

WIENER MITTEILUNGEN

WASSER • ABWASSER • GEWÄSSER

Beitrag zum Benchmarking von Abwasserreinigungsanlagen

Stefan Lindtner

Band 189 - Wien 2004

WIENER MITTEILUNGEN

WASSER • ABWASSER • GEWÄSSER

Band 189

Beitrag zum Benchmarking von Abwasserreinigungsanlagen

Stefan Lindtner

Herausgeber
Prof. Dipl.Ing. Dr. H. Kroiß
Technische Universität Wien
Institut für Wassergüte
und Abfallwirtschaft

Dissertationsschrift zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der technischen Wissenschaften
an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen



Institut für Wassergüte
und Abfallwirtschaft
TU- Wien

Karlsplatz 13 / 226
1040 Wien

Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft
Karlsplatz 13/226; 1040 Wien
Tel: + 43 1 58801 - 22611
Fax: + 43 1 58801 - 22699
Mail: iwag@iwag.tuwien.ac.at

Alle Rechte vorbehalten.
Ohne Genehmigung der Herausgeber ist es nicht gestattet,
das Buch oder Teile daraus zu veröffentlichen
© Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft TU-Wien, 2004

Druck: Riegelnik
1080, Piaristengasse 19

ISSN 0279 - 5349
ISBN 3 - 85234 - 080 - 2

KURZFASSUNG

Benchmarking für Abwasserreinigungsanlagen stellt ein Controllinginstrument dar, bei dem mehrere Anlagen kontinuierlich verglichen werden, um den beziehungsweise die besten der Branche zu eruiieren. Das Wissen, welche Leistung zu welchen Kosten und in welcher Art und Weise erbracht werden kann (best practice), ermöglicht eine zielgerichtete Vorgangsweise bei der Optimierung einer Kläranlage.

In der vorliegenden Arbeit erfolgt der Vergleich von Kläranlagen mit Hilfe definierter Prozesse. Vor dem Hintergrund, dass die vorgestellte Methode für alle österreichischen Kläranlagen gelten soll, wurde die für einen Vergleich erforderliche Einteilung der Kläranlagen in Größengruppen entsprechend den gesetzlichen, verfahrenstechnischen und kostenrechnerischen Gegebenheiten vorgenommen. Auch der Detaillierungsgrad des jeweils verwendeten Prozessmodells wurde der Größengruppe angepasst. Um eine einheitliche Basis der kaufmännischen Daten garantieren zu können, muss die Kostenrechnung dem jeweiligen Prozessmodell angepasst werden. Da die Berechnung von spezifischen Kosten mit möglichst sensitiven Bezugsgrößen durchzuführen ist, wurden mehrer mögliche Bezugsgrößen mit Hilfe einer Bezugsgrößenanalyse statistisch untersucht. Eine dreistufige Plausibilitätsprüfung und die Entwicklung einer Benchmarking-Kennzahlensystematik, die in der vorliegenden Arbeit beschrieben werden, stellen wesentliche Elemente der Kläranlagen Benchmarkingmethode dar. Die vorgestellte Plausibilitätsprüfung soll eine möglichst rasche und wirksame Datenprüfung ermöglichen. Mit Hilfe des entwickelten Kennzahlensystems soll der Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen auf eine rationale Basis gestellt werden und den fachlichen Diskurs in Form klar beschriebener Kennzahlen unterstützen. Die Definition der Begriffe Benchmarkanlage, Benchmark und Benchmarkbereich schließen die Arbeit ab.

INHALTSVERZEICHNIS

1	<u>EINLEITUNG</u>	1
2	<u>CONTROLLINGKONZEPTIONEN</u>	5
2.1	OPERATIVES UND STRATEGISCHES CONTROLLING	5
2.2	VOM DENKEN IN FUNKTIONEN ZUM DENKEN IN PROZESSEN	7
2.3	REENGINEERING VERSUS PROZESSMANAGEMENT	7
2.4	CONTROLLING IN DER ÖFFENTLICHEN VERWALTUNG	8
2.5	BALANCED SCORECARD	9
2.6	BENCHMARKING	10
3	<u>BENCHMARKING IN DER ABWASSERWIRTSCHAFT</u>	11
4	<u>BENCHMARKING VON ABWASSERREINIGUNGSANLAGEN</u>	16
4.1	ORGANISATORISCHER ABLAUF EINES BENCHMARKING	18
4.2	VERGLEICH DER ANLAGEN MIT HILFE VON PROZESSEN	21
4.2.1	ZUORDNUNG VON PUMP- UND HEBEWERKEN	25
4.2.2	GESAMTPROZESS – ABWASSERREINIGUNG	26
4.2.3	PROZESS 1 – MECHANISCHE VORREINIGUNG	27
4.2.4	PROZESS 2 – MECHANISCH-BIOLOGISCHE ABWASSERREINIGUNG	28
4.2.5	PROZESS 3 – EINDICKUNG UND STABILISIERUNG	30
4.2.6	PROZESS 3.1 - ÜBERSCHUSSSCHLAMMEINDICKUNG	32
4.2.7	PROZESS 3.2 - SCHLAMMSTABILISIERUNG	33
4.2.8	PROZESS 4 – WEITERGEHENDE SCHLAMMBEHANDLUNG	33
4.2.9	PROZESS 4.1 - SCHLAMMENTWÄSSERUNG	35
4.2.10	PROZESS 4.2 – SCHLAMMVERWERTUNG / SCHLAMMENTSORGUNG	36
4.2.11	HILFSPROZESSE	37
4.2.12	HILFSPROZESS I - OBLIGATORISCHE HILFSPROZESSE	38
4.2.13	HILFSPROZESS II - FAKULTATIVE HILFSPROZESSE	39
4.3	PROZESSORIENTIERTE KOSTENRECHNUNG	40
4.3.1	NORMIERTE KAPITALKOSTEN	42
4.3.2	BETRIEBSKOSTEN	45
4.3.3	KALKULATORISCHE ZUSATZKOSTEN	47
4.4	DATENLAGE UND DATENVERFÜGBARKEIT	50
4.5	PLAUSIBILITÄTSKONTROLLE	51
4.5.1	GROBE PLAUSIBILITÄTSPRÜFUNG DER KLÄRANLAGENZULAUFDATEN	53
4.6	BEZUGSGRÖßEN	60
4.6.1	BEZUGSGRÖßENANALYSE DER BETRIEBKOSTEN	62
4.6.2	BEZUGSGRÖßENANALYSE DER KAPITALKOSTEN	67
4.6.3	BEZUGSGRÖßENANALYSE DER JAHRESKOSTEN	70
4.6.4	WEITERGEHENDE STATISTISCHE AUSWERTUNGEN	71
4.6.5	BESONDERHEITEN BEI DER VERWENDUNG DER AUSGEWÄHLTEN BEZUGSGRÖßEN	79

4.7	VERGLEICH DER ANLAGEN IN GRÖBENGRUPPEN	81
4.7.1	GESETZLICHE VORGABEN	82
4.7.2	VERFAHRENSKONZEPTION	85
4.7.3	DEGRESSIVE ENTWICKLUNG DER SPEZIFISCHEN KOSTEN MIT DER ANLAGENGRÖßE	86
4.7.4	GRÖßENGRUPPENEINTEILUNG UND PROZESSMODELL	88
4.8	ENTWICKLUNG EINER BENCHMARKING-KENNZAHLENSYSTEMATIK	90
4.8.1	TECHNISCHE GRUNDZAHLEN IN FORM VON INPUT- UND OUTPUTGÜTERN	92
4.8.2	EFFIZIENZKENNZAHLEN ZUR BEURTEILUNG DER WIRTSCHAFTLICHKEIT DER PROZESSE	94
4.8.3	EFFEKTIVITÄTSKENNZAHLEN ZUR BEURTEILUNG DER WIRKSAMKEIT DER PROZESSE	98
4.8.4	SCHLÜSSELKENNZAHLEN	101
4.8.5	BENCHMARK-KENNZAHLEN UND DAS KENNZAHLENSYSTEM DER IWA	105
4.9	DEFINITION VON BENCHMARKBEREICH, -ANLAGEN UND BENCHMARKS	111
4.9.1	FESTLEGUNG DES BENCHMARKBEREICHES	111
4.9.2	VORAUSSETZUNGEN FÜR BENCHMARKANLAGEN	113
4.9.3	FESTLEGUNG VON BENCHMARKS	114
4.10	KOSTEN UND NUTZEN BEIM BENCHMARKING	116
4.10.1	KOSTEN-NUTZEN-VERHÄLTNIS DES BENCHMARKING	116
4.10.2	KOSTEN-NUTZEN-VERHÄLTNIS DER ABWASSERREINIGUNG	118
5	ZUSAMMENFASSUNG	121
6	LITERATUR	127

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Einflussfaktoren auf die Betriebskosten von Kläranlagen (nach Scheer, 1999)	2
Abbildung 2:	Hierarchie der Managementebenen (Dyckhoff, 2000)	3
Abbildung 3:	Verknüpfung von operativem und strategischem Controlling (nach Gabler, 1997)	6
Abbildung 4:	Ablauf eines Benchmarkingprojektes (vergleiche Schulz, 2000).....	18
Abbildung 5:	Die Haupt- und Teilprozesse des Abwasserreinigung.....	23
Abbildung 6:	Gesamtprozess - Abwasserreinigung.....	26
Abbildung 7:	Prozess 1 – mechanische Vorreinigung	27
Abbildung 8:	Prozess 2 – mechanisch-biologische Abwasserreinigung	29
Abbildung 9:	Prozess 3 – Schlammverdickung und Stabilisierung (grau hinterlegt der Teilprozess 3.1 Überschussschlammverdickung; nicht grau hinterlegt der Teilprozess 3.2 Schlammstabilisierung).....	31
Abbildung 10:	Prozess 4 – weitergehende Schlammbehandlung (grau hinterlegt der Teilprozess 4.1 Schlammwässerung; nicht hinterlegt Teilprozess 4.2 Schlammverwertung/-entsorgung).....	34
Abbildung 11:	Darstellung der Kostenrechnungsstruktur	41
Abbildung 12:	Vergleich der relativen Indices, bezogen auf das Jahr 2000.....	45
Abbildung 13:	Kennzahlenbildung und abgestufte Plausibilitätsprüfung	52
Abbildung 14:	Phosphorfrachten je Einwohnerwert (EW-BSB ₅₋₆₀) in Abhängigkeit des Verhältnisses Einwohner zu Einwohnerwert.....	54
Abbildung 15:	Stickstofffrachten je Einwohnerwert (EW-BSB ₅₋₆₀) in Abhängigkeit des Verhältnisses Einwohner zu Einwohnerwert.....	54
Abbildung 16:	Phosphor und Stickstofffrachten je Einwohnerwert (EW-BSB ₅₋₆₀) in Abhängigkeit des Verhältnisses Einwohner zu Einwohnerwert.....	56
Abbildung 17:	Häufigkeitsverteilung der Verhältnisse von Einwohner zu EW-Belastung und von EW-Belastung zu EW-Ausbau	57
Abbildung 18:	Plausible spezifische Phosphor- und Stickstoffzulaufmengen einer Kläranlage und Abgrenzung der erwarteten E/EW-Bereiche in Abhängigkeit der Ausbaugröße	58

Abbildung 19:	Unplausible spezifische Phosphor- und Stickstoffzulaufmengen einer Kläranlage und Abgrenzung der erwarteten E/EW-Bereiche in Abhängigkeit der Ausbaugröße.....	59
Abbildung 20:	Korrelation der Gesamtbetriebskosten mit möglichen Bezugsgrößen....	64
Abbildung 21:	Korrelation der Kapitalkosten mit EW-Ausbau und Ewnorm-Ausbau...	69
Abbildung 22:	Korrelation der Jahreskosten mit möglichen Bezugsgrößen.....	71
Abbildung 23:	Lineare Korrelation der Betriebs- und Jahreskosten mit EW-CSB110 und der Kapitalkosten mit Ewnorm-Ausbau nach erfolgter doppellog-Transformation	74
Abbildung 24:	Korrelation der Kosten mit den jeweiligen Bezugsgrößen und Darstellung des berechneten mittleren Fehlerbereiches der Kosten (strichlierte Linien)	78
Abbildung 25:	Anzahl an Kläranlagen in Abhängigkeit der Ausbaugröße in Österreich und der Kläranlagen, die an den Kläranlagennachbarschaften (=KAN) des ÖWAV teilnehmen.	84
Abbildung 26:	Anteil der Anlagen mit Faulung, aerober Stabilisierung sowie simultaner bzw. anderer Stabilisierung in Abhängigkeit der Größenklasse	86
Abbildung 27:	Degressive Entwicklung der Betriebskostenkurve, welche im Zuge der Studie Abwasserentsorgung Lainsitztal entwickelt wurde, verglichen mit den ermittelten spezifischen Betriebskosten beim Benchmarking-Forschungsprojekt 2001	87
Abbildung 28:	Größengruppeneinteilung beim Benchmarking und angepasste Prozessmodelle.....	89
Abbildung 29:	Kennzahlensystematik (abgeändert nach Zerres 2000)	90
Abbildung 30:	Input- und Outputgüter am Beispiel einer Kläranlage mit Schlammfaulung.....	93
Abbildung 31:	ABC-Analyse der Kostenpositionen einer Kläranlage	103
Abbildung 32:	Darstellung der relevantesten Kostenpositionen (= Gruppe A der ABC-Analyse).....	104
Abbildung 33:	spezifische Betriebskosten in Abhängigkeit des Leistungskennwertes	119
Abbildung 34:	Haupt- und Teilprozesse der Abwasserreinigung	122
Abbildung 35:	Benchmarking-Größengruppen und angepasste Prozessmodelle	123

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Prozessdefinition (nach Schmelzer & Sesselmann, 2001).....	24
Tabelle 2:	Vergleich des Bestimmtheitsmaßes unterschiedlicher Regressionsfunktionen.....	61
Tabelle 3:	Bestimmtheitsmaß der Regressionsfunktion von Prozessbetriebskosten mit möglichen Bezugsgrößen	66
Tabelle 4:	Bestimmtheitsmaß der Regressionsfunktionen der Prozesskapitalkosten mit möglichen Bezugsgrößen.....	69
Tabelle 5:	Ergebnis der Prüfung der Regressionsfunktion	76
Tabelle 6:	Auszug aus der 1. Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser 1996.....	83
Tabelle 7:	Effizienzkennzahlen der Prozesse	94
Tabelle 8:	Effektivitätskennzahlen der Prozesse und zugehörige Prozesskennzahlen	99
Tabelle 9:	Struktur der Performance Indikatoren und Beispiele	106
Tabelle 10:	Matrix der IWA Performance Indicators Datenzuverlässigkeit und - ungenauigkeit.....	106
Tabelle 11:	Performance Indicators, die direkt aus Input- und Outputgütern beziehungsweise dem Benchmarking Kennzahlensystem abgeleitet werden können	108
Tabelle 12:	Prozentsätze zur Berechnung des Benchmarkbereiches.....	112
Tabelle 13:	Absolute und relative theoretische Betriebskostenminderung je Gruppe bzw. je Anlage	117

1 Einleitung

Aufgabe der Abwasserreinigung ist es, zuverlässig unerwünschte Schmutzstoffe aus dem Abwasser zu entfernen und soweit zu reinigen, dass es in die Gewässer eingeleitet werden kann. Die Anforderungen an Gewässerschutz und Abwasserreinigung sind naturwissenschaftlich nicht eindeutig ableitbar, sondern müssen politisch ausgehandelt werden. Dabei geht es auch um die Frage, wieviel die Gesellschaft bereit ist, für den Schutz der Gewässer auszugeben (Gujer, 1999).

Geht man davon aus, dass die gesetzlichen Anforderungen das derzeit gültige Wertesystem repräsentieren, so leitet sich aus dem Wasserrechtsgesetz (WRG 1959) und den dazugehörigen Emissionsverordnungen und Immissionsregelungen die Bereitschaft der Gesellschaft in Bezug auf den Gewässerschutz in Österreich abgeleitet werden.

Die Mindestanforderungen an die kommunale Abwasserreinigung in Österreich sind in der 1. Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser (1. AEVka, Bundesgesetzblatt, 1996) beschrieben. Darin enthalten sind die Forderungen nach Stickstoff- und Phosphorentfernung bei Anlagen über 5.000 EW bzw. über 1.000 EW, die dem Schutz der lokalen Gewässer und auch der Binnenmeere (Nordsee und Schwarzes Meer) dient enthalten. Die Stickstoffentfernung von 70 % im Jahresmittel wurde so gewählt, dass einerseits die Vielfalt der biologischen Reinigungsverfahren kaum eingeschränkt wurde, und sie andererseits ohne Zusatzkosten erreicht werden kann. Die aktuellen Mindestanforderungen sind ökologisch und ökonomisch gut begründbar. (Kroiss, 2002).

Sobald die österreichischen Großkläranlagen von Wien und Graz sowie eine Reihe anderer Kläranlagen an den Stand der Technik angepasst sind und noch eine größere Anzahl von kleinen Kläranlagen im abflussarmen Osten und Südosten des Bundesgebietes in Betrieb gegangen sein werden, werden die Werterhaltung und die laufende Modernisierung der bestehenden Infrastruktur gegenüber einer Neuerrichtung in den Vordergrund treten. Einen weiteren Schwerpunkt in der Zukunft der österreichischen Abwasserwirtschaft stellt die kontinuierliche Optimierung des laufenden Betriebes der Abwasserentsorgungsanlagen dar. Eine große Zahl sehr unterschiedlichen

Faktore, die die Betriebskosten einer Abwasserreinigungsanlage beeinflussen (siehe Abbildung 1), muss dabei berücksichtigt werden.

Entsprechend dieser Vielzahl an Einflussfaktoren auf die Betriebskosten von Abwasserreinigungsanlagen, liegt ein möglicher Ansatz der Optimierung darin, Anlagen, die die geforderten Leistungen sehr effizient und effektiv erfüllen, zu identifizieren. Das Wissen, welche Leistungen zu welchen Kosten im besten Fall erbracht werden können, ermöglicht ein zielgerichtetes Vorgehen bei der Optimierung einer Abwasserreinigungsanlage.

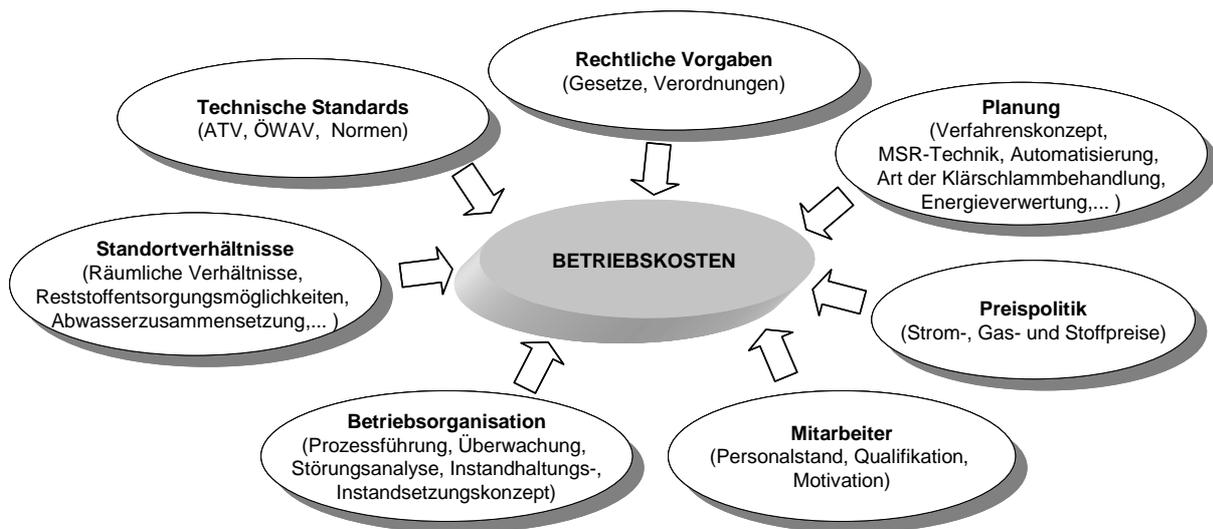


Abbildung 1: Einflussfaktoren auf die Betriebskosten von Kläranlagen (nach Scheer, 1999)

Eine derartige Vorgehensweise wird als Benchmarking bezeichnet und stellt eines der so genannten „New Public Management (NPM) orientierten Controllingkonzepte“ dar. Unter NPM versteht man die Implementierung eines neuen Managementverständnisses in der öffentlichen Verwaltung. Dabei können auch Abwasserreinigungsanlagen als Leistungserbringer öffentlicher Aufgaben verstanden werden. Benchmarking stellt ein Steuerungswerkzeug dar, mit dem der Betrieb optimiert werden kann, bei dem aber auch im Hinblick auf die Werterhaltung der Infrastruktur von jenen Kläranlagen gelernt werden kann, die als beste in den jeweiligen Bereichen identifiziert werden.

Für die Einordnung von Benchmarking als Controllingkonzept eines (Abwasser)-Unternehmens kann in Anlehnung an Dyckhoff (2000) das Führungs- und Managementsystem in verschiedene Ebenen untergliedert werden (siehe Abbildung 2).

Auf der normativen Ebene muss überprüft werden, inwieweit das Unternehmen legal und legitim handelt. Die strategischen Managementebene legt die grundsätzliche Richtung der Unternehmensführung fest. Die taktische Ebene legt fest, welche Wege zur Umsetzung beschritten werden und das operative Management bestimmt die einzelnen Schritte auf diesem Weg. Während sich die normative und strategische Ebene auf das Unternehmen als Ganzes beziehen, werden in der taktischen und operativen Ebene konkrete Teilentscheidungen und Maßnahmenbündel umgesetzt, was durch horizontal verlaufende Segmente in der Abbildung 2 dargestellt ist. Mit der Hierarchie der Managementebenen geht von oben nach unten ein abnehmender Planungshorizont einher, verbunden mit einer wachsenden Vollständigkeit, Detailliertheit und Sicherheit der Informationen (Dyckhoff, 2000).

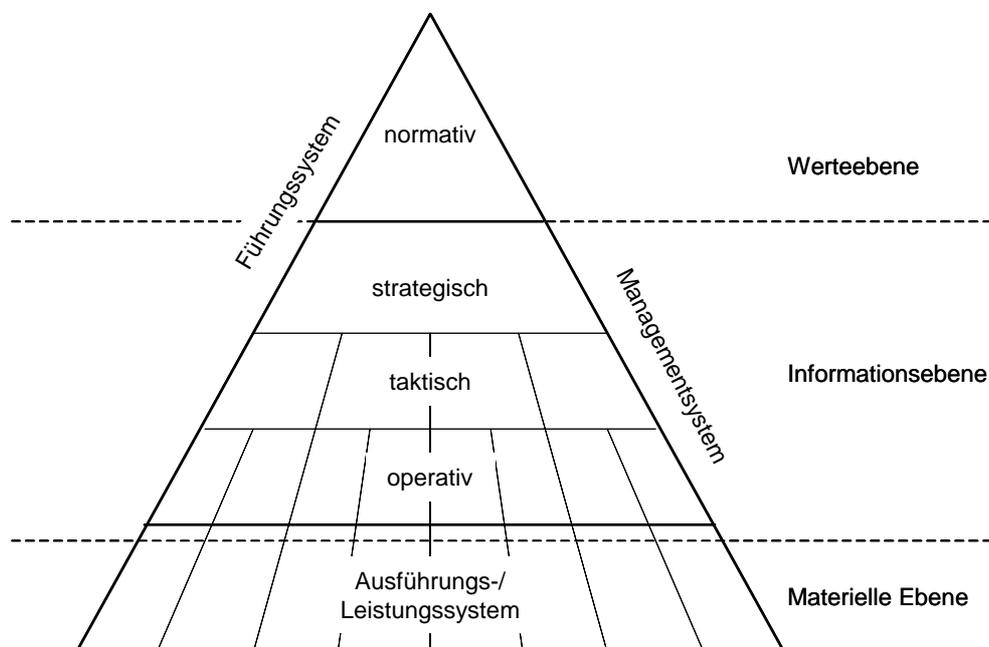


Abbildung 2: Hierarchie der Managementebenen (Dyckhoff, 2000)

Auf die Abwasserwirtschaft umgelegt, bedeutet dies, dass jedes Abwasserunternehmen, unabhängig von der Unternehmens- oder Betriebsform, die bereits erwähnten gesetzlichen Anforderungen erfüllen muss. Die Entscheidungen über Privatisierung, Betreibermodelle und dergleichen werden als grundsätzliche Richtungsentscheidung dem strategischen Management zugerechnet. Benchmarking hingegen stellt ein Instrument des operativen Managements dar, das bei der Umsetzung von Teilschritten angewendet werden kann.

Benchmarking wird in der Privatindustrie seit mehr als 20 Jahren erfolgreich eingesetzt. Für die Anwendung von Benchmarking im öffentlichen Sektor sprechen mehrere Gründe: Einerseits wird durch den Ehrgeiz und den Versuch, die Benchmark zu erreichen, eine Wettbewerbssituation geschaffen, die dem privaten Marktmechanismus entspricht und sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit der öffentlichen Unternehmung auswirkt. Andererseits ist Benchmarking für den öffentlichen Sektor allgemein und für Abwasserreinigungsanlagen im Speziellen prädestiniert, da die Unternehmungen nicht im Wettbewerb zueinander stehen. Dadurch ist es möglich, dass die verschiedenen Anlagenbetreiber, die das Gleiche tun (produzieren), nicht Konkurrenten zueinander sind und somit der gegenseitige Wissensaustausch und die Versorgung mit Primärinformationen nicht zu Wettbewerbsnachteilen einzelner Anlagen führen kann.

Da die öffentliche Verwaltung in Österreich erkannt hat, dass Benchmarking zur Steigerung der Effizienz und Effektivität von Abwasseranlagen verwendet werden kann (vergleiche BMLF, 2003), wurde in Zusammenarbeit von Ministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, acht Bundesländern und 71 Abwasserverbänden bzw. Gemeinden ein Benchmarking Forschungsprojekt initiiert. Dieses hatte die Entwicklung einer Benchmarkingmethode für Abwasseranlagen zum Ziel. Das Benchmarking-Forschungsprojekt (BM-Forschungsprojekt) umfasste den gesamten Leistungsbereich der Abwasserentsorgung, d.h. sowohl die Kanalisation als auch die Abwasserreinigung, wobei aus technischer Sicht einige Einschränkungen (Kläranlagengröße zwischen 5.000 und 100.000 Einwohnerwerte, einstufiges Belebungsverfahren,...) für die Teilnahme am Forschungsprojekt gemacht wurden. Die entwickelte Methode und auch die Ergebnisse des Projektes wurden in einem Endbericht veröffentlicht (Kroiss et al., 2001),

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird auf den für den Bereich Abwasserreinigung gewonnenen Erfahrungen, Ergebnissen und entwickelten Methoden aufgebaut und eine Benchmarkingmethode vorgestellt, die für alle österreichischen Kläranlagen anwendbar ist. Als Methode wird dabei nicht nur der systematische Vergleich von Prozessen verstanden, sondern die Vorgehensweise von der Einteilung der Kläranlagen in Gruppen über die Erhebung und Prüfung von Daten bis hin zur Festlegung von Kennzahlen, an Hand derer die Effektivität und Effizienz einer Kläranlage gemessen werden kann.

2 Controllingkonzeptionen

Da Benchmarking als Controllingwerkzeug in der Abwasserwirtschaft eine relativ neue Erscheinung darstellt, wird in diesem Kapitel der Versuch unternommen, die Begriffe Controlling im Allgemeinen und Benchmarking als spezielles Controlling-Werkzeug einzuordnen und anderen Managementtools gegenüber zu stellen. Ausgehend vom rein operativen Controlling der sechziger Jahre, über den Wandel vom Denken in Funktionen, hin zum Denken in Prozessen bis zu den New Public Management orientierten Controllingkonzepten (=NPM) der neunziger Jahre, werden die Entwicklungsschritte des Controllings im Allgemeinen und deren Anwendung im öffentlichen Sektor aufgezeigt.

Controlling ist ein funktionsübergreifendes Steuerungsinstrument, das den unternehmerischen Entscheidungs- und Steuerungsprozess durch zielgerichtete Informationener- und -verarbeitung unterstützt. Der Controller sorgt dafür, dass ein wirtschaftliches Instrumentarium zur Verfügung steht, das vor allem durch systematische Planung und der damit notwendigen Kontrolle hilft, die aufgestellten Unternehmensziele zu erreichen (Preißler, 1995). Controlling hat sich, wirtschaftshistorisch betrachtet, aus dem Rechnungswesen heraus als Konzept der Gewinnsteuerung entwickelt und stellt ein Konzept zur gewinnorientierten Steuerung der unternehmerischen Wertschöpfung dar (Gabler, 1997).

Zur Klarstellung des englischen Begriffes „Control“ sei noch auf Horváth (1998) verwiesen, der ausdrücklich darauf hinweist, dass „Control“ nicht mit „Kontrolle“ übersetzt werden darf. In sinngemäßer Übersetzung könnte man von Unternehmenssteuerung sprechen. Controlling im Sinne von Steuerung ist eine zentrale Managementaufgabe. Jeder Manager übt auch Controlling aus.

2.1 Operatives und Strategisches Controlling

Bis Ende der sechziger Jahre dominierte die sogenannte Langfristplanung, die mit Hilfe von Trendextrapolationen das operative Geschehen in die Zukunft projizierte (Horváth, 1998). Die stetige Notwendigkeit, sich einer sich schnell verändernden Umwelt immer rechtzeitig anzupassen, erforderte auch eine Ergänzung des operativen Controllings durch ein strategisches Controlling.

Gabler (1997) schreibt dazu, dass das strategische Controlling eine Fortentwicklung des operativen Controllings ist und eine unverzichtbare Voraussetzung für eine moderne, strategisch orientierte Unternehmensführung darstellt. Strategisches Controlling ist ein Führungskonzept, das die Aufgabe hat, die nachhaltige Unternehmensexistenz vorausschauend durch systematische Erschließung bestehender und Schaffung neuer Erfolgspotenziale in einer sich ständig wandelnden Umwelt zu sichern. Operatives Controlling ermittelt den Erfolgsengpass mit Hilfe von rückschauenden Soll-Ist-Analysen. Strategisches Controlling löst sich von dieser rückschauenden Analyse und untersucht die absehbaren Wirkungen alternativer Strategien auf eine prognostizierte Entwicklung. (Gabler, 1997).

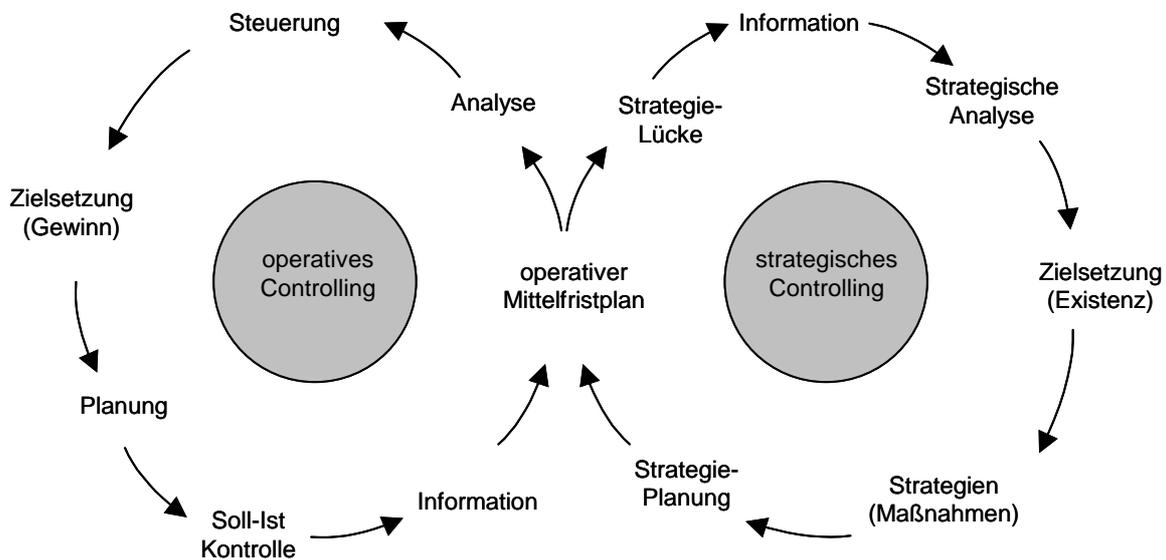


Abbildung 3: Verknüpfung von operativem und strategischem Controlling (nach Gabler, 1997)

In Abbildung 3 ist der Zusammenhang zwischen operativem und strategischem Controlling dargestellt. Der operative Mittelfristplan eines Unternehmens stellt die Verknüpfung vom Controlling der grundsätzlichen strategischen Zielsetzungen zur Unternehmenssicherung einerseits, und des Controllings der operativen Einzelschritte auf diesem Weg andererseits dar. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Einführung neuer Managementsysteme wie Reengineering oder Prozessmanagement als Maßnahmen des strategischen Controllings angesehen werden können, wohingegen Balanced-Scorecard und Benchmarking Werkzeuge des operativen Controllings darstellen.

2.2 Vom Denken in Funktionen zum Denken in Prozessen

Eines der größten Neuigkeitselemente der 90er Jahre war der Übergang von den traditionellen Strukturen und der konsolidierten Ablauforganisation zur Prozessorganisation. Der entscheidende Durchbruch für die Steigerung des Erfolges wurde in der Meisterung des Überganges von der funktionalen zur prozessorientierten Organisation gesehen. Prozessmanagement ist radikales funktions- und hierarchieübergreifendes Denken und Handeln aller Führungskräfte und Mitarbeiter und zielt auf eine Neugestaltung der Geschäftsprozesse ab (Hinterhuber, 1994). Ein Prozess ist eine Folge von Aktivitäten, deren Ergebnis eine Leistung für einen (internen oder externen) Kunden darstellt. Somit weist ein Prozess folgende Merkmale auf: Es besteht eine Kunden-Lieferanten-Beziehung, der Prozess hat einen Input, der Prozess hat einen festgelegten Output, es sind mehrere Stellen beteiligt und der Prozess wird von mindestens einer Stelle verantwortet. Für die Gestaltung des Controllings hat dies in einer prozessorientierten Organisation zur Folge, dass das Controlling selbst prozessorientiert sein muss, um seine Aufgaben auf Prozesse und nicht auf Funktionen auszurichten (Horváth, 1998). Da in vielen Organisationen die Prozessorientierung erst geschaffen werden muss, gewinnt das Controlling als „Prozessinnovator“ eine neue Aufgabe und regt gemeinsam mit dem Prozessteam Innovationen an, versorgt die Teams mit Informationen und greift koordinierend ein (Fischer, 1996).

2.3 Reengineering versus Prozessmanagement

Prozessmanagement und Reengineering waren Anfang der 90er Jahre die neuesten Trends im strategischen Management (Hinterhuber, 1994). Bei dem von Hammer und Champy (1994) entwickelten Konzept des Reengineerings werden alle Geschäftsprozesse in Frage gestellt und neue Abläufe erarbeitet. Beim Reengineering werden die Prozesse deshalb neu entworfen, um der Gefahr des Festschreibens von suboptimalen Prozessen zu verhindern. Im Vordergrund steht die Frage, ob einzelne Prozesse überhaupt notwendig sind und wie neu erarbeitete Prozesse optimal gestaltet werden können. Auf das Erfahrungswissen der am Prozess Beteiligten wird bewusst verzichtet, da man einen Bruch mit allen Traditionen erreichen will.

Beim Prozessmanagement hingegen werden bestehende Prozesse kontinuierlich verbessert, wobei die Basis jeder Verbesserung Daten sind.

Diese Daten werden zu Kennzahlen verdichtet, um den Fortschritt der Verbesserungen zu dokumentieren. Nach dem Prinzip der Rückkoppelungsschleife ermöglichen diese Kennzahlen den Mitarbeitern ihre Prozesse zu steuern (Kamiske & Fiermann, 1995).

Scheer et al. bezeichnen den Ansatz des Reengineering als revolutionären Ansatz und stellen diesem evolutionäre Ansätze gegenüber, welche die schrittweise Verbesserung der Prozesse im Sinne eines „Continuous Improvement“ anstreben (Scheer et al., 1996). Als Beispiel des Reengineering in der öffentlichen Verwaltung werden von den Autoren Privatisierungen und Dezentralisierungen genannt. Demgegenüber stellten sie Benchmarking als einen evolutionären Ansatz der Prozessoptimierung dar.

2.4 Controlling in der öffentlichen Verwaltung

Eine Besonderheit bei der Einführung von Controllinginstrumenten bilden Organisationen des öffentlichen Bereiches, zu denen in Österreich die überwiegende Anzahl an Abwasserentsorgungsbetrieben gezählt werden kann. Für die praktische Vorgehensweise bei der Einführung eines Controllings im öffentlichen Sektor wird das Vorgehen in fünf Phasen vorgeschlagen. Ausgehend von einem *Soll-Ist-Vergleich* werden in einer anschließenden *Diagnosephase* Problembereiche identifiziert, woraus in Phase III *Zielsetzungen* erfolgen. Die anschließende Phase der *Strategieentwicklung* dient der Gestaltung des konkreten Controllingsystems, das dann in der *Realisierungsphase* im Unternehmen umgesetzt wird (Becker et al., 1978).

Die Phase I setzt bestimmte Soll-Vorstellungen voraus, welche beispielsweise in Form eines Benchmarking, dem Vergleich mit dem Besten, erarbeitet werden können (vergleiche Kapitel 2.6).

Die Einführung von Controllinginstrumenten in der öffentlichen Verwaltung ist ein wesentlicher Bestandteil eines neuen öffentlichen Managementverständnisses, welches unter dem Begriff New Public Management (NPM) zusammengefasst wird. Beim NPM geht es um eine neue auch ökonomisch definierte Rolle und um ein entsprechendes Funktionsverständnis von Staat und Verwaltung. NPM mit einer geänderten externen Konzeption – Wettbewerbsorientierung, Wahlmöglichkeit der Nutzer, stärkere Finanzierung über Leistungsnutzer - zielt ab auf die

Verbesserung von Effektivität, Effizienz und Kostenwirtschaftlichkeit (Gabler, 1997).

Die öffentlichen Verwaltung hat den gesetzlichen Auftrag, nach den Grundsätze der Sparsamkeit, Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit (Bundesgesetzblatt, 1999) zu handeln. Da Effektivität mit Zweckmäßigkeit und Effizienz mit Sparsamkeit gleichgesetzt werden kann, dient NPM in der Definition nach Gabler „Verbesserung von Effektivität, Effizienz und Kostenwirtschaftlichkeit“ den gesetzlichen Anforderungen an die öffentliche Verwaltung,

Benchmarking und Balanced Scorecard sind die in letzter Zeit am häufigsten diskutierten Instrumente einer New Public Management-orientierten Controllingkonzeption (Stegmann, 2002), weshalb beide Konzepte im Folgenden kurz erläutert werden.

2.5 Balanced Scorecard

Die Balanced Scorecard beinhaltet ein Bündel von Leistungskennzahlen, das dem Management eine schnelle und gleichzeitig umfassende Sicht des Unternehmens vermittelt (Kaplan & Norton, 1997). In der Vergangenheit wurden vorwiegend Finanzgrößen (Umsatz, Gewinn, Renditen, Kosten) zur Steuerung des Unternehmens verwendet. Im Konzept der Balanced Scorecard wird die finanzielle Sicht um drei zusätzliche Perspektiven erweitert: Kunden-, Prozess- und Lern- bzw. Innovationssicht. Aus diesen Sichten wurden keine finanziellen Kennzahlen abgeleitet, die das finanzielle Ergebnis maßgeblich beeinflussen (Schmelzer & Sesselmann, 2001). Die Balanced Scorecard präsentiert sich somit als strukturierte Sammlung von Kennzahlen. Nach ihren „Erfindern“ (Kaplan & Norton, 1992) stellt sie aber in erster Linie nicht ein neues Kennzahlensystem dar, sondern soll als Managementsystem vielmehr Bindeglied zwischen Entwicklung einer Strategie und ihrer Umsetzung sein.

Alle Ziele und Kennzahlen der Balanced Scorecard müssen mit einem oder mehreren Zielen der finanzwirtschaftlichen Perspektive verbunden sein. Diese Verknüpfung mit finanzwirtschaftlichen Zielen stellt deutlich heraus, dass alle Strategien, Programme und Initiativen letztlich nur ein Ziel haben: die finanzwirtschaftlichen Ziele für die Geschäftseinheit zu erreichen. Jede für eine Scorecard ausgewählte Kennzahl sollte Teil einer Ursache-Wirkungskette sein, die ihr Ende in einem finanzwirtschaftlichen Ziel findet,

das die Strategie des Unternehmens bildet. Letzten Endes muss es aber einen Kausalzusammenhang aller Kennzahlen auf der Scorecard zu den finanzwirtschaftlichen Zielen des Unternehmens geben. (Schäffer, 2001)

2.6 Benchmarking

Benchmarking ist der kontinuierliche Vergleich von Produkten, Dienstleistungen sowie Prozessen und Methoden mit mehreren Unternehmen, um die Leistungslücken zum sogenannten „Klassenbesten“ systematisch zu schließen (Gabler, 1997). Benchmarking soll Leistungsunterschiede zur eigenen Organisation aufzeigen, Gründe für Leistungsunterschiede feststellen, Möglichkeiten für Leistungsverbesserungen vorschlagen und wettbewerbsorientierte Zielfestlegungen empfehlen. Die wichtigste Frage des Benchmarking lautet: WARUM machen andere etwas besser? Ziel und Aufgabe des Benchmarking ist es, die Denk- und Arbeitsweisen des eigenen Unternehmens zu überprüfen sowie die besten Praktiken ausfindig zu machen, mit denen überdurchschnittliche Wettbewerbsvorteile erreicht werden können (Schmelzer & Sesselmann, 2001).

In der Privatindustrie wird Benchmarking seit 20 Jahren erfolgreich eingesetzt. Als Benchmarkpionier ist Rank Xerox wohl das meistzitierte Unternehmen in diesem Zusammenhang. Das Unternehmen sah sich der Tatsache gegenübergestellt, dass die japanische Konkurrenz wesentlich billigere Kopiergeräte auf den Markt bringen konnte. Rank Xerox entwickelte daher eine Methode, bei der es jeden Bereich des Unternehmens mit einem vergleichbaren Bereich eines bekannten Marktführers verglich. So wurde beispielsweise die Forschungs- und Entwicklungsabteilung mit jener von Hewlett-Packard verglichen, das Rechnung- und Mahnwesen mit jenem von American Express und die Lagerhaltung mit L.L.Bean. Rank Xerox konnte aus den Erfahrungen, die es beim Vergleich mit den anderen Unternehmen gewonnen hat, wesentliche Einsparungen im eigenen Betrieb erzielen (Horváth, 1998; Liner et al., 1998).

Für die Einführung eines Benchmarking im öffentlichen Bereich schlägt Schedler (1996) folgende fünf Schritte vor: Projekt definieren und abgrenzen, Produkt bzw. Tätigkeit definieren, Daten sammeln, den Besten bestimmen, vom Besten lernen.

3 Benchmarking in der Abwasserwirtschaft

Wichtigstes Ziel einer zuverlässigen Kostenplanung und –steuerung ist es, dass unter Einhaltung der technischen, funktionalen und ggf. auch gestalterischen Anforderungen, die wirtschaftlichste Lösung zur Ausführung gelangt. Dies betrifft neben den Investitionskosten sinngemäß auch die Betriebs- und Instandhaltungskosten, da sich nur bei Berücksichtigung der Jahreskosten zutreffende Aussagen über die Wirtschaftlichkeit eines Projektes treffen lassen (Bohn, 1997).

Controllingkonzepte für die Abwasserwirtschaft bezogen sich in den 90er Jahren vor allem auf Steuerungskonzepte zur Einsparung von Investitionskosten, dem sogenannten Projektcontrolling (Bohn, 1997; Schröder et al., 1998). Controlling umfasst jedoch wesentlich mehr als nur reine Kontrollfunktionen bei einer Projektabwicklung. Der Begriff *Controlling* ist im Abwasserbereich zur Zeit in aller Munde. Leider wird er jedoch allzu oft nur mit der deutschen Bezeichnung *Kontrolle* übersetzt. (Bohn, 1998).

Aufgrund neuer Technologien, insbesondere im Bereich der Abwasserreinigung haben sich die Anforderungen an die Klärwerks- und Kanalbetriebe in den letzten Jahren grundlegend verändert. Die komplexere Anlagentechnik moderner Abwasseranlagen und ein gestiegenes Kostenbewusstsein in der Öffentlichkeit erfordern heute neue Lösungen für die Betriebsführung und –organisation. Dies reicht von der Personalorganisation bis zur konkreten Handlungsanweisung im täglichen Betriebsablauf (Pinnekamp & Ries, 1999).

Die International Water Association (=IWA) kam bezüglich Benchmarking vorerst den Bedürfnissen des Bereiches Wasserversorgung nach und hat durch die Herausgabe eines Kennzahlensystems „Performance indicators for water supply services“ die Grundlage für international einheitliche Vergleichskennzahlen geschaffen (Alegre, 2000; Naismith, 2001b; Parena & Smeets, 2000). Ein analoges Kennzahlensystem für Abwasserentsorgungsbetriebe wurde von der IWA 2003 entwickelt und veröffentlicht, worauf in Kapitel 1.1 noch näher eingegangen wird (Matos et al., 2003).

Eine Benchmarkinginitiative in **Afrika** stellt die Water Utilities Partnership (WUP) dar, welche 1996 mit Unterstützung der Weltbank von der Vereinigung Afrikanischer Wasserversorgungsunternehmen initiiert wurde. WUP entwickelte ein Kennzahlensystem für Wasserversorger und sanitäre Einrichtungen und stellte eine Internetplattform für den Vergleich dieser Kennzahlen zur Verfügung. Zur Verbreitung der best practice ist WUP bemüht, Partnerschaften zwischen den teilnehmenden Organisationen zu bilden (Naismith, 2000; Naismith, 2001a).

In den **USA** wurde Benchmarking Clearinghouse als gemeinsame Aktivität von American Water Works Association (AWWA), eine der weltweit größten Vereinigung von Wasserversorgern und Water Environment Federation (WEF), eine der weltweit größten Vereinigung von Abwasserentsorgern, gegründet (Naismith, 2000). Den Teilnehmern dieser Benchmarking-Initiative wird ein jährlicher Bericht der erhobenen Kennzahlen geboten, welcher Informationen über die Betriebsführung der Benchmark enthält. Weiters werden die Teilnehmer zur Teilnahme an Workshops eingeladen. Insgesamt werden 22 Benchmarks folgender fünf Geschäftsfelder ermittelt: Organisationsentwicklung, Management, Kundenzufriedenheit, Betrieb der Wasserversorgung und Betrieb der Abwasserentsorgung (American Water Works, 2003).

In der privatisierten Wasser- und Abwasserwirtschaft von **England und Wales** führt die Regulierungsbehörde Ofwat (The economic regulator for the water and sewerage industry in England and Wales) schon seit mehr als 10 Jahren Kennzahlenvergleiche durch, wobei das ursprüngliche Ziel die Steuerung der Tarifentwicklung war. Aufgrund einer Anordnung von Ofwat, demzufolge sich ineffiziente Unternehmungen einem Benchmarking unterziehen müssen, ergriff Water UK die Initiative und ließ in einem Forschungsprojekt eine Methode für ein flächendeckendes Benchmarking ausarbeiten. Als Ergebnis können sich nun Mitglieder von Water UK mit Nichtmitgliedern innerhalb von Großbritannien vergleichen (Naismith, 2000).

In den **Niederlanden** wurde ein sehr umfassendes, nationales Projekt gestartet, an dem auch die Wasserbehörden seit dem Jahr 1998 beteiligt sind. Zur leichteren Verständlichkeit der Situation in den Niederlanden kann darauf hingewiesen werden, dass die mehr als 400 Abwasserreinigungsanlagen des Landes im Auftrag von etwa 25 verschiedenen Wasserbehörden betrieben

werden. Das Projekt in den Niederlanden gliederte sich in eine Definitions- und Methodikentwicklungsphase, eine Phase, in der Angaben gesammelt wurden, sowie eine Phase der Verarbeitung und der Analyse dieser wasserbehördlichen Angaben. Im Gegensatz zur Ausarbeitung von Empfehlungen, die noch Teil des Projektes waren, fiel die Implementierung in die Verantwortung der jeweiligen Wasserbehörde. Der betriebliche Vergleich wurde ausdrücklich nicht auf finanzielle Aspekte beschränkt, sondern es wurde auch auf qualitative Aspekte Wert gelegt. Hinsichtlich der Rangordnung der betrachteten Aspekte wurde eine Methode entwickelt, die nach dem Balanced Scorecard Verfahren die Ausgewogenheit der folgenden fünf Aspekte berücksichtigt: Finanzen, Funktionieren der Einrichtungen, externe Perspektiven, Umwelt, Innovationsfreudigkeit der Unternehmen. Der betriebliche Vergleich des Klärmanagements erstreckt sich dabei auf das gesamte Verfahren der Abwasserentsorgung vom Transport des Abwassers über die Abwasserreinigung bis hin zur Klärschlamm Entsorgung. (vergleiche Admiraal & Heemst, 2000; Heemst, 1999)

In der **Schweiz** wurde einerseits bei einem Kennzahlenvergleichsprojekt die Kostensituation der Abwasserentsorgung untersucht, und andererseits wurden bei einem Benchmarkingprojekt 24 Schweizer Kläranlagen miteinander verglichen. Beim Kennzahlenvergleichsprojekt wurden ausschließlich vorhandene Daten verwendet und statistisch ausgewertet. Bei dem Projekt wurde der Frage nachgegangen, wie hoch die Kosten der Abwasserentsorgung in der Schweiz tatsächlich sind und ob die verrechneten Gebühren in einem rechtfertigbaren Ausmaß dazu stehen (Chaix, 2003). Das in der Schweiz durchgeführte Benchmarkingprojekt orientierte sich sowohl im Hinblick auf die Einteilung der Größengruppen als auch der Untergliederung in Prozesse sehr stark am österreichischen Benchmarking Forschungsprojekt, wodurch sehr interessante Vergleichsmöglichkeiten gegeben sind. Im Rahmen des Schweizer Projektes wurden auch verschiedene Einflussfaktoren bezüglich der Kosten auf Abwasserentsorgungsunternehmen untersucht. Dabei zeigte sich, dass neben der Größe der Kläranlage unter anderem auch ein hoher Anteil an Industrieabwasser sowie das Alter der Anlage einen maßgebenden Einfluss auf die jährlichen Kosten haben (Kappeler, 2003).

Bei einem weiteren internationalen Benchmarkingprojekt wurden die Betriebskosten von jeweils 20 Kläranlagen aus **Italien, Dänemark und Schweden** näher betrachtet. Da die Kapitalkosten unterschiedlicher Staaten nur sehr schwer vergleichbar gemacht werden können, beschränkte man sich bei diesem Projekt auf die Betriebskosten. Für den internationalen Vergleich

wurde der Fokus auf die vier Teilbereiche Energie, Chemikalien, Klärschlamm und Betriebspersonal gelegt. Diese vier Bereiche wurden sowohl auf monetärer als auch nicht monetärer Basis verglichen. Beim Vergleich der Anlagen wurden die Menge an gereinigtem Abwasser, die Ausbaugröße, die Reinigungsleistung sowie die an die Anlage angeschlossenen Einwohnergleichwerte berücksichtigt. Als Bezugsgröße für die spezifischen Kosten von Energie, Chemikalien und Klärschlamm wurde die aktuelle mittlere Belastung der Anlagen herangezogen. Die Personalkosten wurden sowohl auf die aktuelle als auch auf die Bemessungsbelastung bezogen. (Breschi & Lubello, 2000)

Anhand von zwei Benchmarkingprojekten, die Ende der 90er Jahre im deutschsprachigen Raum gestartet wurden, können zwei grundsätzlich unterschiedliche Wege bei der Umsetzung von Benchmarkingprojekten aufgezeigt werden (Schulz, 1999):

- 1) Entwicklung eines kombinierten technisch-wirtschaftlichen Kennzahlensystems und Vergleich von definierten Prozessen anhand der entwickelten Kennzahlen (weitgehend analytischer Ansatz)
- 2) Aufstellen von Hypothesen über die Auswirkung von Randbedingungen bzw. Einflussfaktoren (Hypothesenansatz)

Die Emschergenossenschaft und der Lippeverband begannen 1996 in **Deutschland** mit vier Kläranlagen ein Pilotprojekt, bei dem der weitgehend analytische Ansatz gewählt wurde. In der Phase I wurden die Rahmenbedingungen und Inhalte des Benchmarkingprojektes festgelegt. So einigte man sich beispielsweise darauf, nicht alle denkbaren Schwierigkeiten unterschiedlicher Anlagen bereits im ersten Schritt lösen zu wollen, sondern an die teilnehmenden Anlagen gewisse Kriterien zu stellen. Bei der Festlegung der kaufmännischen und technischen Kenngrößen wurde, unter Bedachtnahme des Aufwandes zum sich ergebenden Nutzen, ein Detaillierungsgrad gewählt, der fünf bis sechs Verfahrensstufen der Kläranlagen voneinander unterscheidet. Bei den Kosten wurde in 15 Kostenarten und ebenfalls in fünf bis sechs Kostengruppen untergliedert. Außerdem wurden in der Phase I gewisse Normierungsschritte und die Bildung kaufmännischer und technischer Kennzahlen festgelegt. Gegenstand der zweiten Projektphase war eigentliche Datenerhebung und deren

Plausibilitätsprüfung. Im dritten Projektabschnitt wurden die Daten der zuvor festgelegten Benchmarkbreite/-tiefe getestet und überprüft, ob eine weitergehende Datenerhebung sinnvoll und notwendig erscheint. In der vierten Projektphase wurden schließlich Benchmarks gebildet, Ursachen für Abweichungen analysiert und daraus Maßnahmenpläne erarbeitet. In einem Anschlussprojekt wurden die Erfahrungen der Emschergenossenschaft gemeinsam mit der Stadtentwässerung München auf Großkläranlagen übertragen und beispielsweise im Hinblick auf die Eigenstromerzeugung verfeinert. (Schulz et al., 1998; Stemplewski et al., 2000).

Ein Benchmarkingprojekt wurde mit Hilfe des Hypothesenansatzes Anfang 1998 im Bereich der Abwasserableitung von insgesamt 18 großen Abwasserentsorgungsunternehmungen aus **Österreich**, der **Schweiz** und **Deutschland** in Angriff genommen. Die am Projekt beteiligten Unternehmen einigten sich darauf, zwei Prozesse zu definieren und diese mit Hilfe des bereits erwähnten Hypothesenansatzes näher zu untersuchen. Man einigte sich auf folgende zwei Prozesse, die einer näheren Untersuchung zugeführt wurden: auf den Prozess *Kanalnetz renovieren, erneuern und erweitern* sowie den Prozess *Material beschaffen, verwalten und entsorgen*. Um sicher zu stellen, dass am Ende des Projektes auch jene Ergebnisse vorliegen, an denen die beteiligten Unternehmen maßgeblich interessiert waren, wurden gemeinsam Hypothesen formuliert. Eine Hypothese enthält eine Vermutung über einen Zusammenhang zwischen einer Outputgröße und einem Einflussfaktor. Für jeden Prozess wurden rund 80 mögliche Einflussfaktoren mit den Outputgrößen in Form von Hypothesen verknüpft. Ein Beispiel für eine dieser Hypothesen lautet: „Der Anteil der Fremdleistungen bei einer Kanalbaumaßnahme beeinflusst die Prozessdauer“. Die aufgestellten Hypothesen wurden dann anhand von statistischen Methoden auf deren Richtigkeit geprüft und daraus die entsprechenden Schlüsse gezogen. (Neuhold, 1999; Wibbe, 1999; Wiesmann, 1999)

4 Benchmarking von Abwasserreinigungsanlagen

Bei der Umsetzung von Benchmarkingprojekten kann, wie bereits vorgestellt, (siehe Kapitel 3) mit Hilfe folgender Ansätze vorgegangen werden:

- 1) Entwicklung eines kombinierten technisch-wirtschaftlichen Kennzahlensystems und Vergleich von definierten Prozessen anhand der entwickelten Kennzahlen
- 2) Aufstellen von Hypothesen über die Auswirkung von Randbedingungen bzw. Einflussfaktoren

Ein dritter Ansatz wird für die Testung und Optimierung von Regelstrategien der Sauerstoffzufuhr bei Abwasserreinigungsanlagen mit Hilfe der dynamischen Simulation verwendet. In diesem Fall können an Hand eine Musterkläranlage, die als Computermodell abgebildet wurde, Regelstrategien der Sauerstoffzufuhr getestet werden. Als Benchmark wird in diesem Fall jene Regelstrategie, die aufgrund von festgelegten Kriterien die besten Resultate erzielt, festgelegt.

Die in diesem Kapitel vorgestellte Methode, ist für ein Benchmarking entwickelt worden, welches mit Hilfe eines Kennzahlensystems den technisch wirtschaftlichen Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen und deren Prozesse ermöglicht. Ziel ist es, eine Grundlage zu schaffen, mit deren Hilfe eine Kostenoptimierung erreicht werden kann.

Die Kostenoptimierung von Abwasserreinigungsanlagen in Bezug auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis kann sowohl bei den Kosten als auch beim Nutzen, also beim Gewässerschutz, ansetzen. Das Optimum kann einerseits dort gesehen werden, wo die gesetzlichen Anforderungen mit minimalen Kosten erreicht werden, oder man definiert Optimum so, dass mit der bestehenden Infrastruktur ein Maximum für den Gewässerschutz - möglicherweise auch mit geringen Mehrkosten – erreicht wird.

Ziel der hier entwickelten Methode ist, die Kosten von Abwasserreinigungsanlagen zu minimieren, und zwar unter der Voraussetzung, dass die (gesetzlichen) Anforderungen an die Reinigungsleistung eingehalten werden.

Die im Folgenden vorgestellte Methode verfolgt demnach folgende Ziele:

- 1) Entwicklung einer Kennzahlensystematik, die den technisch wirtschaftlichen Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen im Expertenkreis ermöglicht
- 2) Identifikation von „Klassenbesten“ beziehungsweise Benchmarks unter Anwendung der Kennzahlensystematik
- 3) Kostenreduktion durch den Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen untereinander und mit der Benchmark

Um diese Ziele erreichen zu können, sind folgende Schritte erforderlich:

Um den Vergleich unterschiedlicher Abwasserreinigungsanlagen zu ermöglichen, ist die Unterteilung in definierte Prozesse erforderlich. Diesen Prozessen angepasst, müssen auch die Kosten erhoben werden, weshalb die Einführung einer prozessorientierten Kostenrechnung eine wesentliche Voraussetzung darstellt. Die spezifischen Betriebskosten verändern sich mit der Anlagengröße degressiv, aber auch die gesetzlichen Anforderungen und die Bedürfnisse der Detailliertheit des Prozessmodells sind von der Kläranlagengröße abhängig. Für den Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen werden daher Größengruppen gebildet, innerhalb derer Bestmarken identifiziert werden. Die Entwicklung einer Benchmarking-Kennzahlensystematik für die Beurteilung der Effektivität und Effizienz der definierten Prozesse sowie die vorgelagerte Plausibilitätskontrolle der Eingangsdaten stellen wesentliche Elemente für die Erreichung der Ziele dar.

Die entwickelte Methode stellt somit die Grundlage für ein Kläranlagen-Benchmarking dar. Die Identifizierung von Benchmarks und die entwickelte Kennzahlensystematik erlauben einen technisch wirtschaftlichen Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen im Expertenkreis. Die Ausarbeitung von Empfehlungen, die Ableitung von konkreten Maßnahmen und deren Implementierung sind durch die vorgestellte Methode nicht abgedeckt. Die Kontrolle von Umsetzungsmaßnahmen ist jedoch anhand der Kennzahlensystematik möglich.

4.1 Organisatorischer Ablauf eines Benchmarking

Der organisatorische Ablauf und die Vorgehensweise bei einem Benchmarkingprojekt werden in Abbildung 4 dargestellt. Auch in der Literatur (Admiraal & Heemst, 2000; Schulz & Leuenberger, 2002) werden ähnliche Phasen oder Module eines Benchmarkingprojektes beschrieben.

