

Messwerterfassung und Datenübertragung für die Abflusssteuerung in Kanalnetzen aus praktischer Sicht

Stefan Pfeffer (Bad Mergentheim), Ulrich Haas (Stuttgart)

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag werden planerische, bauliche und technische Aspekte der Messwerterfassung und Datenübertragung vor dem Hintergrund einer Abflusssteuerung beleuchtet. Es stellt sich heraus, dass die grundlegenden Entscheidungen zum Messverfahren und zur Installation des Fernwirksystems, einschließlich der Datenverarbeitung auch für ungesteuerte Systeme gelten. Dennoch gibt es Besonderheiten zu beachten, die vor allem darin begründet sind, dass bei der Abflusssteuerung in laufende Prozesse eingegriffen wird und deshalb die Daten permanent und sicher zur Verfügung stehen müssen.

1. Einleitung

Wasserwirtschaftlich bedeutsame Regenbecken sind in der Regel mit Mess-, Steuer- und Regeltechnik ausgestattet, um deren Funktionstüchtigkeit und Betriebsweise überwachen zu können. Bislang dient die installierte Technik der Einhaltung eines vordefinierten Drosselabflusses und der Steuerung der technischen Ausrüstung (lokale Steuerung). Weiterführende Überlegungen verwenden die Technik dazu, gleich mehrere Becken in Abhängigkeit z.B. ihres Füllstandes, im Verbund zu steuern (Verbundsteuerung). Denn bei veränderlichem Drosselabfluss läßt sich die Entlastungstätigkeit minimieren, trotz eines durchweg konstant gehaltenen Kläranlagenzuflusses.

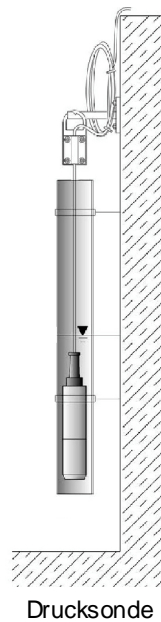
Die Messwerte zum Beckenwasserstand und zum Drosselabfluss sind für die Verbundsteuerung von besonderer Bedeutung und mit Einführung einer Abflusssteuerung wird eine permanente und verlässliche Verfügbarkeit dieser Informationen vorausgesetzt. Deshalb gilt der Messwerterfassung und der Datenübertragung besondere Aufmerksamkeit.

2. Messen von Wasserständen

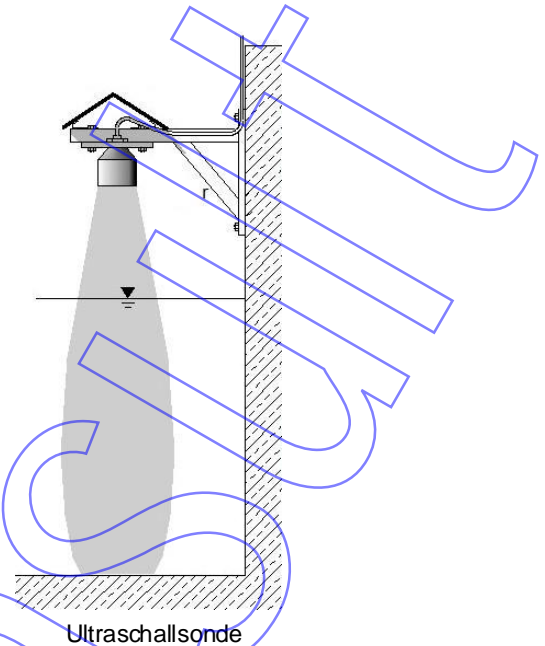
Bei der Wasserstandsmessung unterscheidet man zwei Messprinzipien, Messungen mit Kontakt zum gemessenen Medium und solche ohne. Die in der Abwassertechnik am häufigsten installierten Messungen sind Drucksonden (kapazitiven Hängesonden) und die Ultraschallsonden.

