

Qualitative Abflußmessung

Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.2.5 „Quantitative und qualitative Abflußmessung“ im ATV-Fachaus-schuß 1.2 „Planung von Entwässerungsnetzen“

Mitglieder dieser Arbeitsgruppe sind:

Prof. Dr. *Valentin*, München (Sprecher)
 Dr. *Grottker*, Dübendorf/Schweiz
 Dipl.-Ing. *Härig*, Köln
Immann, Essen
Schramm, Maulburg
Schremmer, Dortmund

Inhalt

Vorbemerkungen

1. Einleitung
2. Ziele der qualitativen Abflußmessung
 - 2.1 Notwendigkeit von Zielvorgaben
 - 2.2 Überwachung
 - 2.2.1 Messungen im Gewässer
 - 2.2.2 Messungen an einer Einleitung ins Gewässer oder in eine öffentliche Abwasseranlage
 - 2.2.3 Beweissicherung
 - 2.3 Bemessung und operationeller Betrieb
 - 2.3.1 Bemessung und Sanierung von entwässerungstechnischen Einrichtungen
 - 2.3.2 Operationeller Betrieb steuerungs- und regelungstechnischer Entwässerungseinrichtungen
 - 2.4 Forschung
3. Planung und Einrichtung von Meß- und Probenahmestellen
 - 3.1 Kriterien für die Einrichtung von Meß- und Probenahmestellen
 - 3.2 Anforderungen aus dem Untersuchungsprogramm
 - 3.3 Anforderungen aus der örtlichen und zeitlichen Diskretisierung
 - 3.4 Einrichtung einer Meß- und Probenahmestelle
4. Probenahmesysteme
 - 4.1 Terminologie der Probenahme
 - 4.1.1 Einführung
 - 4.1.2 Art der Probenahme
 - 4.1.3 Art der Probenkonservierung
 - 4.1.4 Art der Abwasserprobe
 - 4.1.5 Funktionseinheiten der automatischen Probenahmegeräte
 - 4.2 Anforderungen an Probenahmesysteme
 - 4.2.1 Einführung
 - 4.2.2 Anforderungen an die Funktionseinheiten der automatischen Probenahmegeräte
 - 4.2.3 Anforderungen an verwendete Werkstoffe
 - 4.2.4 Anforderungen an die Installation von automatischen Probenahmegeräten
 - 4.2.5 Anforderungen an die Konservierung/Stabilisierung von Abwasserproben
 - 4.2.6 Anforderungen an die Wartung und Bedienung von Probenahmegeräten
 - 4.2.7 Sicherheitsmaßnahmen
 - 4.3 Probenahmeverfahren
 - 4.3.1 Einführung
 - 4.3.2 Hand-Probenahmegeräte
 - 4.3.3 Schläuchpumpe
 - 4.3.4 Aufzug/Schöpfgefäß

- 4.3.5 Schöpfwerk
- 4.3.6 Weiche
- 4.3.7 Vakuumförderung
- 4.3.8 Spezielle Probenahmeverfahren
- 4.4 Analysenverfahren
5. Kontinuierliche Gütemessung
 - 5.1 Einführung
 - 5.2 Messen durch Eintauchen von Meßwertaufnehmern
 - 5.3 Kontinuierliche Gütemessung im Bypass
 - 5.4 Kalibrierung und Wartung von kontinuierlichen Meßgeräten
6. Datenauswertung
 - 6.1 Datenaufbereitung
 - 6.2 Frachtermittlung
 - 6.3 Fehlerquellen
7. Literatur

Vorbemerkungen

Die Arbeitsgruppe 1.2.5 der ATV „Quantitative und qualitative Abflußmessung“ hat sich zum Ziel gesetzt, den gegenwärtigen Stand der Meßtechnik auf dem Gebiet der Durchflußmessung und der damit zu verbindenden Probenahme zur Bestimmung von Inhaltsstoffen aufzuzeigen, den gestellten Anforderungen gegenüberzustellen und der laufenden Entwicklung anzupassen. Im Heft 11/87 der KA erschien eine Ausarbeitung zur quantitativen Abflußmessung.

Mit dem jetzt vorgelegten Arbeitsbericht zur qualitativen Abflußmessung ist der eigentliche Auftrag der Arbeitsgruppe, den gegenwärtigen Stand der Meßtechnik darzustellen, zunächst erfüllt.

1. Einleitung

Die in den letzten Jahren auf dem Gebiet des Umweltschutzes erlassenen Gesetze und Verordnungen erfordern es, daß die Abwassereinleitungen sowohl in öffentliche Abwasseranlagen (Indirekteinleiter) als auch in Gewässer (Direkteinleiter) künftig in sehr viel größerem Umfang in bezug auf Menge und Beschaffenheit der Abwässer überwacht werden müssen als bisher.