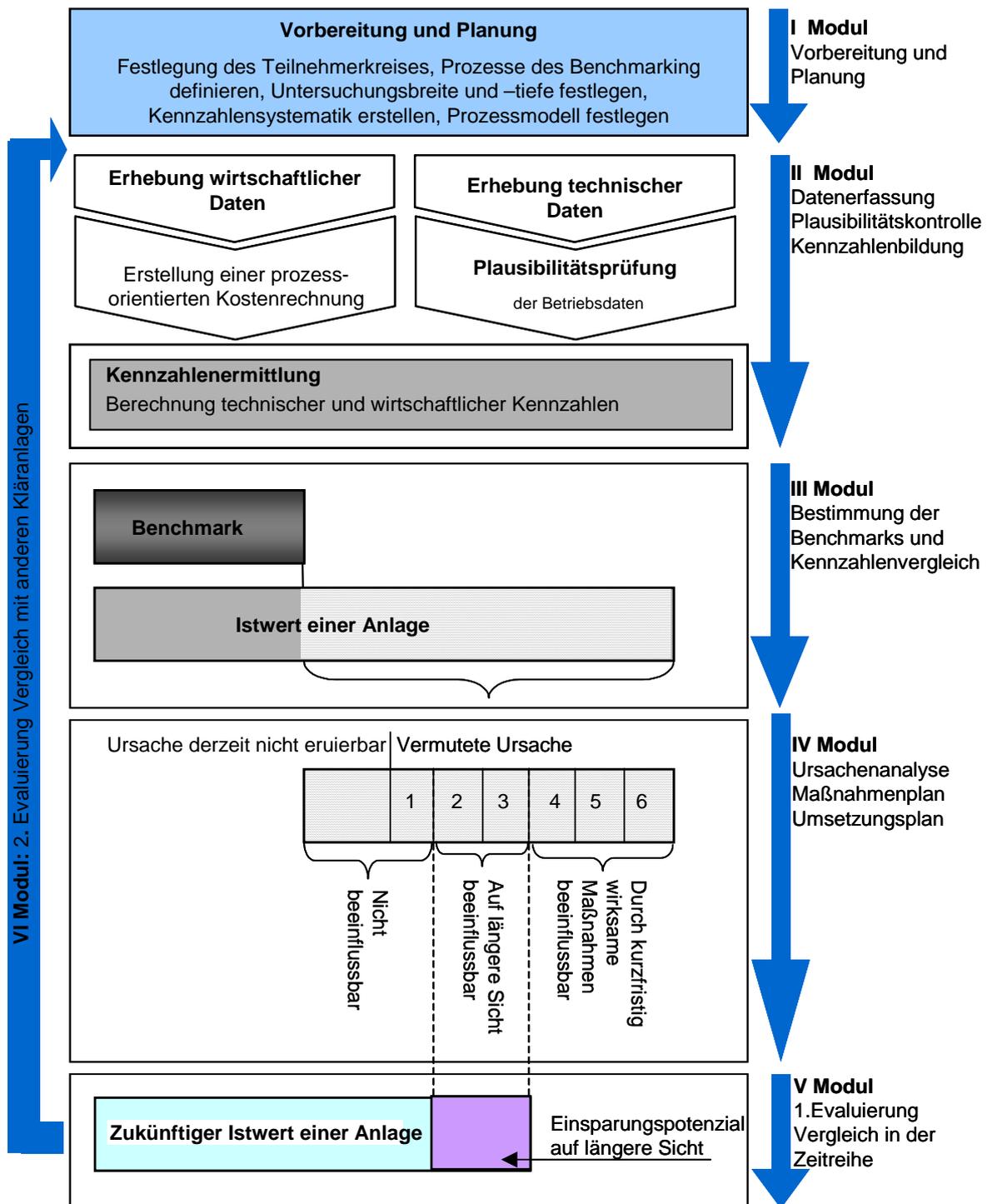


Abbildung 4: Ablauf eines Benchmarkingprojektes (vergleiche Schulz, 2000)

Es wird dabei meist in ein Vorbereitungs- und Planungsmodul, in ein Modul für die Datenerhebung, die Plausibilitätsprüfung und Kennzahlenbildung, in ein Modul für die Bestimmung der Benchmarks sowie die Berechnung der Kennzahlen unterschieden. Im anschließenden IV. Modul werden die Ursachen der Abweichungen analysiert, wobei ein Teil der Abweichungen zur Benchmark nicht erklärbar sein kann. Für den anderen Teil werden vermutete Ursachen der Abweichung aufgelistet. Auf Basis der vermuteten Ursachen können Maßnahmen- und Umsetzungspläne erarbeitet werden, wobei zwischen kurzfristig umsetzbaren und auf lange Sicht umsetzbaren Maßnahmen unterschieden werden kann (vergleiche Stemplewski et al., 2000).

Im Modul V und Modul VI werden dann die gesetzten Maßnahmen evaluiert. Einerseits ist eine Evaluierung der gleichen Anlage in der Zeitreihe möglich, d.h. man berechnet für die entsprechende Anlage nach erfolgter Umsetzung der Maßnahmen das festgelegte Kennzahlenpool und vergleicht diese mit den historischen Zahlen. Andererseits ist Benchmarking dadurch charakterisiert, dass nach erfolgter Umsetzung von Maßnahmen ein Vergleich des gesamten Teilnehmerkreises erfolgt, um so einen kontinuierlichen Prozess der Verbesserung in Gang zu setzen bzw. zu halten. In weiterer Folge wird dies als kontinuierliches Benchmarking bezeichnet.

Die in dieser Arbeit vorgestellte Methode umfasst die Module I bis III und kann auch für das Evaluierungsmodul angewendet werden. Die Ursachenanalyse, die Erarbeitung von Maßnahmen- und Umsetzungsplänen sind vorwiegend Leistungen, die von den Anlagenbetreibern selbst erbracht werden müssen. Zur Sicherstellung des Informationsflusses und zur Schaffung der Möglichkeit vom *Besten* zu lernen, hat sich die Durchführung von Workshops mit den Teilnehmern als fixer Bestandteil des Benchmarking-Prozesses etabliert.

Neben der Sicherstellung des Informationsflusses spielt die Sicherstellung des Datenflusses eine wesentliche organisatorische Frage. Ein Benchmarking kann nur dann erfolgreich sein, wenn das Vertrauen der Teilnehmer zueinander und zu den Bearbeitern der Daten sicher gestellt ist. Aus den Erfahrungen beim Benchmarking-Forschungsprojekt kann abgeleitet werden, dass das Bedürfnis nach Geheimhaltung, vor allem der kaufmännischen Daten, in großem Umfang gegeben ist. Auf der anderen Seite steht das Verlangen nach Kostentransparenz (gläserne Kläranlage) in der öffentlichen Verwaltung. Beim Benchmarking-Forschungsprojekt wurde daher die

Vereinbarung getroffen, dass Daten nur in anonymisierter und aggregierter Form veröffentlicht werden. Die individuell berechneten Kennzahlen jeder Kläranlage erhielten ausschließlich die Kläranlagenbetreiber in Form eines Individualberichtes. Welche dieser Daten dann an Dritte weiter gegeben wurden, lag damit in der Verantwortung des jeweiligen Kläranlagenbetreibers. Die Benchmarks müssen jedoch zumindest innerhalb des Teilnehmerkreises bekannt gegeben werden, da nur so mit dem jeweils Besten in Kontakt getreten und von ihm gelernt werden kann.

In diesem Zusammenhang ist die Tatsache, dass öffentliche Anlagenbetreiber zueinander nicht in Konkurrenz stehen, positiv zu bewerten. Der gegenseitige Daten- und Wissensaustausch, sowie die Versorgung mit Primärinformationen führt zu keinem Wettbewerbsnachteil einzelner Anlagenbetreiber, sondern wirkt sich aufgrund des Erkennens von Leistungsdefiziten und des Ausgleichs dieser positiv auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis einer Anlage aus. Auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis beim Benchmarking wird in Kapitel 4.10.2 noch eingegangen.

Bei der Teilnahme von privaten Betreiber an einem Benchmarkingprojekt von Abwasserreinigungsanlagen ist die Aussage, dass Anlagenbetreiber nicht zueinander in Konkurrenz stehen, nur mehr eingeschränkt gültig. Für die Vergrößerung ihres „Marktanteils“ ist die Übernahme des Anlagenbetriebes von Verbänden bzw. Gemeinden erforderlich, wodurch Konkurrenz zwischen privaten und öffentlichen Betreibern entstehen wird. Bei der organisatorischen Planung eines Benchmarkingprojektes muss in Bezug auf Daten- und Informationsfluss darauf Rücksicht genommen werden, ob die Benchmarkingteilnehmer zueinander in Konkurrenz stehen (=wettbewerbsorientiertes Benchmarking) oder nicht. Der vorliegenden Arbeit liegt der Grundgedanke eines wettbewerbsfreien Benchmarking zugrunde, wobei die entwickelte Methode grundsätzlich auch im wettbewerbsorientierten Benchmarking angewendet werden kann.

4.2 Vergleich der Anlagen mit Hilfe von Prozessen

Bevor auf die Prozesse der Abwasserreinigung im Detail eingegangen wird, muss noch definiert werden, was unter einem PROZESS verstanden wird. Wie in Kapitel 2.3 beschrieben, setzte sich Anfang der 90er Jahre ein prozessorientiertes Denken in den Betrieben durch, was sich in der Literatur in einer Fülle von Definitionen des Begriffes Prozess niederschlägt:

Ein Unternehmensprozess ist ein Bündel von Aktivitäten, für das ein oder mehrere unterschiedliche Inputs benötigt werden und das für den Kunden ein Ergebnis von Wert erzeugt. (Hammer & Champy, 1996)

Ein Prozess entsteht aus einer Folge von einzelnen Funktionen und weist einen definierten Anfangspunkt, Auslöser des Prozesses, sowie Endpunkt (Endzustand) auf. (Mertens, 1995)

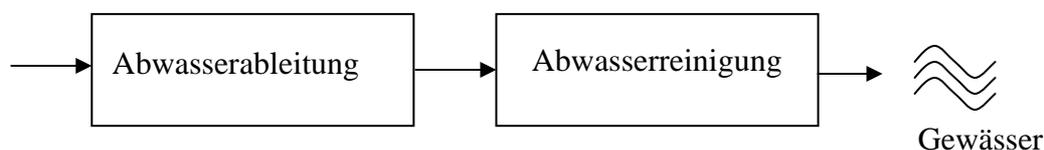
”Ein Prozess ist eine Menge strukturierter Aktivitäten, die dazu dienen, ein definiertes Ergebnis für einen Kunden zu erbringen. Er hat einen Anfang, ein Ende und klar definierte Eingangs- und Ausgangsgrößen. Ein Prozess ist damit eine Struktur, die beschreibt, wie eine Arbeit (Tätigkeit, Vorgang) verrichtet wird.” (aus: ”Managing in the New World of Processes” zitiert von Wiesmann 1999)

Als Gemeinsamkeiten aller Definitionen fasst Staud (2001) folgende Punkte zusammen:

- Geschäftsprozesse haben ein Ziel, das sich aus dem Unternehmensziel ableitet.
- Die Gesamtaufgabe eines Geschäftsprozesses kann in Teilaufgaben zerlegt werden.
- Die Aufgaben werden von Aufgabenträgern wahrgenommen, die Inhaber von Stellen sind, die wiederum in Organisationseinheiten gruppiert sind.
- Die Aufgaben werden manuell, teilautomatisiert oder automatisiert erfüllt.
- Ein Geschäftsprozess liegt quer zur klassischen Aufbauorganisation, d.h. er tangiert mehrere Abteilungen.

- Für die Erfüllung der Aufgaben werden Unternehmensressourcen benötigt.
- Geschäftsprozesse benötigen zu ihrer Realisierung Informationsträger aller Art.

Ein "Prozess" ist demnach eine Tätigkeit im Rahmen eines (Produktions-) Betriebes mit klar umrissenen Grenzen. Nur durch klare Festlegungen können Tätigkeiten ("Prozesse") von unterschiedlichen Betrieben miteinander verglichen werden. Im Bereich der Abwasserentsorgung können beispielsweise die Abwasserableitung, die Abwasserreinigung und das empfangende Gewässer als Prozesskette betrachtet werden.



In der vorliegenden Arbeit wird der Prozess Abwasserreinigung näher betrachtet und ein Prozessmodell für Abwasserreinigungsanlagen entwickelt, das es erlaubt, Anlagen unterschiedlicher Verfahrensweisen miteinander zu vergleichen. So unterschiedlich einzelne Anlagen und deren Betriebsweise sein können, so sind einzelne Prozesse immer ähnlich und damit vergleichbar. Durch die definierte und eindeutige Abgrenzung in Teilprozesse der Abwasserreinigung können entweder alle, einzelne oder die Summe einzelner Prozesse miteinander verglichen werden. In Abbildung 5 ist ein Prozessmodell für Abwasserreinigungsanlagen dargestellt, welches einen Detaillierungsgrad aufweist, der eine Analyse auch von großen österreichischen Kläranlagen zulässt. Da bei kleineren Kläranlagen einerseits manche Verfahrensschritte (z.B.: Überschussschlammeindickung) nicht vorhanden sind, und andererseits die Daten nicht in der erforderlichen Dichte zur Verfügung stehen, müssen je nach Kläranlagengröße einzelne Prozesse zusammengefasst werden.

Die Festlegung des Detaillierungsgrades in Teilprozesse hängt von zwei sich widersprechenden Interessenslagen ab. Detailliertere Daten ermöglichen bis zu einem gewissen Grad genauere Erkenntnisse. Die Kostenrechnung des Unternehmens muss jedoch dementsprechend eingeteilt sein, dies bedeutet, dass in der gewünschten Detaillierung auch gebucht werden kann. Andererseits muss der Aufwand, der aufgrund der Kostenrechnung entsteht,

noch in einem angemessenen Verhältnis zur gewonnenen Kenntnis stehen. (Schulz et al., 1998)

Auf die Frage, wie Kläranlagen zu vergleichbaren Gruppen zusammengefasst werden können und welcher Detaillierungsgrad in den einzelnen Gruppen angestrebt werden soll/kann, wird in Kapitel 4.7 noch näher eingegangen.

Abwasserreinigung										
mechanische Vorreinigung	mechanisch-biologische Abwasserreinigung	Eindickung Stabilisierung		weitergehende Schlammbehandlung		obligatorische Hilfsprozesse			fakultative Hilfsprozesse	
		Überschussschlammeindickung	Schlammstabilisierung	Schlammwässerung	Schlammverwertung Schlammentsorgung	Labor	Verwaltung	Betriebsgebäude/-gelände und sonstige Infrastruktur	Werkstätte	Fuhrpark
Prozess 1	Prozess 2	3.1	3.2	4.1	4.2	I.1	I.2	I.3	II.1	II.2
		Prozess 3		Prozess 4		Hilfsprozess I			Hilfsprozess II	

Abbildung 5: Die Haupt- und Teilprozesse des Abwasserreinigung

Bei dem in Abbildung 5 dargestellten Prozessmodell wird die Abwasserreinigungsanlage in die vier Hauptprozesse *mechanische Vorreinigung*, *mechanisch-biologische Reinigung*, *Schlammeindickung und Stabilisierung* und *weitergehende Schlammbehandlung* untergliedert. Der Hauptprozess 3 *Schlammeindickung und Stabilisierung* sowie der Hauptprozess 4 *weitergehende Schlammbehandlung* werden jeweils in zwei Detailprozesse 3.1 *Überschussschlammeindickung* und 3.2 *Schlammstabilisierung* sowie 4.1 *Schlammwässerung* und 4.2 *Schlammverwertung/Schlamm entsorgung* unterteilt.

Zusätzlich zu den Hauptprozessen wird die Einführung von zwei Hilfsprozessen vorgenommen. Der Hilfsprozess I umfasst jene Teilhilfsprozesse, die auf jeder Kläranlage benötigt werden und untergliedert sich in *Labor*, *Verwaltung* sowie *Betriebsgebäude/-gelände und sonstige Infrastruktur*. Der Hilfsprozess II umfasst fakultative Hilfsprozesse, also solche Prozesse, welche nicht zwingend auf jeder Kläranlage vorhanden sein müssen, jedoch vor allem bei größeren Anlagen üblich sind.

Eine wesentliche Voraussetzung für den Vergleich von Prozessen besteht in ihrer eindeutigen Definition. Um bei der Abgrenzung und Beschreibung der Prozesse möglichst einheitlich und verständlich vorzugehen, werden die Prozesse mit Hilfe der in Tabelle 1 zusammengestellten Kriterien beschrieben. Zusätzlich werden für jeden Prozess typische bauliche und verfahrenstechnische Gegebenheiten angeführt, die auch als Stammdaten bezeichnet werden können.

Tabelle 1: Prozessdefinition (nach Schmelzer & Sesselmann, 2001)

Name	Wie heißt der Prozess?
Ziel, Zweck	Welche Aufgabe hat der Prozess?
Input	Welche Güter stellen den Input des Prozesses
Produkt, Output	Was erzeugt der Prozess, was ist sein Output?
Effektivitätskennzahlen	Woran erkennt man, dass der Prozess seinen Zweck erfüllt?
Effizienzkennzahlen	Woran erkennt man, dass der Prozess seinen Zweck wirtschaftlich erfüllt?

Folgende Begriffsdefinitionen des Qualitätsmanagementsystem ISO 9000:2000 helfen die verwendeten Begriffe **Effektivität** und **Effizienz** besser zu verstehen (ISO 9000, 2000):

Effektivität (=Wirksamkeit) ist das Ausmaß in dem geplante Tätigkeiten verwirklicht und geplante Ergebnisse erreicht werden

Effizienz (=Wirtschaftlichkeit) Verhältnis zwischen dem erzielten Ergebnis und den eingesetzten Mitteln

Ergänzend muss hinzugefügt werden, dass manche Anlagenteile einem Prozess zugeordnet werden, die nicht unmittelbar für die Erfüllung der Aufgabe dieses Prozesses dienen. Dies deshalb, damit die Summe der spezifischen Kosten der Teilprozesse gleich den spezifischen Gesamtkosten der Anlage ist. Dies trifft vor allem auf Pump- und Hebewerke zu, deren Zuordnung im Kapitel 4.2.1 deshalb gesondert beschrieben wird.

4.2.1 Zuordnung von Pump- und Hebewerken

Sieht man vom Rücklaufschlamm und Rezirkulationspumpwerken ab, muss eine Abwasserreinigungsanlage nicht zwingend ein Pump- oder Hebewerk aufweisen, weshalb Pump- oder Hebewerk nicht eindeutig einem der in Abbildung 5 dargestellten Prozesse zugeordnet werden können. Das Zulaufpumpwerk kann beispielsweise auch der Abwasserableitung zugeordnet werden, wie dies beim Forschungsprojekt „Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft“ gemacht wurde. Wie eine Auswertung der Daten des Forschungsprojektes gezeigt hat, haben rund 30 % der untersuchten Anlagen kein Zulaufpumpwerk, ebenso viele Kläranlagen weisen ein Pump- bzw. Hebewerk im weiteren Verlauf der Kläranlage (vor dem VKB, zwischen VKB und BB, zwischen BB und NKB bzw. im Kläranlagenablauf) auf. Es gibt daher zwei Möglichkeiten zur Lösung der Zuordnungsproblematik bei Pumpwerken:

- 1) Man rechnet alle Pump- und Hebewerke, mit Ausnahme des Rücklaufschlammumpwerkes, aus dem Gesamtprozess der Abwasserreinigung heraus und ordnet sie dem Prozess der Abwasserableitung zu.
- 2) Da Pumpwerke sowohl bei der Energieerfassung als auch in personeller Hinsicht mit der Kläranlage assoziiert sind, werden sie jenem Prozess zugeordnet, dem sie verfahrenstechnisch am nächsten sind. Die Zulaufpumpwerke sowie Pumpwerke vor der Vorklärung werden demnach dem Prozess 1 zugeordnet und Pumpwerke zwischen Vorklärung und Belebungsbecken sowie Pumpwerke in oder nach der biologischen Stufe dem Prozess 2.

Bei großen Kläranlagen, bei denen sichergestellt werden kann, dass die Kosten der Pumpwerke auch tatsächlich getrennt erfasst werden können, bietet sich Punkt 1 an, da dadurch die Vergleichbarkeit von Anlagen mit und ohne Pumpwerke gegeben ist. Berücksichtigt werden muss dabei, dass Rezirkulationspumpwerke Bestandteil des Verfahrenskonzeptes der biologischen Stufe sind und somit dem Prozess 2 zugeordnet werden müssen.

Der in Punkt 2 beschriebene Ansatz wird dann zielführend sein, wenn die Kosten - insbesondere für Personal und Energie – nicht pumpenspezifisch erfasst werden. Wichtig ist, dass innerhalb der Vergleichsgruppe eine einheitliche Vorgehensweise gewählt wird.

4.2.2 Gesamtprozess – Abwasserreinigung

Bevor die vier Haupt- inklusive Teilprozesse mit Hilfe der in Tabelle 1 angegebenen Kriterien definiert werden, soll der Gesamtprozess Abwasserreinigung an Hand dieser Systematik charakterisiert werden.

Ziel und Zweck der Abwasserreinigung ist der Gewässerschutz. Es soll der natürliche Zustand und die ökologische Funktionsfähigkeit der Gewässer erhalten bzw. wiederhergestellt werden. In Österreich stellen das Wasserrechtsgesetz (WRG 1959) und die dazugehörigen Emissions- und Immissionsregelungen die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Erreichung dieser Ziele dar.

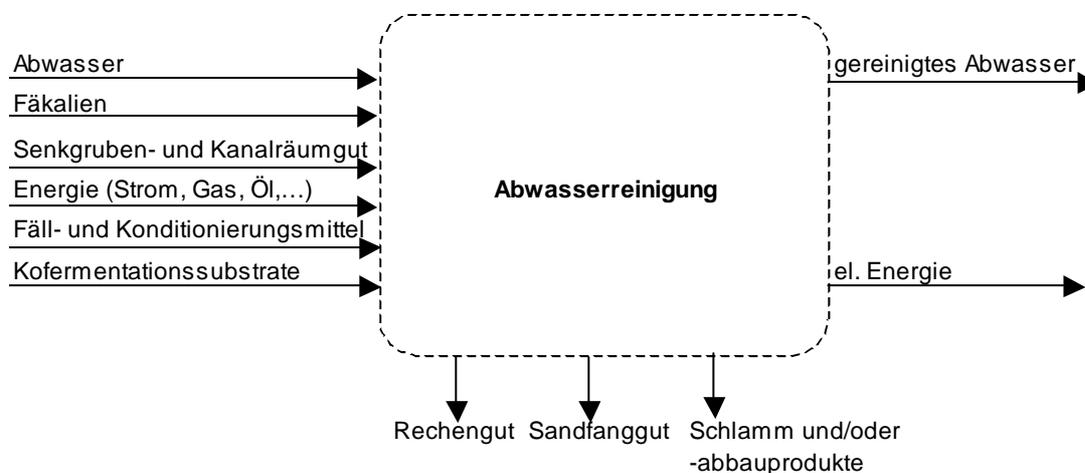


Abbildung 6: Gesamtprozess - Abwasserreinigung

Die **Inputgüter** des Prozesses Abwasserreinigung sind Rohabwasser, Energie und Senkgruben- bzw. Kanalräumgut, Fällmittel, Konditionierungsmittel und Kofermentationssubstrate.

Die **Outputgüter** des Prozesses sind gereinigtes Abwasser, Rechen- und Sandfanggut sowie Klärschlamm die entsorgt werden müssen, und gegebenenfalls elektrische Energie.

Die **Effektivität** (= Wirksamkeit) des Prozesses Abwasserreinigung kann in die Effektivität der mechanischen Reinigung und die Wirksamkeit der biologischen Abwasserreinigung geteilt werden. Die mechanische Reinigung lässt sich anhand der Menge an Rechen- und Sandfanggut verifizieren. Die Wirksamkeit der biologischen Reinigung spiegelt sich in der Güte des gereinigten Abwassers wider und drückt sich beispielsweise in der

Leistungskennzahl, den Entfernungsgraden beziehungsweise in der Restverschmutzung des gereinigten Abwassers aus.

Die **Effizienz** (= Wirtschaftlichkeit) des Gesamtprozesses Abwasserreinigung drückt sich in den spezifischen Gesamtkosten aus. Die in der Folge beschriebenen wesentlichen Effizienzkennzahlen der einzelnen Prozesse spielen natürlich auch für die Effizienz des Gesamtprozesses eine entsprechende Rolle.

4.2.3 Prozess 1 – Mechanische Vorreinigung

Ziel und Zweck des Prozesses 1 ist die Abtrennung von Sand, Fett und Grobstoffen sowie die Übernahme von Fäkalien und Kanalräumgut.

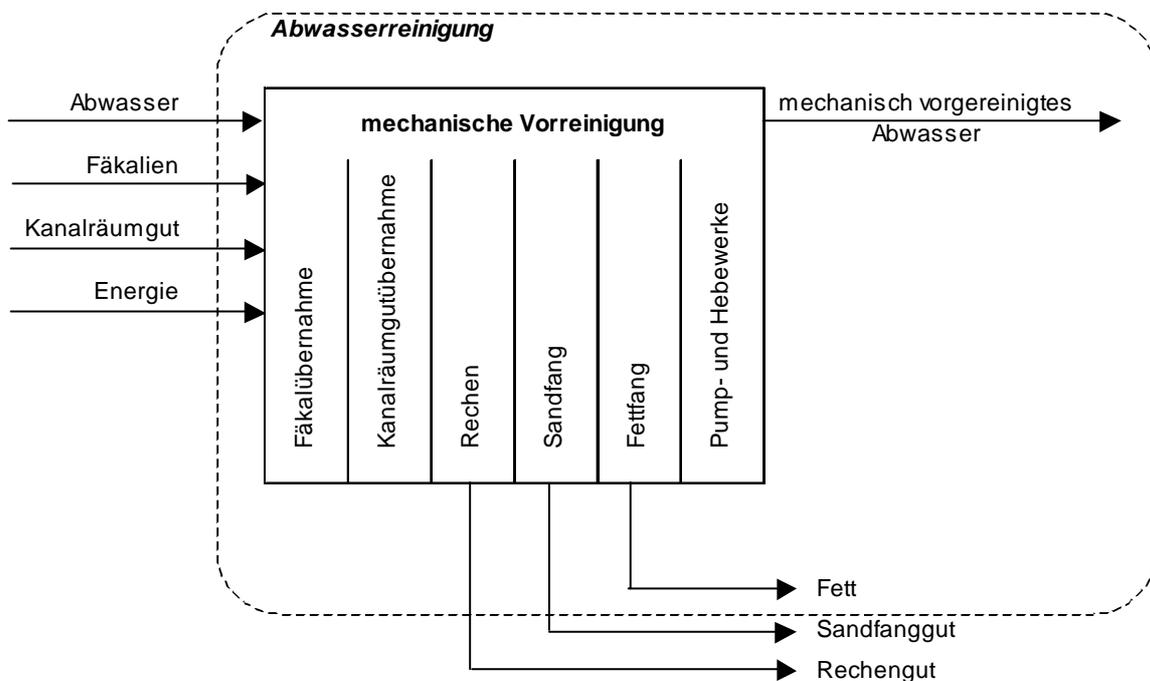


Abbildung 7: Prozess 1 – mechanische Vorreinigung

Die **Inputgüter** des Prozesses 1 sind Rohabwasser, Energie und Senkgruben- bzw. Kanalräumgut.

Die **Outputgüter** dieses Prozesses stellen mechanisch vorgereinigtes Abwasser und je nach Art der Einrichtung Rechen- und Sandfanggut sowie Fett dar. Rechen- und Sandfanggut sind nicht nur Outputgüter des Prozesses 1, sondern auch des Prozesses Abwasserreinigung. Bei Kläranlagen mit Faulung wird üblicherweise das abgeschiedene Fett in die Faulung

übernommen und ist in diesem Fall Inputgut des Prozesses 3.2. Ist dies nicht der Fall, verlässt das abgeschiedene Fett ebenfalls den Prozess Abwasserreinigung. Das mechanisch vorgereinigte Abwasser ist Inputgut des Prozesses 2 (siehe Abbildung 7).

Die **Effektivität** (=Wirksamkeit) des Prozesses kann am spezifischen Rechen- bzw. Sandfanggutanteil und am spezifischen Fettanteil gemessen werden. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass ein hoher spezifischer Anteil der genannten Stoffe auch mit einem erhöhten Eintrag ins Kanalsystem verbunden sein kann. Höhere als üblich zu erwartende Werte an Rechen- bzw. Sandfanggut sollten daher zu Vermeidungsmaßnahmen Anlass geben. Die **Effizienz** (=Wirtschaftlichkeit) des Prozesses drückt sich in erster Linie in den spezifischen Prozesskosten aus. Teil dieser Prozesskosten sind die Entsorgungskosten für Rechen- und Sandfanggut, die als Effizienzkennzahlen in Euro je Tonne entsorgtem Gut ausgedrückt werden können. Eine weitere wesentliche Effizienzkennzahl stellt der spezifische Energieverbrauch der mechanischen Vorreinigung dar. Auch wenn die Hebung des Abwassers kein primäres Ziel des Prozesses darstellt, trägt die Effizienz der Pump- bzw. Hebewerke zur Wirtschaftlichkeit des Prozesses bei. Als Maß für die Effizienz von Pump- und Hebewerk wird der Energieverbrauch je Kubikmeter Abwasser und Meter Förderhöhe herangezogen.

Für die Beurteilung der **baulichen und verfahrenstechnischen Gegebenheiten** (= Stammdaten) der mechanischen Vorreinigung einer Kläranlage müssen folgende Faktoren bekannt sein:

- Rechen (Art, Rechengutwäsche, ...)
- Sandfang (Art, belüftet/unbelüftet, Sandfanggutwäsche, ...)
- Fettfang (ja/nein)
- Fäkalübernahmestation (ja/nein)
- Kanalräumgutübernahmestation (ja/nein)
- Pump- und Hebewerke (ja/nein, Pumphöhe, Art, Anschlussleistung der Pumpe)

4.2.4 Prozess 2 – Mechanisch-biologische Abwasserreinigung

Ziel und Zweck des Prozesses 2 ist je nach Verfahrenskonzept eine weitere mechanische Reinigung des vorgereinigten Abwassers in der Vorklärung und in jedem Fall die anschließende biologische Reinigung des Abwassers. Die

Vorklärung wurde in den beschriebenen Prozess integriert, weil die dort abgeschiedenen Schmutzfrachten einerseits die Faulung (erhöhte Gasproduktion), und andererseits die biologische Abwasserreinigung beeinflussen. Bei der biologischen Reinigung unterscheidet man zwei Hauptgruppen von Verfahren. Das Belebungsverfahren mit Mikroorganismen, die im zu reinigenden Abwasser suspendiert sind (schweben), und die Biofilmverfahren mit Mikroorganismen, die auf Bewuchsflächen fixiert sind, an denen das zu reinigende Abwasser vorbeifließt (Gujer, 1999).

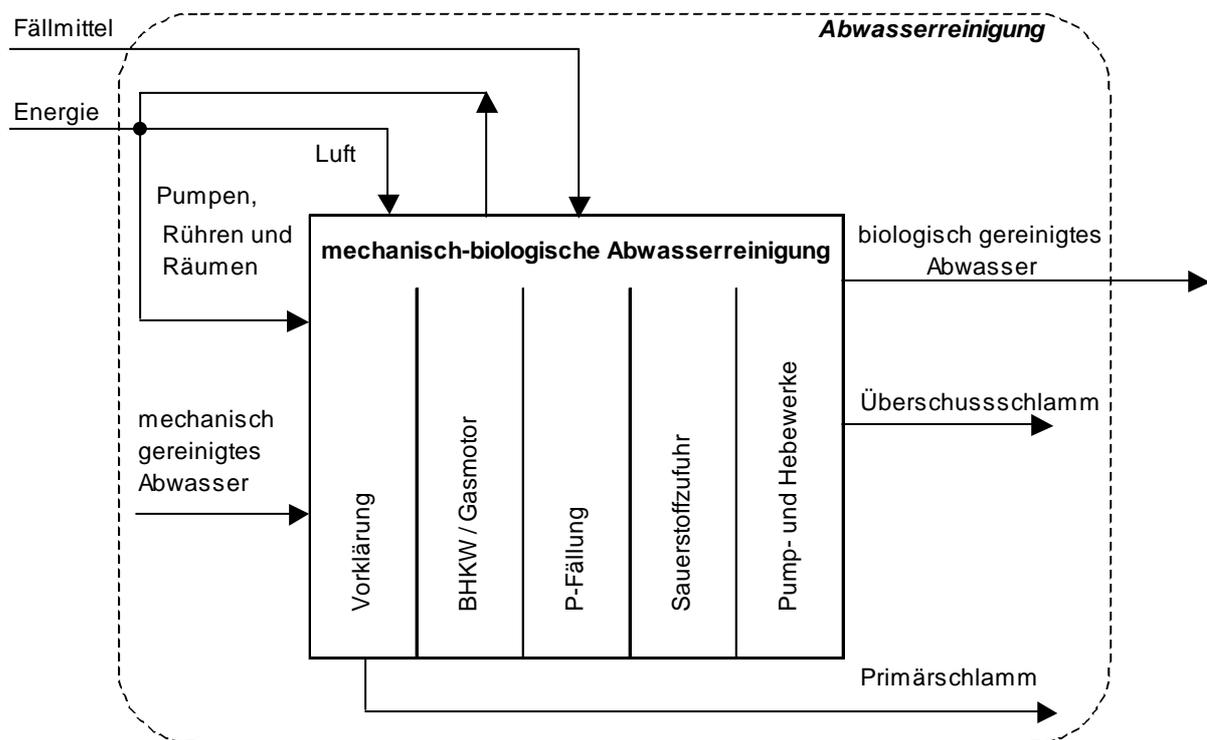


Abbildung 8: Prozess 2 – mechanisch-biologische Abwasserreinigung

Inputgüter des Prozesses mechanisch-biologische Abwasserreinigung sind durch Rechen und Sandfang mechanisch vorgereinigtes Abwasser, Energie und Fällmittel.

Die **Outputgüter** stellen biologisch gereinigtes Abwasser, Primärschlamm und Überschussschlamm dar. Bei Anlagen, die in das elektrische Stromnetz eines Energieversorgungsunternehmens (EVU) einspeisen, zählt auch diese elektrische Energie zu den Outputgütern.

Die **Effektivität** (= Wirksamkeit) des Prozesses kann einerseits an der Güte des gereinigten Abwassers (= Reinigungsleistung) und am spezifischen

Primär- und Überschussschlammanfall gemessen werden. Zusätzlich ist der Entfernungsgrad der Kohlenstoffverbindungen und der Nährstoffe sowohl in der Vorklärung als auch in der Biologie ein Maß für die Wirksamkeit des Prozesses 2.

Die **Effizienz** (= Wirtschaftlichkeit) des Prozesses drückt sich in erster Linie in den spezifischen Prozesskosten aus. Eine weitere wesentliche Effizienz Kennzahl stellt der spezifische Energieverbrauch des Prozesses dar, der sich vor allem aus dem Energieverbrauch für die Belüftung und für die Umwälzung zusammensetzt. Bei Anlagen, die im Prozess 2 Pump- und Hebewerke aufweisen, ist ebenfalls, wie bereits beschrieben, der Energieverbrauch je Kubikmeter befördertem Abwasser und Meter Förderhöhe ein Maß für deren Effizienz.

Für die Beurteilung der **baulichen und verfahrenstechnischen Gegebenheiten** (= Stammdaten) des Prozesses 2 sind folgende Daten erforderlich:

- Größe, Typ, Anzahl und Ausstattung von Vorklärung, Belebungsbecken, Nachklärbecken oder/und anderer Reaktoren (beispielsweise SBR, Tropfkörper udgl.)
- Art der Belüfter und Verdichter
- Art der Umwälzung
- Fällungsart, Fällungsort und Fällmittelart
- Pump- und Hebewerke (ja/nein, Pumphöhe, Art, Anschlussleistung der Pumpe)
- Reinigungsziel (Kohlenstoffentfernung, Nitrifikation, Denitrifikation, Phosphorentfernung, maximaler Zulauf bei Regen)
- Verfahrenskonzept
- Regelungskonzept (Art der Messwertaufnehmer)

4.2.5 Prozess 3 – Eindickung und Stabilisierung

Wie die Ergebnisse des Forschungsprojektes „Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft“ (Kroiss et al., 2001) gezeigt haben, wird ein wesentlicher Kostenanteil des Prozesses Eindickung und Stabilisierung von der so genannten MÜSE, der maschinellen Überschussschlammeindickung, verursacht.

Der Prozess 3 wird daher bei Anlagen, die einerseits eine MÜSE betreiben, und andererseits die Daten (vor allem die Kostendaten) in der entsprechenden Detaillierung vorliegen haben, in folgende Teilprozesse aufgeteilt:

Prozess 3.1 Überschussschlammeindickung (in Abbildung 9 grau hinterlegt)

Prozess 3.2 Schlammstabilisierung

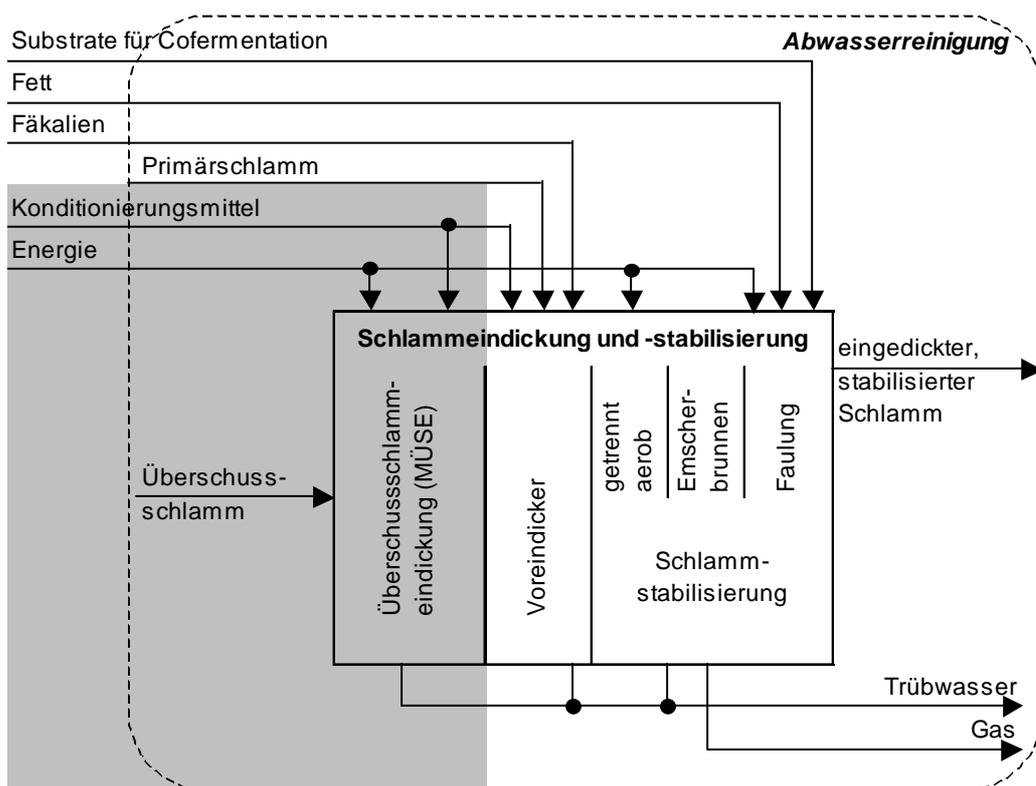


Abbildung 9: Prozess 3 – Schlammeindickung und Stabilisierung (grau hinterlegt der Teilprozess 3.1 Überschussschlammeindickung; nicht grau hinterlegt der Teilprozess 3.2 Schlammstabilisierung)

Dem Prozess 3.1 werden ausschließlich die Anlagen der maschinellen Überschussschlammeindickung, inklusive Dosierstationen für Konditionierungsmittel, Gebäude für die MÜSE und dergleichen mehr zugerechnet. Alle anderen Einrichtungen des Prozesses 3 (ab Primär- bzw. Überschussschlamm bis hin zum stabilisierten Schlamm) werden dem Prozess 3.2 Stabilisierung zugerechnet. Dazu zählen auch statische Eindicker für Fäkal- und Primärschlamm. Die Isolierung des Prozesses 3.1 ist vorwiegend deshalb vorgenommen worden, um nähere Auskünfte über die Kosten der maschinellen Überschussschlammeindickung zu gewinnen.

Die Prozessabgrenzung zum Prozess 4 ist dort gegeben, wo ein stabilisierter Schlamm vorliegt, der ohne weitere Behandlung einer Verwertung oder Entsorgung zugeführt werden kann.

Bei einem Verfahren mit simultaner aerober Schlammstabilisierung überlagern sich die Prozesse der *mechanisch-biologischen Abwasserreinigung* und der *Schlammeindickung und Stabilisierung*. In diesem Fall werden alle Kosten dem Prozess der *mechanisch-biologischen Abwasserreinigung* zugerechnet, wobei für einen Vergleich von Anlagen mit simultaner bzw. getrennter Stabilisierung die Summe der Prozesse 2 und 3 gebildet werden muss.

4.2.6 Prozess 3.1 - Überschussschlammeindickung

Ziel und Zweck des Prozesses 3.1 ist es, dem Überschussschlamm so weit wie möglich Wasser zu entziehen und somit das Volumen des Schlammes zu verringern.

Die **Inputgüter** des Prozesses 3.1 sind Überschussschlamm, Energie und Konditionierungsmittel.

Die **Outputgüter** des Prozesses 3.1 sind einerseits eingedickter Überschussschlamm, und andererseits Trübwasser.

Die **Effektivität** des Prozesses spiegelt sich in der Verringerung des Volumens des Schlammes wider und kann beispielsweise mit Hilfe der Trockensubstanz des eingedickten Überschussschlammes kontrolliert werden.

Die **Effizienz** des Prozesses drückt sich in den spezifischen Prozesskosten aus. Weitere wesentliche Effizienz Kennzahlen stellen der spezifische Energieverbrauch sowie der spezifische Konditionierungsmittelverbrauch des Prozesses dar. Neben den Kennzahlen für den spezifischen Verbrauch beeinflussen natürlich auch der Preis von Energie und Fällmittel sehr wesentlich die Wirtschaftlichkeit des Prozesses. Auch die Auslastung der Anlagen (Laufzeit) kann als Maß der Wirtschaftlichkeit betrachtet werden.

Für die Beurteilung der **baulichen und verfahrenstechnischen Gegebenheiten** des Prozesses 3.1 ist die

- Art der maschinellen Überschussschlammeindickung von Interesse.

4.2.7 Prozess 3.2 - Schlammstabilisierung

Ziel und Zweck: Bei der Schlammstabilisierung werden die organischen Stoffe, die sich schnell zersetzen und daher Geruchsprobleme verursachen können, in einem technischen Verfahren unter kontrollierten Bedingungen abgebaut.

Zu den **Inputgütern** dieses Prozesses zählen eingedickter Schlamm und Energie. Zusätzlich können je nach Verfahren Primärschlamm, Konditionierungsmittel, Senkgrubenräumgut, Fett und andere Stoffe für die Kofermentation hinzukommen.

Outputgüter sind stabilisierter Schlamm und Trübwasser, bei Anlagen mit Faulung zusätzlich Faulgas.

Die **Effektivität** des Prozesses spiegelt sich in der Verringerung der organischen Stoffe und bei Anlagen mit Faulung in der damit in Zusammenhang stehenden Gasausbeute wider. Der Grad der Stabilisierung kann beispielsweise in Gramm organischer Trockensubstanz (oTS), bezogen auf den Einwohnerwert, ausgedrückt werden.

Die **Effizienz** (= Wirtschaftlichkeit) des Prozesses drückt sich in den spezifischen Prozesskosten aus. Zusätzlich ist auch der spezifische Energieverbrauch ein Maß für die Wirtschaftlichkeit des Prozesses.

Für die Beurteilung der **baulichen und verfahrenstechnischen Gegebenheiten** des Prozesses 3.2 müssen folgende Faktoren bekannt sein:

- Größe, Typ, Anzahl und Ausstattung von beheizten Faulanlagen, Aerobreaktoren oder Kaltfaulbehälter
- Art der Belüfter und Verdichter bei aerober Stabilisierung
- Art der Umwälzung
- Nacheindicker

4.2.8 Prozess 4 – Weitergehende Schlammbehandlung

Der Prozess *weitergehende Schlammbehandlung* fasst all jene Verfahrensschritte zusammen, die der weiteren Behandlung des eingedickten, stabilisierten Schlammes dienen. Dieser Prozess schließt auch die Verwertung bzw. Entsorgung des Klärschlammes auf der Anlage bzw. durch den Anlagenbetreiber mit ein. Wird der Klärschlamm in die Landwirtschaft, an

eine Deponie oder an einen Entsorger abgegeben, so werden die Kosten für die Entsorgung ebenfalls dem Prozess 4 zugerechnet.

Da beim Prozess *weitergehende Schlammbehandlung* die prozesstechnisch relevanten Trübwasser anfallen, wird eine separate Trübwasserbehandlung diesem Prozess zugeordnet.

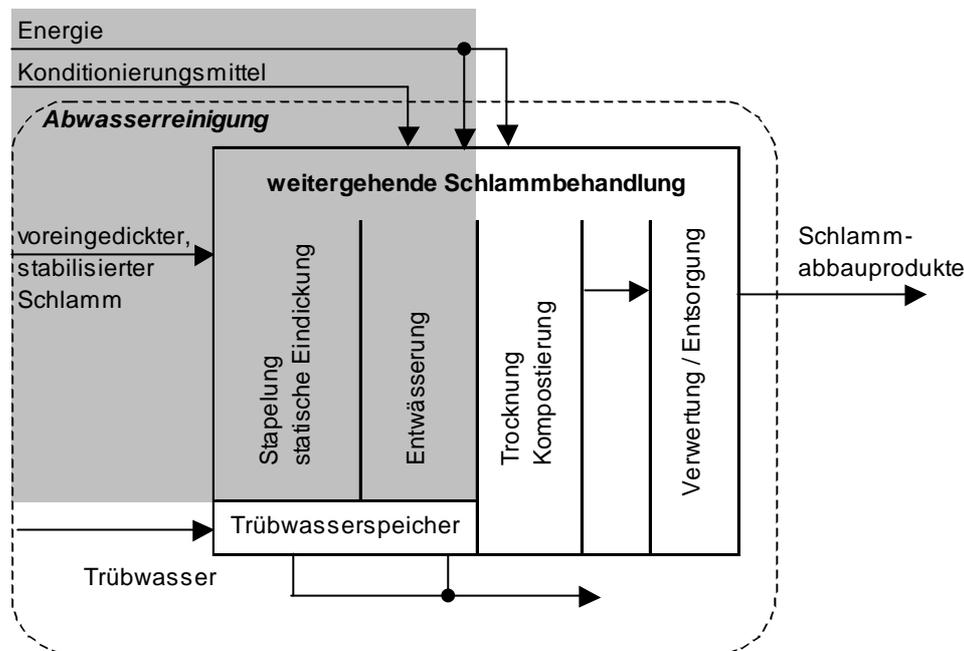


Abbildung 10: Prozess 4 – weitergehende Schlammbehandlung (grau hinterlegt der Teilprozess 4.1 Schlammmentwässerung; nicht hinterlegt Teilprozess 4.2 Schlammverwertung/-entsorgung)

Analog zum Prozess 3 werden für Anlagen, deren Datenverfügbarkeit dies zulässt, folgende Teilprozesse unterschieden:

Prozess 4.1 Schlammmentwässerung (in Abbildung 10 grau hinterlegt)

Prozess 4.2 Schlammverwertung / Schlammmentsorgung

Wie das Forschungsprojekt „Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft“ (Kroiss et al., 2001) gezeigt hat, belaufen sich die Kosten des Prozesses 4 auf rund 40 Prozent der Gesamtbetriebskosten der Kläranlage. Um hier ein differenzierteres Bild zu erhalten, werden dem Prozess Schlammmentwässerung nur jene Anlagenteile zugerechnet, die unmittelbar der Entwässerung dienen. Im Prozess 4.2 werden alle übrigen Komponenten der weitergehenden Schlammbehandlung auf der Kläranlage wie Trocknung, Kompostierung oder Trübwasserbehandlung zugeordnet. Die anfallenden

externen Kosten für Verwertungs- und Entsorgungsmaßnahmen sind auch dem Prozess 4.2 zuzuordnen. Diese können jedoch aufgrund der Erfassung als eigene Kostenart (siehe Kapitel 1.1) gesondert ausgewertet werden.

4.2.9 Prozess 4.1 - Schlammentwässerung

Ziel und Zweck des Prozesses 4.1 ist es, dem stabilisierten Schlamm so weit wie möglich Wasser zu entziehen und somit das Volumen des Schlammes zu verringern.

Die **Inputgüter** des Prozesses 4.1 sind voreingedickter, stabilisierter Schlamm, Energie und Konditionierungsmittel.

Die **Outputgüter** des Prozesses 4.1 sind einerseits entwässerter Schlamm, und andererseits Trübwasser.

Die **Effektivität** des Prozesses spiegelt sich in der Verringerung des Volumens des Schlammes wider und kann beispielsweise mit Hilfe der Trockensubstanz des entwässerten Schlammes verifiziert werden.

Die **Effizienz** (= Wirtschaftlichkeit) des Prozesses drückt sich in den spezifischen Prozesskosten aus. Weitere wesentliche Effizienz Kennzahlen stellen der spezifische Energieverbrauch sowie der auf die Trockensubstanz bezogene Konditionierungsmittelverbrauch des Prozesses dar. Neben den Kennzahlen für den spezifischen Verbrauch beeinflussen natürlich auch die Kosten von Energie und Fällmittel sehr wesentlich die Wirtschaftlichkeit des Prozesses. Auch die Auslastung der Anlagen (Laufzeit je Tag) kann als Maß der Wirtschaftlichkeit betrachtet werden.

Für die Beurteilung der **baulichen und verfahrenstechnischen Gegebenheiten** des Prozesses 4.1 ist die

- Art der Entwässerungseinrichtung von Interesse.

4.2.10 Prozess 4.2 – Schlammverwertung / Schlammentsorgung

Ziel und Zweck des Prozesses 4.2 ist es, den entwässerten Schlamm zu entsorgen. Dies kann entweder auf der Anlage selbst oder extern erfolgen. Da auch die Behandlung von Trübwässern diesem Prozess zugeordnet wird, ist auch die Vergleichmäßigung beziehungsweise Verringerung der Trübwasserfrachten (Ammonium) als Ziel zu nennen.

Die **Inputgüter** des Prozesses 4.1 sind entwässerter Schlamm und je nach Verfahrenswahl Energie und Trübwasser.

Die **Outputgüter** des Prozesses 4.2 sind ausschließlich das in den Prozess 2 rückgeführte Trübwasser, Klärschlamm und Schlammabbauprodukte.

Die **Effektivität** des Prozesses ist mit Hilfe von Kennzahlen nur schwer zu erfassen. Geht man davon aus, dass das Ziel des Prozesses dann effektiv erreicht wird, wenn die gesetzlichen Vorgaben eingehalten werden, so muss bei der Beurteilung der Wirksamkeit der Schlammverwertung/-entsorgung die Gesetzeskonformität Berücksichtigung finden. Für Österreich kann an dieser Stelle hinzugefügt werden, dass die gesetzliche Anforderung an die Schlammverwertung/ -entsorgung je Bundesland unterschiedlich geregelt ist.

Für die Effektivität der Trübwasserbehandlung kann der Grad der Vergleichmäßigung bzw. der Verringerung der Ammoniumfracht herangezogen werden, die den Prozess 2 belasten.

Die **Effizienz** (= Wirtschaftlichkeit) des Prozesses drückt sich in den spezifischen Prozesskosten aus. Weitere wesentliche Effizienz Kennzahlen stellen der spezifische Energieverbrauch sowie die spezifischen Entsorgungskosten des Prozesses dar. Neben den Kennzahlen für den spezifischen Verbrauch beeinflussen natürlich auch die Preise von Energie und Fällmittel sehr wesentlich die Wirtschaftlichkeit des Prozesses. Auch die Auslastung der Anlagen (Laufzeit je Tag) kann als Maß der Wirtschaftlichkeit betrachtet werden.

Für die Beurteilung der **baulichen und verfahrenstechnischen Gegebenheiten** des Prozesses 4.2 sind folgende Anlagenteile von Interesse:

- Art der Verwertung/Entsorgung auf der Anlage
- Art der Trübwasserbehandlung (Volumina, Belüftung, udgl.)

4.2.11 Hilfsprozesse

Bei den Hilfsprozessen handelt es sich um Prozesse, die nicht direkt dem betrieblichen Ablauf zugeordnet werden können, sondern für diese Leistungen, „quer“ über den gesamten Bereich der Abwasserreinigungsanlage, erbringen. Der Hilfsprozess Labor beispielsweise erbringt Leistungen im Rahmen der Eigenüberwachung für den Gesamtprozess Abwasserreinigung, kann aber auch für einzelne Prozesse, beispielsweise der *Schlamm entwässerung*, Leistungen erbringen, wenn Schlammanalytik durchgeführt wird.

Beim Forschungsprojekt „Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft“ (Kroiss et al., 2001) wurden für den Prozess Abwasserreinigung die beiden Hilfskostenstellen *Labor* und *Sonstiges* eingerichtet. Diese beiden Hilfskostenstellen wurden dann, ebenso wie die Hilfskostenstellen des Verbandes (Werkstätte, Fuhrpark und Verwaltung), proportional auf die vier Hauptprozesse der Kläranlage beziehungsweise der Kanalisationsanlagen umgelegt. War eine direkte Zuordnung von großen Kostenpositionen, wie beispielsweise eines LKWs, für den Prozess *weitergehende Schlammbehandlung* möglich, so wurden diese direkt dem jeweiligen Prozess zugeordnet. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Kosten für das *Labor* zwischen 8 und 15 Prozent und die *Sonstigen* Kosten der Kläranlage zwischen 13 und 24 Prozent, je nach Gruppenzugehörigkeit, betragen. Demnach wurde rund ein Drittel der Kläranlagenkosten den Hilfskostenstellen zugerechnet, wobei dieser Anteil mit der Kläranlagengröße abnimmt. Da eine pauschale Zurechnung der Hilfskosten auf die Hauptprozesse nur dann akzeptabel ist, wenn die Hilfskosten deutlich niedriger sind als die Einzelkosten der Prozesse (Schmelzer & Sesselmann, 2001), werden die Kosten der Hilfsprozesse zukünftig nicht auf die Kosten der Hauptprozesse umgelegt. Dies hat einerseits den Vorteil, dass auch die Hilfskosten der einzelnen Anlagen miteinander verglichen werden können und auch der Vergleich der Hauptprozesse repräsentativer ist. Außerdem erscheint es zweckmäßig, die Hilfsprozesse detaillierter zu gestalten und in obligatorische und fakultative Hilfsprozesse zu trennen. Damit ist auch die Vergleichbarkeit der Hilfsprozesse die auf jeder Kläranlage anfallen gegeben

4.2.12 Hilfsprozess I - obligatorische Hilfsprozesse

Für Teilhilfsprozess I.1 – Labor werden auf jeder Kläranlage Kosten entstehen, unabhängig davon ob ein eigenes Labor vorhanden ist, oder dies als Leistung von Dritten zugekauft wird. Der Teilhilfsprozess I.1 – Labor erfüllt einerseits die Aufgaben, die aufgrund der gesetzlichen Vorgaben im Rahmen der Eigenüberwachung zu erfüllen sind, und liefert andererseits mit Hilfe der Analyseergebnisse Hilfestellung bei der Betriebsführung. Zu diesem Prozess zählen alle Laborräumlichkeiten, Laboreinrichtungsgegenstände sowie alle Verbrauchsmaterialien, die für die Erfüllung der Labortätigkeiten erforderlich sind. Als Effizienzkennzahl des Prozesses kann die Anzahl an erstellten Analyseergebnissen herangezogen werden (Matos et al., 2003). Da bei Analyseergebnissen vor allem die Qualität im Vordergrund steht, kann die Auswertung einer Quantitätsmaßzahl kontraproduktive Folgen haben. Dennoch werden die gesetzlichen Vorgaben bezüglich Probenumfang einen Einfluss auf die Kosten des Prozesses haben.

Der Teilhilfsprozess I.2 - Verwaltung setzt sich aus zwei Teilbereichen zusammen: Einerseits der Verwaltungskostenanteil der direkt auf der Kläranlage anfällt (Betriebsleitung, Sekretariat,...) . Die Vollkostenrechnung erfordert zusätzlich die Berücksichtigung der Anteiligen Verwaltungskosten des Verbandes, der Gemeinde oder des privaten Betreibers (Bsp.: Gebührenvorschreibung und –einhebung).

Der Teilhilfsprozess I.3 - Betriebsgebäude/-gelände und sonstige Infrastruktur soll nicht als „Sammelbecken“ für schwierig zuzuordnende Kostenpositionen dienen, sondern ist für jene Infrastruktur- und Anlagenteile gedacht, die der gesamten Kläranlage zugute kommen. Als Beispiele können hier die Schaltwarte, Schulungs- und Umkleideräumlichkeiten sowie Außenanlagen (Beleuchtung, Straßen, Umzäunung) und dergleichen mehr angeführt werden.

4.2.13 Hilfsprozess II - fakultative Hilfsprozesse

Zum Teilhilfsprozess II.1 - Werkstätte zählen alle Werkstättegebäude und Werkzeuge, die keinem der Hauptprozesse direkt zugeordnet werden können, sondern für Reparatur- und Instandhaltungsmaßnahmen aller Kläranlagenteile Verwendung finden. Gibt es eine gemeinsame Werkstätte für den gesamten Verband, die Gemeinde oder den Konzern, so müssen die Kosten entsprechend der Verwendung für die Kläranlage aufgeteilt werden.

Für den Teilhilfsprozess II.2 - Fuhrpark gilt sinngemäß das Gleiche. Fahrzeuge, die nur einem Prozess zugeordnet werden können, wie dies beispielsweise für LKWs beim Prozess 4 - *weitergehenden Schlammbehandlung* der Fall sein kann, werden nicht dem Teilhilfsprozess Fuhrpark zugeordnet, sondern dem entsprechenden Hauptprozess der Kläranlage.

4.3 Prozessorientierte Kostenrechnung

Die prozessorientierte Kostenrechnung ermöglicht es, indirekte Bereiche (Gemeinkostenbereiche) besser zu steuern und Produkte/Leistungen verursachergerechter zu kalkulieren. Die prozessorientierte Kostenrechnung liefert nicht nur verursachergerechte Ergebnisse, sondern unterstützt auch das prozessuale Vorgehen, indem sie die Verbindung zwischen Prozessleistungen, Ressourcenverbrauch und wirtschaftlichem Ergebnis herstellt (Schmelzer & Sesselmann, 2001).

Da die Planung und Ermittlung der prozessbezogenen Kosten in der Kostenarten- und Kostenstellenrechnung eine Voraussetzung für die prozessorientierte Wirtschaftlichkeitskontrolle und Gebührenrechnung darstellt (Zimmermann, 1992), muss jeder Prozess in einer eigenen Kostenstelle abgebildet werden. Die prozessorientierte Kostenrechnung ist somit sehr eng mit dem gewählten Prozessmodell verknüpft. Ausdrücklich darauf hingewiesen wird auf den Umstand, dass sich ein zu detailliertes Prozessmodell ad absurdum führt, wenn die Datenverfügbarkeit für das gewählte Modell nicht gegeben ist.

Das in Kapitel 1.1 (Abbildung 5) dargestellte Prozessmodell stellt einen Detaillierungsgrad dar, der für große Abwasserreinigungsanlagen (größer 50.000 EW-Ausbau) geeignet ist. Für kleinere Anlagen ist das Zusammenfassen von Prozessen und somit auch eine Vereinfachung der prozessorientierten Kostenrechnung möglich bzw. notwendig. Welches Prozessmodell für die jeweilige Kläranlagengröße angestrebt werden soll, wird im Kapitel 4.7 näher behandelt. In den folgenden Ausführungen zur prozessorientierten Kostenrechnung wird von einem Prozessmodell mit vier Hauptprozessen und drei Hilfsprozessen ausgegangen.

Ziel der prozessorientierten Kostenrechnung ist es, sowohl Betriebs- als auch Kapitalkosten verursachungsgerecht den Prozessen zuzuordnen, um letztlich Prozesskosten errechnen zu können. Um die Vergleichbarkeit in einem Benchmarkingprojekt zu wahren, ist es notwendig, dass bei allen Teilnehmern das gleiche Kostenrechnungsschema zur Anwendung kommt (siehe Abbildung 11). Insbesondere ist es für den Vergleich von Anlagen unterschiedlichen Alters erforderlich, die Kapitalkosten durch einen „Normierungsschritt“ in normierte Kapitalkosten umzuwandeln (siehe Kapitel 4.3.1). Dabei wird ein einheitliches fiktives Anschaffungsjahr unterstellt.

