

Benchmarking in der österr. Siedlungsentwässerung Herausforderungen des Bereiches Kläranlage

Stefan Lindtner, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU-Wien

Inhalt

1	Einleitung.....	2
2	Übersicht über das Forschungsprojekt.....	2
2.1	Projektträger - Projektzweck	2
2.2	Projektbetreuung.....	3
2.3	Projektmodule.....	3
2.4	Voraussetzung für die Teilnahme am Benchmarking-Projekt.....	5
3	Methode	5
3.1	Vergleich der Anlagen mit Hilfe definierter Prozesse.....	5
3.2	Kosten- und Leistungsrechnung als Grundlage für das Benchmarking	6
3.2.1	Kostenartenschema	6
3.2.2	Kostenstellenschema	8
3.3	Kennzahlenbildung	9
3.4	Einteilung der Kläranlagen in Gruppen.....	10
3.5	Definition von Benchmarkanlagen, Benchmarkbereich und Benchmarks.....	11
4	Ergebnisse und Diskussion.....	12
4.1	Benchmarkbereich der Betriebs-, Kapital- und Jahreskosten	12
4.2	Betriebskostenbenchmarking der Prozesse	14
4.3	Theoretisches Einsparungspotenzial.....	14
4.4	Kosteneffizienz für den Gewässerschutz	15
4.5	Detailprozessanalysen – Sauerstoffzufuhr	16
4.6	Repräsentativität.....	16
5	Schlussfolgerungen	16
6	Literatur	17

1 Einleitung

Benchmarking ist die systematische Suche nach objektiv besten gängigen Praktiken, mit dem Ziel, diese Spitzenleistungen auf die eigene Organisation zu übertragen und eine Steigerung der Effizienz der jeweiligen Leistungserstellung zu erreichen.

Benchmarking stellt nicht nur ein in der Privatwirtschaft bereits bewährtes Instrument zur Unterstützung der Unternehmensplanung und Leistungsmessung dar, sondern ist auch in so genannten „marktfernen“ Unternehmensbereichen erfolgreich einsetzbar. Ein Beispiel für einen derartigen Bereich ist die öffentliche Siedlungswasserwirtschaft, deren Anlagen primär durch Verbände, Gemeinden oder Städte errichtet und betrieben werden.

Zu den Grundlagen und Definitionen von Benchmarking im Allgemeinen und die Anwendung in der Siedlungswasserwirtschaft im Speziellen kann auf die Literatur [1, 2, 3, 4, 5] verwiesen werden. Außerdem ist gegenwärtig auf internationaler Ebene ein Diskussionsprozess über die Vereinheitlichung von Kennzahlen und Managementsystemen im Gange [6, 7].

Dieser Beitrag basiert auf den Ergebnissen eines Forschungsprojektes [8], an dem 76 Betreiber von Abwasserreinigungsanlagen in ganz Österreich auf freiwilliger Basis teilgenommen haben. Der Endbericht dieses Projektes, das sowohl die Abwasserableitung als auch die Abwasserreinigung umfasst hat, kann von der Homepage des Ministeriums für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft heruntergeladen werden [8] www.lebensministerium.at/publikationen. Die Finanzierung dieses umfangreichen Forschungsprojektes erfolgte zu etwa gleichen Teilen durch das erwähnte Ministerium, die Landesregierungen von 8 Bundesländern und den Betreibern selbst

Das oben erwähnte Projekt und dieser Bericht umfasst nur einen Teilbereich dessen, was unter dem Begriff Benchmarking verstanden werden kann. Das wesentliche Ziel ist hier die Zuordnung von Leistungen, die die Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung mit tatsächlichen Kosten für die Leistungserbringung betreffen. Daraus ergibt sich auch die Einschränkung der Vergleichspartner auf Kläranlagen mit ähnlicher Verfahrenstechnik (Belebungsanlagen) und ähnlichen Reinigungsanforderungen.

2 Übersicht über das Forschungsprojekt

2.1 Projektträger - Projektzweck

Projektträger ist der Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband ÖWAV, Marc-Aurel-Straße 5, 1010 Wien. Er wurde vom Ministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft als gemeinnütziger Verein mit der Übernahme der Projektträgerschaft für das Forschungsprojekt "Erfassung und Vergleich von technischen und wirtschaftlichen Kennzahlen in der Siedlungswasserwirtschaft – Benchmarking SWW" zum Zwecke der Wirtschaftlichkeitssteuerung durch Schaffung von Impulsen zur Kostensenkung und Aufzeigen von Einsparungspotenzialen betraut.

2.2 Projektbetreuung

Die fachliche Abwicklung und wissenschaftliche Betreuung des Forschungsprojektes erfolgt durch folgende Institutionen:

- IWAG – Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien (Univ. Prof. DI Dr. Kroiss) – Zuständig für die Entwicklung technischer Kennzahlen im Bereich der Abwasserreinigungsanlagen.
- IWGA – Institut für Wasserversorge, Gewässerökologie und Abfallwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Wien (Univ. Prof. DI Dr. Haberl) – Zuständig für die Entwicklung technischer Kennzahlen im Bereich der Kanalisationsanlagen.
- Quantum Institut für betriebswirtschaftliche Beratung GmbH, Klagenfurt – Zuständig für die betriebswirtschaftlichen Belange.
- ÖWAV Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband – Zuständig für Projektleitung und Koordination.

2.3 Projektmodule

Das Forschungsprojekt setzt sich im Wesentlichen aus folgenden 3 Modulen zusammen:

Modul 1: Erstellung detaillierter Grundlagen und Anweisungen für die Erfassung, Dokumentation und Auswertung technischer und wirtschaftlicher Daten zur Umsetzung des Forschungsprojektes.

Im Modul 1 wurde auf ein ausführliches Literaturstudium sowie auf die Auswertung bereits vorliegender Projekte (Benchmarking ASAV, Benchmarking-Projekte aus Deutschland) aufgebaut und von den Projektmitarbeitern zunächst ein theoretisches Untersuchungsdesign für diese Studie entwickelt. Im anschließenden Arbeitsschritt wurden Inhalt und Praxisbezug dieses Untersuchungsdesigns anhand konkreter Fälle (Anlagen aus der Steiermark) überprüft und getestet. Die diesbezüglichen Ergebnisse und Überlegungen wurden in einer Vorstudie dargestellt.

Modul 2: Erfassung der technischen und wirtschaftlichen Basisdaten vor Ort zur Dokumentation der technischen und wirtschaftlichen Leistungen der Benchmarkingteilnehmer.

Zur Erfassung der technischen Daten wurden die von den Universitäten erarbeiteten Erhebungsbögen den Anlagenbetreibern zur Verfügung gestellt und gemeinsam mit einem Zivilingenieur vor Ort ausgefüllt. Je Bundesland war ein Zivilingenieur für die Datenaufnahme und die Plausibilitätsprüfung vor Ort verantwortlich.

Von der Firma Quantum wurde eine standardisierte Kosten- und Leistungsrechnung für das Jahr 1999 bei den einzelnen Anlagenbetreibern (Verbände, Gemeinden, Städte) unter Berücksichtigung der individuellen Gegebenheiten zur effizienten Steuerung des Betriebes einerseits sowie als Grundlage für die Durchführung des Benchmarking-Projektes vor Ort eingeführt.

