

Third European Junior Scientist Workshop in Terschelling,
The Netherlands, 24 September 1991

Proceedings of the discussions following the presentations during
the morning session

List of the presentations:

1. Petersen Sten; Tools for Design of RTC
2. Gustafsson Lars-Goran; Mars- Evaluation of Operation Policies for RTC in Sewer Systems
3. Taylor Andrew; The Application of RTC to Reduce Pollutant Spills
4. Hartong Hans; Considerations about the Engineering Practice in RTC
5. Schilling Wolfgang; Assesment of Modeling Uncertainties and Measurements Error in Hydrology

1. Sten Petersen

Sten examines the process of elaborating a RTC system in order to characterise the necessary software tools. Four working steps are distinguished:

1. evaluation of the current performances of the UDS
2. detailed modeling to find out the potential of RTC
3. elaboration of control strategies
4. verification whether the RTC system meets the requirements

The design requirements on UDS differ from one land to another. In regard to CSO limitation, design criterien can be the frequency of overflows, the pollution load, pollutant concentrations. In the corresponding lands numerical models and methodologies have been developed, which are supposed to tackle the problems. However, in most of the cases they constitute a very simplified description of the reality, and can not so far be directly utilized in the design of RTC systems.

A review of the detailed simulation models is done and their characteristics examined. Following requirements to the simulation are assumed necessary in order to conceive RTC systems:

1. possibility to account for spatially distributed rainfall
2. possibility to account for every hydraulic phenomen (backwater effects, pressure flow etc)

3. possibility to include strategy research modules
4. possibility to simulate the control gauges and their regulation loops

Point 3 and 4 refer to different control levels in UDS operation. In the first control level, a global operation strategy will be defined. It determines a desired distribution of the combined sewerage volums depending on the present and predicted situation. In the second control level, the already defined operation strategy is activated through the existing control gauges, whose hydraulics and regulation should be accuratly simulated.

Simulation models are available on the market, which meet the requirements 1-3. None of them¹ however is, up to now, able to tackle point 4. Consequently, there is a danger that consequences of operation strategies are not accuratly evaluated. Moreover, consequences of possible failures may be underestimated.

The question now is to examine whether there is a need to implement point 4 in the existing models (ex. MOUSE). In other words, do we need the super simulation model (resp. SUPERMOUSE) ? The question is controversial. On the one hand, the addition of supplementary modules would allow a precise evaluation of the operation strategies and their applicability. On the other hand, the manipulation of such a sophisticated software may be reserved to the very few people, who understand operation strategy research as well as regulation of control gauges.

2. Lars Gustavsson

Lars presents an example of RTC system design for the city of Malmo (Sweden).

The retained RTC system configuration assumes the on-line implementation of the hydraulic simulation MOUSE. During a given rainfall event, the strategy research module tests among a preselection of possible set points configuration in the control gauges and chooses the strategy which minimizes the costs. Floodings, CSO's quantity and location constitute the cost factors.

¹ Several modified versions of the transport model EXTRAN have been developed in bpi-Hannover (D. Gattke) and at the University Hannover (S. Henneberg, D. Kollatsch), which can simulate movable weirs or gates as well as their control. They are however not available on the market and are still object of research and development.

The selected strategy will be reevaluated as soon as the deviations between simulated and measurement data exceed a certain level.

In the case of Malmo, the importance of an accurate simulation of the indirect runoff inflows into the canalisation was stressed. This parameter unlike rainfall distribution or pipes dynamics is disregarded in most RTC projects.

Since the UDS description that is used for strategy research purposes is greatly simplified the number of selectable strategies remain anytime limited and the operators have no difficulty to correctly judge a situation as well as the computer strategy.

Computation time does not either constitute an obstacle for implementation, for the computer only needs a few minutes to evaluate 10 strategies (more strategies won't be evaluated anyway!).

The last point in the discussion referred to the classification of situations in order to preselect the strategies to be computed. In this respect, the rainfall direction has turned out to be a major criterium.

3. Andrew Taylor

Andrew presents a study whose objectives is to evaluate the applicability of RTC in the case of Bolton (UK).

Main objective is to reduce the CSO 's in the river Irwell to an acceptable level i.e to bring all watercourses up to class 2 (support coarse fish). The correspondent design criterium is that the BOD concentration in the receiving waters should in no case exceed 20 mg/l (resp. 15 mg/l).

The study divides into 7 steps. Objectives are development of a detailed simulation, development of a calibrated simplified simulation and selection of a set of representative events.

Passive control is considered to apply, when the weir settings remain unchanged over all the events. RTC is considered to apply, when the weir settings are determined separately for each rainfall event. However, they remain fixed during a single event.

Optimization of the weirs settings has been performed in both cases through utilization of a very simplified description of the system dynamics (lag time, maximal pipe capacity). CSO quantities as well as corresponding storage capacities, which are necessary to meet the quality requirements, have been calculated and

compared. The difference between both cases is supposed to give a estimation of the RTC benefits.