Drucksonden sind von beiden genannten die genauere Messung. Der Nachteil liegt in der Medienberührung. Das kann, besonders bei fetthaltigem Abwasser, einen erhöhten Wartungsaufwand bedeuten. Auch der Montageaufwand ist höher, da die Sonde durch ein Schutzrohr vor Verzopfungen geschützt werden muss.

Die Ultraschallmessung wird über dem Wasserspiegel montiert. Hier muss auf genügend Abstand zwischen Unterkante Sensor und maximalem Wasserspiegel geachtet werden (Blockabstand). Dies kann bei der Nachrüstung in geschlossenen Becken Probleme bereiten. Wegen der Abhängigkeiten von Temperatur und Luftdruck, muss u.U. eine gewisse Messungengenauigkeit hingenommen werden. Um dies zu verringern, ist eine direkte Sonneneinstrahlung zu vermeiden und deshalb ein Sonnenschutz zu montieren. Der Wartungsaufwand ist bei Ultraschallsonden gering.



Drucksonde



Ultraschallsonde

Auf eine korrekte Positionierung der Sonden ist zu achten. Messungen, welche sich beispielsweise im Einflussbereich der Wasserspiegelabsenkung an Wehrschwelen befinden sind unbrauchbar.

Beide Messsysteme müssen gewartet werden, dies sollte bei der Montage beachtet werden. Eine Montage an Stellen, die leicht zugänglich sind, beispielsweise in der Nähe von Montageöffnungen und Einstiegen, ist anzustreben. Auch mit nachträglichen baulichen Maßnahmen lässt sich der Zugang erleichtern. Denkbar ist die Montage einer Sonde in einem separaten Schachtring mit Abdeckung auf der Beckendecke bzw. an der Geländeoberkante. Eine Hängesonde kann so gezogen und im Freien überprüft werden, ohne in das Becken einsteigen zu müssen. Diese etwas aufwändigere Montage erspart dem Betriebspersonal viel Zeit und Mühe.

Bei der Installation muss auf die Reproduzierbarkeit der Befestigung geachtet werden. Eine Sonde, die zur Reinigung gezogen wird, muss wieder genau auf die gleiche Höhe gehängt werden. Dies ist mit besonderen Abhängesystemen realisierbar.

Alle Messsysteme müssen in regelmäßigen Abständen überprüft und mit der Zentrale abgeglichen werden. Die Höhenwerte wie Nullpunkt der Messung, Unterkante der Sonde, Bezug zu Normalnull, Bezug zu Schwellen oder Messbereiche sind zu dokumentieren und im Handbuch aufzubewahren. Es hat sich als sehr vorteilhaft erwiesen, wenn die Messstellen mit einem Höhenbolzen ausgestattet sind.

Der Messbereich der Sonde ist aufgabenspezifisch zu wählen. Häufiger Fehler ist die Erfassung der Entlastungsdauer und -häufigkeit mit der Messung des Beckenwasserstandes. Die handelsüblichen Sensoren haben meist einen Messbereich von 4, 6 oder 10 m. An der Schwelle ist aber oft ein Messbereich von nur 0,5 m gefragt. Bei einem Messfehler von 0,5 % vom Endwert ergibt sich bei einem Messbereich von 5 m ein Fehler von 2,5 cm, bei einer Messung mit 0,5 m Messbereich aber nur ein Fehler von 0,25 cm. Häufig bewegt sich die Überfallhöhe im Bereich von einem Zentimeter und das über einen langen Zeitraum. Die Genauigkeit ist dann bei einem zu groß gewählten Messbereich nicht ausreichend.

Für die Übergabe der Messwerte an die Steuerung oder an die Fernwirktechnik hat sich in der gesamten Messtechnik ein Standard herausgebildet. Äquivalent zum Messwert wird ein Strom von 4 - 20 mA übertragen. 4 mA entspricht einem Messwert von Null, 20 mA dem des

Messbereichsendwertes. Ein Drahtbruch wird erkannt, wenn der Strom auf 0 mA fällt. Dieses Signal wird der Fernwirkaußenstation übergeben. Dort sollte eine Analog-Digital-Wandlung von mindestens 12 bit (0 - 4096) erfolgen.