Modul 3: Auswertung der - Österreichweit einheitlich erfassten - technischen und wirtschaftlichen Daten zur Ermittlung von spezifischen Referenzwerten zum Aufzeigen von Einsparungspotenzialen, Kosten- und Leistungszusammenhängen, zur Darstellung von Entscheidungsgrundlagen und Detailprozessanalysen.

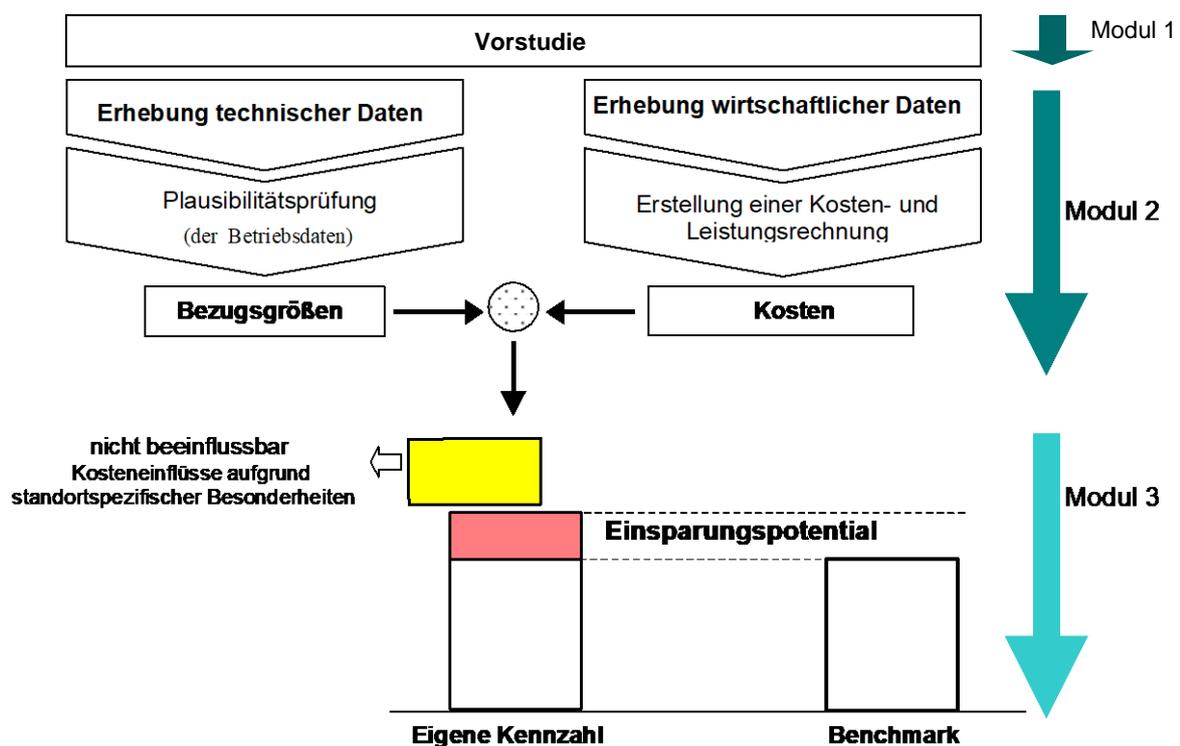


Bild 1: Vorgehensweise bei der Ermittlung von "Kennzahlen"

2.4 Voraussetzung für die Teilnahme am Benchmarking-Projekt

Für die Beteiligung am Benchmarking-Projekt werden aus technischer Sicht folgende Punkte vorausgesetzt um durch Einschränkungen die Vergleichbarkeit zu unterstützen:

- ⇒ Ausbaugröße der Kläranlage zwischen 5.000 und 200.000 EW
- ⇒ Einstufige oder zweistufige Belebungsanlagen
- ⇒ Abwasserreinigungsanlagen mit plausiblen Betriebsdaten
- ⇒ Anlagen, deren Kanalisation einen Bauabschnitt (auch in Ortsnetzen) enthalten, der innerhalb der letzten 5 Jahre errichtet wurde und folgende Spezifikationen erfüllt:
 - nur Schmutz- oder Regenwasserkanäle; keine Mischwasserkanäle,
 - Leitungsnennweite zwischen DN 200 und DN 400,
 - spezifische Leitungslänge pro Hausanschluss (Entsorgungsdichte) < 100 m,
 - keine Sonderverfahren in der Errichtung (grabenlos, Sprengfels, etc.),
 - Leitungsmaterialien Beton, Steinzeug und PVC
 - keine Sonderverfahren bei der Oberflächeninstandsetzung
- ⇒ Nachvollziehbarer ordnungsgemäßer Betrieb der Kanalisationsanlagen – Mitbetreuung von Ortsnetzen erwünscht

Das Forschungsprojekt umfasste sowohl den Bereich der Abwasserableitung als auch der Abwasserreinigung. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf den Teilbereich des Benchmarking für kommunale Abwasserreinigungsanlagen.

3 Methode

3.1 Vergleich der Anlagen mit Hilfe definierter Prozesse

Beim Benchmarking wird durch den systematischen Vergleich von Prozessen, Methoden und Produkten eine Grundlage für die Wirtschaftlichkeitssteuerung durch Identifizierung von Kosteneinsparungspotenzialen und Leistungseffizienzen geschaffen.

Für den Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen wurde ein Prozessmodell entwickelt, das erlaubt, Anlagen unterschiedlicher Verfahrens- und Betriebsweisen miteinander zu vergleichen. Es wurden die vier Prozesse mechanische Vorreinigung (Prozess 1), mechanische biologische Abwasserreinigung (Prozess 2), Schlammverdickung und Stabilisierung (Prozess 3) und weitergehende Schlammbehandlung und Schlammabfuhr (Prozess 4) untersucht.

3.2 Kosten- und Leistungsrechnung als Grundlage für das Benchmarking

Die Kosten- und Leistungsrechnung, die als Basis für einen Vergleich mehrerer Unternehmen herangezogen wird, hat speziell für ein Benchmarking wesentliche Aufgaben zu erfüllen, welche sich daran orientieren **Unterschiede bezüglich der Bemessungspraxis, des Alters, der Anforderungen an die Reinigungsleistung im Bewilligungsbescheid, der Verwaltungsstrukturen sowie des Reinigungsverfahrens vergleichbar zu machen.**

Wesentlich ist dabei, dass

- ⇒ bei allen Benchmarking-Teilnehmern eine einheitliche und vorab festgelegte Systematik in der Datenerfassung und Datengenerierung angewendet wurde.
- ⇒ Kostenarten so definiert wurden, dass gegebenenfalls verschiedenartige Buchungsmethoden bei den Teilnehmern zu vergleichbaren Kostenpositionen für das Benchmarking aggregiert werden konnten (kamerale und dopische Buchhaltung).
- ⇒ unterschiedliche Investitionsstrukturen (Finanzierung, Förderung, Anschaffungsjahr etc.) im Zuge eines vordefinierten Systems zu vergleichbaren Jahreskapitalkosten normiert wurden.
- ⇒ Jahreskosten der einzelnen Betriebe auf vordefinierte Haupt- bzw. Teilprozesse heruntergebrochen wurden, um durch betriebswirtschaftlich-technische Auswertungen vergleichbarer Kennzahlen und in weiterer Folge die Benchmarks ermitteln zu können.

3.2.1 Kostenartenschema

Zum Zwecke der Vergleichbarkeit und Übersichtlichkeit wurde für das Kostenrechnungssystem ein einheitliches, speziell auf die Bedürfnisse des Benchmarkingprojektes abgestimmtes Kostenartenschema entwickelt (Tabelle 1).