Dabei sind vielfach nicht nur die Konzentrationen der Abwasserinhaltsstoffe von Bedeutung, sondern auch die vom Grundstück oder aus der Produktionsstätte innerhalb eines Zeitraums insgesamt abgeleitete Schmutzfracht.

Weiterhin ist es für die Planung, Bemessung und den Betrieb von öffentlichen Abwasseranlagen von großem Interesse, die Prozesse der Schmutzablagerung, des Schmutzab- und -austrags im Kanalnetz, an Entlastungsbauwerken sowie in der Kläranlage zu überprüfen. Da sich die Dynamik dieser Schmutz-Niederschlag-Transport-Prozesse (S-N-T-Prozesse) während Trockenzeiten erheblich von der zu Zeiten mit Niederschlag unterscheidet und darüber hinaus der Zweck einer Untersuchung die Probenahme maßgeblich bestimmt, sind unterschiedliche Anforderungen an die qualitative Durchflußmessung zu stellen.

Aufgrund dieser unterschiedlichen Anforderungen ist es notwendig, zuerst die Ziele der geplanten Untersuchung herauszukristallisieren, bevor darauf aufbauend eine Meßkonzeption entwickelt und anschließend deren Realisierung im Detail geplant und durchgeführt wird.

Grundsätzlich ist festzuhalten, daß eine qualitative Abflußmessung meist nur in Verbindung mit einer quantitativen Abflußmessung sinnvoll ist. Eine eindeutige zeitliche wie auch örtliche Zuordnung der qualitativen zur quantitativen Messung ist erforder-

lich, um eine zuverlässige Ermittlung der Mittelwerte und Frachten für einen Untersuchungsort durchführen zu können.

2. Ziele der qualitativen Abflußmessung

2.1 Notwendigkeit von Zielvorgaben

Die Praxis der vergangenen Jahre hat gezeigt, daß die Ergebnisse qualitativer Abflußmessungen, die von unterschiedlichen Institutionen durchgeführt wurden, nicht direkt vergleichbar waren, da mit unterschiedlichen Meß- und Analysetechniken gemessen wurde. Die Wahl der Meß- und Analysetechnik richtet sich nach den Zielvorgaben. Folgende Ziele der qualitativen Abflußmessung lassen sich unterscheiden:

- Überwachung
- Bemessung und operationeller Betrieb
- Forschung

Dabei ist mit dem Ziel der qualitativen Abflußmessung die Wahl der Untersuchungsparameter, des Untersuchungszeitraumes sowie der Untersuchungshäufigkeit, des Untersuchungsortes und des on-/offline Betriebes zu verstehen.

2.2 Überwachung

2.2.1 Messungen im Gewässer

Sollen Einleitungen von Abwasser (kommunales bzw. industrielles Abwasser, Regenwasser) in ein Gewässer beurteilt werden, so müssen sämtliche qualitätsbezogenen Merkmale, die den Gewässerzustand verändern können, betrachtet werden. Die wesentlichen, den Gewässerzustand beschreibenden Merkmale lassen sich in fünf Gruppen einteilen: physikalische, chemische, biologische, seuchenhygienische und ästhetische Merkmale. In Abbildung 1 (DOETSCH und PÖPPINGHAUS 1985) sind sie als qualitätsbezogene Merkmale des Wasserkörpers dargestellt.

Eine Entwicklung des Untersuchungszieles sollte an der Gewässerernutzung ausgerichtet werden. Die wesentlichen Gewässerernutzungen sind in Abbildung 2 – Hierarchisches System der Gewässerernutzungen (DOETSCH und PÖPPINGHAUS 1985) – dargestellt. Die Entwicklung des Untersuchungsziels sollte die folgenden Aspekte beinhalten:

1. Feststellung der wesentlichen **Gewässerernutzungen** (Abb. 2)
2. Herleiten der „**Gewässerzustandsmerkmale**“, die entscheidenden Einfluß auf die unter 1. ermittelten Nutzungen ausüben.
3. Bestimmung der Untersuchungsparameter, die in direktem Zusammenhang zu den unter 2. hergeleiteten „**Gewässerzustandsmerkmalen**“ stehen → **Grunduntersuchungsprogramm**.
4. Bestimmung der Untersuchungsparameter, die indirekt die unter 2. hergeleiteten „**Gewässerzustandsmerkmale**“ beeinflussen → **Aufbauuntersuchungsprogramm**.