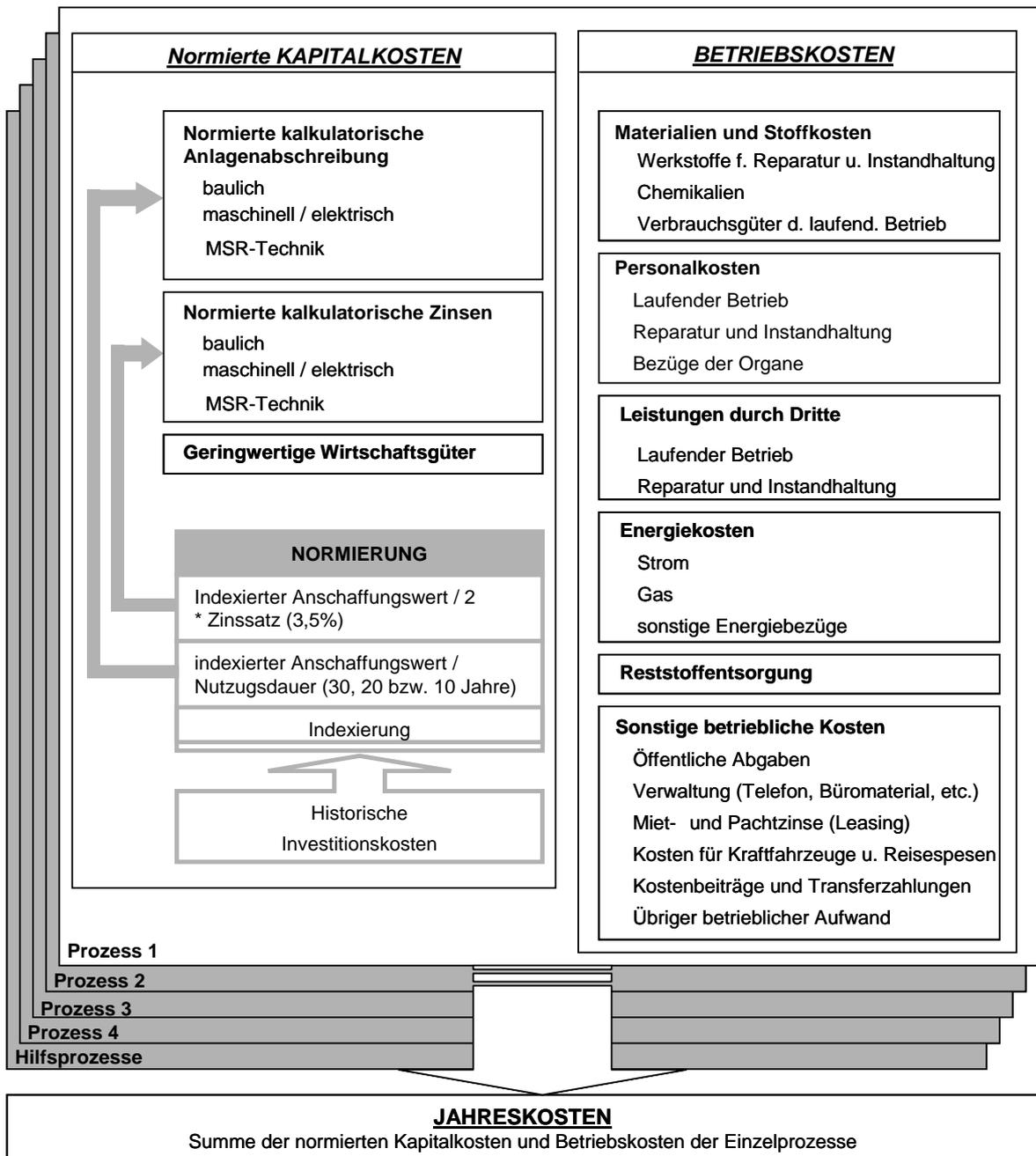


Abbildung 11: Darstellung der Kostenrechnungsstruktur

Für die Benchmarkingteilnehmer sind die Betriebsprozesskosten sowie der Vergleich dieser mit den anderen Teilnehmern von vorrangiger Bedeutung, da diese Kosten, im Gegensatz zu den Kapitalkosten, noch beeinflusst werden können. Die Ermittlung der Kapitalprozesskosten ist dennoch auch für die Anlagenbetreiber von Interesse, vor allem für die Beantwortung von Fragen, die sich mit der Wechselwirkung von Kapital und Betriebskosten befassen:

- 1) Stehen *Instandsetzungskosten* (= Kapitalkosten) und *Reparatur und Instandhaltungskosten* (= Betriebskosten) in einer Wechselwirkung und wenn ja in welcher?

- 2) Können durch erhöhten Kapitaleaufwand, vor allem in maschinellen und elektrischen Anlagen, laufende Betriebskosten eingespart werden?

Aus der Summe der normierten Kapitalprozesskosten und der Betriebsprozesskosten können Jahreskosten auf Basis normierter Kosten berechnet werden (Abbildung 11).

4.3.1 Normierte Kapitalkosten

Die normierten Kapitalkosten setzen sich primär aus der kalkulatorischen Anlagenabschreibung und den kalkulatorischen Zinsen zusammen. Wie bereits beschrieben müssen, für einen Vergleich der Investitionskosten von Anlagen mit unterschiedlichen Inbetriebnahmezeitpunkten Normierungen vorgenommen werden. Die Berechnung, sowohl der Anlagenabschreibung als auch der kalkulatorischen Zinsen, erfolgt nicht anhand der historischen Investitionskosten, sondern auf Basis des indexierten Anschaffungswert. Auf den für die Berechnung der Kapitalkosten verwendeten Index wird im folgenden Kapitel näher eingegangen. Neben den kalkulatorischen Abschreibungen und Zinsen werden geringwertige Wirtschaftsgüter zu den normierten Kapitalkosten gezählt, die aufgrund ihres Anfalls im Untersuchungsjahr keinem Normierungsschritt unterzogen werden.

Wichtig zu erwähnen ist noch, dass die im Zuge der Normierung berechneten Anlagenabschreibungen und Zinsen ausschließlich dem Vergleich von mehreren Anlagen untereinander dienen. Für die einzelnen Teilnehmer haben diese Werte und die daraus berechneten normierten Jahreskosten keinerlei kostenrechnerische Relevanz und können daher nicht für die Gebührenkalkulation herangezogen werden. (Habich, 2003).

Da bei der Ermittlung der Kapitalkosten einerseits die historischen Investitionskosten, und andererseits der Anschaffungszeitpunkt ausschlaggebend sind, bleiben Förderungen durch Bund und Länder unberücksichtigt, was beim Vergleich der Kapitalkosten sinnvoll und erwünscht ist.

Kalkulatorische Anlagenabschreibung

Die Anlagenabschreibung erfasst die Wertverminderung des Anlagevermögens, die aufgrund der Nutzung während der Nutzungsdauer

auftritt (Gabler, 1997). Für die Ermittlung der jährlichen Anlagenabschreibung wird die lineare Abschreibung gewählt, dies bedeutet, dass die Anschaffungskosten gleichmäßig auf die erwartete Nutzungsdauer aufgeteilt werden. Bei der Ermittlung der kalkulatorischen Anlagenabschreibung werden bauliche Anlagenteile, maschinell/elektrische Anlagenteile und Anlagenteile für die Steuerungs-, Mess- und Regelungstechnik (= MSR-Technik), soweit dies möglich ist, getrennt berechnet und ausgewiesen. Für die baulichen Anlagenteile der Abwasserreinigungsanlagen werden im Zuge der Normierung 30 Jahre als Nutzungsdauer unterstellt, für die maschinell/elektrischen Anlagenteile eine Nutzungsdauer von 20 Jahren und für die MSR-Technik 10 Jahre.

Kalkulatorische Zinsen

Die kalkulatorischen Zinsen werden, soweit dies möglich ist, ebenfalls getrennt für bauliche, maschinell/elektrische Anlagenteile und MSR-Technik ausgewiesen. Bei der Berechnung der Zinsen wird das durchschnittlich gebundene Kapital zugrunde gelegt und ein einheitlicher Zinssatz von 3,5 Prozent verwendet. Das durchschnittlich gebundene Kapital der einzelnen Anlagenteile kann näherungsweise wie folgt berechnet werden:

durchschnittlich gebundenes Kapital = $(\text{Anschaffungswert} + \text{Restwert}) / 2$

Da bei Kläranlagen davon ausgegangen werden kann, dass für die Mehrzahl der Anlagenteile kein Restwert erzielbar ist, wird der Restwert gleich Null angesetzt. Demnach entspricht das durchschnittlich gebundene Kapital der Hälfte des Anschaffungswertes. Für die Gewährleistung der Vergleichbarkeit muss der Anschaffungswert, wie bereits erläutert, indexiert werden. (Murnig, 2003)

Indexanpassung der Kapitalkosten

Mit Hilfe der Indexanpassung sollen Investitionen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten getätigt wurden, inflationsbereinigt und somit ein fiktiver einheitlicher Errichtungszeitpunkt simuliert werden. Für die Indexierung von Kapitalkosten bei (Benchmarking-)Projekten der Siedlungswasserwirtschaft bietet sich der vom Wirtschaftsministerium seit 1975 erhobene und herausgegebene Index der Baukostenveränderungen für den Siedlungswasserbau an. Für Investitionen vor 1975 kann der vom

Statistisches Zentralamt veröffentlichte Baupreisindex für den Sonstigen Tiefbau angewendet werden.

Vom Statistischen Zentralamt wurde der **Baupreisindex** von 1968 bis 1974, vorerst ein Index für Baumeisterarbeiten, ein Index für sonstige Bauarbeiten sowie ein Gesamtbaupreisindex ausgewiesen. Ab 1974 wurde ein eigener **Preisindex** für Straßenbau ausgewiesen, ab 1977 einer für Brückenbau sowie ein gemeinsamer Preisindex für Straßen- und Brückenbau und seit 1984 wird zusätzlich ein Preisindex für den sonstigen Tiefbau angegeben. Da der Siedlungswasserbau zum Tiefbau gezählt werden kann, kann für die Indexierung von Anlagenteilen vor Einführung des Index für Baukostenveränderungen in der Siedlungswasserwirtschaft, der Preisindex für den sonstigen Tiefbau Anwendung finden (Fleckseder & Mayer, 1995).

Die Baukostenveränderungen in der Siedlungswasserwirtschaft werden, wie beschrieben, seit 1975 vom Wirtschaftsministerium bekannt gegeben. Es wird dabei ein Index für die Lohnkosten angegeben und die sonstigen Kosten werden als Einzelindices (Erdarbeiten, Wasserhaltung, Rohrkanäle, Wasserleitungen, Ortbetonkanäle usw.) erhoben. Seit 1998 werden die sonstigen Kosten gewichtet zu einem Index zusammengeführt. Eine Zusammenführung zu einem Gesamtindex wird vom Wirtschaftsministerium nicht durchgeführt. Die Berechnung des Gesamtindex für die Siedlungswasserwirtschaft wurde in Anlehnung an die Berechnungsmodalität des Statistischen Zentralamtes aus dem Mittelwert der beiden Teilindices gebildet.

Zur Information sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass der Index für die Siedlungswasserwirtschaft seit Jänner 2003 nicht mehr als eigenes Indexblatt veröffentlicht wird, sondern im Indexblatt für den Hochbau (inklusive Siedlungswasserwirtschaft) als eigene Kategorie ausgewiesen wird. (<http://www.bmwa.gv.at/BMWA/Service/Bauservice/>)

In der Abbildung 12 können die relativen Indices des Baukostenindex, des Baupreisindex sowie des Index für den Siedlungswasserbau, bezogen auf das Untersuchungsjahr 1999, miteinander verglichen werden. Als Referenzwert wird auch der Verbraucherpreisindex in die Grafik aufgenommen.

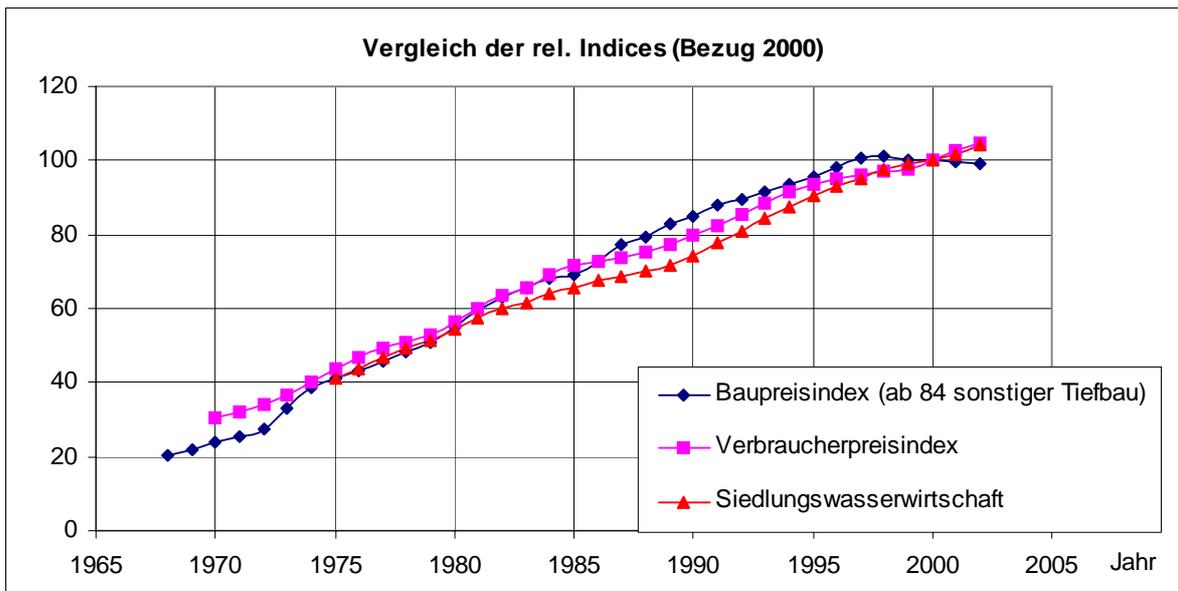


Abbildung 12: Vergleich der relativen Indices, bezogen auf das Jahr 2000

Als konkretes Beispiel für die Indexierung kann aus der Abbildung 12 abgeleitet werden, dass die historischen Investitionskosten des Jahres 1975 (Index Siedlungswasserwirtschaft = 40) mit 2,5 multipliziert werden müssen, um den fiktiven = indexierten Anschaffungswert des Jahres 2000 zu erhalten. Außerdem kann aus der Abbildung 12 abgelesen werden, dass die Preissteigerung aller drei Indices in etwa gleich hoch ist, jedoch der sonstige Tiefbau seit dem Jahr 1997 stagniert bzw. eine leicht negative Preissteigerung aufweist. Die Preissteigerung ist dabei nicht nur von der Konjunkturlage abhängig, sondern auch von historischen Bedingungen. Ist ein Verfahren wie beispielsweise die Abwasserreinigung noch in Entwicklung, so wird die Preissteigerung größer sein als zu Zeiten, in denen der Stand der Technik erreicht wurde.

4.3.2 Betriebskosten

Benchmarking als kontinuierlicher Prozess hat einerseits die Optimierung des Prozesses, aber andererseits auch ganz klar das Auffinden von Einsparungspotenzialen zum Ziel. Werden Einsparungspotenziale genutzt, so hat dies eine Reduktion der Betriebskosten zur Folge. Die Betriebskostenrechnung spielt daher eine zentrale Rolle in der prozessorientierten Kostenrechnung.

Für einen Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen ist es erforderlich, dass jeder Betrieb seine Kosten nicht nur auf die bereits beschriebenen prozessorientierte Kostenstellen aufteilt, sondern auch ein Kostenartenschema verwendet wird, das auf die in Abbildung 11 dargestellte Kostenstruktur aggregierbar ist. Folgende Hauptkostenarten können den Erfordernissen für einen Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen Rechnung tragen: Material und Stoffkosten, Personalkosten, Leistungen durch Dritte, Energie, Reststoffentsorgung sowie sonstige betriebliche Kosten (Bogensberger et al., 2002).

Für die Auswertung und den Vergleich unterschiedlicher Betriebsstrategien ist es erforderlich, sowohl bei der Kostenart *Personalkosten* als auch bei der Kostenart *Leistungen durch Dritte* jeweils in *Laufender Betrieb* und in *Reparatur und Instandhaltung* zu unterscheiden (vergleiche Abbildung 11). Durch diese Untergliederung sollte es letztlich möglich sein, eine Aussage treffen zu können, ob sich die Effizienz von Anlagen unterscheidet, wenn tendenziell mehr Eigenpersonal eingesetzt wird bzw. wenn sowohl der laufende Betrieb als auch Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten von Dritten durchgeführt werden.

Neben der grundsätzlich gleichen Struktur des Kostenartenschemas ist es natürlich von wesentlicher Bedeutung, dass bei der Kostenzuordnung (Buchung) einheitlich vorgegangen wird. Vor allem bei den Begriffen Laufender Betrieb, Reparatur und Instandhaltung sowie Instandsetzung kann es sehr leicht zu falschen Zuordnungen kommen, weshalb diese Begriffe im Folgenden definiert werden:

Laufender Betrieb: Hier werden sämtliche Personalkosten erfasst, welche dem laufenden Betrieb der Abwasserreinigung (routinemäßige Kontrollen, Personalaufwand für die Schlammpresse, Messungen etc.) zuzuordnen sind.

Reparatur und Instandhaltung: Unter dieser Kostenart werden ereignisbezogene Personalkosten erfasst, welche nicht vorhersehbar und zum überwiegenden Teil Reparaturaufwendungen zuzuordnen sind. Instandhaltungsaufwand liegt vor, wenn es sich um laufende Reparaturarbeiten handelt, die nicht zu einem Austausch von wesentlichen Teilen einer Anlage führen und somit die Nutzungsdauer nicht wesentlich verlängern. Kosten zur Erhaltung der Betriebsanlage in einsatzfähigem

Zustand sind Instandhaltungskosten (Gabler, 1997). Reparatur und Instandhaltungskosten dienen dem Funktionserhalt

Im Gegensatz dazu stehen Instandsetzungsarbeiten. Bei Instandsetzungsarbeiten wird der Nutzungswert der Anlage erhöht und/oder die Nutzungsdauer wesentlich verlängert. Kosten für werterhöhende Instandsetzungsmaßnahmen sind zu aktivieren (Gabler, 1997) und zählen damit zu den Kapitalkosten. Instandsetzungskosten dienen dem Werterhalt.

4.3.3 Kalkulatorische Zusatzkosten

Kalkulatorische Zusatzkosten stellen Kostenpositionen dar, die nicht tatsächlich als Betriebskosten anfallen, jedoch aus Gründen der Vergleichbarkeit angesetzt werden. Im Folgenden sind einige Beispiele angeführt, bei denen aufgrund standörtlicher Besonderheiten ein Vergleich von einzelnen Prozessen nicht zulässig ist, jedoch mit Hilfe von kalkulatorischen Kosten die Vergleichbarkeit hergestellt werden kann.

Übernahme von Kofermentationsprodukten: Werden Fett, Pilzgeflechte oder andere Kofermentationsprodukte direkt in die Faulung übernommen, hat dies neben dem positiven Effekt, dass sie zumeist kostenpflichtig übernommen werden, eine erhöhte Gasausbeute und damit verbunden eine höhere Energiegewinnung der Anlage zur Folge. Da die Einnahmen in der Kostenrechnung nicht berücksichtigt werden, entsteht in Folge der Einnahmen noch keine Beeinträchtigung der Vergleichbarkeit zu Anlagen, die keine Produkte in die Faulung übernehmen. Aufgrund des zusätzlichen Nutzens, dass bei Verstromung des Faulgases zusätzliche elektrische Energie gewonnen wird, die ansonsten eingekauft hätte werden müssen, ist die Vergleichbarkeit je nach übernommener Menge jedoch nicht mehr gegeben. Die Vergleichbarkeit kann dadurch wieder hergestellt werden, dass für jenen Anteil an elektrischem Strom, der aufgrund des übernommenen Produktes erzeugt wurde, kalkulatorische Kosten festgelegt werden.

Übernahme von Deponiegas und Verstromung auf der Kläranlage:

Übernimmt eine Kläranlage Deponiegas, um dieses gemeinsam mit dem Klärgas zu verstromen, so ist der Nutzen daraus der gewonnene Strom. Die damit verbundenen Kosten sind in den erhöhten Wartungs- und Reparaturkosten des Blockheizkraftwerkes (BHKW) zu sehen. In diesem Fall muss das übernommene Deponiegas mit kalkulatorischen Kosten belegt werden, um die Vergleichbarkeit zu wahren. Wird das Deponiegas in einem eigenen BHKW verstromt, dessen Kosten separat bekannt sind, so kann auch der daraus gewonnene Strom mit kalkulatorischen Kosten beaufschlagt werden. In diesem Fall dürfen jedoch die Kosten des BHKW nicht der Kläranlage zugerechnet werden.

Einspeisung des durch Klärgas gewonnenen Biostroms ins Netz des EVUs:

Wie im Kapitel 4.2.4 beschrieben wurde, wird das BHKW zum Prozess 2 gerechnet. Der Grund dieser Zuordnung ist in der Idee begründet, dass der durch das BHKW erzeugte elektrische Strom dem Prozess 2 gutgeschrieben wird und dafür auch die Aufwendungen für die Wartung und Reparatur des BHKWs diesem Prozess zugeordnet werden. Somit ist auch die Vergleichbarkeit zu Kläranlagen gegeben, bei denen das Faulgas für den Antrieb von Gasmotoren genutzt wird, die direkt gekoppelte Luftverdichter antreiben. Wird jedoch der eine Teil, beziehungsweise aufgrund der neuen gesetzlichen Lage und des damit verbundenen höheren Tarifes der gesamte erzeugte elektrische Strom, ins Netz eingespeist, so ist die Vergleichbarkeit zu einer Anlage, die diese Möglichkeit nicht hat oder nützt, nicht im vollen Umfang gegeben. Auch in diesem Fall muss wieder mit kalkulatorischen Kosten gerechnet werden, wobei folgende zwei Wege denkbar sind.

Entweder es werden die Stromkosten nur für jenen Teil des elektrischen Stromes angesetzt der tatsächlich zugekauft werden muss. Das heißt Energieverbrauch der Anlage minus Eigenstromerzeugung mal dem kWh-Preis, den der Anlagenbetreiber bezahlen muss.

Oder es werden von den Kosten, die der Anlagenbetreiber für den entnommenen elektrischen Strom ans Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen (EVU) bezahlt, die Einnahmen abgezogen, die er für die eingespeiste Strommenge vom EVU erhält.

Gegen die erste Variante spricht, dass Kilowattstunde (kWh) nicht gleich kWh ist, da es vor allem davon abhängt, ob es sich um Spitzenstrom handelt oder nicht. Gegen die zweite Variante spricht, dass es sich beim Preis, der je kWh eingespeistem Strom bezahlt wird, um einen politisch festgelegten („geförderten“) Preis handelt, der in keiner Relation zum tatsächlichen Strompreis steht.

Betriebskosten deren Anfall nicht jährlich ist:

Werden beispielsweise Konditionierungsmittel nicht jährlich in etwa der gleichen Menge eingekauft oder das Rechengut in manchen Jahren nicht entsorgt, so müssen die Kosten, die bekanntermaßen in einem anderen Rhythmus anfallen, auf jährliche Kosten umgelegt werden. Einen Spezialfall in dieser Hinsicht stellen die Reinigungskosten für Belüftermembranen dar. Bei einem Reinigungsintervall von fünf Jahren muss demnach jährlich ein Fünftel der Gesamtreinigungskosten dem Prozess 2 zugerechnet werden.

4.4 Datenlage und Datenverfügbarkeit

Als Grundvoraussetzung für die Datenlage nennt Schedler (1996) drei wesentliche Punkte:

- 1) Es müssen sowohl Kosten als auch Leistungsdaten vorhanden sein.
- 2) Die Verfügbarkeit der Daten muss gewährleistet sein.
- 3) Die Daten müssen hinreichend genau sein.

Die Verfügbarkeit der Kostendaten ist, abgesehen von den Teilnehmern am Forschungsprojekt „Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft“, in aller Regel nicht in der beschriebenen Detaillierung vorhanden. Es ist daher für fast alle Anlagenbetreiber mit einem zumindest einmaligen Aufwand verbunden, die Kostendaten entsprechend der beschriebenen prozessorientierten Kostenrechnung (vergleiche Kapitel 1.1) aufzubereiten.

Die Verfügbarkeit der Leistungsdaten, im Falle des hier beschriebenen Kläranlagenbenchmarking als technische Daten bezeichnet, stellt aufgrund der gesetzlichen Vorgaben der Eigenüberwachung in aller Regel keine Schwierigkeit dar. Außerdem werden sehr viele der erforderlichen Daten für den Kläranlagenzustandsbericht des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes von einer sehr großen Anzahl an Kläranlagen im Zuge der Kläranlagen Nachbarschaften erhoben (ÖWAV, 1999).

Bei der Genauigkeit der wirtschaftlichen Daten steht die Frage der Zuordnung mehr als die Genauigkeit der Daten selbst im Vordergrund. Es wurden daher sowohl die Prozesse als auch die prozessorientierte Kostenrechnung sehr umfangreich beschrieben.

Aufgrund der Vielzahl an technischen Daten unterschiedlichster Herkunft und Bearbeitung sowie unterschiedlichster Einheiten stellt die Prüfung deren Richtigkeit eine besondere Herausforderung dar. Wie im Kapitel 4.5 beschrieben wird, dient letztlich ausschließlich die CSB-Zulauffracht als Bezugsgröße für die Berechnung der spezifischen Betriebskosten. Neben den spezifischen Kosten stellen jedoch auch die zusätzlichen Informationen (Input, Output, Effektivitätskennzahlen, etc.) einen wesentlichen Bestandteil des Benchmarkings dar, weshalb die Vorgangsweise zur Prüfung der technischen Daten in einem eigenen Kapitel beschrieben wird.

4.5 Plausibilitätskontrolle

Die Vollständigkeit und Qualität der erhobenen Daten einerseits, sowie die Transparenz und Zuverlässigkeit der Berechnung andererseits sind letztlich ausschlaggebend für die Güte und damit verbunden für die Akzeptanz der Ergebnisse. Vor allem gilt dies für die veröffentlichten Richtwerte und Benchmarks.

Allzu schnelle Schlussfolgerungen aus Daten, die nicht hinterfragt werden, führen erfahrungsgemäß zu zwei negativen Folgen (Schedler, 1996):

- Die Schlüsse können falsch sein.
- Die Glaubwürdigkeit der Methodik nimmt Schaden.

Beim mehrfach zitierten Forschungsprojekt „Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft“ wurden daher die von den Anlagenbetreibern gelieferten technischen Daten mit Hilfe der Methode der Massenbilanz mittels Stoffflussanalyse auf deren Plausibilität geprüft. Als Ergebnis der Plausibilitätsprüfung wurde dann die Datenqualität der einzelnen Anlagen getrennt für den CSB (=Chemischer Sauerstoffbedarf), Stickstoff (N), Phosphor (P) und die Trockensubstanz (TS) als hoch, mittel oder niedrig eingestuft. Die sehr genaue Prüfung der Daten war einerseits im Hinblick auf die Bezugsgrößenanalyse, und andererseits für die Absicherung der Benchmarks erforderlich. Werden bei einem zukünftigen kontinuierlichen Benchmarking die bereits definierten Bezugsgrößen verwendet, ist die Berechnung einer Massenbilanz der genannten Parameter (CSB, N, P und TS) für jede Anlage nicht mehr erforderlich.

Es wird vielmehr darum gehen, dass jene Kennzahlen, die als Richtwerte und Benchmarks veröffentlicht werden, möglichst weitgehend abgesichert sind.

Dennoch ist die Berechnung von spezifischen Kosten ohne Plausibilitätsprüfung aller Benchmarkingteilnehmer im Sinne der Glaubwürdigkeit und Akzeptanz der Methode nicht zielführend. Es sollten daher zumindest jene Eingangsdaten einer Kontrolle unterzogen werden, die als Bezugsgröße herangezogen werden (siehe Kapitel 4.6) und somit direkte Auswirkungen auf die errechneten spezifischen Kosten haben.

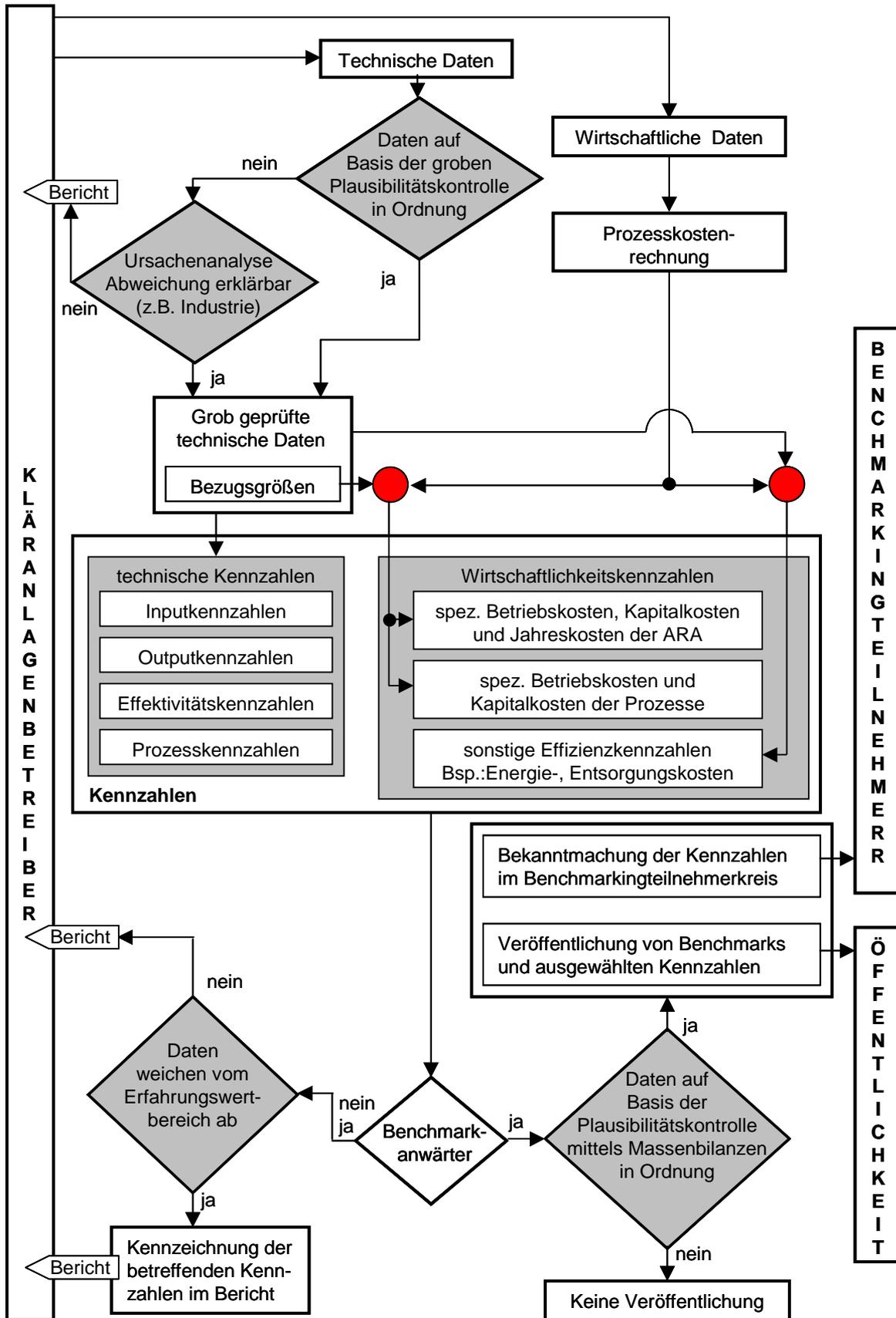


Abbildung 13: Kennzahlenbildung und abgestufte Plausibilitätsprüfung

Für eine möglichst effiziente Prüfung der Daten sollten daher je nach erforderlicher Genauigkeit der Plausibilitätskontrolle unterschiedliche Methoden zur Anwendung kommen (siehe Abbildung 13):

- 1) Für eine grobe Plausibilitätsprüfung der technischen Eingangsdaten, vor allem der Kläranlagenzulaufdaten, wurde die im folgenden Kapitel 4.5.1 vorgestellte Methode entwickelt.
- 2) Für die Überprüfung (= Qualitätskontrolle) der errechneten Kennzahlen jeder Kläranlage ist ein Vergleich der errechneten Werten mit Erfahrungswerten ausreichend.
- 3) Die detaillierteste Plausibilitätskontrolle stellt schließlich die mehrfach erwähnte Methode der Massenbilanzen dar. Diese Methode sollte bei jenen Anlagen angewendet werden, deren Kennzahlen als Benchmarks und Richtwerte in Frage kommen. Selbstverständlich werden Kennzahlen nur dann als Benchmarks und Richtwerte veröffentlicht, wenn deren Daten als plausibel und abgesichert bezeichnet werden können. Für die genaue Beschreibung dieser Methode wird auf die Literatur verwiesen (Müller, 1999; Nowak, 1996; Schweighofer, 1994)

4.5.1 Grobe Plausibilitätsprüfung der Kläranlagenzulaufdaten

Für die Entwicklung dieser groben Plausibilitätskontrolle wurden die Zulaufdaten von insgesamt 76 Kläranlagen (Teilnehmer des Forschungsprojektes) mit einer mittleren Belastung zwischen 5.000 und 350.000 Einwohnerwerte näher untersucht. Für die Auswertungen, die in Folge dargestellt sind, wurden jeweils nur jene Daten herangezogen, die bei der Datenprüfung mittels Massenbilanz (CSB-, P- und N-Bilanz) als plausibel angesehen wurden.

Der Ausgangspunkt für eine Plausibilitätsprüfung der Zulauffrachten war die Fragestellung, in welchem Bereich die einwohnerwertspezifischen Frachten an Stickstoff und Phosphor im Kläranlagenzulauf schwanken können. Aufgrund des Verhältnisses von Einwohner zu Einwohnerwert konnte herausgearbeitet werden, welche Schmutzfrachten im Kläranlagenzulauf von einem Einwohner stammen und in welchem Schwankungsbereich die Abwässer von Industrie und Gewerbe üblicherweise liegen.

Für die Ermittlung der durchschnittlichen Stickstoff- und Phosphorfrachten je Einwohner bzw. je Einwohnergleichwert wurden daher die einwohnerwertspezifischen Stickstoff- und Phosphorfrachten berechnet und

in Abhängigkeit vom Verhältnis Einwohner zu Einwohnerwert (nach Andreottola et al., 1996) in Abbildung 14 und Abbildung 15 dargestellt.

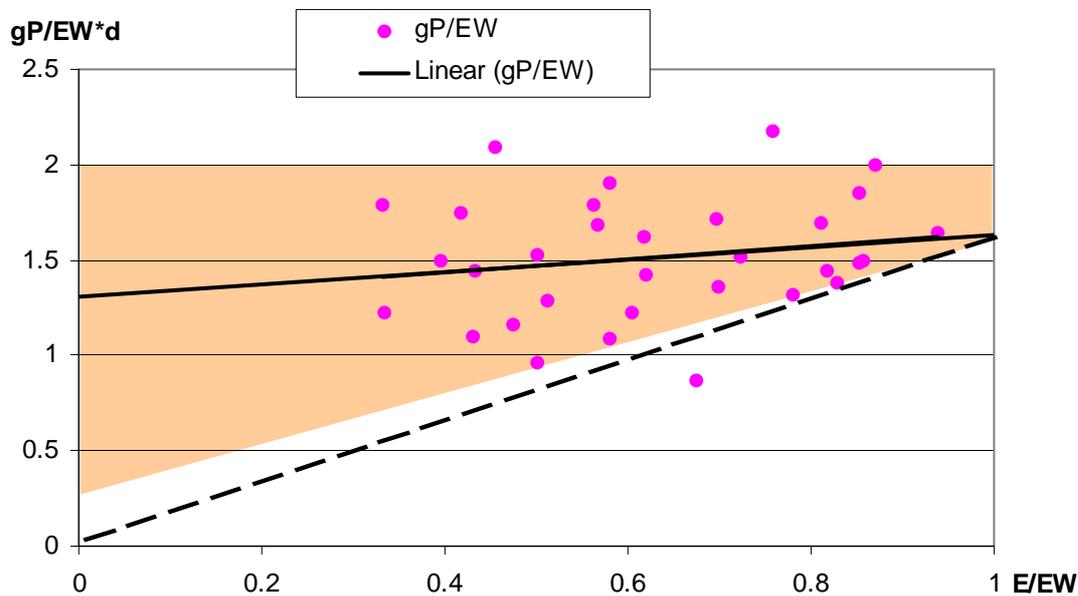


Abbildung 14: Phosphorfrachten je Einwohnerwert (EW-BSB₅₋₆₀) in Abhängigkeit des Verhältnisses Einwohner zu Einwohnerwert

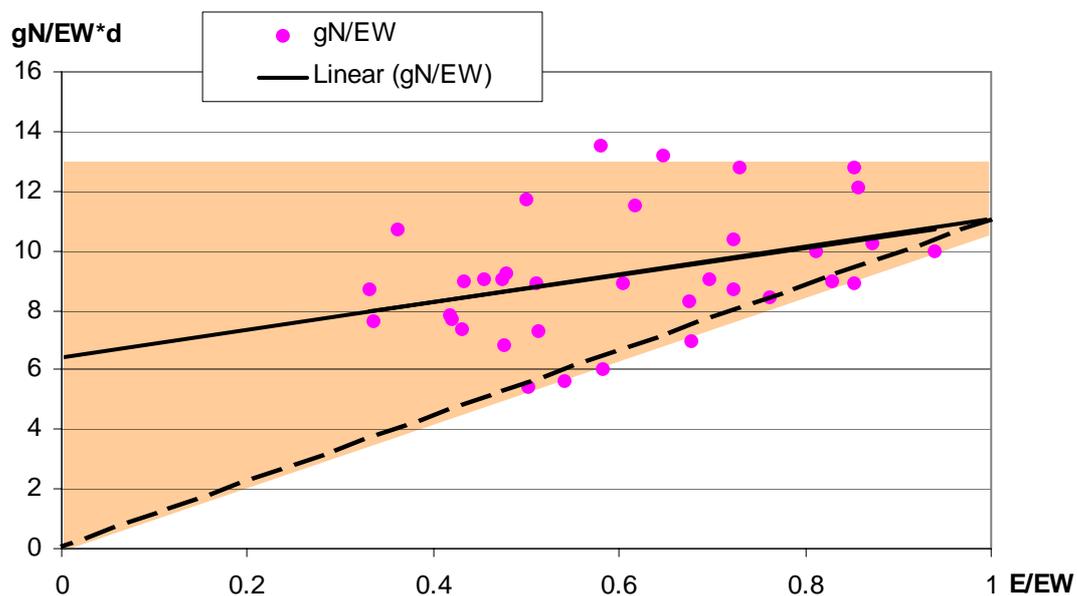


Abbildung 15: Stickstofffrachten je Einwohnerwert (EW-BSB₅₋₆₀) in Abhängigkeit des Verhältnisses Einwohner zu Einwohnerwert

Legt man eine Ausgleichsgerade durch die Datenpunkte, so zeigt diese bei $E/EW = 1$ (keine Industrie und Gewerbe und somit keine EGW) die mittlere Stickstoff- bzw. Phosphorfracht je Einwohner. Bei $E/EW = 0$ (ausschließlich

EGW und keine Einwohner $E=0$) erhält man die durchschnittliche Stickstoff- bzw. Phosphorfracht je EGW.

Abgesehen von Verlusten im Kanalnetz muss zumindest die je Einwohner produzierte und abgeleitete Schmutzfracht im Kläranlagenzulauf wieder gefunden werden.

Geht man von einer zu erwartenden Schmutzfrachtproduktion eines Einwohners aufgrund des Konsumverhaltens aus, so muss man je Einwohner mit 1,6 – 2,0 g P/E.d und 11 – 13 g N/E.d rechnen (Zessner & Lindtner, 2003). Dies entspricht jenen Frachten, die ohne einen Beitrag von Gewerbe und Industrie zumindest auf der Kläranlage zu erwarten sind. Als unterste Grenze, die für spezifische N- und P-Frachten zu erwarten sind, ergibt sich somit eine Linie, welche bei der Untergrenze dieses Schwankungsbereiches für den Beitrag der Einwohner beginnt und den Koordinatenursprung schneidet (die strichlierten Linien in Abbildung 14 und Abbildung 15).

Zusätzlich wurden in Abbildung 14 und Abbildung 15 jene Bereiche grau hinterlegt eingezeichnet, die ausgehend von der Schmutzfrachtproduktion eines Einwohners 95 Prozent der Datenpunkte einhüllen. Dieser grau hinterlegte Bereich stellt somit jene spezifischen Frachten in Abhängigkeit des E/EW-Verhältnisses dar, die üblicherweise zu erwarten sind.

In Abbildung 16 wurden von den Anlagen die spezifischen Stickstoff- und Phosphorfrachten in Abhängigkeit des Verhältnisses Einwohner zu Einwohnerwert dargestellt, bei denen sowohl die Stickstoff- als auch die Phosphorfrachten als plausibel eingestuft wurden. Die Y-Achsen wurden so skaliert, dass die maximal je Einwohner zu erwartende Fracht an Stickstoff mit 13 g je Tag und an Phosphor mit 2 g je Tag auf einer Linie liegen. Dies bedeutet, dass sich bei Anlagen mit einem Stickstoff zu Phosphor Verhältnis von 6,5 die Datenpunkte in Abbildung 16 überlappen. Je größer der vertikale Abstand der Datenpunkte der spezifischen Stickstoff- und Phosphorfrachten ist, desto weiter weicht das Verhältnis vom je Einwohner zu erwartenden Verhältnis ab. Weicht das N/P-Verhältnis stark von diesen Verhältnissen ab, kann man darauf schließen, dass entweder die N- oder P-Daten nicht plausibel sind oder dass die Abwässer von speziellen Indirekteinleitern zu diesen N/P-Verhältnissen führen. In der Abbildung 16 wurden daher bei jenen Anlagen mit einem N/P-Verhältnis kleiner 5,5 beziehungsweise größer 7,5 die Indirekteinleiter angegeben.

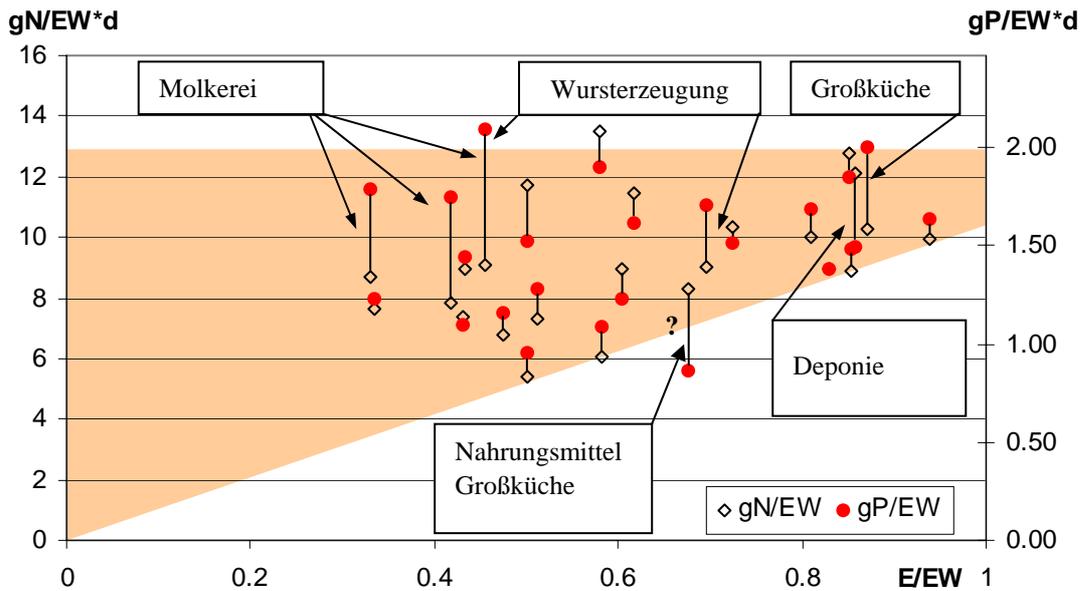


Abbildung 16: Phosphor und Stickstofffrachten je Einwohnerwert (EW-BSB₅₋₆₀) in Abhängigkeit des Verhältnisses Einwohner zu Einwohnerwert

Dabei zeigt sich, dass Kläranlagen mit Molkereiabwässern, Abwässern aus der Wursterzeugung und aus Großküchen ein N/P-Verhältnis kleiner 5,5 aufweisen. Bei den Molkereiabwässern, Großküchen und die Wursterzeugung kann dies auf die Verwendung von phosphorhaltigen Putzmitteln zurückzuführen sein. Möglicherweise sind die Abwässer der Wursterzeugung auch mit Knochenmehl oder Knochenabschabungen verunreinigt, welche sehr hohe Phosphorfrachten enthalten. Bei jener Kläranlage, deren Zulauf von Deponiesickerwässern beeinflusst ist, kann das N/P-Verhältnis größer als 7,5 mit den erhöhten Ammoniumauswaschungen des Deponiekörpers erklärt werden. Das N/P-Verhältnis von $>7,5$ bei jener Anlage mit Nahrungsmittelindustrie und Großküche als Indirekteinleiter kann nicht geklärt werden und ist möglicherweise auch auf einen Mangel bei der bilanzunterstützten Plausibilitätskontrolle zurückzuführen.

In Bezug auf die Plausibilitätsprüfung bedeutet dies, dass ein für kommunales Abwasser untypisches N/P-Verhältnis (kleiner 5,5 bzw. größer 7,5) mit Hilfe der Indirekteinleiter erklärbar sein muss, um die Daten in Bezug auf das N/P-Verhältnis als plausibel einstufen zu können.

Neben dem N/P-Verhältnis sind natürlich auch die spezifischen Frachten von BSB bzw. CSB, Stickstoff und Phosphor für die Plausibilitätsprüfung entscheidend.

Zur Verdeutlichung der Vorgehensweise bei der Plausibilitätskontrolle der Zulaufdaten wird in der Abbildung 18 ein Beispiel mit plausiblen und in der Abbildung 19 ein Beispiel unplausibler Daten dargestellt.

Zusätzlich wurde in den genannten Abbildungen ein E/EW-Bereich abgegrenzt, innerhalb dessen die berechneten spezifischen Stickstoff- und Phosphorzulaufmengen erwartungsgemäß liegen. Bei der Berechnung des E/EW-Bereiches wird davon ausgegangen, dass bei 80 Prozent der untersuchten Anlagen die EW-Belastung 40 bis 90 Prozent von EW-Ausbau beträgt, wie dies aus der Abbildung 17 abgeleitet werden kann.

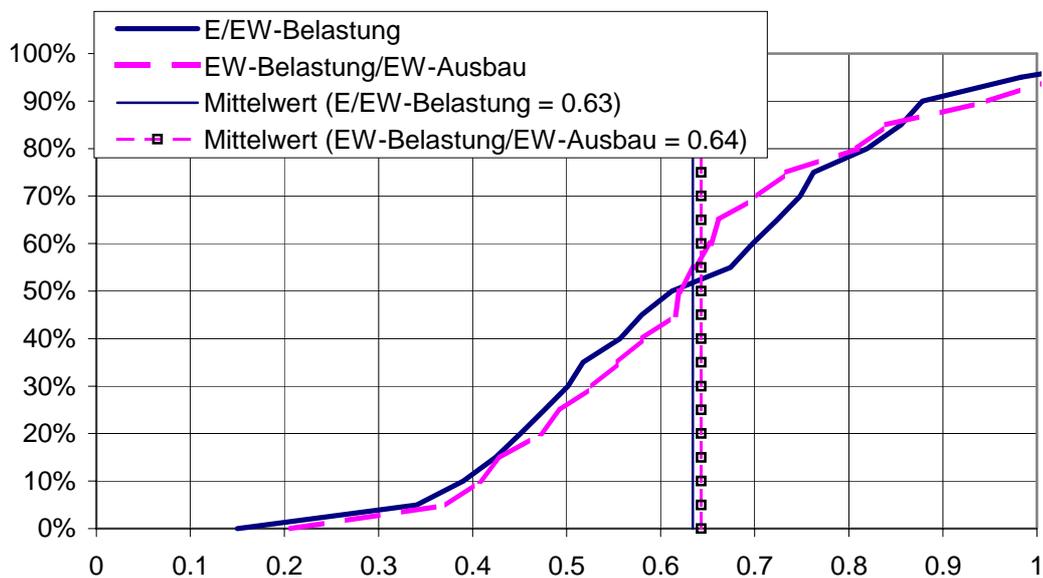


Abbildung 17: Häufigkeitsverteilung der Verhältnisse von Einwohner zu EW-Belastung und von EW-Belastung zu EW-Ausbau

In dem in Abbildung 18 dargestellten Beispiel mit einer Einwohnerzahl von 37.000 und 100.000 EW-Ausbau kann daher E/EW von $0,41 = 37.000/(100.000 \cdot 0,9)$ als untere und $0,93 = 37.000/(100.000 \cdot 0,4)$ als obere Grenze abgeschätzt werden. Wie der Abbildung 18 entnommen werden kann, liegen die spezifischen Zulaufmengen sehr nahe dem unteren Grenzbereich E/EW -Ausbau, was darauf hinweist, dass die durchschnittliche Belastung sehr nahe der Auslastung ist.

Neben den Aussagen in Bezug auf die Plausibilität und die mittlere Belastung der Anlage kann aus der Abbildung 18 abgeleitet werden, wie hoch der Anteil an Indirekteinleitern ist (horizontale Lage der spez. Frachten) und ob diese Indirekteinleiter zusätzlich zur Kohlenstofffracht auch Stickstoff und/oder Phosphor liefern (vertikale Lage der spez. Frachten). Ein E/EW -Verhältnis

kleiner 0,6 und spezifische Frachten, die am unteren Rand des grau hinterlegten Bereiches liegen, wie dies die Abbildung 18 beispielsweise zeigt, lassen auf einen Kläranlagenzulauf schließen, der sehr stark von Indirekteinleitern geprägt ist, die ausschließlich CSB liefern. Ohne der CSB-Fracht dieser industriellen Indirekteinleiter würden die spezifischen Frachten in Pfeilrichtung nach rechts oben verschoben werden. Die Zulauffrachten können in diesem Fall dann als plausibel bezeichnet werden, wenn auch tatsächlich ein oder mehrere Indirekteinleiter mit hoher CSB-Fracht und niedrigen N- und P-Frachten vorhanden sind.

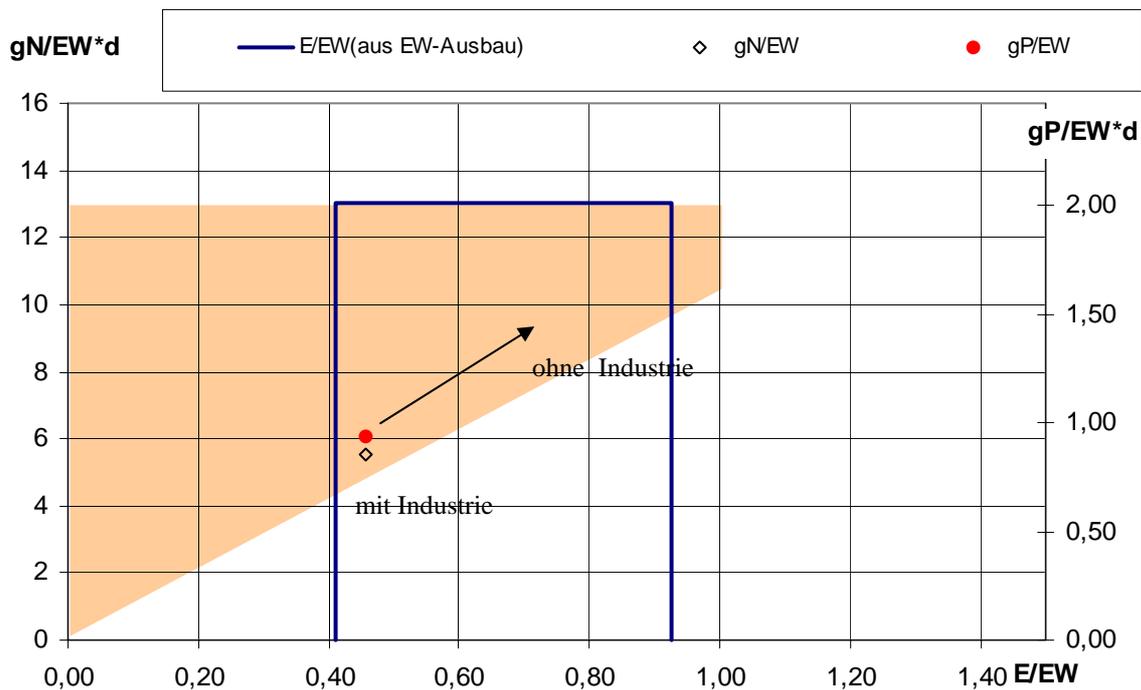


Abbildung 18: Plausible spezifische Phosphor- und Stickstoffzulauffrachten einer Kläranlage und Abgrenzung der erwarteten E/EW-Bereiche in Abhängigkeit der Ausbaugröße

Ein Beispiel für unplausible Datenlage kann der Abbildung 19 entnommen werden. In diesem Fall errechnen sich spezifische Zulauffrachten größer als 13 gN/d und größer als 2 gP/d bei einem E/EW-Verhältnis größer als 1. Für den Fall einer Kläranlage mit mehr als 5.000 EW-BSB₅₋₆₀ liegt die Vermutung nahe, dass zu niedrige Werte für die Kohlenstofffraktion gemessen werden und damit sowohl zu hohe spezifische Frachten der Nährstoffe als auch ein zu hohes E/EW-Verhältnis ermittelt werden. Eine Erhöhung der Einwohnerwerte hat eine Verschiebung der spezifischen täglichen N- und P-Fracht in Pfeilrichtung nach links unten und somit in einen plausiblen Bereich zur Folge.

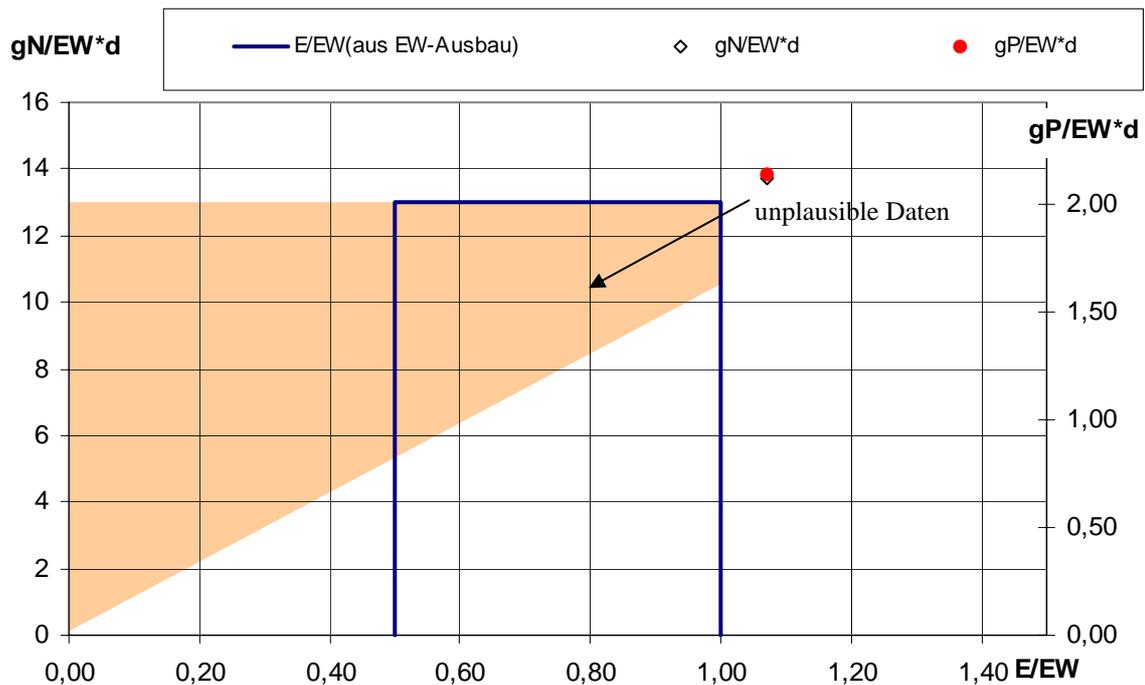


Abbildung 19: Unplausible spezifische Phosphor- und Stickstoffzulaufträgen einer Kläranlage und Abgrenzung der erwarteten E/EW-Bereiche in Abhängigkeit der Ausbaugröße

Liegen die spezifischen Frachten in einem unplausiblen Bereich, so können eine oder mehrere unrichtige Eingangsgrößen dafür verantwortlich sein. Im Folgenden wird eine Zusammenstellung der Auswirkungen auf die grafische Darstellung bei einer Änderung der jeweiligen Eingangsgrößen angeführt:

- Eine Änderung der aktuell angeschlossenen Einwohnerzahl hat sowohl eine Horizontalverschiebung der spezifischen P- und N-Frachten als auch des zu erwartenden E/EW-Bereiches (errechnet aus EW-Ausbau) zur Folge.
- Eine Änderung der Phosphor- und/oder Stickstoffzulauftrag hat eine Änderung der spezifischen Phosphor- und/oder Stickstofffracht zur Folge (vertikale Verschiebung der Datenpunkte).
- Eine Änderung der BSB₅ bzw. CSB-Fracht und somit der Einwohnerwerte hat sowohl eine horizontale als auch vertikale Verschiebung der spezifischen P- und N-Frachten zur Folge.

4.6 Bezugsgrößen

Bezugsgrößen, auch Kosteneinflussfaktoren oder Kostentreiber genannt, stellen eine mengenabhängige Beziehung zwischen Prozessleistung und Kostenentstehung her. An Bezugsgrößen werden folgende Anforderungen gestellt (Schmelzer & Sesselmann, 2001):

- Sie sollen eine reale Prozessgröße sein.
- Sie sollen in direktem Zusammenhang mit der Prozessleistung stehen.
- Ihre Menge soll sich proportional zur Beanspruchung der Prozessressource verhalten.
- Sie sollen über einen längeren Zeitraum Gültigkeit haben.
- Sie sollen eine aussagekräftige Kennzahlenbildung ermöglichen.

Bei der Bezugsgrößenanalyse soll herausgefunden werden, ob sich die Kosten mit der erbrachten Leistung verändern (= leistungsmengeninduziert) oder ob sie mengenunabhängig (= leistungsmengenneutral) sind, also generell anfallen. Für die leistungsmengeninduzierten Prozesse ist die Ermittlung der Kostentreiber notwendig (Zimmermann, 1992).

Auf die spezifischen Verhältnisse von Abwasserreinigungsanlagen bezogen, kann daraus abgeleitet werden, dass bei der Bezugsgrößenanalyse herausgefunden werden muss, ob und wie sich die Kosten eines Prozesses mit den Stoffströmen (Wassermenge, Schmutzfrachten) des jeweiligen Prozesses verändern. In Anlehnung an Zimmermann wird daher von stoffmengeninduzierten Kosten und von stoffmengenneutralen Kosten gesprochen. Stoffmengenneutrale Kosten sind beispielsweise die Kapitalkosten. Für die Kapitalkosten kommen daher nicht die aktuellen Stoffströme als Bezugsgrößen in Frage, sondern vielmehr verschiedene Auslegungsgrößen der Anlage.

Bei der Ermittlung von geeigneten Bezugsgrößen werden daher in Anlehnung an die Vorgehensweise beim Benchmarking-Forschungsprojekt (Kroiss et al., 2001) in einem ersten Schritt mögliche Bezugsgrößen für Betriebs-, Kapital- und Jahreskosten beschrieben. In einem zweiten Schritt wird der Zusammenhang dieser Bezugsgrößen mit den jeweiligen Prozesskosten mit Hilfe von Regressionsanalysen untersucht und eine Bezugsgröße für die Berechnung der spezifischen Kosten ausgewählt. In einem dritten Schritt wird

die ermittelte Regressionsfunktion zwischen Bezugsgrößen und Kosten weiteren Analysen unterzogen, um den Zusammenhang statistisch abzusichern.