According to the results the benefits are sensible, for rainfall events whose height is less than 16 mm. For events of greater magnitude, RTC does not have any influence, because the drainage system is overloaded. It is however pointed out in the discussion, that in case of extreme events, the supplementary benefits of an adaptation of the weir settings to the current UDS situation should be examined. Although no definitive conclusions can yet be drawn, experiences in other UDS show that the improvements may be substantial.

The selection of a representative quality criterium (resp. criteria) as well as the relevance of a control directly based on quality data are also discussed. In this respect, parameters like COD and SS are cited in addition to BOD. Unfortunately, gauges which continuously measure quality parameters are up to now hardly available (and if yes, they are expensive and difficult to maintain!). As a consequence, knowledge about the actual quality processes remain vague. Experience must still be collected.

4. Hans Hartong

Hans discusses RTC issues in relation to the daily engineering practice. Although many research projects have been supported in recent years, especially in Europe, RTC can not yet be considered as "state of the art". Several factors hinder a faster diffusion of RTC.

On the one hand the staff presently in charge of UDS lacks of knowledge about RTC so that consultant offices really have to make it aware of the potential. In the campaign of sensibilization civil engineers should play a central role, because they coordinate the actions of all the participants in a RTC project and have therefore a good overview.

The second obstacle to the diffusion of RTC is directly related to the way according to which engineering costs are calculated in common practice. Despite of the increased difficulty in the design task, consultant offices have to follow the same assessments as in "classical" projects where their costs amount to around 10% of the total cost. Unfortunately, due to RTC, the total cost may be drastically reduced (optimal utilization of the existing storage capacity) !.

The discussion stresses the ways to break the vicious circle. Diffusion of RTC systems depends to a great extent on the confidence they inspire to the staff in charge of the UDS. As a practical measure, it was proposed to prepare and diffuse a publication including a description of the main RTC projects, which have taken place in Europe in the last 2 years.

Another important conclusion of the discussion is that RTC research should stress such aspects like the impact of UDS on the receiving waters and the treatment plant works, since they will probably acquire a major significance in the future.

5. Wolfgang Schilling

Wolfgang's presentation does not relate to RTC. Two topics are discussed, which are connected together:

- announcement of the next Workshop (4th European Scientist Workshop, Saint Etienne France, 9-12 April 1992)
- planing and organizational aspects

The new workshop will deal with modeling uncertainties and measurement errors in hydrology. The whole problematic has been divided into 10 topics (A-K), whose definition was clearly (in mathematical terms) established.

Organizational questions arose such as number of participants, duration of a workshop, location and accomodation and arrangement of the presentations and their preparation.

In the first 3 points, the participants unanimously agree with the policy which has been followed up to now; 20-25 participants, 4-5 days, remote location with close contact to nature, low level accomodations to minimize the price of sejour.

The point 4 however is subject of controversy.

A minority of participants backed a thematic arrangement of the presentations, as it was the case in the first workshop (Switzerland, 1990). The juxtaposition of contributions pertaining to the same topic is supposed to facilitate the understanding of the corresponding problematic. It has even been proposed that the ones presenting in the same session meet beforehand in order to coordinate their interventions.

A majority of people back the mixed arrangement which was adopted in the present workshop (The Netherlands, 1991). Each presentation

5

during a given session has to relate to a different topic. Such a mixing is supposed to prevent the participants from only attending a restricted number of sessions.

Erfahrungsbericht über den "Third European Junior Scientist Workshop" on

'Applications of Operations Research to Real Time Control of Water Resources Systems'

Amar Khelil; Dirk-Th. Kollatsch

In der Zeit vom 20. bis zum 25. September 1991 fand der dritte europäische Workshop für junge Wissenschaftler in Formerum auf der niederländischen Insel Terschelling statt. Das Arbeitstreffen stand unter dem Thema der Anwendung von Operations Research auf die Echtzeitsteuerung wasserwirtschaftlicher Systeme und gab 19 Wissenschaftlern aus 9 Ländern die Gelegenheit zu intensivem Gedankenaustausch. Schirmherr und Sponsor war die "Environmental Protection through Research Education and Demonstration in Innovative Water Management and Control Techniques" Gruppe, abgekürzt PREDICT. Diese Gruppe setzt sich zusammen aus Mitgliedern der IAWPRC Arbeitsgruppe für Real Time Control of Urban Drainage Systems und wird gefördert durch das EG Programm COMETT.

Das Thema

Vor zwei Jahren fand der erste European Junior Scientist Workshop in Kastanienbaum (Schweiz) statt. Er stand unter dem gleichen Thema, während der zweite Workshop die Versickerungsanlagen als Element von Stadtentwässerungssystemen behandelte. Das dritte Arbeitstreffen konnte als Fortsetzung des ersten gesehen werden und vereinigte in konsequenter Weise Forschungsergebnisse ehemaliger mit den Berichten neuer Teilnehmer.