Nachdem die Untersuchungsparameter festgelegt wurden, ist in einem weiteren Arbeitsschritt zu prüfen, in welcher Weise jeder Parameter den Gewässerzustand verändern kann. Es ist zu prüfen, ob er eine akute oder chronische Belastung für das Gewässer darstellt und ob er weiterhin in einem Synergismus (Zusammenwirken von mehreren Stoffen) eine akute oder chronische Belastung hervorruft.

Soll vornehmlich eine akute Belastung untersucht werden, so stehen die Konzentrationen und Frachten eines Einleitereignisses, insbesondere jedoch der Extremereignisse im Vordergrund. Bei einer chronischen Belastung sind die eingeleiteten Jahresfrachten von besonderem Interesse. Es wird deutlich, daß entsprechend der Art der Belastung die zeitliche Auflösung der Untersuchungsintervalle gewählt werden muß.

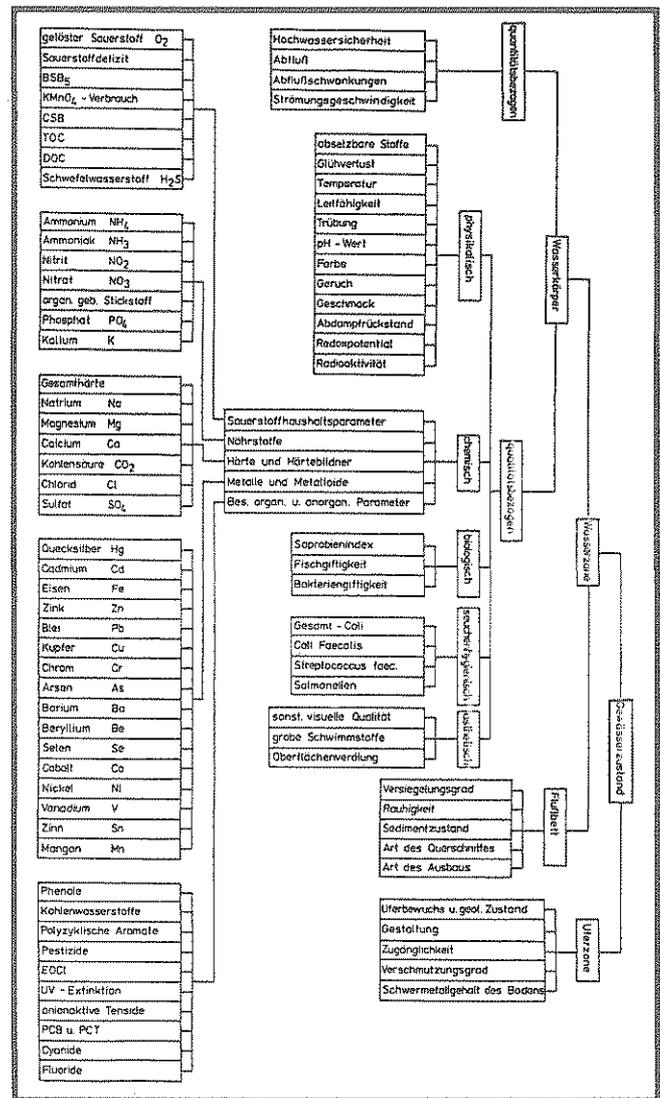


Abbildung 1: Hierarchisches System der gewässerzustandsbeschreibenden Merkmale nach DOETSCH und PÖPPINGHAUS (1985)

Das synergetische Verhalten von Wirkstoffen hat dagegen Einfluß auf die Stationsdichte entlang der Fließrichtung eines Gewässers. Es ist einleuchtend, daß die Stoffe, die vor allem im Zusammenwirken mit anderen Stoffen zu einer erheblichen Belastung führen, nicht nur auf eine Einleitungsstelle begrenzt betrachtet werden dürfen.

Liegen keinerlei Informationen über die Zusammensetzung des Abwassers vor, sollte vorab eine Stichprobe entnommen werden, von der eine Vollanalyse durchzuführen ist. Anhand dieser Vollanalyse und den oben beschriebenen Arbeitsschritten kann das Ziel und das Untersuchungsprogramm festgelegt werden. Informationen zur Abwasserbeschaffenheit sollten auch beim Einleiter über seine Produktionsverfahren eingeholt werden.

