

Bundesministerium für Forschung und Technologie
Forschungsbericht
Forschungsvorhaben 02-WA8648

**Steuerung eines Mischwassernetzes zur Verbesserung der
Gewässergüte und zur Verminderung der Betriebskosten**

Tellprojekt A

**Erarbeitung von Betriebsstrukturen und
Ihre Auswirkungen auf den Kanalbetrieb**

von
Dipl.-Ing. Jörg Broll-Bickhardt

**Amt für Stadtentwässerung
und Abfallwirtschaft**

Projektleiter:
Dipl.-Ing. Dieter Volgt

Bremen 1991

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
1. Einleitung	1
2. Beschreibung des Projektgebietes	4
3. Vorgehensweise bei der Planung und Realisierung des Verbundsteuerungssystems	7
4. Istanalyse	9
4.1 Kenndaten und Belastungsdaten	9
4.1.1 Kenndaten	9
4.1.2 Belastungsdaten	10
4.2 Restriktionen und Randbedingungen	11
4.2.1 Bestimmung des zu bewirtschaftenden Speichervolumens	11
4.2.1.1 Kanalstauraum	11
4.2.1.2 Regenbeckenvolumen	13
4.2.2 Berücksichtigung administrativer Vorgaben	13
4.2.3 Berücksichtigung der Gewässergüte	14
4.2.4 Berücksichtigung des Energieeinsatzes	15
4.2.5 Berücksichtigung der Mischwasserbeschaffenheit	15
4.2.6 Berücksichtigung der Kläranlagenbelastung	16
5. Verbundsteuerungsstrategie und Expertensystem	16
6. Bestandteile des Verbundsteuerungssystems	20
6.1 Steuerungsbauwerke und Steuerungsorgane	20
6.2 Meß- und Fernwirknetz	21
6.2.1 Meßnetz	23
6.2.1.1 Niederschlagsmessungen	24
6.2.1.2 Wasserstandsmessungen	24
6.2.1.2.1 Wasserstandsmeßstellen im Kanalnetz	25
6.2.1.2.2 Wasserstandsmeßstellen in den Pumpensämpfen	28
6.2.1.2.3 Wasserstandsmeßstellen in den Regenbecken	29
6.2.1.2.4 Wasserstandsmeßstellen an den Überläufen	30
6.2.1.2.5 Genauigkeit der Wasserstandsmeßgeräte	31

6.2.1.3	Durchflußmessungen	33
6.2.1.4	Messung der Drehzahl und der elektrischen Leistungsaufnahme	34
6.2.1.5	Messung der Pumpenlaufzeiten	35
6.2.1.6	Wartung des Meßnetzes	35
6.2.1.7	Kosten des Meßnetzes	37
6.2.2	Fernwirknetz	38
6.3	Steuerungszentrale mit Prozeßleitsystem	41
6.3.1	Hardwarebausteine	43
6.3.2	Softwarebausteine	46
6.3.2.1	Datenerfassung	47
6.3.2.2	Datenspeicherung und -archivierung	49
6.3.2.3	Prozeßvisualisierung	50
6.3.2.3.1	Übersicht Entwässerungssystem	53
6.3.2.3.2	Datenerfassung	56
6.3.2.3.3	Betriebsüberwachung Pumpwerke	59
6.3.2.3.4	Abflußsteuerung	61
6.3.2.3.5	Steuerungsanweisungen des Expertensystems	65
7.	Schulung und Ausbildung des Betriebspersonals	66
8.	Quantifizierung des Steuerungserfolges	68
9.	Zusammenfassung und Ausblick	71
10.	Verzeichnisse	74
10.1	Literaturverzeichnis	74
10.2	Verzeichnis der Bilder	76
10.3	Verzeichnis der Tabellen	77
10.4	Verzeichnis der Anlagen	77
10.5	Verzeichnis der Abkürzungen	78

1. Einleitung

Die Freie und Hansestadt Bremen betreibt seit Ende der siebziger Jahre in dem Entwässerungsgebiet - Bremen Linkes Weserufer - ein Abflußsteuerungssystem. Dieses System wurde parallel mit der Sanierung des Kanalnetzes und des Hauptpumpwerkes geplant und installiert.

Die Gründe, ein solches System in Ergänzung zur hydraulischen Sanierung des Entwässerungssystems zu installieren, lagen seinerzeit u.a. in

- der hydraulischen Überlastung des Mischwassernetzes durch fortschreitende Bebauung, zunehmende Versiegelung der Siedlungsflächen und Anschluß peripherer Erschließungsgebiete,

- der Zunahme der Gewässerverschmutzung durch Anstieg der Mischwasserentlastungsmenge und -häufigkeit,

- der Möglichkeit, die zur Verfügung stehenden Investitionsmittel im Sinne einer schadlosen Ableitung des Abwassers und eines verbesserten Gewässerschutzes optimal einzusetzen.

Als Voraussetzung für die gezielte Beeinflussung des Abflußprozesses - Abflußsteuerung - bei Niederschlag mußte zunächst das Systemverhalten des zu entwässernden Einzugsgebietes und des Kanalnetzes unter den verschiedensten Belastungsbedingungen analysiert werden.

Der erste Schritt bei der Einrichtung des Abflußsteuerungssystems war deshalb die Entwicklung und der Ausbau eines zentralen Datenerfassungssystems (ZDS). An signifikanten Punkten im Entwässerungssystem waren die Belastungsdaten (z. B. Niederschlag, Abwasserzuflüsse und -abflüsse) und der Systemzustand (z. B. Wasserstände) zeitsynchron zu erfassen.

Die Daten wurden zu einem Prozeßrechner übertragen und auf

Lochstreifen abgespeichert. Seit Inbetriebnahme des Datenerfassungssystems (ZDS) im Jahre 1980 wurde ein nahezu lückenloses Datenkontinuum des Niederschlag-Abfluß-Prozesses aufgezeichnet und ausgewertet.

Für die Abflußsteuerung wurde dem Betriebspersonal auf einem Übersichtsschaubild, das das Einzugsgebiet mit dem Hauptsammlersystem, den Pumpwerken und den Regenbecken enthielt, mit Hilfe von Leuchtsymbolen die Tendenz der Wasserstandsänderungen und der Betrieb der Regenbecken angezeigt. Gleichzeitig wurden aktuelle Meßwerte auf einem Drucker ausgegeben.

Durch den Prozeßrechner, in dem eine einfache Entscheidungsmatrix implementiert war, wurde dem Maschinisten an der Mosaikwand durch Aufleuchten von entsprechenden Tasten eine Handlungsanweisung übermittelt.

Nach einer Betriebszeit des Systems von ca. sechs Jahren konnten die Betriebserfahrungen, die mit dem System gesammelt wurden, folgendermaßen zusammengefaßt werden:

- Die eingesetzten Wasserstands- und Niederschlagsmeßgeräte entsprachen in bezug auf Verfügbarkeit, Wartungsaufwand und Genauigkeit nicht den an sie gestellten Anforderungen.
- Die zur Darstellung des Systemzustandes eingesetzte Mosaikschaltwand war nicht geeignet, dem Betriebspersonal den Systemzustand in anschaulicher Form zu präsentieren, für Veränderungen zu unflexibel und aufgrund elektrotechnischer Probleme sehr störanfällig.
- Der für die Berechnung von Handlungsanweisungen eingesetzte Prozeßrechner war überlastet, die zugehörige Software zu unflexibel.
- Auf der anderen Seite stand mit den aufgezeichneten Niederschlag-Abfluß-Daten umfangreiches Datenmaterial zur Verfügung, das eine Kalibrierung und Verifizierung von Nie-

derschlag-Abfluß-Modellen zuließ.

Aufbauend auf diesen Erfahrungen sollte das Abflußsteuerungssystem überarbeitet und verbessert werden.

Da die erforderlichen Arbeiten zur Verbesserung des vorhandenen Systems auch für die Neuplanung anderer Steuerungssysteme in Mischentwässerungssystemen von allgemeinem Interesse waren, wurde das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben

**Steuerung eines Mischwassernetzes
zur Verbesserung der Gewässergüte und
zur Verminderung der Betriebskosten**

beim Bundesministerium für Forschung und Technologie beantragt und im September 1986 bewilligt.

Das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wurde als Verbundprojekt gefördert und in zwei Teilprojekte aufgegliedert. Das Amt für Stadtentwässerung und Abfallwirtschaft (ASA) bearbeitet das Teilprojekt A mit dem Titel:

**Erarbeitung von Betriebsstrukturen und
ihre Auswirkungen auf den Kanalbetrieb.**

Das Institut für Wasserwirtschaft (IfW) der Universität Hannover bearbeitet das Teilprojekt B mit dem Titel:

Wissenschaftliche Erarbeitung von Steuerungskonzepten.

Die zuwendungsfähigen Ausgaben des Teilprojektes A wurden durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) zu 50 % gefördert. Die anderen 50 % wurden durch das ASA finanziert. Daneben stellte das ASA die notwendigen technischen Einrichtungen und das Personal zur Verfügung.

Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvertrages wurde das Ingenieurbüro bpi Hannover mit der Bearbeitung von wesent-

lichen Teilaufgaben beauftragt.

Die Bearbeitungsschwerpunkte des Teilprojektes A waren folgende:

1. Erhebung der Kenndaten und Erarbeitung der Restriktionen und Randbedingungen des Entwässerungssystems
2. Planung und Installation des Meßsystems, der Fernwirktechnik und der Prozeßleittechnik
3. Erarbeitung von Darstellungsformen des Prozesses (Prozeßvisualisierung) und Implementierung auf dem Prozeßrechner

In Zusammenarbeit mit dem IfW waren folgende Punkte zu bearbeiten:

1. Definition von Steuerungszielen
2. Auswertung und Dokumentation der Betriebserfahrungen

Der vorliegende Forschungsbericht enthält die Ergebnisse des Teilvorhabens A und die im Rahmen des Verbundprojektes mit der Universität Hannover gewonnenen Betriebserfahrungen.

2. Beschreibung des Projektgebietes

Das Abwasser der Stadtgemeinde Bremen wird über die beiden Kläranlagen Bremen-Farge und Bremen-Seehausen entsorgt. Die Kläranlage Bremen-Seehausen ist für einen Anschlußwert von 850.000 Einwohnerwerten ausgelegt.

Das bremische Einzugsgebiet der Kläranlage (KA) Bremen-Seehausen ist in Bild 1 dargestellt. Außerdem sind die im Trennverfahren entwässerten Gebiete einiger umliegenden niedersächsischen Verbände und Gemeinden angeschlossen. In der KA Bremen-Seehausen werden zur Zeit jährlich ca. 53 Mio. m³ Abwasser behandelt. Hiervon sind ca. 10 Mio. m³ Regenwasser von den im

Mischverfahren entwässerten bremischen Gebieten und ca. 4 Mio. m³ Abwasser aus Niedersachsen.

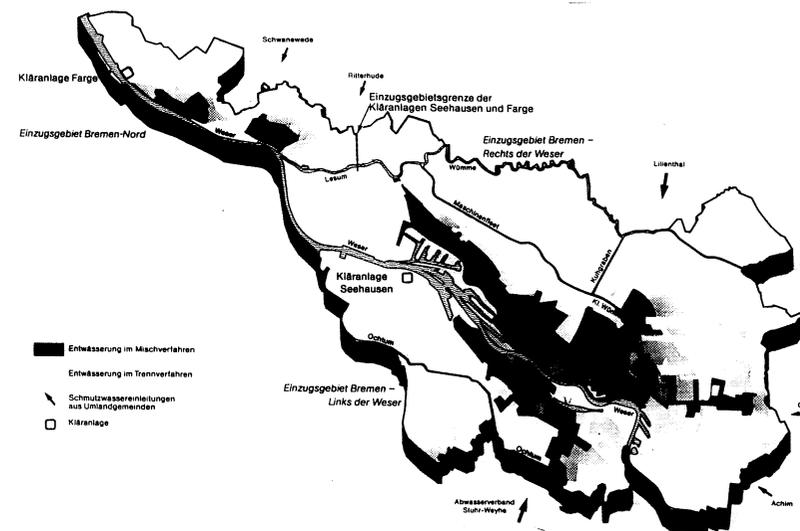


Bild 1 Einzugsgebiet der KA Bremen-Seehausen

Die älteren, inneren Ortsteile der Stadt Bremen werden, wie in anderen deutschen Großstädten auch, im Mischverfahren entwässert, während das Abwasser aus den äußeren Stadtbereichen im Trennverfahren abgeleitet wird. Das Mischentwässerungssystem besitzt eine Ausdehnung von ca. 3.900 ha, von denen 1.900 ha als undurchlässig eingestuft wurden. Im Trennverfahren wird eine Gesamtfläche von rund 3.160 ha entwässert.

Das im Mischverfahren entwässerte Einzugsgebiet der Kläranlage ist unterteilt in die beiden Teileinzugsgebiete "Links und Rechts der Weser". Aufgrund des Tideeinflusses in der Weser und der besonderen topographischen Situation liegen die Tiefpunkte beider Teileinzugsgebiete und somit auch die überwiegende Zahl der Pumpwerke und Regenentlastungsbauwerke nicht an der Weser, sondern an den kleinen Gewässern der Wesermarsch, die zudem überwiegend staureguliert sind. Damit werden diese Gewässer durch Mischwasserüberläufe besonders belastet.

Das Einzugsgebiet - Bremen linkes Weserufer - (Projektgebiet) umfaßt eine Fläche von 918 ha, wovon 438 ha als undurchlässige Fläche eingestuft wurden. Das im Mischverfahren entwässerte Einzugsgebiet ist in drei Teileinzugsgebiete unterteilt, in deren Tiefpunkt jeweils ein Mischwasserpumpwerk (MW-PW) angeordnet ist.

-
1. Hauptpumpwerk Linkes Weserufer (HPWL)
 2. MW-PW Krimpel
 3. MW-PW Rablinghausen
-

In Anlage 1 ist eine Übersicht über das Entwässerungssystem dargestellt.

Das MW-PW Krimpel und das MW-PW Rablinghausen fördern in das Kanalnetz des HPWL. Von dort wird das Abwasser durch zwei parallele, etwa 7 km lange Druckrohrleitungen zur KA Seehausen gepumpt.

Im Mischwassernetz sind vier Regenbecken - jeweils zwei Becken am HPWL und am MW-PW Krimpel - angeordnet.

Das System weist sechs Mischwasserauslässe (MA) auf, von denen vier über Klärüberläufe (KÜ) beschickt werden.

-
- | | |
|------------------------------|------|
| 1. MA Krimpelfleet | → KÜ |
| 2. MA Hohentorshafen (Weser) | → KÜ |
| 3. MA Wasserlöse | → KÜ |
| 4. MA Friesenwerder (Weser) | → RÜ |
| 5. MA Huder Straße (Weser) | → RÜ |
| 6. MA Seehausen (Weser) | → KÜ |
-

Das Kanalnetz, mit dessen Bau Anfang des Jahrhunderts begonnen wurde, ist vom Typ her als stark vermascht einzuordnen. Es

weist insgesamt nur ein sehr geringes Gefälle ($\approx 0,1\%$) auf. Dem Mischsystem wird über Pumpwerke, das Abwasser aus den im Trennverfahren entwässerten Stadtrandgebieten sowie dem Abwasserverband Stuhr/Weyhe (Niedersachsen) zugeführt. Dabei muß es zum Teil mehrmals gepumpt werden, bevor es vom HPWL zur KA Bremen-Seehausen gelangt.

Das Abwasser aus dem Einzugsgebiet - Bremen rechtes Weserufer - wird über zwei weitere Hauptpumpwerke zur Kläranlage gepumpt.

3. Vorgehensweise bei der Planung und Realisierung des Verbundsteuerungssystems

Die Planung und Realisierung eines Verbundsteuerungssystems sollte in mehreren Schritten erfolgen. Der erste Schritt besteht in der *Formulierung der Zielvorstellungen*. Im allgemeinen werden an ein Steuerungssystem die folgenden Anforderungen gestellt (ATV 1985):

-
1. Schadloose Ableitung des Abwassers
 2. Optimierung des Gewässerschutzes
 3. Minimierung der Betriebskosten
-

Diese Zielvorgaben sind auf der Grundlage einer *Istanalyse* für jedes Entwässerungssystem zu konkretisieren. Die Istanalyse beinhaltet u. a. die Erarbeitung und Dokumentation der Kenndaten, Restriktionen und Randbedingungen des Entwässerungssystems sowie die Auswertung von vorhandenen Betriebserfahrungen, Betriebsanweisungen und Meßdaten.

Unter Einbeziehung der Zielvorgaben und der Istanalyse sollte bei Neuplanungen von Steuerungssystemen zunächst die *lokale Steuerungsebene* geplant werden. Daran anschließend sollte der Nachweis erbracht werden, daß die Zielvorgaben mit einem loka-

len Steuerungssystem nicht hinreichend erfüllt werden, bevor mit der Planung eines Verbundsteuerungssystems begonnen wird.

Das *Verbundsteuerungssystem* wird dann aufbauend auf dem lokalen Steuerungssystem entwickelt. Dabei haben die bei der Bearbeitung des Forschungsvorhabens gewonnenen Erfahrungen gezeigt, daß ein Verbundsteuerungssystem erhöhte Anforderungen an die Qualifikation des Betriebspersonals stellt. In die Planungen eines Verbundsteuerungssystems sollte deshalb auch ein Personalkonzept einfließen.

Für die im Rahmen des Forschungsvorhabens durchgeführten Planungen zur Realisierung des Verbundsteuerungssystems (ZDAS) erwies sich nach Auswertung der gewonnenen Erfahrungen die folgende Vorgehensweise als sinnvoll:

-
1. Schritt: Istanalyse
 2. Schritt: Auswahl eines Verfahrens zur Entwicklung von Verbundsteuerungsstrategien
 3. Schritt: Entwicklung einer Betriebskonzeption für das Verbundsteuerungssystem
 4. Schritt: Planung und Installation des Meß- und Fernwirknetzes sowie des Prozeßleitsystems
 5. Schritt: Nachweis des Steuerungserfolges
 6. Schritt: Optimierung der Verbundsteuerungsstrategie
-

Aus Zeitgründen wurden die einzelnen Schritte weitestgehend parallel bearbeitet.

4. Istanalyse

4.1 Kenndaten und Belastungsdaten des Entwässerungssystems

Eine wesentliche Grundlage für die Planung und Realisierung eines Verbundsteuerungssystems ist die Erhebung und Dokumentation der Kenn- und Belastungsdaten des Entwässerungssystems. Diese Daten werden insbesondere auch für die Prozeßsimulation mit Hilfe eines N-A-Modells benötigt.

4.1.1 Kenndaten

Die Kenndaten eines Entwässerungssystems beschreiben das Kanalnetz einschließlich der Sonderbauwerke und das zugehörige Einzugsgebiet. Zu den Gebietsdaten gehören Angaben über Ausdehnung und Gefälle der Oberfläche; zu den Kanalnetzdaten gehören Längen-, Höhen-, Profil- und Gefälleangaben. Die Sonderbauwerksdaten beinhalten Beckenabmessungen und -inhalte, Wehrhöhen und -längen, Förderleistungen von Pumpen und Fließschemata.

Die Gebiets- und Kanalnetzdaten wurden einzeln für jede Haltung im Projektgebiet erhoben, in der Kanalnetzdatenbank des ASA abgespeichert und gleichzeitig dem IfW zur Weiterbearbeitung übergeben.

Die Sonderbauwerksdaten wurden durch Auswertung von Bauzeichnungen bzw. durch Neuvermessung erhoben und dokumentiert. Die Daten über Pumpenleistungen und Förderströme sind zum größten Teil Berechnungen oder Herstellerangaben entnommen. Außerdem wurden seitens des ASA Messungen vorgenommen.

In Anlage 2 ist ein Auszug aus dem bestehenden Datenmaterial zusammengestellt.

4.1.2 Belastungsdaten

Wichtige Belastungsdaten sind die Siedlungsdichte D (E/ha), der tägliche Schmutzwasseranfall w_s (l/E*d), der Schmutzwasserabfluß industrieller und gewerblicher Indirekteinleiter (l/s), der prozentuale Fremdwasseranteil und der Niederschlag.

Die Angaben über die Siedlungsdichte sind für das Projektgebiet in einem sogenannten Punkteplan zusammengefaßt. Jeder Punkt repräsentiert 200 Einwohner. Die Anzahl der Punkte wird aus dem jährlich erscheinenden Bericht des Statistischen Landesamtes Bremen über die Bevölkerung der Stadt Bremen ermittelt. Die Lage der Punkte wurde durch Auswertung von Luftbildern der Kataster- und Vermessungsverwaltung Bremen festgelegt. Der Punkteplan wird jährlich fortgeschrieben.

Der tägliche Schmutzwasseranfall von 150 (l/E*d) und der prozentuale Fremdwasseranteil von 25 % konnten rechnerisch durch Auswertung einer gemessenen Fördertagesganglinie am HPWL bestimmt werden (s. Anlage 3).

Der Schmutzwasserabfluß industrieller und gewerblicher Einleiter wird aus der Statistik für Wassergroßabnehmer (> 5000 m³/a) der Stadtwerke Bremen AG ermittelt. Industrie- und Gewerbebetriebe mit einer geringeren Wasserabnahme sind in dem Wert für den täglichen Schmutzwasseranfall w_s berücksichtigt. Die Einleitungspunkte der Indirekteinleiter sind in der Kanaldatenbank des ASA gespeichert. Die Daten werden jährlich fortgeschrieben.

Im Rahmen der Datenerfassung (s. Abschnitt 6.3.2.2) werden die Trockenwetterwasserstände an den Kanalwasserstandsmeßstellen kontinuierlich gemessen und registriert.

Die Niederschlagstätigkeit wurde durch das Datenerfassungssystem (ZDS) bis einschließlich 1986 an drei Orten aufgezeichnet. Seit 1987 sind neue Niederschlagsmeßgeräte im Einsatz.

4.2 Restriktionen und Randbedingungen des Entwässerungssystems

Neben den Kenn- und Belastungsdaten ist die Erarbeitung und Dokumentation der Randbedingungen und Restriktionen des Entwässerungssystems für die Entwicklung von Steuerungsstrategien von besonderer Bedeutung. Im folgenden werden einige wichtige Randbedingungen und Restriktionen exemplarisch aufgezählt und kurz erläutert. Hierbei wurden Betriebsanweisungen, die zum Teil in schriftlicher Form vorlagen, und die Betriebs Erfahrungen, die durch Befragung des Betriebspersonals gewonnen wurden, berücksichtigt.

4.2.1 Bestimmung des zu bewirtschaftenden Speichervolumens

4.2.1.1 Kanalstauraum

Aufgrund des geringen Sohlgefälles des Hauptsammlersystems stehen für die Bewirtschaftung verhältnismäßig große Kanalstauräume (KSR) zur Verfügung. Diese Kanalstauräume können unter den gegebenen Umständen nur durch Pumpwerke bewirtschaftet werden. Um das vorhandene Bewirtschaftungspotential abschätzen zu können, wurden für alle Mischwasserpumpwerke und ein größeres Schmutzwasserpumpwerk Kennlinien des statischen Kanalstauraumes erstellt (Bild 2). Nach Abzug des geschätzten Trockenwetterabflußvolumens und unter Berücksichtigung des maximal möglichen Wasserstandes ohne Überstau bzw. Überlauf ergeben sich die *potentiellen Kanalstauräume* gemäß Tabelle 1.