Definition: Der Begriff 'Operations Research' läßt sich nicht ohne Mißverständnisse ins Deutsche übersetzen. Gemeint ist die Erforschung des Betriebes von Anlagen zur Echtzeitsteuerung und darunter fallen neben reinen Betriebsergebnissen auch die Planung und Anwendung von Simulationsprogrammen, Automatisierungsmöglichkeiten, sogenannten Expertensystemen und

Optimierungsstrategien, um nur einige Beispiele zu nennen. Die Vorträge haben demnach auch den Bogen von der theoretischen Forschung, über die angewandte Forschung, die Planung, die Inbetriebnahme bis hin zu Erfahrungen im täglichen Betrieb von gesteuerten Systemen in der Wasserwirtschaft gespannt. Dabei wurde Wert auf die methodische Erfassung der Probleme gelegt, so daß keine Gefahr bestand, daß sich die Vorträge der Teilnehmer in reale, für die Methode jedoch unbedeutende Teilprobleme verlieren (als Beispiel mag die Tatsache dienen, daß über die zur Kanalnetzsteuerung notwendige Erfassung von Durchflußmengen - in der Realität immer noch eines der größten technischen Probleme - kein Vortrag vertreten war). Der Kreis wurde geschlossen mit Erkenntnissen über den Bedarf an angewandter Forschung, resultierend aus den verfügbaren Erkenntnissen der Betriebsführung.

Das Programm

Die Organisationsform dieser Workshops ist so ungewöhnlich wie interessant, so daß ein kurzer Einblick gegeben werden soll.

Mit dem Begriff "Junior Scientist" ist nicht das Alter gemeint, sondern die Voraussetzung, daß der Wissenschaftler selbst und aktiv in der Forschung tätig ist. Damit soll das Arbeitstreffen zu einem echten Erfahrungsaustausch und zu einer offenen Diskussion anhalten, bei der alle Beteiligten lernen können.

Es werden Teilnehmer aus Theorie und Praxis angesprochen, so daß ein ausgewogenes Verhältnis von Forschern der Universitäten, von Planern und von Anwendern vertreten war. Die Namen der Teilnehmer kann der Anlage 2 entnommen werden.

Eine weitere Besonderheit der Organisation betrifft die Unterbringung der Teilnehmer. Hier werden bei allen Workshops möglichst einfache, doch landschaftlich reizvoll gelegene Häuser ausgewählt. Die Unterbringung entspricht dem Stil einer Jugendherberge, und dementsprechend werden die Mahlzeiten auch von den Teilnehmern selbst eingekauft und zubereitet. Dies schafft eine entspannte Atmosphäre und verstärkt den internationalen Aspekt der Veranstaltung, da möglichst heimatliche Gerichte zubereitet werden sollen.

Als dritte Besonderheit ist der Zeitplan zu nennen. Die Workshops sind über vier volle Tage von Freitag (Anreisetag) bis Mittwoch (Abreisetag) geplant. Der Einschluß des Wochenendes soll es den Ingenieuren aus der Praxis erleichtern, über vier Tage von der Arbeitsstätte fern bleiben zu können. Der tägliche Zeitplan sieht ein ausgewogenes Verhältnis von Arbeit und Sozialprogramm vor, wie der abgedruckte Tagesablauf zeigt (Anlage 1).

Jeden Tag haben zwei Arbeitssitzungen stattgefunden.

Während der Vormittagssitzung (siehe Anlage 2) wurden jeweils 5 Vorträge gehalten, deren Dauer 25 Minuten betrug. Im Anschluß an jedem Vortrag gab es eine Diskussion (15 Minuten). Die Vorträge innerhalb einer Sitzung gehörten zu unterschiedlichen Themenbereichen. Dadurch hatten die Organisatoren erreicht, daß das Interesse der Beteiligten in jeder Sitzung gleich groß war und Ermüdungserscheinungen ausblieben.

Der frühe Nachmittag stand für das Sozialprogramm zur Verfügung. Wie in den Niederlanden üblich, wurde die Insel mit dem Fahrrad erkundet. Gleichzeitig stand die Zeit für Diskussionen der einzelnen Teilnehmer untereinander zur Verfügung.

Jede Abendsitzung wurde einem bestimmten Thema gewidmet, welches jeweils von einer designierten Gruppe im Laufe des Spätnachmittags vorbereitet wurde. Die Ergebnisse ihrer Überlegungen wurden vor dem ganzen Gremium abends vorgetragen und diskutiert (von 20:30 bis 22:30). Die Themen können der Anlage 3 entnommen werden, ein Abriß über die Ergebnisse ist im letzten Kapitel gegeben.

Die Vorträge

Die Vorträge der Vormittage lassen sich in unterschiedliche Themenbereiche einordnen. Nachfolgend wird der Bogen zwischen den Vorträgen nach thematischen Gesichtspunkten gespannt.

Wytze Schuurmans (17) erläutert den Unterschied zwischen 'operation strategy' and 'control strategy'. Der erste Begriff entspricht dem, was man unter 'Steuerung' versteht. Hiermit werden Sollwerte an den vorhandenen Steuerungsgeräten bestimmt.

- Die Bestimmung optimaler Sollwerte ergibt sich durch Anwendung von Optimierungsalgorithmen oder von regelbasierten Systemen (Expertensystemen).

- Die Umsetzung bzw. das Anhalten dieser Sollwerte durch die Steuerungsgeräte wird durch Bestimmung einer 'control strategy' erreicht. Der letzte Begriff entspricht dem, was man unter 'Regelung' versteht.