Beispiel

Ein metallverarbeitender mittelgroßer Betrieb leitet als Direktleiter seine Abwässer in einen Vorfluter, der als Fischereigewässer und zur indirekten Trinkwasserentnahme (Uferfiltration) genutzt wird. Die Reinigung des Abwassers wird durch Zugabe von Fäll-

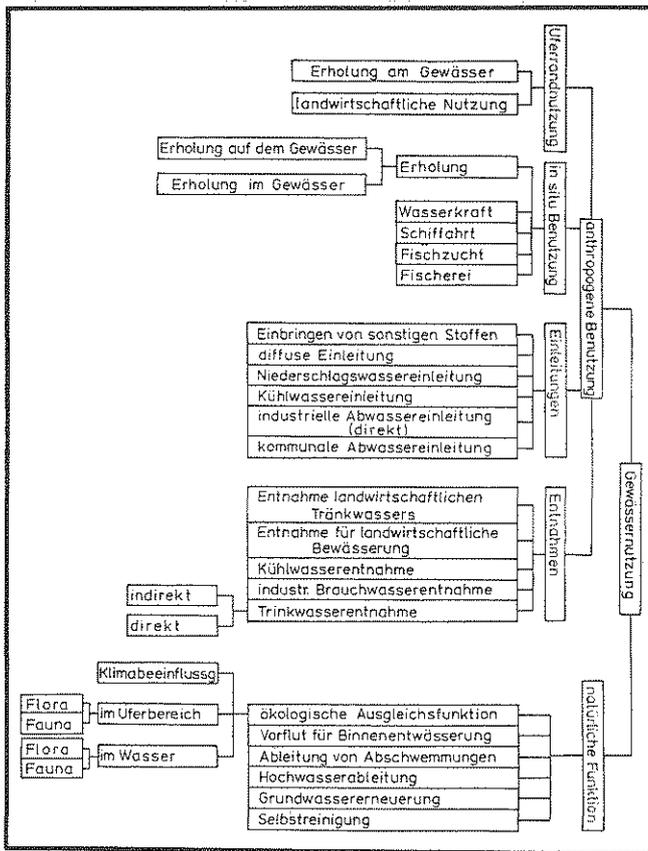


Abbildung 2: Hierarchisches System der Gewässernutzungen nach DOETSCH und PÖPPINGHAUS (1985)

lungsmitteln und nachgeschaltetem Absetzbecken praktiziert. Eine meßtechnische Überwachung des Gewässers soll geplant werden.

1. Arbeitsschritt: **Gewässernutzungen** — Fischerei, Indirekte Trinkwasserentnahme.
2. Arbeitsschritt: **Gewässerzustandsmerkmale** — chemische (Metalle) und biologische (Fischgiftigkeit) Merkmale.
3. Arbeitsschritt: **Grunduntersuchungsprogramm** — pH-Wert, CSB, Eisen, Mangan, Kupfer, Zink, Arsen, Cadmium, Cyanide, Chrom, Quecksilber, Blei (Merkmale, die die Trinkwasserentnahme beeinträchtigen — sie sind entsprechend der Art der Metallverarbeitung noch einzuschränken bzw. im Aufbauuntersuchungsprogramm einzuordnen) sowie die Fischgiftigkeit (Fischtest) als ein die Fischerei beeinträchtigendes Merkmal.
4. Arbeitsschritt: **Aufbauuntersuchungsprogramm** — die unter 3. eingeschränkten Merkmale, Leitfähigkeit, Chloride, Gesamthärte (physikalisch/chemische Merkmale) und die Bakteriengiftigkeit als biologisches Merkmal, das die Ernährungsgrundlage der Fische charakterisiert.
5. Arbeitsschritt: **Akute/chronische Belastung** — Vorab ist eine Abschätzung der maximal eingeleiteten Metallkonzentrationen vorzunehmen, um zu testen, ob eine akute Schädigung des Fisch- oder Organismenbestandes zu befürchten ist. Häufig sind bei Metallverunreinigungen jedoch vornehmlich chronische Belastungen zu berücksichtigen. Die eingeleitete Jahresfracht ist vornehmlich die zu betrachtende Größe.
6. Arbeitsschritt: **Synergismus** — Treten Schadstoffe mit synergistischem Verhalten auf? Wenn „Ja“, existieren direkt unter- oder oberhalb der Einleitstelle weitere Einleitungen, über die diese Schadstoffe ins Gewässer eingetragen werden können? Wenn „Ja“, ist die Gefährdung abzuschätzen (Verdünnung) bzw. ein gesonderter Fischtest für das synergistische Verhalten anzusetzen. Eventuell ist sogar eine weitere Meßstelle an der anderen Einleitung einzurichten.

ten anzusetzen. Eventuell ist sogar eine weitere Meßstelle an der anderen Einleitung einzurichten.

