

Zukunftsfähige Systeme zur Regenwasserbehandlung brauchen datenbasierte Betriebs-, Planungs- und Vollzugskonzepte

Jörg Rieckermann¹, Günter Gruber², Holger Hoppe³

¹Eidgen. Anstalt für Wasservers., Abwasserreinigung und Gewässerschutz
(Eawag), Überlandstrasse 133, CH - 8600 Dübendorf

²Technische Universität Graz, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und
Landschaftswasserbau, Stremayrgasse 10/I, A - 8010 Graz

³Dr. Pecher AG, Klinkerweg 5, D - 40699 Erkrath

Kurzfassung: In der Siedlungsentwässerung in Deutschland, Österreich und der Schweiz basieren viele Massnahmenplanungen nicht auf Messdaten, sondern auf Annahmen und auf Vorhersagen von Simulationsmodellen. Ausserdem werden Messdaten sehr wenig zur Leistungsbeurteilung und Erfolgskontrolle eingesetzt. In diesem Beitrag vergleichen wir deshalb zum ersten Mal den aktuellen Stand zur Verwendung von Messdaten im deutschsprachigen Raum, den wir in einem Diskurs-Prozess anhand von neun konkreten Fallbeispielen erarbeitet haben. Grundsätzlich zeigt sich eine grosse Variabilität im Umgang mit datenbasierten Konzepten, auch innerhalb der Länder. Sowohl in Österreich als auch in der Schweiz wird die Leistung von Entwässerungsnetzen praktisch nicht anhand von Messdaten überwacht und bewertet. Zur Qualitätssicherung scheint das deutsche Prüfstellen-Modell sehr interessant. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass gute Messdaten nicht nur zur sicheren Abwasserableitung und zum Gewässerschutz beitragen, sondern eine sehr breite positive Wirkung auf fast alle Ziele einer nachhaltigen Siedlungswasserwirtschaft haben. Ein datenbasiertes Management benötigt jedoch weitere Entwicklungen im politischen und organisatorischen Bereich sowie in der Ausbildung.

Key-Words: Messdaten, Modelle, Betrieb, Planung, Erfolgskontrolle, Zielerfüllung, Qualitätsmanagement

1 Datenbasierte Konzepte für den Betrieb, die Planung und die Erfolgskontrolle liefern Mehrwert

Datenbasierte Strategien sind in den meisten Industriezweigen der Schlüssel für immense Effizienzsteigerungen. Bei einem Flugzeug ist deshalb ein typischer Antrieb mit mehr als 5.000 Sensoren ausgestattet und der extrem grosse A380 besitzt rund 10.000 Sensoren - in jedem Flügel (Marr 2017; Bobkoff 2015). Diese Sensoren überwachen den Zustand des Systems im Sekundentakt und helfen nicht nur, den aktuellen Betrieb zu optimieren, sondern auch dabei, Gefahren rechtzeitig zu erkennen. Drittens sind sie die Grundlage für gute Vorhersagemodelle, die auch die Unterhaltsplanung und Wartung verbessern, z. B. weil man gut vorausplanen kann, wann ein Antrieb ausgetauscht werden sollte. Das spart nicht nur Kosten, sondern rettet auch Leben.

Obwohl für ein typisches Entwässerungssystem auch Investitionen im Millionenbereich getätigt werden und urbane Überflutungen Schäden im hohen Millionenbereich verursachen können (Marti, 2016), wird die Funktionsweise und Leistungsfähigkeit nicht flächendeckend überwacht. Im Vergleich zum Jumbojet, wo problemorientiert gemessen wird, sehen wir drei Hauptdefizite: Erstens werden in Entwässerungssystemen hauptsächlich hydraulische Variablen beobachtet und über Stoffströme und -dynamik ist vergleichsweise wenig bekannt. Zweitens fehlen in dezentralen Anlagen, wie z. B. Versickerungsanlagen oder technischen Adsorbern, Messungen komplett, obwohl die Elemente wichtige Funktionen übernehmen und Technologie zur verlässlichen Datenfernübertragung vorhanden ist. Drittens ist es dort, wo Daten in Leitsystemen aufgezeichnet werden, immer noch nicht selbstverständlich, dass sie für zukünftige Planungen sorgfältig geprüft, ohne Verlust von Information archiviert oder zwecks Erfolgskontrolle oder Fremdüberwachung von Regulatoren ausgewertet werden (Dittmer et al., 2015; Hoppe et al., 2016). Vielerorts werden sie von den Betreibern noch nicht einmal in ihren Jahresberichten dokumentiert.

Dieses Nicht-Wissen oder Nicht-Verwenden vorhandener Informationen über die tatsächliche Leistungsfähigkeit unserer Entwässerungssysteme erstaunt umso mehr, als dass sich die Aufgaben der Entwässerungsplaner

in den letzten Jahrzehnten grundlegend geändert haben. Vereinfacht gesagt haben unsere Grosseltern die Systeme gebaut, unsere Eltern sie benutzt und unsere Generation muss sie jetzt bewirtschaften und nachhaltig in die Zukunft führen (Lienert et al., 2015). Wo früher Sanitär-Ingenieure Entwässerungsnetze “auf der grünen Wiese” neu geplant haben (Imhoff, 1951) und praktisch ohne Messtechnik auskommen mussten, müssen wir heute gute Lösungen für Herausforderungen durch Klimawandel und Spurenstoffeinträge aus Siedlungsgebieten finden und in die bestehenden Infrastrukturen möglichst gut integrieren. Dazu müssen wir aber die tatsächliche Leistungsfähigkeit unserer Entwässerungssysteme gut kennen.

Leider stellen wir fest, dass die Akteure im Bereich der Siedlungsentwässerung zwar sehr gut darin sind, Berechnungswerkzeuge zu verfeinern und weiterzuentwickeln, aber bei den organisatorischen Prozessen, bei den Planungsabläufen und bei den Vollzugskonzepten immer noch in der Vergangenheit festsitzen. So sind einerseits detaillierte Vorhersagen möglich, wie Niederschlagsvorhersagen mit Wetterradar (Krämer, 2008), detaillierte Überflutungs- und Risikokarten (StEB, 2017) bis hin zur Echtzeitprognose der Badegewässer-Qualität (Engelke et al., 2016), andererseits wissen die Aufsichtsbehörden in der Schweiz und Österreich in der Regel nicht, wie häufig ein bestimmtes Regenüberlaufbecken unbehandeltes Mischabwasser ins Gewässer entlastet (Layer et al., 2015). Besonders irritierend ist, dass mancherorts Defizite nicht anhand von Messdaten identifiziert werden, sondern anhand von Hypothesen, d. h. Vorhersagen von Computermodellen. Diese Modelle werden zudem oft mit Standardwerten benutzt und nicht kalibriert und dabei dann einfach nicht genutzt, dass, obwohl das nicht nur von Jumbojets bekannt ist, ein genauer Abgleich der Modelle mit realen Messdaten einen grossen, zusätzlichen Mehrwert über das Systemverständnis liefert (Hoppe et al., 2016).

In diesem Beitrag möchten wir deshalb diskutieren, welche Überlegungen Betreiber, Planer und Vollzugsbehörden jetzt schon anstellen und welche Prozesse sie jetzt schon aufgleisen müssten, damit sie die Informationen von mehreren zehntausend Sensoren des Abwassersystems in der Zukunft (Blumensaat et al., 2017) einmal optimal nutzen werden können. Dazu haben wir in einem Diskurs-Prozess den aktuellen Stand zur Verwendung von Messdaten im deutschsprachigen Raum zusammengefasst

und anhand von neun konkreten Fallbeispielen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz systematisch ausgewertet.

Wir diskutieren auch aktuelle Entwicklungen am Beispiel der Regenwasserbehandlung im D-A-CH-Raum und bewerten dabei bestimmte Attribute, z. B. wie gut Messdaten derzeit in zentralen oder dezentralen Anlagen unserer Meinung nach zur Erfolgskontrolle verwendet werden. Das ist vor allem für zwei Punkte relevant: Erstens liefern wir einen vergleichenden Überblick des aktuellen Standes des evidenzbasierten Managements von Entwässerungssystemen in den drei Ländern, der so noch nicht durchgeführt wurde. Zweitens machen wir klare, informelle Vorschläge für vertretbare Messungen, die sich an den Stand der Technik anlehnen. Beispielsweise sollte unserer Meinung nach nicht an jedem Regenüberlauf eine Spurenstoff-Messkampagne durchgeführt werden. Allerdings sollten an allen Regenbecken die Einstaudauer und -häufigkeit gemessen werden, die Daten plausibilisiert und die Leistungen dokumentiert werden, z. B. in Jahresberichten. Darüber hinaus sollte man sie auch an entsprechende Stellen für Fremdkontrollen weiterleiten (s. Anforderung in NRW) oder in übergeordneten Lenkungskonzepten verwenden (z. B.: WRRL, GeolV in CH).

Diese Übersichtsarbeit ist natürlich sehr persönlich. Obwohl wir die Ergebnisse so weit wie möglich mit den Akteuren der Fallbeispiele abgestimmt haben, basiert sie weitestgehend auf der Erfahrung der Autoren. Nichtsdestotrotz liefert die vergleichende Analyse Einsichten, welche sich nur durch die Gegenüberstellung ergeben. Damit bietet sie eine Grundlage für bewertende Interpretationen, speziell für normative Aussagen zu einem möglichen idealen Zustand, den wir für die Zukunft anstreben könnten. Wir möchten damit nicht einen absoluten Qualitätsstandard vorschlagen, sondern vielmehr eine Diskussionsgrundlage liefern, um eine Kultur des evidenz- oder datenbasierten Managements von Abwassersystemen zu fördern. Da eine Gemeinde zukünftig nicht nur ihre 5 oder 20 oder 200 Regenbecken bewirtschaften muss, sondern zusätzlich die gute Funktionsweise von 50 bis 2.000 dezentralen Versickerungsanlagen, Speichern und technischen Adsorbern gewährleisten soll, sind datenbasierte Konzepte für Betrieb, Planung und Erfolgskontrolle wichtig.