Um bei den Auswertungen und Vergleichen eine Unterscheidung in Kosten für den laufenden Betrieb und für Reparatur und Instandhaltung zu ermöglichen, wurden die Kostenarten *Personalkosten* und *Leistungen durch Dritte* für das Benchmarking nach folgenden Kriterien in diese zwei Bereiche gegliedert:

Laufender Betrieb: Hier wurden sämtlichen Personalkosten erfasst, welche dem laufenden Betrieb der Abwasserreinigung (routinemäßige Kanalkontrollen, Personalaufwand für die Schlammpresse, Messungen etc.) zuzuordnen waren.

Reparatur und Instandhaltung: Unter dieser Kostenart wurden ereignisbezogene Personalkosten erfasst, welche nicht vorhersehbar und zum überwiegenden Teil Reparaturaufwendungen zuzuordnen waren.

Differenzierung der Kostenarten bei den Kapitalkosten: Die Kapitalkosten wurden in drei unterschiedliche Kategorien gegliedert und getrennt nach baulichen bzw. maschinellen und elektrischen Anlagen dargestellt.

Instandhaltung versus Instandsetzung: Instandsetzungsaufwand ist jener Aufwand, der den Nutzungswert der Anlage wesentlich erhöht und/oder die Nutzungsdauer wesentlich verlängert. Instandhaltungsaufwand hingegen liegt vor, wenn es sich um laufende Reparaturarbeiten handelt, die nicht zu einem Austausch von wesentlichen Teilen einer Anlage führen bzw. nicht als Instandsetzungsaufwand anzusehen sind. Bei der Instandhaltung steht nur der Erhalt der Funktion im Vordergrund, bei der Instandsetzung wird Funktions- und Werterhaltung der Anlagen angestrebt. Auf Grund der Tatsache, dass die Unterscheidung zwischen Instandhaltungs- und Instandsetzungsaufwendungen einen sehr weiten Interpretationsspielraum offen lässt, wurde beim Benchmarkingprojekt primär auf eine Gleichbehandlung aller Teilnehmer geachtet.

Tabelle 1: Allgemeines Kostenartenschema

BETRIEBSKOSTEN	KAPITALKOSTEN
<p>Materialkosten u. Stoffkosten Werkstoffe f. Reparatur u. Instandhaltung Chemikalien Verbrauchsgüter d. laufend. Betrieb</p> <p>Personalkosten Laufender Betrieb Reparatur und Instandhaltung Bezüge der Organe</p> <p>Leistungen durch Dritte Laufender Betrieb Reparatur und Instandhaltung</p> <p>Energiekosten Strom Gas sonstige Energiebezüge</p> <p>Reststoffentsorgung</p> <p>Sonstige betriebliche Kosten Öffentliche Abgaben Verwaltung (Telefon, Büromaterial, etc.) Miet- und Pachtzinse (Leasing) Kosten für Kraftfahrzeuge u. Reisespesen Kostenbeiträge und Transferzahlungen Übriger betrieblicher Aufwand</p>	<p>Anlagenabschreibung (kalk.) - baulich - maschinell bzw. elektrisch</p> <p>Geringwertige Wirtschaftsgüter</p> <p>Kalkulatorische Zinsen - baulich - maschinell bzw. elektrisch</p> <p>Geldverkehrsspesen</p>

3.2.2 Kostenstellenschema

Einen wesentlichen Bestandteil der Kosten- und Leistungsrechnung, insbesondere in Hinblick auf ein Benchmarking relativ inhomogener Teilnehmer, bildet das standardisierte Kostenstellenschema (Bild 1). Bei der Konzeption wurde primär darauf geachtet, dass einzelne Haupt- bzw. Teilprozesse der Abwasserreinigung gesondert abgebildet werden können.

- ⇒ Durch die leistungsspezifische Kostenzuordnung zu den einzelnen Kostenstellen konnten die Jahreskosten pro Verband und pro Prozess bzw. Kostenstelle (z.B. Gesamtkosten der ARA, der mechanischen Vorreinigung alleine, etc....) dargestellt, verglichen und analysiert werden.
- ⇒ Übergeordnete Kosten wurden in sogenannten Hilfskostenstellen (Labor, Werkstätte usw.) erfasst. Diese Kosten wurden nach Ermittlung der Kostenstellenergebnisse nach einheitlichen Gesichtspunkten auf die Hauptkostenstellen umgelegt.
- ⇒ Die Kosten der einzelnen Kostenstellen wurden jedoch nicht nur en bloc vor, sondern auch aufgegliedert nach den jeweiligen Kostenarten, z.B. Personalkosten, Kapitalkosten, Chemikalien entsprechend dem o.a. Kostenartenschema erhoben.

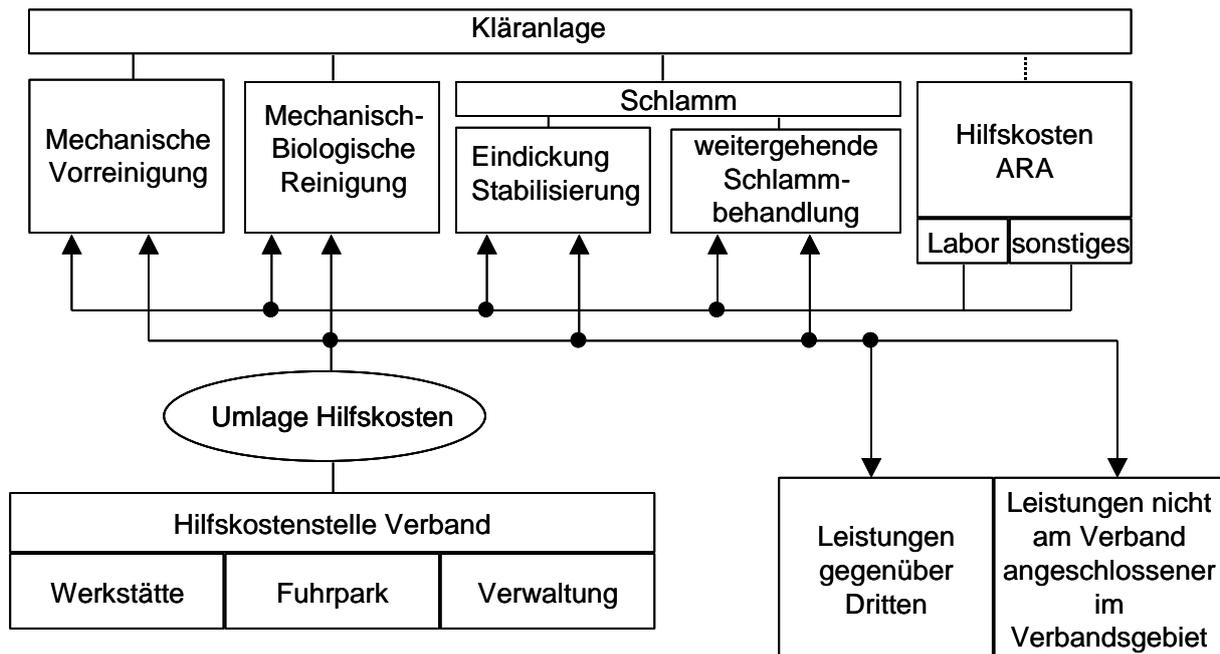


Bild 2: Kostenstellenschema

Im Projekt konnte die Aufteilung der Kosten auf die einzelnen Kostenstellen teilweise nur im Nachhinein und pauschal vorgenommen werden, da eine Kostenrechnung und somit getrennte kostenrechnungsspezifische Datenerfassung zum Zeitpunkt der Verbuchung nicht erfolgte. Ein Großteil der Kosten, insbesondere die Personalkosten, konnten auf Basis der Stundenaufzeichnungen, welche beim Projekt initiiert wurden, den jeweiligen Kostenstellen zugeordnet werden. Dabei wurde den Teilnehmern ein Stundenerfassungsschema übermit-

telt, welches für einen bestimmten Zeitraum mit den tatsächlichen Leistungs- und Zeitaufzeichnungen der einzelnen Mitarbeiter ausgefüllt wurden.