Pumpwerk	pot. KSR	red. KSR
HPWL	32.300 m ³	27.300 m ³
MW-PW Krimpel	5.300 m ³	5.100 m ³
MW-PW Rablinghausen	420 m ³	
SW-PW Huchting	1.225 m ³	
	39.245 m ³	32.400 m ³

Tabelle 1 Kanalstauraum

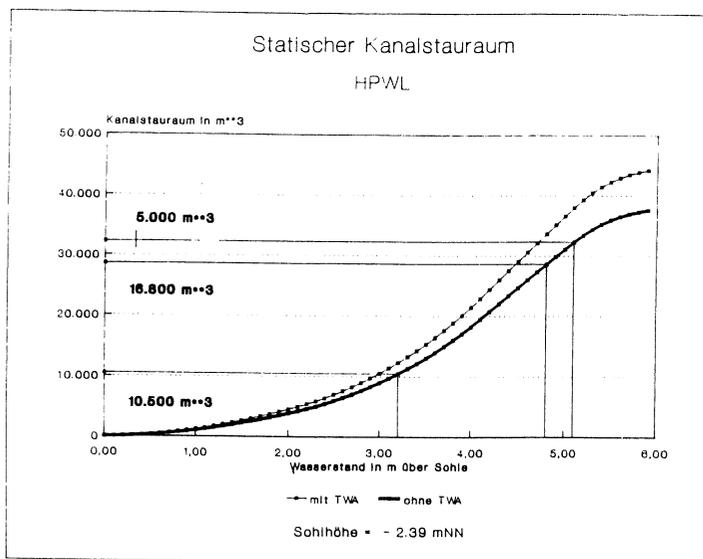


Bild 2: Kennlinie Kanalstauraum HPWL

Als zweite Grundlage wurden für alle Hauptsammler Längsschnitte erstellt, um für eine statische Wasserspiegellage rück-, ein- oder überstaugegefährdete Bereiche zu ermitteln. Unter Berücksichtigung dynamischer Abflußverhältnisse muß die für die Verbundsteuerung festgelegte maximale Wasserspiegellage dann evtl. korrigiert werden → *reduzierter Kanalstauraum*. Die Berücksichtigung dynamischer Verhältnisse kann entweder durch Auswertung vorhandener Meßdaten, durch Prozeßsimulation oder durch Auswertung von Betriebserfahrungen erfolgen.

Einer vollständigen Bewirtschaftung des zur Verfügung stehenden statischen Kanalstauraumes stehen unter Umständen auch rechtliche Restriktionen (s. Abschnitt 4.2.2) entgegen. Dies kann dazu führen, daß die Maximalwasserstände im Kanalnetz weiter reduziert werden müssen.

Neben der Ermittlung des zu bewirtschaftenden Kanalstauraumes kann diese Untersuchung auch dazu dienen, die Bewirtschaftungswürdigkeit der einzelnen Stauräume unter Berücksichtigung

des Investitions- und Betriebsaufwandes für die Meß-, Fernwirk- und Prozeßleittechnik zu quantifizieren. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde auf der Grundlage dieser Untersuchungen die Entscheidung getroffen, zunächst nur die beiden Kanalstauräume des HPWL und des MW-PW Krimpel in die Bewirtschaftung einzubeziehen (s. Tabelle 1).

4.2.1.2 Regenbeckenvolumen

Mit Hilfe des HPWL und des MW-PW Krimpel werden vier Regenbecken bewirtschaftet. Das zur Verfügung stehende Speichervolumen ist in Tabelle 2 zusammengefaßt. Alle Becken werden als Durchlaufbecken betrieben. Das Regenbecken am HPWL kann aufgrund der maschinen- und elektrotechnischen Ausrüstung grundsätzlich auch als Fang- oder Verbundbecken betrieben werden.

Regenbecken		Volumen
HPWL	1 + 2	10.200 m ³
Krimpel	1 + 2	8.200 m ³
		18.400 m ³

Tabelle 2 Regenbeckenvolumen

Zusammen mit dem reduzierten Kanalstauraum stehen somit ca. 50.800 m³ für eine Bewirtschaftung im Rahmen der Verbundsteuerung zur Verfügung.

4.2.2. Berücksichtigung administrativer Vorgaben

Rechtliche Restriktionen können sich zum Beispiel aus dem Entwässerungsortsgesetz und aus den Wasserbehördlichen Erlaubnisbescheiden ergeben.

So ist jeweils detailliert zu untersuchen, wo laut Ortsgesetz

bzw. anderer Vorgaben die maßgebende Rückstauenebene liegt und ob der Entwässerungskomfort durch häufigeren und länger andauernden Rückstau nicht unzulässig verringert wird.

Für das Einzugsgebiet -Bremen Rechtes Weserufer- werden zur Zeit in besonders rückstaugefährdeten Gebieten exemplarische Untersuchungen vorgenommen, um diese Problematik näher zu beleuchten.

Für das Einzugsgebiet -Bremen Linkes Weserufer- (Projektgebiet) wurden Maximalwasserstände im Kanalnetz, die sich aus den Erfahrungen des Betriebspersonals ergaben, berücksichtigt.

Die wasserbehördliche Erlaubnis für die Einleitung von Mischwasser aus den Regenbecken am HPWL in die Weser enthält als Auflage, daß "nur mechanisch vorgeklärtes Mischwasser nach einer Mindestabsetzdauer von 20 Minuten in das Gewässer eingeleitet werden" darf. Somit ist der Betrieb der Regenbecken als Fangbecken ohne Änderung der Erlaubnis nicht möglich.

4.2.3 Berücksichtigung der Gewässergüte

Die Mischwasserauslässe des Einzugsgebietes liegen an unterschiedlich leistungsfähigen Gewässern. Hieraus ließen sich die folgenden Prioritätsstufen für eine gesteuerte Entlastung definieren:

1. Prioritätsstufe: MA Hohentorshafen (Weser)
2. Prioritätsstufe: MA Seehausen (Weser)
3. Prioritätsstufe: MA Krimpelfleet und MA Wasserlöse

Eine Entlastung in die Weser über die MA Friesenwerder und Huder Straße kann nicht gesteuert werden.

Im Rahmen der Eigenüberwachung wird für jeden Auslaß der Nachweis der entlasteten Mischwassermengen meßtechnisch erbracht

(s. Abschnitt 6.2.1.2.4).

4.2.4 Berücksichtigung des Energieeinsatzes

Die Bewirtschaftung der Stauräume erfolgt im Projektgebiet im wesentlichen mittels Pumpen (s. Abschnitt 6.1). Um den Energieeinsatz der Pumpen minimieren zu können, wurden zunächst die bestehenden EVU-Verträge ausgewertet. Aufgrund der für die im Projektgebiet vorhandenen Mischwasserpumpwerke typischen Vertragsgestaltung mit hohen Kosten für den Leistungspreis bei einem relativ geringen Arbeitspreis läßt sich als wichtigste Forderung an das Steuerungssystem ableiten, möglichst wenig Pumpen gleichzeitig in Betrieb zu nehmen. Dies gewinnt insbesondere bei Starkregenereignissen an Bedeutung, wenn durch eine frühzeitige Beckenbefüllung eine gleichmäßige Pumpenlastung erreicht wird.

4.2.5 Berücksichtigung der Mischwasserbeschaffenheit

Durch Auswertung von Daten eines kontinuierlich registrierenden BSB-M3-Meßgerätes, das seit Ende 1989 am Zulauf des HPWL betrieben wird, sollen Erkenntnisse über die Beschaffenheit des Mischwasserabflusses und der Veränderungen der Mischwasserkonzentrationen im Verlauf eines N-A-Ereignisses gewonnen werden (s. Forschungsbericht des IfW). Aufbauend auf den Erkenntnissen soll dann der Übergang von der Minimierung der Entlastungsmengen zu der Minimierung der Entlastungsfrachten erreicht werden. Unter Umständen gewinnt somit die Bewirtschaftung des Kanalstauraumes von Schmutzwasserpumpwerken unter Berücksichtigung des qualitativen Aspektes an Bedeutung.

Sollte sich der Einsatz des Gerätes auch über eine längere Zeit bewähren und ist die Konzentration des Mischwassers sehr stark ereignisabhängig, wird auch die Einbeziehung des aktuellen Meßwertes in die Verbundsteuerung angestrebt. Hier besteht allerdings noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbe-

darf. Insbesondere ist zu prüfen, ob dieser Meßwert als Leitparameter im Rahmen einer "Qualitativen Verbundsteuerung" allein ausreichend ist.

4.2.6 Berücksichtigung der Kläranlagenbelastung

Die Gesamtbelastung der Kläranlage bei Regenwetter ist auf 3.800 l/s ($\approx 2Q_s + Q_f$) begrenzt. Im Rahmen der Verbundsteuerung wird vom HPWL aus unter Berücksichtigung der Teilströme vom rechten Weserufer die Regelung dieses Volumenstromes zur Kläranlage gesteuert. Eine Vergleichmäßigung der zur Kläranlage gepumpten Schmutzfrachten ist mit dem vorhandenen Instrumentarium z. Z. noch nicht möglich.

5. Verbundsteuerungsstrategie und Expertensystem

Mit Hilfe der Verbundsteuerungsstrategie sollen die Zielvorgaben unter Berücksichtigung der Restriktionen und Randbedingungen und der aktuellen Belastungssituation des Entwässerungssystems erreicht werden.

Unter Berücksichtigung der bisher nicht ausreichend abgesicherten Kenntnisse über die zeitliche und örtliche Variabilität der Beschaffenheit des Mischwasserabflusses wurde zunächst eine Wassermengenbewirtschaftung realisiert.

Von großer Bedeutung ist dabei, daß die Belastungen des Entwässerungssystems (Niederschlag, Schmutzwasserzuflüsse etc.) zeitlich und örtlich variabel sind und nicht beeinflußt, d. h. gesteuert werden können. Die Belastungen müssen deshalb mit Hilfe von Sensoren an geeigneten Punkten im Entwässerungssystem gemessen werden, um jeweils den aktuellen Systemzustand zu erfassen.

Um für den jeweils aktuellen Systemzustand die optimale Steuerungsstrategie zu entwickeln, ist ein geeignetes Verfahren zu

wählen. Diese Aufgabe wurde im Rahmen des Teilprojektes B vom IfW bearbeitet.

Das IfW hat aufgrund der Transparenz bei der Entscheidungsfindung und der potentiellen Benutzerfreundlichkeit in bezug auf die Fortschreibung und Optimierung der Verbundsteuerungsstrategie als geeignetes Verfahren ein wissensbasiertes System, ein sogenanntes Expertensystem, vorgeschlagen.

In einem Expertensystem ist die Verbundsteuerungsstrategie in Form von Regeln in einer sogenannten Wissensbasis implementiert. Die Entwicklung dieser Wissensbasis ist eine Schlüsselaufgabe bei der Anwendung dieses Verfahrens. Diese Aufgabe wird auch als Knowledge Engineering bezeichnet und beinhaltet im vorliegenden Fall insbesondere die sogenannte Wissensakquisition und die Strukturierung des Wissens mit dem Ziel, die Regeln für das Expertensystem zu formulieren. In Bild 3 ist die grundsätzliche Vorgehensweise skizziert.

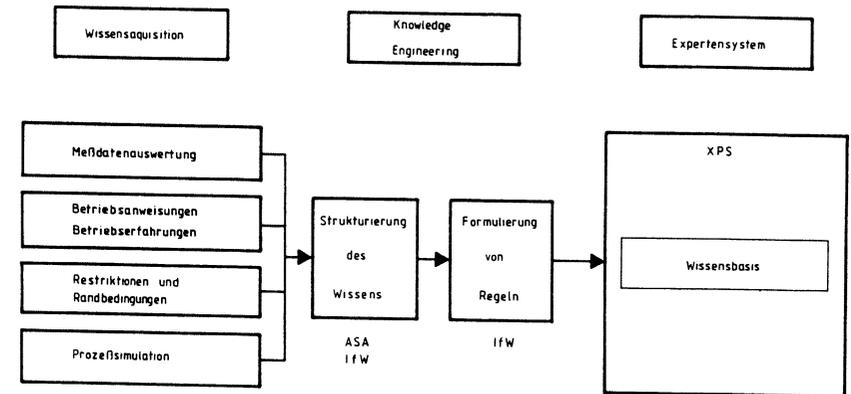


Bild 3 Entwicklung der Wissensbasis

Aus der Sicht des Betreibers sind folgende Aspekte bei der Anwendung des Verfahrens zu berücksichtigen:

- Bevor das Expertensystem an den Betreiber übergeben wird, muß es intensiv getestet werden, um das Betriebspersonal

nicht durch "unsinnige" Steuerungsempfehlungen zu verunsichern.

- Die Wissensbasis muß den sich ändernden Randbedingungen, Restriktionen und ggf. Zielvorgaben schnell und flexibel angepaßt werden können. Diese Aufgabe sollte der Betreiber übernehmen können. Daraus folgt, daß eine komfortable Benutzerschnittstelle entwickelt werden muß.

Für den Systemtest wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens drei Verfahren eingesetzt:

-
1. Systemtest im laufenden Betrieb
 2. Systemtest mit Hilfe eines Meßwertsimulators
 3. Systemtest durch Prozeßsimulation
-

Die erste Möglichkeit ist nur eingeschränkt einsetzbar, da der Zeitaufwand zu groß ist.

Mit Hilfe eines durch den Betreiber entwickelten Meßwertsimulators können bestimmte Systemzustände eingestellt und die Reaktion des Expertensystems getestet werden. Allerdings ist zu beachten, daß die einzustellenden Systemzustände zuvor anhand der aufgezeichneten Meßdaten analysiert werden müssen und der dynamische N-A-Prozeß nur schwer manuell nachgefahren werden kann.

Die dritte Möglichkeit bietet die größten Vorteile, da theoretisch alle denkbaren Systemzustände in relativ kurzer Zeit simuliert werden können. Allerdings müssen als Instrumentarium umfangreiche Softwarepakete entwickelt werden.

Die Optimierung der Wissensbasis kann on-line mit Hilfe eines "lernenden Expertensystems" vorgenommen werden, wobei zu beachten ist, daß u. U. relativ große Zeiträume benötigt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Prozeßsimu-

lation (off-line), mit dem Vorteil, daß diese Aufgabe abgekoppelt vom laufenden Betrieb in verhältnismäßig kurzen Zeiträumen bearbeitet werden kann.

6. Bestandteile des Verbundsteuerungssystems

Für die Umsetzung der Verbundsteuerungsstrategie werden die folgenden "Hardwarebausteine" einschließlich Software benötigt:

- Steuerungsbauwerke und Steuerungsorgane
- Meß- und Fernwirknetz
- Steuerungszentrale mit Prozeßleitsystem

6.1 Steuerungsbauwerke und Steuerungsorgane

Als Steuerungsbauwerke wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens das HPWL und das MW-PW Krimpel ausgewählt, da mit Hilfe dieser beiden Bauwerke der größte Teil des zur Verfügung stehenden Speichervolumens bewirtschaftet werden kann. In den Bildern 4 und 5 sind die möglichen Fließwege des Abwassers und die Steuerungsorgane grafisch dargestellt.

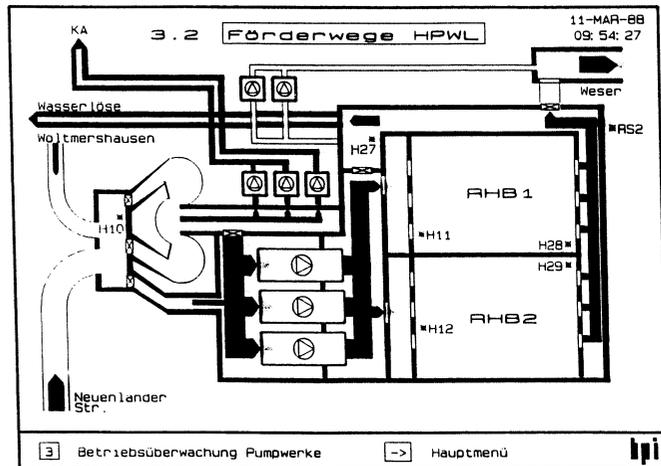


Bild 4 Steuerungsbauwerk HPWL

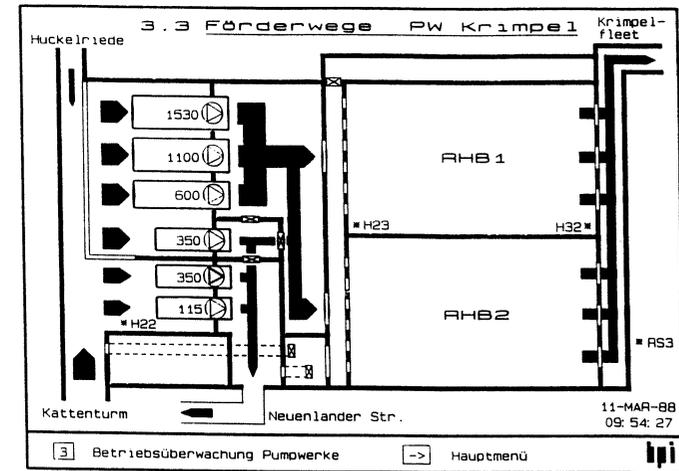


Bild 5 Steuerungsbauwerk MW-PW Krimpel

Als Steuerungsorgane werden Pumpen und Schieber eingesetzt. Beide Pumpwerke sind mit einer lokalen Steuerung (Pumpwerkssteuerung) ausgerüstet, um bei einem Ausfall der Fernwirkverbindungen den Betrieb der Pumpwerke sicherzustellen. Über die Fernwirkverbindungen werden den beiden Steuerungsbauwerken die Sollwerte und Befehle übermittelt. Die lokale Steuerungstechnik übernimmt die Steuerung der Pumpen und Schieber. Eine direkte Ansteuerung der Steuerungsorgane über die Fernwirkanlage ist ausgeschlossen.

6.2 Meß- und Fernwirknetz

Das vorhandene Meßnetz mußte für die Zielvorgaben des Forschungsvorhabens überplant und ausgebaut werden.

Die Vorgaben waren durch eine einfache Umverdrahtung der Meßsignale von dem alten auf den neuen Prozeßrechner und den Ersatz einzelner Meßgeräte, wie ursprünglich vorgesehen, nicht zu erfüllen.

Folgende zusätzliche Arbeiten gegenüber dem Forschungsantrag wurden erforderlich:

- Erfassung zusätzlicher Meßwerte und Meldungen
- Standortverlagerung von Wasserstandsmeßstellen
- Ersatz der vorhandenen Niederschlagsmeßgeräte
- Erneuerung der Fernwirkanlage

Die hierdurch entstandenen zusätzlichen Kosten wurden insgesamt vom ASA übernommen.

Anfang 1987 wurde mit der Einrichtung des Meßnetzes begonnen. Das installierte Meßnetz umfaßte nach Abschluß des Forschungsvorhabens die folgenden Meßwerte und Meldungen:

Meßstelle	Signalart	Anzahl
Niederschlag	Meßwert	3
Wasserstand	Meßwert	19
Durchfluß	Meßwert	3
Energie	Meßwert	3
Pumpenlaufzeit	Meldung	45
Schieberstellung	Meldung	4
Tabelle 3 Meßstellen ZDAS		

Diese 28 Meßwerte und 49 Meldungen reichen aus, um den Prozeßzustand des Systems für die Verbundsteuerung hinreichend zu beschreiben. Anlage 1 enthält einen Übersichtsplan über die Meßstellenstandorte und die jeweiligen Meßgrößen.

Für die Betriebsüberwachung der verschiedenen abwassertechnischen Anlagen werden weitere Meßwerte und Meldungen, z.B. Stör- und Warnmeldungen, erfaßt. Diese Daten werden allerdings nicht durch das Datenerfassungssystem abgespeichert.

6.2.1 Meßnetz

Die Anforderungen an die einzelnen Meßstellen können in folgende Aufgabenbereiche kategorisiert werden:

1. Meßstellen zur Erfassung des aktuellen Systemzustandes als Grundlage für die Verbundsteuerung
2. Meßstellen im Rahmen der lokalen Steuerung
3. Meßstellen zur Erfassung des Systemverhaltens als Grundlage zur Verbesserung der Verbundsteuerungsstrategie und zur Kalibrierung bzw. Verifizierung eines N-A-Modells
4. Meßstellen zur Erfassung der Emissionen
5. Meßstellen zur Betriebsüberwachung der abwassertechnischen Anlagen

Dabei wird angestrebt, daß einzelne Meßstellen mehrere Funktionen gleichzeitig übernehmen. Die Daten der Meßstellen der Kategorie 2 und 3 müssen nicht notwendigerweise on-line in der Steuerungszentrale anliegen, sondern können auch off-line gespeichert und bei Bedarf ausgewertet werden, während die Meßwerte der Kategorie 5 evtl. gar nicht gespeichert werden müssen.

Eine besondere Aufgabe bei der Planung und Einrichtung des Meßnetzes besteht in der Auswahl der Meßstellenstandorte. Grundsätzlich gilt, daß neben der Repräsentanz der Messung auch der Wartungsaufwand zu berücksichtigen ist. Dies gilt insbesondere für die Messungen von Wasserständen im Kanalnetz. Meßstellen mit besonderer Bedeutung für die Steuerung können ggf. als Doppelmeßstelle vorgehalten werden.

6.2.1.1 Niederschlagsmessungen

Im Projektgebiet wurden drei Niederschlagsmeßstellen eingerichtet. Sie befinden sich auf dem Gelände des MW-PW Rablinghausen, des HPWL und des MW-PW Krimpel (s. Anlage 1). Diese Meßstellenstandorte wurden sowohl unter Abwägung meteorologischer als auch wartungsspezifischer Gesichtspunkte festgelegt.

Die Aufgaben der Niederschlagsmessung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Dokumentation der Niederschlagstätigkeit im Einzugsgebiet
2. Aktuelle Information für die Verbundsteuerung über die zeitliche und räumliche Verteilung des Niederschlages
3. Bereitstellung von Eingangsdaten für das N-A-Modell

Alle Meßstellen sind mit einem Ombrometer HP der Fa. Thies, Göttingen, ausgerüstet. Diese arbeiten nach dem Kippwaagenprinzip und erlauben bei einer Auflösung von 0.1 mm die Erfassung einer maximalen Niederschlagsintensität von 10 mm/min. Der Meßwert (Zählimpulse der Kippwaage) wird in einem Meßwertumformer aufsummiert, in ein 0-20 mA Analogsignal gewandelt und über die DFÜ-Strecke zum Prozeßrechner geführt.

6.2.1.2 Wasserstandsmessungen

Es werden insgesamt 19 Wasserstandsmeßstellen betrieben. Die Meßstellen sind an den folgenden Punkten eingerichtet worden:

-
- 6 Wasserstandsmeßstellen im Kanalnetz
 - 4 Wasserstandsmeßstellen in den Pumpensämpfen
 - 3 Wasserstandsmeßstellen in den Regenbecken
 - 5 Wasserstandsmeßstellen an den Überläufen
 - 1 Wasserstandsmeßstelle in der Weser
-

6.2.1.2.1 Wasserstandsmeßstellen im Kanalnetz

Die Erfahrungen, die während des 10-jährigen Betriebes mit den bestehenden Kanalwasserstandsmeßstellen gewonnen wurden, führten zu der Entscheidung, in einigen Punkten Verbesserungen bei der Einrichtung der Meßstellen vorzunehmen sowie einige Meßstellen zu verlagern bzw. aufzuheben.

Die Wasserstandsmessungen im Kanalnetz sollen die folgenden Anforderungen erfüllen:

1. Dokumentation der Wasserstände des Trockenwetter- und Mischwasserabflusses im Kanalnetz
2. Überwachung des aktuellen Füllgrades bzw. der Speicherreserven der Kanalstauräume im Rahmen der Verbundsteuerung
3. Bereitstellung der Datengrundlage zur Kalibrierung und Verifizierung des N-A-Modells

Diesen Anforderungen stehen Einschränkungen in der Wahl der Meßstellenstandorte gegenüber:

- keine Störung des Kanalbetriebes (Spülung)
- nur geringe bauliche Veränderungen (Kosten)
- Datenfernübertragungswege in erreichbarer Nähe
- Wartung der Meßstelle außerhalb des Verkehrsraumes

Optimale Standorte, die allen Anforderungen und Einschränkungen genügen, waren nur schwer zu finden. Es mußte deshalb für jeden Meßstellenstandort der bestmögliche Kompromiß gesucht werden. Die Festlegung der Meßstellenstandorte erfolgte in Zusammenarbeit mit dem IfW.

Für die Einrichtung der Meßstellen wurden Regelquerschnitte entworfen und die Meßstellen entsprechend ausgebaut. Zu unterscheiden waren dabei aus bautechnischen und betrieblichen

Gründen (Kanalreinigung) die gemauerten Sammler mit Eiprofil (Bild 7) und die Sammler mit Kreisprofil aus Stahlbeton mit Kunststoffinnenauskleidung (Bild 6).