Aufgrund weitergehender Analysen der Daten des Benchmarking-Forschungsprojektes konnte herausgefunden werden, dass sich der Zusammenhang von Bezugsgröße und Kosten verbessert, wenn anstelle eines linearen Zusammenhanges eine Potenzfunktion unterstellt wird. Wie aus der Tabelle 2 entnommen werden kann, verbessert sich das Bestimmtheitsmaß von 0,69 unter Annahme eines linearen Zusammenhanges auf 0,82, wenn eine Potenzfunktion für den Zusammenhanges von Einwohnerwerten und Gesamtbetriebskosten unterstellt wird.

Tabelle 2: Vergleich des Bestimmtheitsmaßes unterschiedlicher Regressionsfunktionen

	R ²
Lineare Funktion	0,69
Potenzfunktion	0,82

Das Bestimmtheitsmaß liefert das Quadrat des Korrelationskoeffizienten und ist ein Maß für die Güte des Zusammenhanges. Das Bestimmtheitsmaß kann zwischen 0 und 1 liegen, wobei 1 das maximal Mögliche ist und in diesem Falle alle Punkte auf der Funktionskurve liegen. Bei einem Bestimmtheitsmaß unter 0,7 muss der Zusammenhang als qualitativ schlecht bezeichnet werden.

Wie die weiteren Ausführungen in diesem Kapitel zeigen werden, hat die Verwendung einer Potenzfunktion anstelle der linearen Regression auf das Ergebnis der Analysen keinen wesentlichen Einfluss. Da jedoch auch die meisten Betriebskostenkurven von einer Abnahme der spezifischen Kosten mit der Kläranlagengröße nach einer Potenzfunktion ausgehen, erscheint es nur konsequent, auch bei der Bezugsgrößenanalyse von einer Potenzfunktion auszugehen.

Die Auswahl welche Bezugsgrößen schließlich für welche Kosten angewendet wurde, erfolgte unter Anwendung der von Schmelzer und Sesselmann angeführten Anforderungen an Bezugsgrößen. Das berechnete Bestimmtheitsmaß war dabei ein wesentliches Kriterium welches über den Zusammenhang der möglichen Bezugsgröße und der jeweiligen Kosten Auskunft gibt. Als ein anderes wesentliches Kriterium nennen Schmelzer und Sesselmann die Aussagekräftigkeit der gebildeten Kennzahlen. Da vor allem Kostenkennzahlen auch für abwassertechnische Laien aussagekräftig sein sollen, wurden als mögliche Bezugsgrößen nicht Stofffrachten wie die

organische Verschmutzung, Stickstoff oder Phosphor verwendet, sondern es wurden diese auf Einwohnerwerte umgerechnet. Als weiteres Kriterium für die Auswahl der Bezugsgröße spielt neben der statistischen Nachweisbarkeit und Güte des Zusammenhanges zwischen Kosten und mögliche Bezugsgröße auch die intellektuelle Nachvollziehbarkeit dieses Zusammenhanges, vor allem in Hinblick auf die Akzeptanz der damit berechneten Kennzahl. Zusätzlich ist die Verfügbarkeit der möglichen Bezugsgröße sowohl in qualitativer wie quantitativer Hinsicht ein Kriterium.

4.6.1 Bezugsgrößenanalyse der Betriebskosten

Da es sich bei den Betriebskosten, abgesehen von Reparatur und Instandhaltungskosten, vor allem um stoffmengeninduzierte Kosten handelt, kommen für die Berechnung der spezifischen Betriebskosten vor allem Bezugsgrößen in Frage, die mit den Stoffströmen in direktem Zusammenhang stehen. Die grundsätzlich möglichen Bezugsgrößen für die Betriebskosten, sowohl für die Gesamtbetriebskosten der Kläranlage als auch der vier Prozesse, sind im Folgenden kurz beschrieben.

a) Mittlere Belastung, ausgedrückt in Einwohnerwerten, errechnet aus:

- der CSB-Zulauf fracht unter der Annahme, dass ein Einwohnerwert 110 g CSB pro Tag entspricht (EW-CSB110).

Die Verwendung der CSB-Fracht anstelle der international verbreiteteren BSB₅-Fracht für die Umrechnung der organischen Schmutzfracht in Einwohnerwerte, ist in der Bilanzierbarkeit der CSB-Fracht und der damit verbundenen zuverlässigeren Möglichkeit der Plausibilitätsprüfung zu sehen. Die Umrechnung der CSB-Fracht unter der Annahme dass ein Einwohnerwert 110 g CSB je Tag verursacht – anstelle von 120 g je Tag wie dies auch im ATV-A131 steht - ist darin begründet, dass Auswertungen (Lindtner & Zessner, 2003; Nowak, 2000) einer großen Anzahl an österreichischer Kläranlagenzulaufdaten ein BSB/CSB Verhältnis von 0,55 zum Ergebnis hatten. Um die internationale Vergleichbarkeit gewährleisten zu können, wobei international von 60 g BSB₅ je Einwohnerwert und Tag ausgegangen wird, wird die einwohnerwertspezifischen organischen Verschmutzung österreichischer Kläranlagen mit 110 g je Tag angesetzt..

- der Nges-Zulauf fracht unter der Annahme, dass ein Einwohnerwert 11 g Nges pro Tag entspricht (EW-Nges11)

- der Pges-Zulauf fracht unter der Annahme, dass ein Einwohnerwert 1,7 g Pges pro Tag entspricht (EW-Pges1,7)

b) Mittelwert der Zulaufwassermenge (Q-Zulauf):

Da die Zulaufwassermenge sehr häufig als Bezugsgröße für die Kosten der Abwasserreinigung herangezogen auch im internationalen Vergleich angewendet wird, ist bei der Bezugsgrößenanalyse der statistische Zusammenhang der durchschnittlichen Wassermenge und der Prozessbetriebskosten von Interesse.

c) Fracht an stabilisierter Trockensubstanz (TS-Fracht stabilisiert):

Die Menge an stabilisierter Trockensubstanz des zu entsorgenden Schlammes ist möglicherweise ein gutes Maß für die Betriebskosten des Prozesses 3 *Eindickung und Schlammstabilisierung* und wird aus diesem Grund bei der Bezugsgrößenanalyse näher untersucht.

d) Menge an entwässertem Schlamm (Q-Schlamm entwässert):

Da die Menge entwässerten Schlammes einerseits ein Maß für die Kosten des Entwässerungssystems darstellt, und andererseits die Entsorgungskosten zumeist je Kubikmeter entwässerten Schlammes bezahlt werden, ist diese Bezugsgröße in Hinblick auf die Prozesskosten der weitergehenden Schlammbehandlung näher zu untersuchen.

e) Menge an Rohschlamm (Rohschlamm):

Als Rohschlamm wird die Summe aus nicht eingedicktem Primär- und Überschussschlamm verstanden, welche Inputgüter des Prozess 3 sind und daher vor allem im Hinblick auf die Betriebskosten des Prozesses 3 von Interesse sind.

f) Menge an Trockensubstanz des entsorgten Schlammes (TS-Fracht entsorgt):

Alternativ zur Menge entwässerten stabilisierten Schlammes steht die Menge an Trockensubstanz des entsorgten Schlammes als mögliche Bezugsgröße vor allem des Prozesses 4 zur Diskussion. Beim Prozess 3 kann davon ausgegangen werden, dass die „TS-Fracht entsorgt“ ein ähnliches Verhältnis zu den Kosten aufweist wie die „TS-Fracht stabilisiert“.

Ergebnis der Bezugsgrößenanalyse der Betriebskosten:

Die in Abbildung 20 dargestellten Korrelationen der Betriebskosten zeigen den Zusammenhang der Betriebskosten mit der mittleren Belastung, ausgedrückt als EW-CSB110, EW-Nges11 sowie EW-Pges1,7 und mit der durchschnittlichen Zulaufwassermenge. Wie aus dem im jeweiligem Diagramm eingetragenen Bestimmtheitsmaß (R^2) erkennbar, besteht die höchste Übereinstimmung zwischen Betriebskosten und den EW-CSB110 ($R^2=0,82$).

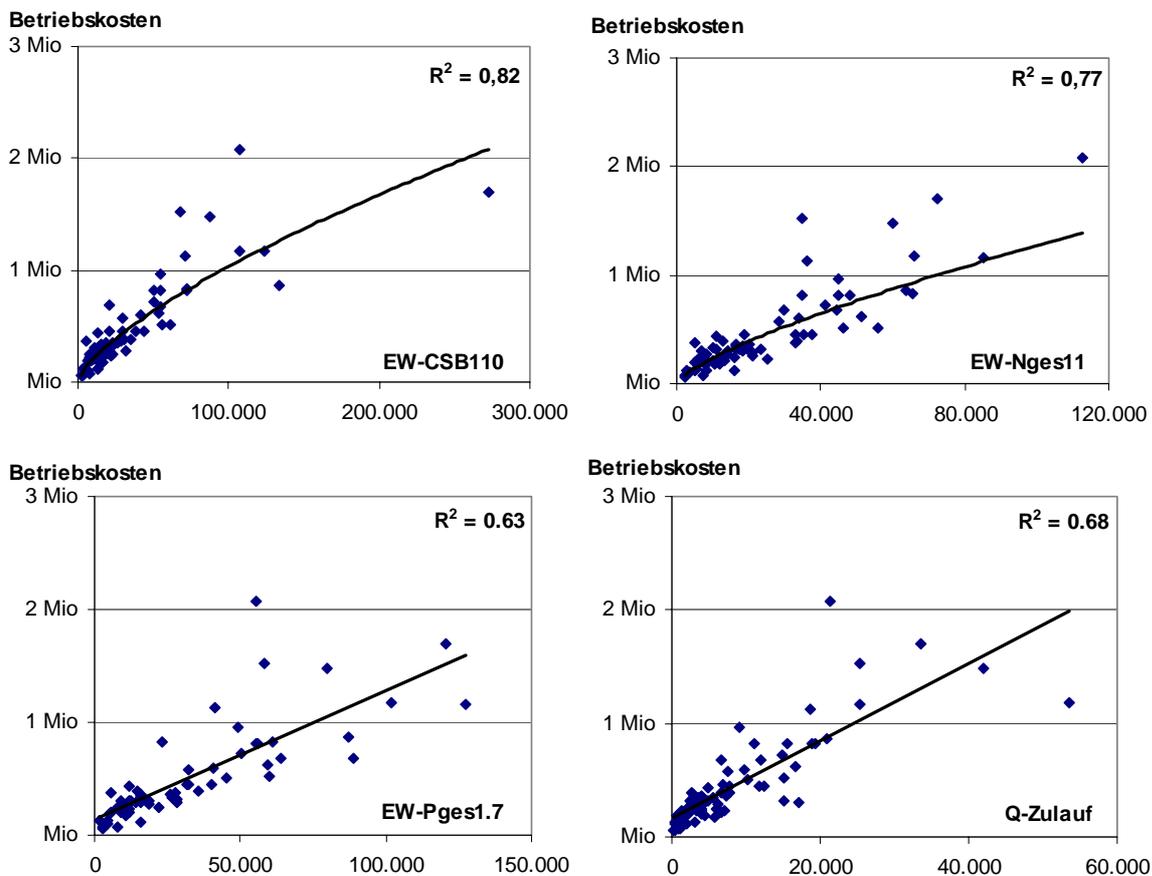


Abbildung 20: Korrelation der Gesamtbetriebskosten mit möglichen Bezugsgrößen

Die Ergebnisse der Bezugsgrößenanalysen der Prozessbetriebskosten wurden in Tabelle 3 zusammengestellt. Neben dem Bestimmtheitsmaß wurde in die Tabelle 3 der prozentuelle Anteil der jeweiligen Prozesskosten an den Gesamtbetriebskosten eingetragen.

Es zeigt sich dabei, dass EW-CSB110 nicht nur mit den Gesamtbetriebskosten, sondern auch mit den Betriebskosten der vier Prozesse

einen guten statistischen Zusammenhang liefert. Auffällig ist, dass aufgrund eines Bestimmtheitsmaßes beim Prozess 1 ein geringer und beim Prozess 3 kein direkter Zusammenhang der möglichen Bezugsgrößen mit den Prozesskosten festzustellen ist. Aufgrund der Ergebnisse des Benchmarking-Forschungsprojektes kann gesagt werden, dass die Personalkosten 50 bis 70 Prozent der Kosten des Prozesses 1 und rund 40 Prozent der Kosten des Prozesses 3 ausmachen. Der schwache statistische Zusammenhang lässt sich mit der weitgehenden Unabhängigkeit der Personalkosten von den verwendeten Bezugsgrößen erklären. Als zusätzliche Erklärungen für den sehr niedrigen statistischen Zusammenhang der Bezugsgrößen des Prozesses 3 und der Kosten dieses Prozesses können die Energiekosten angeführt werden. Die Energiekosten machen laut Forschungsprojekt zwischen 30 und 40 Prozent der Prozessbetriebskosten 3 aus. Da die Energiekostenaufteilung auf die Prozesse 2 und 3, vor allem bei jenen Anlagen mit getrennter aerober Stabilisierung, nicht auf Messwerten beruht, ist die Richtigkeit der Kosten 3 zu hinterfragen. Es wurde daher zusätzlich der statistische Zusammenhang der Summe der Prozesskosten 2 und 3 mit den möglichen Bezugsgrößen berechnet und in der Tabelle 3 dargestellt. Es zeigt sich dabei, dass das Bestimmtheitsmaß der Regressionsfunktion der summierten Prozesskosten 2 + 3 mit den möglichen Bezugsgrößen jenem Prozesskosten 2 mit den möglichen Bezugsgrößen entspricht. Dies verstärkt die Vermutung, dass die Kostenzuordnung auf den Prozess 3 mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Die Unterscheidung der Prozesse 2 und 3 muss daher hinterfragt werden, was in Kapitel 4.7.4 noch weiter ausgeführt wird.

Die Prozesskosten des Prozesses 4 korrelieren neben dem bereits erwähnten Einwohnerwert (EW-CSB110) auch mit der TS-Fracht des stabilisierten und der TS-Fracht des entsorgten Schlammes.

Wie aus der Tabelle 3 abgeleitet werden kann, kann anhand das Bestimmtheitsmaßes keine eindeutige Entscheidung für eine der möglichen Bezugsgrößen getroffen werden. Neben dem Bestimmtheitsmaß ist die Aussagekräftigkeit der zu bildenden Kennzahlen ein Kriterium für die zu wählende Bezugsgröße. In Bezug auf möglichst einfache Handhabung der Kostenkennzahlen wird nach Möglichkeit danach getrachtet, für alle vier Hauptprozesse eine Bezugsgröße zu bestimmen. Damit wäre auch die Addition der spezifischen Prozesskosten möglich. Für die Prozesse 2 und 3 gilt dies im besonderen Maße, weil nur durch die Summenbildung der spezifischen Kosten dieser beiden Prozesse Anlagen mit und ohne getrennter Stabilisierung vergleichbar werden. Eine Addition der spezifischen Kosten

wäre beispielsweise nicht möglich, würde für den Prozess 1 die Wassermenge und für den Prozess 2 die EW-CSB110 als Bezugsgröße verwendet werden.

	Betriebskosten von					
	Prozess 1	Prozess 2	Prozess 3	Prozess 2+3	Prozess 4	Prozess ARA
EW-CSB110	0,53	0,75	0,22	0,75	0,71	0,82
EW-Nges11	0,52	0,71	0,21	0,75	0,50	0,77
EW-Pges1,7	0,56	0,73	0,17	0,76	0,62	0,77
Q-Zulauf	0,49	0,72	0,22	0,72	0,67	0,78
TS-Fracht stabilisiert			0,22		0,68	
Q-Schlamm entwässert			0,22		0,64	
Rohschlamm			0,20		0,65	
TS-Fracht entsorgt			0,22		0,70	
Betriebskostenanteil	10 %	35 %	10 %	45 %	45 %	100 %

Tabelle 3: Bestimmtheitsmaß der Regressionsfunktion von Prozessbetriebskosten mit möglichen Bezugsgrößen

Aus folgenden Gründen wurde der aus der CSB-Fracht errechnete Einwohnerwert (EW-CSB110) sowohl für die Betriebskosten aller vier Prozesse als auch für die Gesamtbetriebskosten gewählt:

- Der EW-CSB110 ist eine allgemein bekannte und übliche Kenngröße in der Abwassertechnik und es können somit aussagekräftige Kennzahlen berechnet werden.
- Der statistische Zusammenhang von EW-CSB110 und den Kosten der Prozesse 2, 2 + 3, 4 und der Gesamtbetriebskosten kann als abgesichert angesehen werden. Eine weitergehende Überprüfung und Bestätigung dieser Aussage im Hinblick auf die Gesamtbetriebskosten folgt in Kapitel 4.6.4. Für die Prozesse 1 und 3 kann aus den oben angeführten Gründen auch mit anderen möglichen Bezugsgrößen kein statistisch besserer Zusammenhang erzielt werden.
- EW-CSB110 kann daher als Bezugsgröße für alle Prozesse angewendet werden und entspricht dem beschriebenen Kriterium einer Bezugsgröße für alle Prozesse.
- Der Zusammenhang von EW-CSB110 als Maß für die organische Verschmutzung und den Kosten ist nicht nur statistisch nachweisbar, sondern sowohl für den Laien als auch für den Fachmann nachvollziehbar.

Von allen anderen Bezugsgrößen erfüllen EW-Nges11, EW-Pges1,7 und Q-Zulauf mehrere der für EW-CSB110 genannten Punkte. Gegen die Verwendung von EW-Nges11 und EW-Pges1,7 für ein Benchmarking in Österreich spricht, dass diese Größen nicht von allen Kläranlagen im Zulauf bestimmt werden und zusätzlich kein Vorteil dieser Bezugsgrößen gegenüber EW-CSB110 gegeben ist. Gegen die Verwendung der Zulaufwassermenge als Bezugsgrößen spricht einerseits der etwas schlechtere statistische Zusammenhang zwischen Zulaufwassermenge und Kosten verglichen mit EW-CSB110. Andererseits besteht aus fachlicher Sicht kein direkter Zusammenhang zwischen der Wassermenge und den Betriebskosten, wenn man von den Pumpkosten absieht. Eine Verringerung der Wassermenge wirkt sich unwesentlich auf die Betriebskosten aus, wohingegen eine Verringerung der Schmutzfracht sowohl den Energieverbrauch der Belüftung als auch den Schlammanfall und dergleichen mehr verringert.

4.6.2 Bezugsgrößenanalyse der Kapitalkosten

Da es sich bei den Kapitalkosten um stoffmengenunabhängige Kosten handelt, kommen für die Berechnung der spezifischen Kapitalkosten nicht die aktuellen Stoffströme als Bezugsgrößen in Frage, sondern verschiedene Auslegungsgrößen der Anlage.

a) Ausbaugröße der Kläranlage in Einwohnerwerten (EW-Ausbau):

Einfachste und statistisch gut verfügbare Kennzahl ist der Bemessungs-Einwohnerwert des Bewilligungsbescheides als planerische Anschlussgröße der Kläranlage. Hiermit wird jedoch nicht der unterschiedlichen Belastung der Anlagen Rechnung getragen, die aufgrund betrieblicher Schwankungen, Zuwachsraten und sonstiger Randbedingungen üblicherweise immer vorhanden ist. Allerdings ist mit dieser Größe bereits eine erste gute Annäherung für die fixen Kosten gegeben, insbesondere für die Kapitalkosten (Evers et al., 1999).

Die Ausbaugröße einer Kläranlage wird gegenwärtig häufig als Bezugsgröße für die Investitionskosten verwendet. Sehr viele Kostenangaben werden als Betrag je EW angegeben. Diese Größe hat den Vorteil, dass sie einerseits als allgemein verständlich gilt, und andererseits die Einwohnerwerte kostenrelevant sind. Der Nachteil liegt darin, dass die Ausbaugröße in EW keine Aussage über das angestrebte Reinigungsziel enthält, dieses die Investitionskosten jedoch wesentlich beeinflusst. Eine Kläranlage mit

beispielsweise 10.000 EW Ausbaugröße, welche nur auf Kohlenstoffentfernung ausgelegt wurde, bedingt geringere Investitionskosten als eine Anlage derselben Ausbaugröße, welche auch auf Nährstoffentfernung bemessen wurde.

b) ”Normierte“ Ausbaugröße (EWnorm-Ausbau):

Um die Kapitalkosten von Kläranlagen unterschiedlicher Reinigungsziele vergleichen zu können, kann eine normierte Ausbaugröße der biologischen Reinigungsstufe errechnet werden. Dabei wird das vorhandene Volumen, in einer theoretischen Leistungsfähigkeit, ausgedrückt als Einwohnerwert, umgerechnet wobei eine einheitliche Reinigungsleistung unterstellt wird. Auf österreichische Verhältnisse angewendet, bedeutet dies, dass für ein Standardabwasser bei einem Schlammalter von 25 Tagen ein Volumen von 670 Liter je Einwohnerwert erforderlich ist und bei einem Schlammalter von 12,5 Tagen das erforderliche Volumen rund 400 Liter je Einwohnerwert beträgt, um laut Stand der Technik (Arbeitsblatt A131) die Grenzwerte nach 1.AEVkA gesichert einhalten zu können.

Bei simultan aerob stabilisierenden Anlagen wurde daher das vorhandene Volumen des Prozesses 2 (Vorklärung, Belebungsbecken und Nachklärung) durch 0,67 m³ geteilt, um die EWnorm-Ausbau zu bestimmen. Bei Anlagen mit getrennter Stabilisierung wurden zusätzlich zu den 400 l/EW noch 60 l/EW als erforderliches Stabilisierungsvolumen angesetzt. Die Annahme der gleichen spezifischen Volumina für Stabilisierungsbecken und Faulraum stellt eine Vereinfachung dar, die jedoch mit 60 l/EW auch bezüglich Faulraumvolumen auf der sicheren Seite liegen.

c) Maximale Zulaufmenge laut Wasserrechtsbescheid (Q-Zulauf max):

Der maximale Abwasserzufluss laut Wasserrechtsbescheid ist für jene Anlagenteile maßgebend, deren Bemessung auf die maximale Abwassermenge basiert. Demzufolge können z.B. die Kapitalkosten der mechanischen Vorreinigung zu dieser Wassermenge in Bezug gesetzt werden, um herauszufinden, ob diese Größe für die Kapitalkosten des Prozesses 1 maßgebend ist.

d) Errichtetes Volumen für die Faulung (Volumen Faulraum):

Mit Hilfe dieser Bezugsgröße soll geklärt werden, ob ein Zusammenhang zwischen errichtetem Volumen der Faulung und den Kapitalkosten des Prozesses 3 besteht.

Ergebnis der Bezugsgrößenanalyse der Kapitalkosten:

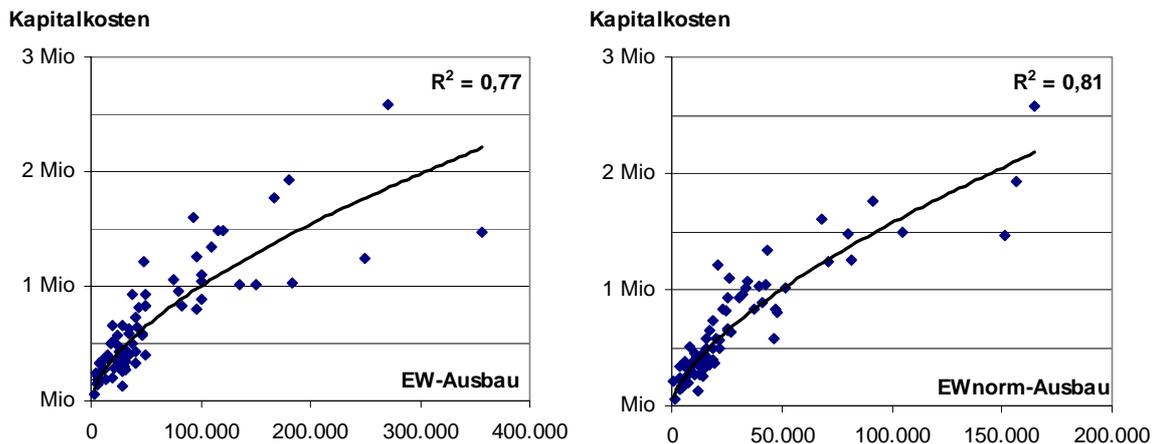


Abbildung 21: Korrelation der Kapitalkosten mit EW-Ausbau und Ewnorm-Ausbau

Die Ergebnisse der Bezugsgrößenanalyse der Kapitalkosten können der Abbildung 21 und der Tabelle 4 entnommen werden. Abbildung 21 zeigt, dass die Bezugsgröße Ewnorm-Ausbau einen qualitativ besseren Zusammenhang mit den Gesamtkapitalkosten aufweist als EW-Ausbau.

Tabelle 4: Bestimmtheitsmaß der Regressionsfunktionen der Prozesskapitalkosten mit möglichen Bezugsgrößen

	Kapitalkosten von				
	Prozess 1	Prozess 2	Prozess 3	Prozess 4	Prozess ARA
EW-Ausbau	0,48	0,69	0,47	0,22	0,77
Ewnormiert-Ausbau	0,49	0,74	0,53	0,23	0,81
Q-Zulauf max	0,47				
Volumen Faulraum			0,48		

Bei den Korrelationen der vier Hauptprozesskapitalkosten mit den möglichen Bezugsgrößen fällt auf, dass abgesehen vom Prozess 2 eine geringe Abhängigkeit der Kapitalkosten von den untersuchten Bezugsgrößen gegeben ist. Vermutlich ist die geringe Korrelation auch in Zusammenhang mit der schlechten Qualität der Kapitalkostenzuordnung auf die einzelnen Prozesse zu sehen. Aussagekräftige Daten, die als Basis für die Beurteilung der

Kapitalkosten der Prozesse herangezogen werden könnten, stehen nur von 25 der insgesamt 76 untersuchten Anlagen zur Verfügung.

Als Bezugsgrößen für die Kapitalkosten können aus Sicht der Bezugsgrößenanalyse sowohl die EW-Ausbau als auch die EWnormiert-Ausbau verwendet werden.

4.6.3 Bezugsgrößenanalyse der Jahreskosten

Da die Jahreskosten einerseits nur von der Gesamtanlage und nicht von den einzelnen Prozessen berechnet werden, und sich diese andererseits aus dem Anteil der Betriebskosten und jenem der Kapitalkosten zusammensetzen, kommen als mögliche Bezugsgrößen sowohl jene der Gesamtbetriebskosten als auch jene der Gesamtkapitalkosten in Frage. Es sind dies die durchschnittlichen Einwohnerwerte, errechnet aus der CSB-Fracht, aus der Nges.-Fracht und aus der Pges.-Fracht sowie EW-Ausbau und EWnormiert-Ausbau.

Ergebnis der Bezugsgrößenanalyse für die Jahreskosten:

Alle untersuchten Bezugsgrößen weisen einen sehr guten Zusammenhang mit den Jahreskosten auf. Wird beim EW-CSB110 die Stichprobe auf Werte eingegrenzt, die bei der Plausibilitätsprüfung mit gut beziehungsweise mittel bewertet wurden, so erhöht sich der statistische Zusammenhang zwischen EW-CSB110 und den Jahreskosten auf ein Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,83$.

Auffällig ist auch der sehr gute statistische Zusammenhang von EW-Ausbau mit den Jahreskosten. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass ein großer Anteil der Kapitalkosten und der Betriebskosten (beispielsweise ein Teil der Personalkosten) von der Ausbaugröße bestimmt wird. EW-Ausbau wird trotz größtem Bestimmtheitsmaß von 0,88 nicht als Bezugsgröße für die Jahreskosten, angewendet da die Vergleichbarkeit der damit errechneten spezifischen Kosten aufgrund möglicher unterschiedlicher Reinigungsziele nicht gegeben ist. Es wird daher auch für die Jahreskosten der aus der mittleren Belastung errechnete EW-CSB110 als Bezugsgröße festgelegt.

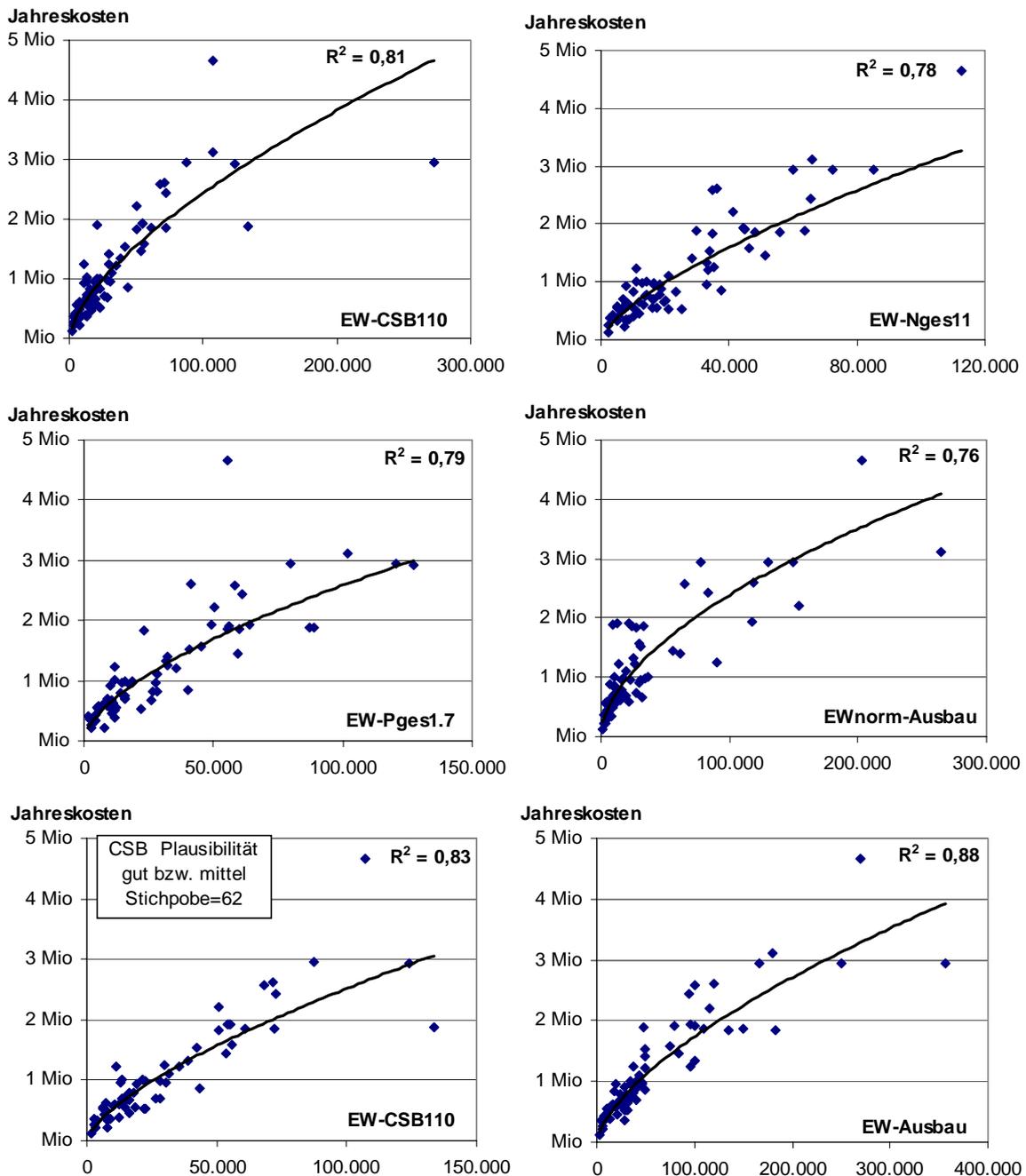


Abbildung 22: Korrelation der Jahreskosten mit möglichen Bezugsgrößen

4.6.4 Weitergehende statistische Auswertungen

In den vorangegangenen Kapiteln wurde der Zusammenhang von Bezugsgröße und Kosten ausschließlich in Form des Bestimmtheitsmaßes ausgedrückt. Das Bestimmtheitsmaß gibt darüber Auskunft, welcher Anteil der Kostenveränderung (abhängige Variable) auf die Veränderung

Bezugsgröße (unabhängige Variable) zurückzuführen ist (Köhler et al., 1996). Das Bestimmtheitsmaß ist jedoch nur dann wirklich aussagekräftig, wenn die verwendete Modellannahme einer Potenzfunktion, aus statistischer Sicht auch tatsächlich als Ausgleichsfunktion verwendet werden kann. Dies wird durch eine Prüfung auf Verletzung der Modellannahme getestet. Zusätzlich kann mit Hilfe statistischer Methoden überprüft werden, ob grundsätzlich davon ausgegangen werden kann dass die Kosten von den Bezugsgrößen beeinflusst werden und ob aufgrund der Datenbasis davon ausgegangen werden kann, dass die Regressionskoeffizienten von Null verschieden sind.

Die Prüfung einer Regressionsfunktion kann daher in drei Kriteriengruppen eingeteilt werden:

- Prüfung der einzelnen Regressionskoeffizienten
- Prüfung der gesamten Regressionsfunktion
- Prüfung auf Verletzung der Modellannahme

Die folgenden Ausführungen untersuchen einerseits die gefundene Regressionsfunktion der gewählten Bezugsgrößen EW-CSB110 und EWNorm-Ausbau mit den Betriebs- und Jahreskosten, und andererseits mit den Kapitalkosten im Hinblick auf die drei genannten statistischen Prüfkriterien näher.

Doppel-log-Transformation

Bevor auf die verwendeten Tests eingegangen wird, muss festgehalten werden, dass nichtlineare Funktionen vor deren Prüfung in eine Geradengleichung transformiert werden müssen. Die als Ausgleichsfunktion gewählte Potenzfunktion

$$\text{Gleichung 1} \quad y = C \cdot x^B$$

lässt sich durch die doppel-log-Transformation in die wesentlich einfachere Geradengleichung überführen.

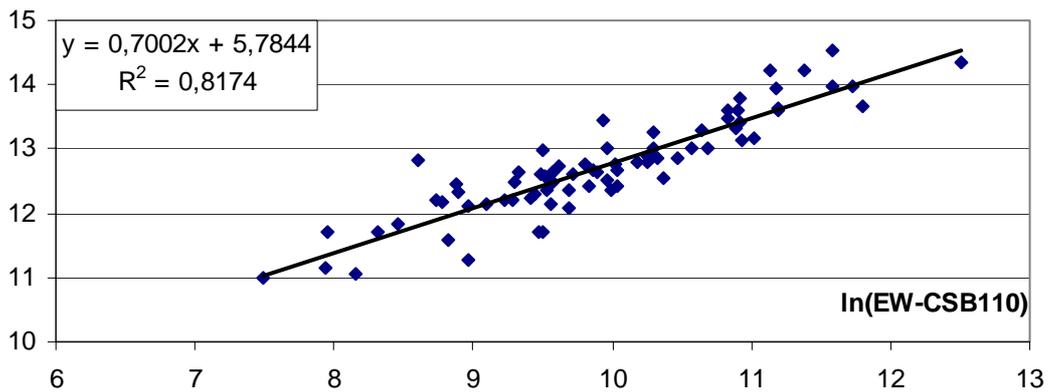
$$\text{Gleichung 2} \quad \ln(y) = \ln(C) + B \cdot \ln(x)$$

Wird $\ln(y) = Y$, $\ln(C) = a$, $\ln(x) = X$ und $B=b$ gesetzt, kann die Gleichung 2 in der allgemeinen Form einer linearen Beziehung (Gleichung 3) dargestellt werden.

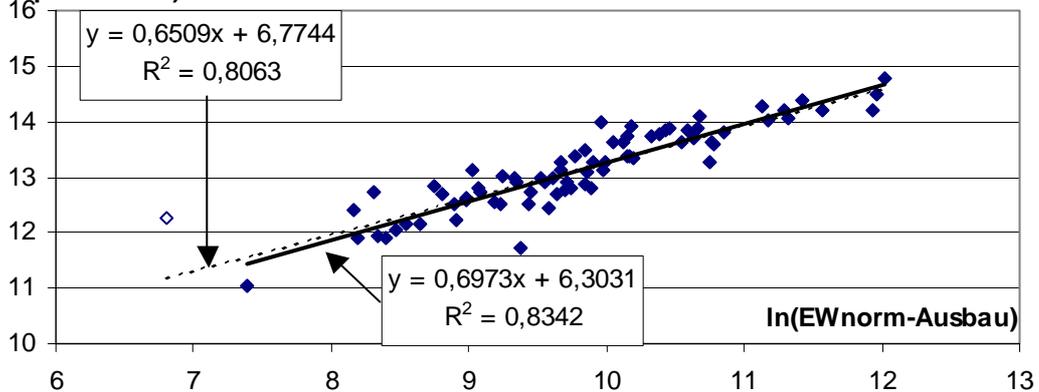
$$\text{Gleichung 3} \quad Y = a + b \cdot X$$

Das grafische Ergebnis der transformierten Potenzfunktion der Betriebs-, Kapital-, und Jahreskosten kann Abbildung 23 entnommen werden. Der Abbildung können zusätzlich die Regressionskoeffizienten a und b gemäß Gleichung 3 entnommen werden. Das Bestimmtheitsmaß ist ident mit jenem, das bei der nichtlinearen Regression für die Potenzfunktion berechnet wurde (vergleiche Abbildung 20, Abbildung 21 und Abbildung 22).

In(Betriebskosten)



In(Kapitalkosten)



In(Jahreskosten)

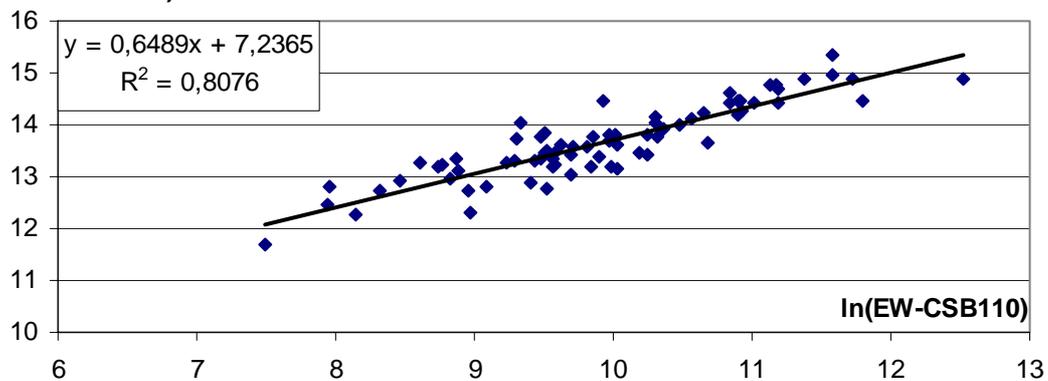


Abbildung 23: Lineare Korrelation der Betriebs- und Jahreskosten mit EW-CSB110 und der Kapitalkosten mit EWnorm-Ausbau nach erfolgter doppel-log-Transformation

Beschreibung und Ergebnisse der durchgeführten Tests:

Die Prüfung der Regressionskoeffizienten a und b (Gleichung 3) wird mittels **t-Test** durchgeführt, wobei deren signifikanter Unterschied von Null

überprüft wird. Wird die Berechnung mit Hilfe von Statistikprogrammen durchgeführt, so ist der sogenannten P-Wert (= Signifikanz) das Ergebnis der Berechnungen. Ist der P-Wert kleiner als 0,05, so kann mit 95%iger Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass ein signifikanter Unterschied von Null besteht.

Die Prüfung der gesamten Regressionsfunktion wird mit Hilfe des bereits mehrfach beschriebenen **Bestimmtheitsmaßes** durchgeführt und mittels **F-Test** auf Signifikanz geprüft. Als Nullhypothese wird dabei davon ausgegangen, dass zwischen der abhängigen Variable (den Kosten) und der unabhängigen Variable (Bezugsgröße) kein Zusammenhang besteht. Die Nullhypothese wird dann abgelehnt, wenn $P < 0,05$ ist und somit mit einer 95%igen Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden kann, dass die Nullhypothese nicht zutrifft.

Ob das verwendete Modell verwendet werden kann – Prüfung auf Verletzung der Modellannahme -, wird mit Hilfe der Tests auf Autokorrelation der Fehler, auf Normalverteilung der Fehler und auf Varianzhomogenität untersucht.

Mit Hilfe des **Durbin-Watson Tests** kann die Autokorrelation, welche fast immer auf eine Fehlspezifikation des Modells hindeutet, untersucht werden. Liefert der Durbin-Watson-Test den Wert 2 ($DW=2$) als Ergebnis, so besteht keine Autokorrelation, ist der $DW=0$, so weist dies auf eine positive Autokorrelation hin und ein DW von 4 zeigt eine negative Autokorrelation auf. Dies bedeutet, der DW sollte möglichst nahe bei 2 liegen.

Liegen normalverteilte Residuen (= Fehler) vor, so folgen auch die geschätzten Regressionskoeffizienten der Normalverteilung. Dies wiederum ist die wesentliche Voraussetzung für den Durbin-Watson (DW -Test), den t - und den F -Test. Die Erfüllung der Normalverteilung kann beispielsweise mit Hilfe des **Kolmogorov-Smirnov-Tests (KS-Test)** überprüft werden.

Beim Test auf Varianzhomogenität werden mehrere unabhängige Stichproben mit jeweils mindestens 10 Beobachtungen gezogen und auf Varianzhomogenität geprüft. Ist dies nicht der Fall, so kann der t -Test nicht angewendet werden und das verwendete Modell muss hinterfragt werden (Sachs, 1991). Der verwendete Test auf Varianzhomogenität beruht auf dem **Levene-Median-Test**.

Sowohl das Ergebnis des Kolmogorov-Smirnov-Tests als auch jenes nach Levene werden beim verwendeten Programm in Form eines P-Wertes angegeben. Ist dieser P-Wert größer als 0,05, so kann mit 95%iger Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass Normalverteilung bzw. Varianzhomogenität vorliegt.

Tabelle 5: Ergebnis der Prüfung der Regressionsfunktion

	Regressionskoeffizienten	Regressionsfunktion		Modellannahme		
	t-Test	R ²	F-Test	DW-Test	KS-Test	Levene-Test
Betriebskosten	beide (a,b) < 0,0001	0,817	<0,0001	1,70	0,71	0,52
Kapitalkosten	beide (a,b) < 0,0001	0,806	<0,0001	1,87	0,53	0,03
Kapitalkosten neu	beide (a,b) < 0,0001	0,834	<0,0002	1,84	0,62	0,22
Jahreskosten	beide (a,b) < 0,0001	0,808	< 0,0001	1,95	0,20	0,59

Die Berechnung der Tests wurden unter Verwendung des Statistikprogramms Sigma Plot durchgeführt.

Das Ergebnis der statistischen Berechnungen kann Tabelle 5 entnommen werden. Abgesehen vom Levene-Test bei den Kapitalkosten weisen alle durchgeführten Tests auf einen signifikanten Zusammenhang der gewählten Bezugsgrößen und der jeweiligen Kosten hin. Das Ergebnis des Levene-Tests mit $P=0,03$ liegt ebenfalls sehr nahe beim 95 % Vertrauensintervall und kann auf den in Abbildung 23 nicht ausgefüllt gezeichneten Datenpunkt zurückgeführt werden. Wird dieser Wert als Ausreißer definiert und aus der Datenbasis gestrichen, führt die erneute Berechnung zu einem höheren Bestimmtheitsmaß von 0,834 und alle durchgeführten Test weisen auf einen signifikanten Zusammenhang hin. Die Ausgleichsgerade in Abbildung 23 wird nur unwesentlich verändert. Die strichliert gezeichnete Ausgleichsgerade wurde unter Berücksichtigung aller Datenpunkte berechnet, die durchgezogene Ausgleichsgerade ohne dem Ausreißer. Die Analyse des gestrichenen Ausreißers zeigte, dass dieser Datenpunkt eine Verfahrensvariante mit nachgeschaltetem Tauchtropfkörper und Sandfilter repräsentiert, welche in die Berechnung der EWnorm-Ausbau nicht berücksichtigt werden können. Die Streichung dieses Wertes ist daher fachlich begründbar und erforderlich.

Berechnung des mittleren Fehlers:

Nachdem der Zusammenhang zwischen der gewählten Bezugsgröße und den Kosten statistisch abgesichert ist, kann berechnet werden, mit welchem mittleren Fehler die Ausgleichsgerade behaftet ist. Aufgrund der Streuung der Ausgangsdaten um die Ausgleichsfunktion kann errechnet werden, mit welchem mittleren Fehler m_y die Kosten behaftet sind, wenn sie aus der Bezugsgröße abgeschätzt werden.

Der mittlere Fehler wird unter Anwendung des logarithmischen Ausgleichsansatzes berechnet, wobei diesbezüglich auf eine Veröffentlichung des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der TH-Hannover aus dem Jahre 1964 verwiesen wird, in der dieser Ansatz für die gleiche Problematik beschrieben ist (Schmidt, 1964).

Die Genauigkeit der berechneten Koeffizienten a und b aus Gleichung 3 ($Y = a + b * C$) kann mit Hilfe der mittleren Fehler m_a und m_b der Koeffizienten angegeben werden:

$$\text{Gleichung 4} \quad m_a = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n * \sum x^2 - (\sum x)^2}} * \sqrt{\frac{\sum_i (x - x_i)^2}{n - 2}}$$

$$\text{Gleichung 5} \quad m_b = \sqrt{\frac{n}{n * \sum x^2 - (\sum x)^2}} * \sqrt{\frac{\sum_i (x - x_i)^2}{n - 2}}$$

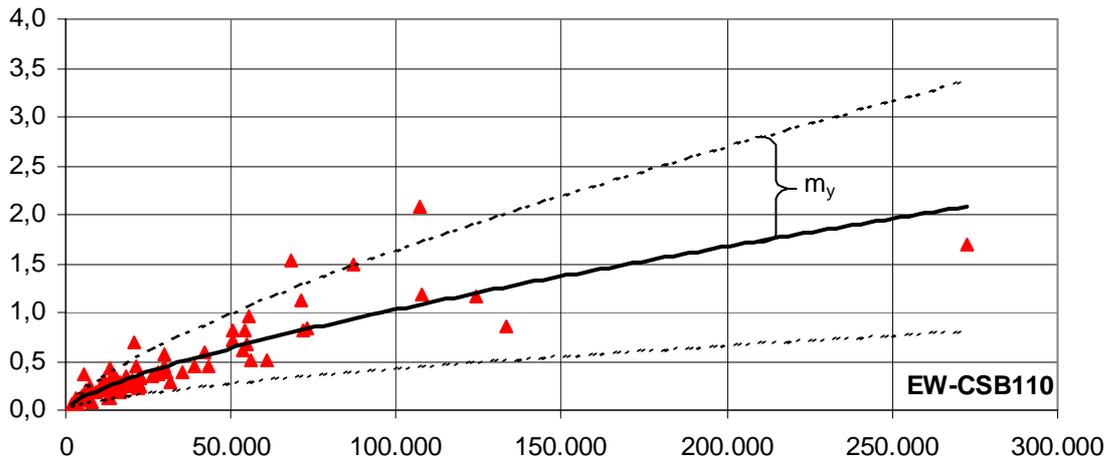
Bei dem durchgeführten logarithmischen Ausgleich von Gleichung 1 $y = C * x^B$ sind daher auch die Koeffizienten C und B mit einem mittleren Fehler behaftet. Der mittlere Fehler m_c von C kann aus Gleichung 6 berechnet werden, während der mittlere Fehler m_B von B gleich m_b ist.

$$\text{Gleichung 6} \quad m_c = e^a * m_a$$

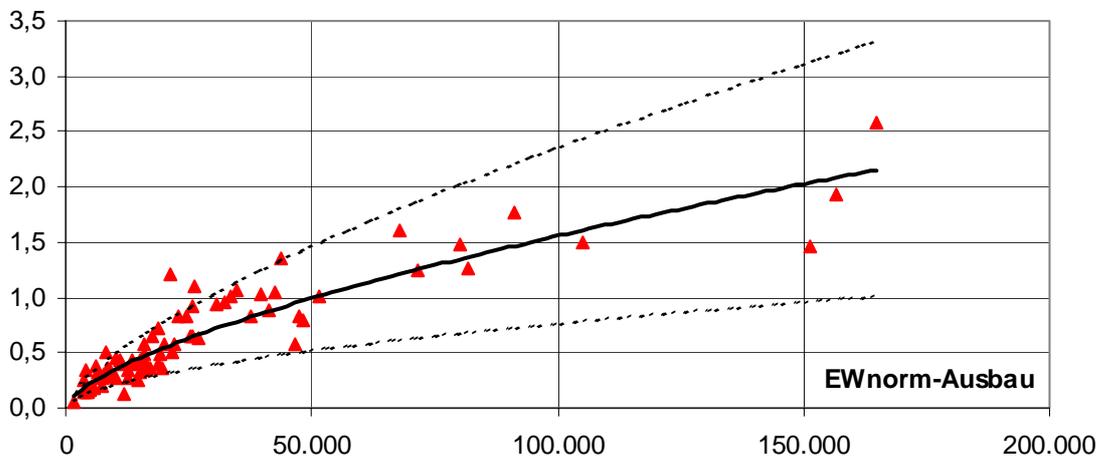
Der mittlere Fehler m_y von $y = C * x^B$ kann letztlich nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz berechnet werden:

$$\text{Gleichung 7} \quad m_y = \sqrt{(x^B)^2 * m_c^2 + (C * x^B * \ln(x))^2 * m_B^2}$$

Betriebskosten [Mio €/a]



Kapitalkosten [Mio €/a]



Jahreskosten [Mio €/a]

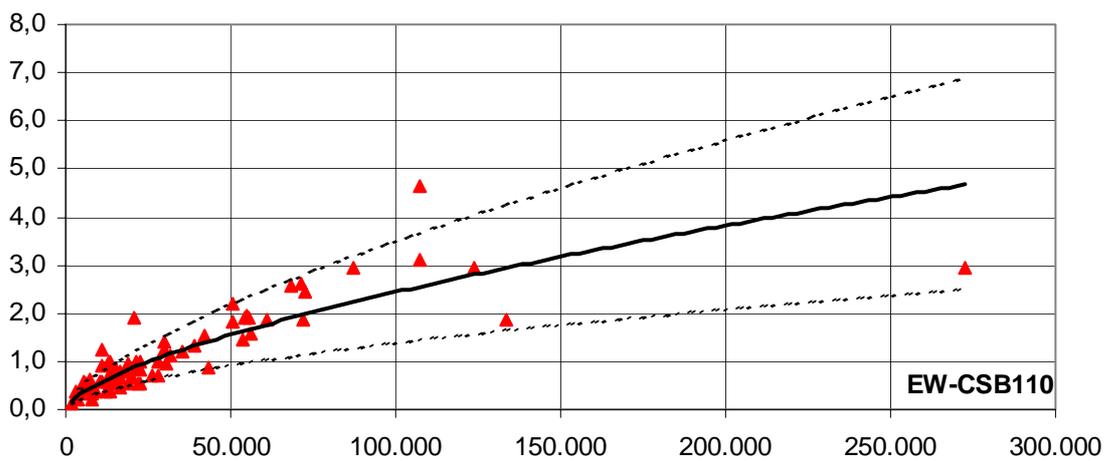


Abbildung 24: Korrelation der Kosten mit den jeweiligen Bezugsgrößen und Darstellung des berechneten mittleren Fehlerbereiches der Kosten (strichlierte Linien)

Wie Abbildung 24 entnommen werden kann, kann die Abschätzung der Betriebskosten aus der Bezugsgröße EW-CSB110 um den Faktor 3 bis 4 je nach durchschnittlicher Belastung schwanken. Geringer ist der mittlere Fehler bei den Kapitalkosten, bei welchem mit einer Schwankung der abgeschätzten Kosten aus EWnorm-Ausbau zwischen 2 und 3,5 gerechnet werden muss. Mit steigender Anlagengröße nimmt die Schwankungsbreite zu. Bei den Jahreskosten ist mit einer Schwankung um den Faktor 2 bis 2,5, bei sehr großen Anlagen um den Faktor 2,8, bei der Abschätzung der Jahreskosten aus dem EW-CSB110 zu rechnen. Aus den vorangegangenen statistischen Auswertungen und der Berechnung des mittleren Fehlers kann zusammenfassend festgehalten werden, dass die gewählten Bezugsgrößen mit den jeweiligen Kosten korrelieren und ein statistisch abgesicherter Zusammenhang abgeleitet werden kann. Die Berechnung des mittleren Fehlers hat gezeigt, dass bei der Abschätzung der Kosten aus den jeweiligen Bezugsgrößen mit Schwankungen um den Faktor 2 bis 4 gerechnet werden muss.

4.6.5 Besonderheiten bei der Verwendung der ausgewählten Bezugsgrößen

EWnorm-Ausbau als Bezugsgröße für die Gesamtkapitalkosten:

Bei den gewählten Bezugsgrößen und der Art der Berechnung der Kapitalkosten werden Anlagen bevorzugt, deren maschinelle Anlagenteile bereits beschrieben sind und die zum Zeitpunkt ihrer Errichtung - in Bezug auf das Volumen - sehr großzügig ausgelegt wurden. Investitionen welche keine Änderung des wirksamen Volumens zur Folge haben erhöhen die spezifischen Kapitalkosten mehr als Investitionen welche mit einer Vergrößerung des Volumens einher gehen. Als Beispiel für die Unschärfen des Kapitalkostenvergleiches können zwei Anlagen die im selben Jahr für gleich viele Einwohnerwerte errichtet wurden herangezogen werden. Anlage A mit etwas weniger Volumen, wurde 1998 an den Stand der Technik angepasst, indem ein Nachklärbecken zusätzlich errichtet und in diverse andere bauliche und maschinelle Einrichtungen investiert wurde. Die Anlage B ist noch funktionstüchtig, eine Anpassung an den Stand der Technik steht aber unmittelbar bevor. Da im Zuge des Umbaus das Volumen nicht wesentlich geändert wurde und somit EWnorm-Ausbau von beiden Anlagen

etwa gleich hoch ist, sind die normierten Kapitalkosten bezogen auf EWNorm-Ausbau der Anlage A wesentlich höher als jene der Anlage B.

Die Schlussfolgerung daraus kann natürlich nicht sein, dass die Anlage, die (noch) nicht an den Stand der Technik angepasst wurde, Benchmarkanlage ist. Eine individuelle Beurteilung einer potentiellen Benchmarkanlage, wie dies im Kapitel 4.5 Plausibilitätsprüfung beschrieben wurde, ist daher auch bei den Kapitalkosten erforderlich.

EW-CSB110 als Bezugsgröße bei Fremdschlammübernahme bzw. Fäkalübernahme: Übernimmt eine Kläranlage von einer anderen Anlage Klärschlamm, beziehungsweise werden bei einer Anlage große Mengen an Fäkalien übernommen, so sind die spezifischen Kosten, die mit Hilfe der Bezugsgröße EW-CSB110 ermittelt werden, zu hoch.

Dies deshalb, da EW-CSB110 aus der mittleren Zulauffracht der Kläranlage berechnet und somit die übernommene Schlammmenge bzw. Fäkalienmenge in der Bezugsgröße nicht berücksichtigt wird. Da jedoch der übernommene Schlamm beziehungsweise die Fäkalien auch Kosten verursachen, muss auch die Bezugsgröße entsprechend angehoben werden. Als pragmatische Lösung des Problems wird daher vorgeschlagen, bei jenen Prozessen, die aufgrund des übernommenen Gutes mit erhöhten Kosten gerechnet werden müssen, die Bezugsgröße um jenen Einwohnerwertanteil zu erhöhen, der dem übernommenen Gut entspricht.

Als praktisches Beispiel wird davon ausgegangen, dass eine Kläranlage den gesamten stabilisierten Klärschlamm einer anderen Anlage direkt in den Prozess 4 übernimmt. Damit erhöhen sich die Kosten des Prozesses 4. Die spezifischen Prozesskosten des Prozesses 4 werden derart berechnet, dass man zur Bezugsgröße EW-CSB110, errechnet aus der durchschnittlichen CSB Fracht der eigenen Anlage, den EW-CSB110 der Anlage, von der der Schlamm übernommen wird, addiert. Die Gesamtbetriebskosten der Anlage können, da in allen Prozessen die gleiche Bezugsgröße verwendet wurde, durch Addition der spezifischen Kosten der einzelnen Prozesse ermittelt werden.

4.7 Vergleich der Anlagen in Größengruppen

Für den Erfolg der Benchmarking-Initiative spielt die Auswahl der Vergleichspartner eine wichtige Rolle (Scheer et al., 1996). Bei einem Kläranlagen-Benchmarkingprojekt, welches möglichst viele der insgesamt ca. 1500 österreichischen Kläranlagen erfassen soll, ist es erforderlich, Gruppen zu bilden, innerhalb derer eine Vergleichbarkeit der Kennzahlen sichergestellt werden kann. Ein Ausgleich der abnehmenden spezifischen Kosten in Form einer Ausgleichsfunktion für die Kosten kann eine Gruppenbildung nicht ersetzen. Dies vor allem deshalb nicht, da aufgrund der gesetzlichen Vorgaben, aber auch aufgrund unterschiedlicher Verfahrenskonzepte sowohl die zu berechnenden Kennzahlen als auch das Prozessmodell dann den Erfordernissen der jeweiligen Gruppe angepasst werden müssen. Als Entscheidungskriterien für die Gruppengrenzen kann daher von drei wesentlichen kostenbeeinflussenden Faktoren ausgegangen werden:

1. Gesetzliche Vorgaben
2. Verfahrenskonzeption
3. Degressive Entwicklung der spezifischen Kosten mit der Anlagengröße

Beim Benchmarking-Forschungsprojekt wurde die Einteilung in Gruppen aufgrund der Höhe der durchschnittlichen Belastung (EW-CSB110) für die Gruppenzugehörigkeit ausschlaggebend. Als einziges Entscheidungskriterium für die Gruppierung wurde die Abhängigkeit der Betriebskosten von der durchschnittlichen Belastung gewählt und die Gruppengrenzen so festgelegt, dass innerhalb der Gruppen keine Abhängigkeit der spezifischen Kosten von der mittleren Belastung erkennbar war. Da es sich um einen einmaligen (statischen) Vergleich handelte, war diese Vorgangsweise auch gerechtfertigt und angebracht.

Beim Benchmarking stellt der Vergleich innerhalb der Gruppe einen wesentlichen Bestandteil des Ablaufes dar. Es sollte daher ein Gruppenwechsel aufgrund sich ändernder Belastungsverhältnisse vermieden werden. Bei einem zyklisch (jährlich) durchgeführten Benchmarking ist daher EW-Ausbau als Entscheidungskriterium der Gruppenzugehörigkeit zielführender. Dies umso mehr, da der EW-Ausbau auch für die im folgenden Kapitel beschriebenen gesetzlichen Vorgaben herangezogen wird und somit auch einen kostenbeeinflussenden Faktor darstellt.

Für die Bedingungen in Österreich werden die drei genannten Kriterien der Gruppeneinteilung: Gesetzliche Vorgaben, Verfahrenskonzeption und Degressive Entwicklung der spezifischen Kosten mit der Anlagengröße im Folgenden näher beleuchtet.

4.7.1 Gesetzliche Vorgaben

Sowohl die Emissionsgrenzwerte als auch die Anzahl an Probenahmen beeinflussen die Kosten nicht unerheblich, weshalb bei der Gruppenbildung beim Benchmarking darauf Rücksicht genommen werden muss.

Auf die Verhältnisse in Österreich angewendet bedeutet dies, dass bei der Gruppierung für das Benchmarking die Größenklassen der 1. Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser (1.AEVkA) von Interesse sind. (Bundesgesetzblatt, 1996).

Diese Verordnung regelt sowohl die Ablaufkonzentrationen, die Wirkungsgrade und auch die Probennahmeanzahl der Eigen- und Fremdüberwachung (siehe Tabelle 6).

Wie die Ergebnisse des Benchmarking-Forschungsprojektes gezeigt haben, besteht kein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen Reinigungsleistung und den Betriebskosten, worauf in Kapitel 4.10 noch eingegangen wird. Da die Personalkosten des Labors als dritthöchsten Kostenposition der Betriebskosten identifiziert wurde (siehe Kapitel 4.8.4) ist davon auszugehen, dass die gesetzlichen Vorgaben für die Eigenüberwachung auch entsprechende Kosten verursachen. Die Akzeptanz bei den Benchmarkingteilnehmer ist, unabhängig vom direkten Zusammenhang der gesetzlichen Vorgaben mit den Betriebskosten, höher wenn die Vergleichspartner innerhalb der Gruppe die gleichen gesetzlichen Voraussetzungen haben.

