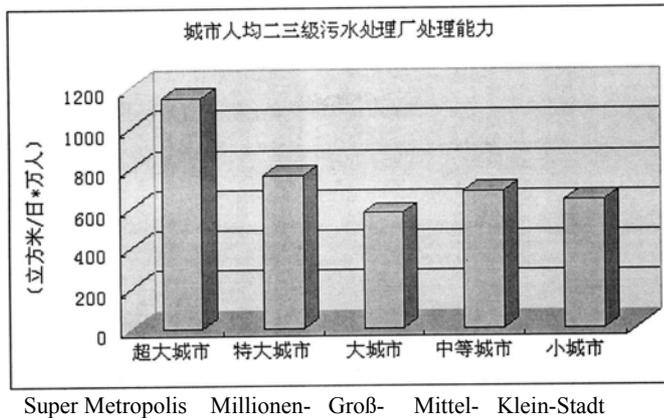


Abb.5-17: Durchschnittliche Behandlungskapazität der Kläranlagen mit zweiter und dritter Reinigungsstufe nach Größenkategorie der Städte. Einheit: $m^3/(d \cdot 10.000 \text{ Einwohner})$

5.5.7 Wiederverwendungsrate des Abwassers

Für China ist es eine strategisch wichtige Anforderung, das gereinigte Abwasser wiederzuverwenden, um das Problem des Wassermangels zu verringern. Die durchschnittliche Wiederverwendungsrate im ganzen Land ist nur 6,46%, was die unzureichende allgemeine Aufbereitungssituation zeigt. Die Abwasserwiederverwertung hat sich im nordöstlichen China, wo sich meistens größere Fabriken der Schwerindustrie Chinas befinden, gut entwickelt, weil das gereinigte Abwasser hauptsächlich durch die Industrie selbst wiederbenutzt wird. Dagegen ist die Entwicklung im Südküstenbereich und im Einzugsgebiet des gelben Flusses sehr langsam.

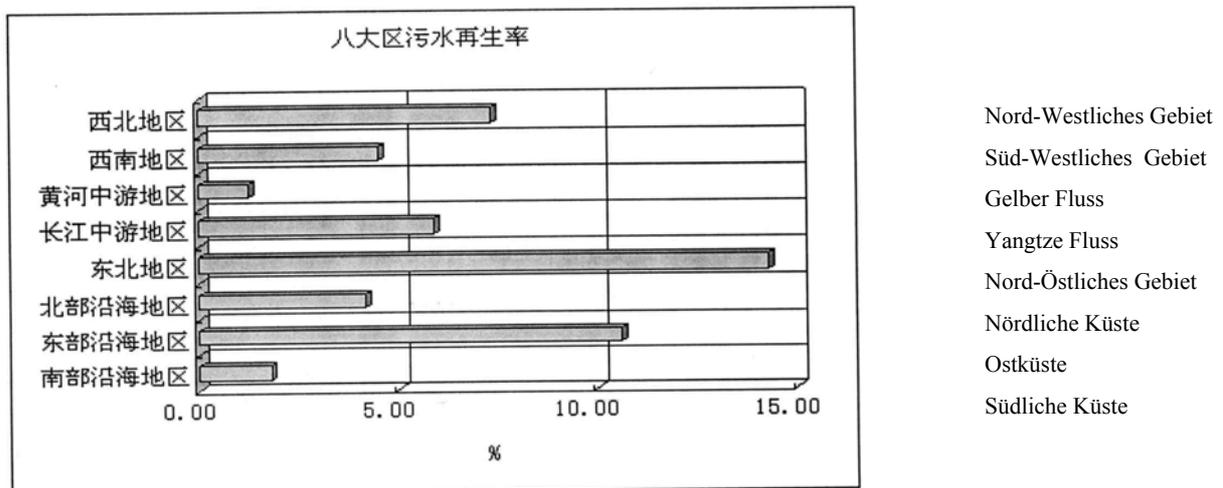
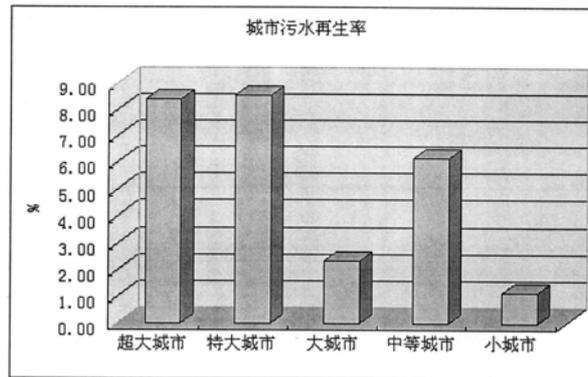


Abb.5-18: Die durchschnittliche Abwasserwiederverwendungsrate in den 8 Gebieten (Einheit: %)

Die Reihenfolge der acht Gebiete wird nach Abwasserwiederverwendungsrate (Abb.5-18) absteigend wie folgt angegeben:

- Nordöstlicher Bereich,
- Ostküstenbereich,
- Nordwestlicher Bereich, die
- Einzugsgebiet des Yangtze Flusses,
- Südwestlicher Bereich,
- Nordküstenbereich,
- Südküstenbereich und Einzugsgebiet des gelben Flusses.



Super Metropolis Millionen- Groß- Mittel- Klein-Stadt

Abb.5-19: Abwasserwiederverwendungsrate nach Größenkategorie der Städte. (Einheit: %)

5.5.8 Durchschnittliche Länge der Kanalisation per 10000 Einwohner

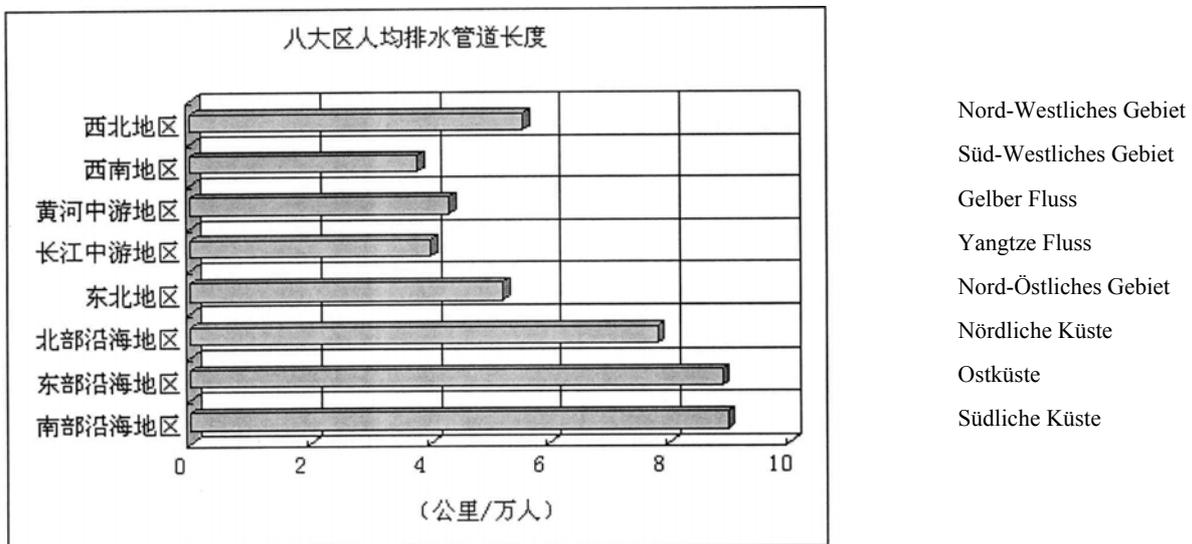
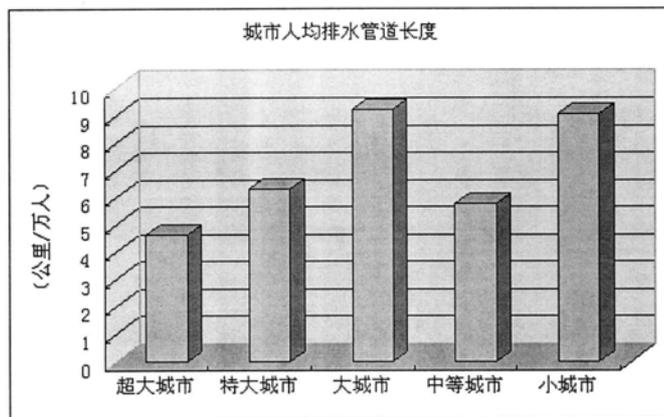


Abb.5-20: Durchschnittliche Länge der Kanalisation per 10000 Person in den 8 Gebieten (Einheit: km / 10.000 Einwohner)

In den Städten werden Abwässer und Regenwasser durch Kanalisationskanäle zu Kläranlagen abgeleitet. Die Länge der durchschnittlichen Kanalisation ist 6,03 km / 10.000 Einwohner. Die Reihenfolge der 8 Gebiete ist nach durchschnittlicher Länge der Kanalisation (Abb.5-10)

absteigend wie folgt geordnet:

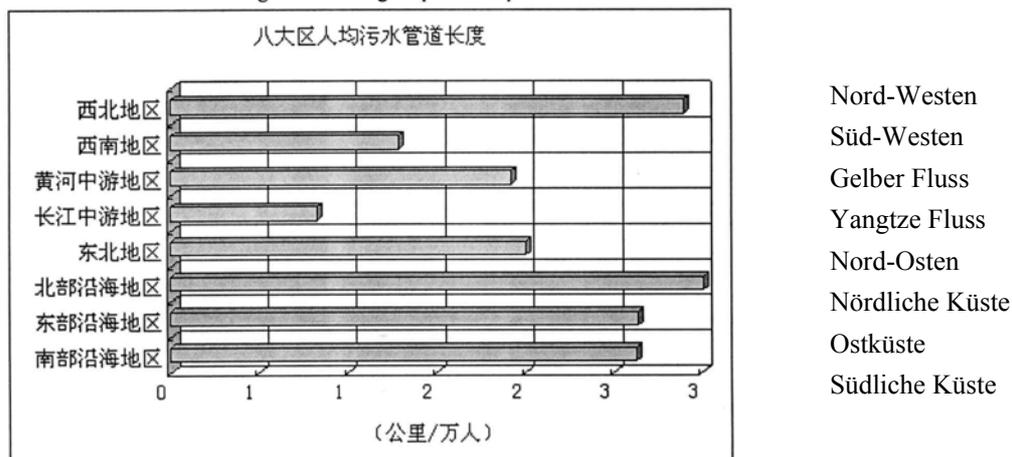
- Südküstenbereich,
- Ostküstenbereich,
- Nordküstenbereich,
- Nordwestlicher Bereich,
- Nordöstlicher Bereich,
- Einzugsgebiet des gelben Flusses,
- Einzugsgebiet des Yangtze Flusses, und -Südwestlicher Bereich.



Super Metropolis Millionen- Groß- Mittel- Klein-Stadt

Abb.5-21: Durchschnittliche Länge der Kanalisation per 10000 Person nach Größenkategorie der Städte. (Einheit: km / 10.000 Einwohner)

5.5.9 Durchschnittliche Abwassersammelkanallänge per 10.000 Einwohner



Nord-Westen
Süd-Westen
Gelber Fluss
Yangtze Fluss
Nord-Osten
Nördliche Küste
Ostküste
Südliche Küste

Abb.5-22: Durchschnittliche Länge der Abwassersammelkanäle per 10000 Einwohner in den acht Gebieten (Einheit: km / 10.000 Einwohner)

Die durchschnittliche Länge der Abwassersammelkanäle ist 2,04 km / 10.000 Einwohner. Die acht Gebiete sind nach durchschnittlicher Länge der Abwassersammelkanäle absteigend wie folgt geordnet:

- Nordküstenbereich,
- Nordwestlicher Bereich,
- Ostküstenbereich,
- Südküstenbereich,
- Nordöstlicher Bereich,
- Einzugsgebiet des gelben Flusses,
- Südwestlicher Bereich, und Einzugsgebiet des Yangtze Flusses.

Es wird deutlich, dass die Städte in den ökonomisch stärkeren Bereichen wie dem Nordküstenbereich, Ostküstenbereich relativ vollständige, abgeschlossene Kanalisationssysteme haben. Wegen des Regenmangels im nordwestlichen China lässt die Kombination von Regenwassersammel- und Abwassersammelkanälen den Wert der durchschnittlichen Länge der Abwassersammelkanäle unverhältnismäßig hoch erscheinen.

5.5.10 Investitionen für die Behandlung der Umweltverschmutzung

Die Investition per Person für die Behandlung der Umweltverschmutzung ist eine kombinierte Größe, welche die ökonomischen Kosten des Umweltschutzes aufzeigt. Der nationale Durchschnitt ist 404,09 RMB/Einwohner. (ca.40 € / Einwohner)

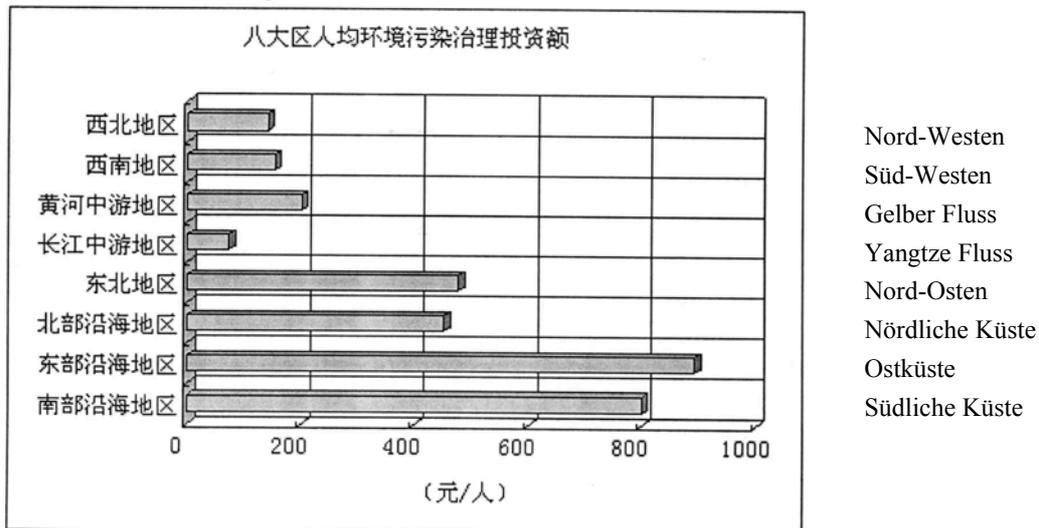
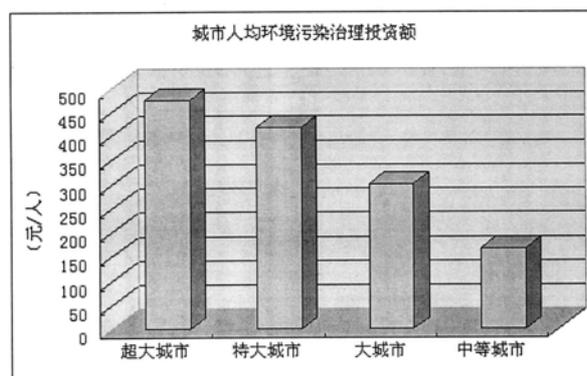


Abb.5-23: Durchschnittliche Investitionen per Person für die Behandlung der Umweltverschmutzung in den 8 Gebieten
(Einheit: RMB / Einwohner) (10 RMB~1EURO)

Die Reihenfolge der acht Gebiete ist nach durchschnittlicher Investition pro Person (Abb.5-23) absteigend wie folgt geordnet:

- Ostküstenbereich,
- Südküstenbereich,
- Nordöstlicher Bereich,
- Nordküstenbereich,
- Einzugsgebiet des gelben Flusses,
- Südwestlicher Bereich,
- Nordwestlicher Bereich, und Einzugsgebiet des Yangtze Flusses.



Super Metropolis Millionen- Groß- Mittel-Stadt

Abb.5-24: Durchschnittliche Investition per Person für die Behandlung der Umweltverschmutzung nach Größenkategorie der Städte
(Einheit: RMB/ Einwohner) (10 RMB ~ 1EURO)

Die durchschnittlichen Investitionen für die Behandlung der Umweltverschmutzung nach Größenkategorie der Städte sind in der Abb.5-24 gezeigt. Wegen des Mangels an Daten sind kleine Städte hier nicht analysiert worden.

5.6 Vergleich mit Österreich

In österreichischen kommunalen Kläranlagen wurden im Jahr 2002 rund 1.007 Mio.m³ Abwasser gereinigt. Am 31.12.2002 waren 650 kommunale Kläranlagen größer 2000 EW60 im Betrieb. Der Anschlussgrad der österreichischen Bevölkerung an kommunale Abwasserreinigungsanlagen betrug am Stichtag 31.12.2001 ca. 86,0 %. Aufgrund der Siedlungsstruktur (Siedlungen in Streulagen, Einzelobjekte) gilt ein 100-prozentiger Anschlussgrad als unrealistisch. [L-69]

Kapitel 6

Anwendungsbeispiele der wichtigen Reinigungsverfahren in chinesischen städtischen Kläranlagen

6.1 die gegenwärtige Situation der Behandlungsverfahren der städtischen Kläranlagen

In den siebziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts hat China mit der Lösung des Abwasserreinigungsproblems begonnen. Laut Untersuchung der Regierung wurden damals bereits 38 Stabilisierungsteiche in Betrieb genommen. Das Abwasserreinigungsvolumen betrug 1.730.000 m³ täglich. Während dieser Entwicklungsphase legte China großen Wert auf den Import von moderner ausländischer Technik und fortschrittlichen Anlagen. [L-30] Dies führte zum Beginn des Technikaustauschs mit dem Ausland. Schritt für Schritt trieb China die Adaptierung ausländischer Bautechnik und Planung auf chinesische Verhältnisse voran, wodurch das Fundament zu weiterem Aufbau der Abwasserbehandlungstechnik gelegt wurde.

Auf Grund der beschleunigten Stadtentwicklung und des immer mehr beachteten Abwasserproblems, hat die chinesische Regierung in den achtziger Jahren die Politik rechtzeitig neu geregelt. Die günstigen Kredite von ausländischen Bankinstituten, Regierungen und Lieferanten wurden zugelassen, allerdings unter der Voraussetzung, dass die jeweilige Stadt die Bürgschaft leistete. Der Bau von zahlreichen Abwasserreinigungseinrichtungen in den Städten wurde gefördert. Die erste große Stadtabwasserreinigungsanlage in China, die „Ji-zhang-Zi“ Kläranlage in Tianjin, Baubeginn 1982, behandelt seit der Inbetriebnahme am 28.4.1984, 260.000 m³ pro Tag. Durch diesen erfolgreichen Versuch bestärkt, haben die Städte Peking, Shanghai, Guangdong und Guanxi mehrere Abwasserreinigungsanlagen mit verschiedenen Klärungstechniken je nach eigener Infrastruktur gebaut. Unterdessen bleibt die 1992 in Peking gebaute „Gao-Bei-Dian“ Kläranlage Phase I mit einer Reinigungskapazität 1.000.000 m³ pro Tag bis jetzt die größte in China. [L-30]

80% der chinesischen Kläranlagen verwenden heute das Belebungsverfahren, vor allem das klassische Belebungsverfahren in den Millionen- und Großstädten. In den letzten fünfzehn Jahren hat sich der Bau der kommunalen Kläranlagen rasant entwickelt, und es wurden viele moderne Technologien, Verfahren und Ausrüstungen aus dem Ausland nach China importiert. Die AB-Verfahren, A₁/O-Verfahren, A₁/A₂/O -Verfahren, SBR-Verfahren haben in chinesischen Abwasserreinigungswerken Anwendung gefunden. [L-30] Die Abwasserreinigungstechnologien hatten früher lediglich den Schwerpunkt, die organischen Verbindungen aus dem Abwasser zu

entfernen, stattdessen gelingt es den neueren Technologien die Abwässer auch von Phosphor und Stickstoff zu befreien. Die fortschrittlichsten und funktionstüchtigsten ausländischen Ausrüstungen für diese Art Kläranlagen treten heutzutage auf dem chinesischen Markt auf.

Infolge der hohen Ansprüche an den Umweltschutz von Gewässern ist der revidierte staatliche „Discharge standard of pollutants for municipal wastewater treatment plant“ (GB 18918-2002) auch strenger geworden. Vor allem die erhöhte Anforderung an die Eliminierung von Phosphor und Stickstoff hat die neu gebauten Abwasserreinigungswerke dazu gebracht, mehr auf die dafür notwendige Technologie zu achten. Dadurch ist die verbesserte A₁/A₂/O-Technologie entstanden und auch bereits in der Praxis eingesetzt worden.

Bezüglich des Bauumfangs kennzeichnen die zahlreichen nacheinander gebauten und in Betrieb genommenen Abwasserreinigungswerke eine neue Entwicklungsphase in China. Die folgenden Kläranlagen in der Tabelle 6-1 können den gegenwärtigen technischen Zustand der chinesischen kommunalen Kläranlagen gut widerspiegeln.