Die aufgeführten Arbeitsschritte sind an den Nutzungen des Gewässers ausgerichtet, also eine Immissionsbetrachtung. Im folgenden sollen die Emissionsbetrachtungen im Vordergrund stehen. Schließlich sollte jedoch stets eine Immissions- und Emissionsbetrachtung durchgeführt werden.

2.2.2 Messungen an einer Einleitung ins Gewässer oder in eine öffentliche Abwasseranlage

Ein wesentlicher Teil der Emissionsfestlegungen/-beschränkungen wird durch das Wasserhaushaltsgesetz 7 a (ATV 1979) geregelt. Damit sind die Ziele im groben vorgegeben. Die Schädlichkeit des Abwassers ist daraufhin zu kontrollieren, ob sie so gering gehalten ist, wie dies bei Anwendung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik, bzw. bei gefährlichen Stoffen dem Stand der Technik möglich ist (Wasserhaushaltsgesetz 7 a). Auf dieser Grundlage werden im Zusammenhang mit den zu erwartenden Schadstoffen im Abwasser die Auflagen für den Einleitungsbescheid festgelegt (Überwachungswerte).

Um eine detailliertere Zielvorgabe herauszuarbeiten, sollten folgende Aspekte bei der Direkteinleitung, wie auch bei der Indirekteinleitung berücksichtigt werden.

1. Der Umfang der Untersuchungsparameter ist aus den Mindestanforderungen herzuleiten. Diese Mindestanforderungen sind in den allgemeinen Verwaltungsvorschriften für jede Branche separat geregelt. → **Grunduntersuchungsprogramm**
2. Eine Erweiterung dieses Umfangs kann bei entsprechender Begründung von der Aufsichtsbehörde verlangt werden. Die zusätzlichen Untersuchungsparameter ergeben sich aus dem Prozeßschema und dem Stoffeinsatz der abwassererzeugenden Anlage. Oder es sind Parameter, die bei der Abwasserbehandlung erzeugt bzw. verändert werden (pH-Wert, Fällungsmittel). → **Aufbauuntersuchungsprogramm**
3. Zur Eigenüberwachung oder Steuerung des Abwasserbehandlungsprozesses ist es in der Regel sinnvoll, in das Untersuchungsprogramm noch weitere Parameter aufzunehmen. → **Zusatzuntersuchungsprogramm**
4. Welcher zeitlichen Variabilität ist die Einleitung unterzogen? Handelt es sich um eine
 - a) ständige Einleitung — Charakterisierende Parameter: Größe der Stunden-, Tages-, Wochen- bzw. Jahresschwankungen.
 - b) periodische Einleitung — Charakterisierende Parameter: Dauer und Häufigkeit der Einleitungen pro Stunde, Tag, Woche bzw. Jahr.
 - c) zufällige Einleitung — Charakterisierende Parameter: Niederschlagsabhängige Einleitung, Noteinleitung.

Weiterhin sind des öfteren qualitative Abflußmessungen für Abrechnungen der Abwasserabgabe an Übergabestellen wie z. B. Landes- oder Stadtgrenzen erforderlich, um eine Verrechnung zwischen Abgabepflichtigen zu ermöglichen. In einem solchen Fall wird in der Regel großer Aufwand getrieben, um eine exakte Ermittlung der Schadeinheiten zu ermöglichen. Das heißt in diesem Fall, daß für die in dem Abwasserabgabengesetz festgelegten Parameter Messungen mit hoher zeitlicher Auflösung durchgeführt werden müssen.

2.2.3 Beweissicherung

Qualitative Abflußmessungen zur Beweissicherung dienen in der Regel zur Ermittlung der

1. Unrechtmäßigen Einleitungen in Vorfluter und Entwässerungseinrichtungen.
2. Fehlanlüsse in Entwässerungseinrichtungen.
3. Richtigkeit der vom Abgabepflichtigen vorgegebenen Schadeinheiten und Abwassermengen.

Um diese Ziele zu erreichen, sind häufige Stichproben erforderlich, um mögliche Fehleinleitungen örtlich einzugrenzen (außer 3.). Ist der Ort der Fehleinleitung ermittelt, sind die eingeleiteten Abwassermengen möglichst kontinuierlich und die Schadstoffe stichprobenartig meßtechnisch zu erfassen, bis der Mangel eindeutig belegt ist. Darüber hinaus ist bei bedeutenden Einleitungen zur Überwachung und Beweissicherung eine Kontrolleinrichtung mit automatischer Meßwertaufzeichnung und Probenahme zur Sammlung von Durchschnittsproben und ihre Aufbewahrung über einen festzulegenden Zeitraum erforderlich.