Tabelle 6: Auszug aus der 1. Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser 1996

	50-500 EW ₆₀	500-5.000 EW ₆₀	5.000-50.000 EW ₆₀	>50.000 EW ₆₀
Ablaufkonzentrationen [mg/l]				
BSB ₅	25	20	20	15
CSB	90	75	75	75
TOC	30	25	25	25
NH ₄ -N	10 ¹⁾	5 ¹⁾	5 ²⁾	5 ²⁾
Gesamt-P	-	2 ³⁾	1 ⁴⁾	1 ⁴⁾
Wirkungsgrade [%]				
Ges.geb.N	-	-	70 ¹⁾	70 ¹⁾
BSB ₅	-	95 ³⁾	95	95
CSB	-	85 ³⁾	85	85
TOC	-	85 ³⁾	85	85
Mindestanzahl an Proben je Untersuchungsjahr im Rahmen der Eigenüberwachung				
BSB ₅	6	12	52	104
CSB	12	26	104	260
TOC	-	-	26	52
NH ₄ -N	52	104	156	365
Ges.geb.N	-	-	26	52
Gesamt-P	-	52 ³⁾	104	260

1) gilt bei einer Abwassertemperatur >12°C im Ablauf

2) gilt bei einer Abwassertemperatur >8°C im Ablauf

3) nur bei Anlagen > 1.000 EW₆₀

4) Anlagen > 10.000 EW₆₀ im Einzugsgebiet von Seen 0,5 mg/l

Nimmt man die gesetzlichen Größenklassen als Grundlage für eine Benchmarking-Gruppeneinteilung, so stellt sich aus organisatorischer Sicht die Frage nach der Anzahl an Kläranlagen in der jeweiligen Größengruppe.

In Abbildung 25 ist die Summenkurve der österreichischen Kläranlagen in Abhängigkeit der Anlagengröße dargestellt, wobei die Grenzen der Größenklassen (>50 bis <=500 Größenklasse I, >500 bis <=5001 Größenklasse II, >5000 bis <=50001 Größenklasse III, >50000 bis <=500000 Größenklasse IV) eingezeichnet wurden. Aus der Abbildung 25 kann

abgeleitet werden, dass die Anlagengrößen in den Größenklassen II und III gleichmäßig verteilt sind. In die Größenklasse IV, Anlagen größer 50.000, fallen insgesamt 60 kommunale Kläranlagen in Österreich, größer 200.000 EW-Ausbau sind in Österreich nur noch 12 kommunale Kläranlagen.

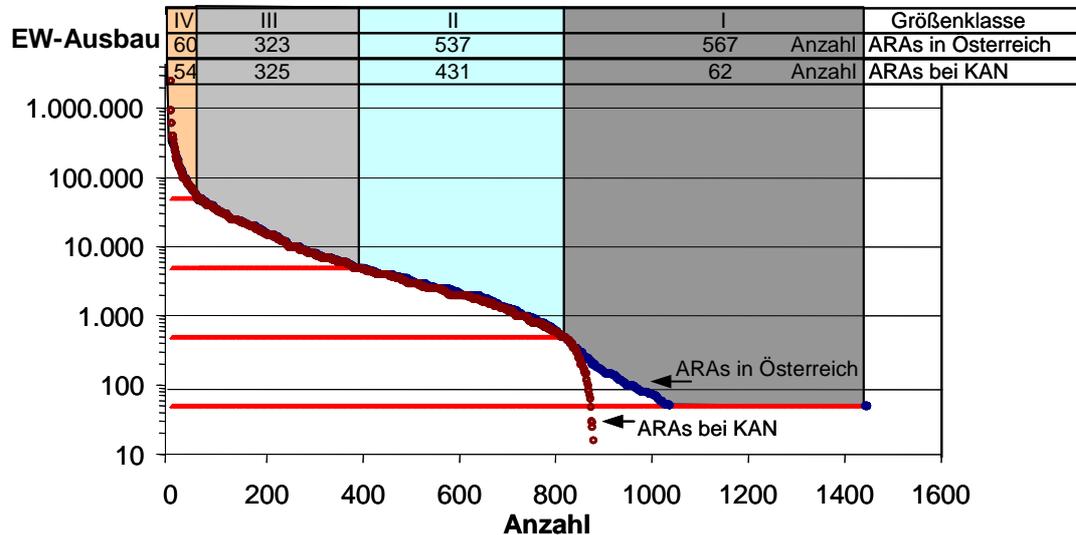


Abbildung 25: Anzahl an Kläranlagen in Abhängigkeit der Ausbaugröße in Österreich und der Kläranlagen, die an den Kläranlagennachbarschaften (=KAN) des ÖWAV teilnehmen.

Datenquelle: Kläranlagendatenbank des Bundes (BMLFUW/Umweltbundesamt) Datenstand 31.12.2001 sowie (ÖWAV, 2003)

Bei den Kläranlagen der Größengruppe I ist die Gesamtanzahl zu den Stichtagen von 567 zwar bekannt, aufgrund von Sammelnennungen kann jedoch über die genaue Verteilung der Ausbaugrößen keine Aussage gemacht werden.

Vergleicht man die Anzahl der Kläranlagen der jeweiligen Größengruppe in Österreich mit der Anzahl an Kläranlagen, die an den vom österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (=ÖWAV) organisierten Kläranlagennachbarschaften (=KAN) teilnehmen, so kann festgestellt werden, dass in den Größenklassen II, III und IV mehr als 80 Prozent aller Kläranlagen KAN-Mitglieder sind. Dies ist für die praktische Durchführung eines Benchmarking in Österreich insofern von Bedeutung, da KAN-Mitglieder zur jährlichen Ausarbeitung des so genannten Kläranlagenzustandsberichtes angehalten werden womit die für das Benchmarking erforderlichen technischen Daten in sehr ähnlicher Weise bereits aufbereitet zur Verfügung stehen.

4.7.2 Verfahrenskonzeption

Das in Abbildung 5 dargestellte Prozessmodell mit vier Hauptprozessen und drei Hilfsprozessen sieht einen eigenen Prozess *Schlammeindickung und Stabilisierung* vor. Da die Kosten der Stabilisierung des Schlammes nur bei Anlagen mit getrennter Stabilisierung sinnvoll erfasst werden können, ist die Anwendung des genannten Prozessmodells für Kläranlagen mit simultaner aerober Stabilisierung nicht zweckmäßig. Analoges gilt für die Teilprozesse 3.1 *Überschussschlammeindickung* und 4.1 *Schlammwässerung*.

Bei Anlagen, die diese Verfahrensschritte nicht aufweisen, können auch keine spezifischen Kosten dieser Prozesse berechnet werden. Die Festlegung der Gruppengrenzen sollte daher nicht nur im Hinblick auf die Vergleichbarkeit der Kosten Rücksicht nehmen, sondern so gewählt werden, dass möglichst viele Anlagen mit gleicher Verfahrenskonzeption zusammengefasst werden.

In Abbildung 26 wurde daher ausgewertet, welche prozentuellen Anteile die Stabilisierungsart Faulung, getrennte aerobe Stabilisierung sowie simultane bzw. andere Stabilisierung ausmachen, wenn man die Anlagen in Größengruppen von jeweils 5.000 EW-Ausbau unterteilt. Unter simultane bzw. andere Stabilisierungsarten wurden jene Anlagen zusammengefasst, bei denen die Kosten für die Stabilisierung sowohl im Betrieb als auch in der Errichtung meist nur abgeschätzt werden können. Dies trifft beispielsweise neben simultan stabilisierenden Anlagen auch auf Anlagen mit einem Emscherbrunnen zu.

Die Auswertung zeigt, dass bei weniger als 20 % der Anlagen kleiner als 15.000 EW-Ausbau die Stabilisierung mit Hilfe einer mesophilen Faulung oder einer getrennten aeroben Stabilisierung erfolgt. Auch bei Anlagen zwischen 15.000 und 20.000 EW-Ausbau liegt der Anteil der getrennten Stabilisierung noch unter 50 Prozent. Ab einer Anlagengröße von 20.000 EW-Ausbau überwiegen die Anlagen mit Faulung. Gesondert darauf hingewiesen wird, dass der geringe Anteil an Anlagen mit Faulung in manchen Größengruppen (Bsp.: 65.000 bis 70.000 EW-Ausbau) mit der geringen Stichprobe in der Gruppe zusammenhängt. Deshalb wurde die Anzahl an Kläranlagen der jeweiligen Gruppe am oberen Rand der Balken angegeben.

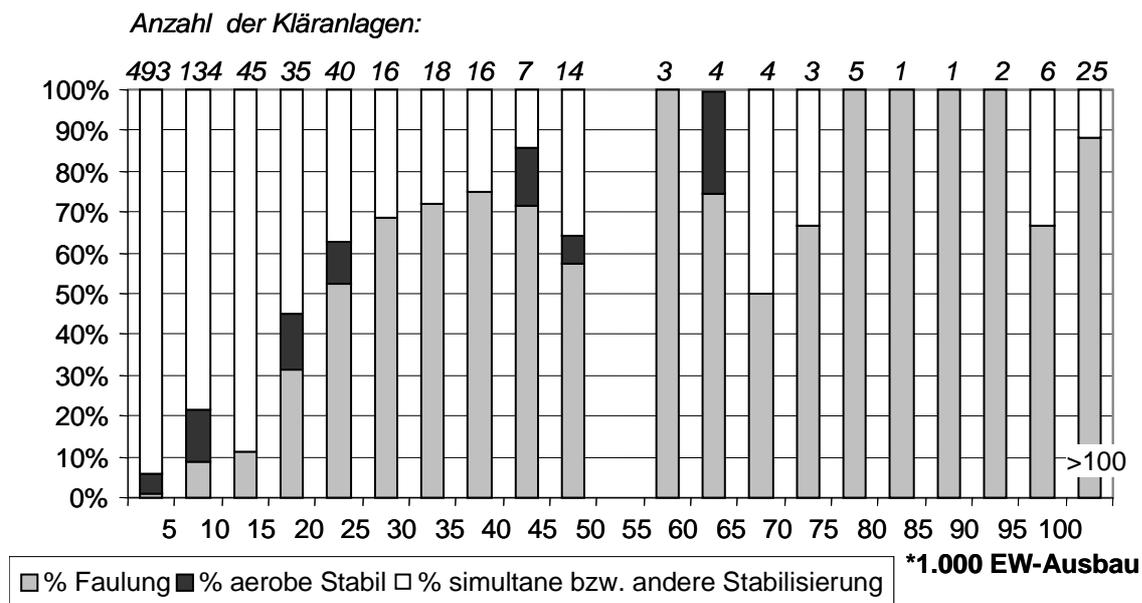


Abbildung 26: Anteil der Anlagen mit Faulung, aerober Stabilisierung sowie simultaner bzw. anderer Stabilisierung in Abhängigkeit der Größenklasse

Der in Abbildung 26 dargestellten Auswertung liegen die Angaben der KAN-Mitglieder zugrunde (ÖWAV, 2003), die vor allem in den Größenklassen I bis III nach 1.AEVkA sehr repräsentativ sind. Wie die Abbildung 25 gezeigt hat, sind mehr als 80 Prozent aller österreichischen Kläranlagen dieser Größenklassen KAN-Mitglieder.

Um das Prozessmodell den vorwiegenden Bedürfnissen der jeweiligen Gruppe anpassen zu können, muss daher zusätzlich zu den Gruppengrenzen aufgrund der gesetzlichen Vorgaben bei 20.000 EW-Ausbau eine zusätzliche Gruppengrenze gezogen werden.

4.7.3 Degressive Entwicklung der spezifischen Kosten mit der Anlagengröße

Die in Abbildung 27 dargestellten Betriebskosten stellen einerseits die Kostenkurve dar, die im Zuge der Studie Abwasserentsorgung Lainsitztal entwickelt wurde (Kroiss, 1996), wobei abgerechnete Kläranlagenprojekte als Basis der Auswertung verwendet wurden. Andererseits wurden in die Abbildung 27 die spezifischen Betriebskosten, die im Zuge des Benchmarking-Forschungsprojektes (Kroiss et al., 2001) ermittelt wurden, eingezeichnet. Die Betriebskosten wurden bei der Lainsitztalstudie auf EW-

Ausbau bezogen, beim Benchmarkingforschungsprojekt auf den normierten Einwohnerwert (EW_{norm}-Ausbau).

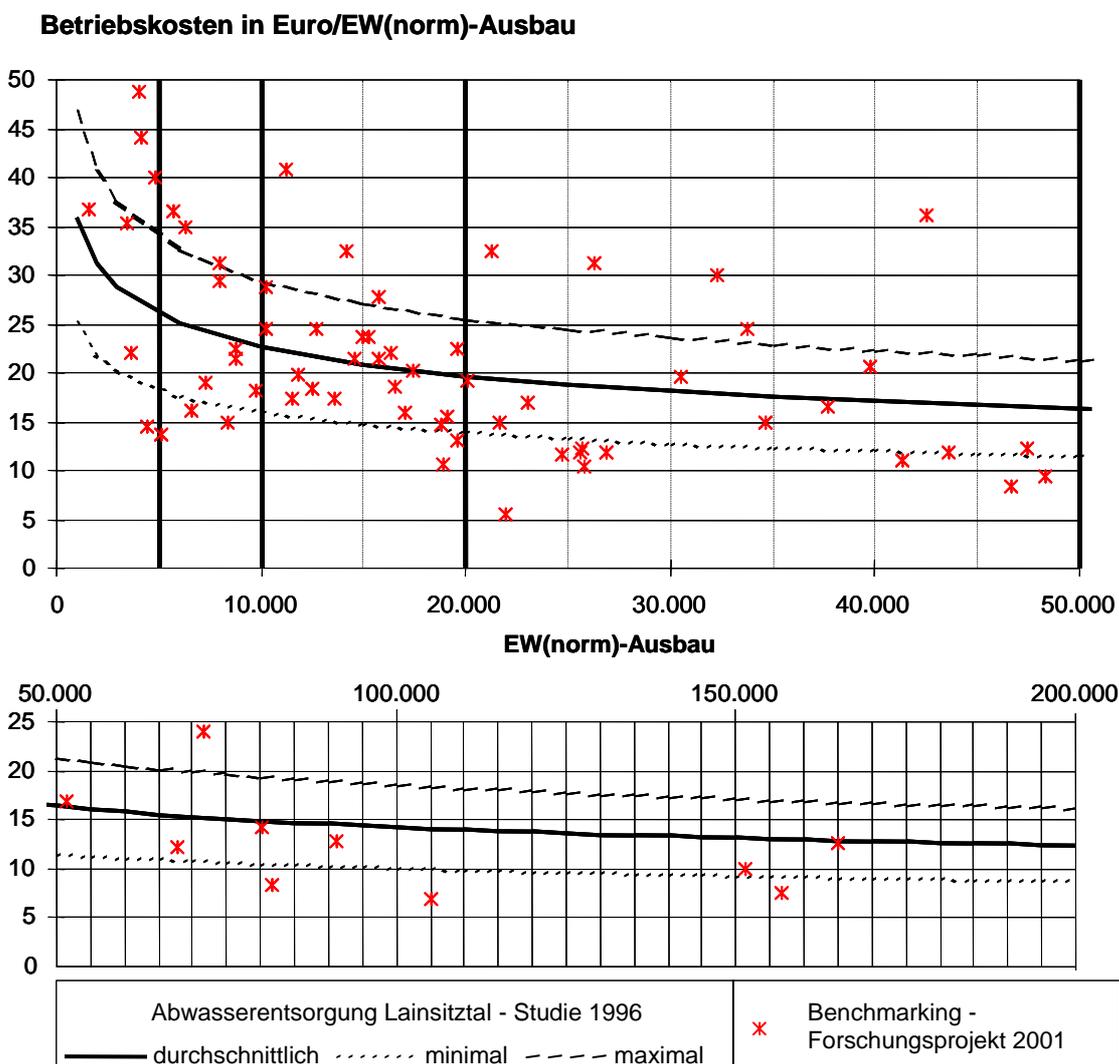


Abbildung 27: Degressive Entwicklung der Betriebskostenkurve, welche im Zuge der Studie Abwasserentsorgung Lainsitztal entwickelt wurde, verglichen mit den ermittelten spezifischen Betriebskosten beim Benchmarking-Forschungsprojekt 2001

Der normierte Einwohnerwert wurde eingeführt, um das Problem der unterschiedlichen Reinigungsziele der untersuchten Anlagen zu lösen. Es wurde eine normierte Ausbaugröße der biologischen Reinigungsstufe errechnet, wobei ermittelt wurde, welche theoretische Leistungsfähigkeit in EW die vorhandenen Volumina einer Anlage unter Einhaltung der Grenzwerte nach 1.AEVkA aufweisen.

Bei beiden Studien ist die Abnahme der Betriebskosten mit der Anlagengröße im gleichen Ausmaß zu verzeichnen. Aus den Ergebnissen der Benchmarking Studie kann auf vergleichsweise größere Kosten von Anlagen kleiner 10.000

EW-Ausbau geschlossen werden, wohingegen die Kosten der größeren Anlagen tendenziell unter jenen der Lainsitztalstudie liegen.

Zieht man die Gruppengrenzen bei 500 EW-, 5.000 EW- und 50.000 EW-Ausbau aufgrund der gesetzlichen Vorgaben und führt man eine weitere Grenze bei 20.000 EW-Ausbau aufgrund der verfahrenstechnischen Gegebenheiten ein, so sieht man nur noch in der Gruppe von 5.000 bis 20.000 EW eine signifikante Abnahme der spezifischen Kosten. Aufgrund der degressiven Entwicklung der spezifischen Kosten mit der Anlagengröße ist es daher begründbar, eine weitere Gruppengrenze bei 10.000 EW-Ausbau zu setzen.

4.7.4 Größengruppeneinteilung und Prozessmodell

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich aufgrund der beschriebenen Gruppengrenzen bei 500 EW-, 5.000 EW-, 10.000 EW-, 20.000 EW- und 50.000 EW-Ausbau insgesamt sechs Gruppen für Kläranlagen größer 50 EW-Ausbau ergeben. Wie in Abbildung 28 schematisch dargestellt ist, findet das in Kapitel 1.1 vorgestellte Prozessmodell mit 4 Hauptprozessen und zwei Hilfsprozessen ab einer Kläranlagengröße von 20.000 EW-Ausbau Anwendung. Wie gezeigt werden konnte, hat in Österreich ein sehr geringer Prozentsatz der Kläranlagen unter 20.000 EW-Ausbau eine getrennte Stabilisierung, für die die getrennte Erfassung des Prozesses 3 sinnvoll ist. Zusätzlich kann aufgrund der Ergebnisse der Bezugsgrößenanalyse davon ausgegangen werden, dass die Kostenaufteilung auf die Prozesse 2 und 3 mit großen Unsicherheiten verbunden ist.

Für den Vergleich in der Größengruppe 4 (10.000 bis 20.000 EW-Ausbau) müssen daher die Hauptprozesse 2 und 3 zusammengefasst werden. Anlagen, die in diese Gruppe fallen und eine getrennte Stabilisierung aufweisen, können den Prozess 3 separat erfassen, um diesen Prozess mit anderen Anlagen vergleichen zu können. Für den Vergleich mit simultan stabilisierenden Anlagen ist aber auch die gemeinsame Erfassung der beiden Prozesse ausreichend.

50	500	5.000	10.000	20.000	50.000	EW-Ausbau		
I	II	III			IV	Größengruppen der 1.AEVKA		
Unterteilung zum Ausgleich der degressiven Kostenentwicklung				Unterteilung aufgrund verfahrenstechnischer Gegebenheiten				
1	2	3	4	5	6	Benchmarkinggrößengruppen		
Hauptprozess		Hilfsprozess		Hauptprozess		Hilfsprozess		
1+2+3	4	I+II		1	2+3	4	I	II

Abbildung 28: Größengruppeneinteilung beim Benchmarking und angepasste Prozessmodelle

Die prozessorientierte Kostenrechnung der Anlagen der Gruppe 4 unterscheidet sich von jenen der Gruppen 5 und 6 darin, dass die Kostenstellen *mechanisch biologische Abwasserreinigung* und *Eindickung und Stabilisierung* zusammengelegt werden können. Um den Anforderungen der Anlagen kleiner 10.000 EW-Ausbau Rechnung zu tragen, wurde für die Größengruppen 1, 2 und 3 ein vereinfachtes Prozessmodell gewählt, das aus nur zwei Hauptprozessen und einem Hilfsprozess besteht. In diesen Gruppen werden die Hauptprozesse *mechanisch biologische Abwasserreinigung und Schlammstabilisierung* sowie *weitergehende Schlammbehandlung* unterschieden und die zwei Hilfsprozesse zusammengefasst. Die Zusammenfassung der Prozesse ist vor allem im Hinblick auf die Vereinfachung der Kosten- und Arbeitszeiterfassung erforderlich und sinnvoll.

Da beim Benchmarking-Forschungsprojekt keine Erfahrungen mit Kläranlagen kleiner 5.000 EW-Ausbau gemacht wurden, kann für die Gruppen 1 und 2 nicht ausgeschlossen werden, dass dort eine weitere Zusammenfassung der Prozesse zielführend sein kann.

Für Anlagen größer 100.000 EW-Ausbau ist der Detaillierungsgrad mit vier Hauptprozessen, wobei die Prozesse 3 und 4 in jeweils zwei Teilprozesse untergliedert und eine Dreiteilung der Hilfsprozesse vorgenommen wurde, an die Bedürfnisse von großen Anlagen angepasst. Aufgrund der zum Teil wesentlich höheren Komplexität von großen Kläranlagen und der ebenfalls noch fehlenden Erfahrung in dieser Größenordnung muss die organisatorische Zusammenfassung der Kläranlagen größer 100.000 EW-Ausbau ins Auge gefasst werden. Ein weiterer Aspekt, auf den in dieser Arbeit jedoch nicht vertiefend eingegangen werden wird, ist der Vergleich von Großkläranlagen mit großen Industriekläranlagen.

4.8 Entwicklung einer Benchmarking-Kennzahlensystematik

Ein Prozess ist nur dann beherrschbar, wenn er messbar ist. Nur wenn etwas messbar ist, ist es kontrollierbar und wenn etwas kontrollierbar ist, kann es auch verbessert werden (Hinterhuber, 1994). Wesentlich für das Benchmarking ist daher die Definition von messbaren Kenngrößen, nach denen die eigene Organisation einem unternehmensübergreifenden Vergleich unterzogen werden kann. Die Erhebung prozessorientierter Kennzahlen, wie z.B. Kosten oder Qualitätsgrößen, ermöglicht den quantitativen Vergleich mit ausgewählten Benchmarkingpartnern (Scheer et al., 1996).

Im Folgenden wird daher eine Kennzahlensystematik vorgestellt, die von den in Kapitel 1.1 vorgestellten Prozessdefinitionen mit Hilfe von Input- und Outputgütern, Effektivitäts- und Effizienzkennzahlen ausgeht. Zusätzlich wurden sowohl die bereits angesprochenen Kennzahlen der International Water Association (IWA) als auch die von der ATV veröffentlichten „Hinweise zur Anwendung von Kennzahlen für Abwasserreinigungsanlagen“ (ATV, 2002) bei der Zusammenstellung der Kennzahlen berücksichtigt. Auf das Kennzahlensystem der IWA „Performance Indicators for Wastewater Services“ (Matos et al., 2003) und die Überleitung von Benchmarking-kennzahlen in die IWA-Systematik wird im Kapitel 4.8.5 näher eingegangen.

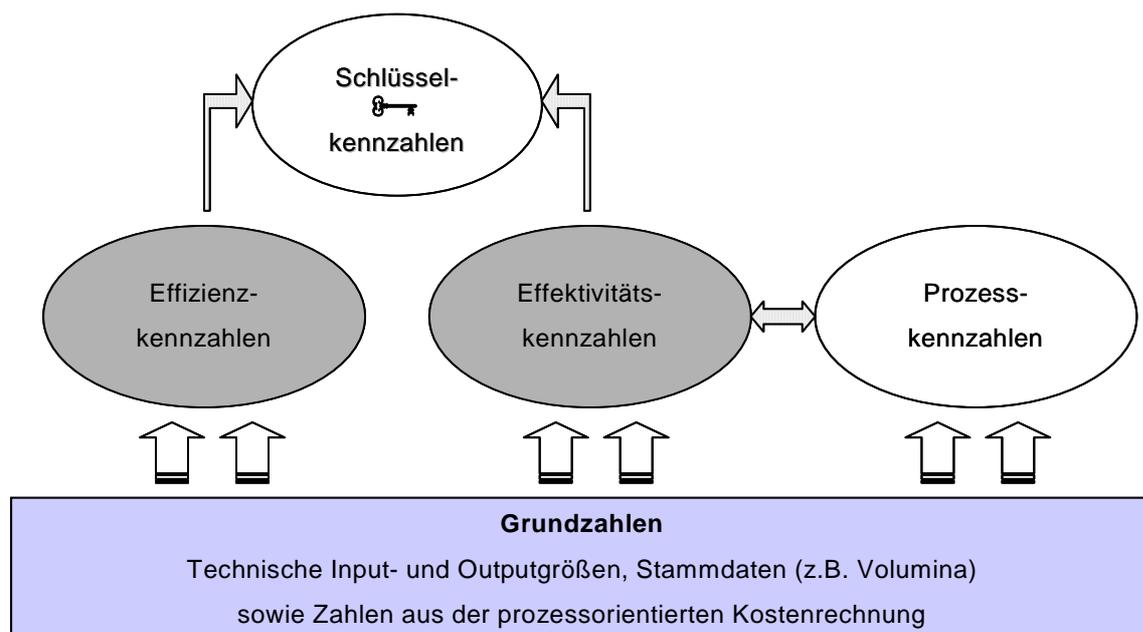


Abbildung 29: Kennzahlensystematik (abgeändert nach Zerres 2000)

In Anlehnung an Zerres (2000) werden Kennzahlen aus Grundzahlen berechnet, wobei die Grundzahlen als quantitative Information einer kommunalen Kläranlage bezeichnet werden, die nicht weiter aufzuschlüsseln sind und in der Regel eine absolute Zahl darstellen.

Die technischen Grundzahlen beim Benchmarking stellen die Input- und Outputgüter der Teilprozesse (siehe Kapitel 4.8.1) sowie die technischen Stammdaten, beispielsweise das Volumen der Belebungsbecken, dar. Die wirtschaftlichen Grundzahlen werden in der prozessorientierten Kostenrechnung systematisch erfasst und wurden im Kapitel 1.1 bereits beschrieben. Sowohl die technischen als auch die wirtschaftlichen Grundzahlen bilden die Basis für die Berechnung der Effizienz- und Effektivitätskennzahlen sowie der Prozesskennzahlen. Die Schlüsselkennzahlen stellen letztlich eine Zusammenschau von Kennzahlen mit hoher Steuerungsrelevanz dar. Sie werden durch Selektion oder Aggregation gebildet, aus den Effizienz- und Effektivitätskennzahlen abgeleitet. Die Schlüsselkennzahlen werden in den Tabellen der Effizienz- und Effektivitätskennzahlen mit einem Schlüssel symbolisiert dargestellt und in Kapitel 4.8.4 beschrieben.

4.8.1 Technische Grundzahlen in Form von Input- und Outputgütern

In Abbildung 30 sind am Beispiel einer Kläranlage mit Vorklärung, Biologie- und Schlammfäulung, inklusive Faulgasnutzung in einem BHKW, die Input- und Outputgüterflüsse der Prozesse einer Kläranlage dargestellt. Mit Hilfe dieser Abbildung soll dargestellt werden, welche technischen Grundzahlen erhoben werden müssen, um die Güterströme einer Kläranlage beschreiben zu können. Die Input- und Outputgüter eines Prozesses sind in einer Spalte angeordnet, wobei Inputgüter oberhalb der dicken Linie, Outputgüter der Prozesse unterhalb dieser Linie angeordnet sind. Inputgüter eines Prozesses können entweder Inputgüter der Kläranlage oder Outputgut eines anderen Prozesses sein. Inputgüter des Gesamtsystems Kläranlage sind oberhalb der ersten strichlierten Linie dargestellt, Outputgüter der Kläranlage unterhalb der zweiten strichlierten Linie. Verlässt ein Outputgut eines Prozesses nicht die Kläranlage, so ist dies durch einen waagrechten Pfeil in jener Spalte des Prozesses dargestellt, für den dieses Gut einen Input darstellt. Am Beispiel des Teilprozesses 3.1 *Überschussschlammeindickung* kann aus der Abbildung 30 abgeleitet werden, dass Fremdschlamm, Konditionierungsmittel und elektrische Energie die Inputgüter sowohl für die Kläranlage als auch für den Prozess darstellen. Überschussschlamm als Output des Prozesses 2 ist ebenfalls ein Inputgut des Teilprozesses 3.1. Als Outputgüter sind eingedickter Überschussschlamm und Trübwässer zu nennen, die jeweils Inputgut eines anderen Prozesses sind. Direkte Outputgüter der Kläranlage aus dem Prozess 3.2 gibt es nicht.

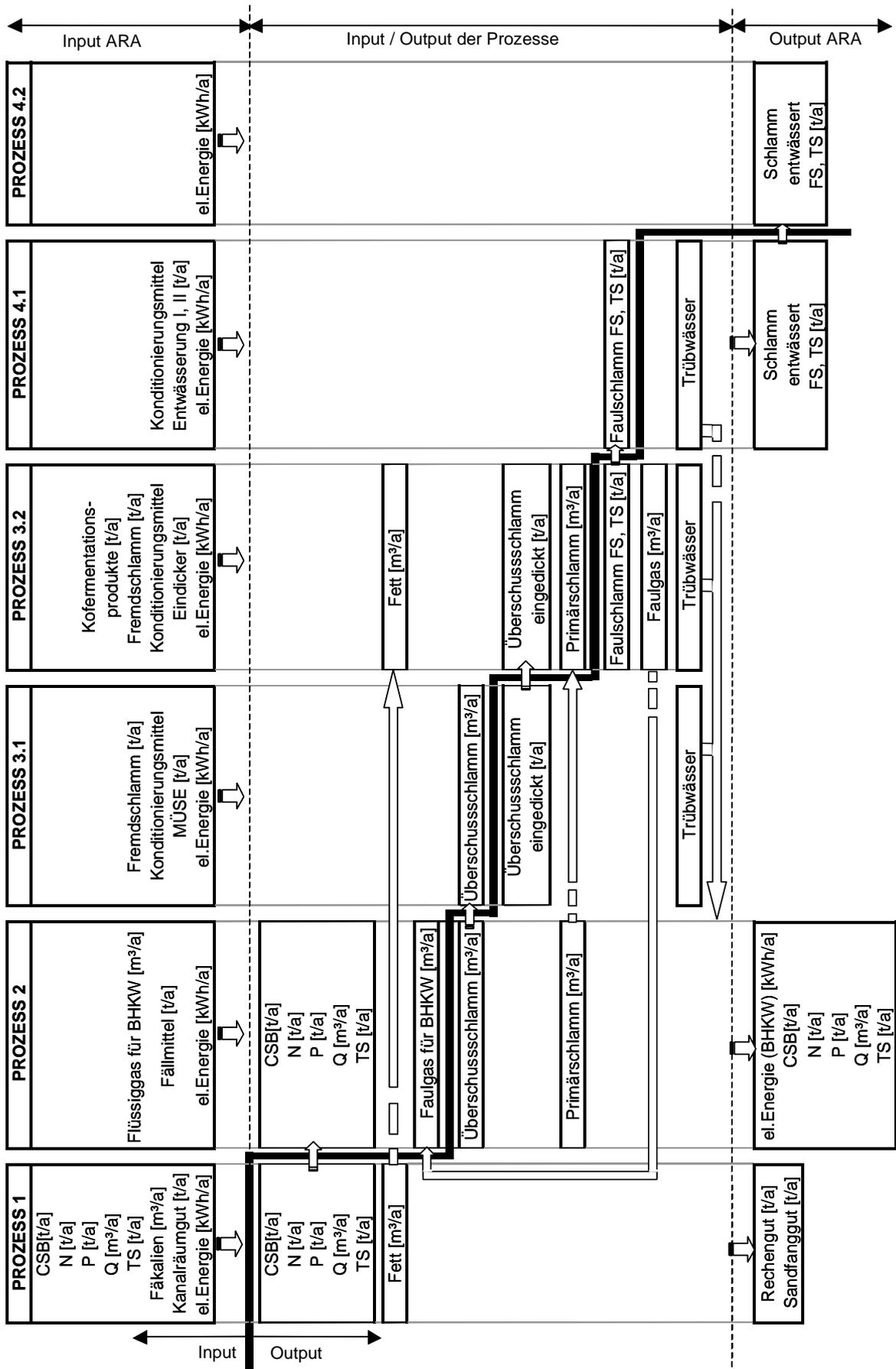


Abbildung 30: Input- und Outputgüter am Beispiel einer Kläranlage mit Schlammfäulung

4.8.2 Effizienzkennzahlen zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Prozesse

Die wirtschaftlichen Kennzahlen oder auch Effizienzkennzahlen geben darüber Auskunft, ob ein Prozess seinen Zweck wirtschaftlich erfüllt. Da für die Wirtschaftlichkeit eines Prozesses nicht nur die Kosten entscheidend sind, werden neben den spezifischen Kosten auch verschiedene technische Kennzahlen errechnet. Bei der Zusammenstellung der Effizienzkennzahlen in der Tabelle 7 wurden jene Prozesse, für die diese Kennzahl von Interesse ist, mit einem Hacken gekennzeichnet. Jene Effizienzkennzahlen, die als Schlüsselkennzahlen ausgewählt wurden (siehe Kapitel 4.8.4), sind mit einem Schüsselsymbol gekennzeichnet.

Tabelle 7: Effizienzkennzahlen der Prozesse

EFFIZIENZKENNZAHLEN (Wirtschaftlichkeit)	PROZESS						ARA
	1	2	3.1	3.2	4.1	4.2	
spez. Prozesskosten [Euro/EW-CSB110]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
spez. Material und Stoffkosten [Euro/EW-CSB110]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
spez. Personalkosten [Euro/EW-CSB110]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
spez. Kosten von Leistungen durch Dritte [Euro/EW-CSB110]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
spez. Energiekosten [Euro/EW-CSB110]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
spez. Reststoffentsorgungskosten [Euro/EW-CSB110]	✓	✓	-	-	-	✓	✓
spez. sonstige betriebliche Kosten [Euro/EW-CSB110]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
spez. Entsorgungskosten [Euro/t-Rechengut]	✓	-	-	-	-	-	✓
spez. Entsorgungskosten [Euro/t-Sandfanggut]	✓	-	-	-	-	-	✓
spez. Entsorgungskosten [Euro/t FS]	-	-	-	-	-	✓	✓
spez. Konditionierungsmittelkosten [Euro/t-KondiMittel]	-	-	✓	-	✓	-	✓
spez. Energiekosten [Euro/kWh]	-	-	-	-	-	-	✓
spez. Konditionierungsmittelkosten [Euro/t-(Ü)S-FS]	-	-	✓	-	✓	-	✓
spez. Energieverbrauch [kWh/EW-CSB-110*a]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
spez. Energieverbrauch [kWh/t-(Ü)S-FS]	-	-	✓	-	✓	✓	-
spez. Energieverbrauch Belüftung [kWh/EW-CSB-110*a]	-	✓	-	-	-	-	✓
spez. Energieverbrauch Belüftung [kWh/CSBabgebaut*a]	-	✓	-	-	-	-	✓
normierte Pumpenergie [kWh/m ³ /m]	✓	✓	-	-	-	-	✓
spez. Rührenergie [W/m ³]	-	✓	-	✓	-	-	-
Laufzeit [h/d]	-	-	✓	-	✓	-	-
Auslastung [%]	-	✓	✓	-	✓	-	✓

Die im ersten Block in der Tabelle 7 dargestellten Effizienzkennzahlen sind spezifische Kosten, welche jeweils auf den Einwohnerwert EW-CSB110 bezogen wurden. Der Einwohnerwert EW-CSB110 wird hierfür aus der durchschnittlichen CSB-Fracht des Jahres berechnet, wobei davon ausgegangen wird, dass ein Einwohnerwert 110 g CSB je Tag entspricht, was der von einem Einwohner verursachten Verschmutzung in Gramm entspricht.

Der zweite Block der Tabelle 7 beinhaltet spezifische Kosten, die einerseits auf zu entsorgendes Gut bezogen wurden, andererseits auf eingesetzte Stoffmittel, wie beispielsweise Konditionierungsmittel oder kWh-Energie. Die spezifischen Konditionierungsmittelkosten je Tonne Überschussschlamm (Feuchtsubstanz) beziehungsweise je Tonne zu entwässernden Schlammes – die Einheit wurde mit *Euro/t-(Ü)S-FS* abgekürzt - soll darüber Auskunft geben, wie hoch der Konditionierungsmittelkosteneinsatz im Verhältnis zu der entwässernden Schlammmenge ist.

Im dritten Block der Tabelle 7 sind jene Effizienzkennzahlen zusammengefasst, bei denen nicht die Kostenabweichung, sondern die technische Effizienz, vor allem im Hinblick auf den Stromverbrauch, beurteilt werden kann. Die wichtigste Kennzahl diesbezüglich ist der spezifische Energieverbrauch je EW-CSB110, der für alle Prozesse von Interesse ist. Ähnlich wie bei den Konditionierungsmittelkosten je Tonne Schlamm ist es auch von Interesse, wie viel Energie je Tonne Überschussschlamm (Prozess 3.2), je Tonne zu entwässernden Schlammes (Prozess 4.1) beziehungsweise je Tonne entwässerten Schlammes (Prozess 4.2) benötigt wird. Da der Energieverbrauch vor allem für die Sauerstoffzufuhr aufgewendet wird, ist der spezifische Energieverbrauch für die Belüftung – einerseits bezogen auf EW-CSB110, und andererseits bezogen auf den abgebauten CSB – eine wichtige Kennzahl für die Effizienz einer Kläranlage.

Die normierte Pumpenergie wird in Energieverbrauch je gefördertem Kubikmeter Wasser und Meter Förderhöhe (=kWh/m³/m) angegeben. Die berechnete Kennzahl gibt über die Effizienz der Wasserförderung Auskunft, ist aber vor allem im Hinblick auf die Plausibilität der für die Berechnung verwendeten Zahlen aussagekräftig. Für das Heben von einem Kubikmeter Wasser um einen Meter ist zur Überwindung der Erdanziehung eine Energie von 0,367 kWh erforderlich. Aus dem Verhältnis der errechneten normierten Pumpenergie und der theoretisch erforderlichen Energie kann daher ein Wirkungsgrad errechnet werden. Liegt der errechnete Wirkungsgrad in einem unplausiblen Bereich, so müssen die Ausgangsdaten (Energieverbrauch, Wassermenge und Förderhöhe) kontrolliert werden.

Der Energieverbrauch für die Umwälzung in den Belebungsbecken stellt nach der Belüftung den zweithöchsten Energieverbrauch dar. Die volumenspezifische Rührenergie in kWh je Kubikmeter Belebungsbeckenvolumen stellt daher eine wesentliche Kennzahl für die Kontrolle des Energieverbrauches dar.

Wie beim Benchmarking Forschungsprojekt gezeigt werden konnte, steigen die belastungsspezifischen Kosten mit sinkender Auslastung einer Kläranlage deutlich an. Die Auslastung einer Kläranlage, aber auch von einzelnen Anlagenteilen, spielt daher für die Effizienz einer Anlage eine entscheidende Rolle. Die Laufzeit der Entwässerungsmaschinen und die Auslastung in Prozent stellen Kennzahlen dar, mit denen die Nutzung der zur Verfügung stehenden Kapazität überprüft werden kann. Die Berechnung der Laufzeit, sowohl in Stunden je Tag als auch in Prozent, muss im Durchschnitt über ein Jahr betrachtet werden.

Auslastung einer Kläranlage:

Die Auslastung einer Kläranlage ist beim Benchmarking vor allem in Hinblick auf den Zusammenhang mit den Kosten von Interesse. Die Ergebnisse des Benchmarking-Forschungsprojektes haben gezeigt, dass die belastungsspezifischen Jahreskosten mit abnehmender Auslastung ansteigen. Dies konnte auf den deutlichen Anstieg der belastungsspezifischen Kapitalkosten mit abnehmender Belastung zurückgeführt werden. Der Einfluss der Auslastung auf die Betriebskosten ist erwartungsgemäß niedriger.

Da der Begriff der Auslastung weder international noch in Österreich eindeutig definiert ist, wird im Folgenden erläutert, was nach Auffassung des Autors unter dem Begriff der Auslastung verstanden wird und wie die Berechnung erfolgen sollte. Eine ausführliche Begriffsdefinition kann der Literatur entnommen werden (Lindtner et al., 2003). Ein Vergleich der Auslastung ist nur dann einheitlich möglich, wenn auch die Anforderungen an die Reinigungsleistung bzw. der Stand der Technik einheitlich sind.

- ➔ Eine Kläranlage ist dann zu 100 Prozent ausgelastet, wenn die laut Wasserrechtsbescheid geforderten Ablaufwerte mit den vorhandenen Volumina rechnerisch eingehalten werden können bzw. wenn der nach dem Stand der Technik für die Bemessung maßgebende Lastfall (entscheidend sind die Temperatur und die Bemessungsbelastung) im Untersuchungsjahr auftritt.
- ↓ Ist eine Anlage zu weniger als 100 Prozent ausgelastet, so wird mit der Differenz auf 100 Prozent eine mögliche Mehrleistung der Anlage assoziiert werden. Bei einer Auslastung von beispielsweise unter 50

Prozent wird der Laie (wohl aber auch der Fachmann) davon ausgehen, dass doppelt so viel Abwasser über die Anlage genommen werden könnte, als dies im Untersuchungsjahr der Fall war. Im Umkehrschluss kann man davon ausgehen, dass für das betreffende Jahr auch ein halb so großes Belebungsbeckenvolumen ausgereicht hätte, um die Reinigungsleistung gesichert einzuhalten.

- ↑ Ist eine Anlage zu mehr als 100 Prozent ausgelastet, so ist dies ein Zeichen dafür, dass die Anlage nach dem Stand der Technik, bezogen auf die Belastung des Untersuchungsjahres, rein rechnerisch „überlastet“ ist, was jedoch nicht zwingend mit einer Grenzwertüberschreitung verbunden ist.

Aufgrund der vorangegangenen grundsätzlichen Überlegungen zur Auslastung und der anschließenden Gedanken wird für die Auslastung folgende Berechnung definiert:

Gleichung 8

$\text{Auslastung [\%]} = \frac{\text{maßgebende Belastung des Untersuchungsjahres [kg/d]}}{\text{Bemessungsbelastung [kg/d]}} * 100$

Die Bemessungsbelastung kann laut Arbeitsblatt A-131 (ATV, 2000) als Mittelwert einer Periode gebildet werden, die dem Schlammalter entspricht. Dies entspricht bei Anlagen mit Nitrifikation und Denitrifikation dem 14-Tage-Mittelwert und bei Anlagen mit simultaner aerober Stabilisierung dem 4-Wochen-Mittelwert. Stehen nicht ausreichend viele Daten zur Verfügung, kann auch die an 85 % der Tage unterschrittene Fracht herangezogen werden.

Für die maßgebende Belastung des Untersuchungsjahres gilt dies grundsätzlich ebenso. Um jedoch für alle Anlagentypen eine möglichst einfach und einheitlich ermittelbare maßgebliche Belastung zu erhalten, wurde in der erwähnten Publikation (Lindtner et al., 2003) untersucht, ob die Verwendung eines Perzentilwertes für die Berechnung der Auslastung sinnvoll und möglich ist. Es wurde dabei herausgefunden, dass der 85%-Wert der Kläranlagenbelastung eines Jahres die maßgebende Belastung als Näherungswert für alle Anlagentypen sehr gut widerspiegelt und zusätzlich mit Hilfe der Datenverarbeitung sehr einfach berechnet werden kann.

Zusammenfassend lässt sich daher feststellen, dass für die Berechnung der Auslastung einer Kläranlage ausschließlich die organische Kohlenstofffracht als maßgeblich angesehen wird. Für die Berechnung der Auslastung einer Kläranlage wird demnach das Verhältnis der maßgebenden Belastung des

Untersuchungsjahres (= 85 % Perzentil der organischen Belastung) zur Bemessungsbelastung (EW-Ausbau) in Prozent definiert. Entspricht eine Kläranlage nicht dem Stand der Technik, muss die für die Berechnung zu verwendende Bemessungsbelastung mit Hilfe einer „Nachbemessung“ festgelegt werden. Bei einer Nachbemessung muss in analoger Vorgangsweise wie bei der Bemessung festgestellt werden, welche Belastung unter Berücksichtigung der auftretenden Temperaturen mit den vorhandenen Volumina nach dem Stand der Technik gereinigt werden kann.

4.8.3 Effektivitätskennzahlen zur Beurteilung der Wirksamkeit der Prozesse

Die Verwendung von Prozesskosten als isolierte bzw. einzige Prozesskennzahlen weist nach Schmelzer und Sesselmann (2001) folgende Nachteile auf:

- Kostendaten stehen häufig erst mit großem zeitlichem Abstand zur Verfügung.
- Prozesskosten beruhen auf verdichteten Daten, aus denen nicht direkt die Ursache für Ineffektivitäten und Ineffizienzen ableitbar sind.
- Bei Zuordnungsproblemen von Kostenstellen zu Geschäftsprozessen ist die Aussagekraft der Prozesskosten gering.

Außerdem stellen Prozesskosten für Mitarbeiter meist abstrakte Größen dar, die keinen unmittelbaren Einblick in den operativen Prozessablauf und die Abwicklung ihrer Aufgaben gewährt. Es ist daher wesentlich, neben den Kennzahlen für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit auch Kennzahlen auszuweisen, die Mitarbeitern ein Urteil über die Funktionsfähigkeit des Prozesses ermöglichen.

In Tabelle 8 wurden daher einerseits Effektivitätskennzahlen, die über die Wirksamkeit der Prozesse Auskunft geben, und andererseits Prozesskennzahlen zusammengestellt, welche als ergänzende technische Kennzahlen für die Fachkraft von Interesse sind. Analog zur Vorgehensweise in Tabelle 7 wurden jene Prozesse gekennzeichnet, für die die jeweilige Kennzahl aussagekräftig ist, beziehungsweise jene Kennzahlen, die als Schlüsselkennzahlen ausgewählt wurden.

Der erste Block der Effektivitätskennzahlen entspricht den einwohnerwertspezifischen Outputgütern des Prozesses 1, die gleichzeitig Outputgüter der Kläranlage sind. Diese Kennzahlen sind sehr stark von

Randbedingungen abhängig. Die Menge an Sandfangräumgut beispielsweise ist von der Art des Kanalsystems, dem Gefälle im Kanal, aber auch von der Effektivität des Sandfanges abhängig. Liegen die Werte unterhalb der Erfahrungswerte, so muss die Effektivität der Einrichtung hinterfragt werden. Liegen sie wesentlich über den Erfahrungswerten, so muss deren Herkunft kritisch hinterfragt werden.

Tabelle 8: Effektivitätskennzahlen der Prozesse und zugehörige Prozesskennzahlen

EFFEKTIVITÄTSKENNZAHLEN (Wirksamkeit)	PROZESS						
	1	2	3.1	3.2	4.1	4.2	ARA
spez. Rechengutanfall [kg/(EW-CSB110*a)]	✓	-	-	-	-	-	✓
spez. Fetthanfall [m³/(EW-CSB110*a)]	✓	-	-	-	-	-	✓
spez. Sandfangräumgut [kg/(EW-CSB110*a)]	✓	-	-	-	-	-	✓
spez. Überschussschlammanfall [gTS/(EW-CSB110*d)]	-	✓	-	-	-	-	-
spez. Primärschlammanfall [gTS/(EW-CSB110*d)]	-	✓	-	-	-	-	-
el. Energie erzeugt (BHKW) [kWh/m³-Gas/a]	-	✓	-	-	-	-	✓
spez. Fällmittelverbrauch β -Wert [mol WS/mol P-fällbar]	-	✓	-	-	-	-	✓
Entfernungsgrad VKB [%]	-	✓	-	-	-	-	-
TS-Schlamm eingedickt [%]	-	-	✓	-	✓	-	-
spez. Flockungsmittelverbrauch [kg WS/ t-TS]	-	-	✓	-	✓	-	-
Eindickfaktor [TS-Abzug/TS-Eintrag]	-	-	✓	-	✓	-	-
spez. Faulgasmenge [l/(EW-CSB110*d)]	-	-	-	✓	-	-	-
Glühverlust des stabil. Schlammes [%]	-	-	-	✓	-	-	-
Leistungskennwert [-]	-	✓ \rightarrow	-	-	-	-	✓ \rightarrow
Wirkungsgrad [%] CSB, BSB, N und P	-	-	-	-	-	-	✓
Ablaufkonzentrationen CSB, BSB, N und P [mg/l]	-	-	-	-	-	-	✓
PROZESSKENNZAHLEN							
Schlammindex [ml/l]	-	✓	-	-	-	-	-
BSB/CSB [-]	-	✓	-	-	-	-	-
Schlammalter [d]	-	✓	-	-	-	-	-
aerobes Schlammalter [d]	-	✓	-	-	-	-	-
Aufenthaltszeit VKB [h]	-	✓	-	-	-	-	-
Faulzeit [d]	-	-	-	✓	-	-	-
org. Raumbelastung [kg oTS/m³*d]	-	-	-	✓	-	-	-
spez. Trockensubstanz [g TS/(EW-CSB110*d)]	-	-	-	✓	✓	-	-
spez. organische Trockensubstanz [g oTS/(EW-CSB110*d)]	-	-	-	✓	✓	-	-
spez. Schlammanfall [g FS/(EW-CSB110*d)] Prozessoutput	-	-	-	✓	✓	-	✓ \rightarrow

Im zweiten Block sind Kennzahlen zusammengefasst, die die Wirksamkeit des Prozesses 2 beschreiben. Vorweg muss noch darauf hingewiesen werden,

dass sich die Wirksamkeit des Prozesses 2 in erster Linie im Leistungskennwert ausdrückt, der ein Maß für die Restverschmutzung des Kläranlagenablaufes darstellt. Da der Leistungskennwert auch für die Gesamtanlage eine wesentliche Kennzahl ist, wird bei der Beschreibung der Effektivitätskennzahlen der Gesamtanlage noch näher darauf eingegangen. Der spezifische Primär- und Überschussschlammanfall wird in Gramm Trockensubstanz je EW-CSB110 und Tag angegeben. Da nicht die Schlammproduktion zentrale Aufgabe des Prozesses 2 ist, dient die Berechnung des spezifischen Primär- und Überschussschlammanfalles nicht primär der Überwachung der Wirksamkeit des Prozesses sondern dient letztlich auch der Plausibilitätskontrolle der Eingangsdaten. In Zusammenhang mit dem Primärschlammanfall, ist auch der Entfernungsgrad in Prozent der Vorklärung zu sehen. Die elektrische Energie, die je Kubikmeter eingesetztem Faulgas erzeugt werden kann, ist ein Maß für die Wirksamkeit des BHKW. Die Effizienz der Phosphorentfernung kann mit Hilfe des β -Wertes kontrolliert werden. Der β -Wert errechnet sich aus dem Verhältnis von eingesetzter Wirksubstanz des Fällmittels zu fällbarem Phosphor.

Der dritte Block fasst Wirksamkeitskennzahlen der Prozesse 3 und 4 zusammen. Die Kennzahlen, anhand derer die Wirksamkeit der MÜSE kontrolliert werden, und jene für die Schlammwässerung sind aufgrund der sehr ähnlichen Aufgabe identisch. Die Effizienz der Prozesse 3.1 und 4.1 kann aus der Kombination der Kennzahlen Eindickfaktor, Trockensubstanzgehalt nach der Eindickung und die dafür erforderliche Konditionierungsmittelmenge beurteilt werden. Die Wirksamkeit der getrennten Stabilisierung kann anhand des Glühverlustes und bei der mesophilen Faulung anhand des spezifischen Faulgasanfalles in Liter je EW-CSB110 errechnet werden.

Die Wirkungsgrade und Ablaufkonzentrationen von CSB, BSB₅, Stickstoff und Phosphor sowie der Leistungskennwert charakterisieren die Reinigungsleistung und somit die Effektivität der Gesamtanlage. Der Leistungskennwert (= LW) ist eine quantitative Beurteilung der nach der Reinigung im Ablauf verbleibenden Gewässerbelastung. Er ist das Ergebnis einer Bewertungsmethode, die eine gemeinsame Bewertung der für den Gewässerschutz relevanten Ablaufparameter (CSB, NH₄-N, NO₃-N und Pges.) ermöglicht (ÖWAV, 2000). Bei der Ermittlung der Leistungskennwerte werden die maßgebenden Einflussfaktoren (CSB, NH₄-

N, NO₃-N und P_{ges.}) mit einem Bewertungsfaktor (der angenähert den Reziprokwerten der maximal zulässigen Ablaufkonzentrationen laut 1.AEVkA entspricht) multipliziert. Die Summe dieser 4 Bewertungsgrößen ergibt den Leistungskennwert. Durch die berücksichtigten Parameter und deren Gewichtung ist der Leistungskennwert ein Maß für folgende gewässerbeeinflussenden Faktoren: Sauerstoffzehrungspotenzial, Eutrophierungspotenzial, Fischtoxizität, hygienische Aspekte und organische Restverschmutzung.

Bei den in Tabelle 8 angeführten Prozesskennzahlen des Prozesses 2 und 3 handelt es sich um abwassertechnische Kennzahlen, die dem Betriebspersonal Auskunft über den Betriebszustand der Anlage geben. Da es sich dabei um allgemein verständliche Kenngrößen in der Abwassertechnik handelt, ist eine detaillierte Beschreibung nicht erforderlich. Im Gegensatz dazu stellen die letzten vier Prozesskennzahlen der Tabelle 8 weniger gebräuchliche Kennzahlen dar. Die einwohnerwertspezifische Menge an Trockensubstanz (TS), vor allem aber die einwohnerwertspezifische Menge an organischer Trockensubstanz (oTS) dient der Plausibilitätsprüfung. Die Fracht an TS ist beeinflusst vom Kanalsystem und schwankt daher in einem weiten Bereich. Die einwohnerwertspezifische Fracht an oTS ist vom Stabilisierungsgrad beeinflusst, schwankt jedoch in einem wesentlich schmaleren Bereich, womit sich diese Prozesskennzahl sehr gut zur Plausibilitätsprüfung der angegebenen Zulauffrachten eignet.

Wie im Kapitel 4.8.4 noch gezeigt wird, stellen die Schlamm-entsorgungskosten die wesentlichste Einzelposition der Betriebskosten dar. Es ist daher von entscheidender Bedeutung wie viel Schlamm je Einwohnerwert (Feuchtsubstanz) entsorgt werden muss. Weiters ist der Anfall an Trockensubstanz der Prozesse 3.2 und 4.2 von Interesse, da aus der Differenz dieser beiden Kennzahlen die Menge an Konditionierungsmitteln in der Schlammmentwässerung abgeschätzt werden kann.

4.8.4 Schlüsselkennzahlen

Die Schlüsselkennzahlen stellen einen eingeschränkten Kennzahlensatz dar, mit deren Hilfe ein rascher Überblick über die Wirtschaftlichkeit und Funktionsfähigkeit der Abwasserreinigungsanlage gewonnen werden kann. Vergleicht man die Schlüsselkennzahlen einer Anlage mit den Schlüsselkennzahlen der Benchmark, können daraus erste Anhaltspunkte für Effizienz- und Effektivitätssteigerungsmöglichkeiten abgeleitet werden. Da

Benchmarking in erster Linie ein kaufmännisches Controllinginstrument darstellt, sind demnach die meisten Schlüsselkennzahlen Effizienz-kennzahlen. Die wichtigste Schlüsselkennzahl der Effektivitätskennzahlen ist der Leistungskennwert, der, wie bereits beschrieben, ein Kriterium für die Reinigungsleistung einer Anlage darstellt. Wie die folgenden Ausführungen verdeutlichen werden, wurde neben dem Leistungskennwert der einwohnerwertspezifische Schlammanfall als weitere Schlüsselkennzahl aus dem Pool der Effektivitätskennzahlen bestimmt.

Von den Effizienz-kennzahlen sind auf alle Fälle die spezifischen Betriebskosten der vier Hauptprozesse sowie die Gesamtbetriebskosten der Kläranlage als Schlüsselkennzahlen zu nennen. Für die Beurteilung der Relevanz von einzelnen Kostenpositionen im Vergleich zu den Gesamtkosten der Kläranlage wurden in Anlehnung an das Vorgehen bei einer Prioritätenanalyse (Preißler, 1995) die einzelnen Kostenpositionen, die beim Benchmarking Forschungsprojekt von jeder teilnehmenden Kläranlage angegeben wurden, aufgegliedert und untersucht. Beim Benchmarking Forschungsprojekt wurde zwischen den Kosten von vier Hauptprozessen sowie den Kosten des Labors und einer Kostenstelle Sonstiges unterschieden. Von jeder dieser Kostenstellen wurden 18 Kostenarten erhoben, womit sich in Summe 108 verschiedene mögliche Kostenpositionen je Kläranlage ergeben. Davon wurden im Durchschnitt von allen 76 Kläranlagen 77 Kostenpositionen auch tatsächlich mit Kosten belegt. Ordnet man die Kostenpositionen ihrer Größe nach und trägt diese in einer Summenkurve auf (siehe Abbildung 31), so ist daraus ersichtlich, für welchen Anteil der Betriebskosten die einzelnen Kostenpositionen verantwortlich sind. Aus der Abbildung 31 ist ersichtlich, dass im Durchschnitt aller untersuchten 76 Kläranlagen die 10 größten Kostenpositionen für 70 Prozent der Betriebskosten verantwortlich sind.

In Anlehnung an die bereits erwähnte Prioritätenanalyse (= ABC-Analyse) werden nun 15 Prozent der höchsten Kostenpositionen der Gruppe A zugeteilt, weitere 20 Prozent der Gruppe B und die verbleibenden 65 Prozent der Kostenpositionen der Gruppe C. Die Gruppenzugehörigkeit einer Kostenposition lässt somit die Relevanz der entsprechenden Kostenposition auf die Gesamtkosten erkennen.

Da 77 Kostenpositionen tatsächlich mit Kosten belegt sind und 15 Prozent der Kostenpositionen der Gruppe A zugeteilt werden, folgt daraus, dass die 12 höchsten Kostenpositionen der Gruppe A zugeteilt werden. Weitere 15

Kostenpositionen, der Reihung entsprechend, zählen zur Gruppe B und die verbleibenden 50 Kostenpositionen mit den niedrigsten Beträgen werden der Gruppe C zugeordnet.

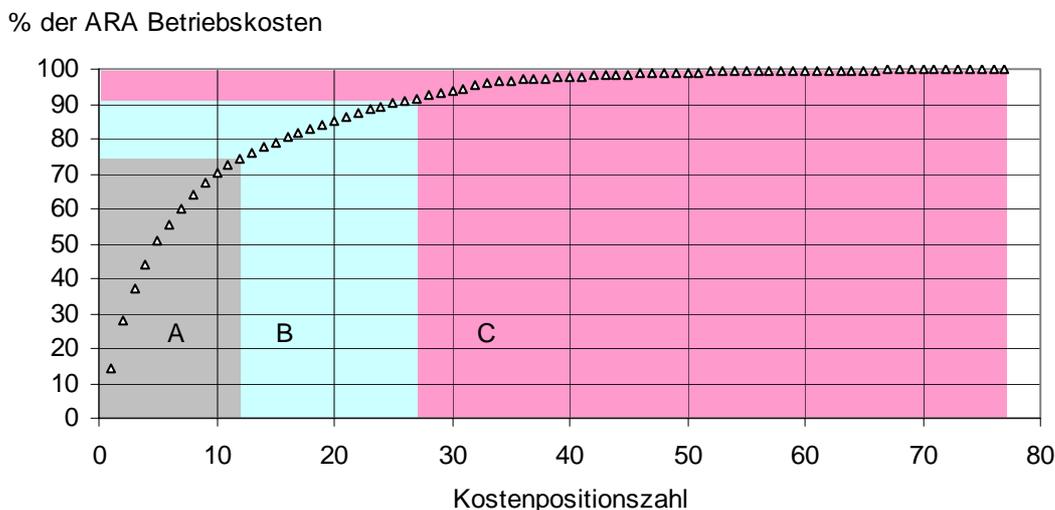


Abbildung 31: ABC-Analyse der Kostenpositionen einer Kläranlage

In der Abbildung 32 wurden die 12 Vertreter der relevantesten Kostenpositionen der Gruppe A aufgegliedert, wobei deren Mittelwert als grauer Balken und die Einzelwerte der Kläranlagen in Form von Punkten eingezeichnet wurden. Das Ergebnis der Analyse zeigt, dass die Reststoffentsorgung von Klärschlamm und der Energiebedarf für elektrischen Strom im Prozess 2 für jeweils 14 Prozent der Gesamtkosten verantwortlich sind. Die Personalkosten für den laufenden Betrieb des Labors sind mit durchschnittlich 9 Prozent an den Gesamtkosten der Kläranlage beteiligt, gefolgt von den Personalkosten für Sonstiges mit 7 Prozent der Gesamtkosten. Der hohe Anteil an Personalkosten unter der Bezeichnung Sonstiges lässt ein Zuteilungsproblem vermuten. Als fünfthöchste Kostenposition wurden die Personalkosten mit 6 Prozent für den laufenden Betrieb des Prozesses 4 berechnet. Aus der Abbildung 32 kann außerdem abgelesen werden, dass von den 12 Kostenpositionen der Gruppe A fünf Personalkostenpositionen des laufenden Betriebes darstellen, die insgesamt 30 Prozent der Gesamtkosten umfassen.

