

Analysemethode für Abwassersysteme in Westafrika

Entwicklung einer planungsbegleitenden Analysemethode
zur Gewährleistung eines dauerhaften und wirtschaftlichen Betriebes
von Abwassersystemen in Westafrika
für den Einsatz wertschöpfender Umwelttechnologien

Von der Fakultät für Bauingenieurwesen
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Alexander Krohs

Berichter: Universitätsprofessor Dr.-Ing. Rainard Osebold
Universitätsprofessor Dr.-Ing. Jörg Londong
Universitätsprofessor Dr.-Ing. Peter Doetsch

Tag der mündlichen Prüfung: 22. Februar 2011

Schriftenreihe des
Lehrstuhls für Baubetrieb und Projektmanagement
ibb - Institut für Baumaschinen und Baubetrieb

Alexander Krohs

Analysemethode für Abwassersysteme in Westafrika

Entwicklung einer planungsbegleitenden Analysemethode
zur Gewährleistung eines dauerhaften und wirtschaftlichen
Betriebes von Abwassersystemen in Westafrika für den
Einsatz wertschöpfender Umwelttechnologien

Shaker Verlag
Aachen 2011

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2011)

Herausgeber:

Univ.-Professor Dr.-Ing. Rainard Osebold

für die Gesellschaft zur Förderung des Baubetriebs Aachen e.V.

Copyright Shaker Verlag 2011

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-9956-9

ISSN 1612-2798

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Zusammenfassung

In der Dissertation werden eine planungsbegleitende Analyse­methode für Abwasserprojekte in Westafrika und ein angepasstes und neuartiges Abwasser­konzept für ein Zielgebiet in Nigeria entwickelt. Mit der Analyse­methode steht erstmals ein Bewertungsinstrument zur Verfügung, mit dessen Hilfe Aussagen über die Gewährleistung eines dauerhaften und wirtschaftlichen Betriebes von Abwassersystemen in Schwellen- und Entwicklungsländern gemacht werden können. Sie ist auf andere Anwendungsfälle übertragbar. Das neuartige Konzept zur Abwasser­reinigung und -verwertung ermöglicht eine profitable Verwertung von Abwasser durch den Einsatz wertschöpfender Umwel­technologien unter bestimmten Voraussetzungen. Die Voraussetzungen werden in der Analyse­methode planungsbegleitend identifiziert und untersucht und fließen in die angepassten systemischen Planungen des neuartigen Abwassersystems mit ein.

Die Arbeit einleitend wird auf die Bedeutung des Themas und die Rolle der Bauindustrie beim Thema Abwasser eingegangen. Dabei wird eine erweiterte Definition des Projekterfolges für siedlungswasserwirtschaftliche Investitionsprojekte in Schwellen- und Entwicklungsländern im Sinne der Arbeit vorgestellt.

Ein Rückblick auf die Geschichte der Abwassertechnik und die Beschreibung aktueller Entwicklungen skizzieren die Ausgangssituation der Untersuchungen. In diesem Zusammenhang werden Anwendungsgrenzen des konventionellen Abwassersystems aufgezeigt und neuartige Abwasser­konzepte vorgestellt.

Im weiteren Verlauf widmet sich die Arbeit, nach einer kurzen Vorstellung Nigerias, den besonderen Randbedingungen des Landes und der dort lebenden Bevölkerung. Historische, politische, klimatische, kulturelle, sozioökonomische und andere charakteristische Randbedingungen werden beschrieben und auf für Sanitärsysteme relevante Inhalte und Zusammenhänge untersucht. Die Daten und Erkenntnisse sind Grundlage für die nachfolgende Entwicklung des angepassten Abwasser­konzepts und der planungsbegleitenden Analyse­methode.

Basierend auf den zuvor gewonnenen Erkenntnissen werden der Ist-Zustand der Sanitärversorgung in Nigeria und die Akzeptanzproblematik der Bevölkerung im Bezug auf Sanitärsysteme und einen kreislauforientierten Umgang mit Wasser beschrieben. Daraus werden konkrete Anforderungen an Abwasser­konzepte in Nigeria abgeleitet und ein systemisch und konzeptionell angepasstes neuartiges Abwasser­konzept entwickelt.