2 Eine fallstudienbasierte, vergleichende Analyse von datenbasierten Betriebs-, Planungs- und Vollzugskonzepten in der Siedlungsentwässerung

Im Folgenden beschreiben wir, wie wir Systemgrenzen definiert und Systemelemente, z. B. Regenbecken, ausgewählt haben. Anschliessend schlagen wir wichtige Schlüsselattribute vor, z. B. die hydraulische Auslastung einer Behandlungsanlage, sowie Kategorien, um den Zustand bewerten zu können. Schliesslich analysieren wir, auf welche Ziele datenbasierte Konzepte eine positive Wirkung haben.

2.1 Festlegung der Systemgrenzen und -elemente für eine vergleichende Analyse

Generell gleichen sich die Entwässerungssysteme im D-A-CH-Raum physisch sehr und bieten sich für eine vergleichende Analyse an. Weil Umweltingenieure zwar gewohnt sind, zentrale und semi-zentrale Systeme zu managen, aber noch wenig Erfahrung mit dezentralen Systemen haben, beschränken wir den Vergleich auf die vier folgenden Themenfelder: i) Anlagen zur Regenwasserbehandlung (RÜB und RB/RKB), ii) typische, kleine Versickerungsanlagen, z. B. für behandlungspflichtiges Regenwasser eines Werkhofs, iii) den durchschnittlichen „Zustand“ einer mittelgrossen Region, welche von einer kompetenten Aufsichtsbehörde verwaltet wird, iv) das sozio-ökonomische System der Siedlungsentwässerung in dieser Region. Hier fassen wir verschiedene wichtige Punkte zusammen, z. B. die Kosten für Messungen und Organisationsstrukturen (siehe auch Tabelle 1).

Beim ersten Systemelement handelt es sich um semi-zentrale Anlagen, die, ähnlich wie Pumpwerke, oft organisatorisch vom Betreiber der Abwasserreinigungsanlage oder dem Abwasserzweckverband mitverwaltet werden. Diese Anlagen sind interessant, weil sie seit ca. 20 Jahren zunehmend mit Messtechnik ausgestattet werden. Was früher nur unter grossem Aufwand möglich war, ist jetzt bezahlbar und schafft, ähnlich wie beim A380, einen Mehrwert für die Betreiber. Hier ist allgemein akzeptiert, dass Messtechnik und Alarmmeldungen wertvoll für den Betrieb sind. Für mittel- und langfristige Planungen oder den Vollzug des Gewässerschutzes

ist das noch nicht überall der Fall. In diesem Bereich bestehen auch grosse Unterschiede zwischen den drei Ländern, sowohl was die Planungsvorgaben angeht (A128/102 vs. STORM vs. ÖWAV Regelblatt 19), als auch die Regulierung (Selbstüberwachungsverordnungen vs. nichts).

Beim zweiten Element, einer dezentralen Anlage, vergleichen wir eine typische kleine Anlage auf dem Werkhof einer Industrieanlage, wie sie in allen Ländern vorhanden sein kann. Solche dezentralen Bauwerke erfüllen eine wichtige Funktion für die sichere Abwasserableitung und den Gewässerschutz, nicht nur in Bezug auf einen guten chemischen Zustand, sondern auch hinsichtlich eines ausgeglichenen Grundwasser-haushalts (Abbildung 1). Im Gegensatz zu den zentralen und semi-zentralen Anlagen sind sie nicht immer organisatorisch als Betriebspunkt eingebunden und praktisch nicht mit Messtechnik ausgestattet. Daraus resultiert, dass i. d. R. wenig über deren tatsächliche Leistungsfähigkeit bekannt ist und bisher durchgeführte Kontrollen Defizite aufzeigen (Helmreich, 2016; Londong, 2011).

Drittens, interessiert es uns, wie der Zustand in Regionen ist, die von einer kompetenten und engagierten Aufsichtsbehörde betreut werden. Hat sie genug Einfluss auf die Betreiber, um darauf hinzuwirken, dass Daten ausgewertet und in Managementsystemen organisiert werden?

Viertens, vergleichen wir andere nicht-technische Faktoren, die den Umgang mit Messungen zum Teil direkt beeinflussen, wie z. B. deren Kosten, das Wissen über die tatsächliche hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalisationen oder Organisationsstrukturen.

2.2 Den idealen Zustand festlegen und Kategorien der Zielerfüllung beschreiben

Um die aktuelle Situation in den Fallbeispielen bewerten und vergleichen zu können, haben wir für jedes Attribut Kategorien definiert, die den Grad der Zielerfüllung zahlenmässig bewerten. In der Regel haben wir versucht, Kategorien mit elf Gruppen zu definieren und ihnen Werte zwischen 0 (gar nicht erfüllt) und 1 (voll erfüllt) zugewiesen. Die Kategorien haben in der Regel eine logische Ordnung und bauen aufeinander auf (Tabelle 2).

Wie oben beschrieben, versuchen wir ausserdem einen praktikablen „Stand der Technik“ vorzuschlagen. Dabei geht es uns ebenfalls um eine Diskussionsgrundlage, was aus Sicht von zwei Wissenschaftlern und einem beratenden Ingenieur mit viel Praxiserfahrung den meisten Betreibern zumutbar ist.

2.3 Die Wirkung von datenbasierten Konzepten auf eine nachhaltige Abwasserwirtschaft beurteilen

Um auszuloten, welche Wirkung gute Messdaten für Betrieb, Planung und Erfolgskontrolle haben, zeigen wir auf, welche Handlungsoptionen einer nachhaltigen Siedlungswasserwirtschaft positiv durch Messdaten beeinflusst werden. Dazu bedienen wir uns der Ziel-Hierarchie aus dem Projekt “sustainable water infrastructure planning” (SWIP) (Lienert et al., 2015) (Abbildung 1).

3 Fallbeispiele zeigen Unterschiede und Gemeinsamkeiten

Für jedes Land analysieren wir drei verschiedene Beispiele:

- 1. Ein vorbildlicher Entwässerungsbetrieb oder Verband.**
- 2. Ein typischer Entwässerungsbetrieb oder Verband**, vielleicht auch mit einem stärkeren Fokus auf der Abwasserreinigung als auf der Siedlungsentwässerung. Hier wird beispielsweise ein Jahresbericht über die Geschäftstätigkeit erstellt, der aber zu 95 % die Abwasserreinigung und nur zu 5 % die Entwässerung beschreibt.
- 3. Eine vorbildliche Region**, die von einer Aufsichtsbehörde mit fachlich gut bis sehr gut qualifiziertem Personal betreut wird. Die Behörde nimmt ihre regulatorischen Aufgaben gegebenenfalls mit eigenen Vollzugsverordnungen wahr.

Die Beispiele haben wir aus uns bekannten Entwässerungsnetzen ausgewählt. Die Resultate präsentieren wir aus Gründen des Datenschutzes anonymisiert. Die Gemeinden haben wir gemäss den oben genannten Attributen und Kategorien eingeschätzt und unsere Beurteilung, wenn

möglich, in Rücksprache mit Betreibern und Aufsichtsbehörden angepasst, um eine möglichst objektive Bewertung zu erreichen.

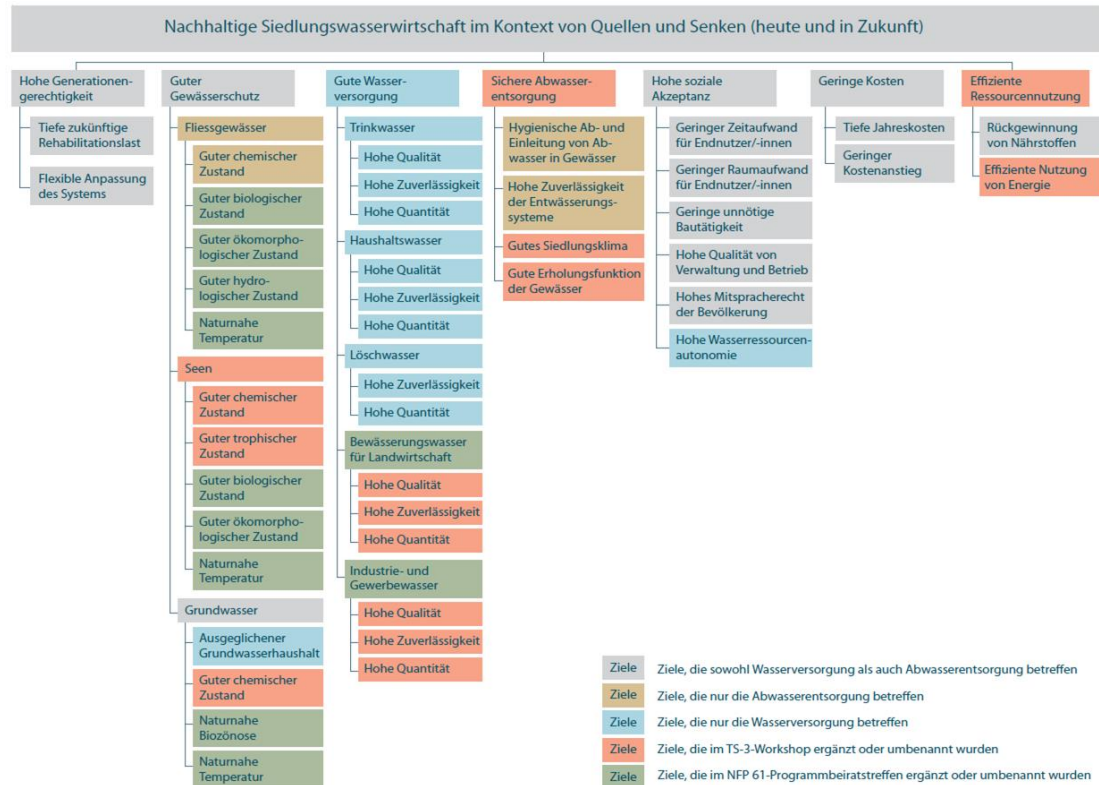


Abbildung 1 Ziele einer nachhaltigen Siedlungswasserwirtschaft im Kontext von Quellen und Senken (aus (Hoffmann et al. 2014)). Die Siedlungsentwässerung betreffen alle Ziele bis auf "Gute Wasserversorgung". Traditionell besonders wichtig sind "Guter Gewässerschutz", "Sichere Abwasserableitung" und "Geringe Kosten". In Zukunft wird die "Effiziente Ressourcennutzung" an Bedeutung gewinnen.