Tabelle 6-1: wichtiger Abwasserbehandlungsverfahren und die Anwendungsbeispiele in chinesischen städtischen Kläranlagen

No.	Ort	Name den Kläranlagen	Reinigungs kapazität (m ³ /d)	Zustand	Verfahrensdetails
I. klassische Belebungsverfahren					
1	Beijing	Gao-Bei-Dian	1.000.000	im Betrieb	
2	Tianjin	Ji-Zhuang-Zi	260.000	im Betrieb	
3	Tianjin	Östlicher Vorort	400.000	im Betrieb	
4	Shandong	Ji-Nan	220.000	im Betrieb	
5	Hebei	Shijiazhuang Qiao-Xi	160.000	im Betrieb	
6	ShanXi	Xian	120.000	im Betrieb	
7	Jiansu	Wuxi Lu-Cun	100.000	im Betrieb	
8	Chongqing	Tang-Jia-Qiao	60.000	im Betrieb	
II. Umlaufbecken Vefahren					
1	Shandong	Lai-Xi	40.000	im Betrieb	ORBAL
2	Beijing	Daxing Huang-Cun	80.000	im Betrieb	ORBAL
3	Hebei	Lang-Fang	80.000	im Betrieb	ORBAL
4	Zhejiang	Wen-Zhou	100.000	im Betrieb	ORBAL
5	Guangdong	Zhong-Shan	100.000	im Betrieb	CARROUSEL
6	Beijing	Bezirk Shunyi	80.000	im Betrieb	CARROUSEL
7	Anhui	Huainan	100.000	Bauphase	CARROUSEL
8	Hebei	Östlich Han-dan	100.000	im Betrieb	Drei Gräben
9	Shandong	Zao-Zhuang	70.000	im Betrieb	Drei Gräben
10	Jiangsu	Neu Suzhou	40.000	im Betrieb	Drei Gräben
11	Hefei	Wangxiaoying	150.000	im Betrieb	Ein Graben
12	Henan	Shang-qiu	80.000	Bauphase	Bauphase
13	Shanxi	Xian Shi-Qiao	150.000	im Betrieb	DE
III. AB-Verfahren					
1	Shandong	Qingdao HaiBo-Fluss	80.000	im Betrieb	

No.	Ort	Name den Kläranlagen	Reinigungs kapazität (m ³ /d)	Zustand	Verfahrensdetails
2	Shandong	Zibo Zhang-Dian	140.000	im Betrieb	
3	Guangdong	Shenzhen Luo-Fang	100.000	im Betrieb	
4	Guangdong	Guangzhou Lie-de	220.000	im Betrieb	
IV.	A₂O-Verfahren				
1	Zhejiang	Hangzhou Si-Bao	600.000	im Betrieb	
2	Zhejiang	Hangzhou Qi-Ge	400.000	im Betrieb	
3	Hebei	Baoding Yin-Ding-Zhuang	80.000	im Betrieb	
4	Hebei	Baoding Lu-Gang	80.000	im Betrieb	
5	Tianjin	Ji-Zhuangzi (Umbau)	260.000	Bauphase	
V.	A₁-A₂-O-Verfahren				
1	Guangdong	Guangzhou Da-Tan-Sha	150.000	im Betrieb	
2	Guangxi	4. Guilin	100.000	im Betrieb	
3	Jiangsu	Wuxi Lu-Cun (Umbau)	100.000	im Betrieb	
4	Yunnan	2.Kun Ming	100.000	im Betrieb	
5	Shandong	Taian	50.000	im Betrieb	
6	Wuhan	Huanggang Yiai-See	100.000	im Betrieb	
VI.	SBR-Verfahren				
1	Yunnan	3.Kun Ming	150.000	im Betrieb	ICEAS
2	Zhejiang	Jin-Hua	80.000	im Betrieb	CAST
3	Guizhou	Zun-Yi	80.000	im Betrieb	SBR
4	Jiangsu	Yang-Zhou	100.000	Bauphase	CAST
5	Jiangsu	Neu Nan-jing	40.000	Bauphase	CAST
6	Guangxi	Wuzhou	100.000	Planung	UNITANK
VII.	Mechanische oder verstärkte erste Stufe				
1	Hainan	Hai-Ko	300.000	im Betrieb	
2	Zhejiang	Hangzhou Si-Bao	400.000	im Betrieb	
3	Shandong	Weihai	80.000	im Betrieb	
4	Jiangsu	Nanjing-Qin-Huai-He	540.000	im Betrieb	
5	Shanghai	Zhu-Yuan	170.000.000	Planung	Verstärkung
VIII.	System BIOLAK® [L-38]				
1	Shandong	2.Peng-Lai	40.000	im Betrieb	
2	Shandong	Berg Lai	40.000	im Betrieb	
3	Shandong	Zhu-Cheng	100.000	im Betrieb	

(Quelle: [L-30]außer VIII.)

6.2 Anwendungsbeispiel des klassischen Belebungsverfahrens [L-38]

6.2.1 Übersicht über die Kläranlage „Stadt Shen-Zhen“

Die Kläranlage „Stadt Shen-Zhen“ befindet sich in der Provinz Guangdong. Seit Anfang 90er Jahre ist die Kläranlage dort im Betrieb. Die tägliche Bemessungsabwassermenge beträgt 25.000

m³. Die Zahl der angeschlossenen Einwohner beträgt ungefähr 200.000. Die biologische Stufe dieser Kläranlage ist nur zum Abbau organischer Verbindungen geeignet.

6.2.2 Belastung und Reinigungswirkung der Kläranlage

In der Tabelle 6-2 wurden die angenommenen Belastungsparameter für die Bemessung und die später im Betrieb gemessenen Belastungsparameter gezeigt.

Es wurde durch die über einen Zeitraum von ca.10 Jahren ausgewerteten Daten für diese Kläranlage gezeigt, dass die Konzentrationen der Belastungsparameter im Zufluss der Kläranlage sehr stark variieren. (BSB₅ im Zufluss 80-450 mg/l und CSB bei 200-2000 mg/l).

Tabelle. 6-2: Belastungsparameter und Reinigungswirkung der Kläranlage „Stadt Shen-Zhen“ (Einheiten: mg/l)

Parameter	Zufluss		Mindestanforderung an den Ablauf	Reinigungswirkung
	für die Bemessung genommene Zuflusswerte	Gemessene Werte des Zuflusses aus Betriebsergebnisse		
CSB		200-2000 (durchschnittlich: 380)	≤ 120	>80%
BSB ₅	200	80-450 (durchschnittlich: 190)	≤ 30	>90%
SS	240	durchschnittlich: 146	≤ 30	>90%

6.2.3 Gestaltung

Die Bemessungsdaten für die Gestaltung der Kläranlage sind in der Tabelle 6-3 gezeigt

Tabelle. 6-3: Beschreibung der Bemessungsdaten der Kläranlagenteile „Stadt Shen-Zhen“

No.	Teile	Beschreibung der Bemessungsergebnisse
1	Grobrechen	Spaltweite 20 mm
3	Feinrechen	Spaltweite 10 mm
4	Sandfang	belüfteter Langsandfang, Sandräumung durch Pumpen
5	Vorklärbecken	Zahl der Becken: 2, Durchmesser der Becken: 25m Wassertiefe auf den Beckenrand: h=3,14m Absetzzeit: 1,5 Stunden SS-Entfernungsrate: 60%, BSB ₅ -Entfernungsrate: 30%
6	Belebungsbecken	gesamtes Beckenvolumen: 8350m ³ , Zahl der Becken: 2 Beckentiefe: 6m Schlammbelastung: 0,2kgBSB ₅ /(kgTS.d) Durchfließzeit: 8 h
7	Nachklärbecken	2 horizontal durchströmte Rundbecken Durchmesser: 30m Wassertiefe am Rand : h=3,97m Absetzzeit: 2,5 Stunden Rücklaufschlammverhältnis: 85 %

6.2.4 Betriebsergebnisse

- Die Sandmenge im Zufluss ist größer als geplant. Deswegen wurden Bandräumer mit Kratzern statt Pumpen für die Sandräumung im Betrieb genommen.
- Etwa 56 % der suspendierten Stoffe können mit dem Vorklärung entfernt werden (niedriger als geplante SS-Entfernungsrate 60%). Die SS-Konzentration im Zulauf des Vorklärbeckens beträgt 64mg/l.
- Die durchschnittliche Schlammbelastung beträgt 0,31kgBSB₅/(kgTS.d). (größer als für die Bemessung angenommene Schlammbelastung : 0,2kgBSB₅/(kgTS.d))
- Der Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken soll immer ca.1000mg/l bleiben. Als die Werte des Trockensubstanzgehaltes im Betrieb kleiner als 900mg/l waren, hat sich die Bildung von Blähschlamm stark erhöht.

6.3 Anwendungsbeispiel des Adsorptions-Belebungsverfahrens [L-68]

6.3.1 Übersicht über die Kläranlage „Zhangdian“

Zibo ist die wichtigste Industriestadt der Shandong Provinz. Viele Schwerindustriefabriken, die zu unterschiedlichsten Industriebranchen gehören, befinden sich im Bezirk Zhangdian von Zibo. Im dortigen Abwasser sind hohe Schadstoffkonzentrationen von BSB₅, CSB, SS, Säure, Alkali, organischem Phosphor, Phenol, Chlorverbindungen, Sulfid, Erdöl, Benzol, Trichloracetaldehyd und Methylalkohol vorhanden. Wegen des hohen Industrieabwasseranteils mit seinen toxischen Komponenten kann das traditionelle Belebtschlammverfahren die nationalen Standardemissionen dort nicht erzielen.

Entsprechend der oben genannten Situation wurde das Adsorptions-Belebungsverfahren für Abwasserreinigung ausgewählt. Die Kläranlage „Zhangdian“ ist bis jetzt die größte chinesische städtische Kläranlage mit AB-Verfahren. Bis zu 14×10^4 m³ Abwasser pro Tag kann diese Kläranlage in ihren Reinigungsprozess aufnehmen. Insgesamt beträgt der durchschnittliche Zufluss 5833m³/h. Der maximale Zufluss bei Regenwetter beträgt 7233m³/h.

Diese Kläranlage besteht aus einer mechanischen Reinigungsstufe mit Rechen, Sandfang, einer biologischen Reinigungsstufe mit Belebungsbecken A, mittlerem Absetzbecken, Belebungsbecken B und Nachklärbecken, sowie Schlammbehandlungsanlagen und Schlammagerplätzen. Der technische Prozess der Reinigung ist wie in Abb.6-1 gezeigt.

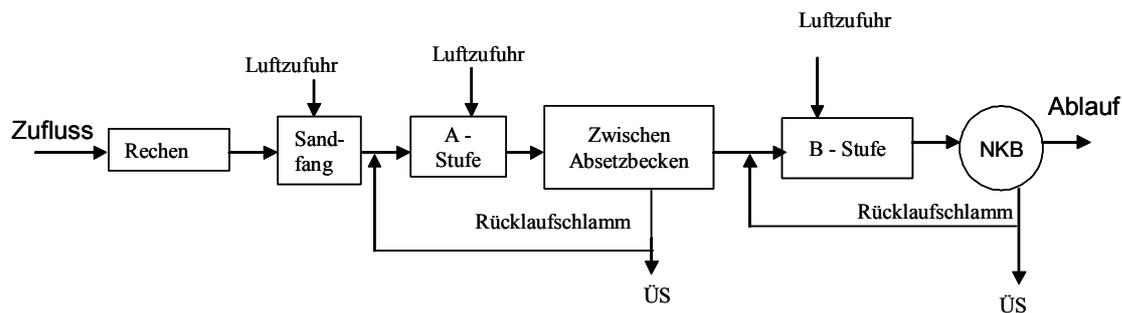


Abb.6-1: technischer Prozess des AB-Verfahrens in der Kläranlage „Zhangdian“

6.3.2 Belastungsparameter des Abwassers

Tabelle. 6-4: Belastungsparameter von Zufluss und Ablauf der Kläranlage „Zhangdian“ (Einheiten: mg/l)

Parameter	Zuflusswerte	Ablaufwerte
CSB _{Cr}	500-600	50
BSB ₅	200-225	15
SS	250-280	15
NH ₃ -N		15
TKN	60(NH ₃ -N : 50, org.N: 10)	—

6.3.3 Bemessungsparameter des Belebungsbeckens

Tabelle 6-5 : Bemessungsparameter des Belebungsbeckens der Kläranlage „Zhangdian“

Bemessungsparameter	Einheit	Stufe A	Stufe B
BSB ₅ -Schlammbelastung	kgBSB ₅ /(kgTS.d)	4,5	0,125
BSB ₅ -Raumbelastung	kgBSB ₅ /(m ³ .d)	10	0,525
Schlammalter, bezogen auf V _{BB}	h, d	4-5,5 Stunde	21 Tage
Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken	g/l	1,5-2	3450
Rücklaufverhältnis	%	50-75	100
Durchflusszeit	h	0,5	5
gelöster Sauerstoff (DO)	mg/l	0,3-0,5	0,7-2
Schlammindex	ml/g	60	150
Entfernungsrate von BSB ₅	%	50	90-95

6.3.4 Bemessungsparameter der anderen Bestandteile dieser Kläranlage

Belüfteter Sandfang:

Die Aufenthaltszeit beträgt 8 Minuten, der Sauerstoffverbrauch beträgt 1-1,24 m³ / h.

Mittleres Absetzbecken:

horizontal durchströmtes Rundbecken, Oberflächenbeschickung $1,49-1,84\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, Absetzzeit 1,9 bis 2,4 Stunden.

Nachklärbecken:

horizontal durchströmtes Rundbecken, Oberflächenbeschickung $0,74-0,92/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, Absetzzeit 3,8 bis 4,7 Stunden.

6.3.5 Betriebszustand von Zhangdian

Kurze Synopsis: Gute Reinigungskapazität für städtisches Abwasser mit höheren Belastung. Der Energieverbrauch beträgt $0,4\text{ kWh}/\text{m}^3$. Im Sommer und Herbst kann der Energieverbrauch auf $0,25-0,3\text{ kWh}/\text{m}^3$ sinken, weil das Faulgas aus dem Schlammbehandlungsprozess zur Stromgewinnung eingesetzt werden kann.

6.4 Anwendungsbeispiel des $A_1/A_2/O$ –Verfahrens [L-21]

6.4.1 Übersicht über die Kläranlage „Yiai-See“

Die Kläranlage „Yiai-See“ befindet sich in der Stadt Huanggang der Provinz Hubei. Seit Februar 2005 ist die Kläranlage im Betrieb. Die tägliche Bemessungsabwassermenge beträgt 100.000 m^3 . Das $A_1/A_2/O$ – Verfahren wurde angewendet, um im Ablauf der Kläranlage die Grenzwerte für Güteklasse I.B in den Emissionsstandards der Verschmutzungsstoffe für städtische Kläranlagen GB18918-2002 (siehe Kap.3.3.4.) unterschreiten zu können.

Eine besondere Planungsspezialität dieser Kläranlage ist das „Kombibecken“. Das anaerobe Becken, anoxische Becken, aerobe Becken, Nachklärbecken und Desinfektionsbecken wurden zusammen nebeneinander gebaut, um Energie und Bauplatz sparen zu können. (siehe.Abb.6-2) . Das gereinigte und denitrifizierte Wasser aus dieser Kläranlage wird in den Fluss „Santai“ abgeleitet. Die Klärschlämme werden mechanisch eingedickt, entwässert und dann deponiert.

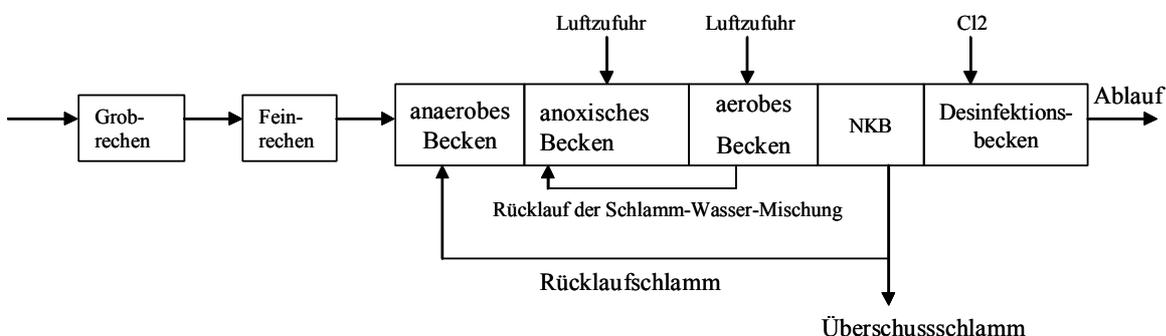


Abb.6-2: der technische Prozess des $A_1/A_2/O$ -Verfahrens in der Kläranlage „ Yiai-See“

6.4.2 Belastungsparameter des Abwassers

Gemäß der Prognose für 2010 beträgt die tägliche Bemessungsabwassermenge 100.000 m³

Tabelle. 6-6: Belastungsparameter von Zufluss und Ablauf der Kläranlage „Yiai-See“
(Einheiten: mg/l)

Parameter	Zuflusswerte	Ablaufwerte	die Grenzwerte für Güteklasse I.B
CSB	237,1	41,8	60
BSB ₅	105,4	14,3	20
SS	130,0	16,5	20
NH ₄ -N	22,1	7,2	8
N _{ges}	30,5	17,1	20
P _{ges}	2,0	1,1	1,5

6.4.3 Bemessungsparameter der Bestandteile

6.4.3.1 Grobrechen & Pumpenanlage

In dieser Kläranlage wurden Grobrechen und Pumpenanlage zusammengebaut. Die maximale Wassermenge bei trockenem Wetter beträgt 5417m³/h und bei Regenwetter 5833m³/h.

Die Größe des Grobrechens: 4,10m X 14,20m X 9,20m (L X B X H)

Spaltweite: 25 mm

Die Fließgeschwindigkeit des Zuflusses durch das Grobrechen beträgt 0,8m/s. Durchschnittlich wurden jeden Tag 2,0m³ Rechengut hier abgetrennt.

Pumpenzahlen: 5 (4 sind im Betrieb und eine dient als Ersatz)

Technische Daten der Pumpe: Q=1400m³/h, H=14m, N=75KW

6.4.3.2 Feinrechen & Sandfang

Zwei Feinrechen und zwei Rundsandfänge wurden als eine Gruppe zusammengeschlossen. Zwei solche Gruppen dienen zur mechanischen Reinigung in der Kläranlage „Yiai-See“.

Bei Regenwetter beträgt die max. Wassermenge 2917m³/h, die durch jede Feinrechen-Gruppe fließen soll.

Die Fließgeschwindigkeit des Zuflusses durch den Feinrechen beträgt 0,8m/s.

Spaltweite: 5 mm

Wassertiefe vor dem Feinrechen: 0,8 m.

Durchschnittlich wird im Feinrechen täglich 12,5 m³ Rechengut produziert und durch die Presse entwässert.

Rundsandfangzahlen: 4

Rundsandfangdurchmesser: 3,65m , Sandfangtiefe: 2,2m

Entferntes tägliches Sandvolumen jedes Sandfangs: 1,5m³

6.4.3.3 Belebungsbecken

- Ein Belebungsbecken besteht aus drei Teilen, nämlich anaerobes, anoxisches und aerobes Becken. Das anaerobe, anoxische und aerobe Becken wurden nebeneinander zusammengebaut (siehe Abb.6-2) und befinden sich je 4 mal in dieser Kläranlage.
- Die Bemessungswassermenge beträgt 100.000m³/d.
- Die wichtigen Bemessungsparameter sind wie folgend und in der Tabelle 6-7 gezeigt.
- Gelöste Sauerstoffmenge im anoxischen Becken: < 0,5mg/l
im aeroben Becken: 1 bis 2 mg/l
- Gestaltung: Die Wirkungswassertiefe: 4,5m
Einzelne Beckengröße: 60,00m X 50,10m X 5,20m (L X B X H)

6.4.3.4 Nachklärbecken

Zahl: 4

Oberflächenbeschickung q: 0,87 m³/(m²·h)

Absetzzeit: 2 Stunden

Tabelle 6-7 : Bemessungsparameter des Belebungsbeckens der Kläranlage „Yiai-See“.

Bemessungsparameter	Einheit	Grenzwerte
BSB ₅ -Schlammbelastung	kgBSB ₅ /kgTS.d	0,09
Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken	g/l	3,5
Schlammalter	d	30
Sauerstoffverbrauch	KgO ₂ /h	314
Durchflusszeit	h	10,35 dazu in der anoxischen Zone: 1,31h in anaeroben Zone: 2,26h
die Geschwindigkeit der N-Entfernung	kg NO ₃ -N / (kg TS·d)	0,0315
Rücklaufschlammverhältnis	%	100
Rücklaufverhältnis der Schlamm-Wasser-Mischung	%	300

6.4.3.5 Desinfektionsbecken

Bemessungswassermenge jedes Beckens: 1354m³/h

Zahl: 4

Größe: 60m x 6,76m

Wassertiefe: 4,3m

Aufenthaltszeit: 0,58h

Desinfektionsmittel wurde durch ein Vakuumchlorspendergerät ins Abwasser zugegeben. Die Dosis beträgt 5—10mg Chlor je Liter gereinigten Abwassers.

Hauptsächlich ist dieses Gerät jedoch nur bei hohen Sommertemperaturen und in der infektionsgefährdeten Jahreszeit im Betrieb.

6.5 Anwendungsbeispiel des SBR-Verfahrens [L-21]

6.5.1 Übersicht über die Kläranlage „Hang-Tian Beijing“

Die Pekinger Kläranlage in der Luft- und Weltraumfahrt-City übernimmt die Behandlung des Abwassers für des Pekinger Luft- und Weltraumfahrtprojektbaus. Die Anlage wurde in zwei Phasen gefertigt. Sie behandelt vorwiegend Haushaltsabwasser (81,5%). Die Hauptbelastungsstoffe sind organische Stoffe, Schwebstoffe und Öl. Die Abwasserbehandlungsmenge der I. Bauphase beträgt 7200m³/d. Der Verfahrensprozess ist in der Abb.6-3 gezeigt.