Schuurmans zeigt auch, wie in realisierten Projekten Steuerung und Regelung miteinander verbunden werden müssen, wobei er den Akzent auf den zweiten Punkt setzt. Die Simulation der Regelungsvorgänge erfordert eine detaillierte hydrodynamische Simulation. Bestimmte Vorgänge sind jedoch kaum simulierbar, auch wenn die kompliziertesten numerischen Modelle eingesetzt werden. Dies hängt nicht mit den implementierten Lösungsalgorithmen zusammen, sondern mit ihren Voraussetzungen. In solchen Fällen sind weitere hydraulische Untersuchungen mit physikalischen Modellen erforderlich. Beispiel einer solchen Untersuchung wird von Henneberg (8) erläutert. Er analysiert durch die Bewegung von Schiebern erzeugte Wellen in langgestreckten offenen Kanälen durch physikalische Nachbildung. Planung und Vorbereitung der Experimente sowie die erhofften neuen Erkenntnisse werden vorgetragen.

Arnold Lobbrecht (12) erläutert die Anwendung der 'feed-forward control' zur Steuerung der Wasserstände in den Flevopolders (The Netherlands). Zu diesem Zweck wurde ein nicht-lineares Modell zur Vorhersage der verspäteten Abflußkonzentration aus natürlichen Gebieten entwickelt. Wie Gustaffson (6) zeigt, stellt die genaue Erfassung des verspäteten Oberflächenabflusses auch in städtischen Einzugsgebieten (z.B. Malmö) möglicherweise einen wichtigen Faktor zur Bestimmung einer Steuerung dar.

Fons Nelen (13) stellt einen nicht-linearen Optimierungsalgorithmus zur Bestimmung der Steuerungsstrategie ('operation strategy') vor. Nicht-lineare Optimierungsalgorithmen seien nach seiner Auffassung wegen der Unzulänglichkeit der linearen Optimierung unabdingbar. Einfache Beispiele werden zur Unterstützung der These herangezogen. Die dem Vortrag folgende Diskussion unterstreicht die Wichtigkeit einer sorgfältigen

Systembeschreibung and Systemvereinfachung für den Entscheidungsprozeß.

In diesem Zusammenhang könnte das von Einfalt (3) vorgestellte Simulations- und Darstellungsprogramm Hilfestellung leisten. Es erlaubt eine graphische Erfassung der während des Ereignisses ablaufenden Vorgänge, wie sie in einer linearen Optimierung beschreibbar sind.

Taylor (13) versucht, die Vorteile einer Echtzeitsteuerung bezüglich der Mischwasserentlastung durch Simulation zu quantifizieren. Das Einzugsgebiet eines kleinen Flusses (12 000 ha, 250 000 Einwohner) wird untersucht. Die Steuerung an den Entlastungsstellen erfolgt durch Einstellung von Wehren, deren Sollwerte allerdings innerhalb eines Ereignisses konstant eingestellt bleiben. Zur ihrer Bestimmung wird ein linearer Optimierungsalgorithmus eingesetzt. Trotz allen Einschränkungen sind die Vorteile der Steuerung bei Ereignissen mittlerer Größe erheblich.

Die Anwendung der linearen Optimierung wird auch von Maria Almeida (1) und Miroslav Tesarik (18) erläutert, mit dem Ziel Steuerungsregeln aus den Simulationsergebnissen zu ziehen.

Die Entwicklung einer Menge von (auf Vollständigkeit und Konsistenz) überprüften Steuerungsregeln, wird auch von Gustavsson (6) und Khelil (10) angesprochen. Sie erzählen über ihre jeweilige Erfahrung zur Steuerung der Entwässerungssysteme von Malmö und Bremen (links der Weser).

Gatke (4) und Huber (9) beschreiben die Planungstufen bei Entwurf eines Steuerungssystems in Bremen (rechts der Weser) bzw. Zürich. In Bremen (rechts der Weser) werden bewegliche Wehre zur Bewirtschaftung des Staauraums eingesetzt. Zur numerischen Erfassung der Hydraulik wurde das Programm EXTRAN auf einen Baustein erweitert. In Zürich wird bis jetzt der Akzent auf die numerische Simulation des Entwässerungssystems und seine Vereinfachung für die Zwecke der Steuerung gelegt. Ergebnisse aus verschiedenen Modellen wurden verglichen.

Echtzeitsteuerung muß nicht nur unter normalen Bedingungen das Potential im Kanalnetz ausnutzen, sondern auch wenn Störungen vorliegen. Falls Ausfälle in Meßgeräten auftreten, besteht keine

vollständige Information über den Kanalnetzzustand mehr. Dadurch wird die Bestimmung der Steuerungsstrategie erschwert. Schütze (16) erläutert eine Methodik zur Rekonstruktion von fehlenden Meßdaten. Sie beruht auf der Anwendung der linearen Interpolation. Ergebnisse im Falle Bremen (links der Weser) werden gezeigt und ihre Zuverlässigkeit diskutiert.