Nachfolgend werden bestehende Wirtschaftlichkeitsanalysen zur Bewertung siedlungswasserwirtschaftlicher Investitionsprojekte in Deutschland vorgestellt. Unter Verwendung dieser Erkenntnisse wird eine neue planungsbegleitende Analyse­methode entwickelt, die den besonderen Randbedingungen in Nigeria Rechnung trägt und mit deren Hilfe Aussagen über einen dauerhaften und wirtschaftlichen Betrieb geplanter Sanitärsysteme gemacht werden können. Es wer-

den potenzielle Investorengruppen identifiziert und geklärt, ob und welche der landesspezifischen Randbedingungen für die unterschiedlichen Gruppen Investitionsrisiken darstellen. Auf Grundlage der Methoden der SWOT- und PEST(LE)-Analysen wird ein Instrument entwickelt, mit dem diese Risiken aus Investorensicht bewertet werden können.

Schließlich wird die planungsbegleitende Analyseverfahren auf ein konkretes Implementierungsbeispiel in Nigeria angewandt. Dazu wird ein geeignetes Implementierungsgebiet planerisch mit einem konventionellen und dem entwickelten neuartigen Abwassersystem ausgestattet und mit Hilfe der Methode verglichen. Die Durchführung von Sensitivitäts- und Szenariountersuchungen sichert die Ergebnisse ab.

Abschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst und ein Ausblick auf die Übertragbarkeit und Bedeutung des neuartigen Sanitärsystems und der entwickelten Analyseverfahren gegeben. Es wird deutlich, dass ein profitabler Betrieb von Abwasserreinigungssystemen unter bestimmten Umständen möglich ist, ohne Abwassergebühren von den Nutzern zu verlangen.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	i
Inhaltsverzeichnis	iii
Abbildungsverzeichnis	vi
Bilderverzeichnis	viii
Tabellenverzeichnis	ix
Abkürzungsverzeichnis	xiv
Verzeichnis der Begriffe und Definitionen	xvii
Vorwort	xviii
1	
Einleitung	1
2	
Ausgangssituation und aktuelle Entwicklungen	6
2.1	
Geschichte der Abwassertechnik	6
2.2	
Aktuelle Themen und Diskussionen	11
2.3	
Neuartiges Abwasserkonzept	13
3	
Besondere Randbedingungen für Nigeria	18
3.1	
Datenverfügbarkeit	19
3.2	
Zahlen und Fakten zu Nigeria	20
3.3	
Religion und Aberglaube	22
3.4	
Hygiene und Gesundheit	24
3.5	
Kultur, Geschichte und Mentalität	25
3.6	
Bevölkerungsentwicklung und Siedlungsformen	28
3.7	
Geologie, Hydrologie und Landwirtschaft	29
3.8	
Klima und Vegetation	30
3.9	
Wirtschaft und Finanzen	31
3.10	
Politik und Interessenkonflikte	33
3.11	
Umweltschutz und Umweltbewusstsein	35
3.12	
Bildung, Aufgabenverteilung und Gleichstellung	35
3.13	
Potenziale und Gefahren	36