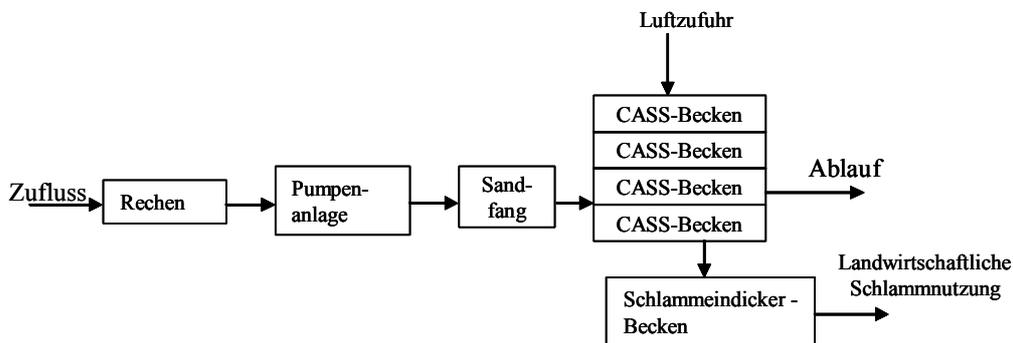


Abb.6-3: der technische Prozess des CASS-Verfahrens in der Kläranlage „ Hang-Tian“

Die Kläranlage hat eine Grundstücksfläche von 0,72 Hektar. Der Lageplan ist in der Abb.6-4 gezeigt. Die Flächennutzung entspricht den Vorschriften und hat eine Aufforstungsrate von 47%. Für den Verkehr werden Ringstraßen gebaut. Sowohl das Abwasser als auch der Schlamm werden hier behandelt. Die Kläranlage ist mit den üblichen Laboreinrichtungen sehr gut ausgerüstet.

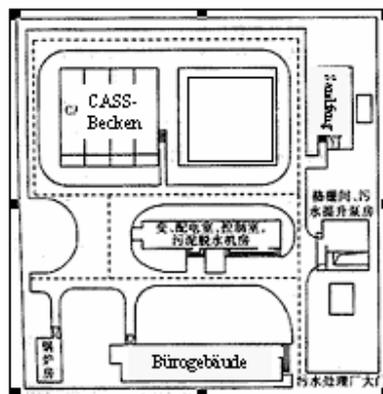


Abb.6-4: Lageplan der Kläranlage „ Hang-Tian“

6.5.2 Belastungsparameter des Abwassers

Gemäß der Prognose für 2010 beträgt die tägliche Bemessungsabwassermenge 7200 m³.

Die Bemessungsbelastungsparameter des Zu- und Ablaufs sind in der Tabelle 6-8 gezeigt.

Tabelle. 6-8: die Bemessungsbelastungsparameter des Zuflusses und des Ablaufs der Kläranlage „Hang-Tian“

Parameter	CSB [mg/l]	BSB ₅ [mg/l]	SS [mg/l]	pH	Mineralstoffe [mg/l]
Zufluss	350	250	220	6,5 – 8,5	5.8
Ablauf	<50	<15	<30	6,0 – 8,5	<3
die Grenzwerte für Güteklasse I.B	60	20	50	6,0 – 8,5	4

6.5.3 Bestandteile der Kläranlage

Die Bemessungsdaten für die Gestaltung der Kläranlage sind in der Tabelle 6-9 gezeigt

Tabelle 6-9: Daten der Bestandteile der Kläranlage „Hang-Tian“

Bestandteile der Kläranlage	Type oder Größe insgesamt	Zahl
Drehbarer Rechen	XGS—1000	2
Wasserspeicherbecken	385m ³	1
Sandfang	214m ³	1
CASS-Becken	2880m ³	4
Becken fürs Schlammeindicker	64m ³	1
Maschinen für die Schlammeindickung	OCT—1000	2

6.5.4 Bemessungsparameter des CASS-Beckens

Die Bemessungsparameter für das CASS-Becken wurden im Labor festgestellt. Die maßgebende Größe BSB₅-Schlammbelastung beträgt 0,11 kgBSB/(kgTS·d). Das gesamte Volumen des Beckens beträgt 2880m³. Das CASS-Becken besteht aus 4 parallelen Becken, von denen jedes allein im Betrieb sein kann. Die Tiefe des CASS-Beckens beträgt 5 Meter, die Wirkungswassertiefe beträgt 4,5 Meter und die Schlammzone beträgt 1,3 Meter. Das Verhältnis von Klarwasser zu Behältervolumen ist 1/3. An der Sohle des Beckens wurden die Belüftungsmaschinen eingerichtet. Eine Belüftungsmaschine dient für 50 m² Beckenfläche. Die Belüftungsmenge jeder Maschine beträgt 6-7kg/h. Die Skizze des CASS-Beckens ist in der Abb.6-5 gezeigt.

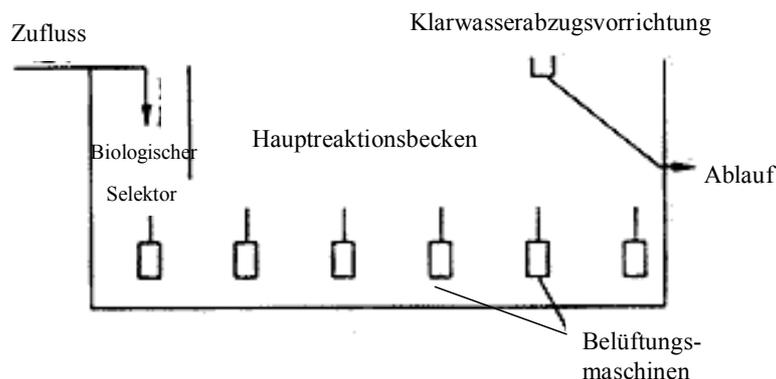


Abb.6-5: Skizze des CASS-Beckens von der Kläranlage „Hang-Tian“

6.5.5 Betriebsergebnisse und Festlegung

Die Wasserqualität wird täglich überwacht. Das CASS-Verfahren hat den Probetrieb durch die oben genannten Testphasen mit gutem Ergebnis bestanden. Die täglichen Betriebskosten betragen ca. 0,027 €/m³.d). Die tatsächlichen Belastungsparameter des Ablaufes und des Zuflusses sind in der Tabelle 6-10 gezeigt.

Tabelle 6-10: die tatsächlichen Belastungsparameter der Kläranlage „Hang-Tian“

Parameter	CSB [mg/L]	BSB ₅ [mg/l]	pH
Zufluss	70 - 80	30 - 35	6.8 - 7.5
Ablauf	<20	<7	6.8 - 7.5

Laborergebnissen zufolge beträgt die Dauer eines Betriebsprozesszyklus 4 Stunden, davon 2 Stunden für die Belüftung, 1 Stunde für die Sedimentation und 1 Stunde für das Wasserableiten.

Während der Betriebsprobephase wurde festgestellt, dass die tatsächliche Belastung des Zuflusses (siehe Tabelle 6-10) vieler niedriger war, als die geplanten Werte (siehe Tabelle 6-8). Der Verfahrenszyklus wurde gemäß der Abwasserqualität neu eingestellt, indem die Zeiten auf die verschiedenen Verfahrensphasen verteilt wurden. Die neue eingestellte Betriebsprozesszyklus beträgt 4 Stunden, davon 1,5 Stunden für die Belüftung, 1 Stunde für die Sedimentation, 1 Stunde für Wasserableiten und 0,5 Stunden für Pausen. Dadurch wurde Energie gespart, wobei die Abflussqualität weiterhin gewährleistet blieb.

6.6 BIOLAK® -Technik aus Deutschland

In „GB50101-2005“ gibt es keine Bemessungsparameterbeschreibung des BIOLAK® - Verfahrens, da dieses Verfahren noch eine ganz neue Technologie in China ist und es keinen genügenden Daten den Erfahrungen für die Bemessung des Verfahrens gibt.

6.6.1 Begriffsklärung und Vorteile des Systems BIOLAK®

Das Abwasserbehandlungssystem BIOLAK® ist patentgesichert als BIOLAK® VON NORDENSKJÖLD VERFAHRENSTECHNIK GmbH. BIOLAK® wurde aus unbelüfteten Teichanlagen ab 1972 entwickelt. Bereits 1978/79 wurde das System zur vollwertigen "Belebtschlammanlage in Erdbeckenbauweise" weiterentwickelt. BIOLAK® wurde für von 300 bis über 3.000.000 EW realisiert. [L-70]

Entsprechend chinesischer Literatur, TAO [L-38], werden folgende Vorteile das BIOLAK® - Verfahrens zusammengefasst.

- Biologische Phosphat- und Stickstoffelimination
- Sichere Reinigung durch Mehrstufigkeit und hohe Prozessstabilität
- Günstige Investitionskosten durch integrale Bauweise (Erdbeckenbauweise)
- Günstige Betriebskosten durch niedrigen Personalaufwand, geringen Energieverbrauch und wenig Überschussschlamm
- Naturnahe, landschaftsgerechte Bauweise (Erdbeckenbauweise) [L-38]

Aus den genannten Gründen bekommt BIOLAK® immer mehr Aufmerksamkeit in chinesischen städtischen Kläranlagen mit einer Reinigungskapazität von weniger als 100.000m³.

6.6.2 Technische Details des BIOLAK® Systems

BIOLAK® ist als aerobe Stabilisierungsanlage mit einfacher Vorreinigung konzipiert. Mit dem Prozess BIOLAK® -Integral werden die Baukosten entscheidend gesenkt. BIOLAK® nützt die Erdbeckenbauweise, um preiswerte, robuste und vollständig abgedichtete Reaktionsbecken zu erstellen. Die preisgünstige Bauweise erlaubt verfahrenstechnisch „reichliche“ Dimensionierung. Prozess BIOLAK®-WOX führt zur Stickstoffeliminierung.

Kernstück des Systems BIOLAK® sind die wandernden Belüfterketten. (Siehe Abb.6-6) Sie erfassen intensiv jeden Bereich des Belebungsbeckens, sorgen für gleichmäßigen, wirtschaftlichen Sauerstoffeintrag und garantierte Geruchsfreiheit. [L-70]

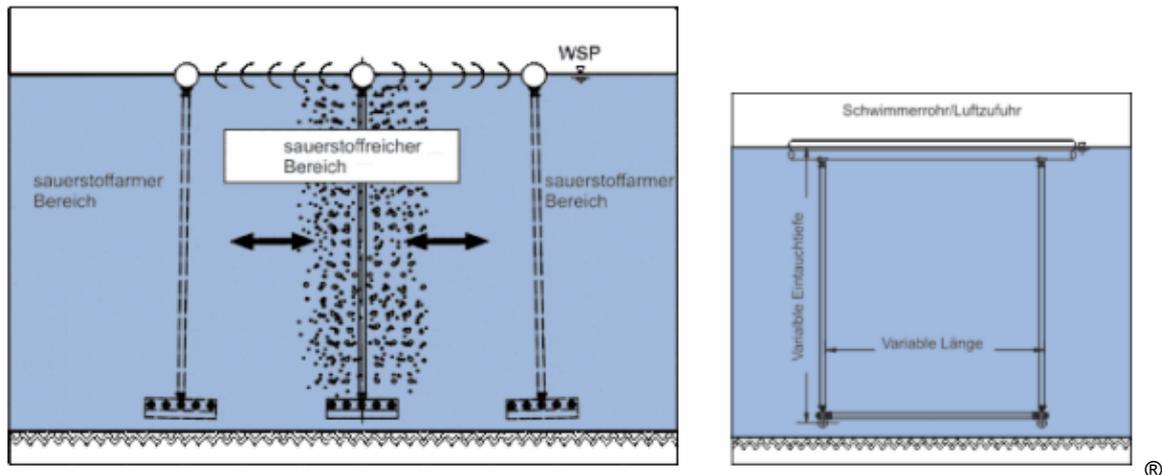


Abb. 6-6: Wandernde Belüftung des Systems BIOLAK®
 (Quelle: RTL:<http://www.biolak.de/version-d/pb-bio-technik.htm>)

6.6.3 Anwendungsbeispiel in China [L-38]

6.6.3.1 Übersicht über die Kläranlage „Zhu-Cheng“

Die Kläranlage „Zhu-Cheng“ befindet sich in der Nähe der wichtigen wirtschaftlichen Zentralstadt Wie-Fang in der Provinz Shandong. Wegen der Entwicklung der Textil- und Nahrungsmittelindustrie hat sich die Stadt „Zhu-Cheng“ schnell vom Vorort der Stadt Wie-Fang zu einer neuen kleinen Stadt entwickelt.

Als die erste Kläranlage in der Stadt „Zhu-Cheng“ ist die Kläranlage „Zhu-Cheng“ seit April 2004 im Betrieb. Ihre Grundfläche beträgt 7,9 hm². Die tägliche Bemessungsabwassermenge beträgt 100.000 m³. Bis dahin wurden die Abwässer aus der Stadt ohne Reinigung in den Fluss „Wie“ direkt eingeleitet. Der Fluss „Wie“ hatte eine Güteklasse V., womit er die Wasserqualität des Meers sehr stark beeinflusste

6.6.3.2 Abwassermenge und Belastungsparameter der Bemessung

Diese Kläranlage wurde 2001 beim städtischem Architekten- und Ingenieurbüro JINAN geplant. Die berechnete Abwassermenge aus menschlichen Lebensvorgängen beträgt 46.000m³/d. Die industrielle Abwassermenge beträgt 64.000m³/d. Da bis 2005 90% städtisches Abwasser durch die Kanalisation in die Kläranlage „Zhu-Cheng“ abgeleitet werden sollte, beträgt gemäß der Prognose für 2005 die tägliche Bemessungsabwassermenge 100.000 m³. Die Bemessungsbelastungsparameter sind in der Tabelle 6-11 gezeigt.

Tabelle. 6-11: Bemessungsbelastungsparameter von Zufluss und Ablauf der Kläranlage „Zhu-Cheng“ (Einheiten: mg/l)

Parameter	Zufluss	die Ablaufgrenzwerte für Güteklasse I.B
CSB	450	≤ 60
BSB ₅	200	≤ 20
SS	230	≤ 20
NH ₄ ⁺	40	≤ 8
P _{ges}	5	$\leq 1,5$

6.6.3.3 Bemessungsparameter der Bestandteile

6.6.3.3.1 Grobrechen & Pumpenanlage

Der maximale Wasseranfall beträgt 993 Liter pro Sekunde.

Die Zahl der Grobrechen: 3

Breite des Grobrechens: 900 mm

Wassertiefe beim Grobrechen: 1 m

Spaltweite: 20 mm

Der Winkel des Rechens beträgt 70° für mechanische Rechengutentfernung.

Pumpenzahlen: 6 (5 sind im Betrieb und eine dient als Ersatz)

Technische Daten der Pumpe: Q=211 l/s, H=13m, N=40KW

6.6.3.3.2 Feinrechen

Bei Regenwetter beträgt die maximale Wasseranfall 993 l/s, die durch 6 Feinrechen fließen sollen.

Größe des Feinrechens: 900mm X 2000mm (L X B)

Spaltweite: 1 mm

6.6.3.3.3 Sandfang

Zahl der glockenförmigen Sandfänge: 2

Maximaler Wasseranfall Q_{\max} : 993 l/s

Oberflächenbelastung: $117,6 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$.

Sandfangdurchmesser: 7,0 m ,

Die Wirkungswassertiefe beträgt 3,4 bis 4,4 Meter.

Die Aufenthaltzeit: 30,6 – 33,7 s.

6.6.3.3.4 BIOLAK® biologische Reinigungsbecken

Die biologischen Reinigungsbecken und Sedimentationsbecken wurden nebeneinander zusammengebaut In den Becken werden organische Schmutzstoffe abgebaut, NH₄⁺ und Phosphor entfernt und das Wasser aus dem Wasser-Schlamm-Gemisch abgetrennt.

Zwei biologische Reinigungsbecken mit rechteckiger Erdbeckenbauweise sind in dieser Kläranlage im Betrieb. Jedes besteht aus zwei Zonen, nämlich chemischer P-Entfernungszone mit Wirkungsumfang 3000m³ und aerober Zone.

Die wichtigen Daten der Bemessungsparameter sind wie folgt in der Tabelle 6- 12 gezeigt.

Tabelle 6-12 : Bemessungsparameter des Belebungsbeckens der Kläranlage „Zhu-Cheng“

Bemessungsparameter	Einheit	Belebungs- becken	Sedimentationsbecken
Umfang eines Beckens	(L X B X H) m ³	144 X 70X 5,7	70 X 20X 5,7
Beckenanzahl		2	2
Bemessungswasseranfall	l/s	382	382
Insgesamtes Wirkungsvolumen	m ³	22550	7000
BSB ₅ -Schlammbelastung	KgBSB ₅ /kgTS· d	0,075	
Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken	g/l	3,5	
Schlammalter	d	16	
Sauerstoffverbrauch	kgO ₂ /h		
Durchflusszeit	h	16,4	
Schlammindex	ml/g		75
Wirkungswassertiefe	m	5	5
Wichtige Ausrüstung		22 wandernde Belüfterketten	4 schwimmende Schlammammel - Maschinen

6.6.3.4 Kosten

gesamte Investition: ca.7 Mio.EURO

Investition pro Kubikmeter Abwasser pro Tag in der Kläranlage: 110 EURO/ (m³ .d)

(Wegen der Erdbeckenbauweise wurden die Baukosten der Kläranlage deutlich gesenkt)

Jährliche Betriebskosten: 1,3 Mio. EURO

Jährliche Betriebskosten pro Kubikmeter gereinigten Abwassers: 0,052 EURO/m³

Jährlicher Stromverbrauch: 7,9497 × 10⁶ kW · h

Jährlicher Stromverbrauch pro Kubikmeter gereinigten Abwassers: 0,34 kW · h

6.6.3.5 Betriebsdaten

Die Betriebsdaten im April 2004 sind wie folgt in der Tabelle 6-13 gezeigt. Da die in die Kanalisation eingeleiteten Abwässer aus einigen Unternehmen den „Discharge Standard for municipal wastewater“ vom Ministry of Construction P.R.China (CJ 3082-1999) nicht entsprechen, waren die Belastungskonzentrationen des Zuflusses der Kläranlage viel höher als

die Bemessungsbelastungsparameter, womit dann die CSB- und P_{ges} Konzentrationen des Ablaufes den Emissionsstandard der Verschmutzungsstoffe für städtische Kläranlagen (GB18918-2002) deutlich überstiegen.

Tabelle 6-13 : Die Betriebsdaten der Kläranlage „Zhu-Cheng“ im April 2004
(Einheiten: mg/l)

	SS		CSB		NH_4^+		P_{ges}	
	Zufluss	Ablauf	Zufluss	Ablauf	Zufluss	Ablauf	Zufluss	Ablauf
Messzahlen	3	2	14	9	7	5	4	2
Durchschnittliche Werte	687	19	1407	167	45	10	7,6	2,0
Max. Werte	1080	25	2806	268	60,5	32,5	9,1	2,7
Min. Werte	480	12,5	678	95	34,9	3,5	6,1	1,3
Ablaufgrenzwerte für Güteklasse I.B		≤ 20		≤ 60		≤ 8		$\leq 1,5$

6.7 kurze Zusammenfassung

Die Verfahrensauswahl ist die Haupt-Entscheidung beim Entwurf der Kläranlage Die Bauherren möchten ein effizientes Verfahren, das für ihre Naturumgebung geeignet ist und die Verschmutzungsproblematik wirksam lösen kann. Die Verfahrensverwaltung soll einfach sein, das Investitionskapital und die Betriebskosten sollen möglichst niedrig gehalten werden. Bedauerlicherweise ist dieses Ziel meistens weit von der Realität entfernt. Berücksichtigt man das politische System und die Wirtschaftsentwicklung in China, ist das Investitionskapital sicher das schwierigste Problem, das man lösen muss. Daher ist die Beschaffung des Investitionskapitals die allerwichtigste Aufgabe. Die Verfahrensauswahl soll dann gemäß den praktischen Umständen das effizienteste und günstige Verfahren aus allen getesteten Verfahren herauskristallisieren.

Heutzutage florieren in China zahlreiche moderne Verfahrenstechniken. Die aus dem Ausland eingeführten Techniken haben dabei die Rolle als „Optionsgenerator“ eingenommen. Alle Verfahren haben aber jeweils andere Probleme bezüglich Verwendbarkeit, Zweckmäßigkeit, Wirtschaftlichkeit, Zuverlässigkeit und Umsetzung in die Praxis. [L-30] [L-37]

Eine Kläranlage gehört zur Stadtinfrastruktur. Auf Grund des großen Bauumfangs und der hohen Investitionen muss ein hundertprozentiger Erfolg gewährleistet werden. Es soll daher großen Wert auf den Reifegrad und die technische Zuverlässigkeit eines Verfahrens gelegt werden. Daher sollte man bei der Verfahrensauswahl nicht einfach das fortschrittlichste befürworten, sondern die Rationalität des Verfahrens unterstreichen und das technische Risiko auf das

Minimum reduzieren. Das klassische Belebungsverfahren und das Umlaufbeckenverfahren gehören zu der Kategorie der sichersten Reinigungsverfahren. In vor den achtziger Jahren gebauten chinesischen städtischen Kläranlagen, wird fast immer das klassische Belebtschlammverfahren angewendet. Das wesentliche Ziel dieses Verfahrens ist die Verringerung der BSB₅- und SS-Belastung. Um sich den natürlichen Wasserumständen und den Einleitungsanforderungen anzupassen, sollen die großen Kläranlagen nun umgebaut werden, damit ihre Fähigkeit der N und P-Entfernung verstärkt werden kann.