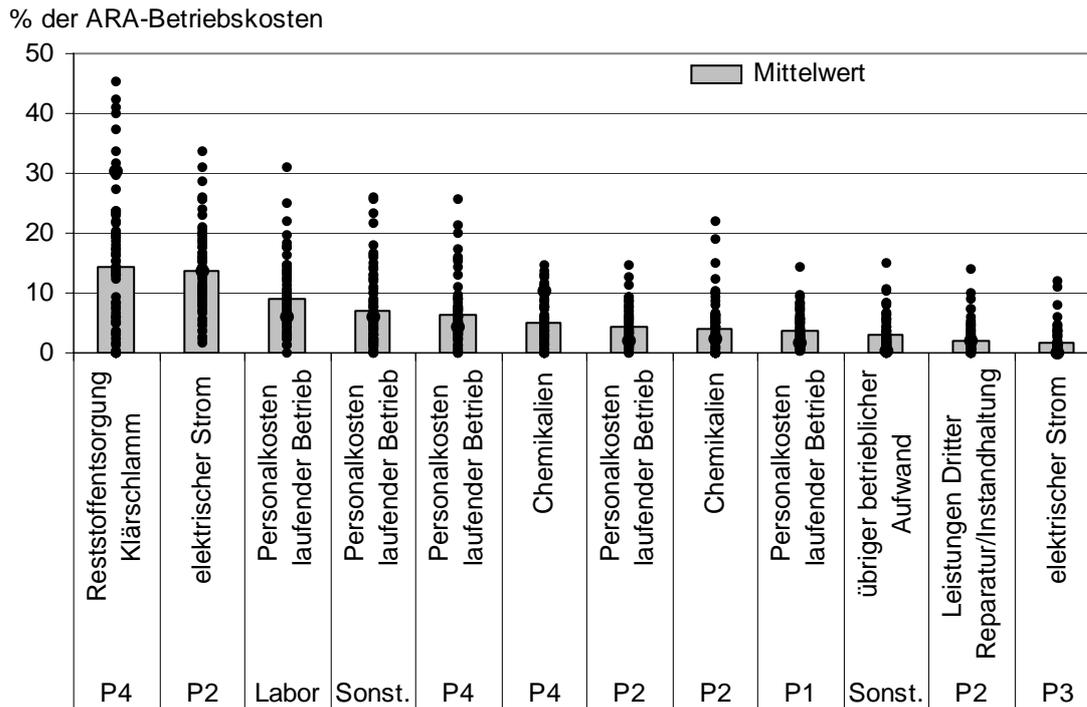


Abbildung 32: Darstellung der relevantesten Kostenpositionen (= Gruppe A der ABC-Analyse)

Als Konsequenz dieser Analysen werden die Entsorgungskosten für den Klärschlamm und der elektrische Energieverbrauch des Prozesses 2 als Schlüsselkennzahlen festgelegt. Definiert man zusätzlich die Personalkosten als Schlüsselkennzahl, so sind zirka zwei Drittel der Betriebskosten einer Kläranlage durch Schlüsselkennzahlen „überwacht“.

Abschließend sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die Ermittlung der Kennzahlen nicht das Ziel des Benchmarking ist, sondern vielmehr sind die Kennzahlen zur Beseitigung von Ineffizienzen und Ineffektivitäten ein Werkzeug.

4.8.5 Benchmark-Kennzahlen und das Kennzahlensystem der IWA

Die International Water Association (IWA) hat mit den „Performance Indicators for Wastewater Services“ ein sehr umfangreiches Kennzahlensystem vorgestellt, welches für den gesamten Bereich der Siedlungsentwässerung – Abwasserableitung und Abwasserreinigung – angewendet werden kann. Obwohl in Summe sehr viele Indikatoren berechnet werden und aus österreichischer Sicht vor allem große Unternehmenseinheiten damit angesprochen werden, können die Performance-Indikatoren der IWA auch für österreichische Abwasserverbände in Bezug auf den internationalen Vergleich von Interesse sein. Aufgrund der Strukturiertheit und der sehr ausführlichen Definition aller 182 Indikatoren wurde eine gute Basis für einen derartigen Vergleich geschaffen. Es erscheint daher zweckmäßig, die IWA Systematik an dieser Stelle zu erläutern und Parallelen zu den Benchmarking-Kennzahlen aufzuzeigen. Alle folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Veröffentlichung der IWA „Performance Indicators for Wastewater Services“ (Matos et al., 2003).

Struktur des IWA Kennzahlensystems:

Neben den eigentlichen Performance Indicators (PI) wurden zusätzlich sogenannte Kontext Kennzahlen festgelegt, mit deren Hilfe das Umfeld, in dem das Abwasserunternehmen tätig ist, beschrieben werden soll. Diese Kontext-Kennzahlen gliedern sich in drei Gruppen: Informationen zum Unternehmen, Informationen zur betrieblichen Struktur und Informationen zur Region, in der das Unternehmen tätig ist.

Die Performance Indikatoren selbst werden in sechs Kategorien unterteilt, wobei jede Kategorie jeweils Kennzahlen für den Bereich der Abwasserableitung beziehungsweise Abwasserreinigung enthält aber auch Kennzahlen enthält, die beide Bereiche des Abwasserunternehmens betreffen. In Tabelle 9 wurden die sechs Kategorien inklusive deren Code und die Anzahl der Indikatoren dargestellt. Um einen Überblick zu geben, wurde zusätzlich vermerkt, wie viele der Indikatoren die Kanalisation oder die Kläranlage betreffen beziehungsweise welcher Anteil auf das gesamte Abwasserunternehmen (ARA/Kanal) entfällt. In der rechten Spalte wurden beispielhaft Kennzahlen der jeweiligen Kategorie angeführt.

Tabelle 9: Struktur der Performance Indikatoren und Beispiele

Umweltkennzahlen: wEn (n=15) 9 ARA + 6 Kanal	Entsorgungsgrad, Rechengut, Schlammanfall,...
Personalkennzahlen: wPe (n=25) 3 ARA + 2 Kanal + 20 ARA/Kanal	Beschäftigte je Einwohner, Ausbildungsstand, ...
Technische Kennzahlen: wPh (n=12) 5 ARA + 5 Kanal + 2 ARA/Kanal	Vorreinigung [%], Pumpenleistung in % zu installierter Leistung,...
Betriebskennzahlen: wOp (n=56) 18 ARA + 38 Kanal	Energieverbrauch, Analysen pro Jahr, Pumpenergie,...
Qualitäts- und Servicekennzahlen: wQs (n=29) 7 ARA + 20 Kanal + 2 ARA/Kanal	Anschlussgrad, Reinigungsgrad, Kundenzufriedenheit (Beschwerden),...
Finanzkennzahlen: wFi (n=45) 4 ARA + 3 Kanal + 38 ARA/Kanal	Betriebskosten, Energiekosten, Einnahmen, Investitionskosten,...

Aus der Tabelle 9 ist ersichtlich, dass von den insgesamt 182 Kennzahlen nur 46 Kennzahlen ausschließlich die Kläranlage betreffen. Für die Beurteilung des gesamten Abwasserbetriebes bzw. Verbandes bzw. Gemeinde werden 62 Kennzahlen vorgeschlagen, wovon 20 Personalkennzahlen und 38 Finanzkennzahlen den größten Anteil ausmachen.

Bei der Angabe der Kennzahl beschränkt man sich nicht auf den Wert selbst, sondern es werden zusätzliche Informationen einerseits zur Zuverlässigkeit der Datenquelle, und andererseits zur Datenungenauigkeit abgefragt. Bei der Zuverlässigkeit der Daten wird in vier Klassen (A, B, C und D) unterteilt, wobei der Klasse A hohe Datenzuverlässigkeit unterstellt wird, beispielsweise wenn es sich um dokumentierte Messdaten handelt. Bei sehr unzuverlässigen Datenquellen, wie beispielsweise der mündlichen Übermittlung, wird in die Klasse D eingestuft. Die Datenungenauigkeit wird in sechs Qualitätsstufen unterteilt:

Tabelle 10: Matrix der IWA Performance Indicators Datenzuverlässigkeit und - ungenauigkeit

		Datenzuverlässigkeit			
		A	B	C	D
		sehr zuverlässig	zuverlässig	unzuverlässig	sehr unzuverlässig
Ungenauigkeit	0;1[%]	A1	--	--	--
	>1;<5[%]	A2	B2	C2	--
	>5;<10[%]	A3	B3	C3	D3
	>10;<25[%]	A4	B4	C4	D4
	>25;<50[%]	--	--	C5	D5
	>50;<100[%]	--	--	--	D6

1. Stufe = 1 %, 2. Stufe >1 % und ≤5 %, 3. Stufe >5 % und ≤10 %, 4. Stufe >10 % und ≤25 %, 5. Stufe >25 % und ≤50 %, 6. Stufe >50 % und ≤100 %; X für fehlende Daten beziehungsweise bei Ungenauigkeiten > 100 %

Neben der Unterscheidung der Kennzahlen in sechs Kategorien gibt die IWA für jede Kennzahl einen Level an, wobei drei Levels voneinander unterschieden werden. Die entsprechende Kennzahl ist je nach Level, in den sie eingestuft wurde, für unterschiedliche Hierarchieebenen von bevorzugtem Interesse. 1. So sind beispielsweise jene 25 Kennzahlen, die dem Level 1 (L1) zugeordnet wurden, vor allem für die Unternehmensleitung von besonderem Interesse.

Vergleich von Benchmarking Kennzahlensystem und Performance Indicators:

Sowohl die IWA Kennzahlensystematik als auch die Kennzahlen, die in den vorangegangenen Kapiteln erläutert wurden, zielen darauf ab, die Effizienz und Effektivität von Abwasserunternehmungen zu messen, mit anderen Unternehmungen zu vergleichen, um schließlich daraus Schlüsse für die Steuern sowie das Controlling des Unternehmens zu ziehen.

Benchmarking geht über den reinen Kennzahlenvergleich hinaus und erhebt den Anspruch, Verbesserungspotenziale durch den Vergleich mit der Benchmark herauszufinden und Optimierungen durchzuführen. Sowohl die Identifikation von Benchmarks als auch die Ermittlung von Verbesserungspotenzialen erfolgt jedoch ebenfalls mit Hilfe von Kennzahlen. Es ist daher naheliegend, die für ein Kläranlagenbenchmarking erforderlichen Kennzahlen soweit als möglich auch im internationalen Kennzahlenvergleich zu verwenden.

In Tabelle 11 wurden jene Kennzahlen zusammengefasst, die direkt aus Input- und Outputgütern beziehungsweise dem Benchmarking Kennzahlensystem abgeleitet werden können. Wie daraus abgelesen werden kann, können 26 Kennzahlen direkt ins Kennzahlensystem der IWA übernommen werden, wenn man von den Einheiten absieht.

In der Tabelle 11 ist neben der Bezeichnung der Kennzahl die Codierung entsprechend der IWA Veröffentlichung, die Einheit, die diese Kennzahl als Performance Indicator hat, und die Einheit, die diese Kennzahl im Benchmarking System aufweist, angeführt.

Tabelle 11: Performance Indicators, die direkt aus Input- und Outputgütern beziehungsweise dem Benchmarking Kennzahlensystem abgeleitet werden können

Umweltkennzahlen	Code	Einheit von IWA	Einheit bei Benchmarking
Gesetzeskonforme Entsorgung	wEn1	%/a	%
Schlammanfall	wEn6	kgTS/EW/a	kg TS/EW/a kg FS/EW/a
Schlammverwendung	wEn7	% (von En6)	t TS/a
Schlammmentsorgung	wEn8	% (von En6)	t TS/a
Schlammdeponierung	wEn9	% (von En6)	t TS/a
Schlammverbrennung	wEn10	% (von En6)	t TS/a
andere Schlammmentsorgung	wEn11	% (von En6)	t TS/a
Senkgrubenräumgut	wEn15	ton/EW/a	t/a
Technische Kennzahlen			
Pumpenleistung (je installierte Pumpenleistung)	wPh9	%	kWh/a
Betriebskennzahlen			
Energieverbrauch ARA	wOp18	kWh/EW/a	kWh/EW-CSB110/a
Energieabdeckung durch Eigenstromerzeugung	wOp19	%	%
Standardisierter Pumpenenergieverbrauch	wOp20	kWh/m ³ *m	kWh/m ³ *m
Finanzkennzahlen			
Gesamtjahreskosten	wFi5	US\$/EW/a	€/EW-CSB/a
Betriebskosten	wFi7	US\$/EW/a	€/EW-CSB/a
Kapitalkosten	wFi9	US\$/EW	€/EW-CSB/a
interne Personalkosten	wFi11	% (von wFi7)	€/EW-CSB/a
externe Kosten für Reparatur und Instandhaltung	wFi12	% (von wFi7)	€/EW-CSB/a
Energiekosten	wFi13	% (von wFi7)	€/EW-CSB/a
Materialien, Chemikalien und andere Stoffkosten	wFi14	% (von wFi7)	€/EW-CSB/a
Sonstige laufende Kosten	wFi15	% (von wFi7)	€/EW-CSB/a
Abwasserqualitätsmonitoring (Labor)	wFi23	% (von wFi7)	€/EW-CSB/a
Unterstützende technische Dienste	wFi24	% (von wFi7)	€/EW-CSB/a
Abschreibung	wFi25	% der Kapitalk.	€/EW-CSB/a
Investitionskosten	wFi27	US\$/EW/a	€/EW-CSB/a
Investitionen für neue Anlagenteile und Verbesserung	wFi28	% (von wFi27)	€/EW-CSB/a
Investition für Ersatz- und Wiederinstandsetzung	wFi29	% (von wFi27)	€/EW-CSB/a

Bei den PIs ist auffällig, dass sehr häufig Prozentkennzahlen verwendet werden, wodurch der internationale Vergleich erleichtert werden soll. Durch die Angabe von relativen Kennzahlen ist die Gefahr von Fehlinterpretationen gegeben, wenn nicht zusätzlich die absolute Kennzahl auf die der Wert bezogen wurde bekannt ist. Die Pumpenleistung in Prozent der installierten Pumpenleistung beispielsweise, gibt nur darüber Auskunft wie viel der installierten Pumpenkapazität auch tatsächlich verwendet wird. Will man den für die Betriebskosten relevanten Energieverbrauch wissen, so ist die Zusatzinformation der installierten Pumpenleistung erforderlich.

Bei den Umweltkennzahlen können acht von den 9 Kennzahlen, die Abwasserreinigungsanlagen (ARA) betreffen, direkt übernommen werden. Die Personalkennzahlen in der Form, wie sie von der IWA erhoben werden, sind im Benchmarking nicht vorgesehen. Es handelt sich dabei um Personalanzahl je Unternehmenseinheit, Qualifikation des Personals, Weiterbildungs- und Gesundheitsvorsorge und dergleichen mehr. Vor allem die Personalkennzahlen und die Finanzkennzahlen sind in ihrer Detailliertheit für sehr große Unternehmenseinheiten von Vorteil.

Von den insgesamt 7 technischen Kennzahlen für ARAs kann eine Kennzahl direkt abgeleitet werden. Vier PIs erfassen die genutzte Kapazität der Vorreinigung, der Vorklärung, der ersten Reinigungsstufe und der zweiten Reinigungsstufe jeweils in Prozent. Es findet dabei jedoch ausschließlich die Wassermenge (Spitzenzufluss/Bemessungszufluss) Berücksichtigung.

Bei den Betriebskennzahlen können jene Kennzahlen, die die elektrische Energiebilanz umschreiben, übernommen werden. Zehn PIs beschreiben den Laboraufwand in Probenanzahl pro Jahr und fünf PIs erfassen die Anzahl an Messgerätekalibrierungen pro Jahr.

Die von der IWA erhobenen Qualitätskennzahlen beziehen sich vor allem auf den Umgang mit Anfragen und Beschwerdefällen bei Gebrechen der Kanalisationsanlage. Ebenso fallen der Anschlussgrad an das Kanalnetz bzw. an die Kläranlage in die Qualitätskennzahlen. Auch diese sind für ein Benchmarking nicht erforderlich.

Die sechste Kategorie stellen die insgesamt 42 Finanzkennzahlen dar. Rund ein Drittel kann durch Effizienzkenzahlen des Benchmarking-Kennzahlensystems direkt abgedeckt werden. Andere Finanzkennzahlen des Unternehmens werden beim Benchmarking zum Teil ebenfalls erhoben bzw. berechnet, sind aber nicht Gegenstand der technischen Benchmarkingauswertung. Der sehr umfangreiche Block an Finanzkennzahlen ist vor allem auch im Hinblick auf die Vergleichbarkeit von wirklich großen Abwasserverbänden zu sehen.

Die Bezugsgröße EW (=Einwohnerwerte), welche mehrfach verwendet wurde, ist im Benchmarking Kennzahlensystem aus der durchschnittlichen CSB Fracht errechnet wobei von einer einwohnerwertspezifischen Fracht von 110 g je Tag ausgegangen wird. Im IWA-Kennzahlensystem wird der Einwohnerwert aus der durchschnittlichen BSB₅ Fracht, unter der Annahme

eines Anfalles von 60 g je Einwohnerwert und Tag, berechnet. Wie in Kapitel 4.6.1 bereits erläutert wurde, ist die Vergleichbarkeit der derart berechnete Einwohnerwerte gegeben.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass durch die Benchmarking Kennzahlen rund ein Drittel der für Abwasserreinigungsanlagen relevanten Performance Indikatoren abgedeckt ist. Rund ein Drittel der PIs sind entweder aufgrund der Struktur - viele kleine Unternehmungen - der österreichischen Abwasserunternehmungen nicht relevant bzw. nicht verfügbar. Das verbleibende Drittel ist zwar verfügbar und viele davon auch sehr leicht zu erheben, jedoch für ein Benchmarking nicht von Bedeutung.

Für Abwasserreinigungsanlagen bedeutet dies, dass mit der Teilnahme an einem Benchmarking, welches die vorgestellte Kennzahlensystem anwendet auch ein internationaler Vergleich aufgrund der Übertragbarkeit dieser Kennzahlen in die IWA Kennzahlensystematik gegeben ist.

4.9 Definition von Benchmarkbereich, -anlagen und Benchmarks

Benchmarkingprojekten im öffentlichen Bereich können aufgrund deren Wirkung in eine sogenanntes „externes Benchmarking“ und ein internes Benchmarking“ unterschieden werden. Als Ergebnisse des „externen Benchmarkings“ können alle Auswertungen bezeichnet werden, aus denen nicht direkt eine Einsparungspotential für die einzelnen Anlage ableitbar sind, welche aber für die Anlagenbetreiber, die Behörde oder für die Wissenschaft als wertvolle Information angesehen werden kann. Ein Ergebnis des „externen Benchmarking“ ist beispielsweise die Angabe von spezifischen Kosten je Größengruppe. Für diese Aussage wurde nicht die beim Benchmarking tatsächlich aufgetretenen niedrigsten spezifischen Kosten herangezogen, sondern es wurde ein **Benchmarkbereich** definiert. Der Benchmarkbereich gibt jene spezifische Kosten an, die unter Berücksichtigung der methodischen Ungenauigkeiten, gesichert erreicht werden kann.

Für das „interne Benchmarking“ und gemäß dem Grundsatz *vom Besten lernen*, ist es wesentlich, dass man den/die Besten auch tatsächlich kennt. Als *beste* Anlagen, die sozusagen Vorbildanlage sind, wurden daher sogenannte **Benchmarkanlagen** definiert.

Aufgrund der Unterteilung der Anlage in Prozesse und der Kostenzuordnung auf diese Prozesse, ist es möglich nicht nur in Bezug auf den Gesamtprozess Abwasserreinigung den/die Besten zu bestimmen, sondern es können **Benchmarks** je Gruppe und Prozess definiert werden.

4.9.1 Festlegung des Benchmarkbereiches

Bei den Gesamtkosten der Betriebs-, Kapital- und Jahreskosten wird je Gruppe nicht eine Anlage als Benchmark angegeben, sondern ein Benchmarkbereich.

Der Benchmarkbereich wird durch die niedrigsten spezifischen Kosten der potenziellen Benchmarkanlagen jeder Gruppe zuzüglich eines prozentuellen Aufschlages nach oben abgeschlossen. Dieser prozentuelle Aufschlag berücksichtigt einerseits die datenbedingten Unsicherheiten und andererseits die Schwankungen der Zulaufdaten beziehungsweise der Kosten für Reparatur und Instandhaltung von Jahr zu Jahr. Die Höhe dieses Aufschlages

wird je nach Kostenart (Betriebs-, Kapital- und Jahreskosten) und Anlagengruppe unterschiedlich festgelegt.

Tabelle 12: Prozentsätze zur Berechnung des Benchmarkbereiches

	Gruppen 1 und 2	Gruppen 3 und 4	Gruppen 4 und 6
Betriebskosten	30 %	20 %	10 %
Kapitalkosten	10 %	10 %	10 %
Jahreskosten	20 %	15 %	10 %

Die festgelegten Prozentsätze zur Ermittlung des Benchmarkbereiches sollen einerseits datenbedingte Unsicherheiten ausgleichen, jährliche Schwankungen der Zulaufdaten berücksichtigen und Unsicherheiten bei der Kostenzuordnung – z.B. von Personalkosten, aber auch von Reparatur und Instandhaltungskosten – beinhalten. Bei kleinen Anlagen (Gruppe 1 und 2) sind die Schwankungen und Unsicherheiten der Daten stärker ausgeprägt als bei großen Anlagen, weshalb der Ausgleichsprozentsatz bei den Betriebskosten mit 30 % angesetzt wurde und bei großen Anlagen (Gruppe 5 und 6) nur mit 10 %. Datenbedingte Unschärfen der Kapitalkosten sind von der Anlagengröße unabhängig und wurden daher bei allen Größenklassen mit 10 % angesetzt. Daraus kann für die Jahreskosten ein mittlerer Wert von 20 % bei den Anlagen der Gruppe 1 und 2 sowie von 10 % bei den Anlagen der Gruppen 4 und 6 abgeleitet werden. Für die Gruppen 3 und 4 wurden Ausgleichsprozentsätze gewählt, die mit 20 % bei den Betriebskosten und 15 % bei den Jahreskosten zwischen jenen der bereits beschriebenen Gruppen liegen.

Die angegebenen Prozentsätze können logisch nicht eindeutig begründet werden. Sie wurden auf Basis der Erfahrung des Institutes für Wassergüte festgelegt, um bei der Interpretation von Einsparungspotenzialen keine unzuverlässig hohen Erwartungen zu verursachen, die zufolge der Datenunsicherheit nicht gerechtfertigt sind.

An dieser Stelle ist es interessant darauf hinzuweisen, dass bei einem Benchmarkingprojekt zur Kostenminimierung in Niedersachsen ebenfalls (aber unabhängig von der Vorgehensweise in Österreich) keine Bestmarken definiert wurden, sondern ein Bestmarkenbereich (Zillich et al., 2002).

4.9.2 Voraussetzungen für Benchmarkanlagen

Benchmarkanlagen sind jene Anlagen, die aufgrund der nachfolgend angeführten Kriterien als Benchmark in Frage kommen und geringere spezifische Kosten aufweisen, als durch den Benchmarkbereich festgelegt wurden.

Bei den Kriterien, ob eine Anlage Benchmark werden kann oder nicht, muss unterschieden werden, ob man von Kapitalkosten oder von Betriebs- und Jahreskosten spricht. Da die Kapitalkosten auf EWNorm-Ausbau bezogen werden bzw. die Kapitalkosten der Prozesse 1, 3 und 4 auf EW-Ausbau, ist es für den Vergleich der spezifischen Kapitalkosten irrelevant, ob die geforderte Reinigungsleistung aktuell erreicht wird oder nicht. Auf die Problematik des Kapitalkostenvergleiches von Anlagen unterschiedlicher Errichtungszeitpunkte und unterschiedlicher Investitionsstrategien wurde bereits eingegangen (siehe Kapitel 4.6.5).

Im Gegensatz dazu kommen als Benchmarkanlagen bei den Betriebs- und Jahreskosten nur Kläranlagen in Frage, die den folgenden Kriterien genügen:

- Die Anforderungen der 1. Abwasser Emissionsverordnung (1.AEVkA) werden einhalten (Bundesgesetzblatt, 1996).
- Die Datenlage ist plausibel und abgesichert.
- Die Abwassercharakteristik kann als vorwiegend kommunal bezeichnet werden.

Die Ausweisung einer Anlage als Benchmark bedingt also, dass die Anlage die gesetzlichen Anforderungen der 1.AEVkA erfüllt, was nicht den Anforderungen des individuellen Wasserrechtsbescheides entsprechen muss.

Die Datenlage ist aus zwei Gründen sehr wichtig. Erstens werden die spezifischen Kosten mit Hilfe der Zulauffrachten als Bezugsgröße ermittelt, womit sich ein Fehler bei der Erfassung des Zulauf-CSB im selben Maße auf die Berechnung der spezifischen Kosten auswirkt. Zweitens ist Benchmarking nicht nur ein Kennzahlenvergleich, sondern es soll vom Besten und nicht vom Billigsten gelernt werden. Sind die Input- und Outputgüter der Prozesse aufgrund der Datenlage nicht klar, so könnten aus einem Vergleich falsche Schlüsse gezogen werden.

Die Festlegung, dass Kläranlagen mit Abwasser stark gewerblicher bzw. industrieller Charakteristik keine Benchmarkanlagen sein können, ist mit der

Tatsache zu begründen, dass die Vergleichbarkeit mit kommunalen Anlagen aufgrund der Abwasserzusammensetzung nicht zulässig ist. Die Vergleichbarkeit von kommunalen und Kläranlagen mit Abwasser stark gewerblicher bzw. industrieller Charakteristik ist jedoch in Teilprozessen möglich. Außerdem sind Anlagen mit stark gewerblichem bzw. industriellem Anteil meist gekennzeichnet durch einen hohen Anteil an leicht abbaubarem CSB, der jedoch nicht in dem Maße höhere Kosten verursacht, wie er die spezifischen Kosten – aufgrund der Bezugsgröße EW-CSB110 - verringert. Als einfaches Beispiel dient der Vergleich zweier Anlagen, von denen eine Anlage rein kommunales Abwasser von 50.000 Einwohnern verarbeitet und an die andere Anlage 25.000 Einwohner und eine Brauerei mit 25.000 EW-CSB110 angeschlossen sind. Bei beiden Anlagen wurden zur Berechnung der spezifischen Kosten 50.000 EW-CSB110 herangezogen. Die Anlage mit der Brauerei hat aufgrund der Tatsache, dass sie wesentlich weniger Ammonium nitrifizieren muss, der leicht abbaubare gelöste Anteil an CSB leicht oxidiert werden kann und dabei weniger Schlamm entsteht, wesentlich geringere Kosten. Aus diesem Grund wird festgelegt, dass Anlagen mit einem Stickstoff zu CSB Verhältnis im Zulauf von kleiner als 0,07 keine Benchmarkanlagen sein können. Da bei kleinen Anlagen der Gesamtstickstoff meistens nicht gemessen wird, wird dieses Kriterium für Anlagen der Gruppen 1 bis 4 nicht angewandt. Dies ist jedoch von geringer Bedeutung, weil in dieser Größengruppe meist Anlagen mit simultaner aerober Stabilisierung vorhanden sind, wo das N/CSB Verhältnis eine untergeordnete Rolle in Bezug auf die Kosten einnimmt.

4.9.3 Festlegung von Benchmarks

Wie bereits dargestellt wurde, wird bei den spezifischen Gesamtkosten (Betriebs- Kapital- und Jahreskosten) nicht nur eine Anlage je Gruppe als Benchmark ausgewiesen, sondern ein Benchmarkbereich festgelegt. Alle Anlagen, die den Kriterien entsprechen und niedrigere Kosten haben, als durch den Benchmarkbereich festgelegt, sind demnach Benchmarkanlagen.

Für die einzelnen Prozesse wird je Gruppe genau eine Benchmark für die Betriebskosten festgelegt. Benchmark der Gruppe und des jeweiligen Prozesses ist jene Anlage, die den unter 4.9.1 angeführten Kriterien entspricht und die geringsten spezifischen Kosten aufweist.

Wie die Analyse der Daten aus dem Benchmarking-Forschungsprojekt gezeigt hat, ist die Datendichte plausibler Daten in den einzelnen Prozessen

bei den Kapitalkosten so gering, dass die Festlegung von Benchmarks als nicht sinnvoll erachtet werden muss.

Auf den ersten Blick ist es möglicherweise nicht ganz verständlich, warum bei den Gesamtkosten von Betriebs-, Kapital- und Jahreskosten ein Benchmarkbereich angegeben, hingegen bei den Prozessen einzelne Benchmarks definiert wurden.

Bei den Gesamtkosten zielt die Benchmarkbestimmung darauf ab, herauszufinden, welche Betriebs-, Kapital- und Jahreskosten als minimal erreichbar angesehen werden können. Es können daraus jedoch keine Hinweise auf die konkreten Einsparungspotenziale erkannt werden.

Anders verhält es sich bei den Benchmarks der einzelnen Prozesse. Durch den direkten Vergleich aller Benchmarkingteilnehmer mit dem auf diese Weise identifizierten sehr effizienten Prozess einer Anlage können Anhaltspunkte für die Verbesserung des eigenen Prozesses gewonnen werden. Dies bedeutet, dass durch den direkten Vergleich der klar definierten Prozesse und der kostenbeeinflussenden Faktoren Einsparungspotenziale erkannt werden können.

So unterschiedlich einzelne Anlagen und deren Betriebsweisen sein können, einzelne Prozesse sind immer ähnlich und damit vergleichbar. Für die Kosten der Gesamtanlage kann man sich am Benchmarkbereich orientieren, für die Steigerung der Effizienz liefert der Vergleich mit der Prozessbenchmark konkrete Anregungen für die Umsetzung.

4.10 Kosten und Nutzen beim Benchmarking

Kosten und Nutzen beim Benchmarking setzen sich aus zwei Teilaspekten zusammen: Einerseits betrifft dies das Kosten-Nutzen-Verhältnis des Benchmarking, d.h. welcher Nutzen dem Aufwand für die Durchführung des Benchmarking einer Anlage gegenübersteht. Andererseits wird mit Hilfe von Benchmarking, aufgrund der Identifizierung von Einsparungspotenzialen, das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Abwasserreinigung beeinflusst.

4.10.1 Kosten-Nutzen-Verhältnis des Benchmarking

Sieht man das Kosten-Nutzen-Verhältnis aus monetärer Sicht, müssen der Aufwand und die damit verbundenen Kosten für ein Benchmarking in Relation zur damit erzielbaren Kostenreduktion der jeweiligen Anlage stehen. In dieser Betrachtungsweise weist die Benchmarkanlage ein sehr ungünstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis des Benchmarking aus. Der Nutzen von Benchmarking geht jedoch über das erzielbare Einsparungspotenzial einer Anlage hinaus und ist beispielsweise in der Schaffung von Kostentransparenz, in der Mitarbeitermotivation aufgrund der Wettbewerbssituation oder der Erfolgskontrolle durch Benchmarking zu sehen. Für die Entscheidung ob, eine Kläranlage an einem Benchmarkingprojekt teilnimmt, spielen wirtschaftliche Überlegungen eine wichtige Rolle.

Die Wirtschaftlichkeit eines Benchmarking ist unter anderem davon abhängig, welche relative und absolute Betriebskostenminderung den verursachten Kosten gegenübersteht. Um die theoretisch erzielbare mittlere Betriebskostenminderung der Anlagen abschätzen zu können, wurden für jede Kläranlage, die beim Benchmarking-Forschungsprojekt teilgenommen hat und die höhere belastungsspezifische Betriebskosten auswies als der festgelegte Benchmarkbereich, die Differenz zum Benchmarkbereich berechnet und der über den EW-CSB110 gewichtete Mittelwert der Abweichung je Gruppe ermittelt. Teilt man die theoretische Betriebskostenminderung je Gruppe durch die absoluten Betriebskosten der Gruppe, so erhält man eine prozentuelle Betriebskostenminderung je Gruppe. Jene Anlagen, die geringere Betriebskosten hatten als der Benchmarkbereich und aufgrund unplausibler Daten beziehungsweise der nicht kommunalen Abwassercharakteristik keine Benchmarkanlagen waren, wurden nicht berücksichtigt.

Das Ergebnis der Berechnungen ist in Tabelle 13 dargestellt, wobei die Gruppierung der Anlagen nach der in Kapitel 4.7 beschriebenen Einteilung erfolgte. Da nur zwei Anlagen des Benchmarking-Forschungsprojektes der Gruppe 2 zugerechnet werden können und keine Anlage der Gruppe 1 entspricht, wurde eine Auswertung aufgrund der geringen Aussagekraft (Stichprobenumfangs) und auch zur Wahrung der Anonymität der beiden Anlagen nicht durchgeführt.

Tabelle 13: Absolute und relative theoretische Betriebskostenminderung je Gruppe bzw. je Anlage

	50	500	5.000	10.000	20.000	50.000	EW-Ausbau
	1	2	3	4	5	6	Benchmarkinggrößengruppen
	0	2	8	8	21	17	Anzahl der Anlagen mit theoretischer Betriebskostenminderung
			26.951	56.690	80.268	256.141	mittlere theo. Betriebskostenminderung der Anlagen [Euro/a]
			20%	24%	22%	25%	theo. Betriebskostenminderung der Gruppe in Prozent der Betriebskosten

Bei den Gruppen 3 bis 6 zeigen die Ergebnisse eine theoretische Betriebskostenminderung von 20 bis 25 Prozent. Unter theoretischer Betriebskostenminderung wird die durchschnittliche mögliche Einsparung an Betriebskosten verstanden, wobei standort- und anlagenspezifische Besonderheiten nicht berücksichtigt sind. Wie viel von der theoretischen Betriebskostenminderung auch tatsächlich erwirtschaftet werden kann, hängt sehr stark von den örtlichen Gegebenheiten ab. Kläranlagen, die beispielsweise aufgrund ungünstiger Beckengestaltung sehr hohe Rührenergiekosten haben, werden nur dann in eine Umgestaltung der Becken investieren, wenn der Nutzen daraus entsprechend hoch ist. Ist eine Umgestaltung der Becken nicht rentabel, so wird diese im Vergleich zur Benchmark möglichen Betriebskostenminderung eine theoretische Möglichkeit bleiben.

Eine 20 bis 25 %ige Kostenminderung ist je nach Kläranlagengröße mit sehr unterschiedlichen absoluten Kosten verbunden, welche für die Kosten-Nutzen-Relation eines Benchmarking ausschlaggebend sind. Der potenzielle Nutzen eines Benchmarkings nimmt daher mit sinkender Kläranlagengröße ab, womit der Umfang und der Anspruch an die Genauigkeit der Daten mit abnehmender Kläranlagengröße entsprechend reduziert werden muss. Demgegenüber steht die Tatsache, dass mit geringer werdender Datendichte die Aussagekraft und die Vergleichbarkeit der Anlagen abnimmt. Dem wissenschaftlichen Anspruch an eine Methode ist in diesem Fall die

praktische Relevanz der Methode widerläufig. Die vorgestellte Methode versucht diesen Widersprüchen einerseits durch die Anpassung des Prozessmodells an die Kläranlagengröße, und andererseits durch die Definition von Schlüsselkennzahlen, deren Berechnung auch für kleine Anlagen mit vertretbarem Aufwand möglich ist, zu begegnen.

4.10.2 Kosten-Nutzen-Verhältnis der Abwasserreinigung

Wie bereits beschrieben, stellt die entwickelte Methode ein Werkzeug zur Kostenminimierung von Abwasserreinigungsanlagen dar. Eine Optimierung des Gewässerschutzes als Ziel der Abwasserreinigung wird nicht direkt in die Betrachtung mit einbezogen, es wird jedoch die Einhaltung der (gesetzlichen) Anforderungen an die Reinigungsleistung vorausgesetzt.

Da die Methode einen Ausgleich unterschiedlicher Reinigungsanforderungen – zum Beispiel monetäre Bewertung der Restverschmutzung des Kläranlagenablaufes oder Ähnliches – nicht vorsieht, müssen Anlagen, die unter Anwendung dieser Methode miteinander verglichen werden, gleiche gesetzliche Anforderungen aufweisen.

Sowohl in der EU-Wasserrahmenrichtlinie als auch im Österreichischen Wasserrecht WRG 1959 ist der kombinierte Ansatz aus Vorsorgeprinzip und Immissionsschutz verankert. Unter Anwendung des Vorsorgeprinzips wurden Emissionsgrenzwerte entwickelt, die für jede Abwassereinleitung in ein Gewässer zumindest eingehalten werden müssen und die sich am Stand der Technik orientieren. Während in Österreich strengere Emissionsgrenzwerte - für Gebiete, die nicht als sensibel ausgewiesen wurden - angewendet werden als auf EU-Ebene, sieht die EU-Gesetzgebung detailliertere Anforderungen an den Immissionsschutz vor. Der Immissionsansatz orientiert sich an der natürlichen Beschaffenheit und der ökologischen Funktionsfähigkeit der Gewässer und folglich am guten Zustand der Gewässer. Der Immissionsansatz wird für die Festlegung von Emissionsbegrenzungen demnach nur dann relevant, wenn mit der Anwendung der Emissionsgrenzwerte alleine kein guter Zustand erreicht werden kann. Je strenger das Vorsorgeprinzip gehandhabt wird (strengere Grenzwerte), desto seltner treten sogenannte Immissionsfälle auf. Aufgrund der strengeren Emissionsgrenzwerte in Österreich und des hohen Verdünnungspotenziales in österreichischen Gewässern gibt es nur sehr wenige Immissionsfälle, womit die Vergleichbarkeit in Bezug auf die Reinigungsleistung innerhalb von Österreich weitgehend gegeben ist. Bei Anlagen, deren Reinigungsleistung

nach dem Immissionsprinzip festgelegt wurde, können die Mehrkosten aufgrund der über die Emissionsgrenzwerte hinausgehenden Anforderungen als standortspezifische Kosten definiert und damit abgezogen werden. Wenn dies aufgrund fehlender Kostenzuordnung nicht möglich ist, ist auf alle Fälle ein Vergleich jener Prozesse möglich, für deren Kosten die Reinigungsleistung nicht von Bedeutung ist. Für einen internationalen Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen muss der Vergleich von Prozessen, für deren Kosten die Reinigungsleistung entscheidend ist, innerhalb von Gruppen gleicher Anforderungen an die Reinigungsleistung erfolgen.

Zusammenfassend kann daher festgestellt werden, dass weder bei den Kosten noch beim Nutzen eine Benchmark eruiert wird, sondern es wird für die Kosten und den Nutzen ein anzustrebender Bereich abgegrenzt. Jene Anlagen, die in diesem Bereich liegen, werden als Benchmarkanlagen = Vorbildanlagen bezeichnet.

Die Abbildung 33 stellt ein Kosten-Nutzen-Diagramm dar, in dem die spezifischen Betriebskosten in Abhängigkeit des Leistungskennwertes, der bei den im Rahmen des Benchmarking-Forschungsprojektes untersuchten Kläranlagen eingezeichnet wurde, dar.

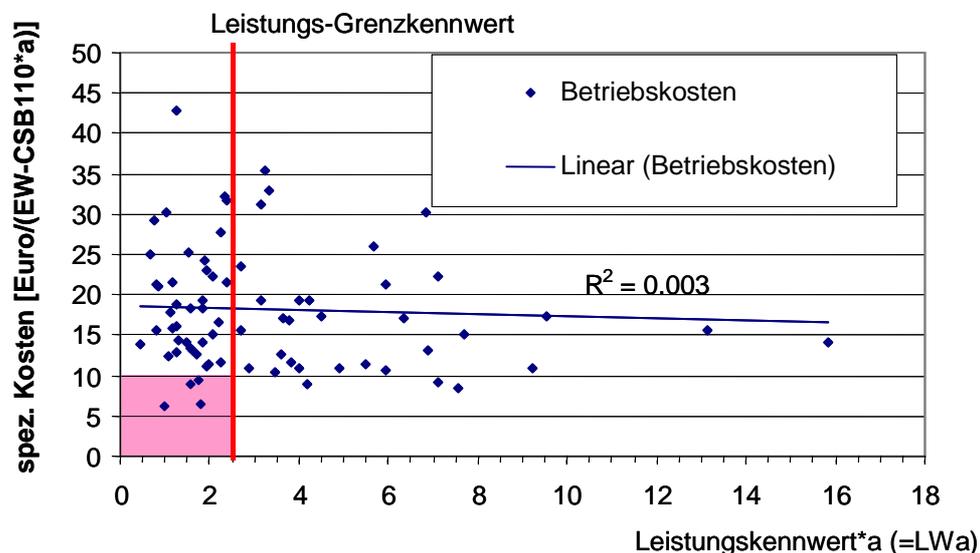


Abbildung 33: spezifische Betriebskosten in Abhängigkeit des Leistungskennwertes

Der Leistungskennwert (= LW) ist eine quantitative Beurteilung der nach der Reinigung im Ablauf verbleibenden Gewässerbelastung, dessen Berechnungsmethode im Kapitel 4.8.3 bereits beschrieben wurde. Je kleiner der Leistungskennwert, desto größer ist der Nutzen der eingesetzten Betriebskosten. Die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte ist nur bei einem

Leistungskennwert (LWa) von kleiner als 2,5 möglich und wird daher als Leistungs-Grenzkennwert bezeichnet. In der Abbildung 33 wurde beispielhaft der Benchmarkbereich der Gruppe 6 grau hinterlegt eingezeichnet. Dieser begrenzt die spezifischen Betriebskosten mit 10 Euro pro Jahr und den Leistungskennwert mit kleiner gleich 2,5.

Aus der Abbildung 33 kann ein weiterer sehr wesentlicher Schluss gezogen werden: Es besteht kein statistischer Zusammenhang zwischen den Betriebskosten und der Reinigungsleistung, d.h. dem Nutzen. Diese Abbildung lässt den Schluss zu, dass mit steigender Reinigungsleistung die Kosten nicht ansteigen müssen beziehungsweise im Umkehrschluss erhöhte Betriebskosten nicht mit einer höheren Reinigungsleistung gerechtfertigt werden können.

5 Zusammenfassung

Benchmarking stellt ein Werkzeug des operativen Controllings dar, das durch den systematischen Vergleich von Prozessen, Methoden und Produkten eine Grundlage für die Wirtschaftlichkeitssteuerung schafft. Benchmarking wird seit mehr als 20 Jahren zur Schaffung von Wettbewerbsvorteilen in der Privatwirtschaft angewendet. Die Methode des Vergleichens und Ermitteln von Besten kann jedoch auch bei der Erfüllung von öffentlichen Aufgaben angewendet werden. In diesem Fall steht dann nicht die Schaffung von Wettbewerbsvorteilen im Mittelpunkt des Interesses, sondern vielmehr die Schaffung von wettbewerbsähnlichen Bedingungen. Einerseits wirkt sich der Anreiz, die Benchmark zu erreichen, positiv auf die Mitarbeitermotivation aus, und andererseits schafft das Wissen um erreichbare Leistungsniveaus und der nicht durch Konkurrenz beeinträchtigte Erfahrungsaustausch optimale Voraussetzungen bei der Betriebsoptimierung eines Unternehmens.

Controllingkonzepte für die Abwasserwirtschaft bezogen sich Anfang der 90er Jahre vor allem auf Steuerungskonzepte zur Einsparung von Investitionskosten. Ende der 90er Jahre und Anfang des neuen Jahrtausends starteten mehrere Pilotprojekte, bei denen Benchmarking als Controllingkonzept zur Optimierung der Betriebskosten in der Abwasserwirtschaft angewendet wurde. Eines dieser Projekte stellte das österreichische Forschungsprojekt „Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft“ dar, bei dem 71 Abwasserentsorgungsunternehmen – Kanalisation und Abwasserreinigung – im Detail untersucht wurden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird auf den im Bereich Abwasserreinigung gewonnenen Erfahrungen, Ergebnissen und entwickelten Methoden aufgebaut und eine Benchmarkingmethode vorgestellt, die für alle österreichischen Kläranlagen anwendbar ist.

Der grundlegende Ablauf eines Benchmarkingprojektes kann in sechs Module untergliedert werden. Die ersten drei Module dienen der Vorbereitung und Planung, der Datenerhebung, Plausibilitätsprüfung und Kennzahlenbildung sowie der Benchmarkbestimmung. Im anschließenden IV. Modul werden die Ursachen der Abweichungen analysiert und auf Basis der vermuteten Ursachen, werden Maßnahmen- und Umsetzungspläne erarbeitet. In den beiden anschließenden Modulen wird der Erfolg der umgesetzten Maßnahmen evaluiert. Bei der organisatorischen Planung eines Benchmarkingprojektes

muss vor allem der Daten- und Informationsfluss sicher gestellt werden, wobei den Bedürfnissen der Benchmarkingteilnehmer Rechnung zu tragen ist.

Der Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen wird mit Hilfe von Prozessen durchgeführt. Die Untergliederung der Gesamtanlage in einzelne Prozesse erlaubt es, unterschiedliche Verfahrens- und Betriebsweisen zumindest partiell miteinander vergleichen zu können. So unterschiedlich Anlagen auch sein können, es wird immer einzelne Prozesse geben, die einen Vergleich ermöglichen. Je nach Kläranlagengröße wird die Anwendung unterschiedlich detaillierter Prozessmodelle angewendet. Das in Abbildung 34 dargestellte Prozessmodell stellt jenes mit dem größten Detaillierungsgrad dar. Die Abwasserreinigungsanlage wird dabei in die vier Hauptprozesse *mechanische Vorreinigung*, *mechanisch-biologische Reinigung*, *Schlammeindickung und Stabilisierung* und *weitergehende Schlammbehandlung* untergliedert. Der Hauptprozess 3 und 4 werden jeweils in zwei Detailprozesse *Überschussschlammeindickung* und *Schlammstabilisierung* sowie *Schlammwässerung* und *Schlammverwertung/Schlamm Entsorgung* unterteilt. Zusätzlich zu den Hauptprozessen wird die Einführung von zwei Hilfsprozessen, obligatorische Hilfsprozesse und fakultative Hilfsprozesse vorgenommen. Die fakultativen Hilfsprozesse unterteilen sich dabei in die Teilhilfsprozesse *Labor*, *Verwaltung* und *Betriebsgebäude/-gelände und sonstige Infrastruktur*. Die fakultativen Hilfsprozess umfassen die Teilhilfsprozesse *Werkstätte* und *Fuhrpark*.

Abwasserreinigung										
mechanische Vorreinigung	mechanisch-biologische Abwasserreinigung	Eindickung Stabilisierung		weitergehende Schlammbehandlung		obligatorische Hilfsprozesse			fakultative Hilfsprozesse	
		Überschussschlammeindickung	Schlammstabilisierung	Schlammwässerung	Schlammverwertung Schlamm Entsorgung	Labor	Verwaltung	Betriebsgebäude/-gelände und sonstige Infrastruktur	Werkstätte	Fuhrpark
Prozess 1	Prozess 2	3.1	3.2	4.1	4.2	I.1	I.2	I.3	II.1	II.2
		Prozess 3		Prozess 4		Hilfsprozess I			Hilfsprozess II	

Abbildung 34: Haupt- und Teilprozesse der Abwasserreinigung

Entsprechend den gesetzlichen Vorgaben der in Österreich verwendeten Verfahrenskonzepte sowie der degressiven Entwicklung der spezifischen Kosten in Abhängigkeit der Kläranlagengröße, wird der Vergleich der österreichischen Abwasserreinigungsanlagen in sechs Größengruppen vorgeschlagen, wobei der EW-Ausbau laut Bescheid die Gruppenzugehörigkeit bestimmt. In der Abbildung 35 sind einerseits die Benchmarking-Gruppengrenzen, und andererseits das jeweils vorgeschlagene Prozessmodell schematisch dargestellt. Dementsprechend wird bei Anlagen kleiner 10.000 EW-Ausbau ein Prozessmodell mit zwei Hauptprozessen und einem Hilfsprozess angewandt, bei Anlagen zwischen 10.000 und 20.000 EW-Ausbau werden drei Hauptprozesse und drei Hilfsprozesse und bei Anlagen größer 20.000 EW-Ausbau wird das bereits vorgestellte Prozessmodell mit vier Hauptprozessen und drei Hilfsprozessen angewendet.

50	500	5.000	10.000	20.000	50.000	EW-Ausbau	
1	2	3	4		5	6	Benchmarkinggrößengruppen
Hauptprozess		Hilfsprozess	Hauptprozess		Hilfsprozess		Prozessmodell
1+2+3		4	1 2+3 4		1 2 3 4 I II		

Abbildung 35: Benchmarking-Größengruppen und angepasste Prozessmodelle

Dem Detaillierungsgrad des verwendeten Prozessmodells muss auch die Kostenrechnung angepasst sein, weshalb von prozessorientierter Kostenrechnung gesprochen werden kann. Bei den Kosten muss in Kapital- und Betriebskosten unterschieden werden, wobei die Addition von kalkulatorischen Kapitalkosten des Untersuchungsjahres und den tatsächlichen Betriebskosten die Jahreskosten ergeben. Die Verfügbarkeit der Kostendaten in der beschriebenen Detaillierung der Prozesse (= Kostenstellen) und eine noch weitergehende Untergliederung in Kostenarten ist bei vielen Anlagenbetreibern (noch) nicht gegeben, muss jedoch als Voraussetzung eines sinnvollen Benchmarkings angesehen werden.

Im Gegensatz zur Verfügbarkeit der kaufmännischen Daten kann aufgrund der gesetzlichen Vorgaben mit einem sehr umfangreichen technischen Datensatz gerechnet werden. Im Falle der technischen Daten steht nicht die Verfügbarkeit, sondern vielmehr deren Richtigkeit im Mittelpunkt des Interesses. Die Entwicklung einer Methode zur abgestuften Prüfung der Plausibilität stellt daher ein zentrales Element dieser Arbeit dar. Abgestuft

deshalb, da je nach Erfordernis unterschiedliche Methoden der Plausibilitätsprüfung angewendet werden. Bei jenen Kennzahlen, die als Benchmarks und Richtwerte veröffentlicht werden, ist eine sehr ausführliche Plausibilitätsprüfung erforderlich. Die Daten von Anlagen, die aufgrund niedriger spezifischer Kosten als Benchmark in Frage kommen, werden daher mit Hilfe der Methode der Massenbilanzen hinterfragt. Für die Überprüfung von errechneten Kennzahlen jeder Kläranlage ist ein Vergleich der errechneten Werte mit Erfahrungswerten meist ausreichend. Für die rasche und überschlägige Überprüfung der Kläranlagenzulaufdaten, die aufgrund der Verwendung als Bezugsgröße und damit für die Berechnung der spezifischen Betriebskosten von besonderer Bedeutung sind, wurde eine eigene Methode der Plausibilitätsprüfung unter Anwendung von Verhältniszahlen entwickelt.

Um aussagefähige spezifische Kostenkennzahlen berechnen zu können, ist es erforderlich, die erhobenen Kosten mit möglichst sensitiven Bezugsgrößen zu verknüpfen. Die statistischen Auswertungen haben gezeigt, dass der Zusammenhang von Kosten und mehreren möglichen Bezugsgrößen am besten mit Hilfe einer Potenzfunktion beschrieben werden kann. Als Ergebnis der Bezugsgrößenanalyse kann Folgendes festgehalten werden:

Für die Jahreskosten, die Gesamt-Betriebskosten und die Betriebskosten der vier Prozesse 1 bis 4 ist die Bezugsgröße EW-CSB110 am besten geeignet. Der Einwohnerwert EW-CSB110 wird aus der durchschnittlichen organischen Verschmutzung im Kläranlagenzulauf berechnet, unter der Annahme, dass ein Einwohner 110 Gramm je Tag verursacht. Für die Gesamt-Kapitalkosten und jene des Prozesses 2 wird als Bezugsgröße EWnorm-Ausbau verwendet. EWnorm-Ausbau ist die theoretische Leistungsfähigkeit einer Kläranlage, die aufgrund der vorhandenen Volumina unter Einhaltung der Grenzwerte gereinigt werden könnte. Für die Prozesse 1, 3 und 4 wird als Bezugsgröße EW-Ausbau verwendet. EW-Ausbau ist jene Belastung, für die die Abwasserreinigungsanlage tatsächlich geplant und errichtet wurde.

Da Benchmarking keinen reinen Kostenvergleich darstellt, sondern neben der Wirtschaftlichkeit der Prozesse auch deren Wirksamkeit von Interesse ist, wurde eine Kennzahlensystematik entwickelt, die sowohl eine Beurteilung der Effizienz als auch der Effektivität der einzelnen Prozesse erlaubt. Zusätzlich

wurden einige Wirtschaftlichkeits- und Wirksamkeitskennzahlen, die hohe Steuerungsrelevanz besitzen, als sogenannte Schlüsselkennzahlen definiert. Die Schlüsselkennzahlen stellen einen eingeschränkten Kennzahlensatz dar, mit deren Hilfe ein rascher Überblick über die Wirtschaftlichkeit und Funktionsfähigkeit der Abwasserreinigungsanlage gewonnen werden kann. Die Schlüsselkennzahlen spielen bei der Festlegung von Benchmarks, Benchmarkanlagen und Benchmarkbereich eine wesentliche Rolle.

Bei den Gesamtkosten der Betriebs-, Kapital- und Jahreskosten wird je Gruppe nicht eine Anlage als Benchmark angegeben, sondern ein Benchmarkbereich. Der Benchmarkbereich wird durch die niedrigsten spezifischen Kosten der potenziellen Benchmarkanlagen jeder Gruppe zuzüglich eines prozentuellen Aufschlags nach oben abgeschlossen, wobei bei der Festlegung des Benchmarkbereiches die Ungenauigkeit der Daten berücksichtigt wurde.

Benchmarkanlagen sind jene Anlagen, die hinsichtlich der Einhaltung der 1. Abwasseremissionsverordnung, der Plausibilität der Daten und aufgrund der kommunalen Abwassercharakteristik aus technischer Sicht die notwendigen Qualitätskriterien erfüllen und deren spezifische Kosten im Benchmarkbereich liegen.

Für die einzelnen Prozesse 1 bis 4 wird bei den Betriebskosten je Gruppe genau eine Benchmark definiert. Benchmark der Gruppe für den jeweiligen Prozess ist jene Anlage, die den genannten Kriterien aus technischer Sicht entspricht und gleichzeitig die geringsten spezifischen Kosten im jeweiligen Prozess aufweist. Die Unsicherheit der Daten und der Kostenzuordnung ist hier nicht berücksichtigt.

Benchmarking dient der Optimierung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses der Abwasserreinigung. Es kann dabei entweder eine Optimierung des Gewässerschutzes angestrebt werden, wobei nicht nur die Kosten minimiert, sondern das Verhältnis von Kosten und Nutzen optimiert wird. In diesem Fall würden auch unter dem Einsatz von etwas höheren Kosten das Verhältnis optimiert, wenn der erzielbare Nutzen damit entsprechend verbessert wird. Die vorgestellte Methode zielt auf die Minimierung der Kosten, unter Einhaltung der (gesetzlichen) Vorgaben, ab. Diese Methode sieht keine monetäre Bewertung der Restverschmutzung vor, weshalb nur Anlagen mit gleichem Reinigungsziel verglichen werden können. Für österreichische Kläranlagen ist dies deshalb sehr gut möglich, da aufgrund der strengen

Handhabung des Vorsorgeprinzips und aufgrund des hohen Verdünnungspotentials der österreichischen Gewässer nur sehr wenige Immissionsfälle auftreten und somit weitgehend gleiche Anforderungen an die Reinigungsleistung gegeben sind.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, dass sich Benchmarking als Controllinginstrument bei Abwasserreinigungsanlagen sehr gut eignet, jedoch auch mit einem entsprechenden Einsatz an Zeit und Ressourcen verbunden ist oder wie Liner et. al (1998) es ausgedrückt haben: Benchmarking is not quick nor easy!

6 Literatur

- Admiraal, R. J. und Heemst, W. R. v. (2000): *Benchmarking in der niederländischen Wasserwirtschaft-Bestandsaufnahme März 2000*. Korrespondenz Abwasser(8), 1172-1175.
- Alegre, H. (2000): *Performance Indicators for Water Supply Services*, IWA-International Water Association.
- American Water Works. (2003): *Homepage: www.njawwa.org*.
- Andreottola, G., Bonomo, L., Poffiali, L. und Zaffaroni, C. (1996): *A methodology for the estimation of unit nutrient and organic loads from domestic and non-domestic sources*. Europ. Wat. Pollut. Control **4(6)**, 13-19.
- ATV. (2000): *Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen*. Arbeitsblatt A131.
- ATV. (2002): *Hinweise zur Anwendung von Kennzahlen für Abwasserreinigungsanlagen*. Bericht der Adhoc-Arbeitsgruppe des Fachausschusses KA12.
- Becker, R., Mackenthun, M. und Müller, R. (1978): *Controlling*. ? Auflage, 8, Kienbaum, G, München.
- BMLF. (2003): *WasserZukunft - Eckpunkte für eine zukunftsfähige und nachhaltige Wasserwirtschaft in Österreich, Diskussionsentwurf, 14. Mai 2003, Wien*.
- Bogensberger, M., Habich, J. und Murnig, F. (2002): *Kosten und Leistungsrechnung als Benchmarking Grundlage in Benchmarking in der Abwasserentsorgung*, Wiener Mitteilungen Wasser - Abwasser-Gewässer, Band 176. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der Technischen Universität Wien.
- Bohn, T. (1997): *Kostencontrolling bei Abwasserprojekten*. Korrespondenz Abwasser 1997(2), 257-265.
- Bohn, T. (1998): *Kostencontrolling bei Abwasserprojekten*. ATV-Schriftenreihe, Abwasser-Abfall-Gewässerschutz, 309-331.
- Breschi, T. und Lubello, C. (2000): *Benchmarking of operational costs for wastewater treatment plants*. L'acqua(4), 43-50.
- Bundesgesetzblatt. (1996): *1. Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser*. 210. Verordnung, Wien.
- Bundesgesetzblatt. (1999): *Bundesverfassungsgesetz*. Nr. 194, Wien.
- Chaix, O. (2003): *Kosten der Abwasserentsorgung*. Kosten und Gebühren der Siedlungsentwässerung, VSA-Fortbildungskurs in Emetten.
- Dyckhoff, H. (2000): *Umweltmanagement*. 1. Auflage, Springer, Berlin.
- Evers, P., Grünebaum, T. und Wilde, J. (1999): *Leistungskennzahlen als Grundlage für vergleichende Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen in der Siedlungswasserwirtschaft*. GWA(4), 253-258.
- Fischer, J. (1996): *Prozessorientiertes Controlling-ein notwendiger Paradigmenwechsel?* Controlling(4), 222-231.