4	Entwicklung neuartiger und angepasster Konzepte	38
4.1	Eingangsbedingungen	38
4.1.1	Ist-Zustand der Sanitärversorgung in Nigeria	38
4.1.2	Die Akzeptanzproblematik	39
4.1.3	Anforderungen an Abwasserkonzepte	41
4.1.4	Anforderungen an Implementierungsgebiete	44
4.2	Systemwahl	44
4.3	Konzepterstellung	52
4.3.1	Schaffung neuer Kreisläufe	52
4.3.2	Sammlung	56
4.3.3	Transport	58
4.3.4	Behandlung	60
4.3.5	Wertstoffnutzung	61
4.4	Planerische, bauliche und betriebliche Organisation	62
5	Angepasste Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen	64
5.1	Eingangüberlegungen	64
5.2	Herkömmliche Wirtschaftlichkeitsanalysen	65
5.2.1	Grundlagen	65
5.2.2	Bewertung monetär messbarer Faktoren	66
5.2.3	Bewertung nicht-monetär messbarer Faktoren	71
5.2.4	Bewertung monetär und nicht-monetär messbarer Faktoren	73
5.3	Entwicklung einer angepassten Wirtschaftlichkeitsanalyse	78
5.3.1	Nachhaltige Betriebsfunktionsanalyse	79
5.3.2	Risikoabschätzungen für Investoren	97
6	Implementierungsbeispiel	105
6.1	Nachhaltige Betriebsfunktionsanalyse	105
6.1.1	Wahl des Implementierungsgebietes	105
6.1.2	Identifikation der Probleme und Klärung der Aufgabe	108
6.1.3	Definition von Muss-Kriterien	113

6.1.4	Erstellung eines Zielsystems	113
6.1.5	Identifikation vorhandener Randbedingungen	116
6.1.6	Entwicklung von Investitionsvarianten	116
6.1.7	Ermittlung der Teilzielträge	117
6.1.7.1	Sicherstellung des wirtschaftlichen Erfolges	117
6.1.7.1.1	Investitionsphase	117
6.1.7.1.2	Betriebsphase	120
6.1.7.1.2.1	Direkte Kosten und Erträge	120
6.1.7.1.2.2	Indirekte Kosten und Erträge	123
6.1.7.2	Sicherstellung der Akzeptanz	127
6.1.7.3	Verbesserung der Hygiene und Umweltqualität	141
6.1.7.4	Förderung der Regionalentwicklung	148
6.1.8	Aggregation der Teilzielträge	151
6.1.8.1	Sicherstellung des wirtschaftlichen Erfolges	151
6.1.8.2	Sicherstellung der Akzeptanz	154
6.1.8.3	Verbesserung der Hygiene und Umweltqualität	156
6.1.8.4	Förderung der Regionalentwicklung	156
6.1.9	Überprüfung der Muss-Kriterien	156
6.1.10	Sensitivitäts- und Szenarioanalyse	159
6.1.10.1	Sensitivitätsanalyse	159
6.1.10.2	Szenarioanalyse	168
6.1.11	Gesamtbeurteilung der Maßnahme	170
6.2	Risikoabschätzung für Investoren	174
7	Ergebnisse und Ausblick	175
7.1	Ergebnisse und Zielerreichung	175
7.2	Übertragbarkeit und Anwendungsgrenzen	178
7.3	Übergeordnete Bedeutungen und Ausblick	180

Abbildungsverzeichnis

	Seite	
Abbildung 1	Zwei-Stoffstromsystem mit Grauwassertrennung	14
Abbildung 2	Zwei-Stoffstromsystem mit Urintrennung	15
Abbildung 3	Drei-Stoffstromsystem	16
Abbildung 4	Spülwasserfreies System	16
Abbildung 5	Situation ohne lokale Wassermehrfachnutzung	53
Abbildung 6	Neu geschaffene lokale Wassermehrfachnutzung	54
Abbildung 7	Wertstoffkreislauf	55
Abbildung 8	Geldkreislauf	56
Abbildung 9	Anschluss von Einzelhäusern und Häusergruppen	57
Abbildung 10	Anschluss von Wasch- und Sanitärmodulen	58
Abbildung 11	Unterdruck Übergabeschacht und Unterdruckpumpe	59
Abbildung 12	Schema einer Biogasanlage	60
Abbildung 13	Globalziel und Wertungsbereiche nach LAWA	76
Abbildung 14	Oberziele eines „erfolgreichen Abwassersystems“	81
Abbildung 15	Zielsystem der nachhaltigen Betriebsfunktionsanalyse	84
Abbildung 16	Potenzielle Investorengruppen für Sanitärsysteme	97
Abbildung 17	Matrixdarstellung einer SWOT-Analyse	104
Abbildung 18	Abuja mit Satellitenstädten	106
Abbildung 19	Masterplan von Kuje	107
Abbildung 20	Bevölkerung mit Zugang zu Toiletten	109
Abbildung 21	Zufriedenheit mit vorhandenen Toiletten	109
Abbildung 22	Berührung menschlicher Exkreme	110
Abbildung 23	Bevorzugter Toilettenstandort	110
Abbildung 24	Inhalte des Primärziels	114
Abbildung 25	Inhalte des Sekundärziels I	115
Abbildung 26	Inhalte des Sekundärziels II	115
Abbildung 27	Inhalte des Sekundärziels III	115
Abbildung 28	Investitions- und Betriebskosten der Varianten im Fall a)	152
Abbildung 29	Entwicklung der Kapitalwerte der Varianten im Fall a)	153