Das Sparen von Investitionskapital und Betriebskosten ist die wichtigste Voraussetzung beim Bau der Kläranlage. Der Behandlungsstandard soll rational festgelegt werden, das Verfahren soll einfach und effizient sein; das Grundstück soll möglichst klein sein; die Kosten für die Bodenbearbeitung und die Bauten sollen möglichst niedrig gehalten werden. Außerdem müssen Strom und Chemikalien gespart werden, um die Betriebskosten auf ein Minimum zu reduzieren. Aus diesem Grund werden die in diesem Kapitel vorkommenden Verfahren, wie die SBR- und BIOLAK[®]-Verfahren in China immer mehr geschätzt und verwendet [L-37]. Diese Techniken sind daher auch Gegenstand intensiver chinesischer Forschungsanstrengungen geworden.

Kapitel 7

Bemessungsvergleich einer Belebungsanlage mit chinesischem Standard und ATV 131(2000)

7.1 Die Berechnungsweisen für die Bemessung des Belebungsbeckens

Das Belebungsverfahren ist das wichtigste Verfahren für das chinesische städtische Abwasser. In China gibt es folgende 5 Berechnungsweisen für die Bemessung des Belebungsbeckens mit Hilfe der unterschiedlichen Richtwerte oder Modellen nach Reinigungsziel der Kläranlage.

i) Berechnung mit Hilfe der Richtwerte „Schlammbelastung“

Bis Ende der achtziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts wurde in den chinesischen städtischen Kläranlagen fast nur das klassische Belebungsverfahren für Kohlenstoff- und Schwebstoff-Entfernung angewendet. [L-30] Bisher hat dieses Verfahren auch Priorität bei der Verfahrensauswahl für den Entwurf einer Kläranlage.

In China wurde nur der Hilfs-Richtwert, maßgebende „Schlammbelastung“ für die Dimensionierung der Belebungsbecken vom oben genannten klassischen Belebungsverfahren angewendet.

Die Berechnungsformel aus *Code for design of outdoor wastewater engineering* GB 50101-2005 ist im Kap.4.5.8 erklärt.

ii) Berechnung mit Hilfe der Richtwerte „BSB5-Raumbelastung“

Die Berechnungsformel aus GB 50101-2005 ist im Kap.4.5.8 erklärt.

iii) Berechnung mit Hilfe des Richtwerts „Schlammalter“

In deutschem ATV-DVWK-Regelwerk (A 131) ist die „Schlammalter-Methode“ für die Bemessung der Belebungsanlagen angewendet worden. Im chinesischen Standard GB 50101-2005 gibt es auch eine Berechnungsformel mit dem Basis-Bemessungsparameter „Schlammalter“, womit das Volumen des Belebungsbeckens berechnet wird. In China ist die Formel normalerweise nur für die Überprüfung der Bemessungsergebnisse beim Reinigungsziel mit Nitrifikation anzuwenden. [L-35]

Die Berechnungsformel aus GB 50101-2005 ist wie folgt: [R-8]

$$V = \frac{24QY_{TS}(S_o - S_e)}{1000X(1 + K_d\theta_c)}$$

V[m³]: Volumen des Belebungsbeckens

S_o[mg/l]: BSB5-Konzentration im Zufluss des Belebungsbeckens

S_e[mg/l]: BSB5-Konzentration im Abfluss des Belebungsbeckens

Q [m³/h]: die Bemessungsabwassermenge

Y [kg org.TS_{BB}/kg BSB₅]: Faktor der Schlammproduktion. beim 20°C: $Y=0,4-0,8$

X [g org.TS_{BB}/l]: Trockensubstanzgehalt im Belebtschlamm, organische (volatile)

t_{TS} [d]: Schlammalter.

K_d [d⁻¹]: Temperaturfaktor. beim 20°C: $K_d=0,04-0,075$

iv) Berechnung mit Hilfe des Wachstumskinetik-Modells für Nitrifikation und Denitrifikation

Die Berechnungsgleichungen aus GB 50101-2005 ist im Kap.4.6.3 erklärt.

v) Berechnung mit Hilfe des ASM1-Modells

Außer oben gezeigten Berechnungsweise wird die mathematische Berechnungsweise ASM1-Modell (*Activated Sludge Model*) auch für die Berechnung beim Entwurf der chinesischen Kläranlagen erforscht. Im ASM1 werden insgesamt 13 Stoffgruppen berücksichtigt, die im Modell in ihrer Konzentration beschrieben werden. Das ASM1 beschreibt ausschließlich Umwandlungsprozesse, die in aerober und anoxischer Umgebung auf verschiedene Fraktionen der organischen Stoffe und des Stickstoffs im Abwasser einwirken. [L-25] [L-29]

Die chinesischen Fachleute beschäftigen sich wie bereits erwähnt, damit, das ASM-Modell für die Bemessung der Kläranlagen zu verwenden zu können. [L-25]

7.2 Bemessungsbeispiel einer chinesischen Kläranlage [L-43]

7.2.1 grundlegende Bemessungsdaten für die Kläranlage

• Geographische Daten

Die Stadt Jiang-Yang liegt in der Sichuan Provinz am Unterlauf des Flusses Tuo. Die Stadt Jiang-Yang teilt sich in zwei Bezirke. Südlich des Flusses ist Bezirk I, Nördlich des Flusses ist Bezirk II.

• Meteorologische Daten

Die jährliche durchschnittliche Temperatur beträgt 17,9 °C, die durchschnittliche Sommer-Temperatur 27,1 °C, die durchschnittliche Wintertemperatur 7,1 °C. Der jährliche durchschnittliche Niederschlag beträgt 1042,2mm. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit ist 1,5m/s

• Hydrogeologische Daten

Der Fluss A fließt von Westen bis Süden durch diese Stadt.

Der höchste Hochwasserspiegel: 315,458m

Die Wasserspiegelhöhe des 20-jährigen Hochwassers: 310,4m

Die durchschnittliche Wasserspiegelhöhe: 306,42 m

Der durchschnittliche Wasseranfall des Flusses: 400,6m³/s,

Die durchschnittliche Fließgeschwindigkeit des Flusses: 0,5-3,8m/s

- **Zustand des Stadtwassereinleitung**

Es gab kein Kanalisationssystem in dieser Stadt. In Teilen vom Bezirk II sind Kanäle aus dem Mischsystem vorhanden. Die Abwässer aus den meisten Stadtteilen wurden nur durch Steinrinnen direkt in den Fluss abgeleitet. Um die Wasserqualität des Flusses (Güteklasse IV beim chinesischen staatlichen Standard) zu verbessern, war es notwendig, Kanalisation und Kläranlage zu bauen.

- **Entwicklungsplanung der Stadt**

Einwohnerzahl:

bis Ende 2003: 110.000 Einwohner im Bezirk I, 40.000 Einwohner im Bezirk II.

bis Ende 2010: 130.000 Einwohner im Bezirk I, 70.000 Einwohner im Bezirk II.

Zur Zeit beträgt die Zahl des durchschnittlichen täglichen Wasserverbrauchs pro Person gemäß städtischem Standard 180/l·d. Bis Ende 2010 wird die Zahl auf 220/l·d gestiegen sein.

- **gesetzliche Grundlagen für die Planung und Bemessung der Kläranlage „Jiang-Yang“**

-Gesetz der V.R. China zum Schutz der Umwelt

-Gesetz der V.R. China zur Vermeidung und Bekämpfung der Wasserverschmutzung

-Qualitätsstandard für Oberflächenwasser GB 3838-2002

integrierter Emissionsstandard GB 8978-1996

-Code for design of outdoor wastewater engineering (Version 1997)

7.2.2 Vorbehandlung des industriellen Abwassers

Die bedeutendsten industriellen Unternehmen in dieser Stadt sind Textilfabriken, Eisen- und Stahlindustrie, Zuckerfabriken und eine Fabrik für die Herstellung der medizinischen Geräte. Die Abwasserbeschaffenheit wird durch die Parameterwerte in der Tabelle 7-1 gezeigt.

Gemäß dem Einleitungsstandard des Abwassers in Kanäle „CJ 3082-1999“ wurde der Grenzwert für die industriellen Abwassereinleitungen in die Kanalisation festgelegt.

7.2.3 Verfahrensplanung dieser Kläranlage

7.2.3.1 die Größe der Kläranlage

In China wurde die Größe einer Kläranlage durch die tägliche durchschnittliche Abwassermenge festgelegt. Die Planung und der Bau der Kläranlage „Jiang-Yang“ haben den vorgesehenen zweiphasigen Bau mit I. Bauphase und II. Bauphase gleich von Anfang an berücksichtigt. Die Größe der I. Bauphase beträgt 40.000m³/d. Und die Größe der II. Bauphase beträgt

60.000m³/d.(siehe Tabelle 7-1). In der Tabelle 7-2 wurden die Parameterwerte der verschiedenen industriellen Unternehmen gezeigt.

Tabelle 7-1 : die tägliche durchschnittliche Abwassermenge der Kläranlage

Zeitgrenze	Einheit	aus menschlichen Lebensvorgängen	industrielles Abwasser	Gesamte Abwassermenge
I.Bauteil (2003 im Betrieb)	m ³ /d	27.000	13.377,55	40.377,55
	l/s	312,50	154,83	467,33
II.Bauteil (2010 im Betrieb)	m ³ /d	44.000	13.377,55	57.377,55
	l/s	509,26	154,83	664,09

Tabelle 7-2 : die Parameterwerte der verschiedenen industriellen Unternehmen

Parameter	Einheit	Zuckerfabriken	Textilfabriken	Herstellung medizinischer Geräte	Eisen- u. Stahlindustrie	Zulässiger Konzentrationswert aus CJ 3082-1999
Feststoffe	mg/l		600		500-1500	10
Schwebstoffe	mg/l	300 - 1500	200		100 -400	400
BSB ₅	mg/l	600 - 1200	150 - 250	125 - 200	30-80	300
CSB	mg/l	1500 - 4200	300 - 450		100 - 140	500
pH-Werte	mg/l	5,5 - 8,6	9 - 11		4,6 - 5,3	6,0-9,0
Ammonium-Stickstoff	mg/l		5 - 15			35
Cr6+	mg/l		>50			0,5
Sulfid	mg/l		<2			1,0
CN-	mg/l			>25		
Vorbehandlung				Zugabe: NaOH, NaClO		

7.2.3.2 Abwassermengen für die Bemessung (siehe Tabelle 7-3)

Tabelle 7-3 : die Abwassermenge für die Bemessung der Kläranlage (Einheit: l/s)

Abwasseranfall	Bemessungswerte	
	I.Bauteil	Gesamte Abwassermenge : I. und II.Bauteil
max. Bemessungsabwassermenge beim Regenwetter Q'	700	1050
der Bemessungsabwassermenge Q	560	840

7.2.3.3 Belastung und Reinigungswirkung der Kläranlage

Um die Eutrophierung zu vermeiden, werden neben BSB₅ die Stickstoffverbindungen und der Phosphor durch die Kläranlage entfernt. Die Belastung des Zuflusses und des Abflusses sind in der Tabelle 7-4 gezeigt.

Tabelle. 7-4: Belastung von Zufluss und Abfluss der Kläranlage (Einheit: mg/l)

Parameter	Gemessene Werte des Zuflusses	für die Bemessung genommene Zuflusswerte	Mindestanforderung an den Abfluss
BSB ₅	150 – 250	220	≤ 20
CSB	230 – 370	340	≤ 60
SS	200 -350	320	≤ 20
Nges	45 – 55	55	≤ 15
Phosphat	6,8 – 9,9	9,4	0,5

7.2.4 Gestaltung

Die Bemessungsergebnisse für die Gestaltung der Kläranlage sind in der Tabelle 7-5 gezeigt

Die Kläranlage „Jiang-Yang“ hat eine Grundstücksfläche von 67 ha. Der Lageplan ist in der Abbildung 7-1 gezeigt. Die Flächenutzung entspricht den Vorschriften und hat eine Aufforstungsrate von 30%. Um Betriebskosten zu senken und die Erhaltung der Anlagenteile zu vereinfachen, sollte das Abwasser die Kläranlage mittels Schwerkraft durchfließen. Deswegen wurde die Bemessungswasserflächenhöhe des Umlaufbeckens zuerst festgelegt, dann folgten die Wasserflächenhöhen der anderen Kläranlagebestandteile die durch die Energieverlustdifferenz zu dem Umlaufbecken bestimmt wurden. Das Fließschema des Abwassers und des Schlammes ist in der Abbildung 7-2 gezeigt.

Tabelle. 7-5: Beschreibung der Kläranlagenteile

No.	Teile	Größe	Bemerkung
1	Grobrechen	Wassertiefe vor Rechen: h=0,87m Höhe des Rechens: H=1,37m Breite: B=1,04m (2mal)	Mechanischer kettenartiger Rechen.
2	Pumpen-anlage	Der Durchmesser des Pumpenhauses: 12m Pumpendaten: Q=1400m ³ /h, H=14m	3 Pumpen sind im Betrieb und eine dient als Ersatz
3	Feinrechen	Wassertiefe vor Rechen: h=0,5m Wassertiefe nach Rechen: h=0,93m Zahl: 2 Länge des Rechengrabens: L=3,6m Breite: B=1,04m	Durchschnittliche Rechengut-Menge: 3m ³ /d. Rechengute wird durch LKW transportiert und dann deponiert.
4	Sandfang	gesamte Breite: B=2,4m Zahl:2 Länge: h=7,5m Höhe des Sandfangs: H=1,53m	Zweiteiliger Langsandfang,
5	Anaerobe Becken	Durchmesser: 13m Wassertiefe: h=5m Höhe des Beckens: H=5,3m	Rücklaufschlammverhältnis: 42%
6	Umlauf-becken	gesamte Länge: 620,26m gesamte Breite: 48m Einzelner Graben: L X B X H 108m X 8m X 4m	kaskadartige Gräben: 6 Rücklaufschlammverhältnis: 63 % Durchfließzeit: 19,7 h gesamtes Beckenvolumen: 19848m ³ Volumen für Nitrifikation: 10446m ³ Volumen für Denitrifikation: 9402m ³
7	Nachklär-becken	Durchmesser: 42m Wassertiefe am Rand : h=4m Höhe des Beckens: H=5,45m	horizontal durchströmtes Rundbecken: Zufluss fließt in der Mitte herein, Abfluss-Ausgang im Rand. 4 NBB für erste Bauphase, 2NBB für zweite Bauphase
8	Desinfek-tionsanlagen	Länge der einzelnen Rinne: 11,6m gesamte Länge: 81m Durchschnittliche Wassertiefe: 0,56m Beckenhöhe: 0,86m Trennwände: 9 Abstand der Wände: 0,7m	Desinfektionsmittel: flüssiges Cl ₂ Mischungszeit: 1,5 Minuten
9	Berührungs-becken	L X B X H: 15,4m X 17m X 2,7m Durchschnittl. Wassertiefe: 2,4m Trennwände: 10 Abstand der Wände: 1,4m	Kontaktzeit: 30 Minuten
10	Schlamm-eindickbecken	Durchmesser: 10,4m Höhe des Schlamm-sammlers : 1,6m Höhe des Beckens: H=5,4m	Aufenthaltszeit der Schlamm: 16 h 2 Becken für erste Bauphase, 1 Becken für zweite Bauphase
11	Schlamm-behälter	L X B X H: 3,5m X 3,5m X 3,5m	Behälterzeit: 12 h 2 Becken für erste Bauphase, 1 Becken für zweite Bauphase

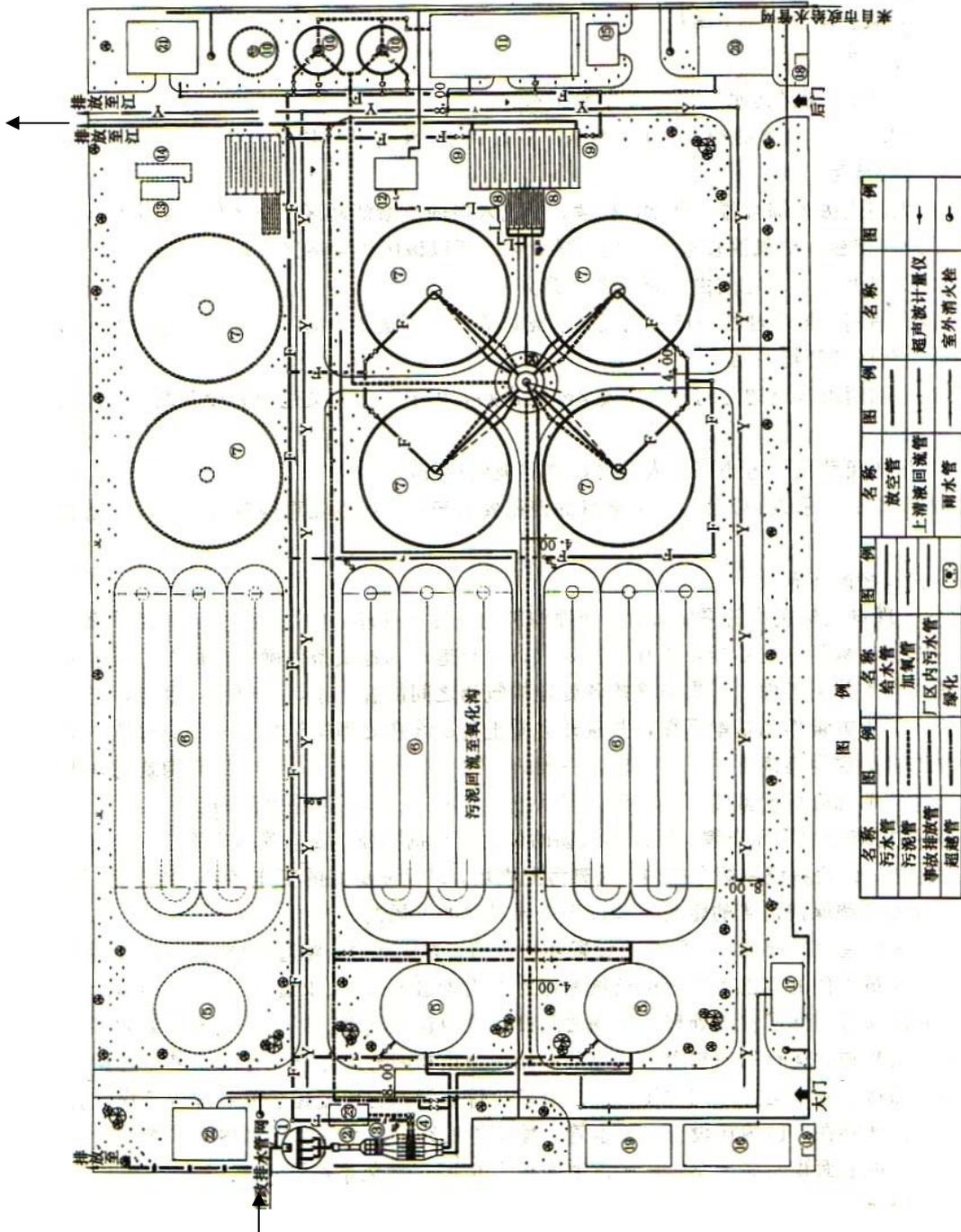
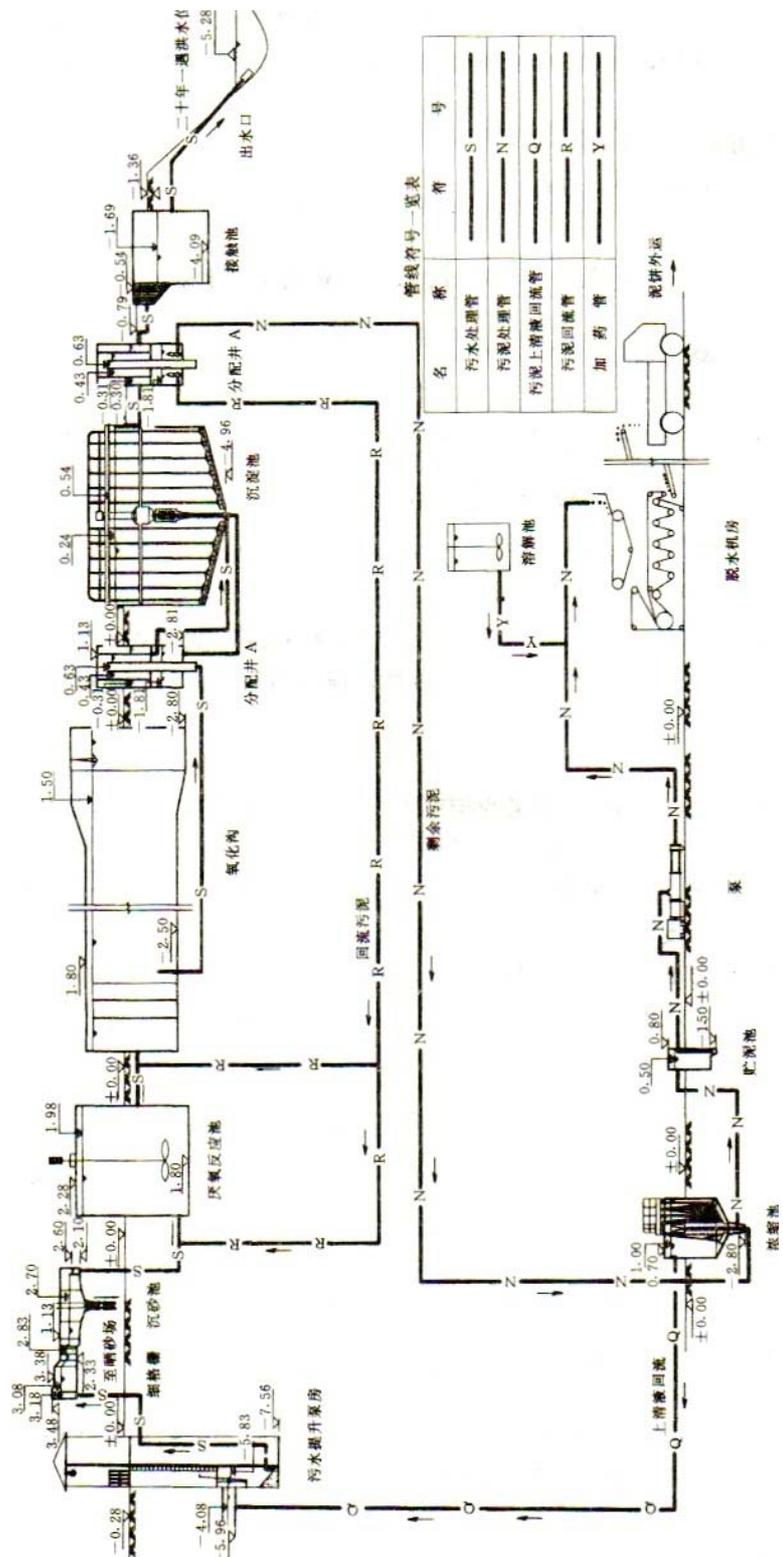


Abb.7-1: Der Lageplan der Kläranlage



- S—: Rohabwasserleitung
- R—: Rücklaufschlammleitung
- Y—: Rohr für die Zugabe des Desinfektionsmittels
- N—: Schlammleitung
- Q—: Schlammwasserleitung

Abb.7-2: Das Fließschema des Abwassers und des Schlammes in der Kläranlage

7.2.5 Bemessung der Biologischen Reinigungsteile der Kläranlage

Berechnung mit Hilfe des Wachstumskinetik-Modells für Nitrifikation und Denitrifikation. (Die Berechnungsgeleichung aus GB 50101-2005 ist im Kap.4.6.3 erklärt)

7.2.5.1 Anaerobes Becken

- **Die Bemessungsparameter der anaeroben Becken**

der Bemessungsabwassermenge Q : 560 l/s.