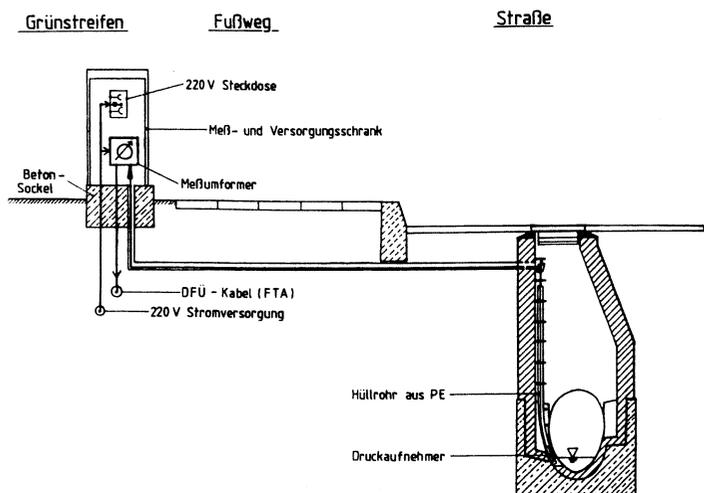


Bild 6 Wasserstandsmeßstelle in einem Eiprofil

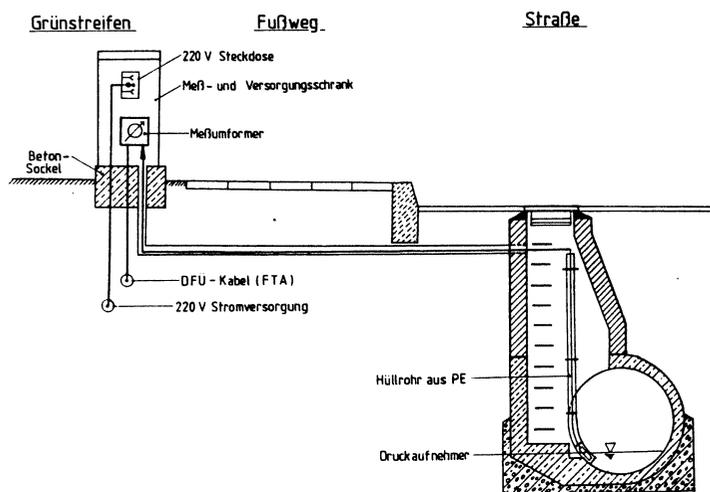


Bild 7 Wasserstandsmeßstelle in einem Kreisprofil

In allen Kanalmeßstellen sind Druckaufnehmer der Firma VEGA Griesgaber & Co installiert, die sich für die Wasserstands-

messung in Abwasserströmen besonders bewährt haben. Gegen mechanische Beanspruchungen sind Druckaufnehmer und Meßkabel durch ein PE-Hüllrohr geschützt, das gleichzeitig als Führungsrohr dient. Das Meßkabel ist in einem Kabelrohr unter der Fahrbahndecke und dem Fußwegbelag verlegt und in einem externen Meß- und Versorgungsschrank an einen Füllstands-Fernanzeiger (Meßumformer) angeschlossen. Von hier aus erfolgt die Datenfernübertragung zur Prozeßleitzentrale. In dem Meß- und Versorgungsschrank befindet sich außerdem ein 220 V Stromanschluß für die Energieversorgung des Meßgerätes und eventuell erforderlicher Wartungsarbeiten. Zusätzlich ist eine Spezialvorrichtung eingebaut worden, die es ohne das Öffnen von Verteilerkästen ermöglicht, mit Hilfe eines Meßinstrumentes sowohl die Funktionsfähigkeit des Meßgerätes als auch des Datenfernübertragungsweges zu prüfen.

Mit Hilfe der neu eingerichteten Meßstellen soll auch der Wasserstand des Trockenwetterabflusses gemessen werden. Hierzu waren aufwendige Umbaumaßnahmen erforderlich, da die Führungsrohre bis in die Nähe der Kanalsole zu verlegen waren. Aus baulichen Gründen wurden diese im unteren Bereich gekrümmt, der Kanalrohrwandung angepaßt, befestigt.

Für jede Meßstelle wurden durch einen Vermessungstrupp die charakteristischen Daten (Meßstellenparameter) aufgenommen. Im einzelnen sind dies:

-
- Kanalsole in mNN
 - Höhe des Meßwertgebers in mNN
 - Kanaldeckelhöhe in mNN
 - Höhe des Befestigungspunktes des Meßgerätes in mNN
 - Abstand Befestigungspunkt - Meßwertgeber in m
-

Durch die Festlegung des Befestigungspunktes und der Meßkabel-länge ist gewährleistet, daß nicht nach jedem Aus- und Einbau das Meßgerät neu eingemessen werden muß.

Die Bestimmung der geodätischen Höhe des Meßwertgebers H_G mußte auf indirektem Wege erfolgen, da die Druckmembran der Sonde nicht sichtbar in dem gekrümmten Hüllrohr unterhalb des Wasserspiegels hängt.

Es wurde folgendermaßen vorgegangen: Zuerst wird die Einstellung des Meßbereiches b und die Nullpunktjustage des Meßgerätes in einer Spezialvorrichtung, die sich in der Elektrowerkstatt des HPWL befindet, vorgenommen.

Anschließend wird das Meßgerät eingebaut und am Meßumformer der aktuelle Meßwert x (0-20 mA) abgegriffen. Gleichzeitig wird mit Hilfe einer Meßlatte oder eines Meßlotes der Abstand h zwischen Deckel und Wasserspiegel gemessen.

Die geodätische Höhe des Meßwertgebers errechnet sich dann nach der folgenden Formel:

$$H_G = H_D - h - \frac{x}{20} * b$$

- mit H_G ... Höhe des Meßwertgebers in mNN
- H_D ... Deckelhöhe in mNN
- h ... Abstand Deckel - Wasserspiegel in m
- x ... Meßwert in mA
- b ... Meßbereich in m

Um dieses relativ aufwendige Verfahren zu vermeiden, besteht auch die Möglichkeit, andere Sensoren, wie z. B. Impuls-Echo-Meßgeräte, einzusetzen. Im Rahmen des Forschungsvorhabens konnten allerdings keine weiteren Meßgeräte getestet werden.

6.2.1.2.2 Wasserstandsmeßstellen in den Pumpensämpfen

An den drei Mischwasserpumpwerken Rablinghausen, HPWL und Krimpel wird der Wasserstand in den Einlaufbauwerken bzw. Pum-

pensämpfen gemessen. Diese Meßstellen dienen neben der Funktion von Kanalmeßstellen auch der Steuerung der Pumpen und Schieber im Rahmen der lokalen Steuerung (Pumpwerkssteuerung).

Die Meßstellen sind mit VEGA-Druckaufnehmern ausgerüstet. Die zugehörigen Meßwertumformer sind in den Betriebsgebäuden installiert. Von hier aus erfolgt die Datenfernübertragung zur Prozeßleitzentrale.

6.2.1.2.3 Wasserstandsmeßstellen in den Regenbecken

Die Wasserstandsmessungen in den Regenbecken erfüllen die folgenden Zwecke:

1. Dokumentation der Wasserstände in den Regenbecken
2. Überwachung der Beckenwasserstände und Füllgrade
3. Einleitung von Beckenspülprogrammen

Die Wasserstandsmessung in den beiden Regenüberlaufbecken am Pumpwerk Krimpel erfolgt nur durch ein Meßgerät, da beide Becken aus betrieblichen Gründen immer simultan gefüllt werden. Die Becken am HPWL sind jeweils mit einem Meßgerät ausgerüstet.

6.2.1.2.4 Wasserstandsmeßstellen an den Überläufen

Im Projektgebiet werden insgesamt 6 Überlaufmeßstellen betrieben (s. Anlage 1):

1. Regenüberlauf Friesenwerder	(Meßstelle H15)
2. Klärüberlauf RÜB 1 und 2 PW Krimpel	(Meßstelle H32)
3. Klärüberlauf RÜB 1 HPWL	(Meßstelle H28)
4. Klärüberlauf RÜB 2 HPWL	(Meßstelle H29)
5. Klärüberlauf Umlaufgerinne HPWL	(Meßstelle H27)
6. Klärüberlauf Seehausen	(Speicherung vor Ort)

Aus dem Überlaufwasserstand wird mit Hilfe der Wehrformel von POLENI die Überlaufwassermenge berechnet.

$$Q = \frac{2}{3} * \mu * B * (2g)^{0.5} * h_{\bar{u}}^{1.5}$$

- mit Q ... Überlaufwassermenge in m³
- μ ... Überfallbeiwert
- B ... Breite der Wehrkrone in m
- g ... Fallbeschleunigung in m/s²
- h_ū ... Überfallhöhe über der Wehrkrone in m

Aus wasserrechtlichen Gründen wird an diese Meßstellen eine besonders hohe Anforderung in bezug auf Meßgenauigkeit und Zuverlässigkeit gestellt.

Der Klärüberlauf am MW-PW Krimpel ist mit einem Impuls-Echo-Meßgerät der Firma VEGA ausgerüstet. Dieses Meßgerät ersetzt einen Druckaufnehmer der Firma Hartmann & Braun. Diese Sonde war, da sie aus Gründen der Meßgenauigkeit sehr hoch am Beckenrand angebracht werden mußte, Witterungseinflüssen besonders stark ausgesetzt. Dies führte zu häufigen Ausfällen.

Für das Impuls-Echo-Meßgerät wird vom Hersteller bei vergleichbarer Meßgenauigkeit eine höhere Zuverlässigkeit angegeben.

In den beiden Regenüberlaufbecken am HPWL wird für jedes Becken getrennt die Überfallhöhe am Klärüberlauf gemessen.

Für den Fall, daß ein Teilstrom der Entlastungswassermenge am HPWL aus dem Umlaufgerinne in die Wasserlöse geleitet werden muß, ist hier eine weitere Wasserstandsmeßstelle, ausgerüstet mit einem VEGA-Druckaufnehmer, eingerichtet worden.

6.2.1.2.5 Genauigkeit der Wasserstandsmeßgeräte

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens werden in der Hauptsache Meßgeräte eingesetzt, die nach dem Druckaufnehmerprinzip arbeiten. Zwei installierte Geräte messen nach dem Impuls-Echo-Prinzip.

Die Meßgenauigkeit wird von den Herstellern für beide Meßprinzipien mit ca. 1 % angegeben. Dabei gilt für die Druckaufnehmer, daß der Meßfehler auf den Meßbereich, während er bei den Impuls-Echo-Meßgeräten auf den Abstand zwischen Sensor und Wasseroberfläche bezogen wird.

Die in der Kanalisation und den Regenbecken zur Füllstandsmessung eingesetzten Meßgeräte besitzen Meßbereiche zwischen 2.0 und 6.0 m. Daraus errechnet sich ein Meßfehlerbereich von ± 2.0 cm bis ± 6.0 cm. Solange diese Wasserstandsmessung direkt in die Prozeßsteuerung einbezogen wird, ist dieser Meßfehler akzeptabel. Eine Umrechnung in Durchflüsse, z. B. durch Messung in zwei Querschnitten, würde dagegen zu großen Ungenauigkeiten führen.

Die zur Überlaufmessung benutzten Geräte sind auf einen Meßbereich von 0,45 m (HPWL) bzw. 0,35 m (MW-PW Krimpel) eingestellt, um die Spannweite der Überfallhöhen abzudecken. Die

geodätische Höhe der Meßgeräte wurde von einem Vermessungstrupp mit einer Genauigkeit von ± 0.5 cm festgestellt.

Tabelle 3 enthält eine Zusammenstellung der für eine Fehlerabschätzung bei der Überlaufberechnung relevanten Parameter.

Meßstelle	Meßstrecke	relativer Meßfehler	absoluter Meßfehler incl. Einmeßfehler
(-)	(cm)	(%)	(cm)
H 28	50	± 1	± 1,0
H 29	100	± 1	± 1,5
H 32	107	± 1	± 1,6

Tabelle 4 Fehler der Wasserstandsmessung

Die Überlaufmenge wird unter Anwendung der Formel von POLENI aus der Überfallhöhe berechnet.

$$Q = \frac{2}{3} * \mu * B * (2g)^{0.5} * h_{\bar{u}}^{1.5}$$

- mit Q ... Überlaufwassermenge in m³
- μ ... Überfallbeiwert
- B ... Breite der Wehrkrone in m
- g ... Fallbeschleunigung in m/s²
- h \bar{u} ... Überfallhöhe über der Wehrkrone in m

Tabelle 5 enthält beispielhaft für die Meßstelle H28 am Klärüberlauf des Regenüberlaufbeckens 1 am HPWL die Darstellung der resultierenden Fehler bei der Berechnung der Überlaufmenge auf der Grundlage einer ungenauen Wasserstandsmessung.

Meßstelle H28: Meßfehler: ± 1,0 cm
 Breite der Wehrkrone: 14,20 m
 Überfallbeiwert: 0,64

Überlaufmenge Q _{zu}	Überlaufhöhe H \bar{u}	Messung abs. Fehler H \bar{u}	Überlaufmenge	
			abs. Fehler Q _{ab}	rel. Fehler Q _{ab}
(1/s)	(cm)	(cm)	(1/s)	(%)
2.000	17,7	± 1,0	-169...+170	8
3.000	23,2	± 1,0	-193...+195	6
3.200	24,2	± 1,0	-201...+203	6
5.200	33,5	± 1,0	-228...+238	4

Tabelle 5 Fehler der Überlaufberechnung

Da die Überläufe durch Förderschnecken beschickt werden - Klärüberläufe der Regenüberlaufbecken -, deren Förderleistung bekannt ist, ist auch die Entlastungswassermenge entsprechend genau.

Bei einer Vergrößerung des Meßbereiches der Meßgeräte wird der Meßfehler vergrößert und die Berechnung der Überlaufmenge entsprechend ungenauer. In Regenüberlaufbecken sollte deshalb am Klärüberlauf ein Meßgerät mit einem auf die maximale Überlaufhöhe abgestimmten Meßbereich installiert werden.

6.2.1.3 Durchflußmessungen

Der Zufluß zur Kläranlage Seehausen setzt sich aus den drei Teilströmen des HPW 1, HPW 2 und HPWL zusammen. Diese Teilströme werden mit Hilfe von Durchflußmeßgeräten erfaßt. Die Meßwerte werden zum Prozeßrechner fernübertragen. Die Kenntnis dieser Durchflüsse erlaubt die Regelung des Kläranlagenzuflusses, z.B. auf den zweifachen Trockenwetterabfluß (2 Q_t), unter Berücksichtigung des Gesamteinzugsgebietes der KA Bremen-Seehausen. Aus betrieblichen Gründen fällt dem HPWL die Aufgabe zu, diesen Zufluß zu regeln. Dies bedeutet, daß von hier aus jeweils nur die Differenz zwischen maximal zulässigem

Kläranlagenzufluß und der aktuellen Förderleistung des HPW 1 und HPW 2 gepumpt werden darf.

Maximale Förderleistung des HPWL zur KA bei Regenwetter:

$$\begin{aligned} Q_{HPWL} &= Q_{KA} - Q_{HPW1} - Q_{HPW2} \\ &= 3800 \text{ l/s} - 2200 \text{ l/s} - 900 \text{ l/s} = 700 \text{ l/s} \end{aligned}$$

mit Q_{KA} ... 2-facher Trockenwetterabfluß (2 Q_t)
 Q_{HPW1} ... max. Förderleistung des HPW1 zur KA
 Q_{HPW2} ... max. Förderleistung des HPW2 zur KA

Die Erhöhung der Förderleistung am HPW1 und HPW2 auf "Vollast" wird dem Betriebspersonal im HPWL vor Ausführung telefonisch mitgeteilt, so daß hier die Förderleistung rechtzeitig zurückgefahren werden kann.

Eine weitere Durchflußmessung wird in den beiden Druckrohrleitungen des Pumpwerks Huchting vorgenommen. Obwohl es sich hier eigentlich um ein Schmutzwasserpumpwerk handelt, das ein Trenngebiet entwässert, konnte aus der Auswertung von Pumpenlaufzeiten geschlossen werden, daß die Fördermengen bei Regenwetter sehr stark ansteigen.

6.2.1.4 Messung der Drehzahl und der elektrischen Leistungsaufnahme

Im HPWL werden die Drehzahlen der drei regelbaren Kreiselpumpen, die zur Kläranlage fördern und die momentane Leistungsaufnahme gemessen. Diese Meßwerte, die ebenfalls am Prozeßrechner zur Verfügung stehen, können zu einer Optimierung des Energieeinsatzes herangezogen werden.

6.2.1.5 Messung der Pumpenlaufzeiten

Die zentrale Datenerfassung registriert den Betriebszustand (Pumpe AN - Pumpe AUS) von 45 Pumpen in 15 Pumpwerken. Die Erfassung des Betriebszustandes erfolgt mit einer Auflösung von 15 Sekunden. Mit Ausnahme der Pumpen im HPWL werden diese Meldungen über die Fernwirkanlage an den Prozeßrechner herangeführt. Mit der Meldung des Betriebszustandes und der zeitlichen Zuordnung im 15-Sekunden-Takt werden die Pumpenlaufzeiten berechnet.

Die Registrierung des Betriebszustandes der Pumpen wird während des kontinuierlichen Entwässerungsbetriebes zur Fernüberwachung der Pumpwerke benutzt. Das Pumpwerkspersonal ist aufgrund längerer Erfahrung in der Lage, Unregelmäßigkeiten im Pumpwerksbetrieb (z.B. "Dauerläufer" oder Ausfall einzelner Pumpen) bereits frühzeitig zu erkennen. Aus der Pumpenlaufzeit und der Förderleistung während Trockenzeiten können die Trockenwetterganglinien bestimmt werden.

6.2.1.6 Wartung des Meßnetzes

Der ordnungsgemäße Betrieb eines Meßnetzes erfordert eine turnusgemäße Wartung der Meßgeräte und Meßstelleneinrichtungen incl. der Datenfernübertragung. Voraussetzung für einen geringen Wartungsaufwand ist die Auswahl robuster Meßgeräte, die allerdings auch die Anforderungen an die Meßgenauigkeit erfüllen müssen, sowie die sorgfältige Ausführung der Meßstelleneinrichtungen.

Für das ZDAS "Bremen Linkes Weserufer" konnte bei der Erneuerung der Niederschlags- und Wasserstandsmeßstellen im Zuge des Forschungsvorhabens auf eine 10-jährige Erfahrung zurückgegriffen werden.

Die auflaufenden Meßwerte werden in der Zentrale im HPWL fernüberwacht. Dies geschieht durch Plausibilitätsüberprüfungen

mit Unterstützung der Prozeßvisualisierung.

Bei der Einrichtung der Meßstellen wurde zunächst festgelegt, daß die Meßgeräte und Meßstelleneinrichtungen in einem 4-wöchigen Rhythmus vor Ort gewartet werden sollen. Hierzu wurde ein Wartungsprotokoll (s. Anlage 4) entworfen, das alle für das Wartungspersonal vorgeschriebenen Arbeiten in Listenform enthält. Nach Abschluß der Wartung sollten diese Protokolle dem Betriebsleiter zur Durchsicht übergeben werden, so daß evtl. erforderliche Reparaturmaßnahmen ohne Verzögerung eingeleitet werden können.

Im Verlauf des Forschungsvorhabens ergab sich, daß diese aufwendige Wartung nicht erforderlich ist. Eine Wartung findet nur noch statt, wenn aufgrund der Plausibilitätsüberprüfung Unstimmigkeiten des Meßwertes festgestellt werden.

Die im folgenden genannten Daten für den Zeit- und Personalaufwand zur Wartung des Meßnetzes beziehen sich auf die Erfahrungen, die im Verlaufe der Jahre 1987 und 1988 gemacht wurden.

Die Funktion der Meßstellen wird auf zwei Arten überprüft. Mindestens einmal täglich sollte die Plausibilitätsprüfung der am Prozeßrechner auflaufenden Meßdaten in der Zentrale erfolgen. Hierzu wurde die erforderliche grafische und alphanumerische Software zur Ausgabe der Meßdaten im 15-Sekunden-Zeittakt implementiert. Daneben besteht die Möglichkeit, abgespeicherte Meßdaten abzurufen. Für diese Plausibilitätsprüfung sollte Personal eingesetzt werden, das über hydrologische Kenntnisse bzw. langjährige Erfahrung beim Betrieb der Entwässerungsanlagen verfügt. Im vorliegenden Fall soll diese Aufgabe nach Übergabe des Systems vom Betriebsleiter "Linkes Weserufer" übernommen werden. Der Zeitaufwand für diese Aufgabe kann mit ca. 30 Minuten pro Tag veranschlagt werden. Wird ein signifikanter Meßfehler oder der Ausfall einer Meßstelle registriert, wird ein Wartungstrupp mit der Instandsetzung des betreffenden Meßgerätes beauftragt.

Aus Vorsorgegründen sollten die Niederschlags- und Kanalwasserstandsmeßstellen in einem festzulegenden Turnus abgefahren, die Meßstelleneinrichtung überprüft und das Meßgerät getestet werden. Für diese Arbeiten wurden während des Forschungsvorhabens zwei Elektriker, ausgerüstet mit Fahrzeug und Wartungsmaterial, eingesetzt. Der Zeitaufwand für diese Wartungsarbeiten betrug etwa 30 Minuten pro Meßstelle incl. Anfahrt. Dabei wurden 18 Wasserstands- und 3 Niederschlagsmeßstellen berücksichtigt. Die 5 Durchfluß-, 3 Drehzahl- und 3 Energiemeßstellen sind wartungsfrei. Das gleiche gilt für die Pumpenlaufzeitmeldungen.

Das Langzeitverhalten der Wasserstandsmeßgeräte ist positiv zu bewerten, da eine nennenswerte Dejustierung der Meßgeräte nicht festgestellt werden konnte. Größere Meßwertabweichungen bei der Trockenwettermessung in den Sammlern wurden bisher nur bei einem Meßgerät festgestellt. Der Grund hierfür ist vermutlich, daß das Meßgerät bei Trockenwetterabfluß nur wenige Zentimeter in das an dieser Stelle sehr schnell fließende Medium eintaucht. Dies kann zu Instabilitäten des Wasserdruckes an der Membran des Meßgerätes führen und damit zu einem größeren Meßfehler. Die zunächst befürchtete Situation, daß es durch die im Bereich des Trockenwetterabflusses hängenden Meßgeräte zu unerwünschten Ablagerungen bzw. Anlagerungen von Schwimmstoffen kommen könnte, wurde nicht beobachtet. Alle Meßstellen werden dennoch mindestens einmal pro Jahr durch einen Kanalreinigungstrupp gesäubert.

Die Niederschlagsmeßgeräte sind nahezu wartungsfrei. Lediglich im Herbst wurde in einem Fall festgestellt, daß der Auffangtrichter durch Laub verstopft war.

6.2.1.7 Kosten des Meßnetzes

Die Kosten für das Meßnetz setzen sich aus den Kosten für die Einrichtung und den Betrieb der Meßstellen und des Fernwirknetzes zusammen. Folgende Positionen waren bei der Einrichtung

einer Wasserstandsmeßstelle im Kanalnetz zu berücksichtigen:

1. Meßgerät mit
Sensor, Meßwertumformer etc.

2. Meßstelleneinrichtung mit
 - Umbau des Meßschachtes
 - Schutzvorrichtung für den Meßwertaufnehmer
 - Meß- und Versorgungsschrank mit Fundament
 - EVU-Anschluß
 - Kabelverlegung im Erdreich mit Hüllrohr

Es waren nicht für jede Meßstelle alle Positionen anzuwenden. So war der Aufwand für den Umbau des Meßschachtes bei einer Meßstelle aus eigentumsrechtlichen Gründen besonders hoch, während er bei anderen Meßstellen nur gering war. Für andere Meßstellen, wie z. B. Niederschlagsmeßstellen oder Wasserstandsmeßstellen in den Regenbecken bzw. Pumpensämpfen, entfielen weitere Positionen. Als Richtwert kann gesagt werden, daß die Einrichtung einer Wasserstands- und Niederschlagsmeßstelle je nach Standort zwischen 8.000 und 14.000 DM kostet. Hinzu kommen die Betriebskosten, die sich im vorliegenden auf Kosten für die Wartung der Meßstellen reduzieren, da keine Kosten für die Nutzung der fernmeldetechnischen Einrichtungen entstehen.