3. Elektrische Abflussbegrenzer

Grundlage der Abflussregler sind Durchflussmessungen. Hier unterscheidet man zwischen gedückerten und ungedückerten Messungen. Messungen im Düker, meist magnetisch induktive Durchflussmesser (MID), sind anfällig für Sedimentablagerungen und Ansammlung von Schwimmstoffen im Oberwasser. Sie werden daher immer seltener eingesetzt.

Bei den Messungen ohne Düker werden zum größten Teil MID's für teilgefüllte Rohrleitungen eingesetzt. Der Vorteil ist der vollständig freie Rohrquerschnitt und die durchgehende Sohle mit hoher Fließgeschwindigkeit auch bei Trockenwetter. Allerdings sind die hydraulischen Randbedingungen sorgfältig zu prüfen. Beim Minimalabfluss, z.B. nachts, sollte eine Mindestfülltiefe von 10 % der Nennweite gewahrt bleiben, sonst schaltet die Messung ab. Weiterhin darf der Abfluss im Messrohr bei Teilfüllung nicht schießen oder einen Wechselsprung bilden. Gute Messergebnisse lassen sich erwarten, wenn bereits im Planungsstadium gründliche hydraulische Nachweise geführt werden.

Mit dem gemessenen Durchfluss wird über einen Regler der Stellantrieb des Schiebers angesteuert, der den Rohrquerschnitt soweit verändert, bis der eingestellte Sollwert erreicht ist. Für eine Verbundsteuerung muss der Sollabfluss in einem größeren Bereich feineinstellbar sein als bei lokaler Steuerung.

Die Messstelle sollte nach der Installation einer Plausibilitätsprüfung z.B. durch Volumenmessungen unterzogen werden.

Um Wartung und Service zu erleichtern empfehlen sich Lösungen mit trockenem Mess- und Regelschacht. So sind Messgerät, Regelschieber und sonstige Armaturen leicht zugänglich.

Eine andere, für Abflusssteuerungen weniger geeignete Methode den Drosselabfluss zu begrenzen sind oberwasserabhängige Steuerungen. Der Durchfluss wird dann nicht gemessen, sondern der Schieber wird abhängig vom Oberwasserstand auf bestimmte Öffnungswerte gefahren. Eine Berechnung des Durchflusses ist in Grenzen möglich. Für die Erkennung von Rückstau und Verlegung muss eine weitere Wasserstandsmessung im Unterwasser montiert werden. Der Trockenwetterabfluss wird nicht erfasst.

4. Fernwirkaußenstation

Die Fernwirkaußenstation ist die Schnittstelle der Kommunikation zum Prozess vor Ort. Sie erfasst alle Informationen wie Messwerte, Störmeldungen, Zustandsmeldungen oder Zählerstände. Außerdem gibt sie Befehle aus, die Stellantriebe oder Aggregate wie Pumpen steuern können.

Intelligente Außenstationen führen alle Signale einer entsprechenden Bearbeitung zu. Bei Betriebsmeldungen werden Laufzeiten addiert, Störmeldungen werden sofort an die Zentrale weitergeleitet, Zähler werden in Tages-, Monats- bzw. Jahreszähler addiert und sonstige Meldungen und Messwerte werden gespeichert und für die Übertragung zur Zentrale bereitgestellt.

Die Signale können einer Außenstation grundsätzlich auf zwei Arten übergeben werden. Einmal durch das direkte Auflegen der Signale an die Ein- und Ausgänge der Station. Dafür werden alle Signale über Klemmleisten potenzialfrei zur Verfügung gestellt. Eine andere Möglichkeit bietet sich bei einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) an. Da im Normalfall alle relevanten Informationen in der SPS vorhanden sind, können diese per

Schnittstelle (MPI, seriell, Profibus, Ethernet uvm.) der Fernwirkaußenstation zur Verfügung gestellt werden. Bei Nachrüstungen und Änderungen muss hier keine Verdrahtung im Schaltschrank geändert werden.