Zahl der anaeroben Becken: 2 Becken für die I. Bauphase, 1 Becken für die II. Bauphase

Durchflusszeit: $T=2,5h$

Schlammkonzentration: $TS=3g/l$

Rücklaufschlammkonzentration: $X_R=10g/l$

- Bemessung des Volumens des anaeroben Beckens

$$V=Q \times T=280 \times 10^3 \times 2,5 \times 3600=2520m^3$$

- Gestaltung des anaeroben Beckens

Wassertiefe wird angenommen: $h=5m$

Oberfläche des Beckens: $A=V/h = 2520/5 = 504m^2$

Durchmesser des Beckens:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 504}{3,14}} = 25,3m \quad (\text{Bemessungsdurchmesser: } 26m)$$

Beckenhöhe: $H=h+0,3=5,3m$ (Annahme der Sichershöhe h_1 : 0,3m)

- Bemessung des Rücklaufschlamm

Rücklaufschlammverhältnis:

$$RV = \frac{TS}{X_R - TS} = \frac{3}{10 - 3} = 0,42 = 42\%$$

$TS=3g/l$, X_R : Rücklaufschlammkonzentration, Annahme: $10g/l$

Rücklaufschlammmenge:

$$Q_R = RV \times Q = 0,42 \times 280 \times 10^3 \times 86400 = 10368m^3/d$$

7.2.5.2 Umlaufbecken

Für die Bemessungsskizze siehe die Abb.7-3.

- **Die Bemessungsparameter des Umlaufbeckens**

Zahl der Umlaufbecken: 2 Becken für die I. Bauphase, 1 Becken für die II. Bauphase

der Bemessungsabwassermengel jedes Beckens: 280 l/s bzw. $24192m^3/d$

TS_{BB} : $4000mg/l$, $org.TS_{BB}/TS_{BB}=0,7$

Angenommene Schlammalter: $t_1=18d$

NH_4-N -Konzentration im Belebungsbecken N_a : 2mg/l

NOD: 4,6mgO₂/mgNH₃-N (Stickstoffmonoxiddioxygenase)

Beiwerte: $a=0,6KgVSS/kgBSB_5$, $b=0,051/d$

die Geschwindigkeit der N-Entfernung: $q_{dn} = 0,0312 \text{ kg NO}_3\text{-N / kg TS}\cdot d$

$K_1=0,23 \text{ l/d}$, $K_n=1,3 \text{ mg/l}$

Sicherheitsbeiwert für Nitrifikation F: 2,5

Temperaturbeiwert für Denitrifikation: 1,08

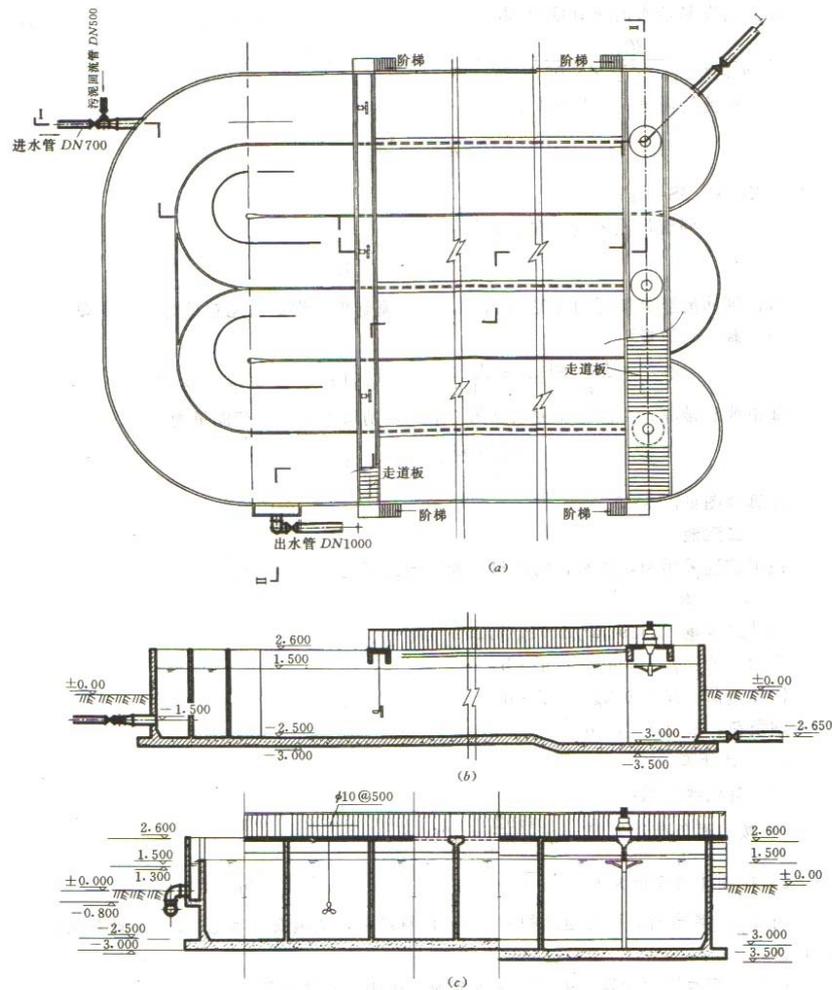


Abb.7-3. die Bemessungsskizze des Carrousel-Beckens

• Berechnung des basischen Gleichgewichts (CaCO₃)

$$BSB_{5f} = 0,7 * c_e * 1,42 * (1 - e^{-0,23*5}) = 0,7*20*1,42*(1 - e^{-0,23*5}) = 13,6 \text{ mg/l}$$

c_e : Angeforderte BSB₅-Konzentration des Abflusses, beträgt 20 mg/l.

Im Wasser gelöste BSB₅-Konzentration L_r :

$$L_r = 20 - 13,6 = 6,4 \text{ mg/l}$$

tägliches Schlammprodukt:

$$\frac{aQL_r}{1 + bt_T} = \frac{0,6 \times 24192 \times (220 - 6,4)}{1000 \times (1 + 0,05 \times 18)} = 1631,81 \text{ kg/d}$$

Abschätzen: 12,4% des Schlammprodukts ist Stickstoff

$$0,124 \times 1631,81 = 202,34 \text{ kg/d}$$

$$\frac{202,34 \times 1000}{24192} = 8,4 \text{ mg/l}$$

NH₄-N für Oxidation: 40-8,4-2=29,6mg/l

NO₃-N für Reduktion: 29,6-11=18,5mg/l

- **Bemessung der Volumina der Nitrifikationszone (für ein Becken in der Bauphase I)**

Die Reaktionsgeschwindigkeit der Nitrifikation:

$$\mu_n = 0,47 \frac{Na}{Kn + Na} e^{0,098(t-15)} = 0,47 \frac{2}{2 + 1,3} e^{0,098(t-15)} = 0,204 \text{ l/d}$$

Schlammalter:

$$t_{TS} = F \frac{1}{\mu} = 2,5 \times \frac{1}{0,204} = 12,5 \text{ d} < 18 \text{ d}$$

Geschwindigkeit der Nitrifikation beim Bemessungsschlammalter:

$$\mu_n = \frac{1}{18} = 0,056 \text{ l/d}$$

Wachstumsrate:

$$\mu = \frac{\mu_n + b}{a} = \frac{0,056 + 0,05}{0,6} = 0,177 \text{ kgBOD}_5 / \text{kgMLVSS} \cdot \text{d}$$

$$\text{org.TS}_{\text{BB}}: 0,7 \times 4000 = 2800 \text{ mg/l}$$

$$\text{org.TS}_{\text{BB}} \text{-Bedarfsmenge: } \frac{214 \times 24192}{0,177 \times 1000} = 29249,1 \text{ kg}$$

das Volumen der Nitrifikationszone:

$$V_n = \frac{29249,1}{2800} \times 1000 = 10446,1 \text{ m}^3$$

Hydraulische Aufenthaltszeit

$$t_n = \frac{10446,1}{24192} \times 24 = 10,36 \text{ h}$$

- **Bemessung des Volumens der Denitrifikationszone**

Die Reaktionsgeschwindigkeit der Denitrifikation bei 12°C:

$$q_{dn} = \left[0,03 \left(\frac{F}{M} \right) + 0,029 \right] \theta^{(T-20)} = \left[0,03 \left(\frac{220}{4 \times 10^3 \times \frac{16}{24}} \right) + 0,029 \right] \times 1,08^{(12-20)}$$

$$= 0,017 \text{ kg NO}_4 - \text{N} / \text{kg org.TS}_{BB} \cdot d$$

reduzierte NO₃-N-Menge: $\frac{18,5}{1000} \times 24192 = 447,55 \text{ kg}$

org.TS_{BB} -Bedarfmenge für Denitrifikation: $\frac{447,55}{0,017} = 26326,59 \text{ kg}$

die Volumen der Denitrifikationszone:

$$V_{dn} = \frac{26326,59}{2800} \times 1000 = 9402,35 \text{ m}^3$$

Durchflusszeit der Denitrifikationszone:

$$t_{dn} = \frac{9402,35}{24192} \times 24 = 9,33 \text{ h}$$

- Durchflusszeit des ganzen Umlaufbeckens

$$t = t_n + t_{dn} = 9,33 + 10,36 = 19,7 \text{ h}$$

- das Volumen des Umlaufbeckens

$$V = V_n + V_{dn} = 10446,1 + 9402,35 = 19848,45 \text{ m}^3$$

- **Gestaltung des Umlaufbeckens**

Carrousel-Beckens mit 6-Rinnen

Annahme: Beckentiefe 4m, Beckenbreite 8m

Insgesamte Rinnenlänge: $\frac{19848,45}{4 \times 8} = 620,26 \text{ m}$

Dazu die Rinnenlänge der Nitrifikationszone: 326,44m

die Rinnenlänge der Denitrifikationszone: 293,82m

Länge der Kurven: $5 \times \pi \times 4 + 16 + \pi \times 12 = 116,53 \text{ m}$

Länge eines geraden Rinneabschnitts: $\frac{620,26 - 116,53}{6} = 84 \text{ m}$

Länge des Carrousel-Beckens: $84 + 8 + 16 = 108 \text{ m}$

Breite des Carrousel-Beckens: $6 \times 8 = 48 \text{ m}$ (die Wanddicke ist nicht inklusiv)

- **Berechnung des Sauerstoffbedarfs durch die Erfahrungsgleichung**

$$\text{O}_2 \text{ (kg/d)} = A \times L_r + B \times \text{TS} + 4,6 \times \text{Nr} - 2,6 \times \text{NO}_3$$

Sauerstoffbedarf für die Schlammverbinding: $A \times L_r$

Sauerstoffbedarf für die Atmung der Biomasse in dem Belebungschlamm: $B \times TS$

Sauerstoffbedarf für Nitrifikation: $4,6 \times Nr$

Sauerstoffbedarf für Denitrifikation: $- 2,6 \times NO_3$

Erfahrungsbeiwerte: $A=0,5$ $B=0,1$

Nr: $29,6 \times 24192 \times 10^{-3} = 716,08 \text{ kg/d}$

Actual Oxygen Rate R:

$$R = 0,5 \times 24192(0,22-0,0064) + 0,1 \times 10446,1 \times 2,8 + 4,6 \times 716,08 - 2,6 \times 447,55 \\ = 8892,48 \text{ kg/d} = 370,52 \text{ kg/h}$$

Standard Oxygen Rate R_0 (im Klarwasser bei 20°C):

$$R_o = \frac{RC_{s(20)}}{\alpha[\beta\rho C_{sb(T)} - C] \times 1,024^{(T-20)}} = \frac{370,52 \times 9,17}{0,8(0,9 \times 7,63 - 2) \times 1,024^{(T-20)}} = 687,74 \text{ kg/h}$$

Annahme: $T=30^\circ\text{C}$, $C_{s(20)} = 2 \text{ mg/l}$

Erfahrungsbeiwerte: $\alpha=0,8$, $\beta=0,9$

Gelöste O_2 auf Wasseroberfläche bei 20°C : $C_{sb(T)}=7,63 \text{ mg/l}$

- Bemessung des Rücklaufschlammes

Rücklaufschlammverhältnis:

$$RV = \frac{TS_{BB}}{X_r - TS_{BB}}$$

$TS_{BB}=4\text{g/l}$, X_r : Rücklaufschlammkonzentration, Annahme: 10g/l

$$RV = \frac{4}{10 - 4} = 0,67$$

Da 11% des Rücklaufschlammes ins anaerobe Becken abgeleitet wurde, wird nur 56% des Rücklaufschlammes ins Umlaufbecken zurückgeleitet.

- Bemessung der Überschussschlammmenge

$$Q_{\text{ÜS}} = \frac{1631,81}{0,7} + \frac{240 \times 0,25}{1000} \times 24192 = 3782,68 \text{ kg/d}$$

7.2.5.3 Nachklärbecken

Das Nachklärbecken ist ein horizontal durchströmtes Rundbecken mit Bandräumer. Das Abwasser fließt in der Mitte des Beckens hinein und vom Rand des Beckens hinaus. Die Bemessungsskizze siehe die Abb.7-4.

- Die Bemessungsparameter des Nachklärbeckens

Geplante Anzahl der Becken: 2

Bemessungsabwasseranfall jedes Beckens: 280 l/s bzw. $24192\text{m}^3/\text{d}$

Oberflächenbeschickung: $q = 0,8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$

Feststoffbeschickung: $q_s = 60 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$

Randbelastung: $2,2 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m})$

- Bemessung der Beckenflächen und Durchmesser

$$F_1 = \frac{Q}{24 \times q} = \frac{24192}{24 \times 0,8} = 1260 \text{ m}^2$$

$$F_2 = \frac{(1 + 0,67) \times 24192 \times 4}{60} = 2693,38 \text{ m}^2$$

Zur Sicherheit wurde die größere Zahl F_2 für die Bemessung der Beckenfläche genommen.

$$A = F_2/2 = 2693,38/2 = 1346,69 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1346,69}{\pi}} = 42 \text{ m}$$

Annahme der Absetzzeit: $T = 2,5 \text{ h}$

Annahme der wirksamen Wassertiefe für das Absetzen: $h_2 = 3,2 \text{ m} > q \cdot T$

- **Bemessung des Schlamm-sammel-inhalts**

Annahme der Schlamm-Aufenthaltszeit: 2 Stunden

$$V = \frac{4(1+R)QX}{X + X_R} = \frac{4(1+0,67) \times \frac{24192}{2 \times 24} \times 4}{4 + 10} = 962 \text{ m}^3$$

die Schlammtrichterhöhe:

$$h_5 = V/A = 962/1346,69 = 0,7 \text{ m}$$

Das Bemessungsgefälle der Sohle des Sandfangs beträgt 0,05. Der Durchmesser des Zuflussrohrs am Beckenboden beträgt 0,4m.

$$h_4 = \frac{42 - 4}{2} \times 0,05 = 0,95 \text{ m}$$

- **Bemessung der Nachklärbeckenhöhe**

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = 0,3 + 3,2 + 0,3 + 0,95 + 0,7 = 5,45 \text{ m}$$

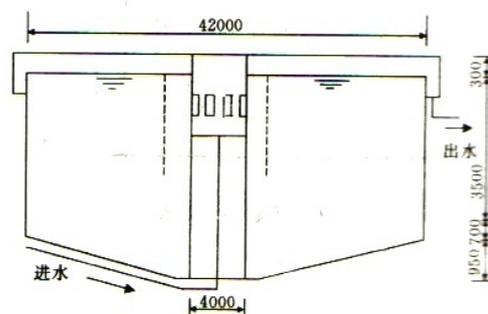


Abb.7-4 : Die Bemessungsskizze des Nachklärbeckens dieser Kläranlage

- **Prüfen der Randbelastung**

$$\frac{Q}{\pi D} = \frac{24192}{2 \times \pi \times 42} = 91,7 \text{ m}^3 / (d \cdot m) = 1,06 \text{ l} / (s \cdot m) < 2,2 \text{ l} / (s \cdot m)$$

7.3 Bemessung des Belebungsbeckens und des Nachklärbeckens unter Anwendung der ATV-131

Um Bemessungsvorgang sowie Bemessungsergebnisse vergleichen zu können, wurde obiges Beispiel (siehe Kap.7.2) hier mit ATV-131 erneut berechnet.

7.3.1 Maßgebende Größen für die Bemessung unter Anwendung der ATV-131

In der Tabelle 7-6 sind die maßgebenden Größen für die Bemessung des Nachklärbeckens und des Belebungsbeckens sowie ihre Quellenangaben angegeben.

Tabelle 7-6 : Maßgebende Basisparameter für die Bemessung des Nachklärbeckens

Parameter	Werte	Quelle
Bemessungsabwassermenge bei trockenem Wetter (Q)	560 l/s	Chinesisches Beispiel
Abwassermenge bei Regenwetter (Qm)	700 l/s	Chinesisches Beispiel
Schlammindex (ISV)	110 ml/g	ATV 131(2000)
Eindickzeit (t _E)	2,0 h	Annahme aus Tabelle 10 von ATV 131(2000)
Rücklaufverhältnis(RV)	0,75	Annahme aus Tabelle 11 von ATV 131(2000)
Schlammproduktion, bezogen auf BSB ₅ (ÜS _{BSB5})	1kgTS/kgBSB ₅	
Schlammalter (t _{TS})	13 d	Annahme aus Tabelle 2 von ATV 131 (2000)

7.3.2 Die Bestimmung der Basisparameter des Nachklärbeckens

- Trockensubstanzgehalt im Bodenschlamm des Nachklärbeckens:

$$TS_{BS} = \frac{1000}{ISV} \cdot \sqrt[3]{t_E} = \frac{1000}{110} \sqrt[3]{2} = 11,45 \text{ kg} / \text{m}^3$$

- Trockensubstanzgehalt im Rücklaufschlamm:

$$TS_{RS} = TS_{BS} \cdot 0,7 = 11,45 \cdot 0,7 = 8,015 \text{ kg} / \text{m}^3$$

- Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken:

$$TS_{BB} = \frac{RV * TS_{RS}}{1 + RV} = \frac{0,75 * 8,015}{1 + 0,75} = 3,4 \text{ kg} / \text{m}^3$$

- Vergleichsschlammvolumen:

$$VSV = ISV \cdot TS_{BB} = 110 \cdot 3,435 = 377,85 \text{ ml}$$

Schätzung der Schlammvolumenbestimmung $q_{SV} = 400 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \leq 500 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$

- Flächenbeschickung:

$$q_A = q_{SV}/VSV = 400/377,85 = 1,06 < 1,6 \text{ m/h}$$

- Die erforderliche Oberfläche und Durchmesser des Nachklärbeckens (4Becken):

$$A_{NB} = \frac{Q_m}{q_A} = \frac{700 \cdot 3600}{4 \cdot 1,06 \cdot 1000} = 594 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 594}{\pi}} = 27,5 \text{ m}$$

- Beckentiefe

$$h_1 = 0,5 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,5 \cdot q_A \cdot (1+RV)/(1-VSV/1000) = 0,5 \cdot 1,06 \cdot (1+0,75)/(1-377,85/1000) = 1,49 \text{ m}$$

$$h_3 = 1,5 \cdot 0,3 \cdot q_{SV} \cdot (1+RV)/500 = 0,3 \cdot 1,5 \cdot 400 \cdot (1+0,75)/500 = 0,63 \text{ m}$$

$$h_4 = TS_{BB} \cdot q_A \cdot (1+RV) \cdot t_E/TS_{BS} = 3,435 \cdot 1,06 \cdot (1+0,75) \cdot 2,0/11,45 = 1,12 \text{ m}$$

$$h_{ges} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 0,5 + 1,49 + 0,63 + 1,12 = 3,74 \text{ m} \approx 3,8 \text{ m}$$

Überprüfung: $h_{ges} \geq 3,0 \text{ m}$ im Nachklärbecken

7.3.3 Die Bestimmung der Basisparameter des Umlaufbeckens

- Schlammalter: $t_{TS} = 13 \text{ d}$

Das Schlammalter wird für eine Anlagengröße mit täglicher BSB₅-Fracht über 6000kg und mit dem Reinigungsziel der Stickstoffelimination bei einem Verhältnis $VD/VBB = 0,4$ aus der Tabelle 2 von ATV 131 (2000) angenommen.