Die Analyse des detaillierten Datenmaterials aufgegliedert in Kostenarten und Kostenstellen stehen nur dem Teilnehmer im jeweiligem Individualbericht zur Verfügung und stellen das eigentliche Instrument zur Kostenoptimierung dar.

3.3 Kennzahlenbildung

Die Datenerhebung wurde in Form eines Erhebungsbogens durchgeführt. Mit Hilfe dieser Daten wurde angestrebt einerseits die Prozesse möglichst genau zu beschreiben, und andererseits die Kosteneinflussfaktoren der einzelnen Prozesse zu erfassen. Die Erhebungsbögen wurden den Anlagenbetreibern zur Verfügung gestellt, und anschließend vor Ort gemeinsam mit Fachexperten von Ingenieurbüros ausgefüllt. Diese Fachexperten wurden vorher einer „Schulung“ unterzogen um möglichst einheitliche und damit vergleichbare Daten zu erhalten.

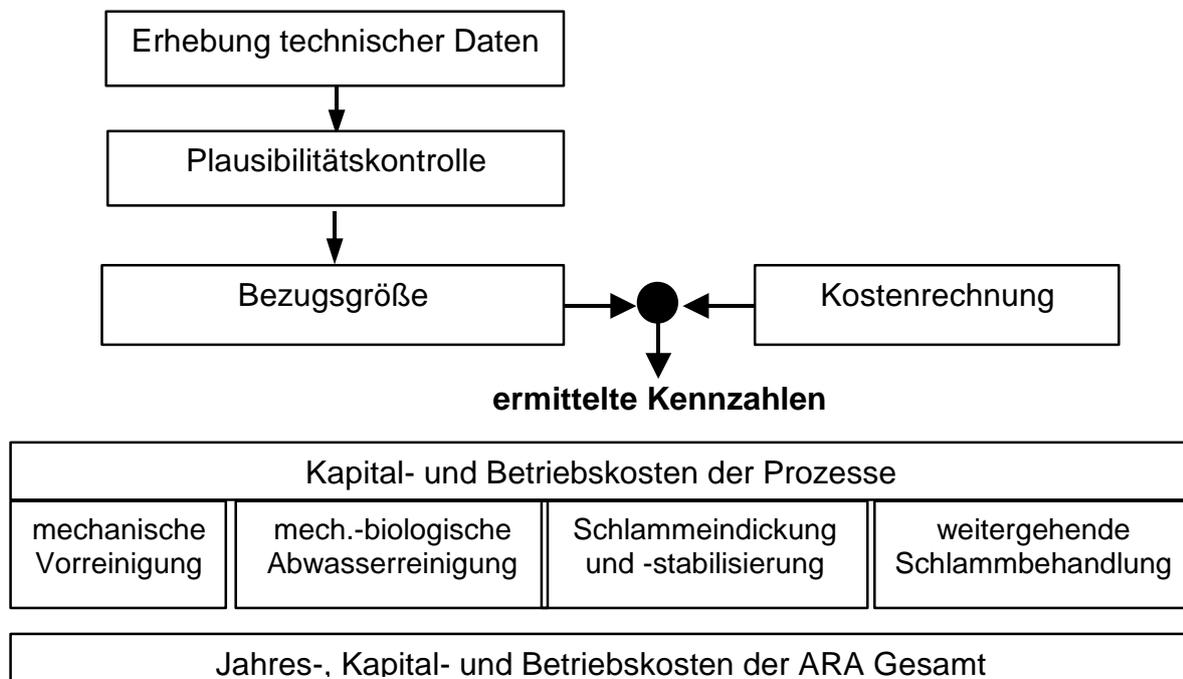


Bild 3: Vorgehensweise bei der Ermittlung der Kennzahlen der Abwasserreinigungsanlagen

Bevor die technischen Daten für die Berechnung und Ermittlung von Bezugsgrößen herangezogen werden können, ist es erforderlich, diese Daten bezüglich ihrer Plausibilität zu prüfen. Der Vergleich von Messwerten und deren Verhältnis zueinander mit Erfahrungswerten einerseits, und die Methode der Massenbilanzierung von geeigneten Parametern mittels Stoffflussanalyse andererseits, bieten ein geeignete Instrumente für eine wirkungsvolle Plausibilitätsprüfung der erhobenen technischen Daten.

Um aussagekräftige Kennzahlen berechnen zu können, ist es erforderlich, die erhobenen Kosten mit möglichst sensitiven technischen Bezugsgrößen zu verknüpfen. Für die Jahres-

kosten, die Gesamt-Betriebskosten und die Betriebskosten der vier Prozesse stellte sich die Bezugsgröße **EW-CSB110** als am besten geeignet heraus. Sie stellt ein Maß für die mittlere Belastung der Kläranlage mit organischer Verunreinigung während des Rechnungsjahres dar. Für die Berechnung der Einwohnerwerte wurde der CSB aus Gründen der Bilanzierbarkeit dem BSB₅ vorgezogen. Als Basis für die Berechnung der Einwohnerwert wurde von einer einwohnerwertspezifischen Fracht von 110 gCSB/d ausgegangen, da damit die beste Übereinstimmung mit der international üblichen Basis von 60 gBSB₅/EW/d erzielt werden konnte.

Für die Gesamt-Kapitalkosten und die Kapitalkosten des Prozesses 2 wird als Bezugsgröße die Kennzahl **EWnorm-Ausbau** verwendet. EWnorm-Ausbau ist die Belastung, ausgedrückt in EW, bei der die jeweils betrachtete Abwasserreinigungsanlage die gesetzlichen Mindestanforderungen der in Österreich gültigen Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser einhalten könnte. Als Grundlage für die Berechnung dieser Kennzahl wurde von den derzeit allgemein anerkannten Regeln der Technik für die Bemessung (ATV 131) [9] ausgegangen.

Für die Prozesse 1, 3 und 4 wird als Bezugsgröße die Kennzahl **EW-Ausbau** verwendet. EW-Ausbau ist jene Belastung in EW, für die die Abwasserreinigungsanlage tatsächlich geplant und errichtet wurde. Diese Angaben beziehen sich meist auf die BSB₅-Fracht, für die die Bemessung und Bewilligung der Anlage erfolgte.

Tabelle 2: 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			

3.4 Einteilung der Kläranlagen in Gruppen

Wie zu erwarten, zeigte sich eine starke Abhängigkeit spezifischer Kosten von der Kläranlagengröße. Um einen brauchbaren Kostenvergleich durchführen zu können, ist es erforderlich, die Anlagen entsprechend ihrer Größe in Gruppen einzuteilen, Die Gruppeneinteilung wurde entsprechend der Kennzahl EW-CSB110, also der mittleren Belastung der Anlage mit organischer Verunreinigung im Rechnungsjahr, vorgenommen. Die Gruppeneinteilung wurde so gewählt, dass innerhalb der Gruppe kein signifikanter Einfluss der Kläranlagengröße auf die spezifischen Kosten feststellbar war. Mit dieser Zielvorstellung konnten 5 Gruppen von Kläranlagengrößen unterschieden werden: <5000 EW, 5000 bis 12.000 EW, >12.000 bis 25.000 EW, <25.000 bis 50.000 EW und >50.000 (bis 500.000 EW).