Abbildung 30	Investitions- und Betriebskosten der Varianten im Fall b)	153
Abbildung 31	Entwicklung der Kapitalwerte der Varianten im Fall b)	154
Abbildung 32	Investitionskosten und Gewinne des privaten Investors im Fall b)	154
Abbildung 33	Muss – Kriterien des Primärziels bei unterschiedlichen Investoren	157
Abbildung 34	Kapitalwert der Differenzinvestition der Varianten im Fall a)	158
Abbildung 35	Kapitalwert der des privaten Investors im Fall b)	159
Abbildung 36	Langzeitentwicklung des Kapitalwertes der Investitionsvarianten	160
Abbildung 37	Kapitalwertentwicklung neuartiges Abwassersystem, $r = 3\%$	161
Abbildung 38	Kapitalwertentwicklung neuartiges Abwassersystem, $r = 0\%$	161
Abbildung 39	Kapitalwertentwicklung herkömmliches Abwassersystem, $r = 3\%$	162
Abbildung 40	Kapitalwertentwicklung herkömmliches Abwassersystem, $r = 0\%$	162
Abbildung 41	Einfluss der Variation des Düngemittelpreises auf den Kapitalwert	163
Abbildung 42	Einfluss der Variation des Brauchwasserpreises auf den Kapitalwert	164
Abbildung 43	Einfluss der Variation des Strompreises auf den Kapitalwert	165
Abbildung 44	Einfluss der Variation des Kältepreises auf den Kapitalwert	166
Abbildung 45	Kapitalwert privater Investor bei variablem Brauchwasserpreis	167
Abbildung 46	Kapitalwert privater Investor bei variablem Trinkwasserpreis	168
Abbildung 47	Flächennutzungsplan von Abuja	- 5 -
Abbildung 48	Vor- und Nachteile von durchströmten Bodenfiltern	- 21 -

Bilderverzeichnis

	Seite	
Bild 1	Lage von Nigeria und Entfernungen zur Hauptstadt Abuja	20
Bild 2	Stammesvielfalt in Nigeria	26
Bild 3	Offene innerstädtische Abwasserableitung und Buschtoilette	39
Bild 4	Oberflächenwasserentnahme und Toiletten im Freien	111
Bild 5	Überschwemmungen und flache Brunnen	112
Bild 6	Wilde innerstädtische Mülldeponien und Verstopfungen	112
Bild 7	Benötigte Flächen für Silageanbau und Düngerausbringung	169
Bild 8	Satellitenbild von Kuje	- 1 -
Bild 9	Satellitenbild von Kuje mit Masterplan	- 2 -
Bild 10	Typische Siedlungsstrukturen in Kuje	- 3 -
Bild 11	Einwohnerdichten und Abschnitte mit ca. 10.000 Einwohnern	- 4 -
Bild 12	Planung Variante herkömmliches Abwasserkonzept	- 9 -
Bild 13	Planung Variante neuartiges Abwasserkonzept	- 12 -
Bild 14	Untersuchte Kläranlagen in Abuja	- 26 -
Bild 15	Kläranlagen Asokoro, Life Camp, Wupa und Wuje	- 27 -