- Tagesschmutzfracht zum Umlaufbecken (ohne Vorklärbecken)

$$\text{BSB}_5\text{-Fracht: } 560[\text{l/s}] \cdot 220[\text{mg/l}] \cdot 3600[\text{s}] \cdot 24[\text{d}]/1000 = 10.644[\text{kgBSB}_5/\text{d}]$$

- Überschussschlammanfall

$$\ddot{U}\text{-F} = \text{BSB}_5\text{-F} \cdot \ddot{U}_{\text{BSB}_5} = 10.644[\text{kgBSB}_5/\text{d}] \cdot 1[\text{kgTS/kgBSB}_5] = 10.644[\text{kgTS/d}]$$

- Trockensubstanzgehalt im Umlaufbecken:

$$TS_{BB} = 3,435 \text{ kg} / \text{m}^3$$

TS_{BB} ist bei der Bemessung des Nachklärbeckens schon berechnet (siehe Kap.7.3.2)

- Volumen des Umlaufbeckens (2 Becken)

$$V_{BB} = \bar{U}S \cdot F \cdot t_{TS} / TS_{BB} = 10.644 \cdot 13 / 3,345 = 41.367 \text{ m}^3 \text{ (insgesamt)}$$

$$41.367 / 2 = 20.684 \text{ m}^3 \text{ (Einzelbeckenvolumen)}$$

- Für Nitrifikation genutztes Volumen jedes Umlaufbeckens
 $20.684 \cdot 0,6 = 12.410 \text{ m}^3$

- Für Denitrifikation genutztes Volumen jedes Umlaufbeckens
 $20.684 \cdot 0,4 = 8.274 \text{ m}^3$

- Raumbelastung
 $B_R = BSB_5 \cdot F / V_{BB} = 10.644 [\text{kgBSB}_5/\text{d}] / 41.367 \text{ m}^3 = 0,26 \text{ kgBSB}_5 / (\text{m}^3 \cdot \text{d})$

- Schlammbelastung
 $B_{TS} = B_R / TS_{BB} = 0,26 / 3,435 = 0,075 \text{ kgBSB}_5 / (\text{kgTS} \cdot \text{d})$

- Rücklaufschlammzufluss
 $Q_{RS} = Q \cdot RV = 560 \cdot 3600 \cdot 0,75 / (1000 \cdot 2) = 756 \text{ m}^3$

7.4 Bemessungsvergleich des Nachklärbeckens mit ATV-131 und chinesischem Standard

7.4.1 Vergleich der Bemessungsregeln für das Nachklärbecken

Tabelle 7-7: Vergleich der Bemessungsregeln für das Nachklärbecken (horizontal durchströmtes Rundbecken)

Tabelle 7-7-1	ATV-131	chinesische Standards [R-8] [L-12]
Voraussetzungen der Anwendung	der Durchmesser der Becken bis etwa 60m. Schlammindex ISV[l/kg] soll zwischen den Wert 50 und 200 Das Vergleichschlammvolumen VSV[l/m ³] ≤ 600 Der Rücklaufschlammstrom Q _{RS} ≤ 0,75·Q _m	Durchmesser des Beckens ≥ 16m Durchmesser / wirksamer Höhe des Beckens: 6-12 der Gefälle der Beckensohle: 0,05 bis 0,10 Falls der Durchmesser des Beckens kleiner als 20 Meter ist, befinden sich die Schlammfernungsausrüstungen in der Beckenmitte, sonst am Rand des Beckens.
Bemessungswasserzufluss	Q _m [m ³ /h]: der maximale Zufluss, bei Regen.	Q [m ³ /h]: Bemessungsabwasseranfall beim Trockenwetter (siehe Kap.4.1.6)
Maßgebende Größe	Schlammindex (ISV): Tabelle 6 Eindickzeit (t _E): aus Tabelle 10, Rücklaufverhältnis(RV): aus Tabelle 11	Absetzzeit (T): 1.5-4[h] , Schlammmenge: 14-32[g/E·d], Oberflächenbeschickung(q): 0,6-1,5[m ³ /(m ² ·h)] , Feststoffbelastung (qs): ≤150 [kg/(m ² ·d)]

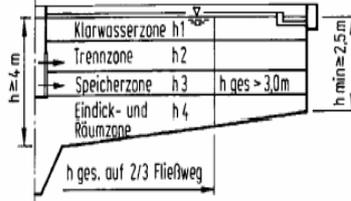
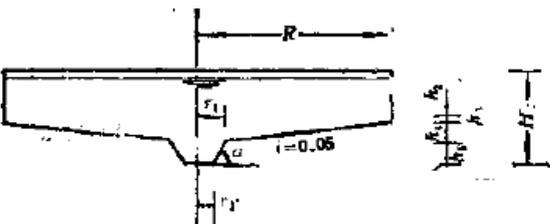
Tabelle 7-7-2	ATV-131	chinesische Standards [R-8] [L-12]
die Berechnung der Flächenbeschickung	$q_A = \frac{q_{SV}}{VSV} = \frac{q_{SV}}{TS_{BB} \cdot ISV}$ <p> q_A[m/h]: die Flächenbeschickung, q_{SV}[l/(m²·h)]: Schlammvolumenbeschickung TS_{BB} = Trockensubstanzgehalt des belebten Schlamms im BB[g/l] </p>	Maßgebend Oberflächenbeschickung und Feststoffbelastung
Berechnung des Trockensubstanzgehalts im Zulauf zum NB	$TS_{BS} = \frac{1000}{ISV} \cdot \sqrt[3]{t_E} [kg / m^3]$ <p> TS_{BS}: Trockensubstanzgehalt an der Beckensohle [g/l], $TS_{RS} \sim 0,7 \cdot TS_{BS}$ </p> $TS_{BB} = \frac{RV \cdot TS_{RS}}{1 + RV} [kg / m^3]$ <p> TS_{RS}: Konzentration des Rücklaufschlamms im NB </p>	
Erforderliche Oberfläche A_{NB} [m ²]	$A_{NB} = Q_m / q_A$	$A_{NB1} = \frac{(1 + RV) \cdot Q \cdot TS_{BB}}{q_s \cdot n}$ <p>(n: die Zahl der Becken)</p> $A_{NB2} = Q/q$ Die größere Zahl aus A_{NB1} und A_{NB2} wurde als erforderliche Oberfläche genommen.
Erforderliche Tiefe des Nachklärbeckens	 <p>Die Beckentiefe ermittelt sich aus 4 Teilbereichen: $h_{ges} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$ </p>	 <p>Die Beckentiefe ermittelt sich aus 5 Teilbereichen: $H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$ </p>
h1	Die Klarwasserzone $h_1 \geq 0,5m$	Sicherheitszone: $h_1 \geq 0.3m$
h2	Trennzone $h_2 = 0,5 \cdot q_A \cdot (1 + RV) / (1 - VSV / 1000) =$ <p>die Verteilung des Schlamm-Wasser-Gemisches</p>	Wirksame Wasserhöhe für die Sedimentation: 2.5 bis 4.0m Oberflächebeschickung = Wirksame Wassertiefe für die Sedimentation / Absetzzeit Verhältniszerte zwischen Flächenbeschickung(q), Wirksame Tiefe (h_2) und Absetzzeit (T) s.Tabelle 4-10

Tabelle 7-7-3	ATV-131	chinesische Standards [R-8] [L-12]
h3	Speicherzone für Regenwetter $h_3 = 1,5 \cdot 0,3 \cdot q_{SV} \cdot (1+RV)/500$	Pufferzonehöhe: $h_3 = 0,3$ bis $0,5$ m Schutz der Ausrüstung für die Schlammräumung
gesamtes Schlamm- volumen V		$V = \frac{4(1+RV)QX}{TS_{BB} + X_R}$ <p>X_R[g/l]: Schlammkonzentration im Wasser-Schlamm-Gemisch (10g/l)</p> <p>TS_{BB}[g/l]: Trockensubstanzkonzentration</p> <p>RV: Rücklaufschlammverhältnis</p>
h ₄ , h ₅	die Eindick- und Räumerzone $h_4 = TS_{BB} \cdot q_A \cdot (1+RV) \cdot t_E / TS_{BS}$	<p>Schlammtrichterinhalt $V_1 = \frac{\pi h_5}{3} (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2)$</p> <p>h₅: Schlammtrichterhöhe</p> <p>r₁: Oberfläche-Durchmesser des Schlammtrichters</p> <p>r₂: Untenfläche-Durchmesser des Schlammtrichters</p> <p>Schlammvolumen oberhalb vom Schlammtrichter V₂</p> $V_2 = \frac{\pi h_4}{3} (r_1^2 + r_1 R + R^2)$ <p>h₄: Schlammschichthöhe oberhalb des Schlammtrichters</p> <p>r₁: Oberfläche-Durchmesser des Schlammtrichters</p> <p>R: Durchmesser des Nachklärbeckens, $V_1 + V_2 > V$</p>
Über- prüfung	$h_{ges} \cong 3,0$ m	$q = \frac{Q_0}{3,6 * D * \pi}$ <p>die Flächenbeschickung : $0,6-1.5$ [m³/(m²·h)]</p> <p>Prüfen des Verhältnis D/h₂: 6-12</p> $q' = \frac{(1+R)Q_0 N_w \times 24}{F} \leq 150 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
Anmer- kungen	Bemessungsabschnitt für die Beckentiefe ist 2/3 des Radius des Nachklärbeckens	Bemessungsabschnitt für die Beckentiefe ist 1/2 des Radius (Fließweges) des Nachklärbeckens

7.4.2 Vergleich der Bemessungswerte des Nachklärbeckens

Durch den Vergleich der Ergebnisse der Bemessungsberechnungen kann man erkennen, dass die Bemessungswerte (erforderliche Oberfläche und Durchmesser) nach chinesischem Standard GB 50101-2005 mit Berechnungshilfe der maßgebenden Flächenbeschickung q und nach deutscher ATV 131 (2000) sehr ähnlich sind.

Im chinesischen Standard wird empfohlen, dass für die Dimensionierung der Nachklärbecken nicht nur mit der Berechnungshilfe der maßgebenden Flächenbeschickung q , sondern auch mit der Berechnungshilfe der maßgebenden Feststoffbelastung (q_s) zu berechnen. Es wird mit der Feststoffbelastung ($q_s \leq 150 \text{ [kg/(m}^2 \cdot \text{d)]}$) für die Dimensionierung des Nachklärbeckens gesichert, dass der Schlamm im Nachklärbecken genügend konzentriert ist, um den benötigten Rücklaufschlamm fürs Belebungsbecken zu liefern, damit die Belebungsanlage gut und robust funktioniert. Um sicherzugehen dass die Anlage bestimmt nicht unterdimensioniert ist, wird immer die größere der beiden Zahlen (Flächenbeschickung bzw. Feststoffbelastung) zur Bemessung verwendet. [L-12]

Im hier berechneten Fall ergibt sich damit im Vergleich mit ATV131 mehr als die doppelte Oberfläche ($1347/63=214\%$), siehe Tabelle 7-8 unten. Je nachdem welcher der Werte ausreichend für eine erfolgreiche Behandlung wäre, kommt es unter Umständen zu einer beträchtlichen und verschwenderischen Überdimensionierung.

Tabelle 7-8: Die Bemessungsergebnisvergleich des Nachklärbeckens

Bemessungswerte		Einheit	Ergebnisse		
			ATV 131 (2000)	GB 50101-2005 (maßgebende Flächenbeschickung)	GB 50101-2005 (maßgebende Feststoff-Belastung)
erforderliche Oberfläche		m ²	594	630	1347
Beckentiefe	Randtiefe	m			4,0
	auf 1/2 Radius des Beckens	m			5,45
	auf 2/3 Radius des Beckens	m	3,8		
Durchmesser		m	27,5	28	42
erforderliche Volumen		m ³	2.257		7.341

7.5 Bemessungsvergleich des Belebungsbeckens mit ATV-131 und chinesischem Standard

7.5.1 Vergleich von Bemessungsregeln für Belebungsbecken mit N-Entfernung

Die deutschen und chinesischen Regeln sind in Tabelle 7-9 (siehe unten) dargestellt.

Tabelle 7-9: Vergleich der Bemessungsregeln für das Belebungsbecken

Tabelle 7-9-1	ATV-131	chinesische Standards [R-8] [L-12]
Voraussetzung	Zufluß: CSB/ BSB ₅ =2, TKN/ BSB ₅ ≤ 0,25	BSB ₅ /TKN > 4, BSB ₅ /P _{ges} > 17 basischer Zustand in aeroben Becken : Konzentration CaCO ₃ > 70mg/l
Maßgebende Größe	das Schlammalter t _{TS} .	BSB ₅ -Schlammbelastung B _{TS} [kgBSB ₅ /kgTS.d]: 0,1-0,2 Oder je nach Berechnungsweise (siehe Kap. 7.1)
festgelegt ein-zubeziehen	die Trockensubstanzgehalt TS _{BB} ≥ 2 [kg/m ³] (aus der Nachklärbeckenbemessung, wozu der Schlammindex abgeschätzt ist) [L-48]	Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken TS _{BB} [kg/m ³]: 2,5-4,0 Organischer Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken org.TS _{BB} : 70-80% TS _{BB}
Schlammproduktion	$\dot{U}S_d = \dot{U}S_{d,C} + \dot{U}S_{d,P}$ $\dot{U}S_d = \frac{V_{BB} \cdot TS_{BB}}{t_{TS}}$ Ü _{S,d} [kg/d] : tägliche Schlammproduktion (Feststoffe) Ü _{S,d,C} [kg/d]: tägliche Schlammproduktion aus der Kohlenstoffelimination Ü _{S,d,P} [kg/d]: tägliche Schlammproduktion aus der Phosphorentfernung	$Q_{Ri} = \frac{1000V_n K_{de} TS_{BB}}{N_t - N_{ke}} - Q_R$ Q _{Ri} [m ³ /d]: Rücklaufvolumenstrom des Schlamm-Wasser - Gemisches Q _R [m ³ /d]: Volumenstrom des Rücklaufschlammes TS _{BB} [kg/m ³]: Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken N _{ke} [mg/l]: Konzentration des Kjeldaalstickstoffs (TKN) im Abflusses des Belebungsbeckens N _t [mg/l]: Konzentration des Gesamtstickstoffs im Abfluss des Belebungsbeckens V _N [m ³]: Volumen der aeroben Zonen K _{de} [kgNO ₃ -N/ kgTS _{BB} *d]: die Geschwindigkeit der N-Entfernung. 0,03 bis 0,06 beim 20°C
Volumen des Belebungsbeckens V _{BB}	$V_{BB} = \frac{\dot{U}S_d \cdot t_{TS}}{TS_{BB}} = \frac{B_{d,BSB}}{TS_{BB} \cdot B_{TS}}$ B _{TS} [kg/kg.d]: BSB ₅ -Schlammbelastung B _{d,BSB} [kg/d] : Tägliche BSB ₅ -Fracht	V _{BB} =V _o +V _n V _N [m ³]: Volumen der aeroben Zone V _D [m ³]: Volumen der atoxischen Zone
Volumen der aeroben Zone V _N		$V_N = \frac{Q(S_o - S_e)t_{TS}Y_t}{1000TS_{BB}}$ die Erklärung der Formel siehe Kap. 4.6.3
Volumen der anoxischen Zone V _D	V _D /V _{BB} =0,2-0,5	$V_D = \frac{0,001Q(N_k - N_t) - 0,12\Delta X_{vss}}{K_{de}TS_{BB}}$ die Erklärung der Formel siehe Kap. 4.6.3

Tabelle 7-9-2	ATV-131	chinesische Standards [R-8] [L-12]
Durchflusszeit t_R [h,d]		$t_R = V_{BB}/Q$ t_R : Durchflusszeit Q [m ³ /h]: Bemessungswasseranfall bei max.Tag und durchschnittlicher Stunde
Schlammalter t_{TS}	$t_{TS} = \frac{TS_{BB} \cdot V_{BB}}{Q_{US} \cdot TS_{US} + Q \cdot TS_e} \quad [d]$ <p>die Schlammproduktion lässt sich bei bestehenden Anlagen aus den Feststoffen im Überschussschlamm und aus den abfiltrierbaren Stoffen im Ablauf ermitteln [L-48]</p>	$t_{TS} = F \times \frac{1}{\mu}$ $\mu = 0,47 \times \frac{N_a}{K_N + N_a} e^{0,098(t-15)}$ <p>F: Sicherheitsfaktor, 1,5-3,0 μ [d⁻¹]: Wachstumsrate der Nitrifikaten N_a [mg/l]: Konzentration des NH₄-N im Belebungsbecken K_N[mg/l]: Stickstoff-Konzentration, bei der halbmaximales Wachstum der Nitrifikation erreicht ist. 0,47 [d⁻¹]: die maximale Wachstumsgeschwindigkeit der Nitrifikaten</p>
Berechnungsweise	Berechnung mit Hilfe der Richtwerte „Schlammalter“	Berechnung mit Hilfe des Wachstumskinetik-Modells

7.5.2 Vergleich der Bemessungswerte des Belebungsbeckens

Durch den Vergleich der Bemessungsergebnisse kann man sehen, dass die Bemessungswerte (erforderliche Volumen des Umlaufbeckens) im hier berechneten Fall nach chinesischem Standard mit der Berechnungshilfe des Wachstumskinetik-Modells und nach deutscher ATV 131 (2000) sehr ähnlich sind. Siehe Tabelle 7-10 unten.

Tabelle 7-10: Die Bemessungsergebnissevergleich des Belebungsbeckens

Bemessungswerte	Einheit	Ergebnisse	
		ATV 131	GB50101-2005
Volumen des Umlaufbeckens	m ³	20.684	19.848
Volumen der Nitrifikationszone	m ³	12.410	10.446
Volumen der Denitrifikationszone	m ³	8.274	9.402
Schlammalter	d	13 (maßgebend)	18
Trockensubstanzgehalt im BB	kg/m ³	3,4	4(maßgebend)

Kapitel 8

Zusammenfassung und Ausblick

8.1 Zusammenfassung

8.1.1 Gegenwärtige Situation und mögliche Entwicklung der Abwasserbehandlung in chinesischen Städten

8.1.1.1 Gegenwärtige Situation

In China ist der Bericht „Statistiken und Analysen des städtischen Abwasserindustrie-Marktes 2004“ die bisher systematischste und umfassendste Datenanalyse in der Abwasserbehandlungsbranche. Die relevanten Daten sind im Kapitel 5 nachzuschlagen.

8.1.1.2 Der Bau einer Zentralkläranlage ist die am besten geeignete Lösung für städtische Abwasserreinigung. Das Belebungsverfahren und das Umlaufbecken-Verfahren sind die am häufigsten verwendeten Verfahren.

Bis Ende 2004 hatten die städtischen Kläranlagen mit Belebungsverfahren und Umlaufbecken-Verfahren 67% Anteil an den gesamten Zentralkläranlagen. Ihre Behandlungskapazität betrug 61% der insgesamt gereinigten städtischen Abwassermenge. Ihre angeschlossene Einwohnerzahl betrug ungefähr 70% in chinesischen Städten, die eine zentrale Kläranlage haben. [L-45]

Dank der Zuverlässigkeit der Technik werden die beiden Verfahren bevorzugt.

8.1.1.3 Die Eutrophierung ist in China problematisch geworden. (siehe Kap.2.5.3) Die Entfernung der Nährstoffe (N und P) wird deshalb Schwerpunkt für Entwurf und Bau der Kläranlagen.

Die chinesische Wasserverschmutzungskontrolle zielt bis dato immer auf die organischen Verschmutzungsstoffe und Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$). Die Aufgaben, Wasserverschmutzung und die Verschlimmerung der Eutrophierung aufzuhalten, kosten weiterhin gewaltige Anstrengungen. [L-37]

Der im Januar 2003 in Kraft getretene Emissionsstandard für kommunale Kläranlagen (GB8978-2002) hat eine klare und detaillierte Regelung über die Abflusswasserqualität der Kläranlagen. In dem Standard wurde der zulässige Grenzwert des Ablaufs für N_{ges} und P_{ges} festgelegt. Demzufolge sollen die neu gebauten Kläranlagen Klärverfahren anwenden, die nicht nur hohe Entfernungswirkung von Schwebstoffen und organischem Kohlenstoff besitzen, sondern auch in der Lage sind, N, P zu reduzieren. (siehe Kap.3.3.4)

Infolge der steigend hohen Qualitätsansprüche für behandeltes Wasser entwickeln sich die Behandlungsverfahren für Nährstoffentfernung (siehe Kap.4.6) nach und nach weiter.