Ausfälle können außerdem Steuerungsgeräte betreffen. In dem Fall wird die Eingriffsmöglichkeit in die Fließvorgänge im Kanal stark eingeschränkt. Babovic (2) schlägt vor, regelbasierte Systeme (Expertensysteme) anzuwenden, um die Ursachen möglicher Ausfälle schnell auf die Spur zu kommen. Die Vorgehensweise basiert auf dem Vergleich zwischen laufenden Meßdaten und Ergebnissen einer detaillierten numerischen Simulation (z. B. mit dem Programm MOUSE). Falls inakzeptable Abweichungen auftreten, werden Ausfälle vermutet, deren Ursache (bzw. Ursachen) durch Diagnoseregeln herausgefunden wird (bzw. werden). Jede Antwort wird mit Wahrscheinlichkeitskoeffizienten versehen. Die tatsächlichen Ursachen werden nachträglich mit den diagnostizierten verglichen und aus dieser Erfahrung werden vorhandene Regeln durch einen sogenannten Lernprozeß modifiziert (z.B. Änderung der Wahrscheinlichkeitskoeffizienten) oder sogar neue Regeln der Basis zugefügt.

Kollatsch (11) schlägt vor, die Belange der Kläranlage mehr in den Vordergrund zu rücken. Güteaspekte werden zukünftig in der Bewertung der Leistungsfähigkeit eines Entwässerungssystems immer mehr Gewicht erhalten. Eine Betrachtung der Gesamtemission (aus dem Kanal und aus der Kläranlage) ist dementsprechend immer sinnvoller, obgleich eine koordinierte Steuerung des gesamten Entwässerungssystems durch die administrative Trennung zwischen Kanal und Kläranlage erheblich erschwert wird.

Geerse (5) wendet sich praktischen Aspekten der Echtzeitsteuerung in der Stadt Rotterdam (The Netherlands) zu. Erreichte Verbesserungen, verbundene Kosten sowie die erforderliche administrative Umstrukturierung werden angesprochen. Die Hindernisse zur Verbreitung der Echtzeitsteuerung werden weiterhin von Hartong (7) aus der Sicht eines Ingenieurbüros aufgelistet. Um Betreiber von Echtzeitsteuerungssystemen (z.B. Städte,

Genossenschaften) dazu zu bewegen, Echtzeitsteuerung parallel zu anderen Entwässerungslösungen in Betracht zu ziehen, werden Vorschläge unterbreitet. Insbesondere sollte eine Dokumentationschrift erstellt werden, wo die in Europa in den letzten Jahren realisierten Echtzeitsteuerungssysteme dargestellt werden.

Die Arbeitsgruppen

Das Thema der ersten Abendsitzung wurde am Samstag Vormittag aufgebracht und hatte die "Interaktion von Kanalnetz und Kläranlage" zum Thema.

Bislang wird die Kanalnetzsteuerung ausschließlich auf der Basis von Durchflüssen geplant und betrieben. Solche Eingriffe in die Abflußverhältnisse haben jedoch auch einen direkten Einfluß auf die Quantität und die Qualität des Kläranlagenzuflusses. Die Konsequenz, die Kläranlage in die Steuerung mit einzubeziehen, liegt auf der Hand. Ein weiterer Aspekt für die Steuerungsstrategien der Zukunft ist die Steuerung nach Schmutzfrachten. Dieser Aspekt hat ebenfalls eine große Bedeutung für den Betrieb der Kläranlage.

Nachfolgend wird nach dem derzeitigen Wissensstand eine Zusammenstellung der Teilsysteme und Prozesse erhoben und es wird der Forschungsbedarf für die Zukunft aufgelistet.

Die Teilsysteme sind das Kanalnetz mit seinen Speicherräumen sowie Mischwasserbehandlungsanlagen und die Kläranlage.

In dem Teilsystem Kanalnetz sind der Abfluß und der Schmutzstofftransport die für eine Steuerung interessanten Prozesse. Die Variablen zur Beschreibung der Prozesse sind:

| Prozeß | Variable |
|----------------------------|--|
| Abfluß Schmutztransport | Q (m ³ /s), h (m) C (mg/l), B (kg/s) |

Die Abflußsteuerung ist in der Praxis erprobt. Bei der Erfassung der Schmutzparameter sind jedoch noch gravierende Probleme zu

überwinden, bevor danach gesteuert werden kann. Abgesehen von den Problemen der Messung gibt es für die Steuerung nach Schmutzstofftransport keine erkennbaren Hindernisse, denn die entsprechenden Steuerstrategien werden bei der Steuerung von Kläranlagen bereits verwendet.

Viele Kläranlagen werden schon in Echtzeit nach Schmutzparametern gesteuert. Der Zulauf, der Ablauf und auch Teilströme auf der Anlage werden durch Meßgerinne und Induktive Durchflußmeßgeräte kontinuierlich erfaßt. Die Kontrolle der Zulaufschmutzfrachten kann durch die auf dem Markt erhältlichen Meßgeräte zur Bestimmung

- des Kurzzeit-BSBs und des CSBs (photometrisch),
- des Sauerstoffgehaltes, bzw. der Respirationsrate,
- des NH_4 - und NO_3 -Stickstoffgehaltes und
- des Phosphorgehaltes

erreicht werden. Diese Geräte werden bereits zur Steuerung der Abbauprozesse und zur Überwachung der Ablaufbeschaffenheit eingesetzt. Auf Belebtschlammanlagen bedarf auch das Medium Belebtschlamm einer gezielten Kontrolle. On-line werden die erforderlichen Daten bislang durch optische Meßgeräte aufgenommen, die den Schlammgehalt bestimmen.