6.2.2 Fernwirknetz

Die Meßwerte und Meldungen können grundsätzlich über Kabel oder Funk an die Steuerungszentrale fernübertragen werden. Umgekehrt werden die Sollwerte und Befehle über die gleichen Medien an die lokale Steuerungsebene übermittelt. Die Datenübertragung erfolgt entweder analog oder digital.

Für die Datenübertragung stehen betriebseigene oder stadteigene Fernmeldenetze und das Fernmeldenetz der Post mit den Sondernetzen DATEX und TEMEX zur Verfügung.

Bei der Übertragung besonders wichtiger Daten besteht die Möglichkeit der Einrichtung redundanter Ringnetze, um bei einem Ausfall einer Fernmeldestrecke die Datenübertragung trotzdem zu gewährleisten.

Bei der Planung der Datenfernübertragung im Rahmen des Forschungsvorhabens ergab sich die Notwendigkeit, eine Kombination der oben beschriebenen Möglichkeiten zu wählen, um sowohl betrieblich als auch wirtschaftlich ein Optimum zu erreichen.

Die Stadt Bremen verfügt über ein eigenes Fernmeldenetz, das durch das ASA für die Datenübertragung kostenlos genutzt werden kann. Allerdings ist die Anzahl der zur Verfügung stehenden Kabeladern beschränkt.

An die Prozeßleitzentrale im HPWL sind einzelne Unterzentralen angebunden. Da diese Anlage die Übertragung sowohl von Meßwerten und Meldungen als auch von Sollwerten und Befehlen ermöglicht, wird sie im folgenden als Fernwirkanlage bezeichnet. Einzelne Meßwerte werden aber auch direkt an die Steuerungszentrale als Analogwert herangeführt.

Die ursprünglich vorhandene Fernwirkanlage mit einer Auflösung von 6 BIT wurde im Zuge des Forschungsvorhabens teilweise erneuert und mit einer Auflösung von 8 BIT neu installiert. Die Kosten für diese Maßnahmen wurden vom ASA übernommen.

Die teilweise Erneuerung der Fernwirkanlage wurde notwendig, um die Genauigkeit der verwendeten Meßgeräte zu erreichen. So kann der Meßbereich der Niederschlagsmeßgeräte, die über eine Auflösung von 0.1 mm bei einem Meßbereich von 0...10 mm verfügen, vollständig dargestellt werden. Auch die Genauigkeit der Wasserstandsmeßgeräte, die teilweise einen Meßbereich von 0...6 m besitzen, konnte gesteigert werden.

Unter Genauigkeit der Meßwertübertragung wird die maximale Auflösung des Meßwertes, bezogen auf den Meßbereich, verstanden.

Übertragungsart	A/D Wandlung	Genauigkeit
Doppelader	12 Bit	0.02 %
Fernwirkanlage	8 Bit	0.39 %
Fernwirkanlage	6 Bit	1.56 %

Tabelle 6 Genauigkeit der Datenfernübertragung

Folgendes Beispiel soll verdeutlichen, weshalb eine Übertragungsgenauigkeit von 6 Bit für die Darstellung der Niederschlagsintensität, die mit den neu installierten Meßgeräten gemessen wird, nicht ausreicht:

Maximale Auflösung der Meßgeräte:	0.1 mm
Meßbereich der Meßgeräte:	10.0 mm
Relative Genauigkeit der DFÜ:	1.56 %
Absolute Genauigkeit der DFÜ:	$0.0156 * 10.0 = 0.16 \text{ mm}$

Die maximale Auflösung der Meßwertübertragung ist geringer als die des Meßgerätes und sollte deshalb verbessert werden.

6.3 Steuerungszentrale mit Prozeßleitsystem

Die Zentrale des Verbundsteuerungssystems und damit auch das Prozeßleitsystem sind im HPWL angeordnet.

Bei der Planung der notwendigen Anlagentechnik war die Betriebskonzeption zu berücksichtigen. Grundsätzlich werden verschiedene Möglichkeiten vorgeschlagen (Schilling 1987).

1. Manuelle Verbundsteuerung
2. Automatische Verbundsteuerung
3. Überwachte Verbundsteuerung

Bei der manuellen Verbundsteuerung werden alle Sollwerte und Befehle durch das Betriebspersonal vorgegeben. Bei der automatischen Verbundsteuerung wird diese Aufgabe von der Anlagentechnik übernommen. Als Kompromiß kann die überwachte Verbundsteuerung gelten, bei der die Sollwert- und Befehlsvorgabe der Anlagentechnik durch das Betriebspersonal beeinflusst werden kann. Die Wahl der geeigneten Konzeption hängt im wesentlichen von der Komplexität des Systems ab.

Für die Verhältnisse im Projektgebiet erwies sich die in Bild 6 dargestellte Betriebskonzeption als geeignet.

Durch Messungen im System und in den Steuerungsbauwerken wird der Prozeßzustand erfaßt und über das Fernwirknetz in die Steuerungszentrale übertragen. Dort werden die auflaufenden Daten von einem Prozeßrechner verarbeitet. Über ein geeignetes Ausgabemedium wird dem Betriebspersonal der Prozeßzustand grafisch dargestellt (Prozeßvisualisierung). Mit Hilfe des Expertensystems werden sogenannte Steuerungsempfehlungen generiert und ebenfalls auf dem Bildschirm ausgegeben.

Das Betriebspersonal hat die Aufgabe, die Steuerungsempfehlungen in Verbindung mit der grafischen Darstellung zu prüfen und entweder zu vollziehen oder - falls ihm "bessere" Informationen vorliegen - eigene Steuerungsentscheidungen zu treffen.

Die Einstellung der Sollwerte und das Absetzen von Befehlen führt das Betriebspersonal manuell an einer vorhandenen Mosaikschaltwand und einem Bedienpult aus.

Die über die Fernwirkanlage übertragenen Sollwerte und Befehle werden in der lokalen Steuerungsebene (Pumpwerksteuerung) automatisch verarbeitet.

Bei einem Ausfall der Verbundsteuerung arbeitet die lokale Steuerungsebene mit fest vorgegebenen Sollwerten und Befehlen automatisch weiter.

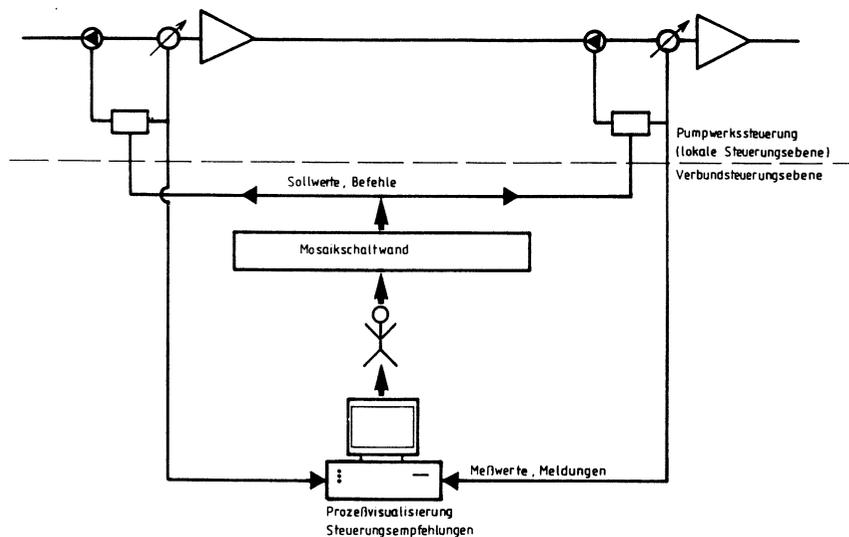


Bild 8

Betriebskonzeption ZDAS

Dieses Konzept wurde als sinnvoll erachtet, da infolge der oftmals weiten Datenübertragungswege - im Gegensatz zu den Verhältnissen auf einer Kläranlage - zur Zeit noch technische Unsicherheiten vorhanden sind. Auf der anderen Seite kann das Expertensystem seine Steuerungsempfehlungen nur auf der Grundlage des meßtechnisch erfaßten Prozeßzustandes und seines "gesammelten" Wissens treffen. In bestimmten Prozeßsituationen kann ein gut geschultes Betriebspersonal ggf. sinnvollere Steuerungseingriffe vornehmen.

Die installierte Anlagentechnik für die Verbundsteuerung ist unterteilt in Hard- und Softwarebausteine, die im folgenden näher beschrieben werden sollen.

6.3.1 Hardwarebausteine

Das Kernstück der Anlagentechnik für die Verbundsteuerung bildet ein Prozeßrechner vom Typ PDP 11/73 der Firma DEC mit dem Betriebssystem RSX-11M/Plus.

Die Architektur des Prozeßrechners gestattet in einer Multi-tasking- und Multiuserumgebung einen hierarchisch gesteuerten Ablauf einerseits der zeitkritischen Programme zur Prozeßdatenerfassung und grafischen Darstellung in Prozeßleitbildern und andererseits der rechenzeitintensiven Anwendungssoftware für die Protokollerstellung und das Expertensystem.

Im einzelnen verfügt der Prozeßrechner über die folgenden Hardwarespezifikationen (Bild 9):

-
- CPU mit 22 BIT Daten- und Adressbus sowie 15 MHZ Taktrate
 - 1 MB Hauptspeicher
 - 54 MB Festplattenlaufwerk
 - 4 serielle Schnittstellen
 - 32 analoge Signaleingänge mit 12 BIT A/D Wandler
 - 64 digitale Signaleingänge
 - 64 digitale Signalausgänge
 - Echtzeituhr
-

Im Verlauf des Forschungsvorhabens mußte der Prozeßrechner mehrfach aufgerüstet werden, um die Anforderungen zu erfüllen. So wurde der Hauptspeicher von 1 MB auf 4 MB erweitert, da nicht mehr alle gleichzeitig benötigten Anwendungsprogramme im

Hauptspeicher Platz fanden. Die Anzahl der analogen Eingänge wurde von 32 auf 64 erhöht.

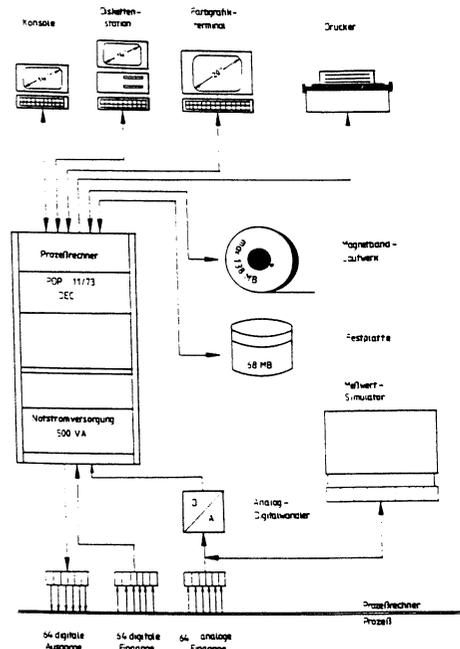


Bild 9 Hardwarekonfiguration Prozeßrechner

An die Stromversorgung in der Steuerungszentrale ist der Prozeßrechner über eine unterbrechungsfreie Notstromversorgung (500 VA) mit einer Haltezeit von 15 Minuten bei Nennlast angeschlossen. Hiermit ist gewährleistet, daß auftretende Störungen im Versorgungsnetz keinen Ausfall des Prozeßrechners nach sich ziehen.

An die vier seriellen Schnittstellen sind vier Peripheriegerä- te angeschlossen:

1. Konsole (14" Monochrombildschirm, Tastatur)
2. Diskettenstation (Personalcomputer, IBM-kompatibel)
3. Farbgrafikterminal (20" Farbbildschirm, Auflösung 640x480)
4. Matrixdrucker

Nach den vorliegenden Betriebserfahrungen mit dem System las- sen sich für die Auswahl eines Prozeßrechners mit dem zuge- hörigen Betriebssystem für den Anwendungsfall Verbundsteuerung die folgenden Anforderungen formulieren:

1. Die Architektur des Prozeßrechners muß zum einen den Anfor- derungen der Prozeßdatenverarbeitung (Echtzeitbetrieb) ge- nügen und zum anderen auch den Einsatz von größeren Anwen- dungsprogrammen (Expertensystem, Grafiksoftware) zulassen. Unter Umständen ist ein System mit zwei Rechnern zu wählen. Auf jeden Fall sollten die Möglichkeiten für Systemerweite- rungen offengehalten werden.
2. Der Hauptspeicher muß so groß gewählt werden, daß Betriebs- system und Anwendungsprogramme ohne Auslagerung von Pro- gramnteilen installiert werden können.
3. Es ist zu überprüfen, ob die Verarbeitungsgeschwindigkeit des Prozeßrechnersystems den Anforderungen der Verbund- steuerung genügt (s. a. Abschnitt 6.3.2).
4. Die Anzahl der Ein- und Ausgänge für die analogen und digi- talen Signale muß auf die Kapazität des Fernwirknetzes ab- gestimmt sein. Für zukünftige Erweiterungen ist eine ausreichende Kapazität vorzuhalten.
5. Es ist eine ausreichende Anzahl von Schnittstellen für die Peripherie vorzusehen.
6. Der Prozeßrechner ist mit einer unterbrechungsfreien Not- stromversorgung auszurüsten, die bei Störungen im Versor- gungsnetz einen Ausfall des Systems verhindert. Die Halte- zeit der Notstromversorgung ist darauf abzustimmen, wann eine übergeordnete Notstromversorgung in Betrieb gesetzt werden kann. Bei der Auswahl der Leistungsmerkmale der Notstromversorgung müssen evtl. Systemerweiterungen berücksichtigt werden.

An die Organisation der Anwendungsprogramme ist die Anforderung zu stellen, daß nach einem Systemabsturz ein selbständiges Booten des Systems erfolgen kann.

6.3.2 Softwarebausteine

Die auf dem Prozeßrechner implementierte Software ist in drei Säulen strukturiert (Bild 10).

-
- Säule I: Datenspeicherung, -archivierung, Datenausgabe
 - Säule II: Prozeßvisualisierung einschließlich Ausgabe der Steuerungsanweisungen des Expertensystems
 - Säule III: Expertensystem
-

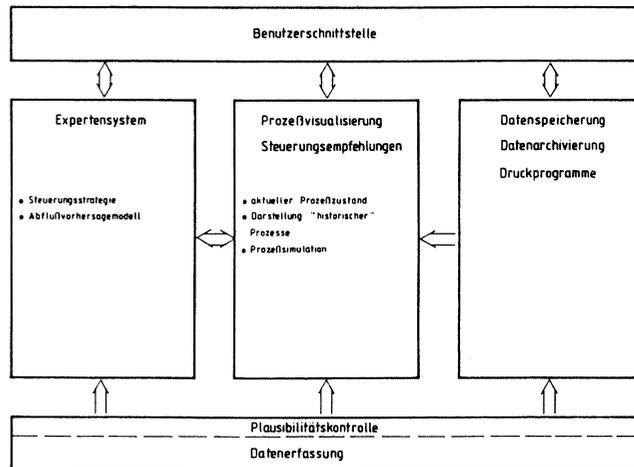


Bild 10

Softwarebausteine

Den drei Softwaresäulen werden die Daten, die über den Prozeßrechner kontinuierlich erfaßt werden, zur weiteren Verarbeitung über definierte Schnittstellen zur Verfügung gestellt.

Über die Benutzerschnittstelle kann das Betriebspersonal die Anwendungssoftware z. B. für den Ausdruck von Daten starten.

6.3.2.1 Datenerfassung

Zur Zeit sind 32 analoge und 45 digitale Meßsignale an den Eingängen des Prozeßrechners angeschlossen. Für die Weiterverwendung der Daten müssen diese Rohdaten verarbeitet und ausgewertet werden.

Die meisten der erforderlichen Programme laufen parallel und müssen auf die gleichen Dateien zugreifen. Das bedeutet, daß diese Dateien gleichzeitig von mehreren Programmen geöffnet sein müssen. Um dies zu ermöglichen und um den Zugriff auf die Dateien und die Programme untereinander zu koordinieren, werden zwei Hilfsmittel benötigt:

a) Shared Files:

Eine Datei, die "shared" geöffnet wurde, erlaubt mehreren Programmen gleichzeitig den Zugriff auf ihre Daten. Jeweils ein Programm darf Schreibberechtigung haben. Alle anderen müssen sich auf das Einlesen der Daten beschränken.

b) Event Flags:

Dies sind Marker, die von den Programmen aus gesetzt und gelöscht werden können und deren Zustand abgefragt werden kann. Wenn bestimmte Aktionen abhängig vom Zustand eines Event-Flags ausgeführt werden, können sich die Programme untereinander beeinflussen. Erstens wird dadurch der Zugriff auf die gemeinsamen Dateien koordiniert und zweitens die Taktung der ständig laufenden Programme gesteuert.

Zur Identifizierung jeder einzelnen Meßstelle und richtigen Behandlung der ankommenden Meßsignale werden zwei Dateien

benötigt.

In der ersten wird jeder Meßstelle eindeutig ein Eingang am Prozeßrechner und eine interne Nummer zugeordnet, die zweite enthält alle Meßstellenparameter und Grenzwerte, die eine bestimmte Meßstelle charakterisieren (Anlage 5).

Mit Hilfe einfacher Direktiven können diese Parameter überprüft und geändert werden. Änderungen müssen anschließend immer gesichert werden, d.h. auf einer Sicherheitskopie der Datei übernommen werden. Aus dieser wird jeweils bei einem Systemneustart die Meßstellenparameterdatei erstellt.

Die ständig anliegenden Meßsignale müssen in einem immer wiederkehrenden Zeitintervall abgegriffen und für die weitere Verarbeitung zur Verfügung gestellt werden. Der gewählte Zeitschritt sollte einerseits so klein sein, daß die Aktualität der Daten gewährleistet ist, andererseits müssen alle nötigen Operationen in dieser Zeit auszuführen sein. Als angemessenes Intervall wurden 15 Sekunden gewählt.

Je einmal pro Zeitschritt werden die Rohdaten zusammen mit der aktuellen Uhrzeit auf einer auch den Auswertungsprogrammen zur Verfügung stehenden Datei überschrieben.

Für eine Plausibilitätskontrolle der übernommenen Daten wurden mehrere Bildschirmausgabeprogramme entwickelt, die die jeweils aktuellen Meßsignale im 15 s-Takt am Bildschirm anzeigen. Die wichtigsten Meßstellen können gesondert mit allen wichtigen Daten angezeigt werden.

Im Rahmen weiterer Entwicklungen ist es sinnvoll, softwareseitig Plausibilitätskontrollen für die übernommenen Meßdaten vorzunehmen, um einerseits das Betriebspersonal zu unterstützen und andererseits die Daten, die an das Expertensystem übergeben werden, zu filtern.

6.3.2.2. Datenspeicherung und -archivierung

Die im 15 s-Takt aktualisierten Meßwerte werden eingelesen und mit Hilfe der Meßstellenparameter in physikalische Werte umgerechnet.

Nach vorzugebenden Kriterien wird der Beginn und das Ende von N-A-Ereignissen bestimmt. Des weiteren werden ereignisbezogene Daten, wie Speicherfüllgrad, Überlaufwassermenge, etc. berechnet. Alle diese Daten werden ebenfalls im 15 s-Takt auf eine zweite Datei geschrieben.

Die Daten eines 5-Minuten-Intervalls werden nach bestimmten Kriterien zusammengefaßt und auf eine Tagesdatei geschrieben. Für jeden Tag wird eine eigene Datei angelegt, die dann jeweils aus den 288 Zeilen mit den 5 Minuten Werten plus einer Datumszeile besteht.

In bestimmten Zeitabständen werden die Tagesdateien von der Festplatte auf ein Magnetband geschrieben und archiviert. Sie stehen somit für gesonderte Datenauswertungen unbegrenzt zur Verfügung. Je nach gewählter Schreibdichte und Formatierung werden zwei bis vier Magnetbänder pro Jahr für die Datenarchivierung benötigt.

Die gespeicherten Daten können in übersichtlicher Form als Tages-, Monats- oder Ereignisdateien über den Drucker ausgegeben werden (Anlage 6).

6.3.2.3 Prozeßvisualisierung

Für die Überwachung des Prozeßzustandes und als Unterstützung des Betriebspersonals bei der Steuerung des Systems wurden Prozeßleitbilder entworfen, programmiert und in das System implementiert (Prozeßvisualisierung).

Als Instrument für die Erstellung, d.h. Programmierung der Prozeßleitbilder, stand ein Softwarepaket der Fa. pdv-systeme, Goslar, zur Verfügung - ein sogenannter Grafikeditor (GED). Diese Software wurde aufgrund der Anforderungen, die sich während des Entwurfs der Prozeßleitbilder ergaben, in einigen Teilen noch verfeinert.

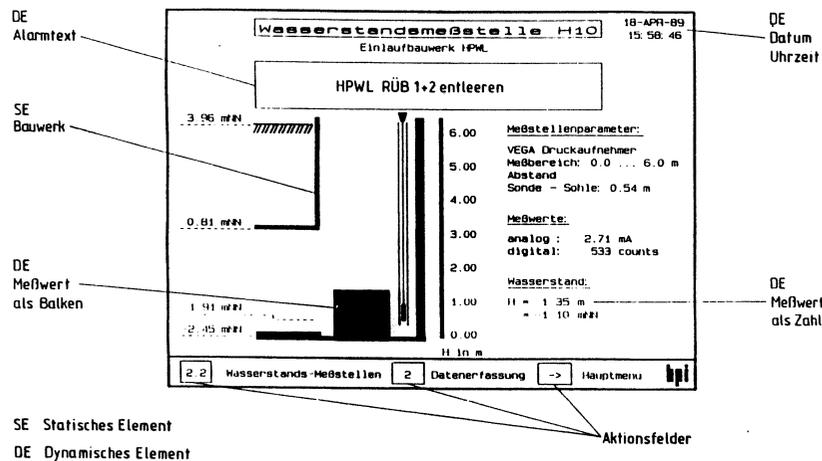


Bild 11 Funktionen des GED

Der Grafikeditor bietet die Möglichkeit, alle statischen Bildelemente frei zu gestalten (Vollgrafik), ohne auf einen vorgegebenen grafischen Zeichensatz angewiesen zu sein (Semigrafik). Aufgrund der hohen Auflösung des Farbbildschirmes (Abschnitt 6.3.1) können somit klare und realitätsnahe, z.B. maßstabgetreue Darstellungen von Bauwerken, Meßinstrumenten etc. ermöglicht werden. Auf eine symbolartige Darstellung kann ver-

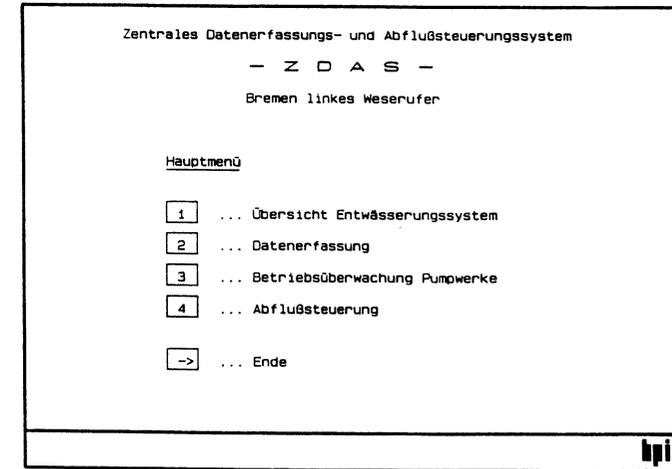


Bild 12 Hauptmenü ZDAS

Die Integration von Aktionsfeldern in die Prozeßleitbilder ermöglicht es zum einen, daß in ein Auswahlmenü zurückgesprungen werden kann und zum anderen, daß Bilder, die in direktem Zusammenhang zueinander stehen, schnell ohne den Zwischenschritt eines Auswahlbildes abgerufen werden können. Dies ist insbesondere bei den Prozeßleitbildern erforderlich, die bei der Abflußsteuerung kritischer Ereignisse benötigt werden, wo es unter Umständen auf ein schnelles Umschalten ankommt.