8.1.1.4 Der Bau der Kläranlagen in kleinen Städten und Ortschaften soll nicht außer Acht gelassen werden.

China hat zurzeit ungefähr 48.000 kleine Städten und Ortschaften, wo insgesamt mehr als 200 Millionen Menschen leben. [L-37] Den meisten kleinen Städten und Ortschaften fehlen aber leider Anlagen um das Abwasser zu sammeln und zu behandeln. Dies führt zur Verschlimmerung der Umweltverschmutzung ihrer Umgebung. Sie sind deshalb eine schwerwiegende Verschmutzungsquelle der regionalen Gewässer.

8.1.1.5 Die Sanierung/Umbau der bestehenden Kläranlagen soll nicht verzögert werden.

Die meisten im 20. Jahrhundert gebauten Kläranlagen haben kein verbessertes biologisches Reinigungsvermögen für N-, P-Entfernung. (siehe Kap.4.6) Gemäß dem Emissionsstandard für kommunale Kläranlagen (siehe Kap.3.3.4) werden diese veralteten Kläranlagen mit der Umstellung der Technologien, Änderung der Verfahren und vor allem der Verbesserung der Ablaufqualität konfrontiert werden müssen. Daher ist eine umfassende Analyse und Forschung der Erfahrungen aus entwickelten Ländern dringend notwendig, um eine ökonomische und effektive Umbaustrategie zu finden.

8.1.1.6 Die Erhöhung der Abwassergebühren ist eine unvermeidliche Tendenz.

Der Bau und die Betriebskosten der Kläranlagen in China werden meistens vom Staat und den Lokalregierungen finanziert. Die Kläranlagen sind im Grunde genommen unterordnete Abteilungen des Staats bzw. der Lokalregierungen. Da die Abwassergebühren zu gering sind, müssen der Staat und die Lokalregierungen die Verluste übernehmen, um die Kläranlagen in Betrieb zu halten. Die zuwachsende Anzahl der Kläranlage bringt dem Staat bzw. den Lokalregierungen noch mehr finanzielle Belastungen, die schwierig weiter zu tragen sind. [L-37] Es bleibt daher keine Alternative mehr außer einer Erhöhung der Abwassergebühren. (siehe Kap.2.6)

8.1.1.7 Ausländische Investitionen beim Kläranlagenbau sind eine mögliche Reform.

Die Baukosten der Kläranlagen in China wurden hauptsächlich von inländischem und ausländischem Kapital finanziert. Das ausländische Kapital kam von den weltweit agierenden Banken und von Krediten u.a. aus Österreich, Frankreich, Deutschland, Norwegen und Australien. Während die Baukosten bei einer Kläranlage mit „ausländischer Beteiligung“ um 160,-€/m³.d) betragen, kostete eine Kläranlage mit reinem „inländischen Kapital“ um 120,-€/m³.d). Die ersteren haben allgemein kleinere Grundstücke, dafür aber eine effizientere Wasserbehandlung. Ihr wesentlicher Vorteil ist, dass die Problematik des Finanzmangels beim Kläranlage-Bau dadurch besser zu lösen ist. [L-45]

Die chinesische Regierung fördert daher das BOT (build-operate-transfer)-Modell, um das ausländische Kapital für den Kläranlagenbau in China anzuziehen. Dies gilt als eine praktikable Wirtschaftsreform. [L-46]

8.1.2 Wichtige Rechtsgrundlagen für die Bemessung der chinesischen städtischen Kläranlagen

- Technische Richtlinie über Behandlung des städtischen Abwassers (siehe Kap.3.4)
- Emissionsstandard der Verschmutzungsstoffe für städtische Kläranlagen „*Discharge Standard of pollutants for municipal wastewater treatment plant* „ (GB18918-2002) (siehe Kap.3.3.3 & Kap.3.3.4)
- „*Environmental quality standards for surface water*“ (GB3838-2002) (siehe Kap.2.5.2)
- Einleitungsstandard des Abwassers in kommunale Kanäle (GB3082-1999) (siehe Kap.3.3.5.3)
- „*Code for design of outdoor wastewater engineering*“ GB50101-2005 (Version 2005) (siehe Kap.3.3.6 & Kap.4)

8.1.3 Verfahrenauswahl der chinesischen städtischen Abwasserreinigung

8.1.3.1 Prinzipien der Verfahrensauswahl

- **Biologische Reinigungsstufen sind der Kern der Abwasserbehandlungsverfahren.**

Sie sind auch der Hauptgegenstand der Verfahrenswahl. Der Abfluss der Kläranlage soll den staatlichen und örtlichen Abflussstandard erreichen.

- **Der Bauumfang und das Verfahren der Kläranlage sollen sich nach den örtlichen Eigenschaften richten.**

Bei der Verfahrenswahl der Kläranlage sollen die örtliche Wirtschaftslage und Naturressource voll in Betracht genommen werden. Der Bauplan einer Kläranlage soll zwar gemäß dem langfristigen Bauumfang entworfen werden, dennoch soll der kurzfristige Bauumfang gemäß der jetzigen Wassermenge festgelegt werden. Der endgültige Bauumfang der Kläranlage soll gemäß Abwassermenge, Reinigungsziel der jeweiligen Bauphasen und Abflussqualitätsstandards konstruiert werden. [L-37]

- **Ausreichendes, zuverlässiges und praktisches Verfahren**

Gemäß der technischen Richtlinie über Behandlung des städtischen Abwassers (siehe Kap.3.4) soll das ausreichende und zuverlässige Verfahren beim Entwurf einer Kläranlage gewählt werden. Um das richtige Verfahren auszuwählen sollen dabei die örtliche Infrastruktur und das Reinigungsziel der Kläranlage berücksichtigt- und das technische Risiko möglichst minimiert werden. Die in China verwendeten Behandlungsverfahren und die entsprechenden

Vorschriften/Regelungen zu der technischen Bemessung wurden bereits im Kapitel 4.4 und Kapitel 6 dieser Arbeit erwähnt.

- **Wirtschaftliche Rationalität und Effizienz**

Der Entwurf und der Betrieb einer Kläranlage sollen unter der Voraussetzung stehen, dass die Bau- und Betriebskosten möglichst niedrig gehalten werden müssen.

8.1.3.2 Überblick der wichtigsten Abwasserreinigungsverfahren in China

In der Tabelle 8-1 wird eine Übersicht der wichtigsten Abwasserreinigungsverfahren und ihre Anwendungsbeispiele in chinesischen städtischen Kläranlagen gezeigt.

Tabelle 8-1: Übersicht der wichtigsten Abwasserreinigungsverfahren in China

No.	Namen des Verfahrens	Erklärungen in dieser Arbeit	
		Begriffe und Bemessungsregeln	Anwendungsbeispiele
1	Klassisches Belebungsverfahren	siehe.Kap.4.5	siehe.Kap.6.2
2	Umlaufbecken Verfahren	siehe.Kap.4.6.7	siehe.Kap.7.2
3	AB-Verfahren	siehe.Kap.4.6.6	siehe.Kap.6.3
4	A ₁ O-Verfahren	siehe.Kap.4.6.3	-
5	A ₂ O-Verfahren	siehe.Kap.4.6.4	-
6	A ₁ -A ₂ -O-Verfahren	siehe.Kap.4.6.5	siehe.Kap.6.4
7	SBR-Verfahren	siehe Kap.4.6.8	siehe.Kap.6.5
8	Mechanische oder verstärkte erste Stufe	siehe.Kap.4.4	-
9	System BIOLAK®	siehe.Kap.6.6	siehe.Kap.6.6.3

8.1. 4 die Bemessung der Belebungsanlagen in China

Technische Begriffe über die Gestaltung chinesischer städtischer Kläranlagen wurden in Kapitel 4 erklärt. Folgende Punkte sind sehr wichtig für die Bemessung einer Belebungsanlage in China.

8.1.4.1 Unterteilung des Belebungsverfahrens (nur für den Abbau der Kohlenstoffverbindungen)

In China wurden die Belebungsverfahren für den Abbau der Kohlenstoffverbindungen nach Betriebsweisen in folgende 4 Verfahren unterteilt:

- i) Traditionelle Verfahren,
- ii) Vollständige Mischungsverfahren,
- iii) Belebungsverfahren mit verteilter Abwasserzuführung
- iv) Biologisches Adsorptions-Verfahren. (Siehe.Kap.4.5.5).

8.1.4.2 die Berechnungsweise für die Bemessung des Belebungsbeckens (siehe Tabelle 8-2)

Tabelle 8-2: Zusammenstellung der Berechnungsweise für die Bemessung des Belebungsbeckens

Reinigungsziel	Berechnung mit Hilfe der Richtwerte oder Modell				Erklärungen in dieser Arbeit
	Schlamm-belastung	BSB ₅ -Raum-belastung	Schlamm-alter	Wachstums-kinetik-Modell	
Nur C-Entfernung	√	√			Kap.4.5.8
mit Nitrifikation	√	√	√		Kap.4.6.3 & Kap.7.
mit Nitrifikation u. Denitrifikation			√	√	Kap. 4.6.3 & Kap.7
mit biologischer P-Entfernung	√	√	√	√	Kap.4.6.4 & Kap.7

8.1.4.3 Die Verwendbarkeit der deutschen ATV 131(2000) zur Bemessung der Belebungsanlagen in China

Anhand des Beispiels einer chinesischen Kläranlage mit Umlaufbecken-Verfahren wird der Ablauf eines Bemessungsverfahrens in China im Kapitel 7 genau beschrieben. Sodann werden die Volumina des Belebungsbeckens und des Nachklärbeckens dieser ausgewählten Kläranlage mit dem deutschen Regelwerk ATV 131 (2000) erneut berechnet.

Durch den Vergleich der Bemessungsergebnisse bin ich zu folgendem Fazit gekommen:

Obwohl die chinesischen Fachleuten empfehlen, dass die Bemessung der Belebungsanlage nach „Schlammalter“ als sicherer Berechnungsmethode für die Bemessung geschehen soll, und das im deutschen ATV 131 (2000) empfohlene „Schlammalter t_{TS} “ der chinesischen Praktik entspricht und direkt in den chinesischen Standard adoptiert werden kann [L-25], bin ich der Meinung, dass zwar theoretisch die Bemessung der Belebungsanlage gemäß dem deutschen ATV 131 (2000) sicherlich möglich wäre, aber gegenwärtig in der Praxis nicht realisiert wird.

Als Begründung führe ich folgendes an: Voraussetzung für die sinnvolle Benutzung der ATV 131 (2000) sowie aller Bemessungsgrundlagen ist die korrekte Datenerhebung und die Auswahl passender Bemessungsparameter aus den Vorschlägen der Bemessungsgrundlagen.

Auswahl und Feststellung der Bemessungsbasisparameter (wie Schlammalter, Schlammindex) sowie wichtiger Faktoren (wie etwa der Temperatur) hängen nicht nur von der Theorie sondern sehr stark auch von den langjährig gesammelten Erfahrungen ab. Leider sind gerade die Datenhebung und Datenanalyse große Schwachpunkte in China. Zudem ist es zur Zeit fast unmöglich, dass Stadtabwasser durch experimentale Forschungen in repräsentativen Städten untersucht werden kann, um die benötigte Richtwerte für die Bemessung der Belebungsanlage

durch die „Schlammalter-Methode“ gemäß der chinesischen Praktik zu entwickeln. Aus dem gleichen Grund ist die korrekte Berechnung mit dem ASM-Modell ebenfalls fast unmöglich.

8.2 Problematik

8.2.1 Problematik in den staatlichen Vorschriften und Standards bezüglich der Stadtabwasserbehandlung

8.2.1.1 Problematik bezüglich des Emissionsstandards für kommunale Kläranlagen (GB 18918-2002) (siehe Kap.3.3.4)

- i) Es ist unrealistisch, dass eine Kläranlage die zahlreichen Standards der unkonventionellen Verschmutzungsstoffe erreichen soll, ohne dass die Zuflussqualität festgelegt wird. Die üblichen unkonventionellen oder giftigen Verschmutzungsstoffe können trotz biologischer Behandlung nicht vollständig entfernt werden.
- ii) Der Standard der Abwasservorbehandlung wurde zwar in der technische Richtlinie über Behandlung des städtischen Abwassers (siehe Kap.3.4) erwähnt, es existiert bis dato leider aber dennoch kein konkreter Standard für Abwasservorbehandlung. Da die Zuflussqualität nicht effektiv an der Wasserquelle kontrolliert werden kann, hat die Kläranlage die praktische Schwierigkeit, den Emissionsstandard aus kommunalen Kläranlagen GB 18918-2002 zu erreichen. Der zu hoch gesetzte strenge Emissionsstandard zwingt manche Kläranlage dazu, eine eigentlich unverantwortliche Handlung vorzunehmen, wie zum Beispiel die Verdünnung des Abflusses, um diesen Standard noch knapp zu erreichen. [L-7]

8.2.1.2 Die Problematik bezüglich des Einleitungsstandards des Abwassers in kommunale Kanäle (CJ 3082-1999) (siehe Kap.3.3.5.3)

In diesem Standard wurden die Grenzwerte von 35 Giftstoffen für den Abfluss in die Kanalisation festgelegt. Beim Industrieabwasser wird ein Grenzwert der Verschmutzungsstoffe genannt, ohne das Abwasser nach branchenspezifischen Eigenschaften aufzugliedern. Die zurzeit in Kraft tretenden Industrieabwasserstandards geraten daher in eine widersprüchliche Situation. Beispielsweise beträgt der Ammonium-Stickstoff-Grenzwert für die Ableitung 60 mg/l im Emissionsstandard für die Ammonium-produzierende Industrie (GB13458-2001) aber 35 mg/l im Einleitungsstandard des Abwassers in kommunale Kanäle (CJ 3082-1999). [L-7]

Die chinesischen Bauvorschriften und Emissionsstandards wurden sowohl vom Staatsrat, Umweltschutzamt der V.R. China und dem Bauministerium der Volksrepublik China, als auch von örtlichen Umweltschutz- und Baubehörden festgelegt. Es ist nicht zu vermeiden, dass sich

die Bauvorschriften bzw. die Emissionsstandards gegenseitig widersprechen. [L-7] Es wird dringend empfohlen, ein umfassendes, einheitliches Vorschriftensystem zu entwickeln, um die ordentliche Finanzierung, Technologieanwendung und den Einsatz gut ausgebildeten Personals einer Kläranlage zu gewährleisten, damit die Anlagen optimal in Betrieb genommen und in Betrieb gehalten werden können.

8.2.2 Problematik des Entwurfs einer Kläranlage

- i) Daten von den unterschiedlichen Zuflüssen zur Kläranlagen (Eigenschaft, Abwasseranfall) werden oft sehr ungenau oder oberflächlich erhoben, bzw. sie fehlen ganz. In diesem Fall werden oft einfach Daten aus dem Bemessungshandbuch eingetragen. [L-65]
- ii) Da die Kanalisation immer später als die Kläranlage fertig gebaut wird oder wegen Finanzierungsprobleme die Kanalisation nicht wie geplant auf das ganze Verbandsgebiet auszudehnen war, ist die der Kläranlage zugeleitete Abwassermenge oft kleiner als die Bemessungsabwassermenge. [L-65]
- iii) Weil ungenügend historische Erfahrungswerte über bestehende Anlagen existieren, wird die Festlegung von Richtwerten für die Bemessung neuer Anlagen extrem schwierig bzw. ungenau. Beispiel: In „Code for design of outdoor wastewater engineering“ GB50101-2005 gibt „Flächenbeschickung“ für die Bemessung des Nachklärbeckens einer Belebungsanlage einen Bereich von $0,6-1,5[\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})]$ vor, welcher Wert wird genommen?
Offenbar werden, obwohl in China bereits zahlreiche Kläranlagen in Betrieb sind, dort keine technischen Messdaten für verschiedene Parameter erhoben. [L-37]

8.2.3 Problematik des Bemessung der Belebungsanlagen mit chinesischen Standards

Im zwanzigsten Jahrhundert wurden weltweit zahlreiche Kläranlagen nach der „Schlammbelastung“ bemessen. Diese Tatsache bestätigt die Zweckmäßigkeit dieser Berechnungsmethode. Allerdings hat die Methode auch Probleme, die wie folgend beschrieben sogar als schwerwiegende Fehler zu bezeichnen sind:

- i) Ungenauigkeit: der Basis-Parameter „Schlammbelastung“ wird nur durch Erfahrung bestimmt.
- ii) Unterschiede: Unterschiedliche Abwasserbeschaffenheit der verschiedenen Städte wird nicht ausreichend berücksichtigt. [L-25]

Aus diesen Gründen wird die Bemessungsgenauigkeit negativ beeinflusst. Als Folge werden auch die Baufinanzierung und der Betrieb der Kläranlagen beeinträchtigt. Deswegen sollte die Anwendung der Schlammbelastungsmethode für die Bemessung der chinesischen städtischen Kläranlage unbedingt noch verbessert- bzw. zuverlässiger gemacht werden.

8.3 Ausblick

8.3.1. Diskrepanz zwischen Theorie und Praxis im Betrieb von Kläranlagen:

- i) Wegen Abwassermangel (viel weniger Abwasserzufluss der Kläranlage als geplant siehe Kap.8.2.2) funktioniert die Belebungsanlage nicht gut.
- ii) Meiner Meinung nach gibt es außerdem Fälle, in denen der Betriebsleiter, um Energiekosten zu sparen, verstärkte biologische Reinigungsstufen, obwohl vorhanden, gar nicht betreibt. Wegen ungenügender Inspektionen hat er dabei keine Sanktionen zu befürchten.

Mein Vorschlag dazu: Vor Beginn des Betriebs müssen Ist- und Sollzustände sorgfältig abgeglichen und die Ergebnisse dieser Analyse dokumentiert- und von der chinesischen Seite gegengezeichnet werden. Die Kläranlage muss außerdem während des Betriebs kontinuierlich überwacht werden, sonst fallen Grenzwertüberschreitungen auf den eventuell völlig unschuldigen ausländischen Projektnehmer zurück.

8.3.2. Probleme für die Konzipierung von Anlagen, speziell für China

Zunächst muss die Frage: „Gibt es ein genau auf China bzw. auf Ganz-China zugeschnittenes Niveau?“ beantwortet werden.

Meiner Meinung nach wird es meistens am erfolgreichsten sein, weniger „high tech“ Technologie einzusetzen und stattdessen eine kostengünstige pragmatische Lösung anzustreben. Die Technologie muss aber nicht für alle Regionen Chinas die gleiche sein. Besonders der Unterschied Großstadt- Land bzw. kleinere Stadt ist stark hervorzuheben. Wegen des dramatischen Wirtschaftsaufschwungs in China wird oft vergessen, dass in vielen Teilen China noch ein Entwicklungsland ist. Ein besonders für China zutreffendes in Westeuropa nicht vorhandenes Problem stellt die Abwasserreinigung für arme aber dennoch sehr dichtbesiedelte Regionen wie z.B. ShanXi dar. Mein fast schon trivialer Vorschlag dazu lautet: Bau von billigen und vor allem einfach zu steuernden Anlagen bewirkt die größten Vorteile für die dortige Bevölkerung und Umwelt. Selbst wenn genügend Mittel dafür vorhanden wären, würden dort überkomplizierte Systeme doch nicht richtig funktionieren.

Gerade für China gilt: Eine genaue Kenntnis der regionalen und lokalen Gegebenheiten, ist insbesondere für den ausländischen Projektnehmer unerlässlich, dazu gehört natürlich auch eine sensitive Einfühlungsfähigkeit in die chinesische- aber auch speziell die örtliche Kultur.

Rechtliches Literaturverzeichnis

- [R-1]* Verfassung der V.R. China (Neufassung vom 29.08.2002)
中华人民共和国宪法(一九八二年十二月四日)
- [R-2]* Wassergesetz der V.R. China (29.08.2002) 中华人民共和国水法
- [R-3]* Environmental quality standards for surface water GB 3838-2002 (01.06.2002)
地表水环境质量标准 GB 3838-2002
- [R-4]* Discharge standard of pollutants for municipal wastewater treatment plant GB 18918-2002
(24.12.2002), 城镇污水处理厂污染物排放标准 GB 18918-2002
- [R-5] 96. Verordnung: Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer – QZV Chemie
OG, Bundesgesetzblatt Für die Republik Österreich, Jahrgang 2006 Ausgegeben am 2.
März 2006 Teil II
- [R-6] Abwasserverordnung (AbwV) Verordnung über Anforderung an das Einleiten von
Abwasser in Gewässer (Neufassung vom 17.Juni 2004)
- [R-7]* Gesetz der V.R. China zur Vermeidung und Bekämpfung der Wasserverschmutzung (Law
of the People's Republic of China on the Prevention and Control of Water Pollution)
(30.10.1995) 中华人民共和国水污染防治法
- [R-8]* Code for design of outdoor wastewater engineering GB50101-2005
室外排水设计规范 GB50101-2005
- [R-9]* Technische Richtlinie über Behandlung des städtischen Abwassers (13.07.2000)
城市污水处理及污染防治技术政策

* originale Literatur in Chinesisch.