Man sollte aber Fragen der Gewährleistung im Blick haben, z.B. wenn Fernwirktechnik in eine vorhandene Anlage eingebaut wird oder wenn bei einer Neuanlage verschiedene Anlagenbauer beauftragt sind. Dann ist wegen der besseren Leistungsabgrenzung die Variante über Klemmleisten vorzuziehen. Dies trifft allerdings nur auf Außenstationen für Regenbecken, Pumpwerke oder ähnliche zu, da hier der Datenumfang begrenzt ist. In Kläranlagen laufen zu viele Signale auf das Leitsystem, um sie noch über Klemmleisten rangieren zu können.

Intelligente Außenstationen reduzieren das Datenvolumen, um Übertragungskosten zu sparen. Weiter ist es sinnvoll, auch in Zeiten günstiger Speichermedien, nicht unnötig viele Daten vorzuhalten. So können Betriebszeiten oder Zählwerte vor Ort geführt werden, es werden nur die geänderten Werte zur Zentrale übertragen. Außerdem wird von allen Messwerten ein sinnvoller Mittelwert gebildet. Auch die kompletten Protokolle der Überlaufaktivitäten an den Schwellen können in manchen Außenstationen geführt werden.

Auf jeden Fall muss eine Außenstation die Daten mit Zeitstempel (Zeitpunkt der Erfassung) abspeichern und diese bei Verbindungsaufbau übertragen. Der Speicher sollte für mindestens 3 - 5 Tage bemessen sein. Dieser Zeitraum gilt auch für permanent verfügbare Verbindungen wie z.B. Standleitungen, weil bei einem Ausfall des Übertragungsweges auch hier eine ausreichende Datenspeicherung vor Ort notwendig ist.

Um die Daten von der Außenstation an die Zentrale zu übertragen muss ein passender Weg gefunden werden. Je nach ausgewähltem Übertragungsweg werden auf der Außenstation und in der Zentrale Modems benötigt. Diese müssen uneingeschränkt miteinander kommunizieren können. Es hat sich bewährt die Modems als externe Geräte zu verwenden und nicht in die Außenstation zu integrieren, weil sie für Blitz- oder Überspannungsschäden anfälliger sind. Es ist dann kostengünstiger nur die Modems zu tauschen.

5. Datenübertragung

Übertragungswege

Prinzipiell gibt es zwei Gruppen der Übertragungswege. Verbindungen die nur bei Bedarf zur Verfügung stehen und danach wieder abgebaut werden, oder Verbindungen die dauernd zur Verfügung stehen. Für den Aufbau einer Abflusssteuerung können nur Verbindungen gewählt werden, die dauerhaft zur Verfügung stehen. Ein Datenaustausch muss spätestens alle 5 Minuten stattfinden. Aus diesem Grund werden analoge Wählverbindungen hier nicht weiter erwähnt.

Netzwerkverbindungen

Hierzu gehören alle Verbindungen, die sich über die auch im Internet gebräuchlichen TCP/IP-Protokolle unterhalten. Dies ist im Nahbereich über feste Kabelverbindungen, im Fernbereich über DSL-Anschluss oder mittels GPRS-Technik möglich.

Feste Kabelverbindungen werden im Prozessleitbereich häufig eingesetzt, scheiden aber wegen ihrer begrenzten Reichweite von ca. 100 m für eine Fernwirkverbindung aus. Hier bietet sich der DSL-Anschluss an. Eine andere und günstige Alternative stellt die GPRS-Technik (General Packet Radio Service) dar. Diese Technik setzt auf den Mobilfunk-Dienst GSM auf. Es besteht nur virtuell eine dauerhafte Verbindung zur Gegenstelle, denn erst wenn wirklich Daten übertragen werden, wird der Funkraum besetzt. Grundsätzlich

unterschiedlich zu allen anderen Verbindungen ist die Art der Abrechnung. GPRS-Dienste werden nicht nach Verbindungszeit, sondern nach dem übertragenen Datenvolumen berechnet.