3.5 Definition von Benchmarkanlagen, Benchmarkbereich und Benchmarks

Benchmarkanlagen sind Kläranlagen, die folgende Kriterien erfüllen:

- Die gesetzlichen Mindestanforderungen an die Reinigungsleistung (1. Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser) [10] wurden während des Rechnungsjahres eingehalten
- Der Erfolg der Plausibilitätsprüfung der technischen Daten ist positiv
- Die Abwasserzusammensetzung ist charakteristisch für kommunales Abwasser, also kein dominanter Einfluss von Industrieabwasser
- Die spezifischen Kosten liegen im Benchmarkbereich.

Bei der Veröffentlichung der Ergebnisse eines Benchmarkprojektes muß sichergestellt werden, dass die angegebenen günstigsten spezifischen Kosten auch tatsächlich eingehalten werden können. Diesbezügliche Zahlenangaben dienen nur dem sogenannten „externen Benchmarking“, also z.B. dem nationalen und internationalen Vergleich von spezifischen Kosten und nicht der Optimierung der Kosten der Benchmarkingteilnehmer. Für das „externe Benchmarking“ wurde daher der Begriff „Benchmarkingbereich“ geschaffen und für jede Größen-Gruppe von Kläranlagen zahlenmäßig ausgewiesen. Der **Benchmarkbereich** gibt jene spezifischen Kosten an, die unter Berücksichtigung der methodenbedingten Ungenauigkeit bei den günstigsten Anlagen erreicht werden können. Er ergibt sich aus der Summe der niedrigsten spezifischen Kosten von potentiellen Benchmarkanlagen (=Benchmarks) und eines prozentuellen Aufschlages.

Die Höhe des prozentuellen Aufschlages zur Ermittlung des Benchmarkbereiches berücksichtigt einerseits die datenbedingten Unsicherheiten sowie die natürlichen Schwankungen der Zulaufdaten von Jahr zu Jahr und andererseits die Unsicherheiten bei der Kostenzuordnung – z.B. von Personalkosten, aber auch von Reparatur und Instandhaltungskosten, die ebenfalls von Jahr zu Jahr schwanken. Die Höhe dieses Aufschlages wurde je nach Kostenart (Betriebs-, Kapital- und Jahreskosten) und Anlagengruppe auf Grund von Erfahrungswerten festgelegt. Bei kleinen Anlagen (Gruppe 1 und 2) sind die Schwankungen und Unsicherheiten der Daten stärker ausgeprägt als bei großen Anlagen, deshalb wurde der Ausgleichsprozentsatz bei den Betriebskosten mit 20 % und bei großen Anlagen mit 10 % angesetzt (Tab. 3).

Tabelle 3: Prozentsätze zur Berechnung des Benchmarkbereiches

	Gruppen 1 und 2	Gruppen 3, 4 und 5
Betriebskosten	20 %	10 %
Kapitalkosten	10 %	10 %
Jahreskosten	15 %	10 %

Für die Kostenoptimierung der Benchmarkingteilnehmer („internes Benchmarking“), dem primären Ziel des Projektes werden Benchmarks ausgewiesen, die nicht ohne weiteres für den Vergleich mit Anlagen herangezogen werden können, die nicht an dem Projekt beteiligt waren. Für jeden der Prozesse 1 bis 4 wird für jede Gruppe genau eine Benchmark definiert.

Benchmarks in jeder Gruppe sind die geringsten spezifischen Betriebskosten für den jeweiligen Prozess, die auf Benchmarkanlagen erreicht wurden. Die Unsicherheit der Daten und der Kostenzuordnung ist hier nicht berücksichtigt, weil sie eine geringere Rolle spielen als bei den Gesamtkosten

Wie die Datenanalyse der Kapitalkosten gezeigt hat, ist die Datendichte plausibler Daten in den einzelnen Prozessen so gering, dass die Festlegung von Benchmarks für die Kapitalkosten der Einzelprozesse als nicht sinnvoll erachtet wurde.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Benchmarkbereich der Betriebs-, Kapital- und Jahreskosten

Bei den Betriebskosten führt die Auswertung der Daten je nach Anlagengröße zu einem Benchmarkbereich zwischen ca. 10 (Gruppe 5) und 22 €/EW-CSB110 und Jahr (Gruppe 1), siehe Tabelle 4 und Bild 3.

Der Rückgang des Benchmarkbereiches der spezifischen Betriebskosten von Größengruppe zu Größengruppe ist annähernd gleich groß und beträgt ca. 3 €/EW-CSB110 und Jahr. Es folgt daraus, dass es richtig war, nur Anlagen ähnlicher Größe hinsichtlich der spezifischen Betriebskosten direkt zu vergleichen.

Tabelle 4: Zusammenfassung der festgelegten Benchmarkbereiche

<u>Benchmarkbereich</u>	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Betriebskosten [Euro/EW-CSB-110*a]	22,0	18,8	15,9	12,7	10,3
Kapitalkosten [Euro/EWnorm-Ausbau*a]	37,2	20,6	19,0	13,7	10,7
Jahreskosten [Euro/EW-CSB-110*a]	70,9	66,4	35,5	34,7	26,0

Der festgelegte Benchmarkbereich der Kapitalkosten der einzelnen Gruppen kann der Tabelle 4 entnommen werden. Der große Unterschied bei den spezifischen Kapitalkosten zwischen den Gruppen 1 und 2 ist auf die spezifisch höheren Errichtungskosten kleiner Anlagen und die vergleichsweise geringere Auslastung zurückzuführen. Bei den Betriebskosten ist dieser Effekt dagegen kaum festzustellen. Es muss auch festgestellt werden, dass das Sample der Gruppe 1 viel kleiner ist als in den anderen Gruppen, sodass die Repräsentativität der Kostenangaben nicht gesichert ist.

Der Benchmarkbereich der belastungsspezifischen Jahreskosten liegt zwischen ca. 26 €/EW-CSB110 (Gruppe 5) und 71 €/EW-CSB110 (Gruppe 1), (Bild 3). Im Gegensatz zu den kapazitätsspezifischen Kapitalkosten sinkt bei den Jahreskosten der Benchmarkbereich zwischen der Gruppe 2 und 3 von ca. 66 €/EW-CSB110 auf 35 €/EW-CSB110. Dieser unerwartet hohe Unterschied bei den Jahreskosten wurde näher untersucht. Dabei wurde festge-

stellt, dass die Anlagen der Gruppen 1 und 2 eine Auslastung von deutlich unter 100 % aufweisen, hingegen die Anlagen der Gruppen 3 bis 5 im Mittel mit 100 % oder mehr ausgelastet sind (Bild 4).