Tabellenverzeichnis

	Seite	
Tabelle 1	Nigeria im Vergleich mit Deutschland	22
Tabelle 2	Zugang zu sanitären Einrichtungen in Nigeria	22
Tabelle 3	Landwirtschaftliche Kenndaten im Vergleich	30
Tabelle 4	Klimadaten Abuja	31
Tabelle 5	Bewertung des Themenkomplexes a)	46
Tabelle 6	Skala für den Erfüllungsgrad des Themenkomplexes a)	46
Tabelle 7	Bewertung des Themenkomplexes b)	46
Tabelle 8	Skala für den Erfüllungsgrad des Themenkomplexes b)	46
Tabelle 9	Bewertung des Themenkomplexes c)	47
Tabelle 10	Skala für den Erfüllungsgrad des Themenkomplexes c)	47
Tabelle 11	Bewertung des Themenkomplexes d)	48
Tabelle 12	Skala für den Erfüllungsgrad des Themenkomplexes d)	48
Tabelle 13	Bewertung des Themenkomplexes e)	49
Tabelle 14	Skala für den Erfüllungsgrad des Themenkomplexes e)	49
Tabelle 15	Bewertung des Themenkomplexes f)	50
Tabelle 16	Skala für den Erfüllungsgrad des Themenkomplexes f)	50
Tabelle 17	Bewertung des Themenkomplexes g)	50
Tabelle 18	Skala für den Erfüllungsgrad des Themenkomplexes g)	50
Tabelle 19	Bewertung des Themenkomplexes h)	51
Tabelle 20	Skala für den Erfüllungsgrad des Themenkomplexes h)	51
Tabelle 21	Nutzwerte der Systeme 1) bis 4)	52
Tabelle 22	Beispiel zur Ermittlung von Erfüllungsgraden	94
Tabelle 23	Beispiel zur Ermittlung von Nutzwerten	96
Tabelle 24	Relevante externe Faktoren unterschiedlicher Investoren	102
Tabelle 25	Relevante interne Faktoren unterschiedlicher Investoren	103
Tabelle 26	Trinkwasserquellen in Kuje	108
Tabelle 27	Sanitäre Einrichtungen in Kuje	108
Tabelle 28	Orte der Abfallentsorgung in Kuje	111
Tabelle 29	Bewertung des Teilziels 1 des Sekundärziels I	127

Tabelle 30	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 1 des Sekundärziels I	128
Tabelle 31	Bewertung des Teilziels 2 des Sekundärziels I	129
Tabelle 32	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 2 des Sekundärziels I	129
Tabelle 33	Bewertung des Teilziels 3 des Sekundärziels I	130
Tabelle 34	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 3 des Sekundärziels I	130
Tabelle 35	Bewertung des Teilziels 4 des Sekundärziels I	131
Tabelle 36	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 4 des Sekundärziels I	131
Tabelle 37	Bewertung des Teilziels 5 des Sekundärziels I	132
Tabelle 38	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 5 des Sekundärziels I	132
Tabelle 39	Bewertung des Teilziels 6 des Sekundärziels I	133
Tabelle 40	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 6 des Sekundärziels I	133
Tabelle 41	Bewertung des Teilziels 7 des Sekundärziels I	134
Tabelle 42	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 7 des Sekundärziels I	134
Tabelle 43	Bewertung des Teilziels 8 des Sekundärziels I	135
Tabelle 44	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 8 des Sekundärziels I	135
Tabelle 45	Bewertung des Teilziels 9 des Sekundärziels I	136
Tabelle 46	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 9 des Sekundärziels I	136
Tabelle 47	Bewertung des Teilziels 10 des Sekundärziels I	137
Tabelle 48	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 10 des Sekundärziels I	138
Tabelle 49	Bewertung des Teilziels 11 des Sekundärziels I	139
Tabelle 50	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 11 des Sekundärziels I	139
Tabelle 51	Bewertung des Teilziels 12 des Sekundärziels I	140
Tabelle 52	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 12 des Sekundärziels I	140
Tabelle 53	Teilzielgewichtung des Sekundärziels I	141
Tabelle 54	Erfüllungsgrade des Sekundärziels I	141
Tabelle 55	Bewertung des Teilziels 1 des Sekundärziels II	142
Tabelle 56	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 1 des Sekundärziels II	142
Tabelle 57	Bewertung des Teilziels 2 des Sekundärziels II	144
Tabelle 58	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 2 des Sekundärziels II	144
Tabelle 59	Bewertung des Teilziels 3 des Sekundärziels II	145
Tabelle 60	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 3 des Sekundärziels II	145