Der Benutzer kann die einzelnen Bilder, nachdem er die Grafiksoftware über die Tastatur gestartet hat, allein mit Hilfe eines Zeigergerätes (MOUSE) abrufen.

6.3.2.3.1 Übersicht Entwässerungssystem

Diese Prozeßleitbilder beinhalten in grafischer und alphanumerischer Darstellung wichtige Informationen über das Entwässerungsgebiet "Bremen Linkes Weserufer". Da sie keine Meßwerte oder Meldungen enthalten, werden sie als Übersichtsbilder bezeichnet. Alle Bilder verfügen im unteren Bildteil über eine

Menüleiste mit Aktionsfeldern. Durch "Anklicken" mit der MOUSE kann in andere Auswahlbilder verzweigt werden. Die dargestellten Informationen haben zum einen den Zweck, das Betriebspersonal zu schulen und zum anderen häufig benötigte Detailinformationen des Entwässerungsgebietes abzurufen.

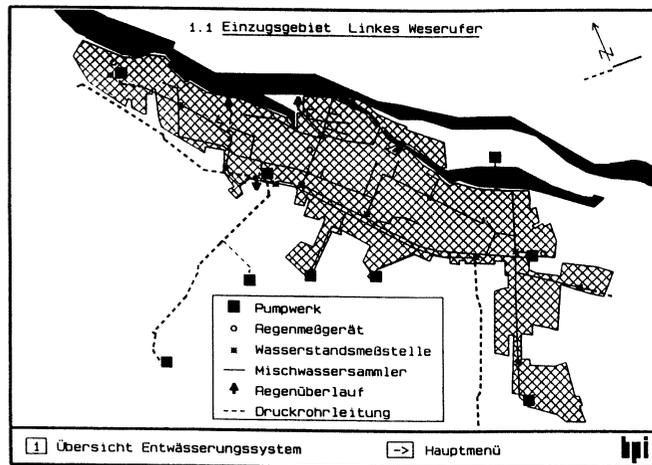


Bild 13 Prozeßleitbild: Einzugsgebiet Linkes Weserufer

Das Bild 13 *Einzugsgebiet Linkes Weserufer* zeigt die Ausdehnung des Mischentwässerungsgebietes mit dem Hauptsammlersystem, den Klär- und Regenüberläufen, den Mischwasser- und peripheren Schmutzwasserpumpwerken und dem Hauptvorfluter Weser. Eingezeichnet sind darüber hinaus alle Kanal- und Pumpensumpfwasserstandsmeßstellen sowie die Niederschlagsmeßstellen. Die verwendeten Symbole sind in einer Legende erklärt.

Das Bild 14 *Teileinzugsgebiet Krimpel* enthält auf der rechten Bildseite detaillierte grafische Informationen über das Teileinzugsgebiet des Mischwasserpumpwerks Krimpel, die Lage und Bezeichnung der Meßstellen, Pumpwerke und Regenüberlaufbecken sowie des Einleitungsgewässers Kripelsee. Die verwendeten Symbole sind in einer Legende erklärt. Die linke Bildseite wird für die alphanumerische Darstellung wichtiger hydrologischer Daten benutzt.

zichtet werden. Dies hat für das Betriebspersonal den positiven Effekt, ohne besonderes Abstraktionsvermögen den Informationsgehalt eines Prozeßleitbildes zu erkennen.

In das statische Grundmuster eines Prozeßleitbildes werden die dynamischen Bildelemente eingefügt. Dies können zum Beispiel die Einblendung von Datum und Uhrzeit, die Darstellung von Meßwerten als Zahl oder Balken, die Ausgabe von Ganglinien oder die Einblendung von Alarmtexten sein (Bild 11).

Damit aus dem aktuellen Bild heraus andere Bilder aufgerufen werden können, werden sogenannte Aktionsfelder definiert. Durch Ansteuerung eines Aktionsfeldes mit Hilfe des Zeigegerätes (MOUSE) wird ein vorher definiertes Prozeßleitbild auf dem Bildschirm ausgegeben.

Die Erstellung eines Prozeßleitbildes läuft sinnvollerweise in folgenden Schritten ab:

1. Zusammenstellung der darzustellenden Prozeßdaten und ggf. der Bauwerksdaten
2. Entwurf des Prozeßleitbildes auf Millimeterpapier (pixelscharf)
3. Programmierung des Prozeßleitbildes mit Hilfe des Grafikeditors
4. Ausplotten des Prozeßleitbildes und ggf. Verbesserung in Zusammenarbeit mit dem Betriebspersonal

Da eine Vielzahl von Prozeßleitbildern zu entwickeln war, wurden zunächst Überlegungen angestellt, welche allgemeinen Anforderungen an das grafische System zu stellen sind. Hierfür wurde ein Anforderungskatalog, der sich an der speziellen Anwendung Prozeßüberwachung und Abflußsteuerung in einem Mischentwässerungssystem orientiert, zusammengestellt. Als Ergebnis der Überlegungen kann festgehalten werden:

- Der Aufruf der Prozeßleitbilder muß so gestaltet werden, daß auch ein Benutzer ohne Kenntnisse der EDV das System bedienen kann. Das Umschalten von einem Prozeßleitbild zu einem anderen muß ohne vorheriges Nachschlagen in einer Bedienungsanleitung möglich sein, da hierfür während kritischer Prozeßzustände im allgemeinen keine Zeit bleibt.
- Die Prozeßleitbilder müssen so gegliedert werden, daß thematisch zusammengehörige Bilder möglichst direkt, ohne den Umweg über Auswahlmenüs, abgerufen werden können.
- Der Aufbau der Prozeßleitbilder sollte eine einheitliche Struktur aufweisen, damit der Benutzer sich sofort zurechtfindet. Die Bilder sollten alle erforderlichen Informationen in übersichtlicher Form enthalten. Mischwasserereignisse, die wirklich gezielte Steuerungseingriffe erfordern, sind relativ selten. Gleichzeitig wechselt das Betriebspersonal ständig aufgrund des Schichtdienstes. Es ist deshalb nicht ungewöhnlich, wenn der Maschinist, der ein kritisches Ereignis abuarbeiten hat, die Prozeßleitbilder längere Zeit nicht gesehen hat.

Anhand des Anforderungskatalogs wurde zunächst eine Organisationsstruktur für das System zur grafischen Darstellung von Prozeßdaten geschaffen. Die Bilder wurden nach den in Bild 12 aufgeführten Themenschwerpunkten gegliedert.

Dann wurden zusätzlich zu den Prozeßleitbildern sogenannte Auswahlbilder (Bild 12) eingeführt. Dieser Bildtyp, in dem keine Prozeßdaten oder Informationen über das Entwässerungssystem dargestellt sind, soll es dem Benutzer ermöglichen, menügesteuert das gewünschte Prozeßleitbild auswählen zu können. Die Auswahlbilder sind selbsterklärend. Der Benutzer muß sich keine Befehle oder Dateinamen merken. Durch "Anklicken" eines Aktionsfeldes mit der MOUSE wird automatisch das zugeordnete Bild abgerufen und auf dem Farbgrafikbildschirm dargestellt. Die abgerufenen Bilder können Prozeßleitbilder oder wiederum Auswahlbilder sein.

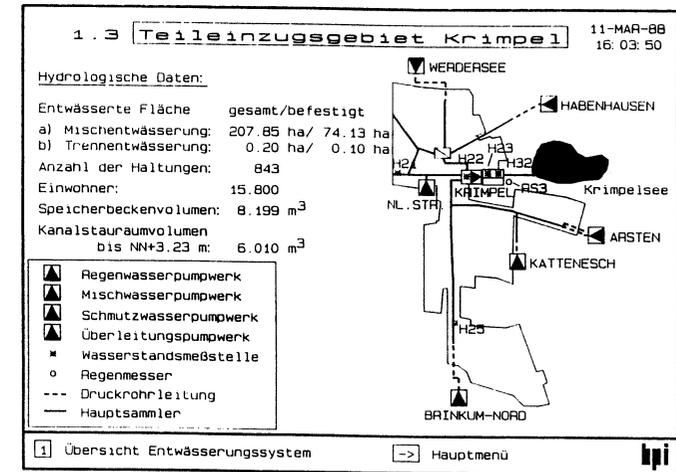


Bild 14 Prozeßleitbild: Teileinzugsgebiet Krimpel

Das Bild 15 *Hierarchie der Pumpwerke* (Farbkopie in Anlage 8.3) zeigt die Verknüpfung über Druckrohr- oder Freigefälleleitungen und die Bezeichnung aller im linksweserischen Einzugsgebiet der Kläranlage Seehausen angeordneten Pumpwerke. Die verwendeten Symbole sind in einer Legende dargestellt.

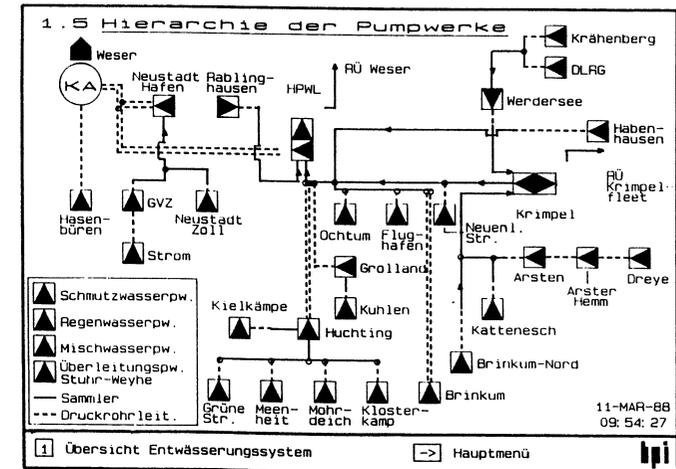


Bild 15 Prozeßleitbild: Hierarchie der Pumpwerke

6.3.2.3.2 Datenerfassung

In den Prozeßleitbildern, die unter dem Auswahlpunkt "Datenerfassung" zusammengefaßt sind, sollen alle Meßstellen des ZDAS mit analogem Meßsignal grafisch dargestellt werden. In das Auswahlmenü sind bisher nur die Wasserstands-, Durchfluß- und Niederschlagsmeßstellen aufgenommen. Die Energie- und Drehzahlmeßstellen sowie die geplanten kontinuierlichen Gütemeßstellen (pH-Wert, BSB-M3) sollen noch eingefügt werden.

Alle Bilder sind grundsätzlich nach der gleichen Struktur aufgebaut (Bild 16). In der Bildüberschrift steht der Typ und die Kurzbezeichnung der Meßstelle, darunter der Ort, an dem die Meßstelle installiert ist. In der rechten oberen Bildecke wird das aktuelle Datum und die Uhrzeit angezeigt.

Im eingerahmten Bildteil können maximal drei Steueranweisungen (Empfehlungen) des Expertensystems gleichzeitig ausgegeben werden (Abschnitt 6.3.2.3.5).

Die linke Hälfte des Bildes ist für die grafische Darstellung der Meßstelle und des Meßwertes vorgesehen. Evtl. sind auch die wichtigsten Bauwerksdaten (z. B. Sohlhöhe) eingetragen, die - soweit sie Bestandteil der Meßstellenparameter sind - bei jeder Änderung automatisch übernommen werden. Auf der rechten Bildhälfte werden die Meßstellenparameter und die aktuellen Meßwerte alphanumerisch ausgegeben.

Der untere Rand des Prozeßleitbildes dient als Menüleiste, in der die Verzweigungsmöglichkeiten zu anderen Auswahlbildern angezeigt werden. Durch "Anklicken" der Aktionsfelder wird das entsprechende Bild aufgerufen.

Eine Auswahl der bisher implementierten Prozeßleitbilder ist in Anlage 7 als Farbkopie zusammengestellt.

Bild 16 zeigt die *Wasserstandsmeßstelle H22* im Pumpensumpf des MW-PW Krimpel. Der Meßwert "Wasserstand" ist sowohl grafisch

als maßstabsgetreuer vertikaler Balken als auch alphanumerisch als Wasserstand bezogen auf die Sohle und auf NN dargestellt.

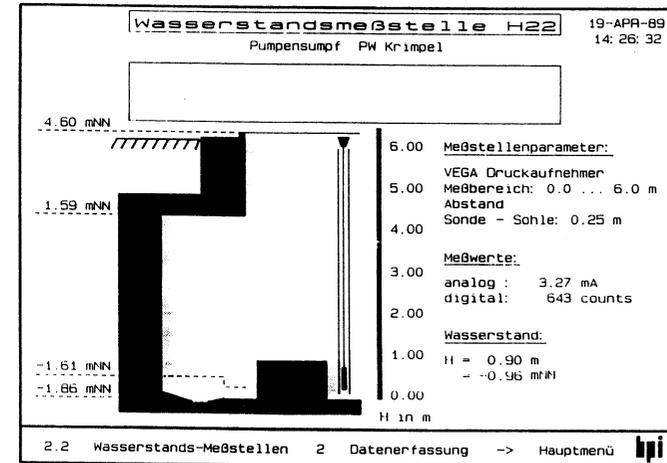


Bild 16 Prozeßleitbild: Wasserstandsmeßstelle H22

In Bild 17 ist die *Wasserstandsmeßstelle H17* im Sammler Hohentorsheerstraße abgebildet.

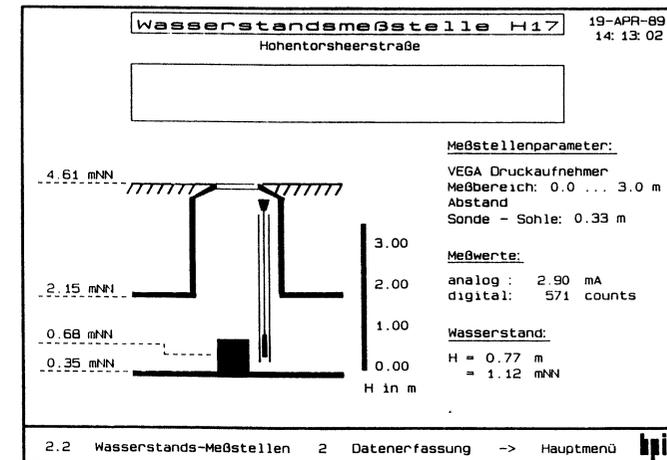


Bild 17 Prozeßleitbild: Wasserstandsmeßstelle H17

Bild 18 zeigt die *Durchflußmeßstelle Q02* mit einer skizzenhaften Darstellung des Meßprinzips. Das IDM-Meßgerät ist in der

DRL zwischen HPWL und KA Seehausen angeordnet. Der aktuelle Meßwert wird grafisch als durchflußproportionaler Balken mit Ausdehnung nach oben und unten dargestellt. Die Ausdehnung der Pfeilbasis gibt den maximal möglichen Durchfluß an.

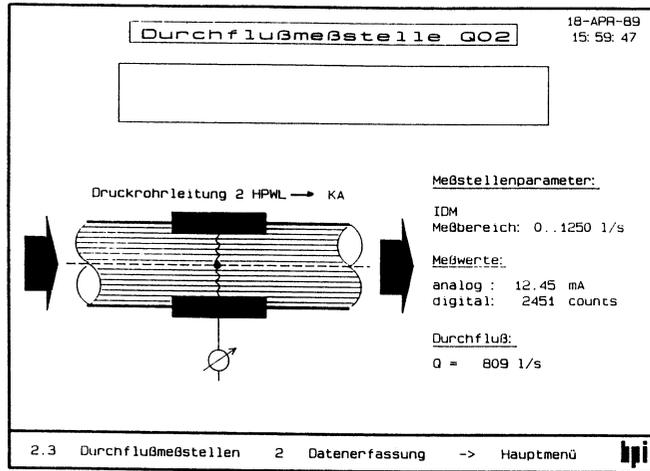


Bild 18 Prozeßleitbild: Durchflußmeßstelle Q02

Das Bild 19 zeigt die *Durchflußmeßstelle Q03*, die sich in der DRL zwischen dem HPW1 und der KA Seehausen befindet. Hier wird der Durchfluß mit Hilfe eines Venturirohres gemessen.

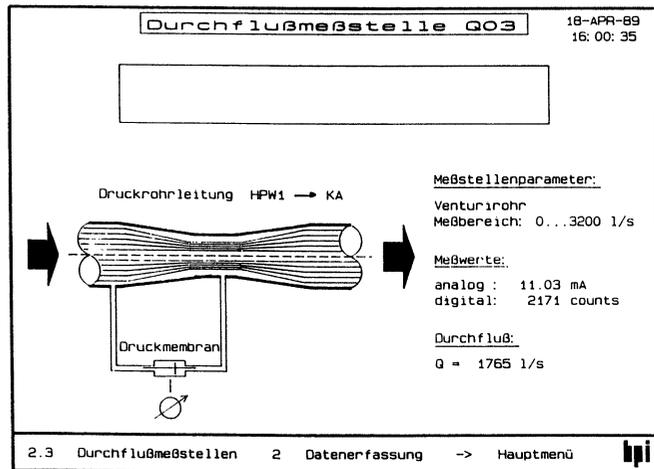


Bild 19 Prozeßleitbild: Durchflußmeßstelle Q03

In Bild 20 ist die *Niederschlagsmeßstelle NO1* am MW-PW Rablinghausen abgebildet. Es werden jeweils die Meßwerte der letzten 60 Minuten grafisch als Niederschlagshistogramm aufgelöst in 5-Minuten-Intervallen dargestellt. Das jeweils aktuelle Intervall ist durch einen Pfeil gekennzeichnet. Hier wird die Niederschlagshöhe alle 15 Sekunden aktualisiert.

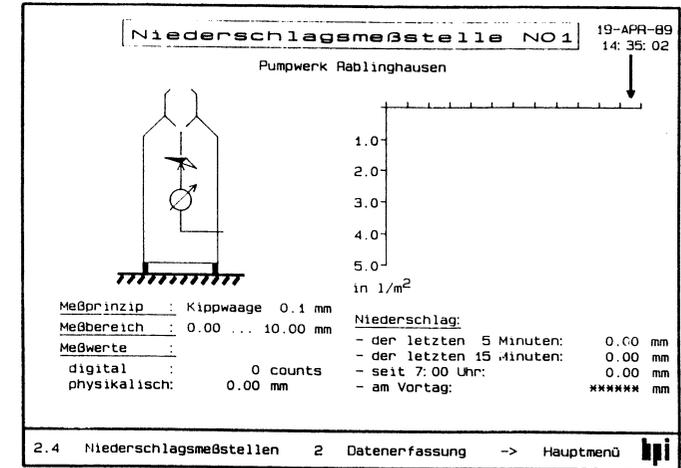


Bild 20 Prozeßleitbild: Niederschlagsmeßstelle NO1

6.3.2.3.3 Betriebsüberwachung Pumpwerke

Diese Prozeßleitbilder sollen dem Personal den jeweils aktuellen Betriebszustand, die aktuelle Förderleistung und den Typ der Pumpen aller an die Datenerfassung angeschlossenen Pumpwerke zeigen. Es werden drei Betriebszustände unterschieden:

1. Pumpe läuft
2. Pumpe steht
3. Pumpe außer Betrieb

Durch die symbolhafte Darstellung des Pumpentyps (z.B. Förder-schnecke) und alphanumerischen Anzeige der aktueller Förderleistung werden dem Personal gegenüber dem bestehenden Pumpenüberwachungssystem zusätzliche Informationen zur Verfügung gestellt. In Anlage 8 sind ausgewählte Prozeßleitbilder als

Farbkopie zusammengestellt.

Die Prozeßleitbilder *Förderwege HPWL* und *Förderwege MW-PW Krimpel* (Bild 21 und 22) geben dem Personal einen Überblick über die Stellorgane und daraus abgeleitet die möglichen Förderwege in den beiden Steuerbauwerken HPWL und MW-PW Krimpel.

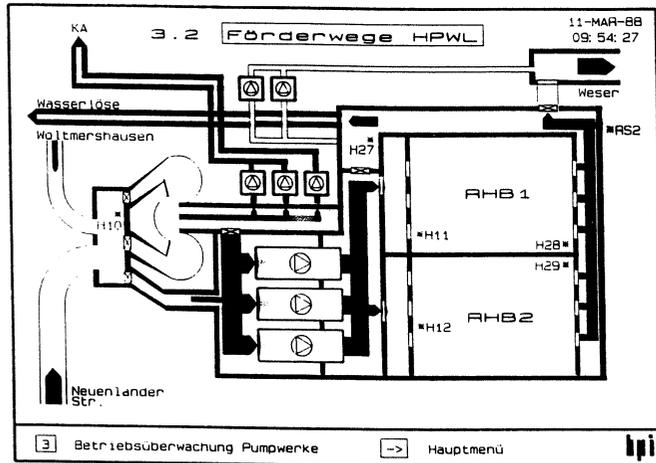


Bild 21 Prozeßleitbild: Förderwege HPWL

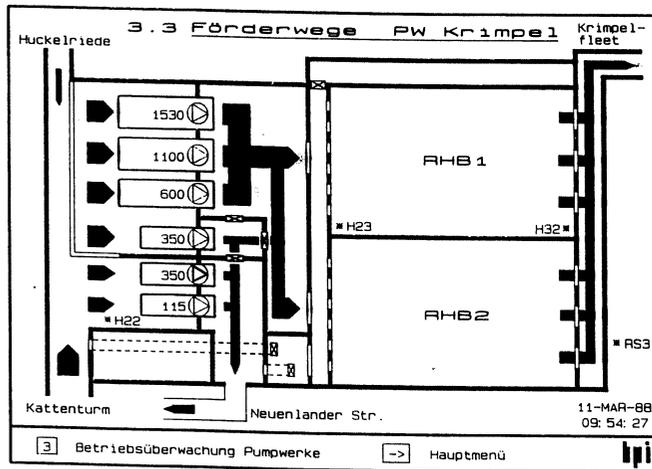


Bild 22 Prozeßleitbild: Förderwege MW-PW Krimpel

Das Bild 23 *Betriebszustand der Pumpen* enthält eine Matrix mit der grafischen Darstellung der Betriebszustände und der alpha-numerischen Angabe der maximalen sowie der aktuellen Förderleistungen.

3.5 Betriebszustand der Pumpen						19-APR-89	
Pumpwerk:	Pumpennummer/Q _{max} in l/s:		aktuelle Fördermenge in l/s:			14:37:27	
HPWL (1)	1200	1200	1200	2000	3300	3000	1
HPWL (2)	2000	2000					
Krimpel	115	350	350	600	1100	1530	0
Rabblinghausen	91	91	126				3
Arsten	100	100					0
Habenhausen	45	50	50				0
Kattenesch							0
Huchting	140	140	140	140			0
Grolland	110	110					0
Ochtum	30	30					0
Flughafen	25	25					0

Schneckenpumpe
 Kreiselpumpe
 Pumpe EIN
 Pumpe AUS
 außer Betrieb

3 Betriebsüberwachung Pumpwerke → Hauptmenü

Bild 23 Prozeßleitbild: Betriebszustand der Pumpen

6.3.2.3.4 Abflußsteuerung

Die Prozeßleitbilder zur Unterstützung bei der Abflußsteuerung (Speicherraumbewirtschaftung) besitzen eine ähnliche Struktur wie die der Datenerfassung. Unterhalb der Bildüberschrift sowie der Datums- und Uhrzeitangabe befindet sich der Rahmen für die Ausgabe der Steueranweisungen des Expertensystems. Am unteren Bildrand ist die Menüleiste mit den Verzweigungsmöglichkeiten angeordnet.

Das Bild 24 *Speicherraumbewirtschaftung* (Farbkopie Anlage 9) stellt das wichtigste grafische Hilfsmittel bei der Abflußsteuerung dar. Da der Bewirtschaftungsplan für das Entwässerungssystem als Stauraumbewirtschaftung ausgelegt ist, wurde dieses Prozeßleitbild direkt hierauf abgestimmt.