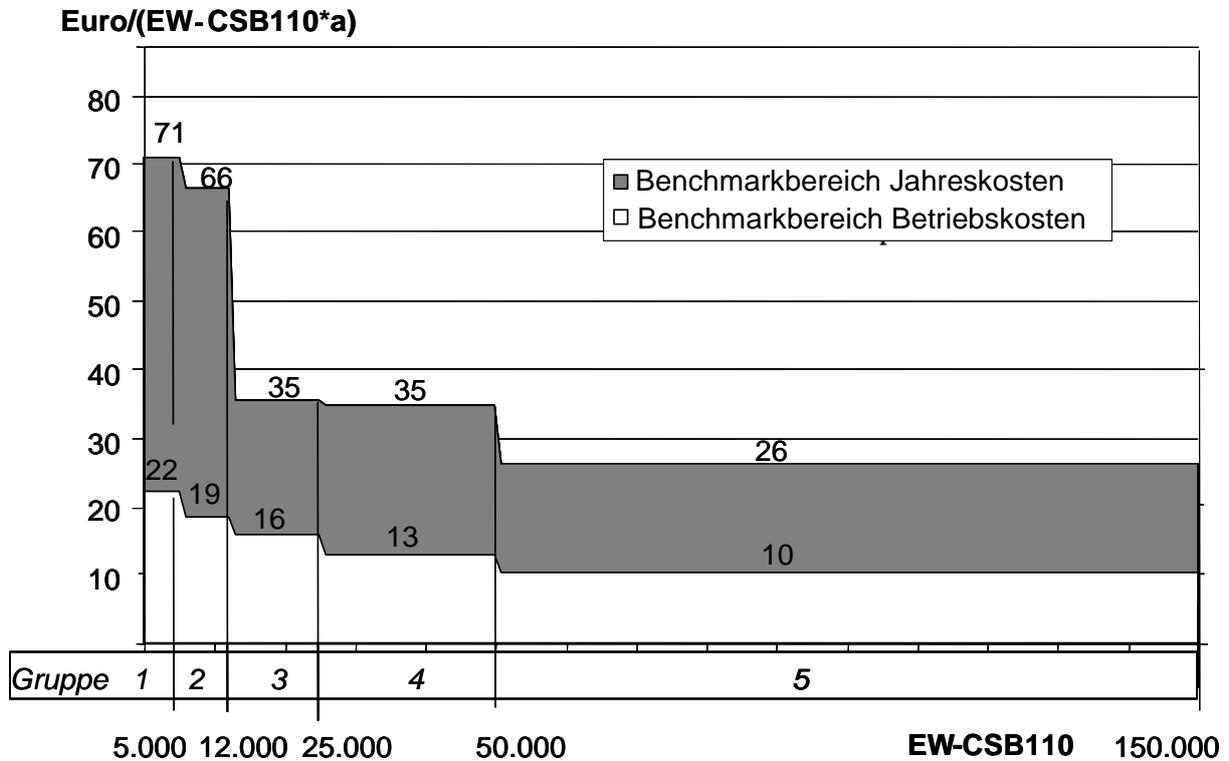


Bild 4: Benchmarkbereich der Betriebs- und Jahreskosten der Gruppen

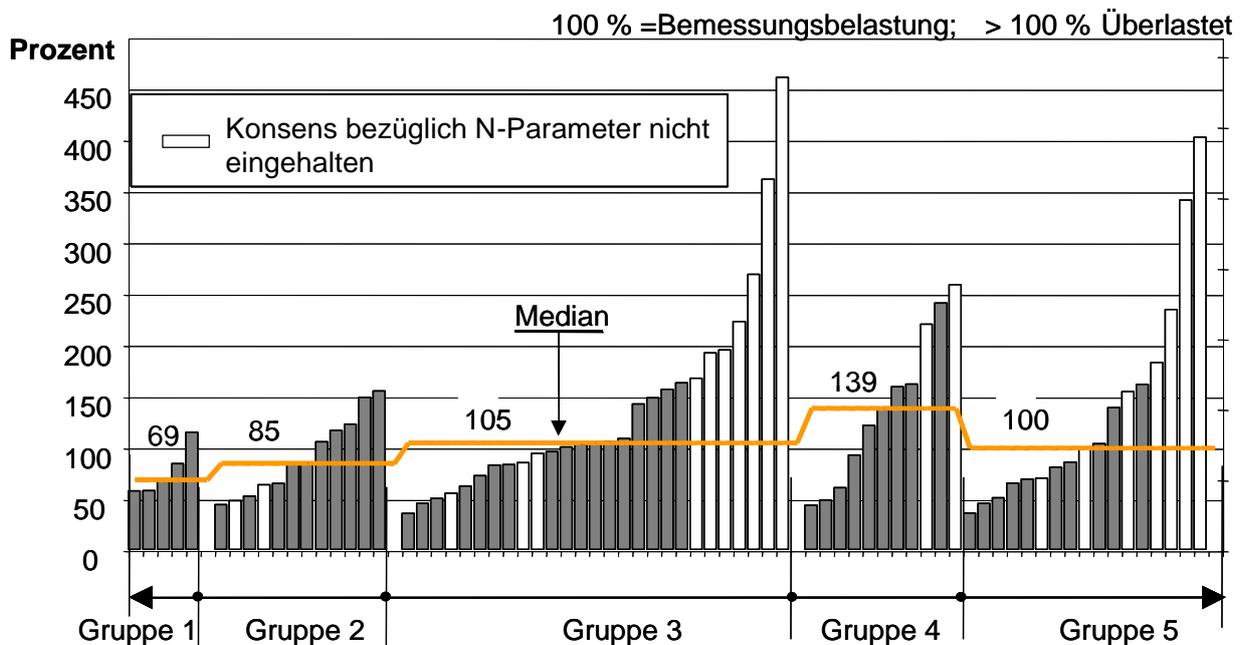


Bild 5: Auslastung der Kläranlagen in Prozent der fünf Gruppen

Die Berechnung der **Auslastung** wurde beim Benchmarkingprojekt auf Basis der im Untersuchungsjahr aufgetretenen „Bemessungsbelastung“ (höchstes Monatsmittel der CSB-Zulaufbelastung zur Zeit der niedrigsten Temperatur) durchgeführt. Für diesen Bemessungsfall wurde, unter Verwendung der anlagenspezifischen Daten (Schlammindex) das erforderliche Volumen laut ATV/DVWK A131 ermittelt. Die Auslastung in Prozent ergibt sich schließlich aus dem Verhältnis der errechneten Volumina zu den vorhandenen Volumina [7].

4.2 Betriebskostenbenchmarking der Prozesse

Der Vergleich der Betriebskosten der Prozesse hat gezeigt, dass die Betriebskosten zu ca. 45 % von der mechanisch biologischen Abwasserreinigung inklusive Schlammstabilisierung verursacht werden. Die restlichen 55 % müssen der mechanischen Vorreinigung (nur Rechen, Sandfang) bzw. hauptsächlich der weitergehenden Schlammbehandlung zugerechnet werden. Die Benchmarks der Betriebskosten in den einzelnen Prozessen können der Tabelle 4 entnommen werden.