Tabelle 1: Charakteristiken der neun anonymisierten Fallbeispiele in dieser Studie.

Bsp.	Deutschland	Österreich	Schweiz
1	300.000 EW 200 Bauwerke	950.000 EW	75.400 EGW 20 Bauwerke
2	12.000 EW 10 Bauwerke	500.000 EW	30000 EGW 6 Bauwerke
3	Region in NRW mit rd. 2,0 Mio. EW	Region in Südösterreich mit 1,2 Mio. EW	Region im Nordosten der Schweiz mit 1.4 Mio. EW

4 Resultate

4.1 25 Attribute wurden ausgewählt

Für die ersten drei Systemelemente haben wir sechs Attribute ausgewählt, die stellvertretend für die gesamten Aufgaben des Betriebs, der Planung und der Erfolgskontrolle stehen. Im Wesentlichen möchten wir erfassen, ob hydraulische und/oder Qualitätsparameter gemessen werden (Nr. 1, 3), wie die Daten ausgewertet werden (2, 4) und wie diese zur Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle (5) sowie Planung (6) eingesetzt werden. Zusätzlich erfassen wir wichtige Attribute zu den Kosten von Niederschlags-Abfluss-Messungen in den verschiedenen Ländern, Wissen über die hydraulische Leistungsfähigkeit, und bewerten Instrumente zur Erfolgskontrolle sowie die Organisationsstruktur. Obwohl wir zwischenzeitlich eine grössere Auswahl in Betracht gezogen hatten, beschränken wir uns auf die 25 wichtigsten Attribute (Tabelle 2).

Für das Systemelement 1, "Messungen an Regenwasserbehandlungsbauwerken (RÜB und oder RKB; keine RÜ)", bewerten wir beispielsweise die folgenden Attribute:

1. **Hydraulische Auslastung:** Wir bewerten nicht nur, ob Einstauhäufigkeit und -Dauer gemessen werden, sondern auch an wie vielen Bauwerken. Laut Stand der Technik ist die Überlaufdauer an (wesentlichen) Bauwerken zu messen. In unserer Idealvorstellung misst ein Betreiber Entlastungsvolumina an mehr als der Hälfte der Bauwerke (wesentliche Einleitungen in das Gewässer).
2. **Auswertung der Messungen:** Wenn Zeitreihen von Wasserstand oder Entlastungshäufigkeiten vorliegen, müssen diese auch ausgewertet und für spätere Analysen archiviert werden. Gut wäre, wenn die Auswertungen bereits für eine Periode von 5 Jahren (oder länger) vorliegen und min. 50 % der Daten nutzbar sind (aktuell sind die Anteile fehlerhafter Datensätze z. T. deutlich grösser). In der idealen Welt stellt eine zeitnahe (mindestens monatliche) Prüfung und Einführung eines Messdatenmanagement-Systems (MDMS) eine „100%ige“ Nutzbarkeit sicher (s. auch DWA-M 151).

3. **Qualitätsmessungen:** Sind wünschenswert, um problemorientierte Massnahmen zu planen. Im einfachsten Fall werden durch Messungen Teileinzugsgebiete identifiziert, die überdurchschnittlich zur Gewässerbelastung beitragen. Stand der Technik sollten systematische Messkampagnen sein (im Idealfall sind sogar Messungen von zuverlässigen Online-Sonden vorhanden) z. B. weil sie an die spezifische örtliche Abwasserbeschaffenheit angepasst sind.
4. **Auswertung von Qualitätsmessungen:** Analog zu 2., wobei wir den Stand der Technik bei der Analyse von "klassischen" Parametern (AFS/GUS, CSB, ...) und Schwermetallen sehen. Die Messung von Spurenstoffen geht darüber hinaus.
5. **Verwendung der Daten zur Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle:** Wenn Messdaten vorhanden sind, sollten sie zur Betriebsoptimierung durch den Betreiber und idealerweise auch zur Erfolgskontrolle, sowohl durch den Betreiber als auch durch die Aufsichtsbehörde, verwendet werden. Da bei der reinen Sammlung von Daten die Gefahr besteht, dass Daten-Müllberge entstehen (Dittmer et al., 2015), sehen wir grosses Potenzial in einer Fremdüberwachung der Daten. Dies kann entweder durch die Aufsichtsbehörde im Dialog mit dem Betreiber geschehen, oder aber auch im Sinne eines Audits von einer externen Fachstelle. Solche Prüfstellen werden u. a. in Hessen und NRW erfolgreich für die periodische Kontrolle der Weiterleitmengen von Behandlungsanlagen (Drosselkalibrierung und Prüfung von Durchflussmessungen an Kläranlagen) eingesetzt.
6. **Daten als Grundlage von mittel- und langfristigen Planungen:** Dort, wo historische Daten der Funktionsweise des Entwässerungssystems in guter Qualität vorhanden sind, bieten sie eine sehr wertvolle Planungsgrundlage. Der Stand der Technik sollte sein, dass sie in der Hälfte der Planungen eingesetzt werden können. Im Idealfall stehen nicht nur Routinedaten zur Verfügung, sondern werden durch zusätzlich Messprogramme im Rahmen einer Planung ergänzt. Hinweise dazu gibt das DWA-Merkblatt M 151.

Tabelle 2: Betrachtete Systemelemente mit einer Auflistung aller betrachteten Attribute. Für Regenwasserbehandlungs- und Versickerungsanlagen schlagen wir die gleichen sechs Attribute vor, die angeben, ob hydraulische und/oder Qualitätsparameter gemessen werden, wie die Daten ausgewertet werden und wie sie zur Betriebsoptimierung, Planung und Erfolgskontrolle verwendet werden. Zusätzlich erfassen wir wichtige Attribute zu den Kosten von Niederschlags-Abfluss-Messungen, Wissen über die Leistungsfähigkeit, bewerten Instrumente zur Erfolgskontrolle und die Organisationsstruktur.

1	2	3
Bauwerk zur Regenwasserbehandlung	Versickerungsanlage	Sozio-Ökonomische Faktoren
Messung der hydraulischen Auslastung		Kosten einer N-A Messung
Auswertungen der hydraulischen Auslastung		Wissen über die hydraulische Leistungsfähigkeit
Qualitätsmessungen		Optimierungsgrad der Abwasserinfrastruktur (Netz-ARA-Gewässer)
Auswertungen der Qualitätsmessungen		Problemorientierte Zielvorgaben (hydraulische Belastung, Sauerstoff, Ammonium, AFS(fein))
Daten zur Betriebsoptimierung/Erfolgskontrolle verwendet		Praxistaugliche Zielvorgaben (gemäss heutigem Stand der Technik vollziehbar)
Daten als Planungsgrundlage verwendet		Rechtliche Vorgaben über die zu erbringende Leistungen
-		Organisationsstruktur

Beschreibungen der anderen Attribute sind in den Tabellen A1 bis A3 im Anhang aufgeführt.

4.2 Vorschläge zu Idealvorstellungen

Um den Grad der Zielerfüllung für die verschiedenen Attribute zu beschreiben, haben wir die ausformulierten Kategorien in Tabellen zusammengefasst.

In Tabelle 3 sind exemplarisch die Attribute und Ausprägungen für die Bewertung der Nutzung von Messungen an Bauwerken zur Mischwasserbehandlung dargestellt. Die entsprechende Information für die anderen Systemelemente dokumentieren wir im Anhang. Beispielhaft stellen wir hier die Vorschläge zur Bewertung der Attribute 1 und 20 vor:

Attribut 1: Messung der hydraulischen Auslastung an Regenbecken.

0 (ungenügend): Gar keine Messungen vorhanden, 5 (ausreichend):

Überlaufdauer bei weniger als 50 % der Behandlungsanlagen, 10 (sehr gut): Entlastungsvolumen wird bei > 50 % der Bauwerke gemessen.

Attribut 20: Wissensstand über die hydraulische Leistungsfähigkeit des Entwässerungssystems. 0 (ungenügend): Keine offizielle Studie durchgeführt, Wissen nur implizit bei Betreiber vorhanden, 6: Berechnungen eines Simulationsmodells, welches an temporäre punktuelle Messungen kalibriert wurde [1 Sensor/ 30 ha], 10 (sehr gut): Berechnungen mit einem an permanente, flächendeckende Messungen kalibrierten Simulationsmodell [1 Sensor/ ha].

Wie oben beschrieben, geben wir auch Hinweise zum aktuellen Stand der Technik (Orange eingefärbt in Tabelle 3). Beispielsweise finden wir, dass der Stand der Technik in Bezug auf Messungen von Qualitätsparametern im Mischabwasser bei einer systematischen Probenahme mit automatischen Probenehmern in mehreren Bauwerken liegt. Die Messung von Spurenstoffen oder der Einsatz von Online-Sonden ist zwar machbar, aber doch anspruchsvoll und geht noch über den Stand der Technik hinaus. Im Einzelfall können sie als ergänzende systemische Messungen sehr sinnvoll sein.