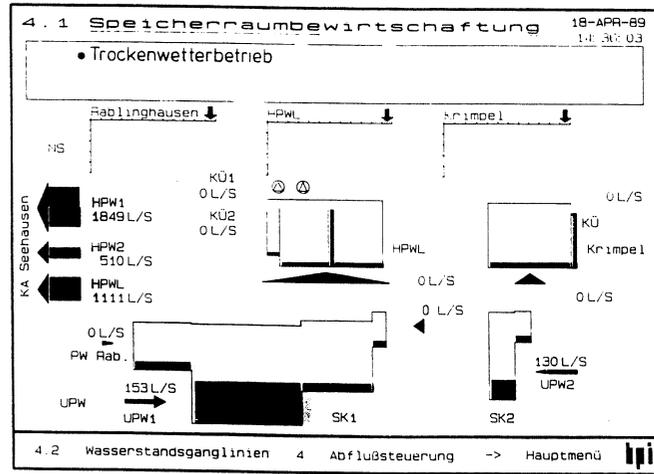


Bild 24 Prozeßleitbild: Speicherraumbewirtschaftung

Im oberen Bildteil wird der Niederschlag an den drei Meßstellen in Histogrammform angezeigt. Darunter sind die vier zu bewirtschaftenden Stauräume maßstabsgetreu dargestellt. Durch dynamische Balkenelemente werden die aktuellen Speicherfüllgrade, die durch Umrechnung aus den gemessenen Wasserständen gewonnen werden, dargestellt. Das Personal wird somit in die Lage versetzt, durch visuellen Flächenvergleich das noch vorhandene Stauraumpotential abzuschätzen. Durch Pfeile, deren Basis der maximalen Förderleistung entspricht, werden die möglichen Abwasserwege im System angedeutet. Die Breite der Pfeilschäfte ändert sich mit der jeweils geförderten aktuellen Abwassermenge. Neben jedem Pfeil wird zusätzlich die Abwassermenge alphanumerisch angezeigt. Die Abwassermengen, die über die Klärüberläufe das System verlassen, werden ebenfalls alphanumerisch ausgegeben. Beim Anspringen eines Überlaufes wird das Personal durch einen blinkenden roten Pfeil darauf aufmerksam gemacht. Innerhalb dieses Prozeßleitbildes sind mehrere Aktionsfelder plazierte, mit deren Hilfe weitere Prozeßleitbilder, die direkt zur Abflußsteuerung gehören (u. a. Detailinformationen über den Niederschlag, die Unterpumpwerke oder die Trendentwicklung der Wasserstände), abgerufen werden können.

Auf dem Bild 25 **Wasserstandsganglinien** werden die Ganglinien der Wasserstandsmeßstellen, die zur Überwachung der beiden Kanalstauräume dienen, ausgegeben. Zur Vollständigkeit sind auch die beiden zugehörigen Niederschlagshistogramme dargestellt. Die Ganglinienausgabe erfolgt kontinuierlich in 15 Sekunden-Intervallen, wobei beim Aufruf des Bildes immer auch die Ganglinie der vergangenen 45 Minuten gezeichnet wird. Ist eine Stunde vollständig dargestellt, wird die gesamte Ganglinie um eine Viertelstunde nach links verschoben und nach rechts kontinuierlich weitergezeichnet.

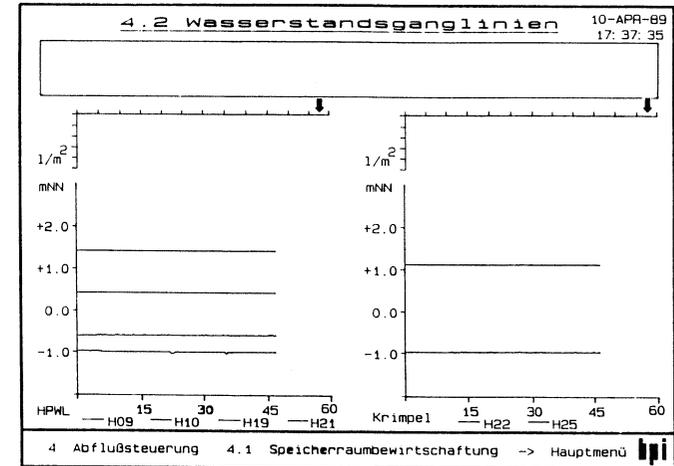


Bild 25 Prozeßleitbild: Wasserstandsganglinien

Das Bild 26 **Niederschlag** enthält die Niederschlagshistogramme in einem größeren Maßstab sowie die Niederschlagshöhe seit Ereignisbeginn. Der Ereignisbeginn wird durch das Expertensystem bestimmt.

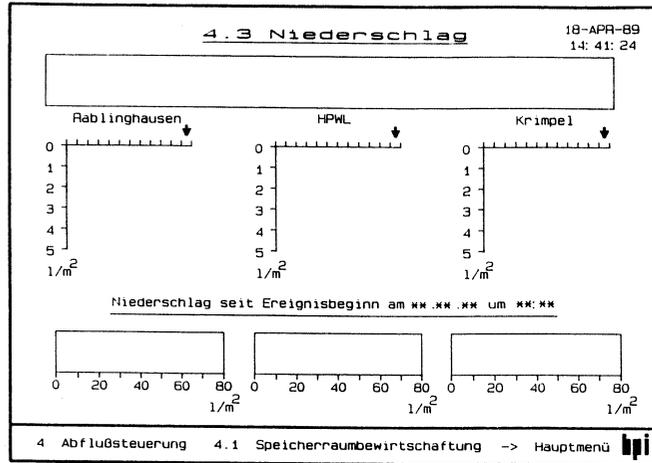


Bild 26 Prozeßleitbild: Niederschlag

In dem Bild 27 **Unterpumpwerke** ist die Information über den Schmutzwasserzustrom aus den peripheren Trenngebieten in die beiden Kanalstauräume nach den jeweiligen Pumpwerken aufgeschlüsselt.

Einzugsgebiet HPWL	P1	P2	P3	P4	L/S	K.Ü.
S-PW Huchting	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IDM	133
S-PW Grolland	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				0
S-PW Ochtmum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				0
S-PW Flughäfen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				20
S-PW Habenhausen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0
R-PW Neuenlander Straße	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			K.Ü.	0
Ü-PW Brinkum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	K.Ü.	0
Einzugsgebiet PW Krimpel					UPW1	153
S-PW Kattenesch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				0
S-PW Arsten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				85
S-PW Werdersee	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			K.Ü.	0
Ü-PW Brinkum-Nord	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			K.Ü.	0
Ü-PW Deichkamp	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			K.Ü.	0
					UPW2	85

Bild 27 Prozeßleitbild: Unterpumpwerke

6.3.2.3.5 Steuerungsanweisungen des Expertensystems

Die Steuerungsanweisungen, die durch das Expertensystem auf der Basis des jeweils aktuellen Systemzustandes ermittelt werden, können in die Prozeßleitbilder eingeblendet werden. Da das System als überwachte Verbundsteuerung (Abschnitt 6.3) gefahren wird, sind die Steuerungsanweisungen als Empfehlungen aufzufassen, die vom Betriebspersonal erst nach einer Plausibilitätsprüfung umgesetzt werden. Liegen dem Betriebspersonal "bessere" Informationen vor, sollen eigene Steuerentscheidungen getroffen werden.

Es können maximal drei Steuerungsanweisungen gleichzeitig am Bildschirm ausgegeben werden. Diese Anzahl wurde unter Abwägung der insgesamt möglichen Steuerungsmöglichkeiten und der angestrebten "Stabilität" der Steuerungsanweisungen festgelegt.

Durch die Überwachung der Stellorgane prüft das System laufend, ob eine Anweisung ausgeführt wurde. Wenn dies der Fall ist, wird die entsprechende Anweisung am Bildschirm gelöscht. Eine Steuerungsanweisung setzt sich aus drei Komponenten zusammen:

1. Angabe des Steuerbauwerkes
2. Anweisungsteil
3. Kommentar

Die Steuerungsanweisungen besitzen das folgende Ausgabeformat.

Steuerbauwerk	Anweisung	Kommentar
HPWL	Förderschnecke I einschalten	Entlastung Weser
Krimpel	Sollwert Wasserstand = 3.05 m	Befüllung der RÜB

Bild 28 Ausgabeformat der Steuerungsanweisungen

7. Schulung und Ausbildung des Betriebspersonals

Um einerseits die Akzeptanz und das Vertrauen in ein Verbundsteuerungssystem bei dem Anwender, dem Betriebspersonal, zu erhöhen und andererseits die Möglichkeiten eines derartigen Systems weitestgehend auszunutzen, stellt die Schulung des Betriebspersonals eine besonders wichtige Aufgabe dar. Dabei ist es sinnvoll, einen Ausbildungsplan auszuarbeiten, der den jeweiligen Qualifikationsstand und den Aufgabenbereich der verschiedenen Anwender berücksichtigt.

Die Betriebsleitung des Verbundsteuerungssystems stellt hierzu in einem internen Bericht, der die Auswertung eines Ereignisses zum Inhalt hat, fest:

"Hinsichtlich des Ausnutzungsgrades (Anm.: der zu bewirtschaftenden Speicherräume) ist zu beachten:

- Das RHB und der Sammler sind vom Betriebspersonal nicht einsehbar. Dem Betreibenden fehlt das "Gefühl" für die Eigenarten des Sammlers, d. h., er besitzt keine ausreichenden Erfahrungen über die Charakteristiken des Sammlers. Beispielsweise kann er nur in ungenügendem Maße vorhersehen, wie schnell oder langsam sich der Sammler als Folge eines (...) Regenereignisses füllt.
- Aufgrund dieser Unsicherheiten betreibt das Betriebspersonal oftmals die Bewirtschaftung der Rückhaltekapazitäten mit einer eher zu großen Reserve, ..."

Um die Ausbildung effektiv zu gestalten ist, daher die Erarbeitung sinnvoller Ausbildungsmittel erforderlich. Dies können einerseits Kurse und Seminare sein, in denen theoretische und praktische Inhalte erläutert werden. Andererseits können auch die Möglichkeiten der Prozeßsimulation eingesetzt werden. Eine weitere sehr wichtige Möglichkeit besteht in der Belehrung der Anwender durch die Betriebsleitung. Das folgende Beispiel soll diese Möglichkeit erläutern. Die Betriebsleitung wertet die

gespeicherten Meßdaten eines Niederschlag-Abfluß-Ereignisses aus (Anlage 10) und bewertet den Steuerungserfolg wie folgt:

- die Rückhaltekapazitäten wurden (fast) optimal bewirtschaftet,
- die Elektro-Großverbraucher wurden in der richtigen Anzahl stromsparend betrieben,
- die Beckenfüllungen am HPWL wurden energiesparend vorgenommen, indem frühzeitig mit der Befüllung begonnen wurde und, so weit möglich, die Befüllung ohne Pumpen erfolgte.

Das Ergebnis wird zusammen mit dem Betriebspersonal diskutiert. Dies führt einerseits zu einer schrittweisen Verbesserung des Steuerungserfolges und andererseits zu einer Motivationserhöhung bei den Beteiligten. Die Betriebsleitung stellt hierzu fest: "Trotzdem erfolgt aufgrund der ständigen Belehrung durch die Betriebsleitung mittlerweile eine recht gute Ausnutzung der Rückhaltekapazitäten."

Die Ausbildung und Schulung des Betriebspersonals sollte bereits mit der Planung des Systems beginnen und parallel mit der Installation und dem Probetrieb des Systems weitergeführt werden.

Besteht die Möglichkeit, ausgebildetes Personal neu einzustellen, wird der Aufwand in finanzieller und zeitlicher Hinsicht geringer sein, als wenn auf den vorhandenen Personalbestand aufgebaut werden muß. Allerdings ist sicherlich letzteres bei der überwiegenden Anzahl der Betreiber der Fall.

8. Quantifizierung des Steuerungserfolges

Die Quantifizierung des Steuerungserfolges kann für einzelne Ereignisse oder für bestimmte Zeiträume, z. B. für ein Jahr, vorgenommen werden. Die Auswertung einzelner Ereignisse dient insbesondere der Ausbildung des Betriebspersonals und der Verbesserung der Verbundsteuerungsstrategie, während die Auswertung einer Jahresreihe einerseits für die Beurteilung der implementierten Strategie und andererseits für einen Nachweis gegenüber der Aufsichtsbehörde benutzt werden kann.

Die Datenauswertung kann auf der Grundlage

- einer Langzeitsimulation des N-A-Prozesses unter Berücksichtigung der implementierten Steuerungsstrategie und
- der Auswertung der gespeicherten Meßergebnisse

vorgenommen werden.

Die Methode der Langzeitsimulation besitzt den Vorteil, in relativ kurzer Zeit statistisch gesicherte Ergebnisse für beliebig viele Punkte des Entwässerungssystems zu erhalten, so daß diese Methode für den Nachweis von Steuerungsstrategien nutzbringend einsetzbar ist.

Auf der anderen Seite wird nur durch Auswertung der Meßergebnisse den Einflüssen aus kurzfristigen baulichen Veränderungen des Entwässerungssystems und der Variabilität der Systembelastungen, wie z. B. der zeitlichen Variabilität des Trockenwetterabflusses und der örtlichen Variabilität des Niederschlages, Rechnung getragen. Auch werden betrieblich bedingte Sonderzustände des Systems mit erfaßt. Ein Sonderzustand kann zum Beispiel sein, wenn im Zuge eines Neubaus oder einer Sanierung ein bedeutender Sammler oder ein Sonderbauwerk nur eingeschränkt betrieben werden kann. Diese Methode ist somit geeignet, den Aufsichtsbehörden den Nachweis des erreichten Gewässerschutzes zu erbringen.

Das ASA läßt seit 1980 die Meßergebnisse kontinuierlich auswerten. In Bild 29 sind die Jahresentlastungsraten des Einzugsgebietes grafisch dargestellt.

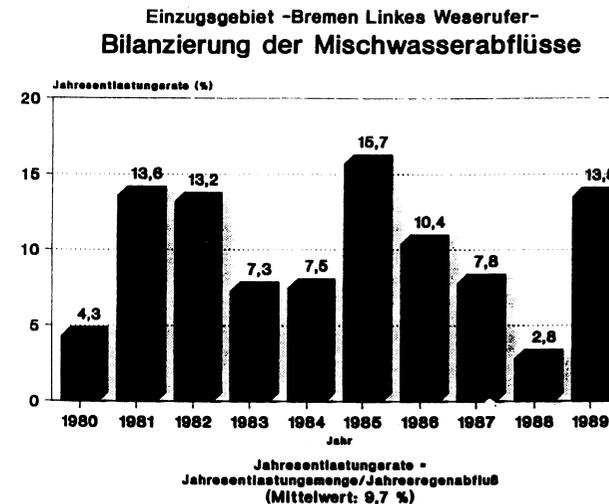


Bild 29

Jahresentlastungsrate

Die Ergebnisse verdeutlichen, daß im zehnjährigen Mittel die Jahresentlastungsrate geringer als 10 % ist. Um eine Befreiung von der Abwasserabgabe zu erlangen, muß unter Berücksichtigung der bremischen Verhältnisse die Jahresentlastungsrate auf ca. 13 % begrenzt werden. Das Steuerungssystem, das seit 1980 in Betrieb ist, trägt also offensichtlich dazu bei, diese Aufgaben zu erfüllen und nachzuweisen.

Die Jahresentlastungsrate unterscheidet allerdings nicht, in welche Gewässer wieviel Mischwasser eingeleitet wurde. Die Bedeutung dieser Fragestellung wurde bereits in Kapitel 4.2.3 näher erläutert. In Bild 30 und Bild 31 wird deutlich, daß mit dem verbesserten Steuerungssystem ab 1988 offensichtlich auch ein verbesserter Schutz der Marschgewässer erreicht wurde, deren Schutzbedürftigkeit im Rahmen der Zielvorstellungen

dargestellt wurde. So wurde in den Jahren 1988 - 1989 kein Mischwasser mehr in diese Gewässer eingeleitet. Auch in die Weser wurde nur noch mechanisch gereinigtes Mischwasser entlastet. Mehr als 90 % des Jahresregenabflußvolumens wurden biologisch behandelt.

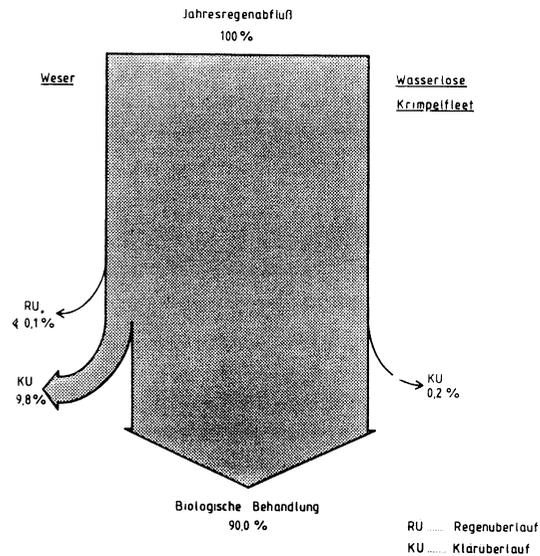


Bild 30 Jahresentlastungsraten im Zeitraum 1980-1987

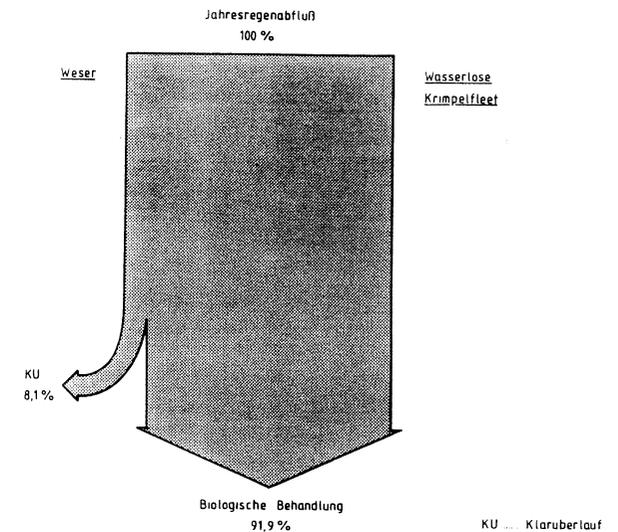


Bild 31 Jahresentlastungsraten im Zeitraum 1988-1989

9. Zusammenfassung und Ausblick

Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisse des Teilprojektes A des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens, das als Verbundprojekt in Zusammenarbeit mit dem Institut für Wasserwirtschaft der Universität Hannover im Zeitraum 1987 bis 1989 bearbeitet wurde.

Im Rahmen des Teilprojektes A wurde eine detaillierte Istanalyse des Entwässerungssystems als Grundlage für die Entwicklung des Verbundsteuerungssystems vorgenommen. Aufgrund der Ergebnisse der Istanalyse wurde ein System zur Wassermengenbewirtschaftung geplant, installiert und in Betrieb genommen. Die wesentlichen Entwicklungsschwerpunkte lagen neben der Istanalyse in

- der Optimierung des Meßnetzes,
- der Entwicklung einer den Verhältnissen angepaßte Betriebskonzeption und
- der Installation des mit moderner Hard- und Software ausgerüsteten Prozeßleitsystems, wobei insbesondere die Bausteine Prozeßvisualisierung und Expertensystem zu nennen sind.

Die Erfahrungen mit dem System haben gezeigt, daß

- ein sorgfältig geplantes Meßnetz kostengünstig und wartungsarm betrieben werden kann,
- mit Hilfe moderner Prozeßdatenverarbeitungsanlagen Verbesserung bei der Datenerfassung und Prozeßvisualisierung erreicht werden können,
- an das Betriebspersonal erhöhte Anforderungen gestellt werden, die rechtzweitig durch Aus- und Fortbildung kompensiert werden müssen und
- der Erfolg des Systems in bezug auf die formulierten Zielvorstellungen quantifiziert werden kann.

Aus Sicht der Betreibers sind folgende Aspekte im Rahmen weiterer Untersuchungen zu vertiefen:

1. Da ein Entwässerungssystem ständigen Veränderungen unterworfen ist, müssen Möglichkeiten untersucht werden, das Steuerungssystem schnell und flexibel am besten durch den Betreiber selbst anpassen zu können.
2. Die auflaufenden Meßdaten müssen vor der Weiterverarbeitung durch das Steuerungssystem on-line überprüft werden. Hierfür sollte eine geeignete Software zur Unterstützung des Betriebspersonals erstellt werden.

3. Aus der Sicht des Gewässerschutzes ist es anzustreben, zukünftig eine Bewirtschaftung der Schmutzfrachten zu erreichen. Hierfür sind zum einen die zur Verfügung stehenden Meßgeräte (BSB-M3) weiter zu verbessern bzw. neue zu entwickeln und zum anderen Meßreihen auszuwerten, um hieraus Regeln für das Expertensystem abzuleiten.
4. Für die Fortschreibung und Verbesserung der Regelbasis des Expertensystems (Strategieoptimierung) ist das Instrumentarium der Prozeßsimulation weiter zu verbessern, ggf. durch Einbeziehung von Schmutzfrachtmodellen.
5. Die Mittel für die Aus- und Fortbildung des Betriebspersonals, z. B. die Prozeßsimulation in Verbindung mit der Prozeßvisualisierung, sind weiter zu verbessern.