Tabelle 61	Bewertung des Teilziels 4 des Sekundärziels II	146
Tabelle 62	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 4 des Sekundärziels II	146
Tabelle 63	Bewertung des Teilziels 5 des Sekundärziels II	147
Tabelle 64	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 5 des Sekundärziels II	147
Tabelle 65	Bewertung des Teilziels 6 des Sekundärziels II	148
Tabelle 66	Skala für den Erfüllungsgrad des Teilziels 6 des Sekundärziels II	148
Tabelle 67	Teilzielgewichtung des Sekundärziels II	148
Tabelle 68	Erfüllungsgrade des Sekundärziels II	148
Tabelle 69	Nutzwerte des Sekundärziels I	155
Tabelle 70	Nutzwerte des Sekundärziels II	156
Tabelle 71	Siedlungsstrukturen und Einwohnerzahlen in Kuje	- 4 -
Tabelle 72	Abwasserreinigungsstandards in Nigeria	- 7 -
Tabelle 73	Hauptmassen Herkömmliches Abwasserkonzept	- 8 -
Tabelle 74	Hauptmassen Neuartiges Abwasserkonzept	- 11 -
Tabelle 75	Energiebilanz der anaeroben Vergärungsanlage	- 19 -
Tabelle 76	Einwohnerspezifische Frachten für Grauwasser in Deutschland	- 20 -
Tabelle 77	Flächenbedarf von Bodenfiltern	- 22 -
Tabelle 78	Eingangsparameter für die Bodenfilterbemessung	- 23 -
Tabelle 79	Abbauleistungen von Horizontalfiltern in Deutschland	- 23 -
Tabelle 80	Quellen zur Bewertung von Investitionsrisiken in Nigeria	- 29 -

Verzeichnis der Anhänge

		Seite
Anhang I	Siedlungsstrukturen in Kuje	- 1 -
Anhang II	Abwasserreinigungsstandards in Nigeria	- 6 -
Anhang III	Variante herkömmliches Abwasserkonzept	- 8 -
Anhang IV	Variante neuartiges Abwasserkonzept	- 10 -
Anhang V	Bemessung der Anaerobanlage	- 13 -
Anhang VI	Bemessung von Bodenfiltern	- 20 -
Anhang VII	Zustand der Abwasserreinigung in Abuja	- 26 -
Anhang VIII	Investitionsrisiken für Nigeria	- 28 -

Verzeichnis der Symbole und Einheiten

€	Euro
°	Grad
°C	Grad Celsius
%	Prozent
a	Jahr
cm	Zentimeter
d	Tag
E	Einwohnerzahl
EW	Einwohnerwert
F	Friktionsindex
g	Gramm
h	Stunde
i	Zinssatz
I	Fall mit Investition
kg	Kilogramm
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer
kVA	Kilovoltampere
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
l	Liter
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
mm	Millimeter
O	Fall ohne Investition
q	1 + Zinssatz
r	Preissteigerungsrate
t	Zeitpunkt
z	Zahlung