Tabelle 3 Bewertung der Nutzung von Messungen an Mischwasserbehandlungsbauwerken in der D-A-CH Region anhand von sechs Schlüssel-Attributen bezüglich Quantität, Qualität und Zweck der durchgeführten Messungen. Für Attribute 5 und 6 haben wir entschieden, lediglich sieben Kategorien zu definieren. Die orange Farbe beschreibt unserer Meinung nach den Stand der Technik recht gut. Es ist auffällig, dass er für die Messungen von Qualitätsparametern deutlich weiter vom idealen Typus entfernt ist als für hydraulische Messgrößen

Nr.	Attribut/Erfüllung [%]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	Messung hydraulische Auslastung	keine Messungen	nur temporäre Messungen	nur vereinzelte H-Messungen vorhanden	Einstau bei <= 50 % der Bauwerke	Einstau bei > 50 % der Bauwerke	Überlaufdauer bei <= 50 % der Bauwerke	Überlaufdauer bei > 50 % der Bauwerke	Weiterleitung zur KA bekannt	Drosselkalibrierung durchgeführt	Entlastungsvolumen bei < 50 % der Bauwerke	Entlastungsvolumen bei > 50 % der Bauwerke
2	Auswertung hydraulische Auslastung	keine Auswertungen	Auswertungen punktuell	Daten (min 1 Jahr) vereinzelte ausgewertet	Daten (min 1 Jahr) systematisch ausgewertet	Auswertungen liegen für min. 1 Jahr vor (min. 50 % nutzbar)	Auswertungen liegen für min 5 Jahre vor (min. 50 % nutzbar)	Auswertungen liegen für min 10 Jahre vor (min. 50 % nutzbar)	mehr als 50 % der Messreihen nutzbar	mehr als 75 % der Messreihen nutzbar	> 90 % der Messreihen nutzbar	Zeitreihe (monatliche) Prüfung und MDMS nach DMA-M 151 eingeführt
3	Qualitätsmessungen	keine Messungen	min 1 x bereits durchgeführt	vereinzelte auch aktuelle Analysen/Stichproben	Systematische Probenahme (Ereignisse) an mehreren Bauwerken	Klassische Parameter (AFS, CSB, Stickstoff, P)	Klassische Parameter (AFS, CSB, Stickstoff, P)	Schwermetalle (Cu, ...)	Spurenstoffe	Auswertungen liegen für min. 1 Jahr vor	Auswertungen liegen für min. 5 Jahre vor	kontinuierliche Messungen (online) an einem Bauwerk
4	Auswertung Qualitätsmessungen	keine Auswertungen	min 1 x bereits ausgewertet	Daten aktuell jedoch vereinzelte ausgewertet	Daten systematisch ausgewertet	Klassische Parameter (AFS, CSB, Stickstoff, P)	Schwermetalle (Cu, ...)	Spurenstoffe	Auswertungen liegen für min. 1 Jahr vor	Auswertungen liegen für min. 5 Jahre vor	x	Zeitreihe (monatliche) Prüfung und MDMS eingeführt
5	Daten zur Betriebsoptimierung/ Erfolgskontrolle	keine	min 1 x bereits durchgeführt	-	wiederholt	-	mehr als 50 %	-	nahezu 100%	-	Grundlage bedarfsorientierter Betrieb	Systematische Erfolgskontrolle z.B. im Rahmen Eigen- oder Fremdüberwachung
6	Daten als Planungsgrundlage	keine	min 1 x bereits durchgeführt	-	wiederholt	-	wiederholt (> 50 % der Planungen)	-	Sanierung u. Neuplanung	-	Grundsätzliche Abstimmung bei allen Planungen	ergänzende systemische Messkonzepte als Grundlage einer Planung

4.3 Gemeinsamkeiten und Unterschiede von datenbasierten Betriebs-, Planungs- und Vollzugskonzepten im D-A-CH-Raum

4.3.1 Messungen an Regenwasserbehandlungsbauwerken (RÜB und oder RKB; keine RÜ)

Der Vergleich der datenbasierten Betriebs-, Planungs- und Vollzugskonzepte von Regenwasserbehandlungsanlagen zeigt insgesamt eine grosse Variabilität, sowohl international, als auch zwischen vorbildlichen und typischen Betreibern.

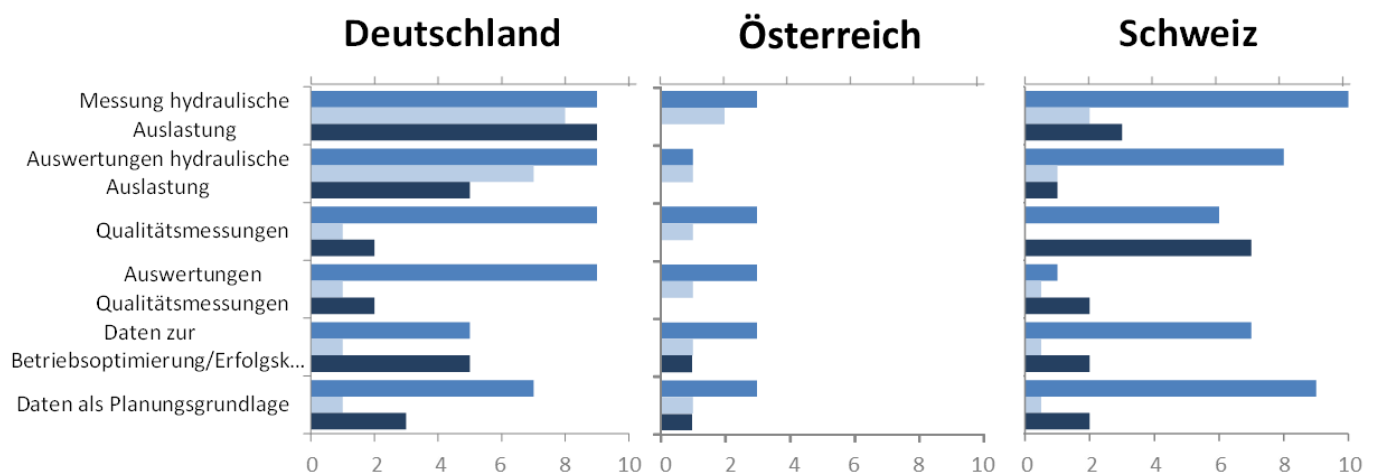


Abbildung 2 Verwendung von Messungen an Regenwasserbehandlungsbauwerken (RÜB und oder RKB; keine RÜ) in der D-A-CH Praxis für vorbildliche und typische Abwasserverbände/Betreiber und eine vorbildliche Region. Blau ist ein vorbildlicher und hellblau ein typischer Betreiber und dunkelblau beschreibt den Zustand in einer gut geführten Region. Man erkennt sofort, dass in D die Selbstüberwachungsverordnungen in einigen Bundesländern die Art und den Umfang von Messungen an Regenbecken vorgeben. Diese Vorgaben fehlen in A und CH. In Deutschland beschränkt sich die Wirkung der SüwVO auf Wasserstandsmessungen (1. Zeile), direkte Messungen der Einleitungsvolumina und der Wasserqualität (3. Zeile) fehlen weitestgehend. Obwohl überall erstaunlich grosse Diskrepanzen zwischen vorbildlichen und typischen Betreibern bestehen, sind diese in der Schweiz noch deutlicher ausgeprägt. Das könnte auf die vergleichsweise schwache Stellung der kantonalen Aufsichtsbehörden hindeuten.

Vor allem bezüglich wasserqualitätsbezogenen Betrachtungen gibt es Betreiber, die bemüht sind, über die behördlich geforderten Ziele hinaus ihre

Anlagen zu betreiben. Unsere Einschätzung ist allerdings, dass für die effektive Verwendung von Messdaten oft das Wissen um den mittel- und langfristigen Nutzen und Mehrwert fehlt. Dass Messdaten an Regenwasserbehandlungsanlagen sogar in den relativ gut betreuten Regionen eher selten als Planungsgrundlage verwendet werden, weist auch darauf hin, dass die Betreiber und Aufsichtsbehörden nicht für das Thema sensibilisiert sind oder das Wissen fehlt.

Beim Vergleich fällt aber auf, dass es im deutschsprachigen Raum auch viele Gemeinsamkeiten gibt (Abbildung 2):

- Wir finden länderübergreifend erstaunlich grosse Diskrepanzen zwischen vorbildlichen und typischen Betreibern.
- Die hydraulische Auslastung der Behandlungsanlagen ist besser erfasst als der Wirkungsgrad hinsichtlich Schmutzstoffen. Das liegt in erster Linie an kostengünstigen Wasserstandsmessungen.
- Richtlinien, die mit Sanktionen verbunden sind, wie die Selbstüberwachungsverordnungen und Zahlung (oder Befreiung von) der Abwasserabgabe in NRW, sind scheinbar effizient. Wo sie vorhanden sind, werden Messdaten erhoben, wo sie fehlen, wird wenig gemessen.
- Die Motivation einer Betreiberin ist im Einzelfall ausschlaggebend. Wo sie "gute Arbeit machen" möchte, ist der Stand besser als das Mittel einer gut betreuten Region.
- Daten werden noch nicht effektiv in Fremdüberwachungen und zur Problemcharakterisierung benutzt. Wir stellen fest, dass geplante Massnahmen oft auf Defiziten basieren, die anhand von Modellberechnungen identifiziert werden.
- Wenn Anforderungen an Messungen und Überwachungen im Regelwerk bestehen, werden diese im Vollzug nicht konsequent eingefordert (z. B. Regenwasserbehandlung nach Stand der Technik in Deutschland)
- Das Wissen um die Leistungsfähigkeit von semi-zentralen Anlagen ist eher schlecht. Für dezentrale Anlagen liegen quantitative Messungen zum Betriebsverhalten praktisch gar nicht vor (Londong, 2011).

Die grössten Unterschiede bestehen unserer Meinung nach in den folgenden Bereichen:

- In Deutschland zeigt sich in Bezug auf das Vorhandensein von Wasserstandsmessungen ein guter Zustand (mit regionalen Unterschieden). Da dieser in Österreich und der Schweiz wesentlich schlechter ist, vermuten wir, dass hierbei die Selbstüberwachungsverordnungen deutliche Wirkungen zeigen.
- In Österreich ist der Standard objektiv gesehen hinter anderen Ländern zurück. Entsprechende Verordnungen müssten hierfür auf Bundesebene entworfen und auch eingeführt werden.
- In der Schweiz verwenden die Kantone die vorhandenen Messdaten noch nicht ausreichend zur Erfolgskontrolle. Wie in der GeoIV vorgesehen, sollten diese Informationen zentral gesammelt und an die Bundesbehörden weitergeleitet werden (s. unten).