10. Verzeichnisse

10.1 Literaturverzeichnis

- (1) **ATV:**
1. Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.2.4,
Korrespondenz Abwasser, 32, Heft 5, 1985
- (2) **ATV:**
2. Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.2.4,
Planungsmethoden bei der Entwicklung von Steuerungssystemen in Mischwassernetzen, Korrespondenz Abwasser, 34, Heft 6, 1987
- (3) **ATV:**
3. Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.2.4
Sicherheitsaspekte und Haftungsfragen bei gesteuerten Kanalnetzen, Korrespondenz Abwasser, 36, Heft 1, 1989
- (4) **Broll, J.:**
Zielsetzungen, Anlagenkonzeption und Anlagentechnik der Abflußsteuerung in Bremen, Seminar der Technischen Akademie Wuppertal, Tagungsband, Hamburg, 1990
- (5) **Martin, G. et al.:**
Zentrales Datenerfassungssystem zur Steuerung des städtischen Kanalnetzes der Stadt Bremen, Korrespondenz Abwasser, 25, Heft 3, 1978
- (6) **Naupold, L.:**
Betriebserfahrungen mit der Abflußsteuerung in Bremen, Seminar der Technischen Akademie Wuppertal, Tagungsband, Hamburg, 1990
- (7) **Neumann, A.,**
Entwicklung eines lernenden Produktionssystems für die on-line Steuerung eines städtischen Kanalnetzes, Diplomarbeit am Institut für Wasserwirtschaft und Institut für Mathematik der Universität Hannover, unveröffentlicht, 1987
- (8) **Schilling, W.:**
Operationelle Stadtentwässerung
Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau der Universität Hannover, Heft 64, 1987
- (9) **Semke, M.**
Mathematische Simulation einer zentralen Abflußregelung, Diplomarbeit am Institut für Wasserwirtschaft und Institut für Mathematik der Universität Hannover, unveröffentlicht, 1984

- (10) **Verworn, W., Winter J.:**
Steuerung und Datensammlung im Kanalnetz der Stadt Bremen, Technische Mitteilungen Haus der Technik Essen, Heft 6, 1981
- (11) **Voigt, D.:**
Abflußsteuerung in der Kanalisation
ATV-Fortbildungskurs, Tagungsband, Fulda, 1987
- (12) **Voigt, D.:**
Sicherheit und Haftung beim Betrieb gesteuerter Kanalnetze, Fachgespräch Kanalnetzsteuerung und Regenentlastungen, 17. Abwassertechnisches Seminar, Berichte aus Wassergütwirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen, Technische Universität München, Heft 75, 1987

10.2 Verzeichnis der Bilder

Bild 1	Einzugsgebiet der KA Bremen-Seehausen
Bild 2	Kennlinie Kanalstauraum HPWL
Bild 3	Entwicklung der Wissensbasis
Bild 4	Steuerungsbauwerk HPWL
Bild 5	Steuerungsbauwerk MW-PW Krimpel
Bild 6	Wasserstandsmeßstelle in einem Eiprofil
Bild 7	Wasserstandsmeßstelle in einem Kreisprofil
Bild 8	Betriebskonzeption ZDAS
Bild 9	Hardwarekonfiguration Prozeßrechner
Bild 10	Softwarebausteine
Bild 11	Funktionen des GED (Grafikeditors)
Bild 12	Hauptmenü ZDAS
Bild 13	Prozeßleitbild: Einzugsgebiet Linkes Weserufer
Bild 14	Prozeßleitbild: Teileinzugsgebiet Krimpel
Bild 15	Prozeßleitbild: Hierarchie der Pumpwerke
Bild 16	Prozeßleitbild: Wasserstandsmeßstelle H22
Bild 17	Prozeßleitbild: Wasserstandsmeßstelle H17
Bild 18	Prozeßleitbild: Durchflußmeßstelle Q02
Bild 19	Prozeßleitbild: Durchflußmeßstelle Q03
Bild 20	Prozeßleitbild: Niederschlagsmeßstelle N01
Bild 21	Prozeßleitbild: Förderwege HPWL
Bild 22	Prozeßleitbild: Förderwege MW-PW Krimpel
Bild 23	Prozeßleitbild: Betriebszustand der Pumpen
Bild 24	Prozeßleitbild: Speicherraumbewirtschaftung
Bild 25	Prozeßleitbild: Wasserstandsganglinien
Bild 26	Prozeßleitbild: Niederschlag
Bild 27	Prozeßleitbild: Unterpumpwerke
Bild 28	Ausgabeformat der Steuerungsanweisungen
Bild 29	Jahresentlastungsrate
Bild 30	Jahresentlastungsraten im Zeitraum 1980-1987
Bild 31	Jahresentlastungsraten im Zeitraum 1988-1989

10.3 Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1	Kanalstauraum
Tabelle 2	Regenbeckenvolumen
Tabelle 3	Meßstellen ZDAS
Tabelle 4	Fehler der Wasserstandsmessung
Tabelle 5	Fehler der Überlaufberechnung
Tabelle 6	Genauigkeit der Datenfernübertragung

10.4 Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1	Projektgebiet - Bremen linkes Weserufer -
Anlage 2	Kenndaten des Entwässerungssystems - Bremen linkes Weserufer -
Anlage 3	HPWL - Mittlere Fördertagesganglinie
Anlage 4	ZDAS Wartungsprotokoll Wasserstandsmeßstelle
Anlage 5	ZDAS Meßstellenparameter
Anlage 6.1	ZDAS Tagesprotokoll (5-Minuten-Werte)
Anlage 6.2	ZDAS Tagesprotokoll (1-Stunden-Werte)
Anlage 6.3	ZDAS Monatsprotokoll
Anlage 7.1	ZDAS Prozeßleitbilder Wasserstandsmeßstellen
Anlage 7.2	ZDAS Prozeßleitbilder Durchflußmeßstellen
Anlage 8.1	ZDAS Prozeßleitbild: Förderwege HPWL
Anlage 8.2	ZDAS Prozeßleitbild: Förderwege MW-PW Krimpel
Anlage 8.3	ZDAS Prozeßleitbild: Hierarchie der Pumpwerke
Anlage 9	ZDAS Prozeßleitbild: Speicherraumbewirtsch.
Anlage 10	Grafische Meßdatenauswertung

10.5 Verzeichnis der Abkürzungen

a) Institutionen

ASA	Amt für Stadtentwässerung und Abfallwirtschaft
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
bpi Hannover	Beratende Ingenieure Prof. Dr. Dr. Billib und Partner
DEC	Digital Equipment Corporation
IfW	Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau der Universität Hannover

b) Sonderbauwerke im Entwässerungssystem

DRL	Druckrohrleitung
HPWL	Hauptpumpwerk - Linkes Wserufer
HPW1	Hauptpumpwerk 1
HPW2	Hauptpumpwerk 2
KA	Kläranlage Bremen-Seehausen
KSR	Kanalstauraum
KÜ	Klärüberlauf
NÜ	Notüberlauf
PW	Pumpwerk
RÜ	Regenüberlauf
RÜB	Regenüberlaufbecken

c) Zentrales Datenerfassungs- und Abflußsteuerungssystem

DFÜ	Datenfernübertragung
PR	Prozeßrechner PDP 11/73
ZDS	Zentrales Datenerfassungssystem - Bremen Linkes Weserufer - (bis 1986)
ZDAS	Zentrales Datenerfassungs- und Abflußsteuerungssystem - Bremen Linkes Weserufer - (ab 1987)

1. Einzugsgebietsdaten

Einzugsgebiet	Gesamtfläche	undurchlässige Fläche	durchlässige Fläche
MW-Kanalisation	881,41 ha	443,69 ha	437,72 ha

2. Kanalnetzdaten

Kanalisation	Gesamtlänge	Gesamtvolumen
MW-Kanalisation	139,83 km	54.530 m ³

3. Sonderbauwerksdaten

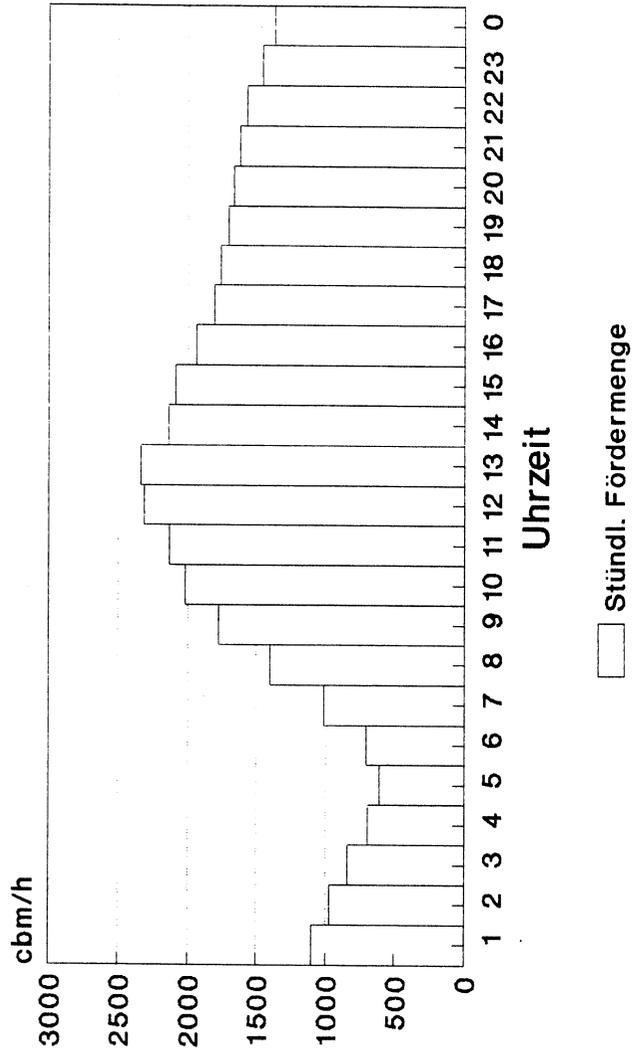
3.1 Regenbecken

Regenbecken	Beckenvolumen
Regenbecken Krimpel	8.200 m ³
Regenbecken HPWL	10.020 m ³

3.2 Überlaufbauwerke

Überlaufbauwerk	Mischwasser- auslass	Wehr- höhe (mNN)	Wehr- länge (m)
KÜ Regenbecken Krimpel	Krimpelfleet	+4,90	22,74
KÜ Regenbecken HPWL	Hohentorshafen	+4,43	28,41
KÜ Umlaufgerinne HPWL	Wasserlöse	+4,13	6,40
RÜ Hohentorsplatz	Friesenwerder	+3,05	3,22
RÜ Neustadtswall	Friesenwerder	+3,05	4,00

Hauptpumpwerk Linkes Weserufer
 Mittlere Förderganglinie
 bei Trockenwetter



Wochentage: Dienstag bis Freitag
 (Stand 1983)

Wartungsprotokoll

Messgerätetyp VEGA-Druckaufnehmer

Zur Durchführung von Wartungsarbeiten an den Messstellen muß die zentrale Datenerfassung aufgehoben werden! (Herrn Albrecht benachrichtigen.)

H Wasserstandsmeßstelle

Datum:

Uhrzeit:

Bearbeiter:

gesehen:

1. Wartungsmaterial

- Meßinstrument
- Maßband + Lot
- Vorrichtung zur Kalibrierung
- Taschenrechner
- Metallschiene

2. Wartung der Meßstelleneinrichtung

Ablagerungen in der Sondennische

- nicht vorhanden
- Ablagerungen entfernt
- Kanalbetrieb beauftragen

Störstoffe am Hüllrohr der Sonde

- nicht vorhanden
- Störstoffe entfernt
- Kanalbetrieb beauftragen

Prüfung der Befestigungen von Hüllrohr und Sonde

- Befestigung in Ordnung
- Folgende Mängel wurden festgestellt:

Prüfung der Steckverbindung im Meßkabel

- Steckverbindung in Ordnung
- Folgende Mängel wurden festgestellt:

Prüfung des Meßschrankes auf Beschädigungen und Feuchtigkeit

- Meßschrank in Ordnung
- Folgende Mängel wurden festgestellt:

3. Wartung des Meßgerätes

- Sonde hängt frei (weiter bei 2.1)
- Sonde hängt im Abwasser (weiter bei 2.2)

3.1. Fall I: Sonde hängt frei

- Überprüfung der Nullpunktjustage**
- Abweichung vom Nullpunkt: V
- Nullpunktjustage in Ordnung
 - Meßgerät neu justiert
- Überprüfung des Meßwertes**
1. Sonde aushängen
 2. ggf. Sondenkopf mit Wasser spülen
 3. Sonde in die Vorrichtung zur Kalibrierung einsetzen
 4. Meßwert ablesen
- Meßwert mA
Sollwert mA
- Meßgerät in Ordnung
 - Meßgerät neu justieren

3.2. Fall II: Sonde hängt im Abwasser

- Überprüfung des Meßwertes**
1. Messung des Wasserstandes (Abstand Geländeoberkante - Wasserspiegel)
- Meßwert m
2. Berechnung des Wasserstandes bezogen auf Sondennull
Wasserstand = Differenz (s. Anlage) - Meßwert
= - = m
 3. Umrechnung des Wasserstandes in den Analogwert (mA)
Analogwert = $\frac{\text{Wasserstand (m)}}{\text{Meßbereich (m)}} * 20 \text{ mA} = \dots\dots\dots \text{mA}$
 4. Abgreifen des Sondenmeßwertes
Meßwert = mA
- Meßgerät in Ordnung (Abweichung < 1% vom Meßbereich)
 - Meßgerät neu justieren
- Überprüfung der Nullpunktjustage**
1. Sonde aushängen
 2. Meßwert ablesen
- Abweichung vom Nullpunkt: V
- Nullpunktjustage in Ordnung
 - Meßgerät neu justiert

Tabelle der Meßstellenparameter

1. Analoge Meßwerte (0-20 mA)

CODE	Meßgröße	Berechnete Größe
1	Wasserstand	Überlaufwassermenge Füllgrad
2	Durchfluß	
3	El. Leistung	
4	Niederschlag	
5	Wasserstand	
6	Wasserstand	
7	Drehzahl	

1.1 Wasserstand

- PAR1 ... Sondennull in mNN
- PAR2 ... Meßbereich in m
- PAR3 ... Kanalsohle in mNN
- PAR4 ... Breite der Überlaufschwelle in m
- PAR5 ... Höhe der Überlaufschwelle in mNN

Nr	Standort der Meßstelle	Kurz- bez.	Code	Meßstellenparameter				
				PAR1	PAR2	PAR3	PAR4	PAR5
1	Pumpensumpf PW Rablinghausen	H04	1	-1.73	0...4	-1.65		
2	Kanal Hепенweg	H09	1	0.43	0...3	0.08		
3	Einlaufbauwerk HPWL	H10	1	-1.91	0...6	-2.45		
4	Kanal Hohentorsheerstr.	H17	1	0.68	0...3	0.35		
5	Kanal Neuenlander Str. Meyerstr.	H19	1	-0.58	0...4	-0.85		
6	Kanal Neuenlander Str. Georg Droste Str.	H21	1	1.43	0...2	1.28		
7	Pumpensumpf PW Krimpel	H22	1	-1.61	0...6	-1.86		
8	Kanal Kattenturner Heerstr.	H25	1	1.14	0...2	0.90		
9	Weser Ladestr.	H35	1	-0.73	0...7	-0.99		
10	Pumpensumpf PW Huchting	H40	1	-2.75	0...3	-3.60		
11	RÜB 1 HPWL	H11	6	-0.67	0...6	-0.95		
12	RÜB 2 HPWL	H12	6	-0.67	0...6	-0.95		
13	RÜB 1/2 PW Krimpel	H23	6	-0.10	0...6	-0.45		
14	Kanal Hohentorsplatz RÜ Friesenwerder	H15	5	1.87	0...3	1.63	3.22	3.05
15	KÜ Wasserlöse HPWL	H27	5	0.14	0...6	0.00	6.40	4.13
16	KÜ Weser RÜB 1 HPWL	H28	5	NN	NN	NN	14.20	4.43
17	KÜ Weser RÜB 2 HPWL	H29	5	NN	NN	NN	14.20	4.43
18	KÜ Krimpelfleet RÜB 1/2 PW Krimpel	H32	5	NN	NN	NN	22.74	4.80

1.2 Durchfluß

PAR1 ... NN
PAR2 ... Meßbereich in m³/s
PAR3 ... NN
PAR4 ... NN
PAR5 ... NN

Nr	Standort der Meßstelle	Kurz- bez.	Code	Meßstellenparameter				
				PAR1	PAR2	PAR3	PAR4	PAR5
1	DRL 1 HPWL -> KA	Q01	2		1.250			
2	DRL 2 HPWL -> KA	Q02	2		1.250			
3	DRL HPW1 -> KA	Q03	2		3.200			
4	DRL HPW2 -> KA	Q04	2		1.200			
5	DRL 1/2 PW Huchting	Q05	2		0.300			

1.3 Elektrische Leistung

PAR1 ... NN
PAR2 ... Meßbereich in KW
PAR3 ... NN
PAR4 ... NN
PAR5 ... NN

Nr	Standort der Meßstelle	Kurz- bez.	Code	Meßstellenparameter				
				PAR1	PAR2	PAR3	PAR4	PAR5
1	Sammelschiene A HPWL	L01	3		2000			
2	Sammelschiene B HPWL	L02	3		2000			

1.4 Elektrische Arbeit

PAR1 ... NN
PAR2 ... Meßbereich in KWh
PAR3 ... NN
PAR4 ... NN
PAR5 ... NN

Nr	Standort der Meßstelle	Kurz- bez.	Code	Meßstellenparameter				
				PAR1	PAR2	PAR3	PAR4	PAR5
1	HPWL	A01	3		2000			

1.5 Niederschlag

PAR1 ... NN
PAR2 ... Meßbereich in mm
PAR3 ... NN
PAR4 ... NN
PAR5 ... NN

Nr	Standort der Meßstelle	Kurz- bez.	Code	Meßstellenparameter				
				PAR1	PAR2	PAR3	PAR4	PAR5
1	PW Rablinghausen	N01	4		20.0			
2	HPWL	N02	4		20.0			
3	PW Krimpel	N03	4		20.0			

1.5 Drehzahl

PAR1 ... NN
PAR2 ... Meßbereich in U/min
PAR3 ... NN
PAR4 ... NN
PAR5 ... NN

Nr	Standort der Meßstelle	Kurz- bez.	Code	Meßstellenparameter				
				PAR1	PAR2	PAR3	PAR4	PAR5
1	Pumpe 1 HPWL	DZ1	7		1000			
2	Pumpe 2 HPWL	DZ2	7		1000			
3	Pumpe 3 HPWL	DZ3	7		1000			

Tagesprotokoll vom 30.10.1990

Wasserstand HPWL_EINLAUFBAUWERK

Maximalwert : 3,60 m um 19,45 Uhr

Minimalwert : 1,20 m um 5,10 Uhr

Sohle : -2,45 mNN

(Messstelle H10) in m ueber Sohle

Table with columns for Uhrzeit (0:00 to 23:00) and water level values. Values range from approximately 1.20 to 3.60 m.

Niederschlag HPWL

Maximalwert : 0,6 mm zwischen 16,05 und 16,10 Uhr

Tagessumme : 5,4 mm

Table with columns for Uhrzeit (00-05 to 23:00) and precipitation values. Values are mostly 0.0, with a peak of 0.6 mm at 16:05-16:10.

Table with columns for Uhrzeit (0:00 to 23:00) and water level values. Values range from approximately 1.20 to 3.60 m.

Niederschlag HPWL

Maximalwert : 0,6 mm zwischen 16,05 und 16,10 Uhr

Tagessumme : 5,4 mm

Table with columns for Uhrzeit (00-05 to 23:00) and precipitation values. Values are mostly 0.0, with a peak of 0.6 mm at 16:05-16:10.

Stuendliche Aufzeichnungen Datum: Dienstag, 31. Oktober 1990

Hourly recording table for October 31, 1990. Columns include Uhrzeit, measurement points (H10-H27, H04-H19, H35-H40), and various parameters (L01-L02, N01-N03, Z01-Z03).

Stuendliche Aufzeichnungen Datum: Dienstag, 31. Oktober 1990

Hourly recording table for October 31, 1990. Columns include Uhrzeit, measurement points (H10-H27, H04-H19, H35-H40), and various parameters (L01-L02, N01-N03, Z01-Z03).

Minimal- und Maximalwasserstaende in m ueber Sohle

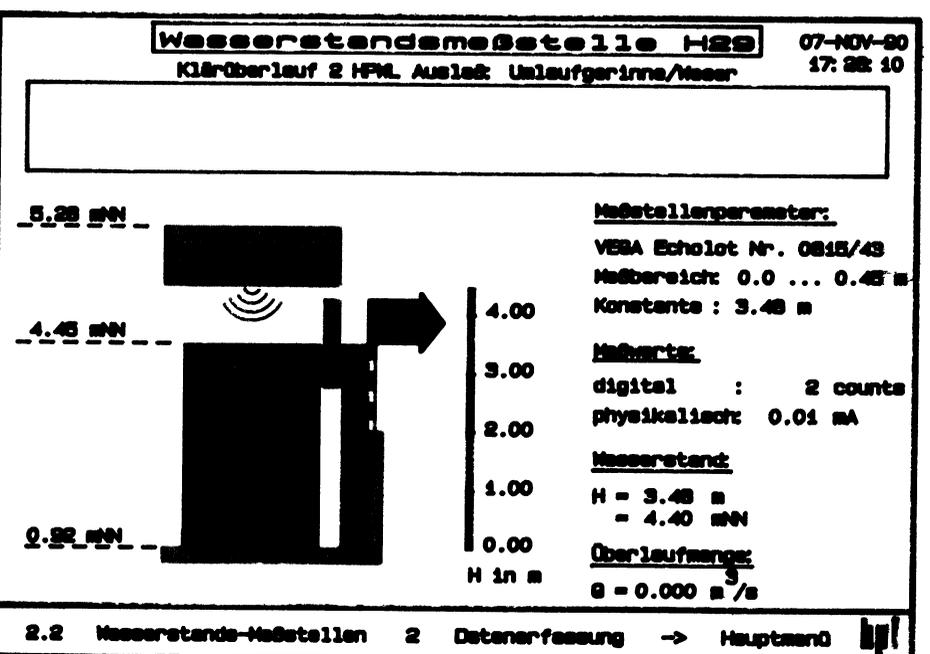
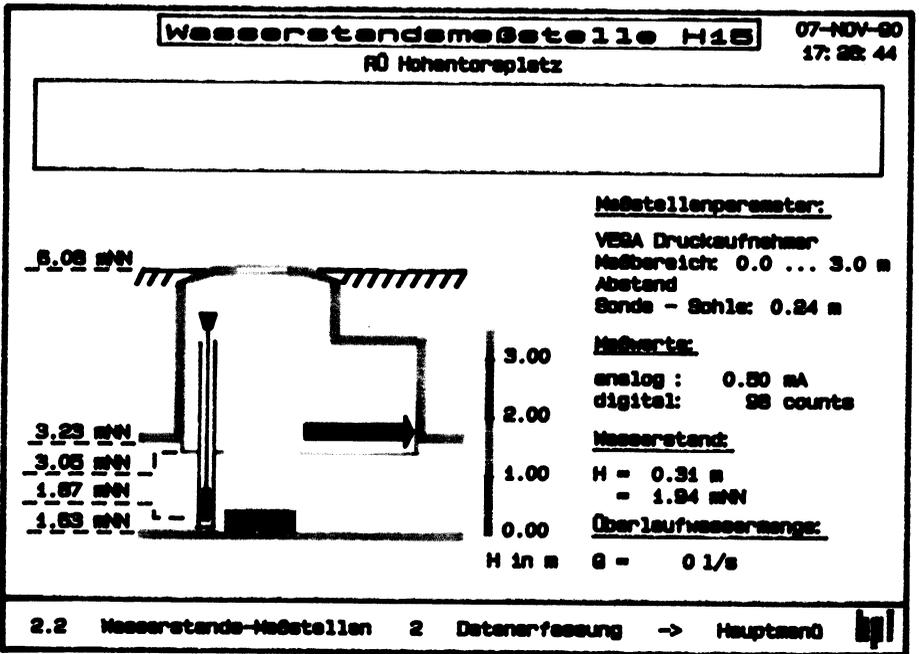
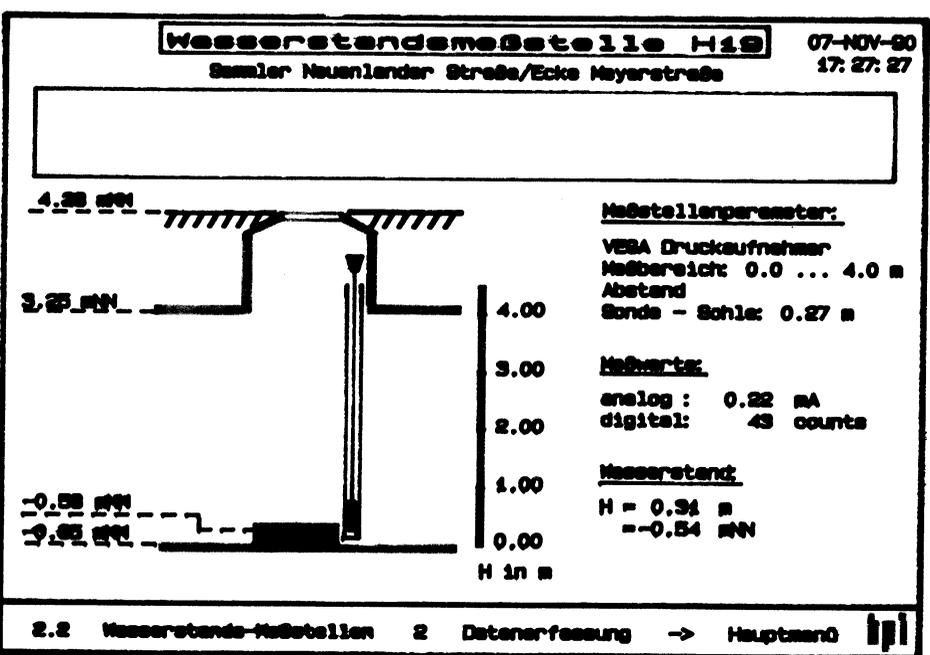
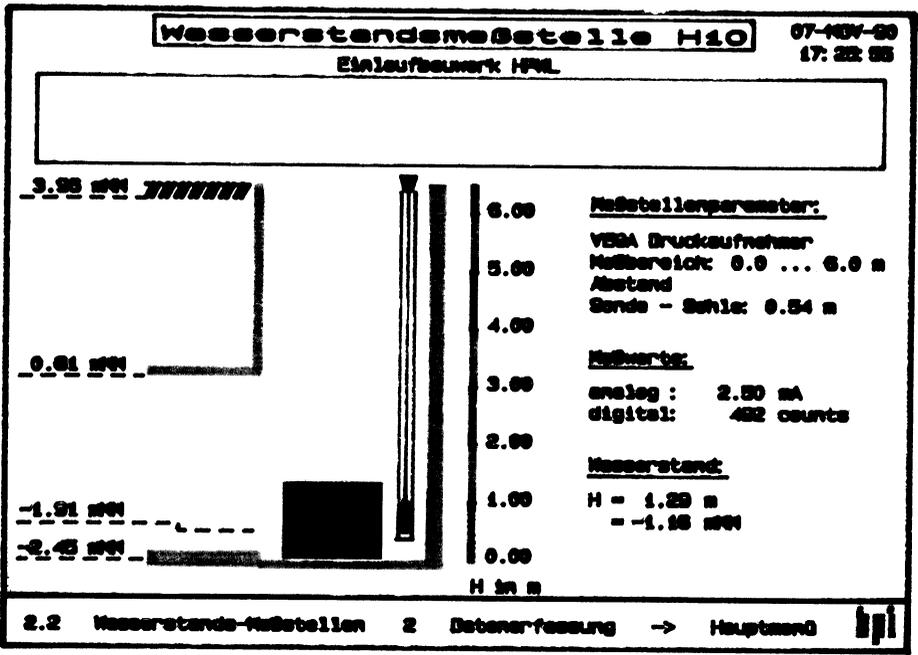
vom Oktober 1990