Standleitungen

Standleitungen sind Verbindungen, die physikalisch vorhanden sind, also feste Drahtverbindungen zwischen den Kommunikationspartnern. Sie stehen jederzeit und uneingeschränkt für diese eine Verbindung zur Verfügung. Einige Kommunen und Verbände besitzen eigene verlegte Kabelwege, andere haben Kabelwege bei der Telekom angemietet (wurden inzwischen von der Telekom gekündigt). Wenn eigene Kabelwege vorhanden sind, hat man eine günstige Übertragungsmöglichkeit. Allerdings kann die Instandhaltung auf Dauer hohe Kosten verursachen.

Analoge Funkverbindungen

Die Verfügbarkeit einiger Dienste ist regional sehr unterschiedlich. Außerdem sind alle Funkverbindungen stark von den geografischen Gegebenheiten abhängig.

Weit verbreitet sind Funkverbindungen im UHF und im VHF Frequenzbereich. Sie sind in der Unterhaltung günstig, allerdings sind die Anschaffungskosten der Funkgeräte im Verhältnis zu Modems sehr hoch. Außerdem können sich die Kosten vervielfachen, wenn wegen einer ungünstigen Topographie Relaisstationen, die das Signal über einen Bergrücken leiten, in das Netz integriert werden müssen.

6. Fernwirkzentrale

6.1. Aufgaben

Die Aufgaben der Zentrale sind u.a.:

- Überprüfung der von der Außenstation übertragenen Daten auf Plausibilität
- Abspeichern der Daten in einer Datenbank
- Normierung der Werte (z.B. 0 - 4096 Bit entspricht 0 - 3 m Wasserstand)
- Datensicherheit gewährleisten, Backup/Archivierung
- Einfügen der Messwerte in Berichte und Ganglinien
- Überwachen von Grenzwerten und Alarmen
- Sichere Störmeldekonzeppte, Störweiterleitung auf Handy, Fax oder per eMail.
- Schutz gegen unbefugten Zugriff über Passwörter
- HMI (human machine interface), Anzeigen der Werte in sinnvoller Art und Weise, auch an mehreren Arbeitsplätzen
- Parametrierung des Gesamtsystems

Bei Planung und Betrieb einer Fernwirkzentrale sind sehr viele Randbedingungen zu beachten. Deshalb wird im folgenden auf nur einige praktische Aspekte eingegangen.

6.2. System-Hersteller

Die Auswahl des Herstellers eines solchen Systems ist nicht einfach, da auf dem Markt viele derartige Systeme angeboten werden. Beachtet man aber folgende grundlegende Regeln, so reduziert sich die Auswahl drastisch:

- Es muss ausgereift sein und sollte eine größere Anzahl von Installationen vorweisen können
- Der Hersteller muss eine gewisse Marktstärke haben, die eine Verfügbarkeit der Baugruppen sowie eines Softwaresupports für lange Zeit gewährleistet
- Je mehr Firmen (Anlagenbauer) das System installieren können, um so besser

6.3. Sicherheit und Verfügbarkeit

Vor allem bei Abflusssteuerungen muss eine hohe Verfügbarkeit der Fernwirktechnik gewährleistet sein. Die anfälligen Teile einer Fernwirkanlage sind heutzutage nicht mehr die Außenstationen oder die Übertragungswege, sondern die Zentralen. Der Schwachpunkt sind hier die Rechner, welche die Übertragung und die Daten verwalten. Problematisch sind alle beweglichen Teile, wie Lüfter und Festplatten. Heute sind ca. 90 Prozent aller Defekte in PCs, die ohne äußere Einwirkung (z.B. Überspannung etc.) auftreten, auf diese beiden Einbauteile zurückzuführen.