Tabelle 5: Zusammenfassung der Betriebskostenbenchmarks der einzelnen Prozesse und Gruppen

[Euro/EW-CSB110]	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Benchmark P1	1,2	1,7	1,4	1,0	0,9
Benchmark P2	10,0	8,1	6,5	3,1	2,3
Benchmark P3	-	-	1,82	0,65	0,87
Benchmark P4	7,3	5,5	5,7	5,5	3,8

4.3 Theoretisches Einsparungspotenzial

Für die Betriebskosten wurde ein **theoretisches Einsparungspotenzial** ermittelt, das der Summe der Abweichung der ermittelten tatsächlichen Kosten vom festgelegten Benchmarkbereich entspricht. Die mit den EW-CSB110 gewichtete Summe der Abweichungen der tatsächlichen Betriebskosten vom Benchmarkbereich im Verhältnis zu den gesamten tatsächlichen Betriebskosten ergibt das theoretische Einsparungspotenzial. Bei dieser Berechnung werden die Differenz der Betriebskosten von Anlagen die unter dem angegebenen Benchmarkbereich liegen und keine Benchmarkanlagen sind, mit einem negativen Vorzeichen versehen. Sie tragen daher zu einer Verringerung des Einsparungspotentials bei. Dabei wurde davon ausgegangen, dass bei ordnungsgemäßem Betrieb bzw. korrekten Daten die spezifischen Betriebskosten dieser Anlagen etwa den Kosten des Benchmarkbereiches entsprechen müssten. Wie viel vom theoretisch errechneten Einsparungspotenzial für die Benchmarkingteilnehmer von ca. 16 % der Betriebskosten tatsächlich umgesetzt werden kann, ist von vielen standortspezifischen Besonderheiten abhängig.

4.4 Kosteneffizienz für den Gewässerschutz

Bei der Untersuchung der Kosteneffizienz für den Gewässerschutz hat sich gezeigt, dass es keine statistische Abhängigkeit der Betriebskosten von der Qualität der Reinigungsleistung gibt. In Bild 5 sind die spezifischen Betriebskosten in Abhängigkeit vom erzielten Reinigungseffekt, quantifiziert durch den Leistungskennwert nach ÖWAV-Arbeitsbehelf 9 [11] dargestellt. Der Leistungskennwert (= LW) ist eine quantitative Beurteilung der nach der Reinigung im Ablauf verbleibenden Gewässerbelastung, wobei die maßgebenden Einflussfaktoren (CSB, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ und Pges.) als Eingangsparameter verwendet werden. Um die Vergleichbarkeit der Anlagen untereinander zu verbessern, wird der Leistungskennwert (LW) mit dem Verdünnungsfaktor a auf Standardabwasserbeschaffenheit umgerechnet.

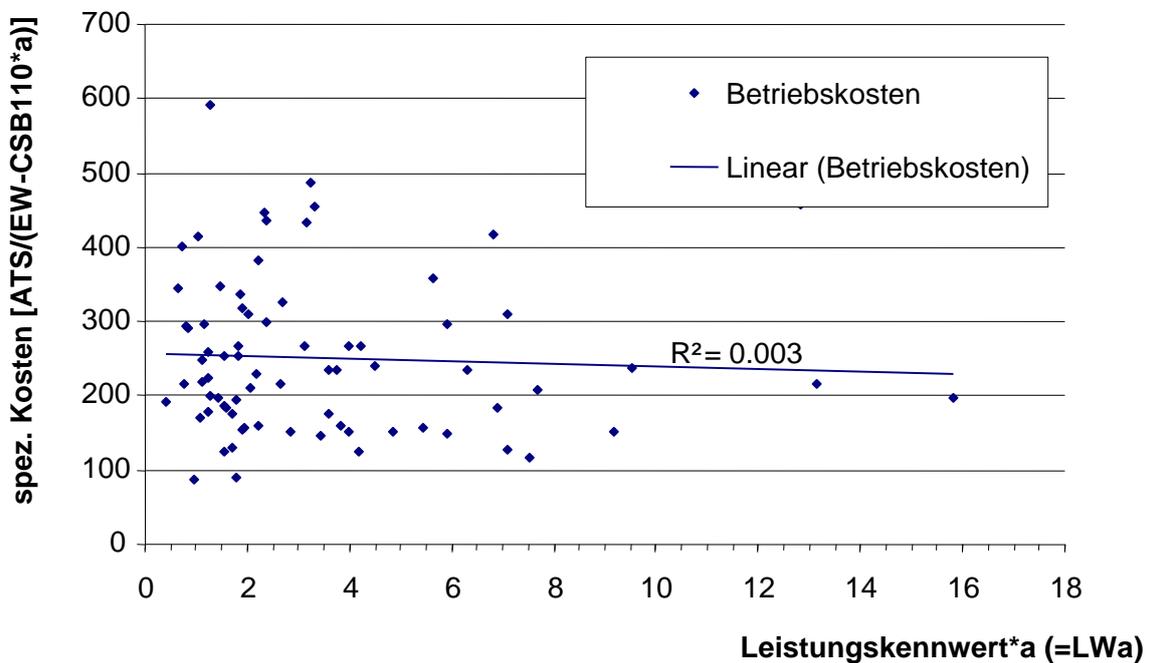


Bild 6: Spez. Betriebskosten in Abhängigkeit des Leistungskennwertes

Der Leistungskennwert ist ein Maß für das Sauerstoffzehrungs- und Eutrophierungspotenzial des Abwassers in den empfangenden Gewässern und ist daher vom methodischen Ansatz her mit den in Deutschland üblichen Sauerstoffbedarfsstufen bzw. Nährstoffbelastungsstufen nach ATV-M260 [12] beziehungsweise mit der von Ødegaard 1995 [13] vorgestellten Methode vergleichbar.

Je kleiner der Leistungskennwert, desto höher der Nutzen der eingesetzten Betriebskosten. Daraus kann abgeleitet werden, dass eine Optimierung der Betriebsführung hinsichtlich des Kosten-Nutzen-Verhältnisses dahingehen muss, die Reinigungskapazität der vorhandenen Anlagen möglichst weitgehend auszunutzen. Diese Forderung wird zusätzlich untermauert, wenn man die Kapitalkosten für Kanal und Kläranlage (>80% der Jahreskosten für die Abwasserentsorgung) mit berücksichtigt, und als Fixkosten betrachtet.

4.5 Detailprozessanalysen – Sauerstoffzufuhr

Die sehr detaillierte Erfassung der technischen und betriebswirtschaftlichen Daten erlaubt auch sehr interessante Analysen von Detailprozessen. Dort sind die absoluten Zahlen zwar mit größeren Unsicherheiten behaftet, aber die relativen Größen können für die Beurteilung von Zusammenhängen verwendet werden. Dies soll hier am Beispiel der Sauerstoffversorgung erläutert werden.

Eine Untersuchung der unterschiedlichen Regelungsarten für die Sauerstoffzufuhr führte zu folgendem Ergebnis: 8 Anlagen regeln ihr Belüftungssystem per Hand, 6 Anlagen verwenden eine Regelung nach der Ammoniumkonzentration, 4 Anlagen verwenden eine Regelung nach dem Redoxpotenzial, 12 Anlagen haben eine starre Zeit-Pausen-Steuerung und 30 Anlagen eine variable Zeit-Pausen-Regelung im Einsatz. Von den restlichen Anlagen wurden keine Angaben zum verwendeten Regelungskonzept gemacht. Zuerst kann festgestellt werden, dass das gewählte Regelkonzept kaum Einfluss auf den spezifischen Energieverbrauch hat, was nicht erwartet wurde. Auffällig ist jedoch, dass bei mehr als der Hälfte der Anlagen, die die Abwasseremissionsverordnung [10] nicht einhalten, kein Regelkonzept angegeben wurde bzw. die Belüftung per Hand geregelt wird.