	H10		H11		H12		H27		H28		H29	
	MIN	MAX										
1.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
2.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
3.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
4.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
5.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
6.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
7.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
8.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
9.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
10.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
11.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
12.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
13.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
14.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
15.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
16.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
17.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
18.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
19.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
20.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
21.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
22.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
23.10 :	1.04	1.43	0.30	0.32	0.28	0.28	0.14	0.17	3.37	3.37	3.48	3.48
24.10 :	1.01	1.84	0.30	0.31	0.28	0.42	0.14	0.16	3.37	3.37	3.48	3.48
25.10 :	1.01	1.34	0.30	0.31	0.28	0.61	0.14	0.17	3.37	3.37	3.48	3.48
26.10 :	1.01	1.36	0.30	0.31	0.28	0.63	0.14	0.17	3.37	3.37	3.48	3.48
27.10 :	1.09	1.52	0.30	0.31	0.28	0.47	0.14	0.18	3.37	3.37	3.48	3.48
28.10 :	1.03	3.27	0.30	0.64	0.28	0.65	0.16	0.18	3.37	3.37	3.48	3.48
29.10 :	2.39	4.39	0.65	5.43	0.65	5.48	0.21	4.32	3.37	3.54	3.48	3.48
30.10 :	1.20	3.61	0.28	3.42	0.28	1.76	0.14	1.80	3.37	3.37	3.48	3.48
31.10 :	1.12	2.78	0.30	0.66	0.28	0.51	0.16	0.17	3.37	3.37	3.48	3.48

Tagessummen fuer Niederschlags- (in mm) und Durchflussmessstellen (in m3)

vom Oktober 1990

	Niederschlaege			Durchfluesse				
	N01	N02	N03	Q01	Q02	Q03	Q04	Q05
1.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
2.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
3.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
4.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
5.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
6.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
7.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
8.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
9.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
10.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
11.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
12.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
13.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
14.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
15.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
16.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
17.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
18.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
19.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
20.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
21.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
22.10 :	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
23.10 :	0.1	0.1	0.1	18667.	16850.	58312.	17947.	5632.
24.10 :	0.0	0.0	0.0	16031.	21226.	70035.	18626.	5968.
25.10 :	0.0	0.0	0.0	19583.	16583.	77972.	19249.	5704.
26.10 :	0.2	0.3	0.4	16085.	20878.	80030.	19312.	6094.
27.10 :	0.1	0.0	0.1	17564.	13562.	65887.	16555.	6247.
28.10 :	11.9	11.3	11.8	16037.	30366.	97137.	25863.	6789.
29.10 :	17.2	15.7	12.3	73462.	9937.	190974.	53832.	7861.
30.10 :	3.6	5.4	9.9	28103.	42585.	146397.	24077.	7171.
31.10 :	2.4	2.8	5.1	23085.	29543.	98392.	18295.	6333.

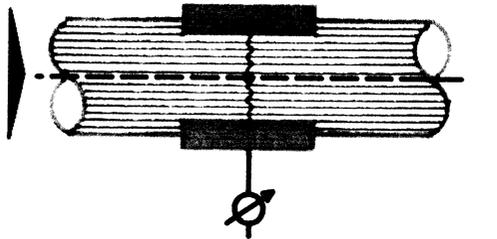


Durchflußmeßstelle 001

07-NOV-80
12: 52: 13



Druckrohrleitung 1 HFM → KA



Meßstellenparameter:

IDM
Meßbereich: 0..1200 l/s

Meßwert:

analog: 0.01 mA
digital: 2 counts

Durchfluß:

Q = 0 l/s

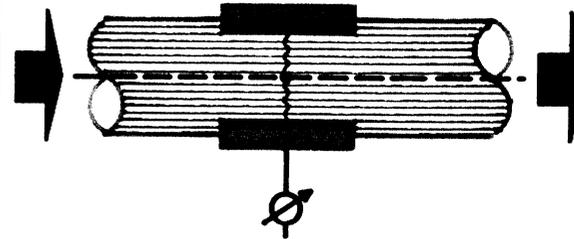
2.3 Durchflußmeßstellen 2 Datenerfassung → Hauptmenü

Durchflußmeßstelle 002

07-NOV-80
12: 52: 41



Druckrohrleitung 2 HFM → KA



Meßstellenparameter:

IDM
Meßbereich: 0..1200 l/s

Meßwert:

analog: 0.10 mA
digital: 1000 counts

Durchfluß:

Q = 500 l/s

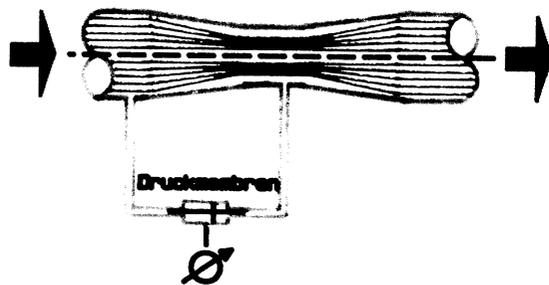
2.3 Durchflußmeßstellen 2 Datenerfassung → Hauptmenü

Durchflußmeßstelle 003

07-NOV-80
17: 00: 25



Druckrohrleitung HFM1 → KA



Meßstellenparameter:

Venturirohr
Meßbereich: 0...2000 l/s

Meßwert:

analog: 0.25 mA
digital: 1000 counts

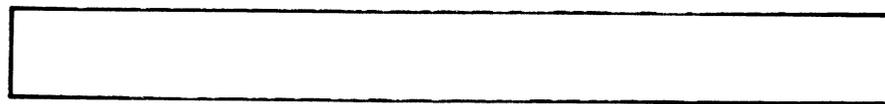
Durchfluß:

Q = 200 l/s

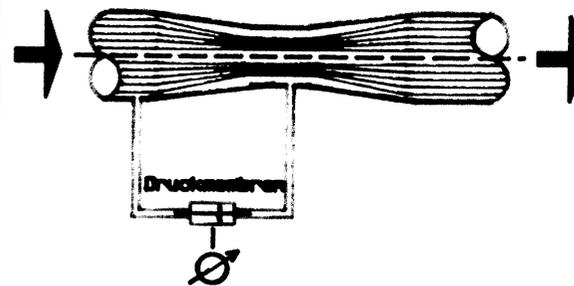
2.3 Durchflußmeßstellen 2 Datenerfassung → Hauptmenü

Durchflußmeßstelle 004

07-NOV-80
17: 01: 19



Druckrohrleitung HFM2 → KA



Meßstellenparameter:

Venturirohr
Meßbereich: 0...1200 l/s

Meßwert:

analog: 3.25 mA
digital: 600 counts

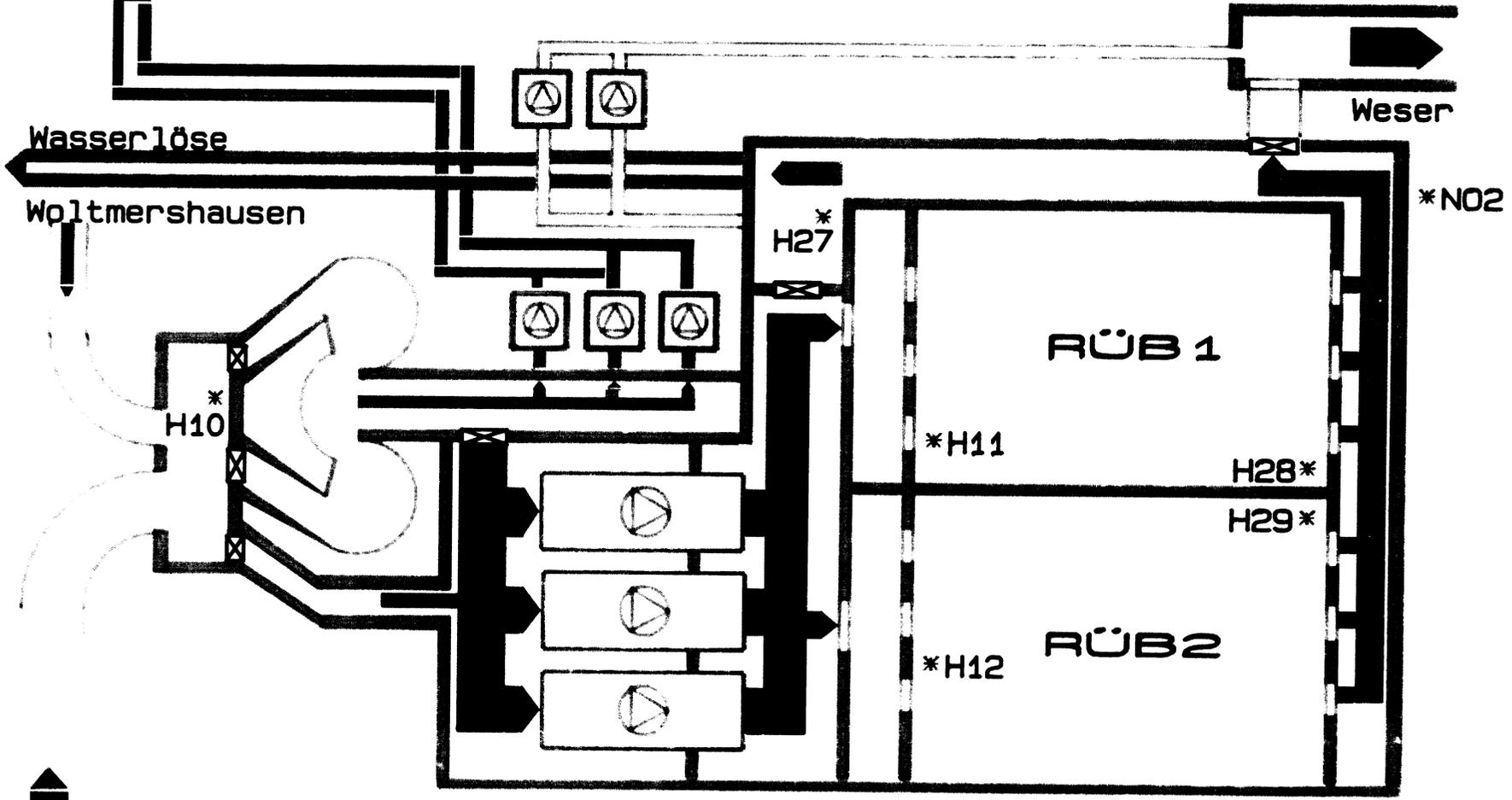
Durchfluß:

Q = 213 l/s

2.3 Durchflußmeßstellen 2 Datenerfassung → Hauptmenü

06-NOV-90
16:36:33

3.2 Förderwege HPWL



Neuenlander
Str.

3 Betriebsüberwachung Pumpwerke

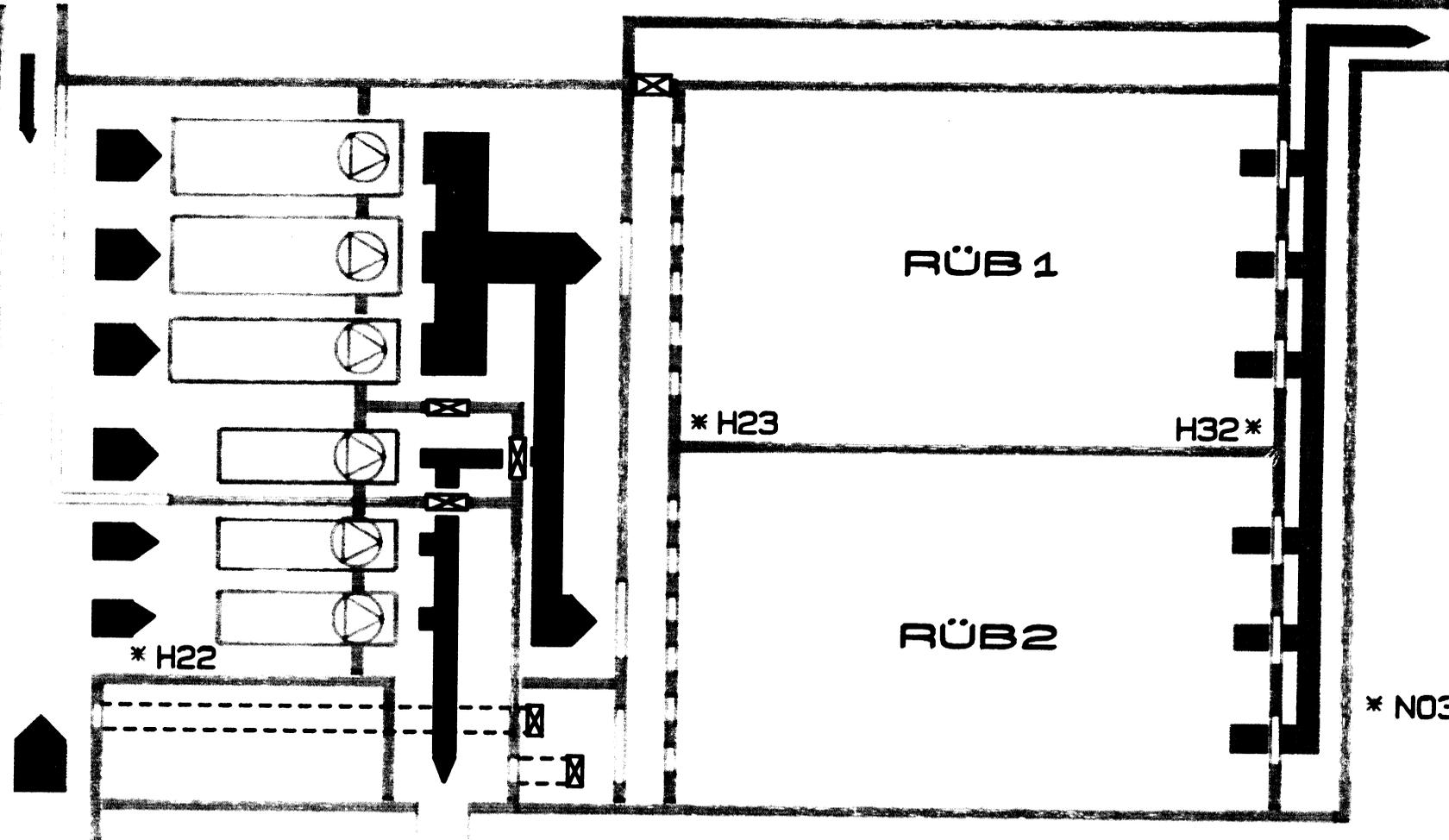
-> Hauptmenü



3.3 Förderwege PW Krimpe 1

Krimpe-
fleet

Huckelriede



Kattenturm

Neuenlander Str.

06-NOV-90

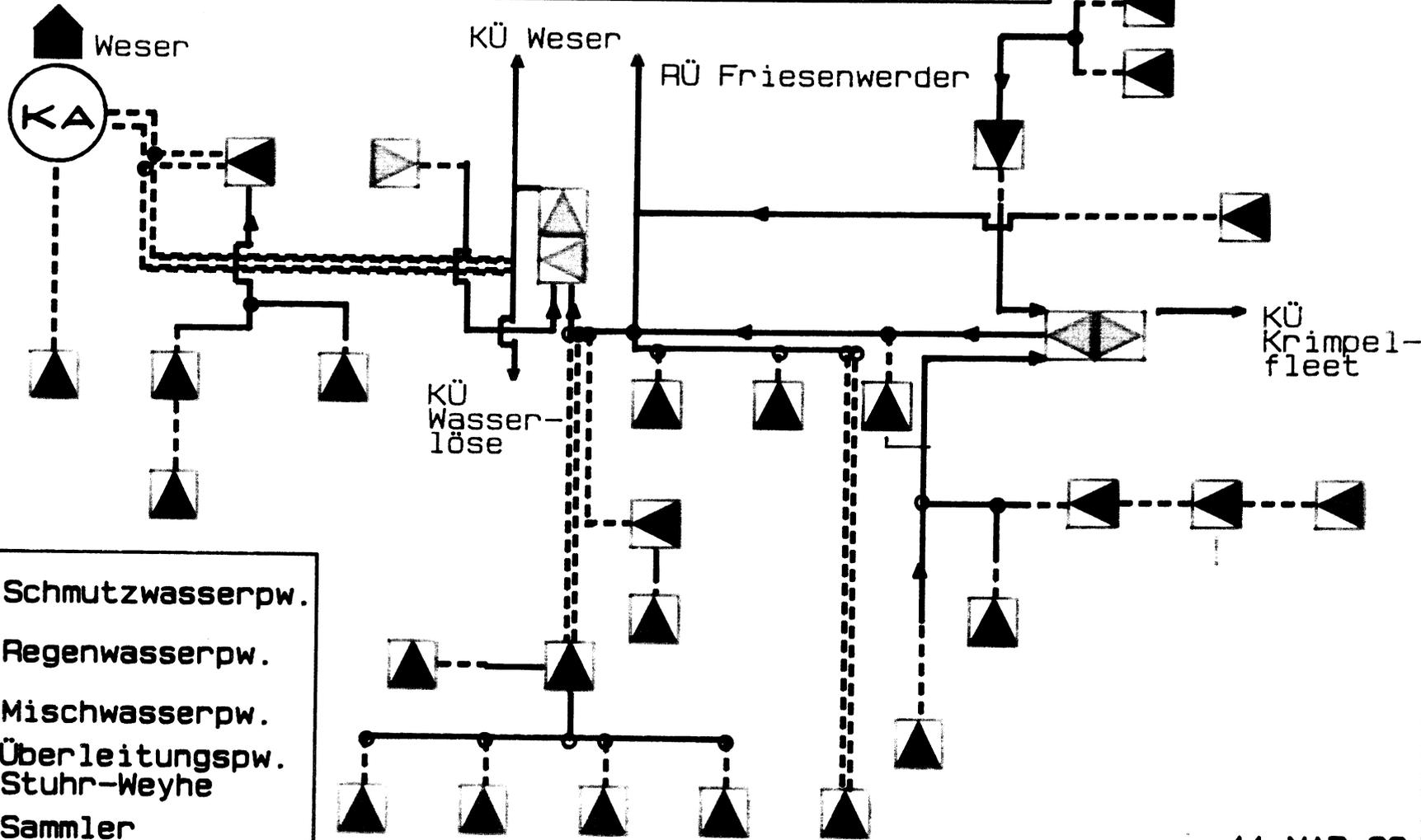
16: 37: 50

3 Betriebsüberwachung Pumpwerke

-> Hauptmenü



3.1 Hierarchie der Pumpwerke



	Schmutzwasserpw.
	Regenwasserpw.
	Mischwasserpw.
	Überleitungspw. Stuhr-Weyhe
	Sammler
	Druckrohrleit.

11-MAR-88
09: 54: 27

3 Betriebsüberwachung Pumpwerke

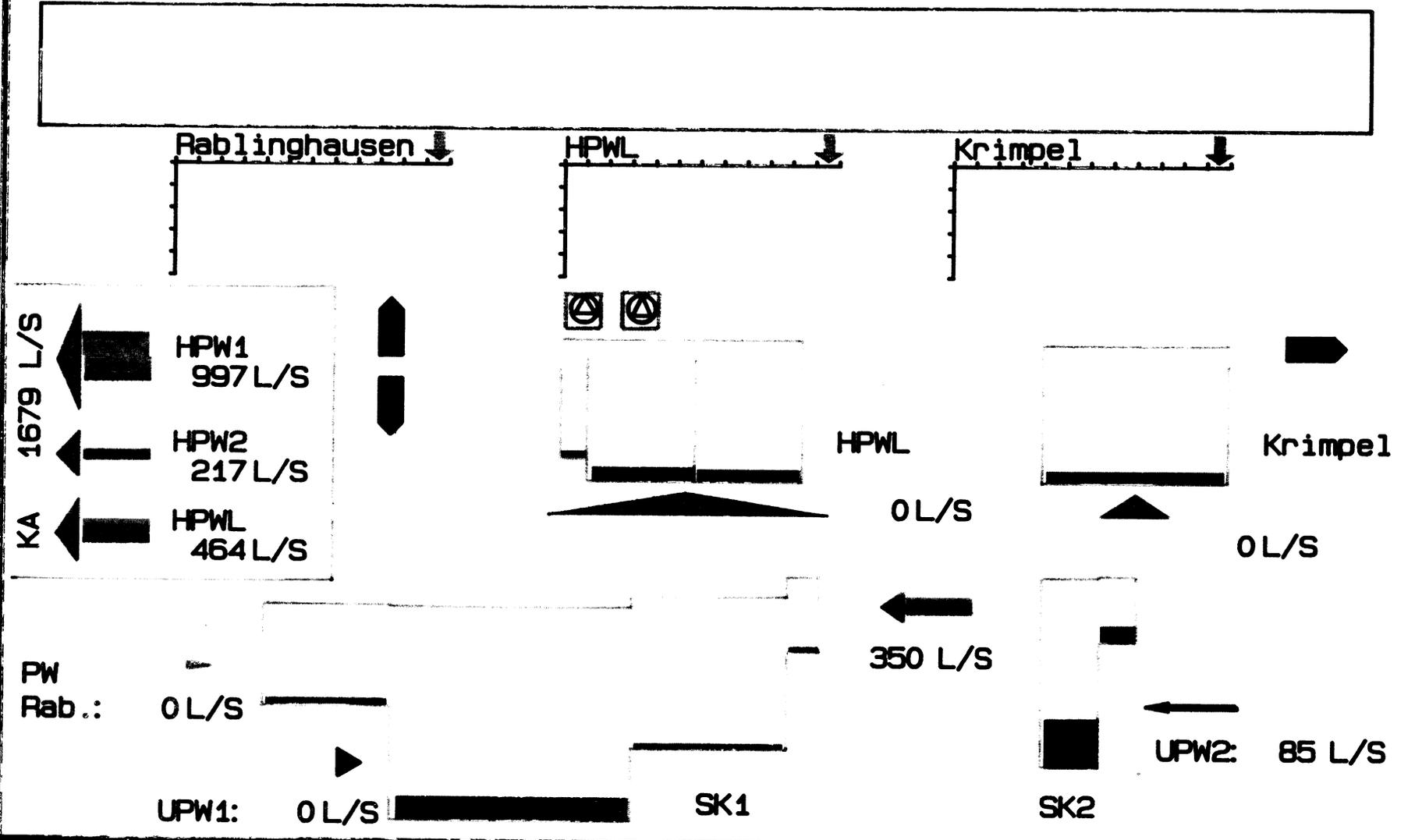
-> Hauptmenü



4.1

Speicherraumbewirtschaftung

07-NOV-90
16:44:52



4.2

Wasserstandsganglinien

4

Abflußsteuerung

->

Hauptmenü