2.3 Bemessung und operationeller Betrieb

2.3.1 Bemessung und Sanierung von entwässerungstechnischen Einrichtungen

Bemessungsgrundlagen für eine Bau- oder Sanierungsmaßnahme einer entwässerungstechnischen Einrichtung sind die maßgebenden Abflußverhältnisse (Mittelwert, Min., Max.) über einen längeren Zeitraum. Ziel einer qualitativen Abflußmessung ist eine Bilanzierung der Frachten an einem Kontrollpunkt.

Die zeitliche Folge der Untersuchungen ist stark durch die Dynamik der Abflußverhältnisse geprägt. Diese ist vor allem durch die Intensitätsverteilung der Niederschlagsereignisse bestimmt. Eine kontinuierliche Abflußmessung und eine stets aktivierbare Probenahmeeinrichtung sind Voraussetzung für eine Frachtbilanzierung.

Die Bemessung von Kläranlagen erfordert die Kenntnis der tageszeitlichen Belastungsschwankungen, d. h. die Untersuchung von 2-Stunden-Durchschnittsproben für alle Wochentage, bzw. eine kontinuierliche Konzentrationsganglinie.

2.3.2 Operationeller Betrieb steuerungs- und regelungstechnischer Entwässerungseinrichtungen

Im Gegensatz zu den bisher aufgeführten Anwendungen der qualitativen Abflußmessung besteht bei dieser Zielsetzung die Anforderung der zeitgleichen Auswertung der Messungen. Eine On-line-Messung von Abflüssen und Güteparametern stellt die Grundlage für Steuerungs- und Regelungsmaßnahmen dar bzw. dient als Funktionsüberwachung abwassertechnischer Einrichtungen.

Die zeitliche Diskretisierung der Messungen wird durch die zu beeinflussende bzw. zu überwachende Prozeßdynamik bestimmt. Ebenso wird die Wahl der Güteparameter durch diese Prozesse bestimmt, sofern der Parameter überhaupt meßtechnisch kontinuierlich zu erfassen ist.

2.4 Forschung

Der Vollständigkeit halber seien hier noch die Ziele der qualitativen Abflußmessung in der Forschung erwähnt. In der Forschung werden unter anderem spezielle Probleme der Schmutz-Niederschlag-Transport-Prozesse untersucht, die spezielle Meßanordnungen erfordern (z. B. detaillierte Messung einzelner Prozeßphasen des S-N-T-Prozesses).

3. Planung und Einrichtung von Meß- und Probenahmestellen

3.1 Kriterien für die Einrichtung von Meß- und Probenahmestellen

Unter der Zielvorgabe der qualitativen Abflußmessung wurden Kriterien für die Einrichtung von Meß- und Probenahmestellen erarbeitet. Diese Kriterien sind:

- das **Untersuchungsprogramm**, spezifiziert durch die Güteparameter und die Wahl einer kontinuierlichen oder diskontinuierlichen qualitativen Abflußmessung

- die **örtliche und zeitliche Diskretisierung**, spezifiziert durch den Untersuchungszeitraum, die Untersuchungshäufigkeit, den Untersuchungsort und des on-/off-line Betriebes.

Im folgenden sollen die Anforderungen, die sich aus diesen Kriterien ergeben, ausgearbeitet werden.

3.2 Anforderungen aus dem Untersuchungsprogramm

Die Wahl der kontinuierlich bzw. diskontinuierlich zu messenden Güteparameter führt zu der Frage nach einer direkten oder indirekten Messung der Parameter.

Unter direkter Messung ist die direkte Ermittlung der Beschaffenheit des Meßmediums am Untersuchungsort zu verstehen. Dieses kann entweder durch Eintauchen von Sonden oder Teststreifen in das Wasser oder durch Abtrennung eines Teilstromes und direkter Analyse des Teilstromes vor Ort (z. B. Sonden, BSB-, TOC-Analysatoren) geschehen.

Unter indirekter Messung wird die Entnahme einer repräsentativen Wasserprobe und deren separaten Analyse im Labor verstanden. Die Beschaffenheit wird also nicht vor Ort aus dem zu untersuchenden Wasser oder einem Teilstrom ermittelt, es wird vielmehr eine örtliche Trennung zwischen Probenentnahme und Probenanalyse durchgeführt.

Aus der Entscheidung für eine direkte bzw. indirekte Messung leitet sich die Frage nach dem Meßverfahren und den Anforderungen an die Werkstoffe, Installation, Wartung, Eichung und ggf. Analysenverfahren ab. Aufgrund der geringeren Fehlermöglichkeiten sollten stets kontinuierliche Meßverfahren bevorzugt werden, auch wenn die Entnahme von Stich- oder Mischproben für bestimmte Parameter auch zukünftig notwendig sein wird. Da z. Z. jedoch verhältnismäßig wenig kontinuierliche Meßverfahren auf dem Markt erhältlich sind, muß auch auf die Probenahmeverfahren zurückgegriffen werden.