Neben dem Einfluss der unterschiedlichen Regelstrategien wurde die Auswirkung des Belüftungssystems auf den Energieverbrauch näher analysiert. Dabei stellte sich heraus, dass der Unterschied von Anlagen mit Drückbelüftungssystemen im Vergleich zu Anlagen mit Oberflächenbelüfter deutlich niedriger ist als die Schwankungsbreite der Werte innerhalb des jeweiligen Belüftungssystems. Dies ist umso bemerkenswerter, da aufgrund von Literaturangaben [14] bezüglich Sauerstofftrag unter Betriebsbedingungen wesentliche Unterschiede der Belüftungssysteme erwartet hätten werden können.

4.6 Repräsentativität

Für die Österreichweite Gültigkeit der Aussagen ist die Repräsentativität der untersuchten Anlagen entscheidend. Zusammenfassend kann gesagt werden dass die Studie für ca. 75% der österreichischen Kläranlagenkapazität - Kläranlagen mit einer Ausbaugröße zwischen 5.000 und 500.000 EW - repräsentativ ist. Noch nicht ausreichend gesichert repräsentativ ist die Studie für die vielen sehr kleinen Kläranlagen (unter 5.000 EW) und für die 3 Großanlagen über 500.000 EW.

5 Schlussfolgerungen

Neben der Einführung einer neuen Methodik der eindeutigen Zuordnung von technischen und wirtschaftlichen Kenngrößen für den Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen konnten eine Reihe interessanter Einblicke und Erkenntnisse gewonnen werden, die primär für die Anlagenbetreiber selbst, aber auch für die Wissenschaft und die Politik, und damit auch für den Bürger, von Interesse sind:

- Die öffentlichen Betriebe der Abwasserentsorgung in Österreich sind selbst um Kostensenkung bemüht und wirtschaften im internationalen Vergleich – selbst bei sehr guter Qualität der Leistung - sehr kostengünstig.
- Abwassergebühren bezogen auf einen Kubikmeter Trinkwasser stellen keine brauchbare Größe für Wirtschaftlichkeitsvergleiche dar.
- Brauchbare Vergleichsgrößen entstehen, wenn tatsächliche Kosten z.B. in Bezug zur mittleren Schmutzfracht im Zulauf zur Kläranlage und ihre normierte Ausbaugröße dargestellt werden.
- Es gibt keinen statistischen Zusammenhang zwischen der Reinigungsleistung der Kläranlagen und den Betriebskosten.
- Das errechnete theoretische Einsparungspotenzial bei den Betriebskosten der untersuchten 76 Kläranlagen (25 % der österreichischen Kläranlagenkapazität) liegt im gewichteten Mittel bei 16 Prozent.
- Das individuelle Einsparungspotential jeder einzelnen Anlage kann nur mit Hilfe einer detaillierten Analyse der definierten Leistungen ermittelt werden. Pauschalisierte Aussagen sind aufgrund mangelhafter Genauigkeit weder zweckmäßig noch zulässig.

Mit der theoretisch entwickelten und in der Praxis erprobten Methodik sind die Voraussetzungen geschaffen, dass Betreiber von Abwasserentsorgungsanlagen ihre Einsparungspotentiale im Detail erkennen können. Durch Vergleich mit den Benchmarks und durch Informationsaustausch mit den Betreibern von Benchmarkanlagen können dann Einsparungspotentiale umgesetzt werden. Darüber hinaus ermöglicht die Detailanalyse wertvolle Einblicke in generelle Zusammenhänge zwischen Kosten und Leistungen in der Abwasserentsorgung.

Mit der Entwicklung der Methodik und deren erfolgreicher Anwendung bei diesem Projekt wurde ein erster sehr wesentlicher Schritt für die Einführung des Controlling Instrumentes Benchmarking in der überwiegend öffentlich betriebenen Abwasserwirtschaft gesetzt. Benchmarking stellt keinen punktuellen sondern einen kontinuierlichen Prozess dar. Für die weitere Vorgehensweise ist es daher wesentlich, die beim Projekt gewonnenen Erkenntnisse umzusetzen und ein kontinuierliches Benchmarking zu etablieren, sowie dieses auf möglichst alle österreichischen Abwasserentsorgungsanlagen auszudehnen. Dies ist derzeit in Österreich im Gange.

6 Literatur

- [1] Neuhold G. (1999): Die Stadt Zürich im europäischen Vergleich – Ergebnisse, Maßnahmen. Tagungsunterlagen, 2. Internationales Symposium von ATV, ÖWAV, VSA und RIONED "Betriebswirtschaft und Organisation der Abwasserentsorgung", 22.-23.11., München
- [2] Schulz A., Schön J., Schauerte H., Graf P., Averkamp W. (1998): Benchmarking in der Abwasserbehandlung. Korrespondenz Abwasser, 45, 2297 - 2302.

- [3] Schulz A. (1999): Benchmarking in der Abwasserbeseitigung – Grundlagen, Methodik, Beispiele. Tagungsunterlagen, 2. Internationales Symposium von ATV, ÖWAV, VSA und RIONED "Betriebswirtschaft und Organisation der Abwasserentsorgung", 22.-23.11., München
- [4] Wibbe S. (1999): Benchmarking in der Abwasserwirtschaft. Korrespondenz Abwasser, 46, 1432 - 1436.
- [5] Wiesmann J. (1999): Neue Wege zum Benchmarking für Betreiber. ATV-Bundes- und Landesgruppentagung, 28.-29.9., Mainz. ATV-Schriftenreihe - Band 17, 257 - 280.
- [6] ISO (2003): Management of Wastewater Systems, ISO/TC224, Working Group 4, Meeting for the preparation of the 1st Working Draft, Vienna
- [7] IWA (2002): Performance Indicators for wastewater service, Working Version 4, International Water Association, Madrid
- [8] Kroiss et al., (2001): Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft – Erfassung und Vergleich von technischen und wirtschaftlichen Kennzahlen in der Siedlungswasserwirtschaft. Ministerium für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
- [9] ATV-DVWK-A 131 (2000): Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen ab 5000 Einwohnerwerten. Abwassertechnische Vereinigung e.V. (ATV), Hennef
- [10] BUNDESGESETZBLATT für die Republik Österreich (1996): Begrenzung von Abwasseremissionen aus Abwasserreinigungsanlagen für Siedlungsgebiete (1. AEV für kommunales Abwasser), 210. Verordnung, Stück 67
- [11] ÖWAV-Arbeitsbehelf Nr. 9 (2000): Kennzahlen für Abwasserreinigungsanlagen, Teil 1: Ablaufqualität – Bewertung und Beurteilung, Österreichischer Wasser und Abfallwirtschaftsverband, Wien
- [12] ATV-DVWK-M 260 (2001): Erfassung, Darstellung, Auswertung und Dokumentieren der Betriebsdaten von Abwasserbehandlungsanlagen mit Hilfe der Prozessdatenverarbeitung, Abwassertechnische Vereinigung e.V. (ATV), Hennef
- [13] Ødegaard, H.(1995): "Environmental impact and cost efficiency in municipal wastewater treatment". Proc. of the Fifth Stockholm Water Symposium, 13-18. August, Stockholm
- [14] WAR-Schriftenreihe Band 54 und 134 (1991 und 2001): „Belüftungssysteme in der Abwassertechnik“ und „Neues aus der Belüftungstechnik“, Abwassertechnische Seminare, TU-Darmstadt

Anschrift der Verfasser:

DI Stefan Lindtner

Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft

Technische Universität Wien

Karlsplatz 13/226

A-1040 Wien

Tel.: +43/1/58801-22613

Fax.: +43/1/58801-22699

E-Mail: lindtner@iwag.tuwien.ac.at