Konkrete Empfehlungen für einzelne Länder oder Regionen abzuleiten, ist aufgrund der subjektiven Einschätzungen schwierig.

In **Deutschland** sollten/werden zukünftig im Zuge der Umsetzung der WRRL allenfalls verstärkt auch Wasserqualitätskriterien betrachtet und die Gewässer im Sinne einer immissionsbasierten Planung mehr ins Zentrum gestellt werden. Mit dem in der Vernehmlassung befindlichen DWA-Arbeitsblatt-A 102 ist ein Schritt in diese Richtung gemacht, allerdings besteht hier u. a. das Problem der Standardisierung der Messungen von AFS_{fein}.

In **Österreich** sind die Attribute vergleichsweise schlecht ausgeprägt und wir sehen hier vor allem das fehlende politische Wollen zur Implementierung eines datenbasierten Managements von Abwassersystemen.

Wie die **Schweiz** von dem flächendeckenden Einsatz von Messtechnik in Deutschland lernen kann, ist nicht ganz klar. Obwohl die kantonalen Aufsichtsbehörden relativ einfach darauf hinwirken könnten, dass bestimmte Attribute zur Leistungsbeurteilung der Regenwasserbehandlung im Jahresbericht des Betreibers dokumentiert werden, sind die behördlichen Anreize oft deutlich weniger effektiv als im Regelwerk-geprägten Deutschland. Stattdessen scheint vor allem der Wissensaustausch im

Verband oder auf kantonalen Informationsveranstaltungen nach dem Vorbild des “Expertenforums Regenüberlaufbecken Baden-Württemberg” zielführend. Eine einmalige Chance könnte sich mit der Einführung des neuen Minimalen Geodatenmodells (MGDM) zur Kommunalen Entwässerungsplanung bieten (BAFU, 2017). Dieses hilft den Kantonen, die Verordnung über Geoinformationen umzusetzen, die Kantone verbindlich verpflichtet, in den nächsten 5 Jahren Informationen zur Generellen Entwässerungsplanung und zum Gewässerschutz zu erheben und an das Bundesamt für Umwelt weiterzuleiten. In der Modelldokumentation wird eine Klasse “Regenüberlauf” eingeführt, die Angaben zu den Entlastungskennwerten von Regenüberläufen und Regenüberlaufbecken enthält. Dort können die Kantone vorschreiben, dass für jedes Bauwerk die Überlaufdauer und -häufigkeit dokumentiert werden muss. Weitere Attribute können hinzugefügt werden.

Obwohl die Verordnungen der Aufsichtsbehörden in Deutschland sehr wirkungsvoll scheinen, bleibt weiterhin Raum für Verbesserungen. In Nordrhein-Westfalen existiert die Selbstüberwachungsverordnung seit 1995, weshalb in den vergangenen 20 Jahren sukzessive Wasserstandsmessungen an Regenbecken eingebaut wurden. Es fehlt aktuell jedoch an einheitlichen und verlässlichen Auswertungen der Daten (Hoppe, 2017). Darüber hinaus haben gemäss unserer Erfahrung nur wenige Betreiber den Nutzen der Messungen bisher für sich entdeckt und setzen die Messungen auch als Grundlage von Betriebsoptimierungen und Neuplanungen ein. Ausserdem gilt die Selbstüberwachungsverordnung in NRW heute nur für Regenbecken. Obwohl sie sehr wirksam scheint, fehlen entsprechende Vorgaben für dezentrale Anlagen. Im Regelwerk sind mit dem DWA-A 166 wichtige Hinweise auch zum Thema Betrieb und MDMS aufgenommen, wie zum Beispiel ein zwingend notwendiger Probetrieb, damit die Anlage inkl. Fernwirktechnik auch wie vorgesehen funktioniert. Entsprechende Regelwerke für dezentrale Anlagen fehlen dafür noch.

4.3.2 Messungen an Versickerungsanlagen für behandlungspflichtiges Regenwasser

Für dezentrale Anlagen (Abbildung 3, oben) ist der Vergleich einfach, da sich überall zeigt, dass praktisch keine datenbasierten Erfahrungen

vorliegen. Weder zur hydraulischen oder qualitätsbezogenen Leistungsfähigkeit der Anlagen sind systematische Messungen, geschweige denn Auswertungen vorhanden. Das deckt sich mit den Ergebnissen von (Helmreich, 2016; Kluge et al., 2016), die aufzeigten, dass Betrieb und Erfolgskontrolle an Versickerungsanlagen immer noch vernachlässigt werden, obwohl sie wichtige Elemente des Gewässerschutzes sind.

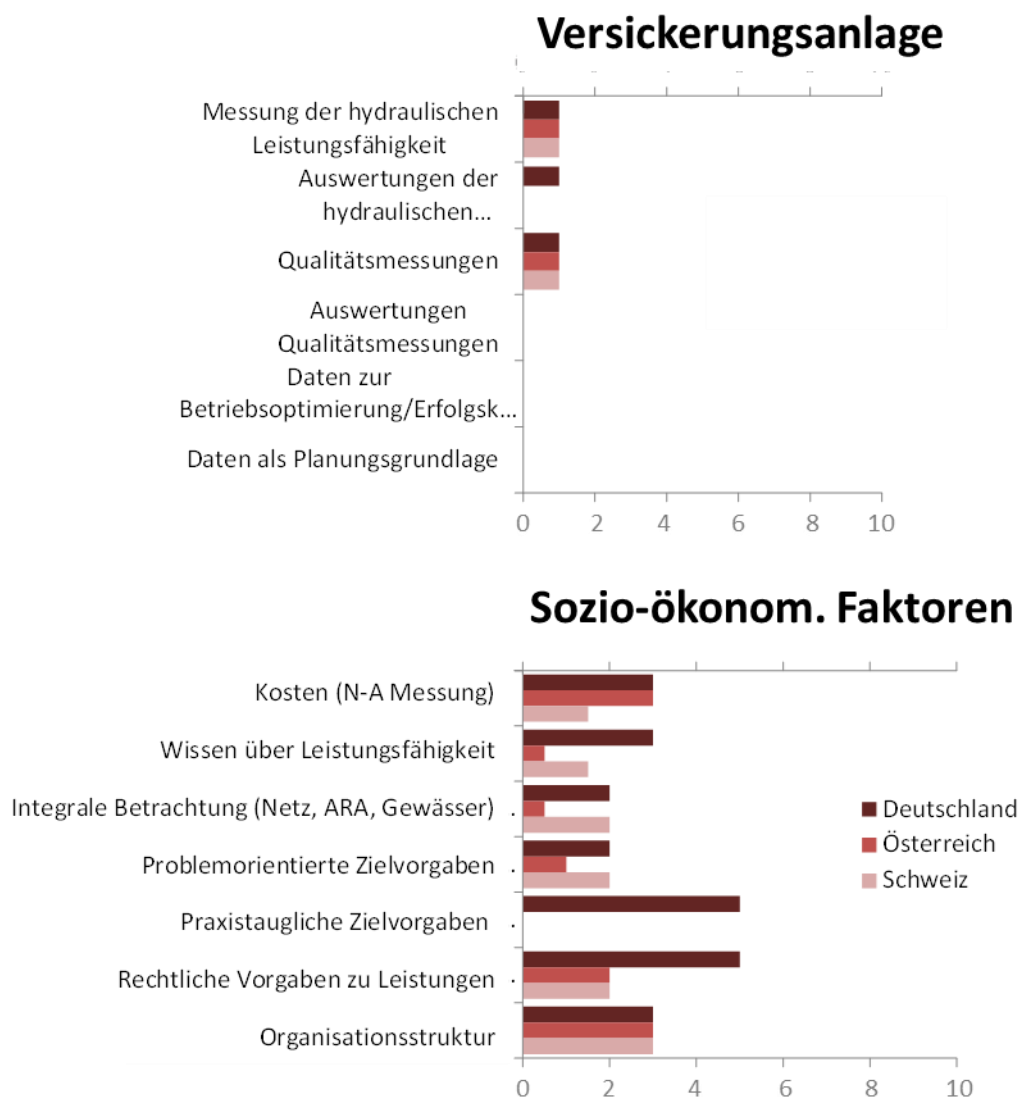


Abbildung 3 Ergebnisse für eine typische Versickerungsanlage für behandlungspflichtiges Regenabwasser in Deutschland (dunkelrot), Österreich (rot) und Schweiz (hellrot) in einem vorbildlich geführten Bundesland/Kanton. (unten): Ergebnisse für sozio-ökonomische Faktoren wie Kosten, Wissen über die Leistungsfähigkeit und organisatorische sowie politische Attribute. Es zeigt sich, dass praktisch keine datenbasierten Erfahrungen zur hydraulischen oder qualitätsbezogenen Leistungsfähigkeit der Anlagen

vorliegen. Hinsichtlich der sozio-ökonomischen Faktoren fällt auf, dass der aktuelle Zustand vergleichsweise weit von unserer Idealvorstellung entfernt ist. Zudem fehlen in A und in der CH vor allem praxistaugliche Zielvorgaben zur Erfolgskontrolle.

Im Verhältnis zu dem, was heute messtechnisch mit Datenfernübertragung und autonomer Energieversorgung möglich ist, ist zu wenig über den Betrieb der Anlagen bekannt. Visuelle Inspektionen allein (Londong, 2011), wie oft vom Betriebspersonal durchgeführt, sind unserer Meinung nach veraltet. Ein bedarfsorientierter Betrieb könnte anhand der tatsächlichen hydraulischen Auslastung organisiert werden und ermöglichen, dass diese Elemente auch nach Jahrzehnten immer noch so funktionieren wie gewünscht.