- Fleckseder, H. und Mayer, S. (1995): *Kostenschätzung für die öffentliche Abwasserentsorgung und Wasserversorgung in Österreich* in *Kosten und Finanzierung der öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in Österreich*, Informationen zu Umweltpolitik. Kammer für Arbeiter und Angestellte, Wien.
- Gabler. (1997): *Wirtschaftslexikon*. 14. Auflage, Gabler, Wiesbaden.
- Gujer, W. (1999): *Siedlungswasserwirtschaft*. 1. Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Habich, J. (2003): *mündliche Mitteilung*.
- Hammer, M. und Champy, J. (1994): *Business Reengineering*. 3. Auflage, Frankfurt.
- Hammer, M. und Champy, J. (1996): *Business Reengineering - Die Radikalkur für das Unternehmen*. 6. Auflage, Frankfurt, New York.
- Heemst, W. R. v. (1999): *Benchmarking in der Wasserwirtschaft-Bestandsaufnahme November 1999*. 2. internationales Symposium "Betriebswirtschaft und Organisation in der Abwasserentsorgung", München.
- Hinterhuber, H. (1994): *Paradigmenwechsel: Vom Denken in Funktionen zum Denken in Prozessen*. *Journal für Betriebswirtschaft* **2**, 58-75.
- Horváth, P. (1998): *Controlling*. 7. Auflage, Vahlen, München.
- ISO9000. (2000): *Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffsdefinitionen*, International Organisation of Standardization.
- Kamiske, G. F. und Fürmann, T. (1995): *Reengineering versus Prozeßmanagement - Der richtige Weg zur prozeßorientierten Organisationsgestaltung*. *Zeitschrift Führung + Organisation* **3**, 142-148.
- Kaplan, R. S. und Norton, D. P. (1992): *The Balanced Scorecard - Measures that Drive Performance*. *Harvard Business Review* **1/2**.
- Kaplan, R. S. und Norton, D. P. (1997): *Balanced Scorecard - Strategien erfolgreich umsetzen*. 1. Auflage, Stuttgart.
- Kappeler, J. (2003): *Kennzahlen und Benchmarking bei Kläranlagen*. *Kosten und Gebühren der Siedlungsentwässerung, VSA-Fortbildungskurs in Emetten*.
- Köhler, W., Schachtel, G. und Voleske, P. (1996): *Biostatistik*. 2 vols, Springer, Berlin.
- Kroiss, H. (1996): *Studien - Abwasserentsorgung Lainsitztal*, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU-Wien.
- Kroiss, H. (2002): *Abwasserentsorgung - Heute und Morgen, Aktuelle Situation und Perspektiven*.
- Kroiss, H., Haberl, R., Bogensberger, M., Nowak, O., Ertl, T., Josef, Habich, Lindtner, S., Starkl, M., Murnig, F. und Sleytr, K. (2001): *Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft - Erfassung und Vergleich von technischen und wirtschaftlichen Kennzahlen in der Siedlungswasserwirtschaft*, Ministerium für Land- und Fortswirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, www.lebensministerium.at/publikationen, Wien.
- Lindtner, S., Svoldal, K. und Nowak, O. (2003): *Definition der Begriffe "Belastung" und "Auslastung"* in Fortbildungsseminar Abwasserentsorgung, Wiener Mitteilungen Wasser - Abwasser-Gewässer, Band 183, Seiten 389-402. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU-Wien.

- Lindtner, S. und Zessner, M. (2003): *Abschätzung von Schmutzfrachten in der Abwasserentsorgung bei unvollständiger Datenlage* in Fortbildungsseminar Abwasserentsorgung, Wiener Mitteilungen Wasser - Abwasser-Gewässer, Band 183, Seiten 195-227. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU-Wien.
- Liner, B., Blankenship, L. und Freeman, N. (1998): *Benchmarking - The first step toward improving operating performance*. Water Environment and Technology(July), 45-48.
- Matos, R., Cardoso, A., Ashley, R., Duarte, P., Molinari, A. und Schulz, A. (2003): *Performance Indicators for Wastewater Services*. 1. Auflage, IWA-International Water Association.
- Mertens, P. (1995): *Integrierte Informationsverarbeitung 1. Administrations- und Dispositionssysteme in der Industrie*. 10. Auflage, Wiesbaden.
- Müller, H. (1999): *Plausibilitätsprüfung in der Eigenüberwachung*. 1. ÖWAV-Workshop "Biologische Abwasserreinigung-Betrieb von Belebungsanlagen", Wien.
- Murnig, F. (2003): *mündliche Mitteilung*.
- Naismith, I. (2000): *Review of Worldwide Benchmarking Activity*. 1st World Water Congress of International Water Association (IWA), Berlin.
- Naismith, I. (2001a): *African benchmarking project broadens support*. W&Wi(April), 27-29.
- Naismith, I. (2001b): *Benchmarking - Improving performance in the water industry*. IWA Yearbook, 48-50.
- Neuhold, G. (1999): *Die Stadt Zürich im europäischen Vergleich-Ergebnisse, Massnahmen*. 2. internationales Symposium "Betriebswirtschaft und Organisation in der Abwasserentsorgung", München.
- Nowak, O. (1996): *Nitrifikation im Belebungsverfahren bei maßgebendem Industrieabwassereinfluß*. Wiener Mitteilungen - Wasser Abwasser Gewässer, Band 135, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU-Wien.
- Nowak, O. (2000): *Bilanzierung in der Abwasserreinigung*. Habilitationsschrift, TU-Wien.
- ÖWAV. (1999): *Kläranlagenzustandsbericht*. ÖWAV Arbeitsbehelf 22, Österreichischer Wasser und Abfallwirtschaftsverband, Wien.
- ÖWAV. (2000): *Leistungsbeurteilung und Leistungsvergleich von Abwasserreinigungsanlagen - Bestimmung von Leistungskennzahlen*. ÖWAV Arbeitsbehelf 9, Österreichischer Wasser und Abfallwirtschaftsverband, Wien.
- ÖWAV. (2003): *Kläranlagen Nachbarschaften*. Informationsreihe Betriebspersonal Abwasseranlagen - Folge 11, Österreichischer Wasser und Abfallwirtschaftsverband, Wien.
- Parena, R. und Smeets, E. (2000): *Benchmarking Initiatives in Water Industry*. 1st World Water Congress of International Water Association (IWA), Paris.
- Pinnekamp, J. und Ries, T. (1999): *Betriebsmanagement für Abwasserbetriebe*. Korrespondenz Abwasser(5), 786-793.
- Preißler, P. R. (1995): *Controlling - Lehrbuch und Intensivkurs*. 6. Auflage, Oldenbourg, München.
- Sachs, L. (1991): *Angewandte Statistik*, 7, Springer, Berlin.

- Schäffer, U. (2001): *Strategische Steuerung mit der Balanced Scorecard* in Controlling Konzepte 5. Auflage, Seiten 463-493. Gabler, Wiesbaden.
- Schedler, K. (1996): *Ansätze einer wirkungsorientierten Verwaltungsführung*. 2. Auflage, Haupt, Bern, Stuttgart, Wien.
- Scheer, A.-W., Bold, M. und Heib, R. (1996): *Geschäftsprozeßmodellierung als Instrument zur Gestaltung von Controlling-Systemen in Öffentlichen Verwaltungen* in Innovative Verwaltung 2000, Seiten 120-154. Friederichs Johann, Scheer August-Wilhelm, Wiesbaden.
- Scheer, H. (1999): *Kostenrechnung als Steuerungsinstrument für Abwasserbetriebe*. 22. Erfahrungsaustausch der Lehrer norddeutscher Kläranlagennachbarschaften, *Bad Bremstedt*.
- Schmelzer, H. J. und Sesselmann, W. (2001): *Geschäftsprozessmanagement in der Praxis*. 1. Auflage, Hanser, München.
- Schmidt, U. (1964): *Über die Kosten der biologischen Abwasserreinigung*. Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Hochschule Hannover, Heft 13, Hannover.
- Schröder, R., Franz, A., Lischke, V. und Kruschel, S. (1998): *Projekt-Betriebs-Controlling in der kommunalen Abwasserentsorgung*. Korrespondenz Abwasser(11), 2133-2137.
- Schulz, A. (1999): *Benchmarking in der Abwasserbeseitigung Grundlagen-Methoden-Beispiele*. 2. internationales Symposium "Betriebswirtschaft und Organisation in der Abwasserentsorgung", *München*.
- Schulz, A. (2000): *Benchmarking von Kläranlagen* in Tagungsband zur 3. Rostocker Abwassertagung, Seiten 127-134, Rostock.
- Schulz, A. und Leuenberger, P. (2002): *Benchmarking in der Abwasserentsorgung am Beispiel der Emscher Genossenschaft und der ARA Region Bern AG*. 58. VSA-Hauptmitgliederversammlung vom 19.4.2002, *Basel*.
- Schulz, A., Schön, J., Schauerte, H., Graf, P. und Averkamp, W. (1998): *Benchmarking in der Abwasserbehndlung*. Korrespondenz Abwasser(12), 2297-2302.
- Schweighofer, P. (1994): *Möglichkeiten der Plausibilitätsprüfung von Messwerten*, Wiener Mitteilungen Wasser - Abwasser-Gewässer, Band 176, Seiten G1-G42.
- Staud, J. (2001): *Geschäftsprozessanalyse*. 2. Auflage, Springer, Berlin.
- Stegmann, B. (2002): *Benchmarking als Instrument einer New Public Management-orientierten Controllingkonzeption für kommunale Abfallwirtschaftsbetriebe*.
- Stemplewski, J., Schulz, A. und Schön, J. (2000): *Benchmarking-An approach to efficiency enhancement in planning, construcion and operation of wastewater treatment plants*. 1st Wordl Water Congress of International Water Association (IWA), *Paris*.
- Wibbe, S. (1999): *Benchmarking in der Abwasserwirtschaft*. Korrespondenz Abwasser(9), 1432-1436.
- Wiesmann, J. (1999): *Neue Wege zum Benchmarking für Betreiber*. ATV-Bundes- und Landesgruppentreffen, *Mainz*.

- Zerres, P. (2000): *Kommunale Produktbörse Baden-Württemberg - Produkt "Reinigung von Abwasser"*. Jahresbesprechung der Lehrer der Kläranlagennachbarschaften der ATV-DVWK-Landesverbandes Baden-Württemberg, *Stuttgart*.
- Zessner, M. und Lindtner, S. (2003): *A method for load estimations of municipal point source pollution*. 5th international biennial conference and exhibition, *Olomouc*.
- Zillich, G., Burmester, M. und Robisch, H. (2002): *Abwasserkostenminimierung auf der Basis von Kennzahlen (ABKOM)*. Abschlußbericht der Stufe 2, Kommunale Umwelt-Aktion U.A.N., Hannover.
- Zimmermann, G. (1992): *Prozeßorientierte Kostenrechnung in der öffentlichen Verwaltung*. *Controlling*(4), 192-202.

ANHANG

In dieser Arbeit wurde, ausgehend von den Erkenntnissen des Benchmarking-Forschungsprojektes, eine modifizierte und erweiterte Benchmarking Methode erarbeitet. Die Veröffentlichung von konkreten Benchmarks, Benchmarkanlagen und Benchmarkbereichen auf Basis der vorgestellten Methode wird nach Anwendung der Methode in der Praxis in separaten Publikationen folgen.

Um einerseits einen Eindruck von der Darstellungsform der Ergebnisse zu vermitteln, und andererseits die wesentlichsten Ergebnisse des Forschungsprojektes noch einmal darzustellen, wird in diesem Anhang jener Teil eines Individualberichtes des Benchmarking-Forschungsprojektes veröffentlicht, der die wesentlichsten Ergebnisse des Bereiches Abwasserreinigung aus technischer Sicht umfasst.

Der Inhalt dieses Musterberichtes zeigt die grafische Darstellung der Plausibilitätsprüfung mittels Massenbilanzen, die Ergebnisse der spezifischen Betriebs-, Kapital- und Jahreskosten sowie der spezifischen Prozesskosten der Betriebs- und Kapitalkosten.

Abschließend wird aufgrund des Vergleiches mit der Benchmarkanlage der Gruppe dargestellt, in welchen Prozessen für die Beispielanlage Handlungsbedarf besteht und mit welchem theoretischen Einsparungspotenzial im jeweiligen Prozess gerechnet werden kann.

1 Plausibilitätskontrolle

Ein wesentliches Element bei der Prüfung der Kläranlagendaten auf Plausibilität stellt die Methode der Massenbilanzierung dar. Für die detaillierte Beschreibung dieser Methode wird auf die Literatur verwiesen. Im Folgenden wird ausschließlich auf Besonderheiten der CSB-, Stickstoff- und Phosphor-Massenbilanzen in den Abbildungen A-1 bis A-3 eingegangen. Die Plausibilitätsprüfung der Daten wird mit Hilfe der grafischen Darstellung der Massenbilanzen veranschaulicht und somit vereinfacht.

In den schematischen Darstellungen der Abwasserreinigungsanlage sind die vier Prozesse durch unterschiedliche Farben dargestellt. Aus den Abbildungen können nicht nur die Stoffflüsse abgelesen werden, sondern es sind auch Größe und Art der maschinellen und baulichen Einrichtungen ersichtlich. Die als dünne schwarze Pfeile dargestellten Stoffflüsse beziehen sich auf Konditionierungsmittel, Rechen- und Sandfanggut sowie Fäkalien und Kanalräumgut. Die für den jeweiligen Prozess erforderliche elektrische Energie (welche von den Anlagenbetreibern angegeben wurde) wurde neben jedem Prozess eingetragen. Bei den Pump- und Hebewerken wurde der berechnete Energieverbrauch einerseits mit Hilfe der Anschlussleistung und der Laufzeit, und andererseits aufgrund der Fördermenge sowie –höhe berechnet sowie in die Abbildungen eingetragen.

Die drei Abbildungen stellen die Massenströme der drei Stoffgruppen CSB, N und P in unterschiedlichen Farben dar. Die Breite der Pfeile ist proportional zur Fracht, wobei die Zulauffracht als Referenzwert (100 Prozent) dient. Die Bilanz für einen Prozess ist dann ausgeglichen, wenn die Summe der Input-Frachten gleich jener der Output-Frachten ist. Grundsätzlich wurden für die Erstellung der Bilanzen die zur Verfügung gestellten Daten verwendet. Hinsichtlich der CSB-Massenbilanz ist besonders zu betonen, dass für die Berechnung von OVC (jener Anteil des abgebauten CSB, der die Biologie gasförmig verlässt) der angenommene Sauerstofftrag (Op) je nach Belüftungssystem zwischen 1,35 und 3,8 variiert wurde, um eine möglichst ausgeglichene CSB-Bilanz zu erhalten. Bei den Anlagen, die den Glühverlust bestimmen, wurde die CSB-Fracht des Schlammes aus der oTS-Fracht ($CSB = oTS \cdot 1,42$) berechnet, andernfalls wurde ein Glühverlust aus Erfahrungswerten angenommen.

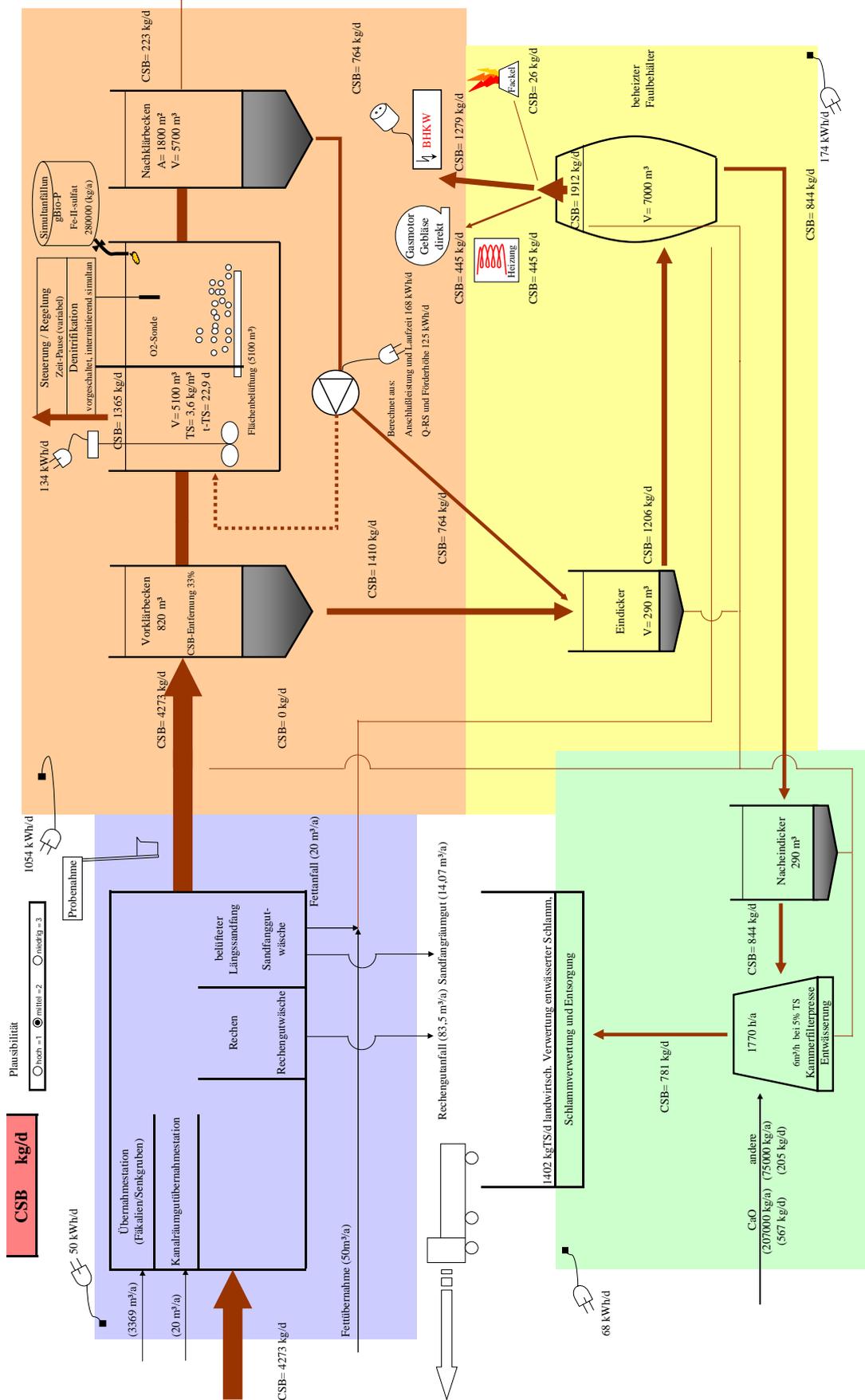


Abbildung A-1: Grafische Darstellung der CSB-Massenbilanz einer Kläranlage

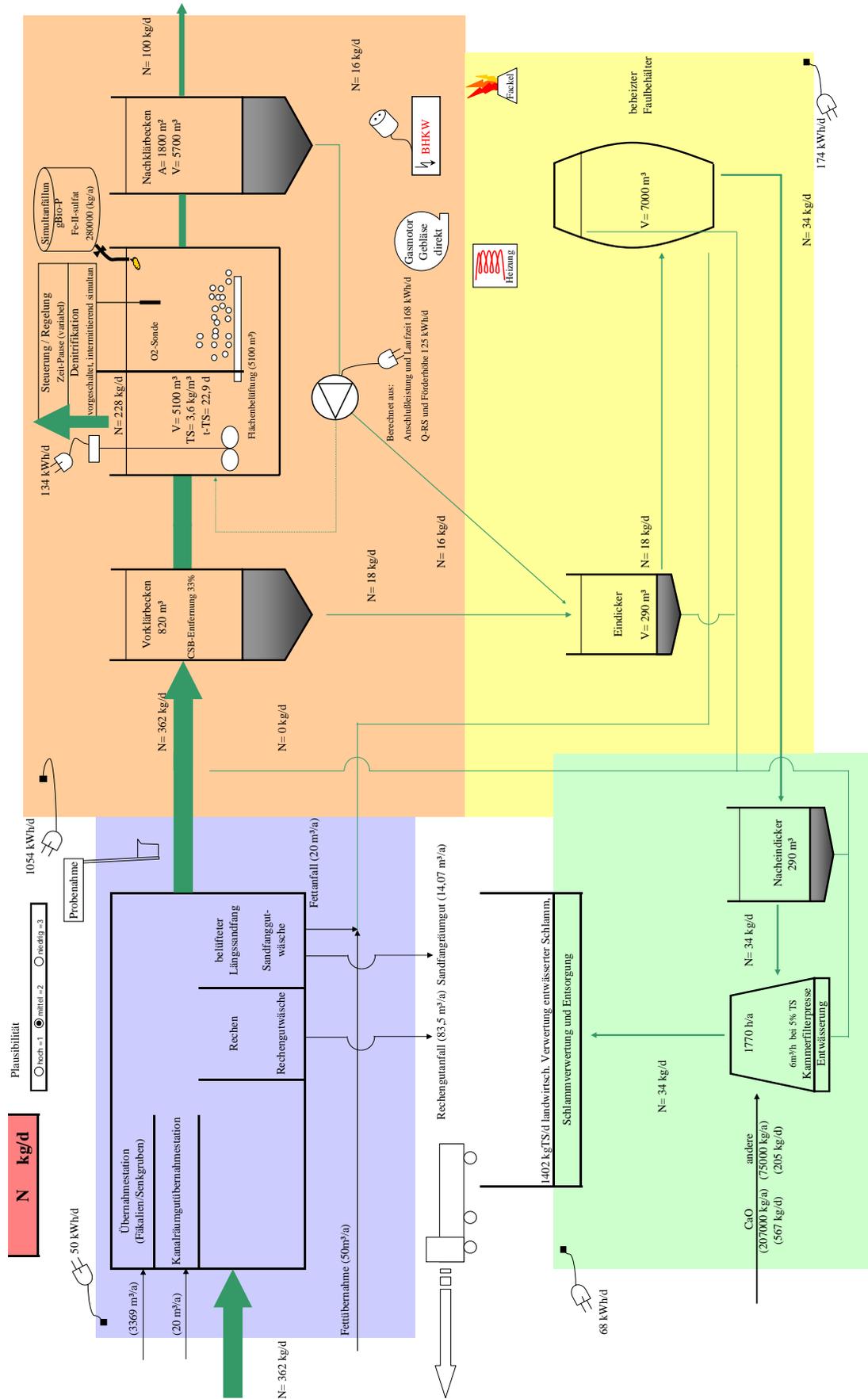


Abbildung A-2: Grafische Darstellung der N-Massenbilanz einer Kläranlage

Bei den Stickstoff- und Phosphormassenbilanzen wurden vor allem die Frachten im Zu- und Ablauf sowie im Klärschlamm berechnet. In der Schlammlinie wurde für den Fall, dass keine Rückflüsse aus der Schlammbehandlung angegeben wurden, davon ausgegangen, dass sich die Phosphor- und Stickstofffracht im Prozess 4 nicht ändert. Bei Anlagen mit Vorklärung wurde die N- und P-Fracht des Primärschlammes mit 10 Prozent der Zulauffracht abgeschätzt. Die Verteilung der N- und P-Frachten innerhalb des Prozesses 3 wurde ausgehend vom Primärschlamm vorgenommen. Bei Anlagen ohne Vorklärung wurden die N- und P-Frachten aufgrund der Verteilung der TS-Frachten im Prozess 3 eingeschätzt. Die sich aufgrund der beschriebenen Vorgangsweise ergebenden Ungenauigkeiten bei der Stickstoff- und Phosphorbilanz sind jedoch von untergeordneter Bedeutung, da für die Beurteilung der Datengüte vor allem die Massenbilanz, bezogen auf die gesamte Abwasserreinigungsanlage, relevant ist. Die Stickstofffracht, die die Kläranlage als Stickstoffgas verlässt, wurde aus den aufgrund der angegebenen Daten erforderlichen denitrifizierten Stickstofffracht berechnet.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass die grafischen Darstellungen der Massenbilanzen einerseits das Ziel haben die Stoffflüsse auf ihrer Anlage möglichst übersichtlich darzustellen, andererseits aber auch als Anregung für die Verwendung der Methode der Massenbilanzierung verstanden werden sollen.

2 Ergebnisse der Betriebs-, Kapital- und Jahreskosten der Abwasserreinigungsanlage

Für die drei Kostenbereiche Kapital-, Betriebs- und Jahreskosten wurden spezifische Kosten ermittelt. An dieser Stelle wird nochmals darauf hingewiesen, dass für die Jahreskosten, für die Gesamtbetriebskosten und für die Betriebskosten der vier Prozesse EW-CSB110 als Bezugsgröße verwendet wurde. Für die Kapitalkosten insgesamt und jene des Prozesses 2 wurde EWnorm-Ausbau als Bezugsgröße verwendet, für die Prozesse 1, 3 und 4 die EW-Ausbau (siehe Tabelle A-1).

Tabelle A-1: Verwendete Bezugsgrößen

	Kapitalkosten	Betriebskosten	Jahreskosten
Gesamt	EWnorm-Ausbau	EW-CSB110	EW-CSB110
Prozess 1	EW-Ausbau		
Prozess 2	EWnorm-Ausbau		
Prozess 3	EW-Ausbau		
Prozess 4			

In den folgenden Abbildungen A-4 bis A-16 (siehe ab Seite A 12) wurden die spezifischen Kosten für jede Gruppe der Größe nach gereiht und grafisch dargestellt. Den Abbildungen können nicht nur die jeweiligen Benchmarks entnommen werden, sondern auch ein Benchmarkbereich der jeweiligen Gruppen bei den Betriebs-, Kapital- und Jahreskosten sowie der Median der Gruppen bei den Teilprozessen als Orientierungsmaßstab.

Die spezifischen Kosten der Beispielanlage wurden in den Abbildungen einerseits durch eine blaue Umrandung, und andererseits durch die Kennzeichnung „TN“ (= Teilnehmer) an der X-Achse hervorgehoben.

2.1 Ergebnisse der Betriebskostenauswertung

2.1.1 Ergebnisse der Gesamtbetriebskosten

In Abbildung A-1 (siehe Seite A 12) sind die Gesamtbetriebskosten, gereiht nach der Höhe der spezifischen Kosten, sowie der Benchmarkbereich gruppenweise dargestellt. Als zusätzliche Information sind einerseits jene Anlagen, die die 1. AEVKA nicht einhalten, und andererseits jene Anlagen, die Benchmark sind, gekennzeichnet. Alle Anlagen, die unterhalb der Benchmarklinie liegen und keine Kennzeichnung aufweisen, haben zwar

niedrige spezifische Betriebskosten, kommen aber entweder aufgrund von starkem gewerblichen bzw. industriellen Einfluss nicht als Benchmarkanlagen in Frage (N/CSB Kennzeichnung an der Abszisse) oder weisen im Untersuchungsjahr 1999 eine Datenlage auf, die als nicht ausreichend abgesichert angesehen wird.

Um zu sehen, ob bei den Betriebskosten Unterschiede zwischen Anlagen mit simultaner und getrennter Stabilisierung bestehen, wurden Anlagen mit simultaner aerober Stabilisierung mit einem schwarzen Rahmen gekennzeichnet. Um die Anonymität der Teilnehmer wahren zu können, wurde bei der Gruppe 1 auf die Kennzeichnung der Art der Stabilisierung verzichtet. Auf den Vergleich der Verfahren wird noch näher eingegangen.

Tabelle A-2: Höhe des Benchmarkbereiches und des Medians der Betriebskosten der Gruppen 1 bis 5 sowie Betriebskosten des Teilnehmers

[ATS/EW-CSB110]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Benchmarkbereich	303	258	219	175	142
Gruppenmedian	407	339	234	175	164
Teilnehmer	-	-	-	160	-

[Euro/EW-	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Benchmarkbereich	22	19	16	13	10
Gruppenmedian	30	25	17	13	12
Teilnehmer	-	-	-	12	-

In der Tabelle A-2 wurde einerseits der Benchmarkbereich, und andererseits der Median der einzelnen Gruppen zusammengefasst.

2.1.2 Ergebnisse der Betriebskostenauswertung der Prozesse 1 bis 4

Beim Prozess 1 der Gruppe 1 zeigt sich ein Hauptproblem bei kleinen Anlagen, das in der Aufteilung der Kosten auf die Einzelprozesse liegt.

In Tabelle A-3 wurden einerseits die Benchmarks, und andererseits die Mediane der einzelnen Gruppe zusammengestellt.

Tabelle A-3: Höhe des Benchmarkbereiches und des Medians der Betriebskosten der Gruppen 1 bis 5 sowie Betriebskosten des Teilnehmers des Prozesses 1

[ATS/EW-CSB110]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Benchmark P1	16	23	19	14	12
Gruppenmedian P1	77	42	24	18	18
Teilnehmer	-	-	-	14	-

[Euro/EW-CSB110]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Benchmark P1	1,16	1,67	1,38	1,02	0,87
Gruppenmedian P1	5,60	3,05	1,74	1,31	1,31
Teilnehmer	-	-	-	1,02	-

Bei der Bestimmung der Benchmark des Prozesses 2 ist zu berücksichtigen, dass simultan stabilisierende und getrennt stabilisierende Anlagen miteinander verglichen werden. Bei der Benchmarkfestlegung muss daher darauf Rücksicht genommen werden, um welchen Anlagentyp es sich handelt. Bei den Gruppen 1 und 2 kommen ausschließlich Anlagen mit simultaner aerober Stabilisierung als Benchmark in Frage. Bei der Gruppe 3 ergibt sich der interessante Fall, dass eine Anlage mit simultaner aerober Stabilisierung und eine mit Faulung in etwa dieselben spezifischen Kosten aufweisen. In diesem Fall ist die Anlage mit simultaner aerober Stabilisierung effizienter, weil bei gleichen Kosten die Schlammstabilisierung bereits erfolgt ist und aufgrund des höheren Schlammalters die Reinigungsleistung besser sein kann. Durch die Addition der spezifischen Kosten der Prozesse 2 und 3 kann diese Überlegung leicht nachvollzogen werden. Bei den Gruppen 4 und 5 sind jeweils Anlagen mit Faulung eindeutig als Benchmark auszuweisen. Diese beiden Anlagen haben auch bei der Summe der spezifischen Kosten der Prozesse 2 und 3 jeweils die niedrigsten Betriebskosten.

Tabelle A-4: Höhe des Benchmarkbereiches und des Medians der Betriebskosten der Gruppen 1 bis 5 sowie Betriebskosten des Teilnehmers des Prozesses 2

[ATS/EW-CSB110]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Benchmark P2	137	112	89	43	32
Gruppenmedian P2	150	118	89	61	56
Teilnehmer	-	-	-	61	-

[Euro/EW-CSB110]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Benchmark P2	9,96	8,14	6,47	3,12	2,33
Gruppenmedian P2	10,90	8,58	6,47	4,43	4,07
Teilnehmer	-	-	-	4,43	-

Beim Prozess 3 Schlammeindickung und Stabilisierung haben definitionsgemäß nur jene Anlagen spezifische Kosten, deren Schlamm getrennt stabilisiert wird. In der Abbildung A-7 wurde zur Unterscheidung von Anlagen mit Faulung und getrennter aerober Stabilisierung letztere dick strichliert umrandet. Wie aus Abbildung A-7 ersichtlich, kommen von den insgesamt 10 Anlagen mit getrennter aerober Stabilisierung nur vier Anlagen als Benchmark in Frage. Eine gemeinsame Benchmark von Anlagen mit und ohne Faulung hat keinen Sinn, weil man sich für die Auffindung von Einsparungspotenzialen an Anlagen gleicher Stabilisierungsart orientieren muss. Zusätzlich hat sich gezeigt, dass vor allem die Energiekostenaufteilung auf Prozess 2 und 3 bei getrennt aerob stabilisierenden Anlagen sehr schwierig ist, da meist ein gemeinsames Belüftungsaggregat verwendet wird. Es werden daher für den Prozess 3 ausschließlich Anlagen mit Faulung als Benchmarkanlagen herangezogen.

Bei der Gruppe 1 wird für den Prozess 3 keine Benchmark angegeben. Für die Gruppe 2 kann ebenso keine Benchmark angegeben werden, weil die in Frage kommenden Anlagen ca. doppelt so hohe spezifische Kosten aufweisen wie die Benchmarkanlage der Gruppe 3 und daher nicht als Vergleichsanlagen empfohlen werden können. Die Höhe der Benchmarks und der Mediane der Gruppen 3 bis 5 können der Tabelle A-5 entnommen werden.

Tabelle A-5: Höhe des Benchmarkbereiches und des Medians der Betriebskosten der Gruppen 1 bis 5 sowie Betriebskosten des Teilnehmers des Prozesses 3

[ATS/EW-CSB110]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Benchmark P3			25	9	12
Gruppenmedian P3		54	25	16	11
Teilnehmer	-	-	-	9	-

[Euro/EW-CSB110]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Benchmark P3			1,82	0,65	0,87
Gruppenmedian P3		3,92	1,82	1,16	0,80
Teilnehmer	-	-	-	0,65	-

Die Summen der spezifischen Kosten der Prozesse 2 und 3 der einzelnen Anlagen sind in Abbildung A-8 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass bei den Gruppen 2 und 3 Anlagen mit simultaner aerober Stabilisierung niedrigere Betriebskosten aufweisen als Anlagen mit getrennter Schlammstabilisierung. Bei den Gruppen 1 und 2 ist dies eindeutig aus der Grafik ersichtlich. Für die Gruppe 3 wird für Anlagen mit simultaner aerober Stabilisierung ein Median von 7 Euro/EW-CSB110 und für getrennt stabilisierende Anlagen ein Median von 9 Euro/EW-CSB110 errechnet. Bei den Anlagen der Gruppe 5 liegen die beiden simultan stabilisierenden Anlagen um den Median von 5 Euro/EW-CSB110. Die ermittelten Benchmarks von Prozess 4 können der Tabelle A-6 ebenso entnommen werden wie die Mediane der einzelnen Gruppen.

Tabelle A-6: Höhe des Benchmarkbereiches und des Medians der Betriebskosten der Gruppen 1 bis 5 sowie Betriebskosten des Teilnehmers des Prozesses 4

[ATS/EW-CSB110]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Benchmark P4	100	75	79	75	52
Gruppenmedian P4	142	139	112	75	69
Teilnehmer	-	-	-	75	-

[Euro/EW-CSB110]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Benchmark P4	7,27	5,45	5,74	5,45	3,78
Gruppenmedian P4	10,32	10,10	8,14	5,45	5,01
Teilnehmer	-	-	-	5,45	-

Im Gegensatz zum Prozess 2+3 sind beim Prozess 4 die Kosten der weitergehenden Schlammbehandlung bei Anlagen mit simultaner Schlammstabilisierung tendenziell höher als bei getrennt stabilisierenden Anlagen. Dies steht im Einklang mit der höheren mittleren spezifischen Schlammproduktion bei simultan stabilisierenden Anlagen.

Alle Gruppenmediane der Prozesse 1 bis 4 sind in der Tabelle A-7 zusammengefasst. Bemerkenswert dabei ist, dass der Median der Betriebskosten der Prozesse 2+3 rund 45 Prozent des Medians der Gesamtbetriebskosten aller Gruppen beträgt.

Daraus kann abgeleitet werden, dass die Betriebskosten zu ca. 45 % von der mechanisch biologischen Abwasserreinigung inklusive Schlammstabilisierung verursacht werden und die anderen 55 Prozent der mechanischen Vorreinigung (ca. 10 %) bzw. hauptsächlich der weitergehenden Schlammbehandlung (ca. 45 %) zugerechnet werden müssen.

Tabelle A-7: Zusammenfassung der Mediane der Gruppen der Betriebskosten

[ATS/EW-CSB110]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Gruppenmedian P1	77	42	24	18	18
Gruppenmedian P2	150	118	89	61	56
Gruppenmedian P3	(108)	54	25	16	11
Gruppenmedian P4	142	139	112	75	69
Gruppenmedian	150	127	107	77	72
Gruppenmedian Gesamt	407	339	234	175	164
[Euro/EW-CSB110]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Gruppenmedian P1	5,60	3,05	1,74	1,31	1,31
Gruppenmedian P2	10,90	8,58	6,47	4,43	4,07
Gruppenmedian P3	(7,85)	3,92	1,82	1,16	0,80
Gruppenmedian P4	10,32	10,10	8,14	5,45	5,01
Gruppenmedian	10,90	9,23	7,78	5,60	5,23
Gruppenmedian Gesamt	29,58	24,64	17,01	12,72	11,92

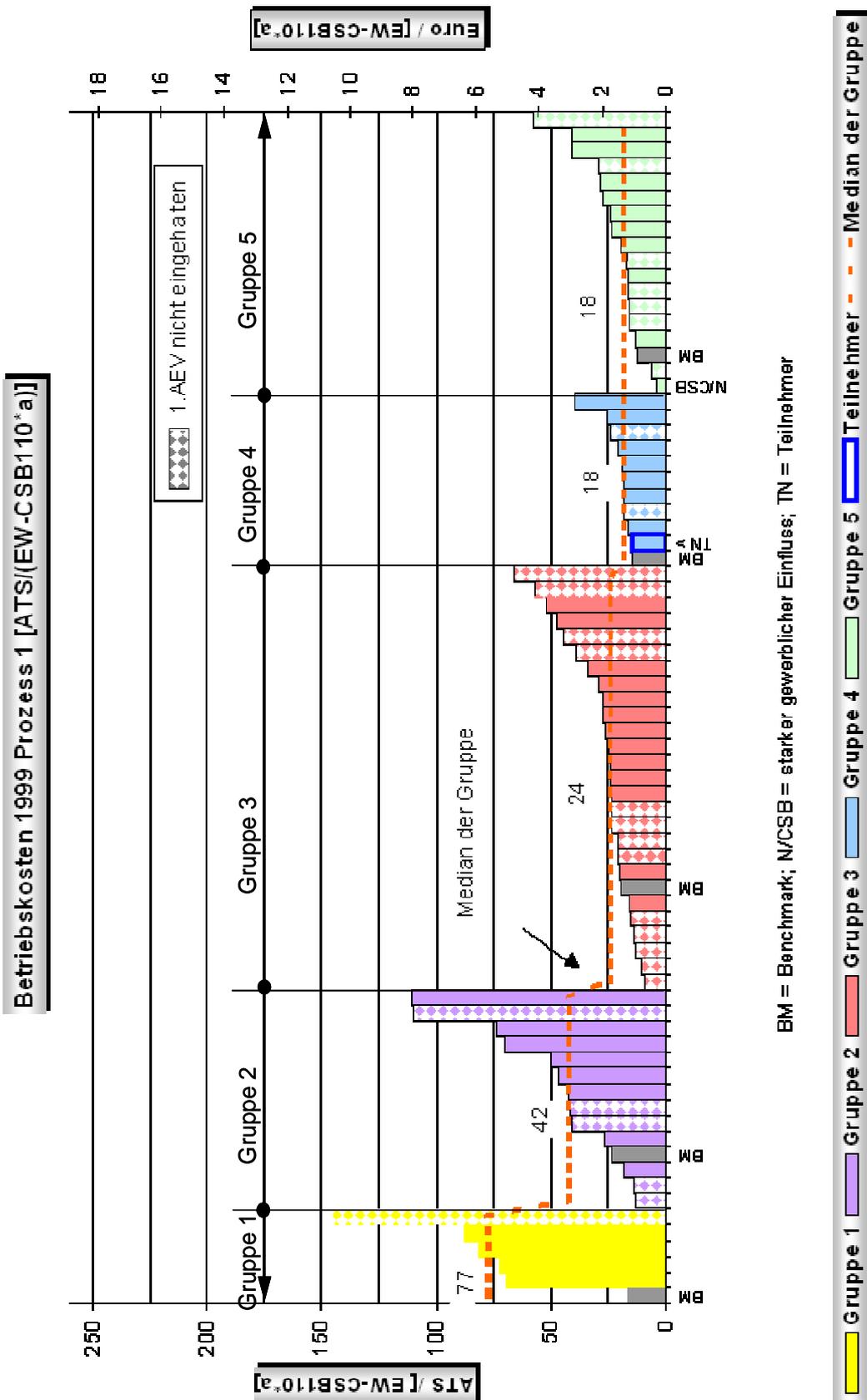
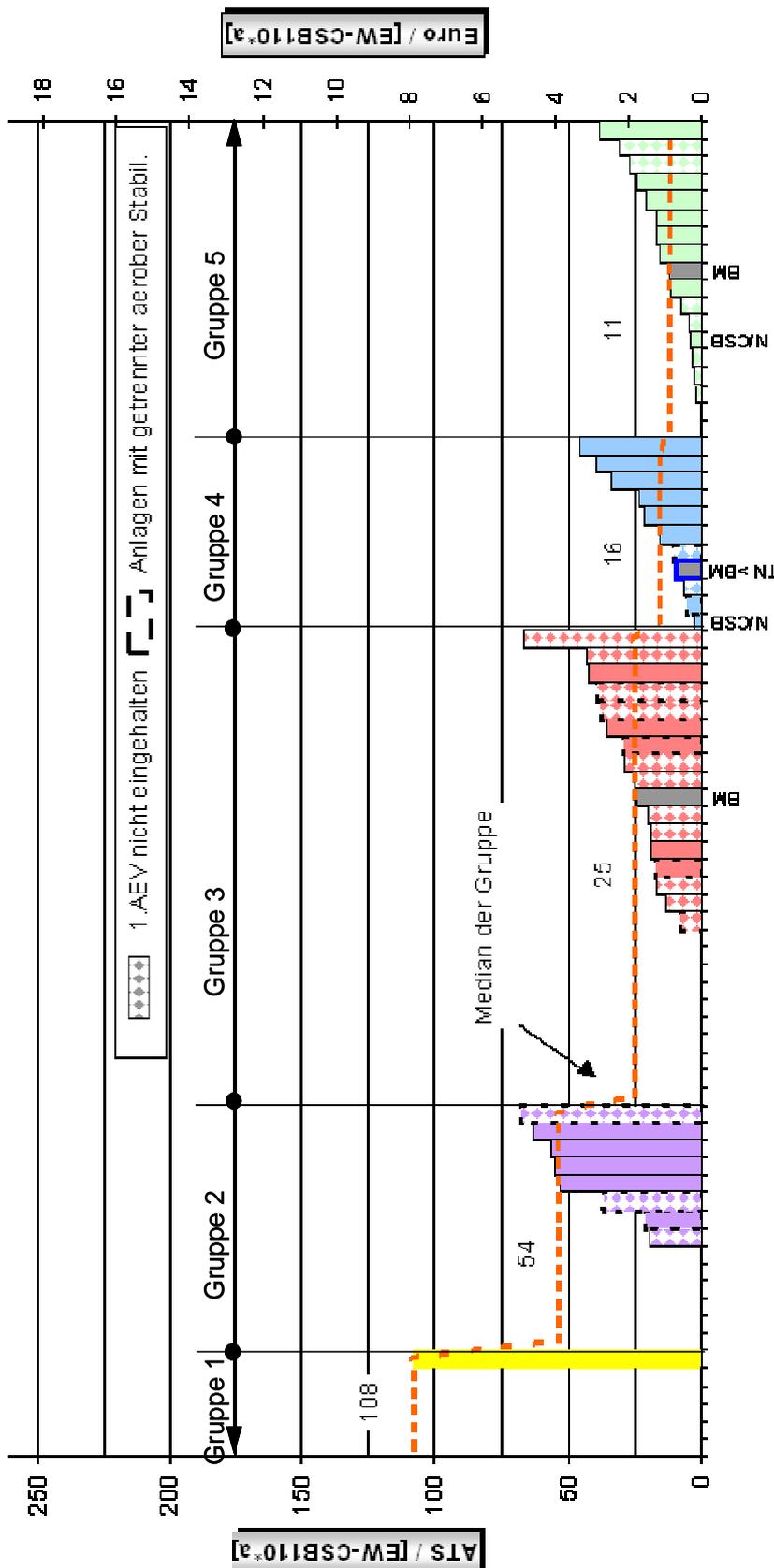


Abbildung A-5: Vergleich der Betriebskosten 1999 von Prozess 1 der untersuchten Anlagen

Betriebskosten 1999 Prozess 3 [ATS/(EW-CSB110*a)]



BM = Benchmark; N/CSB = starker gewerblicher Einfluss; TN = Teilnehmer



Abbildung A-7: Vergleich der Betriebskosten 1999 von Prozess 3 der untersuchten Anlagen

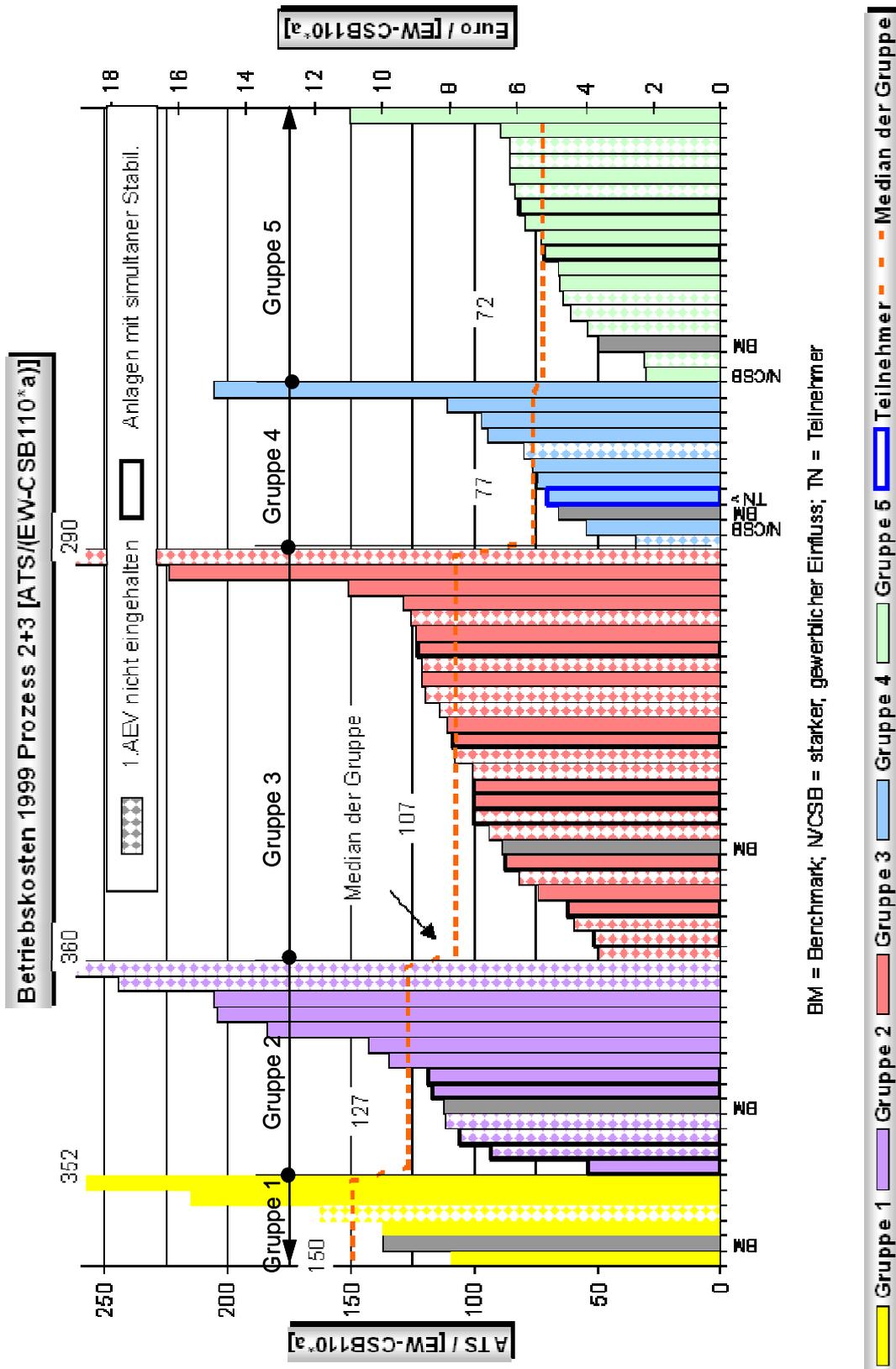


Abbildung A-8: Vergleich der Betriebskosten 1999 von Prozess 2+3 der untersuchten Anlagen

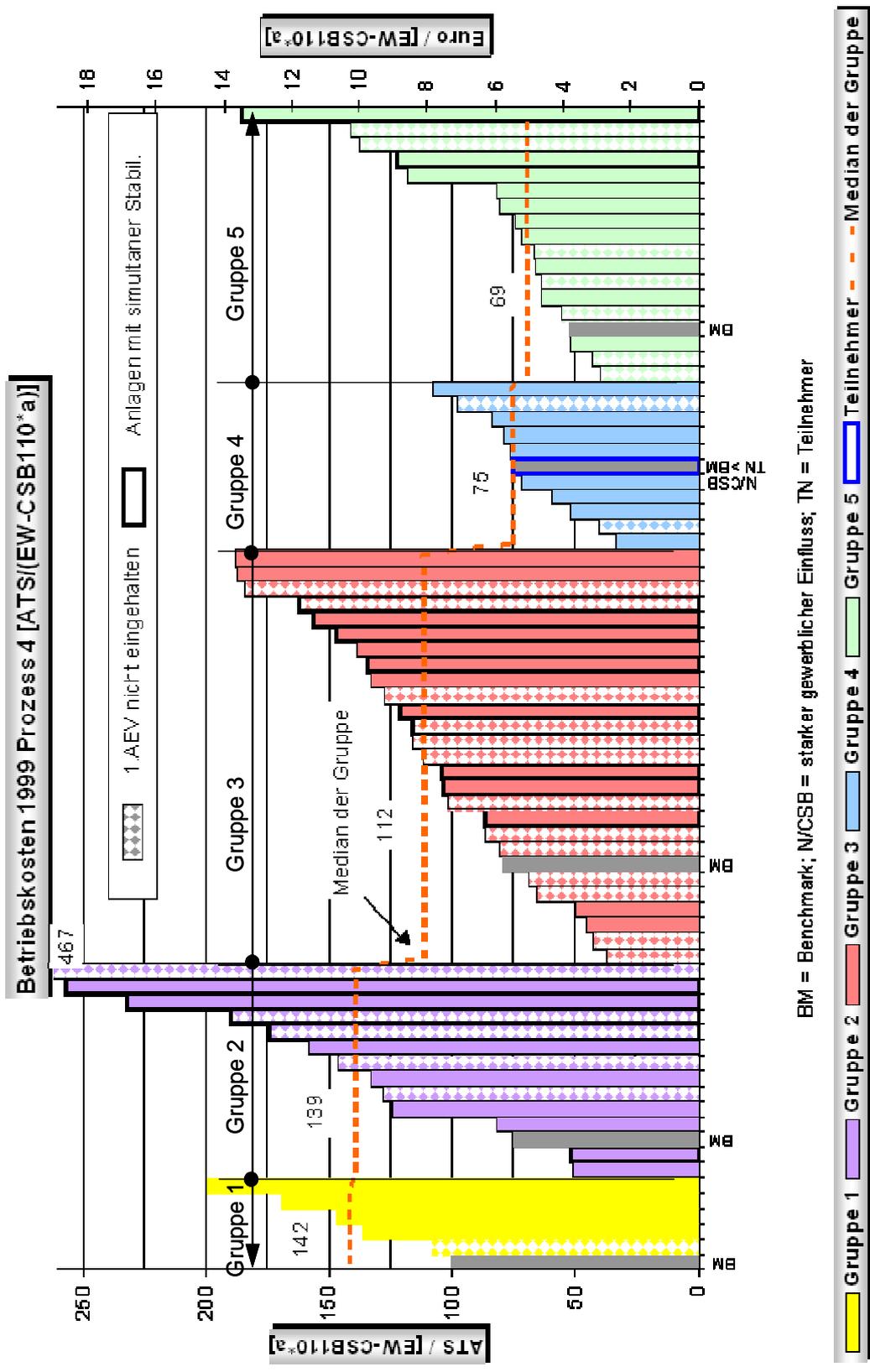


Abbildung A-9: Vergleich der Betriebskosten 1999 von Prozess 4 der untersuchten Anlagen

2.2 Ergebnisse der Kapitalkostenauswertung

In den Abbildungen A-10 bis A-15 (siehe ab Seite A-22) sind die Kapitalkosten nach der Höhe der spezifischen Kosten gereiht und gruppenweise dargestellt. Für die Kapitalkosten insgesamt und jene des Prozesses 2 wurden die EWNorm-Ausbau als Bezugsgröße verwendet, für die Prozesse 1, 3 und 4 die EW-Ausbau. Da die berechnete Bezugsgröße EWNorm-Ausbau jenen Einwohnerwert widerspiegelt, der mit den vorhandenen Volumina nach dem Stand der Technik gereinigt werden kann, ist eine Kennzeichnung der Anlagen, die aktuell die 1. AEVKA nicht einhalten, nicht erforderlich. Diese Art der Auswertung kann auch als kapazitätsspezifische Auswertung bezeichnet werden. Es werden die vorhandene Substanz (Kapazität) der Anlagen und deren Kosten miteinander verglichen.

Für die Berechnung des Benchmarkbereiches werden grundsätzlich die niedrigsten Kapitalkosten je Gruppe um 10 Prozent erhöht. Alle Anlagen deren Kapitalkosten niedriger sind als dieser Benchmarkbereich sind Benchmarkanlagen. Die Festlegung der Benchmarks ist zwar methodisch gesehen einfach, es müssen jedoch folgende auftretende Unsicherheiten berücksichtigt werden.

Bei den gewählten Bezugsgrößen und der Art der Berechnung der Kapitalkosten werden Anlagen bevorzugt, deren maschinelle Anlagenteile bereits abgeschrieben sind und die zum Zeitpunkt ihrer Errichtung in Bezug auf das Volumen sehr großzügig ausgelegt worden sind. Als Beispiel für die Unschärfen des Kapitalkostenvergleiches können die zwei Anlagen der Gruppe 3 mit den niedrigsten Kapitalkosten herangezogen werden. Beide Anlagen wurden im selben Jahr für ca. gleich viele Einwohnerwerte errichtet, Anlage A mit etwas weniger Volumen. 1998 wurde die Anlage A an den Stand der Technik angepasst, ein Nachklärbecken zusätzlich errichtet und in diverse andere bauliche und maschinelle Einrichtungen investiert. Die Anlage B ist noch funktionstüchtig, eine Anpassung an den Stand der Technik steht aber unmittelbar bevor. Die spezifischen Kapitalkosten der Anlage A sind 1999 wesentlich höher als jene der Anlage B, vor allem auch deshalb, da im Zuge des Umbaus das Volumen nicht wesentlich geändert wurde und somit EWNorm-Ausbau dem der Vergleichsanlage entspricht. Die Schlussfolgerung daraus kann jedoch nicht sein, dass die Anlage, die (noch) nicht an den Stand der Technik angepasst wurde, Benchmarkanlage ist. Deshalb wurde in der Gruppe 3 die

Anlage mit den zweitniedrigsten Kapitalkosten als Bezugsanlage für den Benchmarkbereich herangezogen.

In Tabelle A-8 wurden einerseits die Höhe des Benchmarkbereiches, und andererseits der Median der Gruppen zusammengefasst.

Tabelle A-8: Höhe des Benchmarkbereiches und des Medians der Kapitalkosten der Gruppen 1 bis 5 sowie die Kapitalkosten des Teilnehmers.

[ATS/EWnormiert-Ausbau]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Benchmarkbereich	512	284	261	189	147
Gruppenmedian	511	493	431	295	287
Teilnehmer	-	-	-	293	-

[Euro/EWnormiert-Ausbau]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Benchmarkbereich	37	21	19	14	11
Gruppenmedian	37	36	31	21	21
Teilnehmer	-	-	-	21	-

Für die Kapitalkosten der einzelnen Prozesse war es erforderlich, die Gesamtkapitalkosten einerseits in bauliche und maschinelle Investitionen zu trennen, und andererseits eine Aufteilung auf die vier Prozesse vorzunehmen. Die Qualität der Prozesszuordnung der Kapitalkosten war je nach Datenlage stark unterschiedlich bzw. nicht möglich. Von der Firma Quantum wurde vor Ort eine Beurteilung (nach dem Schulnotensystem) für die Güte der Kapitalkosten und deren Aufteilung vorgenommen. War die Aufteilung seitens des Betreibers nicht möglich, wurden die Kapitalkosten mithilfe eines Aufteilungsschlüssels den einzelnen Prozessen zugeordnet. Der Aufteilungsschlüssel wurde in Anlehnung an jene Anlagen erstellt, denen eine gute Aufteilung durch den Anlagenbetreiber bescheinigt wurde. Der folgenden Tabelle können Qualität und Aufteilung der Kapitalkosten entnommen werden.

Aussagekräftige und als Basis für einen Prozessbenchmark geeignete Daten für die einzelnen Prozesse stehen nur von 25 Anlagen zur Verfügung. Diese 25 Anlagen verteilen sich wie folgt auf die einzelnen Gruppen: null in Gruppe 1, zwei in Gruppe 2, sieben in Gruppe 3, fünf in Gruppe 4 und elf in Gruppe 5.

Tabelle A-9: Qualität der Kapitalkosten und deren Aufteilung

Note	Anzahl ARA's		
	Kapitalkostenaufteilung		ARAs gesamt
	vom Betreiber	über Aufteilungsschlüssel	
1	1	-	1
2	24	9	33
3	18	9	27
4	5	7	12
nicht beurteilt	-	3	3
Summe	48	28	76

Aufgrund der geringen Anzahl von Anlagen in den einzelnen Gruppen und der generellen Unschärfe der Kapitalkosten muss von einer Benchmarkvergabe für die einzelnen Prozesse Abstand genommen werden. Die Methodik ist klar und kann jederzeit bei ausreichender Datenlage zur Anwendung gebracht werden. Es wird daher empfohlen, bei der Errichtung von neuen Abwasserreinigungsanlagen eine prozessbezogene Aufteilung der baulichen und maschinellen Investitionskosten anzustreben.

In den Abbildungen A-10 bis A-15 werden die Ergebnisse der Kapitalkostenauswertungen der einzelnen Prozesse dargestellt und nur jene 26 Anlagen mit den Farben der jeweiligen Gruppe versehen, deren Kapitalkostenaufteilung vom Anlagenbetreiber selbst durchgeführt und deren Qualität mit gut bzw. sehr gut beurteilt worden ist. Für die Berechnung des Medians werden alle Werte der jeweiligen Gruppe verwendet. Der Gruppenmedian kann als erster realistischer Anhaltspunkt für die Aufteilung der Kapitalkosten auf die vier Prozesse angesehen werden und wird in der Tabelle A-10 für die einzelnen Gruppen zusammengestellt.

Da bei den Kapitalkosten der Prozesse unterschiedliche Bezugsgrößen verwendet worden sind, ist die Summe der Gruppenmediane im Vergleich zum Median der Gesamtkosten (siehe Tabelle A-8) niedriger. Es ist aber zulässig, die spezifischen Kosten der Prozesse zu addieren und daraus fiktive Gesamtkosten je Einwohnerwert zu ermitteln.