Auch für die Kläranlage die Zusammenstellung der Prozesse und Prozeßvariablen in allgemeiner Form:

| Prozeß | Variable |
|---------------|-----------------------------|
| Zulauf | Q (m^3/s) |
| Verschmutzung | C (mg/l) |
| Biomasse | C_x (mg/l) |

Für eine weiterführende Analyse wurden die Systemelemente zusammengestellt, die für die Steuerung/Regelung der einzelnen Prozesse derzeit eingesetzt werden.

Im Entwässerungsnetz sind die Elemente, die den Abfluß bzw. den Wasserstand beeinflussen, die Pumpen, Verzeigungsbauwerke, Vermaschungen und Speicherräume. Bezüglich einer Überwachung der

Wasserverschmutzung werden weder Sensoren noch Modelle eingesetzt, noch sind sie für die Praxis verfügbar. Es gibt keine Erfahrungen in der Schmutzfrachtsteuerung.

Ganz anders liegen die Verhältnisse auf der Kläranlage. Die erforderlichen Systemelemente zur Steuerung des Zuflusses sind Pumpen und Speichervolumina. Zur Erfassung der Schmutzstoffe kann die Zuflußrate bestimmt werden. Die Elemente zur Beeinflussung des Schmutzzufuhr sind Speichervolumina und die Sauerstoffzufuhr (Abbau). Der Prozeß der Biomassenkontrolle kann über die Rückführrate (Pumpen), die Speicherung (Nachklärung) und über die Respirationsrate (Aktivität) gesteuert werden. Dabei ist zu beachten, daß für die verschiedenen Abbauprozesse unterschiedliche Anforderungen an die Steuerung gestellt werden.

Auch in der dritten Reinigungsstufe werden Elemente gesteuert, z.B. die Dosage von Chemikalien nach Durchfluß und Schmutzgehalt und die Effektivität von Filtern, die vor einem Mischwasserereignis rückgespült werden sollten.

Beschlossen wurde diese Sitzung mit der Feststellung, daß es in diesem Arbeitsfeld eine Menge ungelöster Probleme gibt, daß jedoch die übergreifende Steuerung von Schmutzfrachten eine vordringliche Aufgabe für die Zukunft darstellt.

Das Thema der zweiten Abendssession sollte Ideen für "ein anwenderbezogenes Handbuch im Bereich der Steuerung" liefern.

Die Grundvoraussetzung für die Lesbarkeit und Akzeptanz eines solchen Kompendiums ist eine Zusammenarbeit von Planern und Fachleuten aus dem Betrieb. Damit soll verhindert werden, daß das Handbuch nicht aus Gründen der Unverständlichkeit oder wegen eines Überangebotes an Theorie ungelesen bleibt. Weiterhin ist einzusehen, daß ein solches anwendungsbezogenes Handbuch nur speziell für jede Einrichtung der Steuerung erstellt werden kann. Es wird also unterschiedlich aufgebaut sein, ob es in einer lokal gesteuerten Pumpstation ausliegt, oder ob es für die Zentrale einer globalen Kanalnetzsteuerung erstellt wird.

Das Einsatzgebiet wiederum bestimmt die Gliederung des Werkes. Da dicke Bücher selten gelesen werden, soll ein Handbuch

themenbezogen in mehrere Bänden aufgeteilt werden. Das Handbuch soll außerdem verschiedenen Benutzergruppen ein Nachschlagewerk sein. Es kann eine Unterstützung bei der Ausbildung von neuem Personal bieten, Informationen für die Weiterbildung der langjährigen Anwender liefern und Hilfestellung in besonderen Situationen geben. Dementsprechend muß die Unterteilung auch in häufig, weniger häufig und selten gelesene Teile erfolgen.

Band 1 sollte z.B. die allgemeinen Aufgaben, das Konzept, enthalten. Hier ist auch die Motivation der Mitarbeiter anzuregen und die Wichtigkeit der Einrichtung für den Menschen und die Umwelt aufzuzeigen. Dabei sind auch einprägsame Formeln einzubetten, die ein automatisch richtiges Handeln in Notsituationen induzieren können, beispielsweise "Umweltschutz steht über finanziellem Schaden" oder eine schematische Rangliste mit wichtigen Handlungen bei Ausfall von Pumpwerken.

Ein weiterer Band soll dem alltäglichen Betrieb gewidmet sein. Neben den Anweisungen zum Ausfüllen der Betriebstagebücher sind die Routinekontrollen und täglichen Arbeitsabläufe beschrieben. Außerdem gehören die Einweisung in das Steuerungskonzept und die Beschreibung der Auswirkungen auf die betreffenden Prozesse dazu. Weitere Bände gehen auf die Situationen ein, die zwar nicht den alltäglichen Betriebszuständen entsprechen, aber vorhersehbar oder vorstellbar sind. Hier werden "Kochrezepte" zur Bewältigung der Situationen gegeben und Erfahrungen aus vergangenen Ereignissen beschrieben. Am Ende werden Empfehlungen für nicht vorhersehbare Notsituationen stehen.