In jedem Fall ist darauf zu achten, daß der Meßort im durchflossenen Querschnitt repräsentativ ist. Das bedeutet, daß am Meßort die mittleren Wasserqualitätszustände des Querschnittes herrschen (ENDRESS und HAUSER 1981).

3.3 Anforderungen aus der örtlichen und zeitlichen Diskretisierung

Die Wahl des Untersuchungszeitraumes sowie der -häufigkeit, des Untersuchungsortes und des On-/Off-line Betriebes erfordern Entscheidungen über die Wahl einer mobilen oder stationären Meßeinrichtung und deren Anzahl sowie über erforderliche Steuer- und Auswerteeinheiten. Ebenso wird die Art der Datenerfassung, -verarbeitung und -auswertung durch die örtliche und zeitliche Diskretisierung bestimmt.

3.4 Einrichtung einer Meß- und Probenahmestelle

Bei der Einrichtung einer Meß- und Probenahmestelle sollten die Entscheidungen nach den folgenden Gesichtspunkten gefällt werden:

1. Nach der Festlegung des Untersuchungsprogramms und des On-/Off-line Betriebes ist die Meßart (Direkt/Indirekt) zu wählen.
2. Direkte Messung — Entnahme eines Teilstromes oder direktes Eintauchen in das Meßmedium.
Indirekte Messung — Wahl des Probenahmeverfahrens.
3. Anforderungen des gewählten Meßverfahrens an Werkstoffe, Installation, Wartung, Kalibrierung und Analysenverfahren festlegen.
4. Die örtliche und zeitliche Diskretisierung ist maßgebend für die Wahl mobiler oder stationärer Meßeinrichtungen und deren Anzahl.
5. Die Ansteuerung der Meßgeräte wird in Abhängigkeit der zeitlichen Dynamik der zu messenden Prozesse und den Anforderungen des operationellen Betriebes gewählt.

6. Die Datenerfassung, -verarbeitung und -auswertung wird wesentlich durch die zuvor gewählten Eigenschaften der Meßeinrichtung (2., 4., 5.) bestimmt.

In den folgenden Ausführungen werden für diese Entscheidungen noch nähere Informationen gegeben.

4. Probenahmesysteme

4.1 Terminologie der Probenahme

4.1.1 Einführung

In dem Bereich der Probenahme von Abwässern sind in jüngster Vergangenheit viele Bezeichnungen geprägt worden, deren Aussage nicht immer eindeutig ist. In den folgenden vier Kapiteln werden Bezeichnungen erläutert, die für das weitere Verständnis erforderlich sind. Es werden zu den Arten der Probenahme, der Probenkonservierung und der Abwasserprobe sowie den Funktionseinheiten der automatischen Probenahmegeräte Begriffe erläutert.

4.1.2 Art der Probenahme (DIN 38402, 1985; DIN 55350, 1985)

Stichprobe

Eine oder mehrere Einheiten, die aus der Grundgesamtheit oder aus Teilgesamtheiten zu einem vorgegebenen Zeitpunkt an einem bestimmten Entnahmepunkt im Querschnitt entnommen werden. Im Sinne der DIN 38 402, Teil 11 ist unter Grundgesamtheit das gesamte Abwasser und unter Teilgesamtheit eine Teilmenge des Abwassers zu verstehen.

Durchschnittsprobe

Eine Mischprobe, die aus Stichproben von Hand gemischt oder von automatischen Probenahmegeräten über eine bestimmte Zeit kontinuierlich oder diskontinuierlich gesammelt wird. Auf diese Weise lassen sich Proben herstellen, deren Zusammensetzung repräsentativ ist im Hinblick

- auf das in einem gewählten Zeitabschnitt abgeflossene Wasservolumen (Dauerprobe),
- auf einen bestimmten Querschnitt oder eine Oberfläche eines Abwasserkörpers zu einem vorgegebenen Zeitpunkt,
- auf ein bestimmtes Volumen.

Kontinuierliche Probenahme (GUDERNATSCH 1982)

Es wird ohne Unterbrechung ein Abwasserteilstrom entnommen.

Durchflußkontinuierliche Probenahme: Es wird eine kontinuierliche Probenahme durchgeführt und das Probenvolumen proportional zum Durchfluß geregelt (Abb. 3).