4.3.3 Bewertungen von Messungen hinsichtlich sozio-ökonomischer Faktoren

Ähnlich wie bei den Versickerungsanlagen ist der Zielerfüllungsgrad bei den sozio-ökonomischen Attributen gesamthaft niedrig. Erstaunlich ist vor allem, dass in Österreich und der Schweiz das Wissen über die tatsächliche hydraulische Leistungsfähigkeit der Systeme vergleichsweise sehr gering ist. Unsere Erfahrung ist leider, dass hydrodynamische Modelle für zahlreiche Betreiber noch nicht vorhanden sind. An Messdaten kalibriert werden oft nur die Modelle von grösseren Städten. Hier scheint es besonders wichtig, die Hypothese des Modells durch Wissen aus Messdaten zu ersetzen. Unser Eindruck ist, dass in der Schweiz die Anpassung an die Realität von Kantonen zu wenig eingefordert wird. Pragmatische Ansätze wie in Österreich, dass nur Gemeinden mit mehr als 10.000 EW ihre Modelle kalibrieren müssen, ca. 150 in der Schweiz, würden schon eine grosse Verbesserung erzielen. Praxistaugliche und etablierte Konzepte zur Modellkalibrierung und Qualitätssicherung von Kanalnetzberechnungen sind vorhanden (Schmitt et al., 2008; WaPUG, 2002).

4.4 Nutzen für eine nachhaltige Siedlungswasserwirtschaft

Wie erwartet kann das Wissen aus Messdaten in Entwässerungssystemen viele verschiedene Handlungsmöglichkeiten verbessern (Tabelle 4), wie zum Beispiel eine "Verbesserung der Entscheidungsgrundlagen" und "Verbesserung des Prozessverständnisses". Damit liefern datenbasierte

Konzepte einen klaren Mehrwert, besonders für die mit “*” gekennzeichneten Handlungsoptionen. Interessant ist, dass sowohl eine “Verbesserung der Entscheidungsgrundlagen”, als auch eine “Verbesserung der Wissensintegration, Förderung des Wissens- und Erfahrungsaustauschs” dazu beitragen, Kosten zu reduzieren. Wie erwartet beeinflusst die “Verbesserung der mittel- und langfristigen Planung”, z. B. durch gemessene anstelle von simulierten hydraulischen Leistungsfähigkeiten, praktisch alle Ziele positiv. Beide Beispiele verdeutlichen die Notwendigkeit von guten, geprüften Messdaten. Diese breite Wirkung deutet auch darauf hin, dass die Kosten von Messprogrammen durch die allgemeine Verbesserung der Zielerfüllung, welche oft nicht monetär ausdrückbar ist, in der Regel wettgemacht werden.

Tabelle 4 Auswirkungen der Handlungsoptionen auf die Zielerfüllung einer nachhaltigen Siedlungswasserwirtschaft (vgl. Abbildung 1). Von datenbasierten Konzepten profitieren insbesondere die mit (*) gekennzeichneten Handlungsoptionen (Verändert nach Hoffmann et al. (2014))

Handlungsoptionen	Hohe Generationen-- gerechtigkeit	Guter Gewässer- schutz	Sichere Abwasser- entsorgung	Hohe soziale Akzeptanz	Geringe Kosten	Effiziente Ressourcen- nutzung
<i>*Förderung eines umfassenden Infrastrukturmanagements</i>	+	+	+	+/-	+/-	+
<i>*Verbesserung der mittel- und langfristigen Planung</i>	+	+	+	+	+/-	+
<i>*Förderung flexibler Infrastrukturen</i>	+	+	+	+/-	+/-	+
Verbesserung der Koordination	+/0	+/0	+/0	+	+/-	+/0
<i>*Verbesserung der Entscheidungsgrundlagen</i>	0	+	+	+	+	0
Monitoring	0	+	+	+	+/-	0
<i>*Verbesserung der Wissensintegration, Förderung des Wissens- und Erfahrungsaustauschs</i>	0	+	+	+	+	+
Verbesserung des Prozessverständnisses	0	+	+	+	+	0

5 Diskussion

Unsere vergleichende Analyse von datenbasierten Konzepten hat gezeigt, dass aktuell sehr unterschiedlich mit Messdaten umgegangen wird und in allen Ländern noch grosses Verbesserungspotenzial besteht. Im Folgenden möchten wir einige Punkte diskutieren, die in unserem Diskurs öfter angesprochen wurden.

Zuerst zeigt sich, dass Verordnungen in Deutschland gut funktionieren. Allerdings erfordert eine einheitliche Auswertung, z. B. die der hydraulischen Auslastung, standardisierte Vorgehensweisen. In Deutschland will zum einen das Projekt Regen::4.0 in NRW dies für Wasserstandsmessungen an Regenbecken erarbeiten (bis Ende 2017). Zum anderen hat die DWA Landesgruppe Baden-Württemberg ein Spreadsheet-basiertes Tool entwickelt (DWA-BW, 2017). In der Schweiz wird beim VSA ebenfalls über eine koordinierte Auswertung von hydraulischen Auslastungen nachgedacht (Layer et al., 2015).

Zweitens sehen wir kritisch, dass die Aufsichtsbehörden in Bezug auf die Vollzugsorganisation ihre Prozesse nicht anpassen und weitestgehend so regulieren wie zu den Zeiten, als Datenfernübertragung und –speicherung noch anspruchsvoll war. Sowohl in Österreich als auch in der Schweiz findet für Entwässerungsnetze praktisch keine Fremdüberwachung durch die Aufsichtsbehörde statt. Oft wird dabei das Argument angeführt, dass die vielen Daten der Bauwerke in einer Region unmöglich vom Personal “zusätzlich” zu den bestehenden Aufgaben geprüft werden können. Eine Lösung könnte sein, gewisse Aufgaben an zertifizierte Anbieter zu übertragen. Dieses Modell wird schon erfolgreich zur Überprüfung von Feuerstätten durch Schornsteinfeger oder von Fahrzeugen durch Technische Überwachungsvereine (TÜV) angewendet. Audits von GEP-Daten oder Jahresberichten könnten sowohl von Planungsbüros als auch von Herstellern der Leitsysteme durchgeführt werden. Sogar eine Überprüfung durch andere Betreiber, im Sinne eines “calibrated peer review” (Michel, 2015), wäre möglich.

Wie oben schon beschrieben, zeigt das System der “Staatlich anerkannten Prüfstellen für Durchflussmessungen” in Deutschland im Bereich der Drosselkalibrierung und Prüfung von Messungen an Kläranlagen hier sehr

gute Erfolge - insbesondere dann, wenn die Berichte zur Qualitätssicherung stichprobenartig von Gutachtern geprüft werden. Anforderungen an die Prüfungen sind in Fachberichten der Länder (z. B. Hessen und NRW) festgeschrieben.

Die Selbstüberwachungsverordnungen der Bundesländer schreiben die Ausführung bestimmter Arbeiten durch die o. g. Prüfstellen vor. Dieses Modell lässt sich direkt in den anderen Ländern übernehmen und von regionalen Aufsichtsbehörden vollziehen. In A funktioniert das im Bereich der Kläranlagen durch regelmässige Eigen- und Fremduntersuchungen gut.

Drittens sehen wir, vor allem für den Gewässerschutz, eine wachsende Diskrepanz zwischen Prozesswissen und Vollzug. Deshalb haben wir in Bezug auf die Zielvorgaben (Element 4) ganz bewusst zwischen "problemorientierten" und "praxistauglichen" Zielen unterschieden. Dahinter steht die Erkenntnis, dass Vorgaben, die ein Problem genau beschreiben, oft wirkungslos für den Gewässerschutz sind, wenn sie nicht beobachtet werden können.

Beispielsweise werden in der Schweiz Gewässerschutzmassnahmen in Bezug auf die Reduktion von partikulären Stoffen beurteilt, welche erwiesenermassen zu Problemen im Gewässer führen, aber in der Praxis eher anspruchsvoll zu messen sind. Im Gegensatz dazu werden in Deutschland mit der SüVW Abw. Entlastungshäufigkeit und -dauer beurteilt, welche zwar gut zu beobachten sind, aber als alleinige Kennzahl die tatsächliche Gewässerbelastung durch die Siedlungsentwässerung nicht umfassend beschreiben. Gute Zielvorgaben sollten daher sowohl verlässlich ein Problem anzeigen als auch einfach zu messen sein.

Idealerweise wäre es für die Siedlungsentwässerung wünschenswert, ähnliche rechtliche Vorgaben wie für die Abwassereinigungsanlagen anzustreben. Die Einführung von Abwasserabgaben ist ein Schritt in die richtige Richtung. Dort, wo Abwasserabgaben bestehen, wird es in Zukunft allerdings eine Herausforderung sein, sie auf integrale Betrachtungen des Gesamtsystems Netz-ARA-Gewässer anzupassen. Eine ARA sollte während weniger Regenereignisse Ablaufwerte kurzfristig überschreiten dürfen, wenn dafür in der Jahresbilanz einige toxische Entlastungsereignisse

durch (unbehandeltes) Mischabwasser verhindert werden können. Obwohl erste Vorschläge in der Wissenschaft diskutiert werden (Meng et al., 2016), sind noch keine praxistauglichen Konzepte vorhanden.

Viertens zeigen uns eigene Messprojekte aus unserem Berufsalltag, dass datenbasierte Planungs- und Betriebskonzepte enormes Optimierungspotenzial aufweisen. In Bezug auf die Erfolgskontrolle lassen sich ausserdem auch Investitionen auf regionale oder städtische Ebene lenken, wie z. B. das Massnahmenprogramm eines regionalen GEPs oder der WRRL, wenn belastbare Daten vorliegen.

Fünftens sind zur Qualitätssicherung von Messdaten in der Siedlungsentwässerung mittlerweile konkrete Hinweise und Hilfsmittel verfügbar. In Bezug auf die Qualitätssicherung von Wasserstands- und Durchflussmessungen in Entwässerungssystemen sowie auf den Einsatz von Messdatenmanagementsystemen sind die DWA-Merkblätter M-181 und M-151 hilfreich.