Abkürzungsverzeichnis

AbwV	Abwasserverordnung
AEPB	Abuja Environmental Protection Board
AFAKE	Akkumulationsfaktor für Einzelzahlungen
AFAKR	Akkumulationsfaktor für gleichförmige jährliche Kostenreihen
AP	Arbeitsplatzangebot
ATV	Abwassertechnische Vereinigung
ATV-DVWK	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall
AU	African Union
BSB ₅	Biochemischer Sauerstoffbedarf
ausl.	ausländisch
Bd.	Band
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
BOT	Build Operate Transfer
C	Kohlenstoff
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DFAKE	Diskontierungsfaktor für Einzelzahlungen
DFAKR	Diskontierungsfaktor für gleichförmige jährliche Kostenreihen
DFAKRP	Diskontierungsfaktor für Reihenprogression
DIN	Deutsches Institut für Normung
Dipl.-Ing.	Diplom-Ingenieur
Diss.	Dissertation
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
E	Einwohner
E-coli	Escherichia Coli (Fäkal-Coliforme-Keime)
ECOSAN	Ecological Sanitation
ECOWAS	Economic Community Of West African States
EFCC	Economic and Financial Crimes Commission
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
EW	Einwohnerwert
EWA	Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse

FCDA	Federal Capital Development Authority
FCT	Federal Capital Territory
FCTA	Federal Capital Territory Administration
FEPA	Federal Environmental Protection Agency
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
GW	Grauwasser
H ₂ S	Schwefelwasserstoff
HDI	Human Development Index
Hrsg.	Herausgeber
IK	Investitionskosten
IYS	International Year of Sanitation
K	Kalium
KFAKR	Kapitalwiedergewinnungsfaktor
KVR	Kostenvergleichsrechnung
KNU	Kosten-Nutzen-Untersuchung
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
KW	Kapitalwert
KWA	Kosten-Wirksamkeitsanalyse
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
MDGs	Millenium Development Goals
N	Stickstoff
NASS	Neuartige Sanitärsysteme
N ₂ O	Distickstoffoxid
NEEDS	National Economic Empowerment and Development Strategy
NEPA	National Electric Power Authority
NGO	Non Governmental Organization
n. v.	nicht veröffentlicht
NWA	Nutzwertanalyse
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
oTR	Organischer Trockenrückstand
oTS	Organische Trockensubstanz
P	Phosphor
PLC	Public Limited Company
PKE	Pro-Kopf-Einkommen
PPP	Public Private Partnership
r	Energiepreisersteigerungsrate
RW	Regenwasser
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
S	Stickstoff

SCC	Standard Construction Company
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
TS	Trockensubstanz
TU	Technische Universität
u. a.	unter anderem
UN	United Nations
UNICEF	United Nations International Children's Emergency Fund
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WHO	World Health Organization
WRR	Wasserrahmenrichtlinie

Verzeichnis der Begriffe und Definitionen

Brauchwasser	Wasser mit Güteanforderungen unterhalb des Trinkwassers mit unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten.
Braunwasser	Fäzes mit Spülwasser aus der Toilette.
Dezentral organisiert	Organisationsform bezogen auf eine kleine Funktionseinheit.
Fäzes	Feste menschliche Ausscheidungen.
Fäkalien	Urin und Fäzes.
Gelbwasser	Urin mit Spülwasser.
Grauwasser	Stoffstrom aus dem häuslichen Bereich ohne Fäkalien.
Mischwasser	Mischung aus Regenwasser und Schmutzwasser.
Schmutzwasser	Mischung aus Urin, Fäzes, Spülwasser und Grauwasser.
Schwarzwasser	Fäkalien mit Spülwasser.
Spültoilette	Toilette mit Wasserspülung zur Ableitung von Schwarzwasser mittels Schwerkraft.
Teilstrom	Einer oder mehrere der genannten Stoffströme.
Trinkwasser	Wasser zur Verwendung als Nahrungsmittel.
Urin	Flüssige menschliche Ausscheidungen.
Unterdrucktoilette	Toilette mit Wasserspülung zur Ableitung von Schwarzwasser mittels Unterdruck.
Zentral organisiert	Organisationsform bezogen auf die Summe mehrerer Funktionseinheiten.
PEST(LE)	Akronym für politische, wirtschaftliche, soziokulturelle, technologische, rechtliche und ökologische Einflussfaktoren.
SWOT	Akronym für Stärken, Schwächen, Chancen und Bedrohungen.