Weitere Bände enthalten die Detailbeschreibungen von Technik, Struktur und Konzept der Steuerung. In allen Ebenen werden die Steuerstrategien beschrieben und in den Auswirkungen beurteilt.

Am Schluß dieser Session stand der Versuch, sich vorzustellen, wie ein Betriebstag in einer Steuerleitzentrale aussehen könnte. Die Vorstellung mündete in ein Rollenspiel, welches die Wichtigkeit eines Handbuches glaubhaft unterstrich.

Das 3. Thema, das unter dem Motto "des beste Weg zur Dissertation" stand, hat eigentlich die am wenigsten einheitlichen Ergebnisse hervorgebracht. Alle Teilnehmer waren der Meinung, daß ein roter

Faden durch die Forschungsarbeit bis zur Dissertation wichtig für die Entwicklung des Doktoranden sei. Doch die Realität des Forschungsbetriebes und verstärkt bei außeruniversitären Doktoranden sieht häufig anders aus. Es stand auch zur Debatte, daß ein breit gefächerter Einsatz in verschiedenen Forschungsaufgaben den Horizont erweitert und somit einer zu großen Spezialisierung entgegenwirkt. Auch in der Frage zu den Aufgaben des Doktorvaters war der Anforderungskatalog kongruent. Dies ist nicht weiter verwunderlich, da solche Fragen subjektiv beantwortet werden müssen: So liegt es der einen Person mehr, straff auf das Thema hingeführt zu werden, während die andere sich den Weg lieber selbständig erarbeitet.

Das vierte Thema wurde mit "Forschung und praktische Anforderungen - **die Zukunft der Echtzeitsteuerung**" überschrieben.

Die meisten Untersuchungen, die in der letzten Jahren durchgeführt wurden, haben sich mit dem mengenmässigen Aspekt der Steuerung (Quantität) beschäftigt (Simulation der Überlaufvorgänge, der Entlastungsvorgänge, Erfassung des Energiebedarfs...). Entsprechende Forschungsbereiche sind beispielsweise die Entwicklung von hydrologischen bzw. hydrodynamischen numerischen Simulationsmodellen, Entwicklung von Optimierungsalgorithmen bzw. Expertensystemen zur Bestimmung von Steuerungsstrategien.

In der Zukunft wird der Güteaspekt (Qualität) mehr in den Vordergrund treten (Kläranlage, Immision in den Vorfluter,...). Entsprechende Forschungsbereiche sind beispielsweise die Entwicklung von robusten, kontinuierlichen Gütemeßgeräten, die Entwicklung von Schmutzfrachtsimulationsmodellen mit Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen Hydraulik und Transport, Ablagerung bzw. Umsetzung der Schadstoffe im Kanal, Gewässergütemodellierung, Gesamtemissionsbetrachtung.

Zur Abschätzung der zukünftigen Forschungsrichtungen soll weiterhin untersucht werden, welche Funktion(en) das Entwässerungssystem übernehmen wird. Nach Meinung der Arbeitsgruppe wird sich hinsichtlich der Planung von neuen Entwässerungssystemen mehr und mehr das Prinzip der Kontrolle an der Quelle ('source control') durchsetzen, wonach die nicht bzw.

wenig belasteten Zuflüsse erst gar nicht in das Kanalnetz gelangen. Dementsprechend werden Trennsysteme bzw. modifizierte Mischsysteme entwickelt, wo die Problematik der mengenmässigen Überlastung weitgehend entschärft ist. Hinsichtlich der Steuerung wird das Kanalsystem selber als Erweiterung der Kläranlage gesehen und das gesamte System (Kläranlage + Entwässerungssystem) so gesteuert, daß die Schadstoffverarbeitung in optimalen Randbedingungen geschieht.

Es soll dennoch berücksichtigt werden, daß eine solche Umstellung für die meisten vorhandenen Mischsysteme der Großstädte wegen unzumutbaren finanziellen Aufwands kaum zu bewerkstelligen ist. Die Echtzeitsteuerungspraxis der nächsten Jahrzehnte wird demgemäß die Ergebnisse der jetzigen Forschung weiterhin benötigen.

Anlage 1: Zeitplan für den Tagesablauf (Samstag bis Dienstag)

| Time | All | Fatigue duty |
|---------------|---|---|
| 7.00 - 7.30 | wake up | preparation of breakfast |
| 7.30 - 8.30 | breakfast | |
| 8.30 - 9.00 | | dishes / coffee |
| 9.00 - 9.45 | presentation 1 | shopping |
| 9.45 - 10.30 | presentation 2 | |
| 10.30 - 11.15 | presentation 3 | preparation of coffee |
| 11.15 - 11.30 | break | |
| 11.30 - 12.15 | presentation 4 | |
| 12.15 - 13.00 | presentation 2 | |
| 13.00 - 13.15 | | preparation of lunch |
| 13.15 - 14.00 | lunch | |
| 14.00 - 14.30 | | cleaning / dishes |
| 14.30 - 17.30 | isle tours | |
| 17.30 - 19.00 | preparation for evening session (s. evening scheme) | preparation of diner / house cleaning (incl. bathrooms, toilets etc.) |
| 19.00 - 20.00 | dinner | |
| 20.00 - 20.30 | | dishes / coffee |
| 20.30 - 22.30 | evening session | |
| 23.00 | silence please | |