Sechstens sind wir der Meinung, dass datenbasierte Methoden stärker in der Aus- und Weiterbildung gelehrt werden müssen. Ingenieure, die ein Entwässerungskonzept gemäss ATV-A 128 berechnen können, sind nicht unbedingt ausreichend qualifiziert, um aus Daten über Modellparameter zu lernen und die richtigen Schlüsse zu ziehen. Im Gegensatz zu den bekannten Planungshilfen benötigen die statistischen Analysen, Schätzmethoden und Regressionen Methoden zur Qualitätskontrolle von Messdaten oder die explorative Analyse von 1.000 Signalen andere Fähigkeiten als bisher. Da es in Zukunft mehr um das Verstehen und die nachhaltige Anpassung der aktuellen Systeme geht, sollten die Ingenieure von morgen z. B. Ausreisser in Messdaten identifizieren und imputieren oder Modellparameter unter Berücksichtigung von verschiedenen Fehlereinflüssen verlässlich aus Messdaten schätzen können. Wahrscheinlich werden viele Ziele einer nachhaltigen Siedlungswasserwirtschaft mittelfristig besser erfüllt, wenn Studenten beispielsweise Niederschlags-Abfluss-Messungen über ein oder zwei Semester betreuen und selber Messdaten auswerten. Dann sind sie im Umgang mit Messungen und echten Daten vertraut und können so nicht nur mit den 10.000 Sensoren des Jumbojets, sondern auch mit denen des Abwassersystems der Zukunft einen Mehrwert für die Gesellschaft produzieren.

6 Schlussfolgerungen

Die Aufgaben in der Siedlungswasserwirtschaft ändern sich. Im Gegensatz zu früher bauen Ingenieure die Systeme heute nicht mehr auf, sondern sie schaffen der Gesellschaft durch gute Bewirtschaftungskonzepte und nachhaltige Anpassungen an die sich ändernden Randbedingungen langfristigen Mehrwert. In unserer Arbeit argumentieren wir, dass datenbasierte Konzepte zum Betrieb, zur Planung und zur Erfolgskontrolle nicht nur beim Jumbojet A380, sondern auch für Abwassersysteme erfolgreich sein können. Die wichtigsten Schlussfolgerungen aus unserer vergleichenden Analyse von Fallbeispielen im deutschsprachigen Raum sind:

- Datenbasierte Konzepte für semi-zentrale Anlagen, wie Regenüberlaufbecken, werden in Deutschland z. T. schon seit 20 Jahren umgesetzt. In Österreich und der Schweiz werden Daten zwar von vorbildlichen Betreibern im operationellen Betrieb eingesetzt, aber (noch) nicht in Lenkungsinstrumenten verwendet. Scheinbar helfen hier Richtlinien, die mit Sanktionen verbunden sind, wie die Selbstüberwachungsverordnungen in Deutschland und die Zahlung (oder Befreiung) von Abwasserabgaben.
- Das Wissen um die Leistungsfähigkeit von dezentralen Anlagen ist in allen Ländern eher schlecht. Für dezentrale Anlagen liegen quantitative Messungen zum Betriebsverhalten praktisch gar nicht vor.
- Ebenfalls unbefriedigend ist, dass Messungen zum Vorkommen und die Eliminationsleistung bezüglich Schmutzstoffen und –frachten weitestgehend fehlen. In allen Ländern gibt es jedoch motivierte Betreiber, die qualitätsbezogene Messprogramme aufsetzen, da der Mehrwert bei diesen bereits erkannt wurde.
- Grundsätzlich zeigt sich eine grosse Variabilität im Umgang mit datenbezogenen Konzepten nicht nur unter den Ländern, sondern auch zwischen „vorbildlichen und typischen“ Betreibern. Sowohl in Österreich als auch in der Schweiz überwachen die Aufsichtsbehörden die Leistung der Entwässerungsnetze praktisch nicht anhand von Messdaten. In Deutschland schreiben die Selbstüberwachungsverordnungen einiger Bundesländer die Ausführung bestimmter Arbeiten durch Prüfstellen vor. Dieses Modell könnte auch für Österreich und die Schweiz interessant sein.

- Die Messtechnik und insbesondere die Datenfernübertragung und autonome Energieversorgung ermöglichen heute datenbasierte Konzepte. Allerdings brauchen wir weitere Entwicklungen, vor allem im politischen und organisatorischen Bereich. Es ist nicht genug “einfach” einen Sensor zu installieren und die Daten automatisiert auszuwerten, sondern die involvierten organisatorischen Prozesse müssen verstanden und strukturiert werden. Was unternimmt die Aufsichtsbehörde, wenn ein Indikator, wie z. B. eine Entlastungshäufigkeit, einen unbefriedigenden Zustand anzeigt?
- Gute Messdaten tragen nicht nur zur sicheren Abwasserableitung und zum Gewässerschutz bei, sondern haben eine sehr breite Wirkung auf fast alle Ziele einer nachhaltigen Siedlungswasserwirtschaft. Vor diesem Hintergrund erscheinen die Kosten für Messprogramme nur auf den ersten Blick hoch. Auf den zweiten Blick wird deutlich, dass sie sich mittel- und langfristig auszahlen, weil sie präzisere Planungen ermöglichen und Fehlinvestitionen verhindern.
- Datenbasierte Methoden müssen stärker in der Aus- und Weiterbildung gelehrt werden. Fachleute in der Siedlungsentwässerung werden heute eher dazu ausgebildet, Systeme mit Planungshilfen auszulegen, als Messdaten zu analysieren und mit statistischen Methoden Daten auszuwerten und zu interpretieren.

7 Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den Vertretern der Betreiber und Aufsichtsbehörden, die sich die Zeit genommen haben, die Konzepte, Attribute und Bewertungen mit uns zu diskutieren. Vielen Dank auch an Liliane Manny für kritische Hinweise zur finalen Version und die Durchsicht des Beitrags.

8 Literatur

BAFU (2017). Minimales Geodatenmodelle zur Kommunale Entwässerungsplanung - Geodatenmodell (ID 129.1).

- Blumensaat F., Ebi C., Dicht S., Rieckermann J., Maurer M. (2017). Langzeitüberwachung der Raum-Zeit-Dynamik in Entwässerungssystemen mittels Niedrigenergiefunk - Ein Feldexperiment im Grossmassstab. *Korresp. Abwasser* 64.
- Bobkoff D. (2016). Why every flight you take is obsessively monitored. *Business Insider*. <https://www.yahoo.com/news/why-every-flight-obsessively-monitored-153000012.html> (accessed 6.8.17).
- Dittmer U., Alber P., Seller C., Lieb W. (2015). Kenngrößen für die Bewertung des Betriebes von Regenüberlaufbecken. Presented at the Jahrestagung der Lehrer und Obleute der Kläranlagen- und Kanal-Nachbarschaften des DWA-Landesverbands Baden-Württemberg am 25./26. März 2015.
- DWA-BW (2017). OPTIMIERTE ANLAGEN. OPTIMALER NUTZEN. RÜB-BW | DWA-LANDESVERBAND BADEN-WÜRTTEMBERG [WWW Document]. URL <http://www.rueb-bw.de/nachbarschaften/datentool/> (accessed 6.8.17).
- Engelke P., Keilholz P., Lynggaard-Jensen A. (2016). Echtzeitgesteuerte und gekoppelte Bewirtschaftung von Kanalnetz und Oberflächengewässern im Innenstadtbereich von Århus, Dänemark – ein Beitrag zu Wasser 4.0, in: „Miss Es Oder Vergiss Es“ – Daten, Wissen Und Konzepte Für Den Gewässerschutz Bei Regenwetter. Presented at the Aqua Urbanica, Rigi.
- Helmreich B. (2016). Belastung von Versickerungsmulden an Metaldachabflüssen am Beispiel eines Zinkdaches. Presented at the Aqua Urbanica, Rigi.
- Hoffmann S., Hunkeler D., Maurer M. (2014). Nachhaltige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in der Schweiz: Herausforderungen und Handlungsoptionen. Thematische Synthese 3 im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61 «Nachhaltige Wassernutzung». Bern.
- Hoppe H. (2017). Urbanes Niederschlagswassermanagement im Spannungsfeld zwischen zentralen und dezentralen Maßnahmen. Presented at the Aqua Urbanica, Graz.
- Hoppe H., Fricke K., Kutsch S., Massing C., Gruber G. (2016). Von Daten zu Werten – Messungen in Entwässerungssystemen. *Aqua Gas* 96, 26–31.
- Imhoff K. (1951). *Taschenbuch der Stadtentwässerung*, 14th ed. Oldenbourg Industrie-Verlag.
- Kluge B., Kaiser M., Sommer H., Markert A., Pallasch M., Facklam M. (2016). Leistungsfähigkeit und Zustand langjährig betriebener dezentraler Regenwasser-versickerungsanlagen. *Gwf - WasserAbwasser* 157, 628–636.
- Krämer S. (2008). Quantitative Radardatenaufbereitung für die Niederschlagsvorhersage und die Siedlungsentwässerung. Inst. für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Landwirtschaftl. Wasserbau der Univ., Hannover.
- Layer M., Dittmer U., Lieb W. (2015). Emissionsorientierte Erfolgskontrolle basierend auf dem Betriebsverhalten von Behandlungsanlagen. Presented at the Aqua Urbanica, Stuttgart.

- Lienert J., Scholten L., Egger C., Maurer M. (2015). Structured decision-making for sustainable water infrastructure planning and four future scenarios. *EURO J. Decis. Process.* 3, 107–140. doi:10.1007/s40070-014-0030-0
- Londong J. (2011). Grundstücksnahe Niederschlagswasserbewirtschaftung – Langzeitbeobachtungen (1998-2011) an Projekten im Gebiet der Internationalen Bauausstellung Emscher Park (IBA). Presented at the Aqua Urbanica, Graz.
- Marr B. (2017). That's Data Science: Airbus Puts 10,000 Sensors in Every Single Wing!. Post <http://www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/that-s-data-science-airbus-puts-10-000-sensors-in-every-single> (accessed 6.8.17).
- Marti A. (2016). CARTE DE L'ALÉA RUISSELLEMENT, WS RÉGION 4 (frz. "Überflutungskarten WS Region 4"), Vortrag beim Bundesamt für Umwelt, CH, 06.12.2016.
- Meng F., Fu G., Butler D. (2016). Water quality permitting: From end-of-pipe to operational strategies. *Water Res.* 101, 114–126. doi:10.1016/j.watres.2016.05.078
- Michel L.P. (2015). Digitales Prüfen und Bewerten im Hochschulbereich.
- Schmitt T., Becker M., Flores C., Pfeiffer E., Sitzmann D., Uhl M. (2008). Modellkalibrierung zur Qualitätssicherung von Kanalnetzberechnungen. *Korresp. Abwasser* 55, 1306–1312.
- StEB (2017). Starkregengefahrenkarten Köln [WWW Document]. Starkregengefahrenkarte. URL <http://www.hw-karten.de/index.html?Module=Starkregen> (accessed 6.8.17).
- WaPUG (2002). Code of Practice for the hydraulic modelling of sewer systems (No. 3rd Edition).