Einige Hersteller bieten aus diesem Grund einen sogenannten Fernwirkkopf an. Dies sind Industrierechner ohne bewegliche Teile, die alle Funktionen ausführen können, um eine Fernwirkanlage zu koordinieren. Sie verwalten die Kommunikation mit den Außenstationen, bieten Störmeldweiterleitungen an und bedienen Störmeldedrucker. Der Bedienrechner kann bei Nichtgebrauch abgeschaltet werden. Nach dem Einschalten des Bedienrechners werden alle inzwischen aufgelaufene Daten vom Fernwirkkopf eingelesen und verarbeitet. Dies bietet eine deutliche Erhöhung in puncto Datensicherheit, die Bedienrechner werden entlastet und die Betriebssicherheit der Störmeldweiterleitung wird erhöht.

6.4. Störmeldungen

Einer der Hauptargumente für eine Fernwirkanlage ist für das Betriebspersonal die verlässliche Information über Störungen im Abwassernetz.

Eine auftretende Störung wird von der Außenstation erkannt, die sie unabhängig vom Übertragungsweg sofort zur Zentrale überträgt. In der Zentrale wird überprüft, ob die Störung nur am Monitor angezeigt und ausgedruckt wird, oder ob eine Weiterleitung z.B. als SMS zum Bereitschaftspersonal erfolgen soll.

Ist die sichere Weiterleitung einer Störmeldung gewährleistet, kann durch Einschränkung der Kontrollfahrten im Betrieb viel Zeit und Geld gespart werden.

Die Übertragung der Störmeldung muss regelmäßig geprüft werden. Eine unzuverlässige Störmeldung ist so gut wie keine Störmeldung!

6.5. Parametrierung

Moderne Systeme erlauben die einfache und komplette Parametrierung von Ein- und Ausgängen, Berichten, Ganglinien und aller nötigen Systemwerte der Anlage am Arbeitsplatz in der Zentrale. Hier werden auch die Funktionen der Außenstation eingegeben. Nach erfolgter Eingabe wird die Parametrierung an die Außenstation weitergegeben. Ist die Außenstation vor Ort elektrisch installiert, sind dort keine weiteren Einstellungen nötig.

Standard sollte auch ein Fernzugriff des Anlagenherstellers sein. Oft sind bei Prozessleitsystemen nur kleine Änderungen nötig, die dann kostengünstig über die Fernparametrierung ausgeführt werden können. Auch bei einer Störung kann ein Servicetechniker schnell reagieren und hat, da er Fernzugriff auf den Rechner der Zentrale besitzt, die komplette Anlage bis zu den Außenstationen im Zugriff.

6.6. Prozessbilder und grafische Darstellungen

Das Prozessbild ist eine Schnittstelle zwischen der Fernwirkanlage und dem Bediener. Diese Schnittstelle muss aussagekräftig und einfach gehalten werden. Benötigte Informationen müssen auf Prozessbildern schnell ersichtlich sein. Überladene und exotisch bunte Bilder sind nicht brauchbar. Alle Bilder sollten einen gleichen Stil haben und nach Möglichkeit die gleichen Bedienstrukturen aufweisen.

Für die grafische Darstellung von Regenbecken und Pumpwerken hat sich die Darstellung eines Grundrisses und evtl. eines oder mehrerer Schnitte des Bauwerks bewährt. Gezielt eingeblendete Informationen werden vom Personal sofort richtig zugeordnet, und die Funktion des Bauwerks wird erkannt. Das Betriebspersonal sollte bei der Bilderstellung beteiligt werden.

Für Übersichtsbilder können die wichtigsten Informationen in eine Landkarte eingeblendet werden.

6.7. Bedienbarkeit

Vor allem auf kleinen ländlichen Anlagen haben die Bediener manchmal keine oder wenig Computerkenntnisse. Das Personal ist dann mit einer überladenen Software überfordert. Systeme, die z.B. bei der Auswertung zu viele Möglichkeiten bieten, werden dort nicht angenommen. Weniger ist hier manchmal mehr. Die Software sollte, wie heute generell angestrebt, möglichst selbsterklärend sein.

Im Gegensatz dazu sind in großen Kläranlagen, wo ein oder mehrere Mitarbeiter dauernd mit der Software arbeiten, erweiterte Softwarefunktionen nötig und sinnvoll.