Literaturverzeichnis

- [L-1] Botschaft der VR.China in der Republik Österreich: Wirtschaftliche Entwicklung Chinas und die chinesisch-österreichischen Beziehungen, URL: <http://www.chinaembassy.at/det/zagx/t104655.htm>
- [L-2]* MA Shihao: Explanation "Discharge standard of pollutants for municipal wastewater treatment plant", Zeitschrift CHINA WATER & WASTE WATER, 2003 Vol.29 No.9
- [L-3]* LI Guibao: Überblick des chinesischen Wasserqualitätsstandards und Emissionsstandards, Symposium 2004 strategic Forum on urban water sector
- [L-4] PAN Boshou, THEUNE Christoph: Differences Between Germany and China in Design Criteria for Large Wastewater Treatment Plants with Nitrogen and Phosphorous Removal, Waste Water Treatment Plant Workshop, IFAT China 2004 / Shanghai
- [L-5] KAINZ/KAUCH Harald: Skript zur Vorlesung "Siedlungswasserbau", TU Graz, Wasser- und Abfallbehandlung, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau
- [L-6]* China Institute of water Resources and Hydropower Research: Die chinesischen Wasserqualitätsstandards und Emissionsstandards, URL: http://www.chinawater.net.cn/law/CWSArticle_More.asp?ClassID=152
- [L-7]* ZHENG Xiaoyu, ZHOU Yangsheng: Countermeasures to Develop Pretreatment Regulations and Standards in China, Zeitschrift Environmental Protection, No.5 2004, S.23-27
- [L-8]* ZHOU Lu: Investitionsbeschlußfassung und Verfahrenstechnik von kleinen und mittelgrossen städtischen Kläranlagen, China Chemical Industry Press, Beijing 2002
- [L-9] GÜNTHERT Wolfgang F.: Bemessung von kommunalen Kläranlagen, Esslingen, Expert Verlag 1998
- [L-10]* State environmental protection Administration of China: 2005 Umweltzustand China's, URL: <http://www.sepa.gov.cn/plan/zkgb/05hjgb/>
- [L-11] KROISS Helmut, Haberl R.: Kosten-Nutzen-Überlegungen zur Gewässerschutz-Politik in Österreich, im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
- [L-12]* XINAN Municipal Engineering Design Institute: Bemessungshandbuch für die Wasservorsorgung und Wasserentsorgung, Band 5, China Architecture & Building Press, Beijing 1996
- [L-13]* GAO Junfa, Wang Sheping: Bemessungshandbuch für die Kläranlage, China Chemical Industry Press, Beijing 2003
- [L-14]* ZUO Jiane: Skript zur Vorlesung "Technik der Abwasserreinigung" , Department of Environmental Science and Engineering Tsinghua Universität
- [L-15]* SHAO Lingguang You Yingjiu: The Analysis of Primary Treatment Technology of Urban Sewage, Journal of Wuhan Yejin University of Science and Technology, No.12.1998
- [L-16]* ZHANG Zhi, QIU We: Technology and Development Trend of the Enhanced Primary Treatment of Municipal Wastewater , Zeitschrift CHONGQING Science and Environmental, 2001 Vol.23, No.1
- [L-17]* LIU Wenguo, WU Yong: "Rabatt" der Abwasserreinigung in den chinesischen Kläranlagen, Chinesische Nachrichtenagentur „Xinhua“, 12.07.2005.
- [L-18]* Dienstbüro der Umweltüberwachung in China: Evaluation method and classification standard on lake eutrophication, URL: <http://www.cnemc.cn/emc/class.asp?unid=751>
- [L-19]* CHEN Shuiyong, WU Zhenming: Formation, prevention, control and treatment of waters eutrophication, Zeitschrift Environmental Science and Technology, No.2.1999, S11-15
- [L-20] Gemeindeverband Sempachersee, Das Element Phosphor, URL: www.lawa.lu.ch/phosphor-word.pdf
- [L-21]* LI Jiangping , SHAO Linguang: The Example of A2/O Procedure Disposing the Urban Sewage, Zeitschrift Environmental Science And Management, Vo.31.No.3 Juni.2006
- [L-22] BITControl GmbH: Handbuch Aqua Designer, URL: www.aquaoffice.de/download/Handbuch_AD60.pdf

- [L-23] ESCHENHAGEN M.: Molekulare Untersuchung zweier Belebtschlammanlagen unter besonderer Berücksichtigung der biologischen Phosphorelimination, Dissertation an der Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften der Technischen Universität Dresden 26.11.2003
- [L-24]* HUANG Xiangfeng, LI chunju: Development of Biological Nutrient Renoval Technology, Zeitschrift China Biogas No.18. 2000, S.9-15
- [L-25]* ZHOU Bao, ZHOU Dan: Discussion on Design and Calculation Method for Activated Sludge Process , Zeitschrift CHINA WATER & WASTE WATER, 2001 Vol.17 No.5 S.45-49
- [L-26]* QIU Schenchu, DING Tangtang: Biological P and N Removal of Urban Wastewater, Zeitschrift CHINA WATER & WASTE WATER, 2002 Vol.18 No.9
- [L-27]* HUANG Sheng , WU Huiying: Discussion on Phosphorus Removal of Municipal Wastewater, Zeitschrift CHONGQING Science and Environmental, 2001 Vol.23, No.5, S.39-42
- [L-28]* LIU Yumin: Wastewater treatment plant two-stage activated sludge process Zeitschrift Technology and Equipment for Environmental Pollution Control, Vol 2, No 1, Feb.2001, S.66-70
- [L-29] KNETSCH Thomas: Unsicherheiten in Ingenieurberechnungen, Dissertation an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg 02. Juli 2004
- [L-30]* China Environmental Industry Network (CEIN): Municipal Wastewater und Water Center, Situation und Entwicklung der chinesischen städtischen Abwasserbehandlung, URL: <http://www.people.com.cn/GB/huanbao/56/20030227/932343.html> (am 27.2.2003)
- [L-31] DE GRAAF Jan: Marktwirtschaftliche Reformen im Umweltrecht der Volksrepublik China, Doktorarbeit, Nanjing, den 7. Juli 2004
- [L-32] Botschaft der VR.China in der Bundesrepublik Deutschland: China im Überblick, URL: <http://www.china-botschaft.de/det/zggy/t92579.htm>
- [L-33] China Economic Net: China wird Wasserressourcen effizienter nutzen, URL: http://de.ce.cn/umwelt/umwelt/200605/30/t20060530_131231.shtml
- [L-34]* YANG Yunlong, CHEN Qibin: Status Quo and Development of the Sequencing Batch Reactor, Zeitschrift Industrial Water & Wastewater, 2002, No.2
- [L-35]* HOR Ruiqin ZHANH Tong, Application of Recycled Activated Sludge Treating Municipal Wastewater, Zeitschrift CHINA WATER & WASTE WATER, 1999 Vol.15 No.8
- [L-36]* YUE Qiang, ZOU Xiaoling, MIAO Ying: Development and Application of SBR Technology, Zeitschrift Pollution Control Technology, 2003 No.12, S.35-38
- [L-37]* ZHENG Xingcan, ZHANG Yue: Technische Beschlußfassung und Verfahrensauswahl über die städtische Abwasserreinigung, Scientific and Technical Report von 4. Tagung 2001 Council of Water Supply and Drainage for Building Water industry Branch of China Civil Engineering
- [L-38]* TAO Junjie, YU Junting: Technologie und Projektbeispiel über städtische Abwasserreinigung, China Chemical Industry Press, 2. Auflage, Beijing 2005
- [L-39] China Association for Engineering Construction Standardisation, Designregelungen für Umlaufbecken CECS112:2000, CECS Press, Beijing 1.1.2000
- [L-40]* ZHOU Shaoqi, FAN Jiaming: Grundlagen der simultanen Denitrifikation in Umlaufbecken , Zeitschrift Environmental Science & Technology, 2002 Vol 26, No.6, S.3-5
- [L-41]* YAN Xiouqin, ZHANG Yue: Technische Anwendung und Leistungsuntersuchung beim Orbal-Umlaufbecken, Zeitschrift CHINA WATER & WASTE WATER, 1999 Vol 15, No.7, S.14-17
- [L-42] IMHOFF, K.: Das zweistufige Belastungsverfahren für Abwasser, gwf Wasser-Abwasser 96 (1955)
- [L-43] Abwassertechnische Vereinigung: ATV-Handbuch biologische und weitergehende Abwasserreinigung, 4.Auflage 1997, Ernst & Sohn
- [L-44] ATV-DVWK-REGELWERK: Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 131: Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen. 2000

- [L-45]* ZHU Junying, Chen Jining, QIOU Ji, Quantitative Analyse über die Investitionleistungsfähigkeit der chinesischen Kläranlagen, Zeitschrift CHINA WATER & WASTEWATER, 2004 No.1
- [L-46]* DONG Baoqi, XIN Yuhong: Encountered Problems of BOT Financing in Our Country and Countermeasures thereof. Zeitschrift Techno-Economics in Petrochemicals, 2003 No.4
- [L-47]* LIAO Guihong, LIAO Xiguang: Research on Water Environment Protection Countermeasures for Longyan Downtown, Zeitschrift Industrial Safety and Environmental Protection, 2004 Vol.30 No.7
- [L-48] WOLFBAUER Otto: Skript zur Vorlesung „Biologische Abwasserreinigung“, TU-Graz,
- [L-49] Institut für Umweltverfahrenstechnik, UNI-Bremen: Abwasser-Lexikon ,URL:
<http://www.abwasser.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/>
- [L-50] Wikipedia: <http://de.wikipedia.org/wiki/>
- [L-51] KROISS Helmut.: Skript zur Volesung "Wassergütewirtschaft", TU-Wien
- [L-52] HEYMANN Eric: Umweltsektor China: Von Großbaustelle zum Wachstumsmarkt,
URL: www.dbresearch.com/PROD/DBR_INTERNET_EN-PROD/PROD000000000195771.pdf -
- [L-53]* DU Yu, LIU Yuanyuan: Städtische Entwicklung Report - 49 Millionenstädte in China, URL:
http://news.xinhuanet.com/fortune/2005-11/09/content_3754779.htm
- [L-54]* Ministry of construction P.R.CHINA: Ministeriums-Mitteilung über die Situation der nationalen städtischen Abwasserreinigung, URL: <http://www.h2o-china.com/news/viewnews.asp?id=32685>
- [L-55]* Ministry of Water Resources of the People's Republic of China: Lage der Umweltqualität in China 2003, URL: <http://www.mwr.gov.cn/index/20050914/58087.asp>
- [L-56] Beijing Rundschau: Süd-Nord-Wasser Umleitung startet 2002, URL:
<http://www.bjrundschau.com/China/2002.3-inlandsfokus-2.htm>
- [L-57] Innovations report : China droht 2030 Wasserkrise, URL: http://www.innovations-report.de/html/berichte/umwelt_naturschutz/bericht-10463.html
- [L-58]* LAN Xinzhen: Wasserreinigung, URL: <http://www.bjrundschau.com/2005-30/2005.30-china-1.htm>
- [L-59]* China Association for Engineering Construction Standardisation (CECS): URL: Über CECS
<http://www.cecs.org.cn/information.asp>
- [L-60] quality.de : Umwelt-Lexikon, URL: <http://www.umweltdatenbank.de/lexikon/sign.htm>
- [L-61] BUTZ Jan: Skript zur Volesung „Siedlungswasserwirtschaft und Ingenieurökologie“, Institut für Siedlungswasserwirtschaft Universität Karlsruhe (TH)
- [L-62] ara region bern ag: Belebtschlammverfahren, URL:
<http://www.arabern.ch/d/lexikon/output/?anfang=B>
- [L-63] International Water Association (IWA): Sequencing Batch Reactor Technology , Scientific and Technical Report Nr.10, 2001, IWA Publishing, London, UK
- [L-64] WIESE Jürgen: Entwicklung von Strategien für einen integrierten Betrieb von SBR-Kläranlagen und Mischkanalisationen, Dissertation an der Technische Universität Kaiserslautern, 2004 (D386)
- [L-65]* YANG Shousheng, ZHANG Chen: Problemanalyse bei der Bemessung der städtischen Kläranlagen, Zeitschrift CHINA WATER & WASTE WATER, 1999 Vol.25 No.9
- [L-66]* GAO Tingyao, XIA Siqing: Summary on the Technologies of Biological Nitrogen and Phosphorus Removal from Municipal Wastewater, Zeitschrift ENVIRONMENTAL SCIENCE, Vol.20, No.1, Jan.1999
- [L-67]* WIE Xinqing: Zusammenfassung über die UNITANK-Technik, Scientific and Technical Report von der 2. Tagung 2004 Council of Water Supply and Drainage for Building Water industry Branch of China Civil Engineering
- [L-68]* CHEN Jinhuan: Summarization über Entwurf der Kläranlage in "Zibo", Zeitschrift CHINA WATER & WASTEWATER 1999 Vol.15 No.7
- [L-69] Umweltbundesamt: Rechtliche Grundlagen: Abwasserentsorgung in Österreich, URL:
<http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/wasser/abwasser/>

- [L-70] NORDENSKJÖLD VERFAHRENSTECHNIK GmbH : URL: <http://www.biolak.de>
- [L-71]* SHEN Guangfan: Issue on Design of Urban Wastewater Treatment Plants, Zeitschrift CHINA WATER & WASTEWATER 2000 Vol.16 No.3 S.20-23
- [L-72]* Das Forschungsinstitut der Standards u. der Normen (RISN): Über RISN, URL: <http://www.cin.gov.cn/main/unit/ss07.htm>

* originale Literatur in Chinesisch.

Alle Internetzugänge im Literaturverzeichnis sowie in dieser Diplomarbeit wurden am 1.3.2007 überprüft.

Anhang

Klassifizierung der 480 Städte, die Kläranlagen haben

31 Super Metropolen

Shanghai Beijing Chongqing Wuhan Tianjin Guangzhou Xian Shenyang Nanjing
Chengdu Hangzhou Fushan Jinan Haerbin Changchun Tangshan Dalian Zibo Huai'an
Taiyuan Qingdao Zhengzhou Kunming Xiangfan Wuxi Changzhou Suzhou
Zaozhuang Shijiazhuang Ningbo Putian

71 Metropolen

Guiyang Lanzhou Changsha Linyi Nanchong Fuyang Nanchang Jilin Liuan Yantai
Wulumuqi Guigang Nanyang Suizhou Xuzhou Fuzhou Dongguan Shangqiu Luoyang
Hefei Anshan Taizhou Qiqihaer Suilong Zhanjiang Huai'an Baotou Nanling Suzhou
Bozhou Shenzhen Fushun Luzhou Neijiang Datong Xiamen Handa Weifang
Xinyang Zhoushan Changde Heze Wenzhou Jiangmen Yiyang Bazhong Laiwu
Yichang Guangan Shantou Tianshui Qinzhou Maoming Rizhao Xiling Daqing
Chifeng Leshan Yangzhou Jiangzhou Fuhehaote Mainyang Yongzhou Huzhou
Zigong Ziyang Jiling Ezhou Fuzhou Zhenjiang

111 Large Cities

Liaocheng Wuwei Laibing Quanzhou Benxi Yichun Ankang Huludao Yueyang
Daoding Jinhua Jixi Pingdingshan Weinan Hezhou Guangyuan Hengyang Yulin
Xiaogen Huaihua Chaozhou Zhangjiakou Jinzhou Yichun Baoshan Xuancheng
Jiamusi Xianyang Meishan Huaibei Nanning Mudanjiang Mingliao Jiaying Chaoyang
Xiangping Kaifeng Xinxiang Zhuhai Benbu Fouxin Jiaozuo Anshun Xinyu Dongying
Zhuzhou Anyang Yibin Dandong Zhaotong Linfen Tongchuan Langfang Qinhuangdao
Jingmen Liaoyang Yingchuan Xiangtang Hegang Zhoushan Guilin Yingkou Jieyang
Wuhu Huangshi Changzhi Panzhihua Yancheng Lianyungang Yangquan Chenzhou
Haikou Zunyi Qujing Haozhou Deyang Yuncheng Shaoyang Taizhou Shaoxing
Binzhou Puling Baoji Anqing Zhumadian Suzhou Panjing Dezhou Xianling
Yangjiang Weihai Maanshan Xingtai Qingyuan Shangluo Jiujiang Shaoguan Beihai
Jinzhong

134 Medium Cities

Ganzhou Zhangye Sanya Qianjiang Nanping Shiyan Qitaihe Pinliang Baicheng
Changzhou Fangchenggang Caoyang Zhaoqing Baiyen Zaogjajie Longyan Shanwei
Tonghua Chengde Liaoyuan Tieling Akesu Hengshui Liupanshui Yulin Lufeng
Jiangdezhen Ningde Huangshan Wuhai Loudi Huizhou Quzhou Yakeshi Dazhou
Yuxi Mingling DXuchang Lishui Kuitun Luoding Zhoukou Yanan Yanji Shangrao
Huanggang Luohe Xiantao Chaozhou Danzhou Danzhou Wuzhou Chongzuo Jiuquan
Yaan Shizuishan Baishan Baise Huaihua Qingyang Zhongxiang Kuerle Xintai
Wuzhong Hechi Tenngzhou Zaoyang Heyuan Tianmen Meizhou Tielu Wafangdian
Hami Macheng Gongzhuling Honghu Beian Fengcheng Dunhua Kelamayi Bijie
Hailin Yunfu Shihezhi Hancuan Sanming Sanmenxia Changji Jiangdu Pucheng
Xinghua Zhangjiagang Zuocheng Suqian Meihekou Shangzhi Zhaodong Shulan

Hailaer Kashen Yixing Gaozhou Linhe Wuchang Taixing Kunshan Daye Feichen
Haicheng Huadian Jiangyou Jiangyin Jining Denghai Rugao Anda Wulanhaote
Wujiang Wusu Gaoan Gaoyou Gejiu Acheng Yicheng Jiaohe Jinchang Shongzi
Eerduos Laohekou Jingjiang Yining Beipiao Changshu Dongtai Huazhou

133 Small Cities

Panshi Jianyang Dali Linhai Heihe Danyang Linqing Xichang Jiangyan Hailun
Taicang Yengtan Zhucheng Zyellow Jiutai Lianjiang Tongzhou Lechang Dashiqiao
Pizhong Dafeng Yanzhou Diaobingshan Xinyi Haimeng Genghe Leiyang Engping
Rongcheng Kaili Zuozhou Danjiangkou Wanning Dujiangyan Pingdu Gaizhou Nehe
Shouguang Leizhou Taonan Fengcheng Duyun Daan Cibi Pulandian Jiayuguan
Longjing Yizheng Suangliao Suangcheng Ningan Wuxue Leping Manzhouli
Lengshuijiang Liyang Wendeng Qidong Heshan Jinhong Bole Jintang Qingzhou
Jiyuan Dengzhou Yuzhou Guangshui Xingling Hunchun Anling Xinyang Wuxie
Leping Xinyi Helong Anlu Liliang Danyang Langzhong Yuyao Zhalantun Lingyuan
Zengcheng Xilinhaote Laizhou Yangchun Jiaozhou Muleng Longkou Changling Yiwei
Jiehshou Zhangshu Aletai Yongan Yushu Enshi Lianyuan Kaiyuan Jiaonan Taishan
Zhuji Gaomi Beiliu Qufu Shishou Yuanjiang Qionghai Zhangqiu Zhijiang Emeishan
Fuqing Yongcheng Ruichan Xinming Hulin Chuxiong Linjiang Xinzheng Jinshi
Guanghan Sanhe Hailing Mingguang Yumen Houma Xingcheng Mishan Gongyi Sihui
Xiang Hongjiang Anqiu Yingcheng Fujin Mingxiang Liling Yingde Yuanping Botou
Fengzhen Riuan Zixing Gaoyao Hancheng Jurong Laiyang Yima Jishou Yiwu
Donggang Qingzhen Dehui Changge Xiangcheng Linxia Gujiao Jimo Wuchuan
Guiping Xingyi Dingzhou Gaobeidian Tumen Dexing Tongren Nankang Pengzhou
Lanxi Longhai Guixi Lingbao Xingping Fenghua Huixian Tongcheng Lishi Lianzhou
Kaiyuan Jiande Tianchang Zhaoyuan Pinghu Conghua Kaiyuan Jiande Tianchang
Zhaoyuan Pinghu Conghua Huozhou Shangyu Wenchang Huaying Shaowu Ruijin
Jiexiu Nanan Mianzhu Laixi Linzhou Fuan Tacheng Leling Weihui Qinyang Yidu
Fukang Linghai Beiling Ruzhou Lingwu Geermu Hetian Yizhou Dongfang Fuding
Chongzhou Qianan Lichuan Miluo Jianou Miqian Jian Yanshi Shifang Qingtongxia
Eerguna Fuyang Rushan Simao Nanxiong Bazhou Yongji Dengta Qixia Wugang
Hejin Jiangyang Fenyang Changyi Dunhuang Dengfeng Shengzhou Xiangxiang
Tulufan Enxi Huayin Qionglai Zunhua Wanyuan Wuan Wudalianchi Linan Dongyang
Hejian Jiangshan Yucheng Xinji Shahe Kaiping Huiyang Wngang Luxi Huanghua
Chishui Renqiu Lingguo Jinjiang Huolingele Gaoping Cheng Xinmi Liuyang
Atushen Yangzhou Wuyishan Renhua Mengzhou Luquan Zhangping aershan Lucheng
Shenzhou Zhangping Nangong Yizhou Longquan Delingha Suifenhe Jinggangshan
Anguo Ruili Lucheng Shenzhou Tongjiang Changle Hezuo Jinzhou Xinle Penglai
Fuquan Chixi Rigeze Yongkang Pingxiang Dongxing Leqing Linxiang Erlianhaote
Shaoguan Wenling Hulinbeier Chongqi Lasha Dingxi Alaer Tumushuke Wujiacqu