Anlage 2: Liste der beteiligten Wissenschaftler und ihrer Vorträge

1. Almeida, Maria do Céu (University of Lisboa, Portugal):
'Derivation of IF-THEN-ELSE operating rules from optimization of combined sewer systems unter Real Time Control'
2. Babovic, Vladan (University of Delft, The Netherlands):
'A control and advisory system for real time applications'
3. Einfalt, Thomas (Consultant Agency, FRG):
'Simulation of control decisions in a sewer system using FITASIM'
4. Gatke (Consultant Agency, FRG):
'Real-Time control for the sewer system of the city of Bremen (right side of the Weser); aspects of simulations and introducing a real-time controlled system'
5. Geerse, Hans (City of Rotterdam, The Netherlands):
'RTC and daily operation of the Rotterdam UDS-System'
6. Gustafsson, Lars-Goran (Consultant Agency, Sweden):
'MARS; Evaluation of operation policies for RTC in sewer systems'
'Modelling of the indirect runoff component in urban areas'
7. Hartong, Hans (Consultant Agency, The Netherlands):
'RTC applications and the daily engineering practice'
8. Henneberg Simon (University of Munich, FRG):
'Surges from movement of a controlled sluice gate; modelling, simulation and design of control loops for the basin-sluice gate combination'
9. Huber, Bernhard (Consultant Agency, Switzerland):
'Pre-planing studies for the real time control of the Zurich combined system'
10. Khelil, Amar (University of Hannover, FRG):

'Development of a rule based system for the RTC of the Bremen UDS (left side of the Weser)'

11. Kollatsch, Dirk-Th. (University of Hannover, FRG):

'RTC of sewer systems and the influences on the wastewater treatment plant'

12. Lobbrecht, Arnold (Consultant Agency, The Netherlands):

'RTC of rural water management systems; runoff prediction and feedforward water-level control'

13. Nelen, Fons (University of Delft, The Netherlands):

'Optimized control of UDS'

14. Petersen, Steen (Consultant Agency, Denmark):

'RTC of UDS; the requirements on the simulation models'

15. Schilling, Wolfgang (EAWAG Research Institute, Switzerland):

'Announcement of the next junior Workshop (France, April 1992) on model uncertainties'

16. Schütze, Manfred (University of Hannover, FRG):

'On-line analysis of measurement data, reconstruction of the missing data'

17. Schuurmans, Wytze (University of Delft, The Netherlands):

'Hydraulic models of controlled watermanagement systems'

18. Taylor, Andy (Consultant Agency, Great Britain):

'The applications of RTC to reduce pollutant spills'

19. Tesarik, Miroslav (Research Institute, Csechoslovaquia):

'Deriving of general rules for RTC of UDS by off-line application of optimization techniques'

Anlage 3: Vormittagssitzungen (von 9:00 bis 13:00)

Saturday

Chairman: Schilling

Reporter:

1. Schütze, Manfred
2. Schuurmans, Wytze
3. Gatke, Dietmar
4. Kollatsch, Dirk-Th.
5. Babovic, Vladan

Sunday

Chairman: Petersen

Reporter:

1. Einfalt, Thomas
2. Geerse, Hans
3. Huber, Bernhard
4. Almeida, Maria do Céu
5. Khelil, Amar

Monday

Chairman: Einfalt

Reporter: Gatke

1. Henneberg, Simon
2. Lobbrecht, Arnold
3. Gustaffson, Lars-Goran
4. Nelens, Fons
5. Tesarik, Miroslav

Tuesday

Chairman: Lobbrecht

Reporter: Khelil

1. Petersen Steen
2. Gustavsson, Lars-Goran
3. Huber, Bernhard
4. Taylor, Andrew
5. Hartong, Hans

Anlage 4: Abendsitzungen; Themen und Gruppen (von 20:30 bis 22:30)

Saturday

Theme: Interactions between wastewater treatment plant and UDS in RTC

Reporter: Nelen

1. Kollatsch, Dirk-Th.
2. Petersen, Steen
3. Gustaffson, Lars-Goran
4. Henneberg, Simon

Sunday

Theme: How could an RTC Operation Manual look like?

Reporter:

1. Schilling Wolfgang
2. Geerse, Hans
3. Lobbrecht, Arnold
4. Kollatsch, Dirk-Th.
5. Einfalt, Thomas

Monday

Theme: The optimum route toward a Ph.D Thesis

Reporter: Almeida

1. Nelen, Fons
2. Schütze, Manfred
3. Tesarik, Miroslav
4. Almeida, Maria de Céu
5. Babovic, Vladan

Tuesday

Theme: Research and practice needs; the future of RTC

Reporter: Taylor

1. Hartong, Hans
2. Khelil, Amar
3. Taylor, Andrew
4. Huber, Bernhard