Korrespondenz an:

Jörg Rieckermann
Eawag
Überlandstrasse 133
Tel.: +41 (0)58 765 5397
E-Mail: joerg.rieckermann@eawag.ch

9 Anhang

Tabelle A1: Messungen an Versickerungsanlage für behandlungspflichtiges Regenwasser: Beispiel "typischer" Werkhof

Nr.	Attribut/Erfüllung [%]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	Messung hydraulische Auslastung	keine Messungen	nur temporäre Messungen	nur vereinzelte H-Messungen vorhanden	Einstau bei <= 50 % der Bauwerke	Einstau bei > 50 % der Bauwerke	Überlaufdauer bei <= 50 % der Bauwerke	Überlaufdauer bei > 50 % der Bauwerke	Weiterleitung zur KA bekannt	Drosselkalibrierung durchgeführt	Entlastungsvolumen bei < 50 % der Bauwerke	Entlastungsvolumen bei > 50 % der Bauwerke
2	Auswertung hydraulische Auslastung	keine Auswertungen	Auswertungen punktuell	Daten (min 1 Jahr) vereinzelte ausgewertet	Daten (min 1 Jahr) systematisch ausgewertet	Auswertungen liegen für min. 1 Jahr vor (min. 50 % nutzbar)	Auswertungen liegen für min. 5 Jahre vor (min. 50 % nutzbar)	Auswertungen liegen für min. 10 Jahre vor (min. 50 % nutzbar)	mehr als 50 % der Messreihen nutzbar	mehr als 75 % der Messreihen nutzbar	> 90 % der Messreihen nutzbar	Zeitreihe (monatliche) Prüfung und MDMS nach DWA-M 15.1 eingeführt
3	Qualitätsmessungen	keine Messungen	min 1 x bereits durchgeführt	vereinzelte auch aktuelle Analysen/Stichproben	Systematische Probenahme (Ereignisse) an mehreren Bauwerken	Klassische Parameter (AFS, CSB, Stickstoff, P)	Klassische Parameter (AFS, CSB, Stickstoff, P)	Schwermetalle (Cu, ...)	Spurenstoffe	Auswertungen liegen für min. 1 Jahr vor	Auswertungen liegen für min. 5 Jahre vor	örtliche Kalibrierung von Online-Messungen
4	Auswertung Qualitätsmessungen	keine Auswertungen	min 1 x bereits ausgewertet	Daten aktuell jedoch vereinzelte ausgewertet	Daten systematisch ausgewertet	Klassische Parameter (AFS, CSB, Stickstoff, P)	Schwermetalle (Cu, ...)	Spurenstoffe	Auswertungen liegen für min. 1 Jahr vor	Auswertungen liegen für min. 5 Jahre vor	x	Zeitreihe (monatliche) Prüfung und MDMS eingeführt
5	Daten zur Betriebsoptimierung/ Erfolgskontrolle	keine	min 1 x bereits durchgeführt	-	wiederholt	-	mehr als 50 %	-	nahezu 100%	-	Grundlage bedarfsorientierter Betrieb	Systematische Erfolgskontrolle z.B. im Rahmen Eigen- oder Fremdbewertung
6	Daten als Planungsgrundlage	keine	min 1 x bereits durchgeführt	-	wiederholt	-	wiederholt (> 50 % der Planungen)	-	Sanierung u. Neuplanung	-	grundsätzliche Abstimmung bei allen Planungen	ergänzende systemische Messkonzerte als Grundlage einer Planung

Tabelle A2: Messungen an Versickerungsanlage für behandlungspflichtiges Regenwasser: Beispiel "typischer" Werkhof

Nr.	Attribut/Erfüllung [%]	0	20	40	60	80	100
7	Messung der hydraulischen Leistungsfähigkeit	Keine Messungen keine visuellen Kontrollen	5 jährliche visuelle Kontrollen durch den Betreiber	Regelmäßige rein visuelle Kontrollen mit (externem) Fachverstand	Mind. 1 x bereits durchgeführt	Jährliche Messungen zur Überprüfung durchgeführt	Kontinuierliche hydraulische Online-Überwachung inkl. Alarmierung
8	Auswertungen der hydraulischen Leistungsfähigkeit	Keine Berichte und Auswertungen durchgeführt	Keine Inspektionsberichte erforderlich	Inspektionsberichte erforderlich	Mind. 1 x bereits durchgeführt	Auswertungen punktuell	Daten (mind. 1 Jahr) systematisch ausgewertet
9	Qualitätsmessungen	Keine Messungen	Regelmäßige rein visuelle Kontrollen durch den Betreiber empfohlen	Regelmäßige rein visuelle Kontrollen á la Rauchfänger-Prinzip erforderlich	PN mind. 1 x bereits durchgeführt	Mehrere temporäre PN durchgeführt	Kontinuierliche qualitative Online-Überwachung inkl. Alarmierung
10	Auswertungen Qualitätsmessungen	Keine Auswertungen	Keine Inspektionsberichte erforderlich	Inspektionsberichte erforderlich	Mind. 1 x bereits ausgewertet	Auswertungen punktuell	Daten (mind. 1 Jahr) systematisch ausgewertet
11	Daten zur Betriebsoptimierung/Erfolgskontrolle	Keine	Mind. 1 x bereits durchgeführt	Mehrmals durchgeführt	Führen eines Anlagen- bzw. Wartungsbuches	Das ordnungsgemäße Führen des Buches wird behördlich vorgeschrieben und kann von der Behörde jederzeit überprüft werden.	Messdaten- Basierter Jahresbericht an Aufsichtsbehörde
12	Daten als Planungsgrundlage	Keine	Mind. 1 x bereits durchgeführt		Mehrmals durchgeführt		ergänzende systemische Messkonzepte als Grundlage einer Planung (Durchlässigkeit, Kolmatation, Stoffrückhalt)

Tabelle A3: Messungen an Versickerungsanlage für behandlungspflichtiges Regenwasser: Beispiel "typischer" Werkhof

Nr. Attribut/Erfüllungsgrad[%]	0	20	40	60	80	100
19 Kosten (N-A Messung)	>0,4 EUR/Datenpunkt			0,015 EUR/Datenpunkt		<0,001 EUR/Datenpunkt
20 Wissen über hydraul. Leistungsfähigkeit	keine Studie	Grob-Modell, unkalibriert	detailliertes Modell, unkalibriert	Modellbasiert, punktuell gemessen	hydrodyn. Modell, verteilt gemessen, lange Zeit	Gemessen mit 1 Sensor/ha
21 Optimierungsgrad der Abwasserinfrastruktur (Netz und ARA)	Weiter Optimierungspotenzial-Analysen noch Optimierungen bislang durchgeführt	Für einzelne Bauwerke zumindestens Potenzial-Analysen durchgeführt	Für einzelne Bauwerke umgesetzt aber ohne regelmäßige Erfolgskontrolle	einzelne Bauwerke optimiert + Potenzial-Analysen für das gesamte System integriert durchgeführt Netz und ARA	Für die gesamte Abwasserinfrastruktur umgesetzt aber ohne regelmäßige Erfolgskontrollen Netz+ ARA	Gemeinsame Betrachtung von Netz, ARA und Gewässer (voll-integriert, Energie-optimiert, Klimawandel berücksichtigt) und regelmäßige online Erfolgskontrolle
22 Problemorientierte Zielvorgaben (AFS(fein), Ammonium, Sauerstoff, Hydraulische Belastung)	Keine Mindestvorgaben definiert	Rein emissionsorientierte Vorgaben (ATV-A-128, ÖMAY RB19), welche aber nicht kontrolliert und überwacht werden müssen.	Emissions- und immissionsorientierte Vorgaben (DWA-A-102), welche aber nicht kontrolliert und überwacht werden müssen.	Emissionsorientierte Vorgaben, welche auch regelmäßig messtechnisch überwacht werden aber nicht regelmäßig ausgewertet und kontrolliert werden müssen. (Baden-württemberg)	Emissionsorientierte Vorgaben, welche auch messtechnisch überwacht und auch regelmäßig ausgewertet werden müssen und auch kontrolliert werden.	Immissionsorientierte Vorgaben, welche auch messtechnisch überwacht und auch regelmäßig ausgewertet werden müssen und auch kontrolliert werden.
23 Praxisstaugliche Zielvorgaben (vollziehbar, prüfbar, gemäss heutigem Stand der Technik)	KEINE	Spurenstoffe	AFS fein	Entlastungsvolumen	Entlastungsdauer und Anzahl gemessen	Entlastung: ja/NEIN
24 Rechtliche Vorgaben zur zu erbringenden Leistungen	nicht vorhanden		vage, uneindeutig	definiert durch a.R.d.T		definiert durch Stand der Technik definiert
25 Organisationsstruktur	keine Kooperation, sektorale Strukturen, keine grosse fiskalische Kompetenz bei Verbands-/ARA-Betreibslleitung			Kooperation im Rahmen von einzelnen Projekten, Kanal: Gemeinde, ARA: Verband	ARA + Gewässer, keine Netze, („Modell Ruhrverband“)	sehr enge fachliche Kooperation => integriertes, ganzheitliches Management (Kanal+ ARA + EZG: Professioneller Betreiber (Zweckverband, privat, bzw. enge Kooperation verschiedener Betreiber))