Vorwort

Die Abwassertechnik stellt unter den Bauleistungen eine Besonderheit dar, da ihr ein Umwelt-schutzgedanke und das Streben nach einer Verbesserung der Lebensqualität für alle zugrunde liegen. Wasser ist kein „Produkt“, das sich allein nach den Maßgaben der finanziellen Ausstattung eines Auftraggebers in Quantität, Qualität und Zuverlässigkeit verfügbar machen lässt. Es handelt sich vielmehr um ein für alle Menschen notwendiges Lebensmittel, das vielerorts nur in begrenztem Umfang zur Verfügung steht. Der Entwicklung und dem Export von Konzepten und Anlagentechnik zum Management von Wasserressourcen obliegt aus diesem Grund eine besondere Verantwortung, die nicht mit üblichen Leistungen der Bauindustrie vergleichbar ist.

Wegen der sich unaufhaltsam verschärfenden Wasserknappheit und unkontrollierbaren Städte-expansion in vielen Schwellen- und Entwicklungsländern sind Experten und Politiker seit ge-raumer Zeit der Auffassung, dass der Abwassertechnik eine Schlüsselrolle bei der Bekämpfung weltweiter Armut und Krankheiten zufällt. Allerdings hat es in den vergangenen Jahren in vie-len der betroffenen Länder kaum Fortschritte gegeben. Das betrifft insbesondere den afrikanischen Kontinent. Hier fehlt es zumeist nicht nur an finanziellen Mitteln und an der Akzeptanz der Bevölkerung für einen verantwortungsvollen Umgang mit Wasser.

In Westafrika gebaute siedlungswasserwirtschaftliche Anlagen offenbaren noch weitere sehr gravierende Probleme, nämlich die aufwändige Instandhaltung und den teuren Betrieb der An-lagen. Dies macht neben den fehlenden finanziellen Mitteln zum Bau von Anlagen einen er-folgreichen flächendeckenden Einsatz von Abwasseraufbereitungstechnologien in den meisten Schwellen- und Entwicklungsländern bisher unmöglich.

Um wirksame und erfolgreiche Konzepte zu entwickeln, bedarf es einer Gesamtstrategie, die neuartige und angepasste Technologien auf neue wirtschaftliche Ziele ausrichtet: sowohl die Finanzierbarkeit als auch die Funktion der Betriebsabläufe. Um das zu erreichen, sind neuartige Technologien erforderlich, die Abwasserkosten senken und Wertschöpfungsketten erschließen, aber auch neue Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, die Planungsprozesse integrativ begleiten und bereits während der Konzeptentwicklung belastbare Aussagen über die Wirtschaftlichkeit der Anlagen in der Betriebsphase zulassen. Dabei müssen sozioökonomische, politische, kulturelle, klimatische und sonstige Einflüsse berücksichtigt und integriert werden.

Vor diesem Ansatz können die wenig entwickelten siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastruk-turen auch als eine Chance für die betroffenen Regionen betrachtet werden: Denn unsere eigen- en etablierten konventionellen Strukturen erschweren eher den Aufbau neuartiger und ange-passter Technologien und entsprechen häufig nicht den landesspezifischen Anforderungen an Wirtschaftlichkeit und Wasserressourcenmanagement.

Die vorliegende Arbeit nimmt sich dieser Chance für das Land Nigeria an. In ihr werden ein neuartiges Sanitärkonzept und eine planungsbegleitende Analyse-methode entwickelt, die einen dauerhaften und wirtschaftlichen Betrieb von Abwassersystemen in Westafrika ermöglichen sollen.

Der Autor verbrachte insgesamt 2 ½ Jahre im afrikanischen Ausland und betreute als Planungs- und Projektingenieur verschiedene Infrastrukturprojekte in Nigeria. Viele der in dieser Arbeit enthaltenen Ideen und Ansätze gehen auf Erfahrungen aus diesen Projekten zurück.

Aachen, Im Februar 2011

Universitätsprofessor Dr.-Ing. Rainard Osebold