Die EDV-Kenntnisse und die Systemakzeptanz sind also bei der Auswahl des Systems dringend zu berücksichtigen. Eine Systemauswahl ohne ein persönliches Treffen mit dem Betriebspersonal ist nicht ratsam.

6.8. Datenflut

Die Menge der Daten, die übertragen wird, muss sorgsam ausgewählt werden. Leider werden die Möglichkeiten moderner Fernwirkssysteme zu gerne genutzt, um maßlose Datenfluten zu übertragen und abzuspeichern. Besonders im Bereich der Fernsteuerung und bei den Sollwert- und Grenzwertvorgaben werden unnötige Daten übertragen. Man muss bedenken, dass die Anlagen vor Ort jederzeit autark funktionieren müssen.

Ein Ferneingriff soll der Steuerung allenfalls andere Vorgaben machen, die im laufenden Betrieb aufgrund aktueller Umstände nötig sind. So ist das Verstellen eines Sollwertes für den Abflussregler eine sinnvolle Möglichkeit die Steuerung aus der Ferne zu bedienen. Für eine Verbundsteuerung ist das grundlegend notwendig. Es ist jedoch zu beachten, dass für ein Regenbecken ohne Verbundsteuerung dem Drosselabfluss eine wasserrechtliche Genehmigung zugrunde liegt. Der Abfluss darf normalerweise nicht je nach Betriebserfordernis geändert werden.

Das Verändern von Grenzwerten der Pumpensteuerung ist dagegen nicht sinnvoll sondern gefährlich. Solche Werte dürfen nur vor Ort geändert werden (OP an der SPS). Die Auswirkung der Änderung auf die Steuerung muss sofort kontrolliert werden. Schäden wie trocken laufende Aggregate sind sonst die Folge. Alle Grenzwerte die von baulichen Gegebenheiten festgelegt sind, dürfen also auch nur am Bauwerk verändert werden.

Das Fernsteuern von Reinigungseinrichtungen ist ebenso fragwürdig, da die Reinigung automatisch erfolgen sollte und eine eventuell nötige Nachreinigung nur vor Ort am Becken erkannt wird und auch von dort initialisiert werden sollte.

Die Zeitabstände der Daten werden oft zu eng gesetzt. Eine Häufigkeit eines Messwerts pro Minute im Becken oder Pumpensumpf ist für Abflusssteuerungen ratsam, eventuell reichen aber auch 5-Minutenwerte aus. Ist keine Abflusssteuerung installiert reichen sogar 15-Minutenwerte aus. Anders bei der Aufnahme von Ganmlinien zur Ermittlung der Überlaufdauer. Hier muss für die Erfassung ein Zeitabstand von min. zwei Minuten möglich sein.

7. Fazit

Die heute eingesetzten Systeme der Messwernerfassung und Datenübertragung (zumeist einmal täglich) sind für ungesteuerte Systeme geeignet. Stehen Nachrüstungen oder Ertüchtigungsaufgaben an, sollte man eine Technik wählen, die den Anforderungen zur Einführung einer Abflusssteuerung genügt. Dies gewährleistet ganz nebenbei, dass sich die Überwachungsmöglichkeiten und damit die Betriebssicherheit verbessern.

Literatur

- [1] DWA-M 180: Handlungsrahmen zur Planung der Abflusssteuerung in Kanalnetzen, Dezember 2005
- [2] Arbeitsmaterialien zur fortschrittlichen Regenwasserbehandlung in Baden-Württemberg, Endfassung September 2007
- [3] Messeinrichtungen an Regenüberlaufbecken, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, November 2001

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Pfeffer
Umwelt- und Fluid-Technik
Dr. H. Brombach GmbH
Steinstraße 7
97980 Bad Mergentheim
eMail: s.pfeffer@uft-brombach.de

Dipl.-Ing. Ulrich Haas
InfraConsult, Gesellschaft für
Infrastrukturplanung mbH
Schaiblestraße 1
70499 Stuttgart
eMail: ulrich.haas@infraconsult.de