Tabelle A-10: Zusammenfassung der Mediane der Gruppen im Vergleich zu Teilnehmern

[ATS/EW(norm)-Ausbau]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Gruppenmedian P1	71	48	28	26	23
Teilnehmer P1	-	-	-	21	-
Gruppenmedian P2	304	229	210	157	120
Teilnehmer P2	-	-	-	133	-
Gruppenmedian P3	(157)	63	41	37	26
Teilnehmer P3	-	-	-	22	-
Gruppenmedian P4	102	60	39	22	27
Teilnehmer P4	-	-	-	22	-
[Euro/EW(norm)-Ausbau]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Gruppenmedian P1	5,16	3,49	2,03	1,89	1,67
Teilnehmer P1	-	-	-	1,53	-
Gruppenmedian P2	22,09	16,64	15,26	11,41	8,72
Teilnehmer P2	-	-	-	9,67	-
Gruppenmedian P3	(11,41)	4,58	2,98	2,69	1,89
Teilnehmer P3	-	-	-	1,60	-
Gruppenmedian P4	7,41	4,36	2,83	1,60	1,96
Teilnehmer P4	-	-	-	1,60	-

Kapitalkosten 1999 Prozess 1 [ATS/(EW-Ausbau*a)]

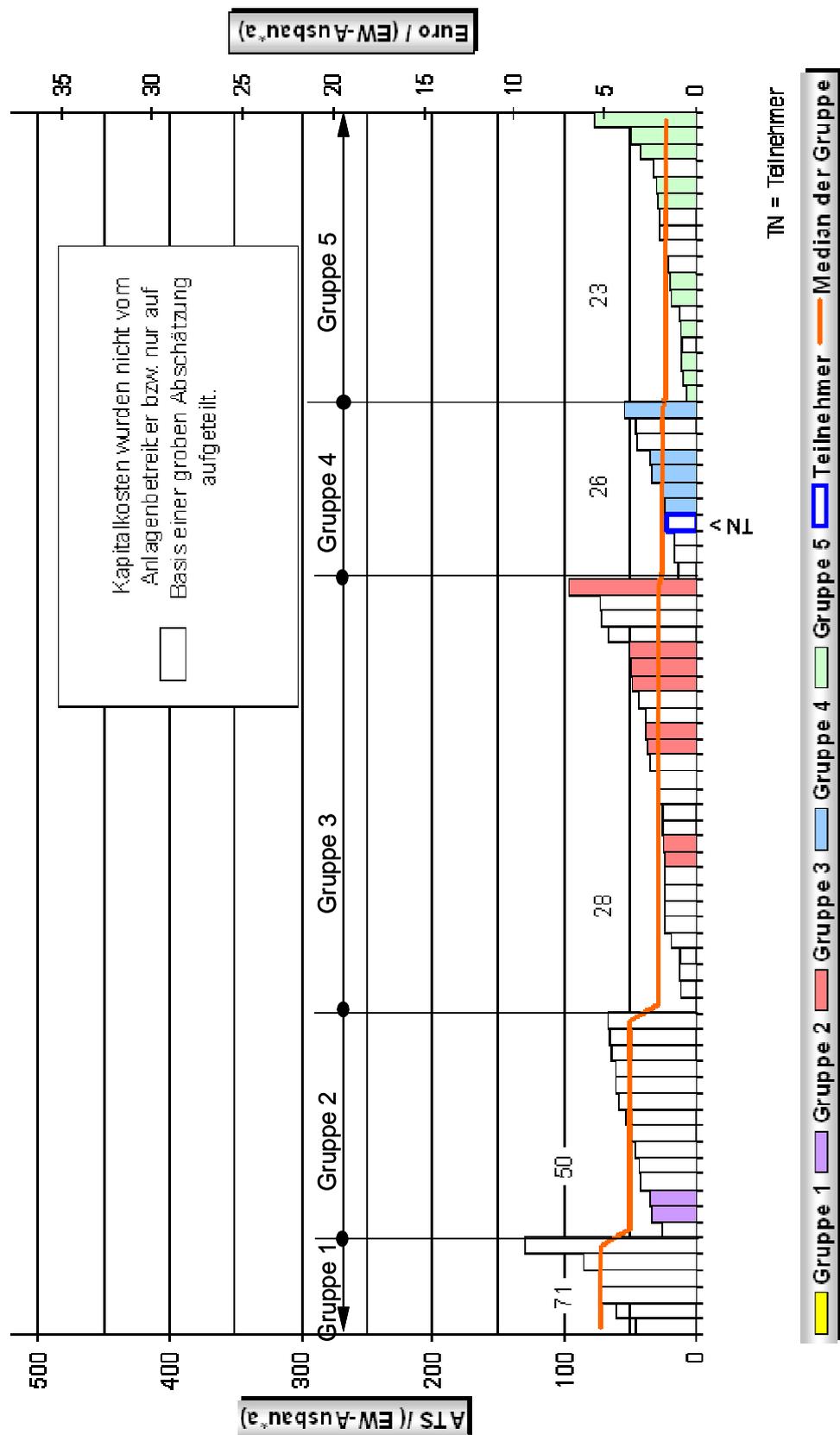


Abbildung A-11: Vergleich der Kapitalkosten 1999 von Prozess 1 der untersuchten Anlagen

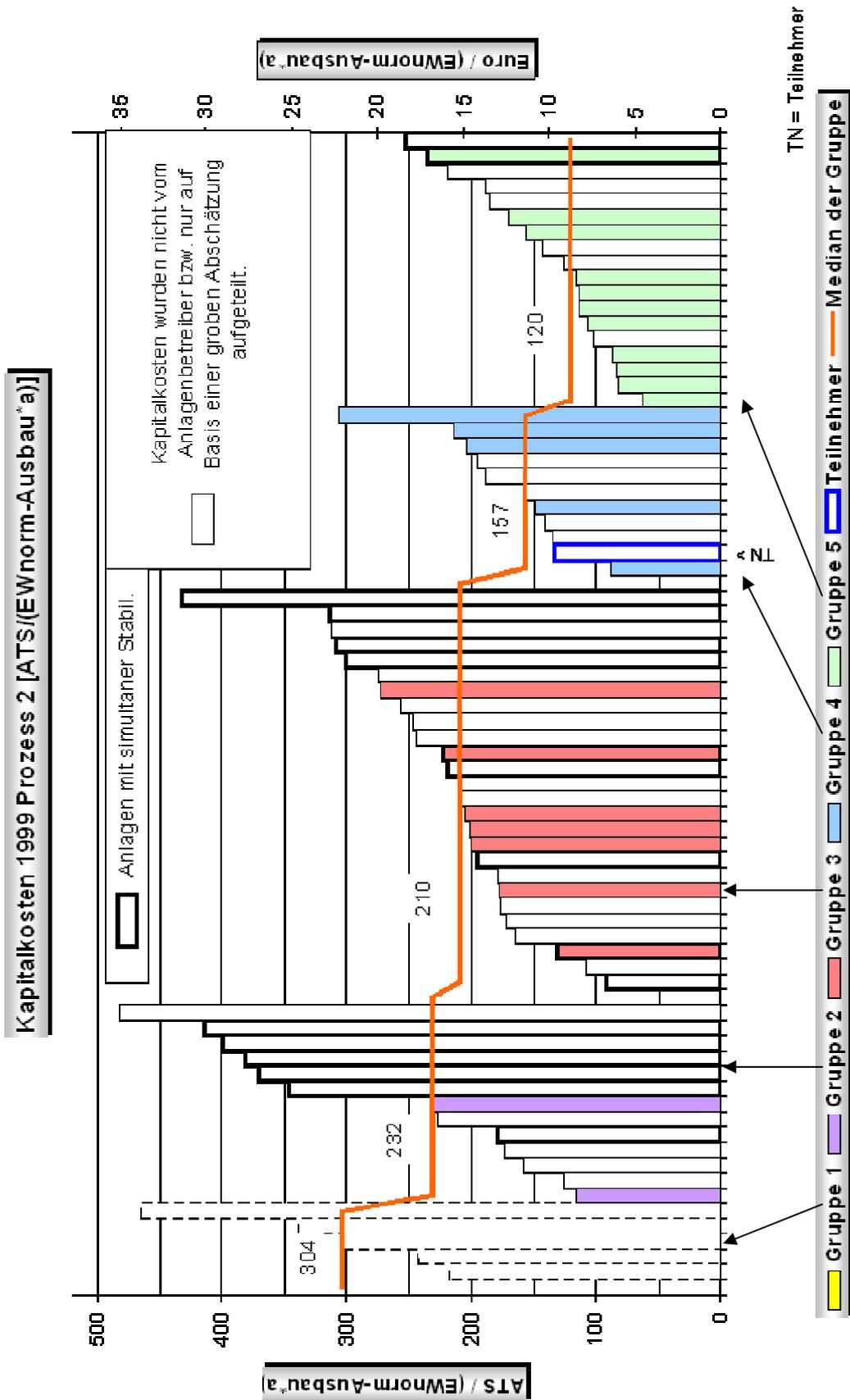


Abbildung A-12: Vergleich der Kapitalkosten 1999 von Prozess 2 der untersuchten Anlagen

Kapitalkosten 1999 Prozess 3 [ATS/(EW-Ausbau*a)]

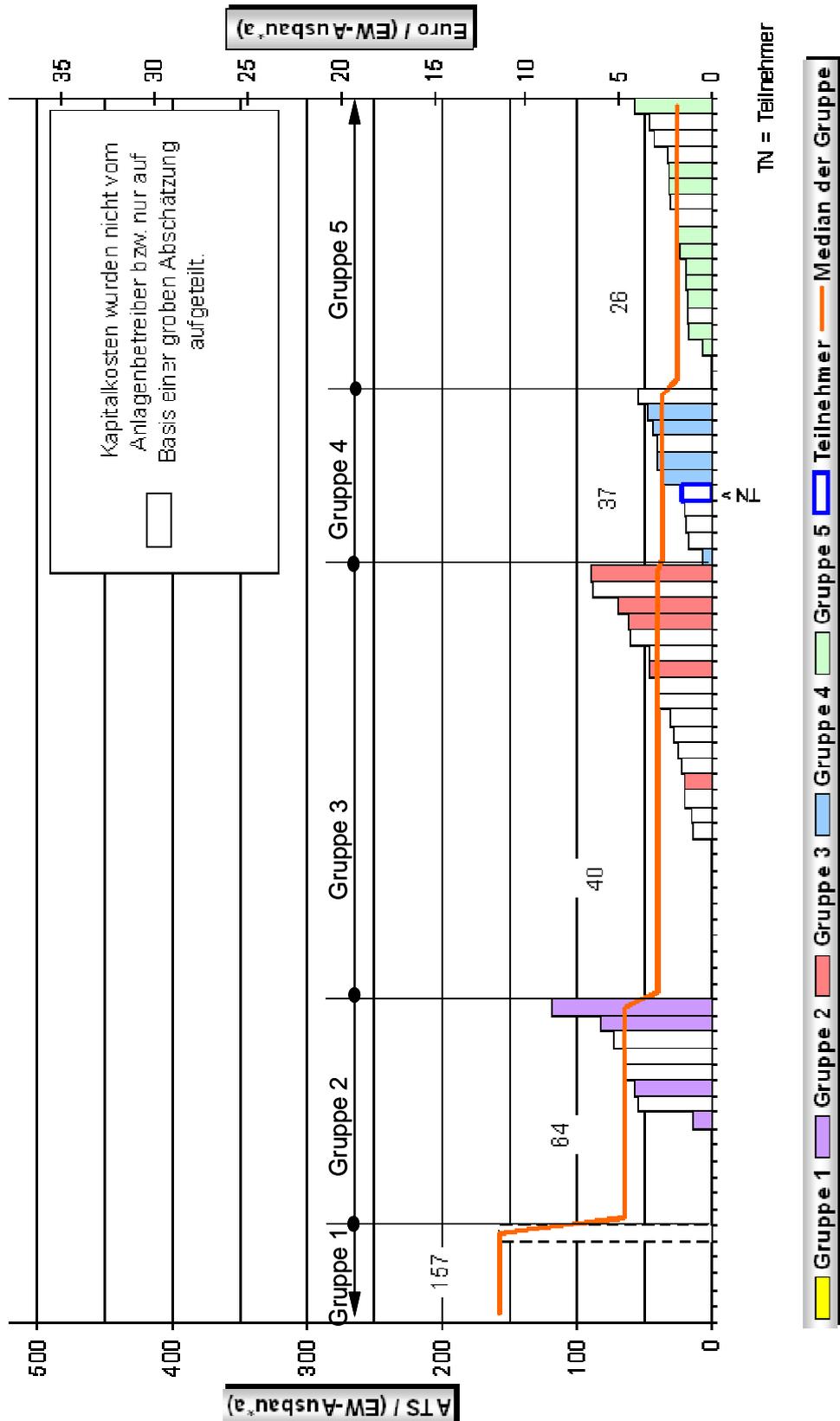


Abbildung A-13: Vergleich der Kapitalkosten 1999 von Prozess 3 der untersuchten Anlagen

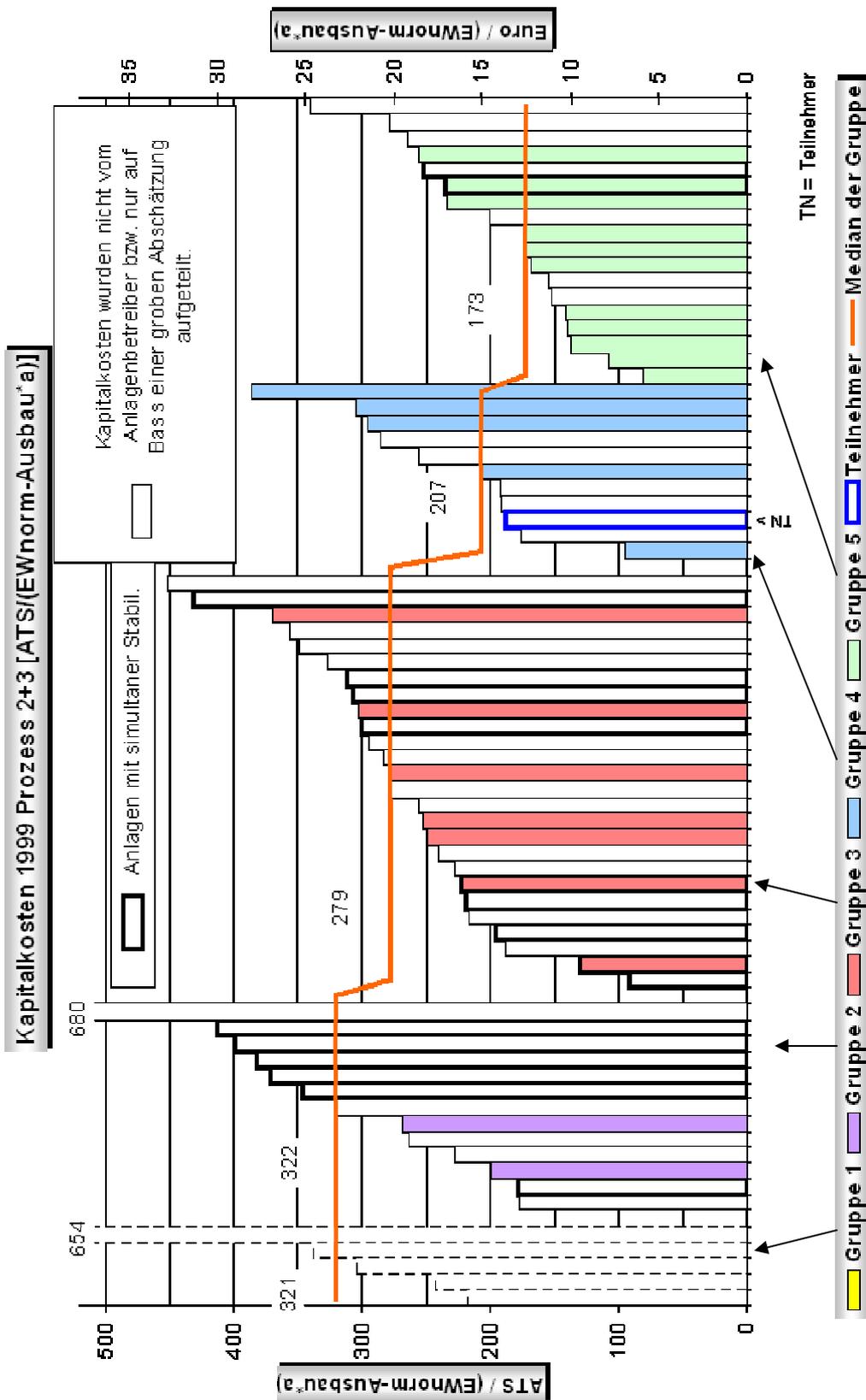


Abbildung A-14: Vergleich der Kapitalkosten 1999 von Prozess 2+3 der untersuchten Anlagen

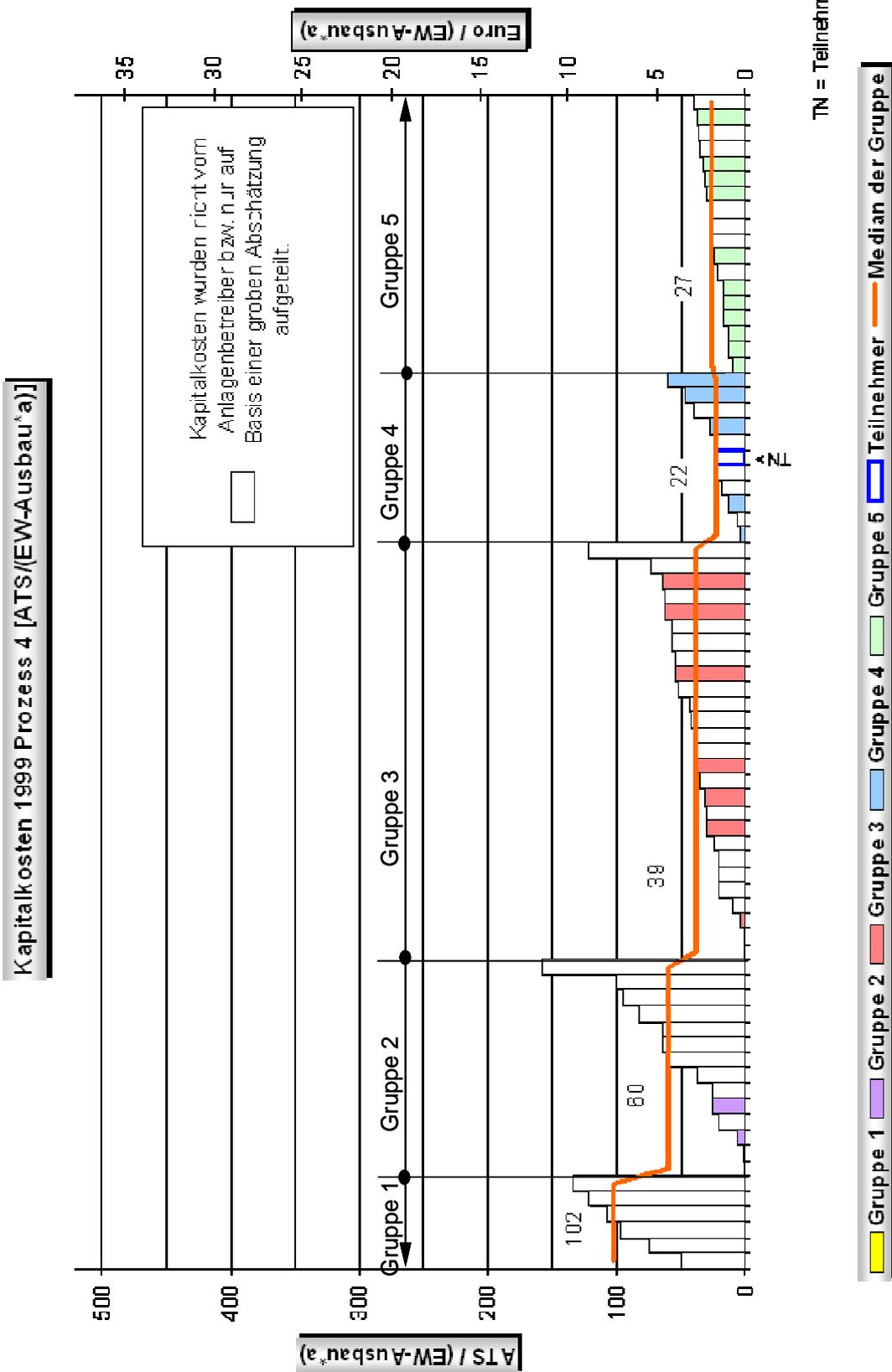


Abbildung A-15: Vergleich der Kapitalkosten 1999 von Prozess 4 der untersuchten Anlagen

2.2.1 Ergebnisse der Jahreskostenauswertung

In Abbildung A-16 sind die Jahreskosten nach der Höhe der spezifischen Kosten gereiht und gruppenweise dargestellt. Für die Jahreskosten werden ebenso wie für die Betriebskosten der EW-CSB110 als Bezugsgröße verwendet. Bei den Jahreskosten werden Anlagen, die die 1. AEVKA nicht einhalten, bzw. Anlagen mit simultaner aerober Stabilisierung wie bereits bei den Betriebskosten grafisch gekennzeichnet. Auch hier wurden die Anlagen der Gruppe 1 zur Wahrung der Anonymität nicht gekennzeichnet.

Die Festlegung des Benchmarkbereiches und der Benchmarks wird bei den Jahreskosten in gleicher Weise wie bei den Betriebskosten vorgenommen. Der einzige Unterschied liegt darin, dass bei den Gruppen 1 und 2 zu den niedrigsten in Frage kommenden spezifischen Kosten 15 % addiert werden, um den Einfluss der größeren Datenungenauigkeit bei den kleineren Kläranlagen zu berücksichtigen. Bei den Jahreskosten werden für die Gruppen 1 und 2 jeweils zwei Benchmarkanlagen und für die Gruppen 3 und 5 jeweils eine Benchmarkanlage festgelegt. In der Gruppe 4 liegen alle Teilnehmer in einem sehr engen Bereich, sodass sogar drei Anlagen als Benchmark ausgewiesen werden können.

In Tabelle A-11 ist der Benchmarkbereich der Jahreskosten sowie der Median der Jahreskosten dargestellt. Beim Vergleich von Anlagen mit und ohne simultaner aerober Stabilisierung kann bei den Jahreskosten der Gruppen 2 und 3 keine eindeutige Aussage gemacht werden. Bei der Gruppe 5 liegen beide Anlagen mit simultaner aerober Stabilisierung eindeutig über dem Median.

Tabelle A-11: Höhe des Benchmarkbereiches und des Medians der Jahreskosten der Gruppen 1 bis 5 sowie die Jahreskosten des Teilnehmers.

[ATS/EW-CSB110]	Gruppe	Gruppe	Gruppe	Gruppe	Gruppe
Benchmarkbereich	975	913	488	477	358
Median Jahreskosten	1154	942	602	472	463
Teilnehmer Jahreskosten	-	-	-	471	-

[Euro/EW-CSB110]	Gruppe	Gruppe	Gruppe	Gruppe	Gruppe
Benchmarkbereich	71	66	35	34	26
Median Jahreskosten	84	68	44	34	34
Teilnehmer Jahreskosten	-	-	-	34	-

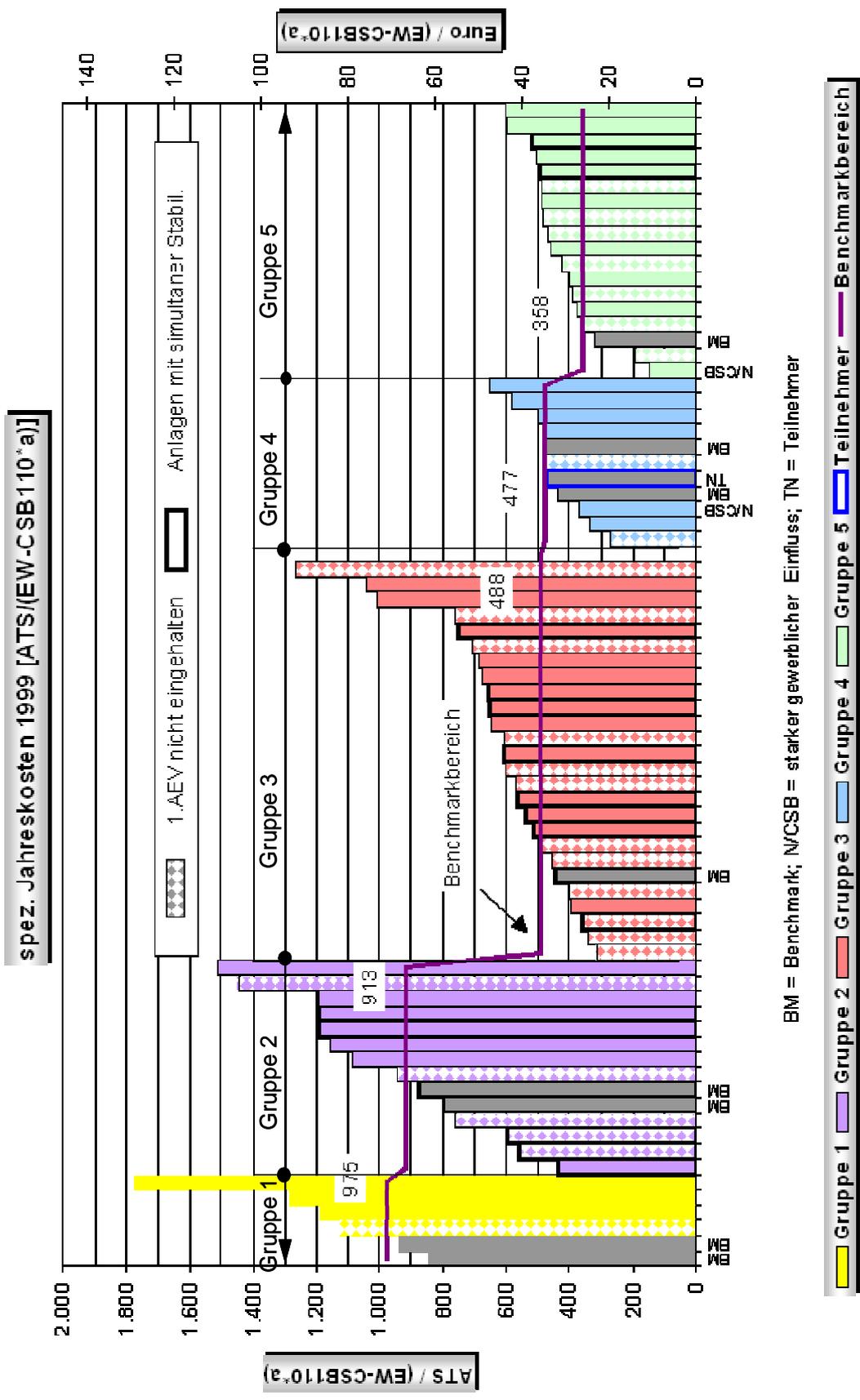


Abbildung A-16: Vergleich der Jahreskosten 1999 der untersuchten Anlagen

2.3 Handlungsbedarf, Verbesserungspotenzial und Leistungskennwert

Parallel zur Kostenstrukturanalyse, bezogen auf organisatorische Gruppen bzw. Größenklassen im Bereich der Reinigungsanlagen, wurde die Kostenstruktur der einzelnen Teilnehmer des Benchmarking-Projektes analysiert.

Im Folgenden wird die Individualanalyse, welche für jeden Einzelteilnehmer durchgeführt wurde, kurz erläutert. Neben den Individualauswertungen der Gesamtjahreskosten auf Basis der Ist-Kostenrechnung und der Darstellung der Kapitalkosten wird insbesondere der Bereich der Betriebskosten im Detail analysiert und in Bezug zu technisch und größenmäßig vergleichbaren Werten gesetzt.

Die Teilnehmer sollen dadurch einen einfachen und raschen Überblick bezüglich Handlungsbedarf und maximal einem möglichen Verbesserungspotenzial erhalten.

Die Individualdarstellung des Benchmarking-Teilnehmers stellt sich demnach folgendermaßen dar:

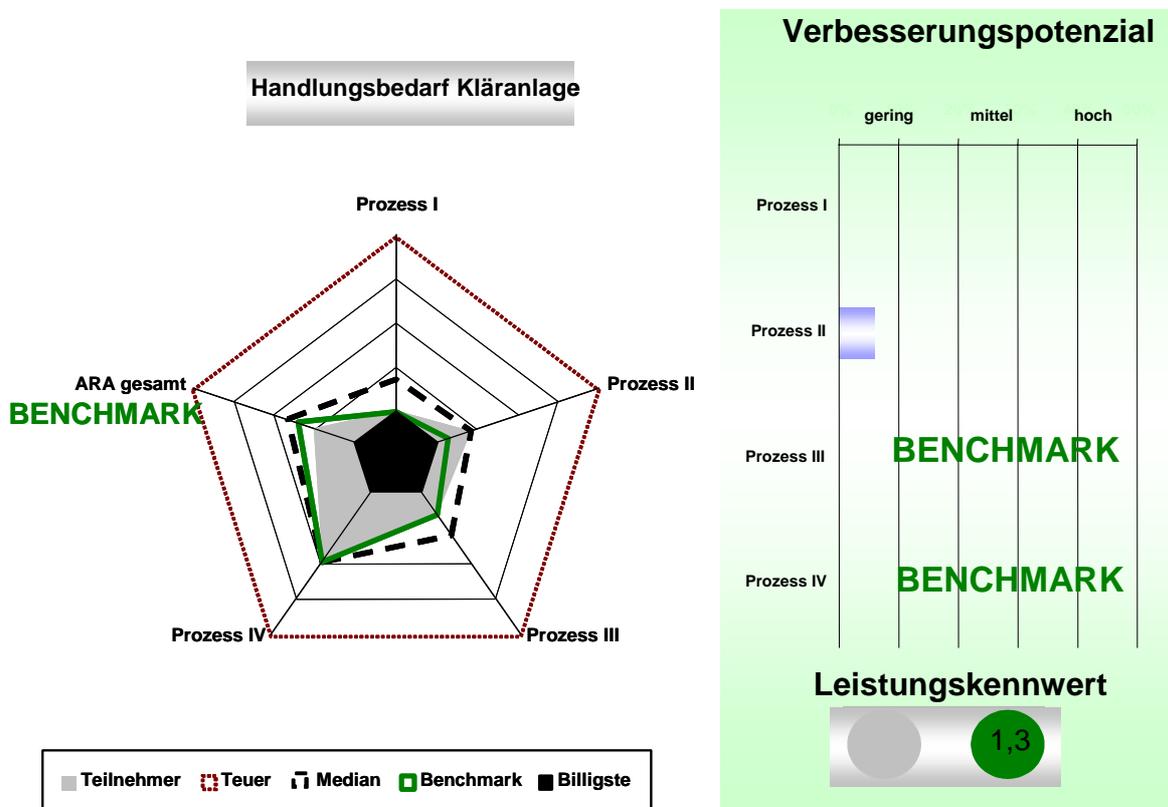


Abbildung A-17: Grafische Darstellung des Handlungsbedarfs, des Verbesserungspotenzials und des Leistungskennwertes

2.4 Handlungsbedarf Kläranlage

Die innere schwarze Fläche stellt den Bereich der niedrigsten Kosten bei Reinigungsanlage derselben Gruppe (technisch und größenmäßig) dar. Es werden sowohl die einzelnen Prozesse der Reinigungsanlage als auch die Kläranlage gesamt dargestellt. Der kostenmäßig höchste Wert der Gruppe wird mit der äußeren Umrandung abgegrenzt. Die **strichlierte Linie** stellt den **Median der Gruppe** dar, während die durchgezogene **Linie** den jeweiligen **Benchmarkwert** (Prozesse und Reinigungsanlage gesamt) **der Gruppe** darstellt.

Die graue Fläche stellt die Werte des jeweiligen Teilnehmers und das Verhältnis der eigenen Kosten- und Leistungsstruktur zum Billigsten bzw. zur Benchmark sowie in Relation zum Teuersten dar und zeigt somit den **Handlungsbedarf** auf.

2.5 Verbesserungspotenzial

Ein großer Handlungsbedarf innerhalb eines Prozesses muss nicht unbedingt bedeuten, dass eine diesbezügliche Verbesserung kostenmäßig stark durchschlägt. Deshalb werden in nebenstehender Grafik (Verbesserungspotenzial) der Handlungsbedarf bzw. das Verbesserungspotenzial in absoluten Kosten bewertet. Daraus ergibt sich nun das mögliche Verbesserungspotenzial für den jeweiligen Teilnehmer.

2.6 Leistungskennwert

Zur qualitativen Leistungsbeurteilung ist auch der individuelle Leistungskennwert dargestellt. Der Leistungskennwert ist eine quantitative Beurteilung der nach der Reinigung im Ablauf verbleibenden Gewässerbelastung. Ist der Leistungskennwert $> 2,5$ kann die 1. Abwasser-Emissions-Verordnung für kommunales Abwasser 1. AEVKA nicht eingehalten werden. Bei einem Leistungskennwert $\leq 2,5$ ist keine zuverlässige Aussage, ob die 1. AEVKA eingehalten wird oder nicht, möglich. Es wird daher einerseits der Leistungskennwert angegeben, und andererseits farblich gekennzeichnet, ob die 1. AEVKA eingehalten wurde oder nicht. Rot bedeutet, 1. AEVKA wird nicht eingehalten, grün kennzeichnet, dass die Anlage die 1. AEVKA erfüllt.

WIENER MITTEILUNGEN WASSER • ABWASSER • GEWÄSSER
--

Eine von den Wasserbauinstituten an der Technischen Universität Wien, den Instituten für Wasserwirtschaft der Universität für Bodenkultur und dem Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband herausgegebene Schriftenreihe

Band Nr		Preis €
1	Das Wasser (1968) Kresser W.	vergriffen
2	Die Gesetzmäßigkeiten der stationären Flüssigkeitsströmung durch gleichförmig rotierende zylindrische Rohre (1968) Breiner, H.	vergriffen
3	Abwasserreinigung - Grundkurs (1969) von der Emde, W.	vergriffen
4	Abwasserreinigungsanlagen - Entwurf-Bau-Betrieb (1969) 4. ÖWWV-Seminar, Raach 1969	vergriffen
5	Zukunftsprobleme der Trinkwasserversorgung (1970) 5. ÖWWV-Seminar, Raach 1970	vergriffen
6	Industrieabwässer (1971) 6. ÖWWV-Seminar, Raach 1971	vergriffen
7	Wasser- und Abfallwirtschaft (1972) 7. ÖWWV-Seminar, Raach 1972	vergriffen
8	Das vollkommene Peilrohr (Zur Methodik der Grundwasserbeobachtung) (1972) Schmidt, F.	vergriffen
9	Über die Anwendung von radioaktiven Tracern in der Hydrologie (1972) Pruzinsky, W. Über die Auswertung von Abflußmengen auf elektronischen Rechenanlagen Doleisch, M.:	18
10	1. Hydrologie-Fortbildungskurs (1972)	vergriffen

Band Nr		Preis €
11	Vergleichende Untersuchungen zur Berechnung von HW-Abflüssen aus kleinen Einzugsgebieten (1972) Gutknecht, D.	vergriffen
12	Uferfiltrat und Grundwasseranreicherung (1973) 8. ÖWWV-Seminar, Raach 1973	vergriffen
13	Zellstoffabwässer-Anfall und Reinigung (1972) von der Emde W., Fleckseder H., Huber L., Viehl K.	vergriffen
14	Abfluß - Geschiebe (1973) 2. Hydrologie-Fortbildungskurs 1973	vergriffen
15	Neue Entwicklung in der Abwassertechnik (1983) 9. ÖWWV-Seminar, Raach 1974	vergriffen
16	Praktikum der Kläranlagentechnik (1974) von der Emde W.	vergriffen
17	Stabilitätsuntersuchung von Abflußprofilen mittels hydraulischer Methoden und Trendanalyse (1974) Behr, O.:	18
18	Hydrologische Grundlagen zur Speicherbemessung(1975) 3. Hydrologie-Fortbildungskurs 1975	vergriffen
19	Vorhersagen in der Wasserwirtschaft (1976) 1. Hydrologisches Seminar des ÖWWV 1976	10
20	Abfall- und Schlammbehandlung aus wasserwirtschaftlicher Sicht (1976) 11. ÖWWV-Seminar, Raach 1976	vergriffen
21	Zur Theorie und Praxis der Speicherwirtschaft (1977) 2. Hydrologisches Seminar des ÖWWV 1977	22
22	Abwasserreinigung in kleineren Verhältnissen (1977) 12. ÖWWV-Seminar, Raach 1977	vergriffen
23	Methoden zur rechnerischen Behandlung von Grundwasserleitern (1977) Baron W., Heindl W., Behr O., Reitingner J.	vergriffen
24	Ein Beitrag zur Reinigung des Abwassers eines Chemiefaserwerkes, eines chemischen Betriebes und einer Molkerei (1978) Begert A.	vergriffen

Band Nr		Preis €
25	Ein Beitrag zur Reinigung von Zuckerfabrikabwasser (1978) Kroiss H.	vergriffen
26	Methoden der hydrologischen Kurzfristvorhersage (1978) Gutknecht D.	vergriffen
27	Wasserversorgung-Gewässerschutz (1978) 13. ÖWWV-Seminar, Raach 1978	vergriffen
28	Industrieabwasserbehandlung - Neue Entwicklungen (1979) 14. ÖWWV-Seminar, Raach 1979	vergriffen
29	Probleme der Uferfiltration und Grundwasseranreicherung mit besonderer Berücksichtigung des Wiener Raumes (1979) Frischherz H.	vergriffen
30	Beiträge zur Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft (1979) o. Univ.-Prof. DDr. Werner Kresser zum 60. Geburtstag	vergriffen
31	Grundwasserzuströmungsverhältnisse zu Horizontalfilterrohrbrunnen (1980) Schügerl W.	vergriffen
32	Grundwasserwirtschaft (1980) 3. Hydrologisches Seminar des ÖWWV 1980	25
33	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (1) (1980)	vergriffen
34	Behandlung und Beseitigung kommunaler und industrieller Schlämme (1980) 15. ÖWWV-Seminar, Raach 1980	vergriffen
35	Faktoren, die die Inaktivierung von Viren beim Belebungsverfahren beeinflussen (1980) Usrael G.	vergriffen
36	Vergleichende Kostenuntersuchungen über das Belebungsverfahren (1980) Flögl W.	vergriffen
37	Ein Beitrag zur Reinigung und Geruchsfreimachung von Abwasser aus Tierkörperverwertungsanstalten (1980) Ruider E.	vergriffen
38	Wasserwirtschaftliche Probleme der Elektrizitätserzeugung (1981) Schiller, G.:	vergriffen

Band Nr		Preis €
39	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (1981) Teil 2	vergriffen
40	Wasseraufbereitung und Abwasserreinigung als zusammengehörige Techniken (1981) 16. ÖWWV-Seminar, Raach 1981	vergriffen
41	Filterbrunnen zur Erschließung von Grundwasser (1981) ÖWWV-Fortbildungskurs 1981	29
42	Zur Ermittlung von Bemessungshochwässern im Wasserbau (1981) Kirnbauer R.	22
43	Wissenschaftliche Arbeiten, Zeitraum 1977 bis 1981 (1981)	25
44	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft - heute (1981) Teil 3	25
45	Verbundwirtschaft in der Wasserversorgung (1982) ÖWWV-Fortbildungskurs 1982	29
46	Gewässerschutzplanung, deren Umsetzung und Zielkontrolle im Einzugsgebiet des Neusiedler Sees (1982) Stalzer W.	vergriffen
47	Wechselwirkung zwischen Planung und Betrieb von Abwasserreinigungsanlagen, Erfahrungen und Probleme (1982) 17. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1982	vergriffen
48	Kleinwasserkraftwerke - Notwendigkeit und Bedeutung (1982) Flußstudien: Schwarza, kleine Ybbs, Saalach	vergriffen
49	Beiträge zur Wasserversorgung, Abwasserreinigung, Gewässerschutz und Abfallwirtschaft (1982) o. Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. v.d. Emde zum 60. Geburtstag	vergriffen
50	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft - heute (1982) Teil 4	vergriffen
51	Sicherung der Wasserversorgung in der Zukunft (1983) 18. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1983	vergriffen
52	Thermische Beeinflussung des Grundwassers (1983) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1983	vergriffen

Band Nr		Preis €
53	Planung und Betrieb von Regenentlastungsanlagen (1984) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1984	vergriffen
54	Sonderabfall und Gewässerschutz (1984) 19. ÖWWV-Seminar, Gmunden 1984	vergriffen
55	Naturnahes Regulierungskonzept "Pram" (1984)	26
56	Blähschlamm beim Belebungsverfahren (1985) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1985	vergriffen
57	Chemie in der Wassergütewirtschaft (1985) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1985	vergriffen
58	Klärschlamm - Verwertung und Ablagerung (1985) 20. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1985	vergriffen
59	Wasserkraftnutzung an der Thaya (1985) Pelikan B.	23
60	Seminar "Wasser - Umwelt - Raumordnung" (1985)	16
61	Gewässerschutz im Wandel der Zeit Ziele und Maßnahmen zu ihrer Verwirklichung (1985) Fleckseder, H.	vergriffen
62	Anaerobe Abwasserreinigung (1985) Kroiss H.	vergriffen
63	Kleine Belebungsanlagen mit einem Anschlußwert bis 500 Einwohnergleichwerte (1985) Begert A.	vergriffen
64	Belüftungssysteme beim Belebungsverfahren (1986) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1986	vergriffen
65	Planung und Betrieb von Behandlungsanlagen für Industrieabwässer (1986) 21. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1986	vergriffen
66	Ausspracheseminar Grundwasserschutz in Österreich (1986) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1986	29
67	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (5) (1986)	vergriffen

Band Nr		Preis €
68	Zur mathematischen Modellierung der Abflusstehung an Hängen (1986) Schmid B.H.	22
69	Nitrifikation - Denitrifikation (1987) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1987	vergriffen
70	Flußbau und Fischerei (1987)	vergriffen
71	Wasserversorgung und Abwasserreinigung in kleinen Verhältnissen (1987) 22. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1987	vergriffen
72	Wasserwirtschaft und Lebensschutz (1987) Wurzer E.	vergriffen
73	Anaerobe Abwasserreinigung Grundlagen und großtechnische Erfahrung (1988) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1988	vergriffen
74	Wasserbau und Wasserwirtschaft im Alpenraum aus historischer Sicht (1988)	22
75	Wechselbeziehungen zwischen Land-, Forst und Wasserwirtschaft (1988) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1988	vergriffen
76	Gefährdung des Grundwassers durch Altlasten (1988) 23. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1988	vergriffen
77	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (6) (1987)	vergriffen
78	Wasserwirtschaftliche Planung bei mehrfacher Zielsetzung (1988) Nachtnebel, H.P.	25
79	Hydraulik offener Gerinne (1989) Symposium, 1989	vergriffen
80	Untersuchung der Fischaufstiegshilfe bei der Stauhaltung im Gießgang Greifenstein (1988) Jungwirth M., Schmutz S.	vergriffen
81	Biologische Abwasserreinigung (1989) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1989, TU-Wien	vergriffen
82	Klärschlamm Entsorgung (1989) 24. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1989	vergriffen

Band Nr		Preis €
83	Viruskontamination der Umwelt und Verfahren der Kontrolle (1990) 2. Symposium	18
84	Schadstofffragen in der Wasserwirtschaft (1989) ÖWWV-Fortbildungskurs 1989, TU-Wien	29
85	Schlußbericht zum Forschungsvorhaben Trinkwasseraufbereitung mit Ultraschall, Projekt Abschnitt I (1989) Frischherz H.; Benes E.; Ernst J.; Haber F.; Stuckart W.	18
86	Umfassende Betrachtung der Erosions- und Sedimentationsproblematik (1989) Summer W.	25
87	Großräumige Lösungen in der Wasserversorgung (1990) 25. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1990	vergriffen
88	Revitalisierung von Fließgewässern (1990) Beiträge zum Workshop Scharfling, 1989	vergriffen
89	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (1990) Teil 9	vergriffen
90	A Study on Kinematic Cascades (1990) Schmid B.H.	18
91	Snowmelt Simulation in Rugged Terrain - The Gap Between Point and Catchment Scale Approaches (1990) Blöschl G.	18
92	Dateninterpretation und ihre Bedeutung für Grundwasserströmungsmodelle (1990) Blaschke A.P.	nicht erschienen
93	Decision Support Systeme für die Grundwasserwirtschaft unter Verwendung geografischer Informationssysteme (1990) Fürst J.	18
94	Schlußbericht zum Forschungsvorhaben Trinkwasseraufbereitung mit Ultraschall; Projekt-Abschnitt 1990 (1990) Frischherz H., Benes E., Stuckhart W., Ilmer A., Gröschl M., Bolek W.	18
95	Anaerobe Abwasserreinigung - Ein Modell zur Berechnung und Darstellung der maßgebenden chemischen Parameter (1991) Svardal K.	22

Band Nr		Preis €
96	EDV-Einsatz auf Abwasserreinigungsanlagen (1991) ÖWWV-Fortbildungskurs 1991, TU-Wien	29
97	Entfernung von Phosphorverbindungen bei der Abwasserreinigung (1991) ÖWWV-Fortbildungskurs 1991, TU-Wien	25
98	Auswirkungen der Wasserrechtsgesetznovelle 1990 auf Behörden, Planer und Betreiber kommunaler Abwasserreinigungsanlagen - aus technischer, rechtlicher und wirtschaftlicher Sicht (1991) 26. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1991	36
99	Geruchsemissionen aus Abwasserreinigungsanlagen (1991) ÖWWV-Fortbildungskurs 1991,	22
100	Anpassung von Kläranlagen an den Stand der Technik (1992) ÖWWV-Fortbildungskurs 1992, TU-Wien	vergriffen
101	Umweltbezogene Planung wasserbaulicher Maßnahmen an Fließgewässern (1992) Pelikan B.	18
102	Erfassung hydrometeorologischer Elemente in Österreich im Hinblick auf den Wasserhaushalt (1992) Behr O.	i.V.
103	Wasser- und Abfallwirtschaft in dünn besiedelten Gebieten (1992) 27. ÖWWV-Seminar Ottenstein 1992	36
104	Virus Contamination of the Environment (1992) Methods and Control	vergriffen
105	Fließgewässer und ihre Ökologie (1993) ÖWAV-Fortbildungskurs 1992, TU-Wien	22
106	Festlegung einer Dotierwassermenge über Dotationsversuche (1992) Mader H.	22
107	Wasserrechtsgesetznovelle 1990 und neue Emissionsverordnungen (1992) Vorträge anlässlich der UTEC 1992	29
108	Chemische Analytik für einen zeitgemäßen Gewässerschutz (1992) Vorträge anlässlich der UTEC 1992	29
109	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (1994) Teil 10 - Beiträge zum Seminar an der Universität für Bodenkultur im November 1994	i.V.

Band Nr	Preis €
110 Bemessung u. Betrieb von Kläranlagen zur Stickstoffentfernung (1993) ÖWAV-Seminar 1993, TU-Wien	36
111 Wasserreserven in Österreich - Schutz und Nutzung in Gegenwart und Zukunft (1993) 28. ÖWAV-Seminar Ottenstein 1993	vergriffen
112 Contamination of the Environment by Viruses and Methods of Control (1993)	18
113 Wasserkraft () O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. S. Radler anlässlich seiner Emeritierung	vergriffen
114 Klärwärter-Grundkurs (1994) 2. Auflage 1994	vergriffen
115 Beitrag zur Reduzierung der Abwasseremissionen der Bleicherei beim Sulfatverfahren (1994) Urban W. ISBN 3-85234-001-2	22
116 Eigenüberwachung von Abwasserreinigungsanlagen für den Gewässerschutz (1994) ÖWAV-Seminar 1994, TU-Wien ISBN 3-85234-002-0	25
117 Abwasserreinigungskonzepte - Internationaler Erfahrungsaustausch über neue Entwicklungen (1995) ÖWAV-Seminar 1994, TU Wien ISBN 3-85234-003-9	25
118 3 Jahre WRG-Novelle (1994) 29. ÖWAV-Seminar: Ottenstein 1994 ISBN 3-85234-004-7	19
119 Landeskulturelle Wasserwirtschaft (1994) anlässlich der Emeritierung von o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. H. Supersperg	vergriffen
120 Gewässerbetreuungskonzepte - Stand und Perspektiven (1994) Beiträge zur Tagung an der BOKU 1994 ISBN 3-85234-010-1	32
121 Generelle Entwässerungsplanung im Siedlungsraum (1996) ÖWAV-Seminar 1995, TU Wien ISBN 3-85234-011-X	29

122	Bedeutung von geowissenschaftlicher Zusatzinformation für die Schätzung der Transmissivitätsverteilung in einem Aquifer (1994) Kupfersberger H.	18
123	Modellierung und Regionalisierung der Grundwassermengenbildung und des Bodenwasserhaushaltes (1994) Holzmann, H.	22
124	Pflanzenkläranlagen - Stand der Technik, Zukunftsaspekte (1995) ÖWAV-Seminar, BOKU Wien ISBN 3-85234-014-4	22
125	Abwasserreinigung - Probleme bei der praktischen Umsetzung des Wasserrechtsgesetzes, (1995) ÖWAV-Seminar 1995, TU-Wien ISBN 3-85234-015-2	32
126	Konfliktfeld Landwirtschaft - Wasserwirtschaft (1995) 30. ÖWAV-Seminar, Ottenstein 1995 ISBN 3-85234-016-0	29
127	Alte und neue Summenparameter (1995) ÖWAV-Seminar 1995, TU-Wien ISBN 3-85234-017-9	29
128	Viruskontamination der Umwelt und Verfahren der Kontrolle (deutsch oder englisch) (1995) 4. Symposium Univ.Prof.Dr. R. Walter ISBN 3-85234-019-5	0
129	Einfluß von Indirekteinleitungen auf Planung und Betrieb von Abwasseranlagen (1996) ÖWAV-Seminar 1996, TU-Wien ISBN 3-85234-020-9	vergriffen
130	Zentrale und dezentrale Abwasserreinigung (1996) 31. ÖWAV-Seminar, Ottenstein 1996 ISBN 3-85234-021-7	36
131	Methoden der Planung und Berechnung des Kanalisationssystems (1996) ÖWAV-Seminar 1996, BOKU-Wien ISBN 3-85234-022-5	29

Band Nr		Preis €
132	Scale and Scaling in Hydrology (1996) Blöschl G. ISBN 3-85234-023-3	vergriffen
133	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (11) (1996) Integrale Interpretation eines zeitgemäßen Gewässerschutzes ISBN 3-85234-024-0	12
134	Ein Beitrag zur Charakterisierung von Belüftungssystemen für die biologische Abwasserreinigung nach dem Belebungsverfahren mit Sauerstoffzufuhrmessungen (1996) Frey W. ISBN 3-85234-025-X	22
135	Nitrifikation im Belebungsverfahren bei maßgebendem Industrieabwassereinfluß (1996) Nowak O. ISBN 3-85234-026-8	36
136	1. Wassertechnisches Seminar (1996) Nebenprodukte von Desinfektion und Oxidation bei der Trinkwasseraufbereitung ISBN 3-85234-027-6	i.V.
137	Modellanwendung bei Planung und Betrieb von Belebungsanlagen (1997) ÖWAV - Seminar 1997, TU-Wien ISBN 3-85234-028-4	32
138	Nitrifikationshemmung bei kommunaler Abwasserreinigung (1997) Schweighofer P. ISBN 3-85234-029-2	25
139	Ein Beitrag zu Verständnis und Anwendung aerober Selektoren für die Blähschlammvermeidung (1997) Prendl L. ISBN 3-85234-030-6	22
140	Auswirkungen eines Kläranlagenablaufes auf abflußschwache Vorfluter am Beispiel der Kläranlage Mödling und des Krottenbaches (1997) Franz A. ISBN 3-85234-031-4	25
141	Neue Entwicklungen in der Abwassertechnik (1997) ÖWAV - Seminar 1997, TU-Wien ISBN 3-85234-032-2	36

Band Nr	Preis €
142 Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (11) (1997) Abfallwirtschaft und Altlastensanierung morgen ISBN 3-85234-033-0	18
143 Abwasserbeseitigung und Wasserversorgung in Wien (1997) Eine ökonomische Beurteilung der Einnahmen, Ausgaben und Kosten Kosz M. ISBN 3-85234-034-9	22
144 Raum-Zeitliche Variabilitäten im Geschiebehaushalt und dessen Beeinflussung am Beispiel der Drau (1997) Habersack H. ISBN 3-85234-035-7	29
145 Fortbildungskurs: Biologische Abwasserreinigung (1998) ÖWAV - Seminar 1998, TU-Wien ISBN 3-85234-036-5	vergriffen
146 2. Wassertechnisches Seminar (1998) Desinfektion in der Trinkwasseraufbereitung ISBN 3-85234-037-3	i.V.
147 Eigenüberwachung und Fremdüberwachung bei Kläranlagen (1998) 32. ÖWAV-Seminar , Linz 1998 ISBN 3-85234-038-1	36
148 Grundwasserdynamik (1998) ISBN 3-85234-039-C	36
149 Die Tradition in der Kulturtechnik (1998) Kastanek F. Simulationsanwendung bei der Störung durch poröses Medium (1998) Loiskandl W. ISBN 3-85234-040-4	22
150 Auswirkungen von Niederschlagsereignissen und der Schneeschmelze auf Karstquellen (1998) Steinkellner M. ISBN 3-85234-041-1	36
151 Experiences with soil erosion models (1998) ISBN 3-85234-042-X	29

Band Nr		Preis €
152	Ein Beitrag zur Optimierung der Stickstoffentfernung in zweistufigen Belebungsanlagen (1998) Dornhofer K. ISBN 3-85234-043-8	25
153	Hormonell aktive Substanzen in der Umwelt (1998) ÖWAV / UBA Seminar 1998, BOKU Wien ISBN 3-58234-044-6	vergriffen
154	Erfassung, Bewertung und Sanierung von Kanalisationen (1998) ÖWAV Seminar 1999, BOKU Wien ISBN 3-8523-045-4	29
155	Nährstoffbewirtschaftung und Wassergüte im Donauraum (1999) ÖWAV - Seminar 1999, TU-Wien ISBN 3-85234-046-2	32
156	Der spektrale Absorptionskoeffizient zur Bestimmung der organischen Abwasserbelastung (1999) UV-Seminar 1998, Duisburg ISBN 3-85234-047-0	22
157	Bedeutung und Steuerung von Nährstoff- und Schwermetallflüssen des Abwassers (1999) Zessner M. ISBN 3-85234-048-9	25
158	Entwicklung einer Methode zur Bewertung von Stoffbilanzen in der Abfallwirtschaft (1999) Rechberger H. ISBN 3-85234-049-7	vergriffen
159	Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Abwasseranlagen und deren Evaluierung (2000) ÖWAV – Seminar 2000, TU-Wien ISBN 3-85234-050-0	22
160	Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Hydrologie alpiner Einzugsgebiete (2000) Hebenstreit K. ISBN 3-85234-051-9	25

161	Innovative Messtechnik in der Wasserwirtschaft (2000) Präsentation eines Forschungsprojektes ÖWAV – Seminar 2000, BOKU – Wien ISBN 3-85234-052-7	vergriffen
162	Sickerwasser und Oberflächenabdichtung auf Reaktordeponien (2000) ÖWAV - Seminar 2000, Wirtschaftskammer Wien ISBN 3-85234-053-5	25
163	Abfall- und Abwasserentsorgung in kleinen Verhältnissen (2000) ÖWAV - Seminar 2000, Ottenstein ISBN 3-85234-054-3	25
164	Niederschlag-Abfluss-Modellierung – Simulation und Prognose (2000) ÖWAV-Seminar 2000, TU Wien ISBN 3-85234-055-1	i.V.
165	Mehrdimensionale Abflussmodellierung am Beispiel der Lafnitz (2000) Habersack, H. / Mayr, P. / Girlinger, R. / Schneglberger, St. ISBN 3-85234-056-x	25
166	Anpassung von Kläranlagen – Planung und Betrieb (2001) ÖWAV-Seminar 2001, TU Wien ISBN 3-85234-057-8	40
167	Bepflanzte Bodenfilter zur weitergehenden Reinigung von Oberflächenwasser und Kläranlagenabläufen (2001) Laber J. ISBN 3-85234-058-6	25
168	Kanalbetrieb und Niederschlagsbehandlung (2001) ÖWAV-Seminar 2001, BOKU Wien. ISBN 3-85234-059-4	29
169	Development of a Simulation Tool for Subsurface Flow Constructed Wetlands (Entwicklung eines Simulationsmodells für bepflanzte Bodenfilter) (2001) Langergraber G. ISBN 3-85234-060-8	25
170	Simulation von Niederschlagszeitreihen mittels stochastischer Prozess-modelle unter Berücksichtigung der Skaleninvarianz (2001) Bogner ISBN 3-85234-061-6	i.V.
171	Sewage Sludge Disposal – Sustainable and/or Reliable Solutions (2001) ÖWAV / EWA Workshop 2001, TU-Wien ISBN 3-85234-062-4	25

Band Nr		Preis €
172	Stickstoffentfernung mit Biofiltern (2002) Nikolavcic B. ISBN 3-85234-063-2	30
173	Anaerobe Abwasserreinigung: Beeinflussende Faktoren der Versäuerung eines Zitronesäurefabrikabwassers (2002) Moser D. ISBN 3-85234-064-0	20
174	Gewässerschutz bei Entlastungsbauwerken der Mischkanalisation (2002) Fenz R. ISBN 3-85234-065-9	25
175	Wechselwirkung von physikalischen, chemischen und biotischen Prozessen in aquatischen Systemen (2002) Kreuzinger N. ISBN 3-85234-066-7	i.V.
176	Benchmarking in der Abwasserentsorgung (2002) ÖWAV Workshop Februar 2002, TU-Wien ISBN 3-85234-067-5	30
177	Klärschlamm (2002) Möglichkeiten und Verfahren zur Verwertung / Entsorgung ab 2004 ÖWAV Seminar April 2002, Wirtschaftskammer Österreich Schlammbehandlung und Entsorgung ÖWAV / TU – Workshop September 2000, TU-Wien ISBN 3-85234-068-3	30
178	Arzneimittel in der aquatischen Umwelt (2002) ÖWAV Seminar 2002, BOKU Wien ISBN 3-85234-069-1	30
179	Untersuchungen zur Entfernung natürlicher radioaktiver Stoffe aus Trinkwasser und Überblick zu deren Verbreitung in Österreich (2002) Staubmann, K. ISBN 3-85234-070-5	i.V.
180	Zum Fließwiderstandsverhalten flexibler Vegetation (2002) Stephan, U. ISBN 3-85234-071-3	30
181	Understanding and Estimating Floods at the Regional Scale (2002) Merz, R. ISBN 3-85234-072-1	30

Band Nr		Preis €
182	Kanalmanagement - Neues Schlagwort oder alte Herausforderung ? (2003) ÖWAV Seminar 2003, BOKU Wien ISBN 3-85234-073-X	i.V.
183	Fortbildungsseminar Abwasserentsorgung (2003) ÖWAV Seminar Februar 2003, TU-Wien ISBN 3-85234-074-8	40
184	Klärschlamm (2003) ÖWAV Seminar November 2003, TU-Wien ISBN 3-85234-075-6	30
185	Nachhaltige Nutzung von Wasser (2003) Endbericht zu Modul MU11 im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Nachhaltige Entwicklung österreichischer Kulturlandschaften“ ISBN 3-85234-076-4	30
186	Inspektion von Kanalisationen (inkl. Umsetzung ÖNORM EN 13508-2) ÖWAV-Informationsveranstaltung 2004, BOKU Wien ISBN 3-85234-077-2	30
187	Datengewinnung, -verwaltung und -nutzung in der Wassergütewirtschaft (2004) ÖWAV Seminar März 2004, TU-Wien ISBN 3-85234-078-0	40
188	CSB-Elimination in höchstbelasteten Belebungsstufen und ihre Auswirkung auf die Stickstoffelimination von zweistufigen Anlagen unter dem Gesichtspunkt der mathematischen Modellierung (2004) Haider, S. ISBN 3-85234-079-9	30
189	Beitrag zum Benchmarking von Abwasserreinigungsanlagen Lindtner, S. ISBN 3-85234-080-2	25

Blaue Reihe

In der „Blauen Reihe“ erscheinen Projektberichte des Instituts für Wassergüte und Abfallwirtschaft, die von allgemeinem Interesse sind und aufwendig in 4-Farbendruck und A4 Größe produziert werden.

Folgende Bände sind erhältlich:

Band Nr		Preis €
001	Abwasserentsorgung Lainsitztal Begutachtung in technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht 1996, 321 Seiten + umfangreicher Datenteil, 60 Abbildungen, Plan	vergriffen
002	Adaptierung von Oberösterreichischen Tauchkörperanlagen in Hinblick auf die Anforderungen der 1.AEV für kommunales Abwasser 1998, 182 Seiten + umfangreicher Datenteil, 70 Abbildungen	43,60
003	Nährstoffbilanzen der Donauanrainerstaaten Erhebung für Österreich 1998, 166 Seiten + umfangreicher Datenteil, 55 Abbildungen	43,60
004	Auswirkungen der Versickerung von biologisch gereinigtem Abwasser auf das Grundwasser 2002, 256 Seiten + CD	60,00

Alle Bestellungen sind zu richten an:

Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU-Wien
Bestellung Wiener Mitteilungen

Karlsplatz 13/2261
1040 Wien

Fax Bestellungen an:
E-Mail Bestellungen an:

+43 / 1 / 58801 - 22699
iwag@iwag.tuwien.ac.at

Die Bände sind zu beziehen bei:

Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft
der Technischen Universität Wien
Karlsplatz 13/226, A-1040 Wien

Band: 12, 15, 16, 20, 28, 34, 35, 36, 37, 47, 49, 53, 54, 56, 57, 58, 61, 62, 63, 64, 65, 69, 73, 81, 82, 84, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 105, 107, 108, 110, 114, 116, 117, 121, 125, 127, 129, 130, 134, 135, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 145, 147, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 166, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 183, 184, 187, 188, 189

Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft
der Technischen Universität Wien
Karlsplatz 13, A-1040 Wien

Band: 1, 2, 8, 9, 17, 21, 23, 26, 30, 31, 41, 42, 52, 66, 68, 74, 90, 91, 92, 102, 122, 132, 148, 164, 180, 181

Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau
der Universität für Bodenkultur,
Muthgasse 18, A-1190 Wien

Band: 18, 19, 32, 38, 43, 44, 45, 48, 50, 55, 59, 60, 70, 75, 78, 86, 89, 93, 101, 106, 109, 113, 123, 144, 160, 165, 167, 169

Institut für Wasservorsorge, Gewässerökologie und Abfallwirtschaft
der Universität für Bodenkultur,
Muthgasse 18, A-1190 Wien

Band: 22, 29, 39, 40, 46, 67, 71, 72, 76, 77, 80, 83, 85, 87, 88, 94, 103, 112, 115, 118, 120, 124, 126, 128, 131, 133, 136, 142, 146, 150, 154, 163, 167, 168, 169, 178, 179, 182, 185, 186

Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft
der Universität für Bodenkultur
Muthgasse 18, A-1190 Wien

Band: 119, 149, 151, 170