Zeitkontinuierliche Probenahme: Es wird ohne Unterbrechung ein stets gleicher Abwasserstrom entnommen (Abb. 3).

Diskontinuierliche Probenahme (GUDERNATSCH, 1982)

Es werden Einzelproben portionsweise entnommen.

Zeitproportionale Probenahme: Eine diskontinuierliche Probenahme, bei der in gleichen Zeitabständen gleich große Volumina entnommen werden (Abb. 3).

Durchflußproportionale Probenahme (Abflußproportionale Probenahme): Eine diskontinuierliche Probenahme, bei der in gleichen Zeitabständen variable, dem jeweiligen Durchfluß proportionale Volumina entnommen werden (Abb. 3).

Volumenproportionale Probenahme: Eine diskontinuierliche Probenahme, bei der nach Durchfluß eines stets konstanten Volumens gleich große Probenvolumina entnommen werden (es ergeben sich damit variable Zeitabstände) (Abb. 3).

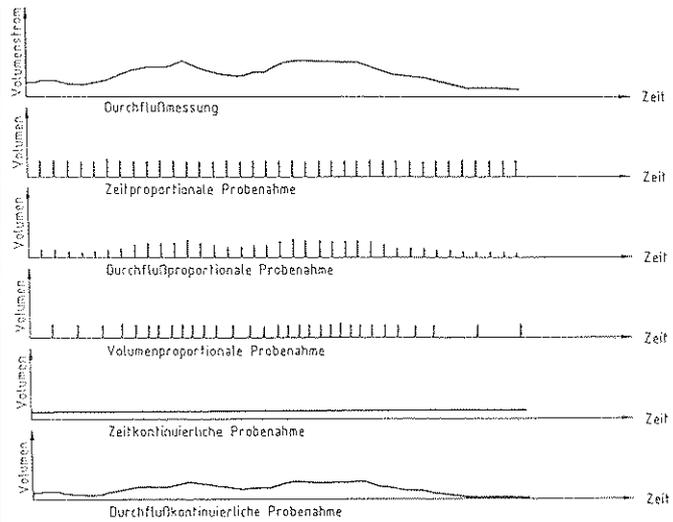


Abbildung 3: Art der Probenahme (GUDERNATSCH, 1983)

Ereignisgesteuerte Probenahme

Eine diskontinuierliche Probenahme, bei der nach der Variabilität des Ereignisses eine Probenahme ausgelöst wird. Zwei Fälle werden unterschieden:

- a) Beim Über-/Unterschreiten eines Grenzwertes wird eine kontinuierliche oder diskontinuierliche Probenahme ausgelöst (s. o.).
- b) Es werden nach unterschiedlichen Probenahmekriterien Stichproben mit gleich großen Probenvolumina entnommen. Nach den folgenden Probenahmekriterien wird jeweils durch das Kriterium eine Probenahme ausgelöst, welches zuerst erfüllt ist.

Abbildung 4 erläutert die ereignisgesteuerte Probenahme.

- Zeitkriterium: Nach Überschreiten einer wählbaren Verweilzeit (Δt) ist das Kriterium erfüllt.
- Durchflußkriterium: Nach Überschreiten einer wählbaren Wasserstands-differenz (Δh), Durchflußdifferenz (ΔQ) oder einer Differenz einer kontinuierlich meßbaren Konzentration (Δc) eines Güteparameters ist das Kriterium erfüllt.
- Wechselkriterium: Beim signifikanten Wechsel der Wasserstands- (Δh), Durchfluß- (ΔQ) oder Konzentrationsganglinie (Δc) von steigend in fallend oder umgekehrt ist das Kriterium erfüllt.

Die Optimierung der Anzahl der Proben je Ereignis wird durch ein derartiges Aktivieren der Probenahmekriterien (Oderierung) erreicht. Zwingende Bedingung ist jedoch eine kontinuierliche Durchflußmessung, der die Probenahmezeitpunkte zugeordnet werden können.

4.1.3 Art der Probenkonservierung

Abwasserproben können sich durch physikalische, chemische oder biologische Vorgänge verändern. Diese lassen sich durch Kühlung, Einfrieren oder für bestimmte Parameter durch Versetzen mit Chemikalien einschränken bzw. verhindern. Eine für alle Parameter universell anwendbare Konservierung gibt es nicht.

Gekühlte Probe: Abwasserprobe, die auf +2 bis +5 °C gekühlt wird.

Eingefrorene Probe: Abwasserprobe, die auf -20 °C gekühlt wird.

Stabilisierte Probe: Abwasserprobe, bei der durch Zugabe von Chemikalien bestimmte Güteparameter stabilisiert werden.

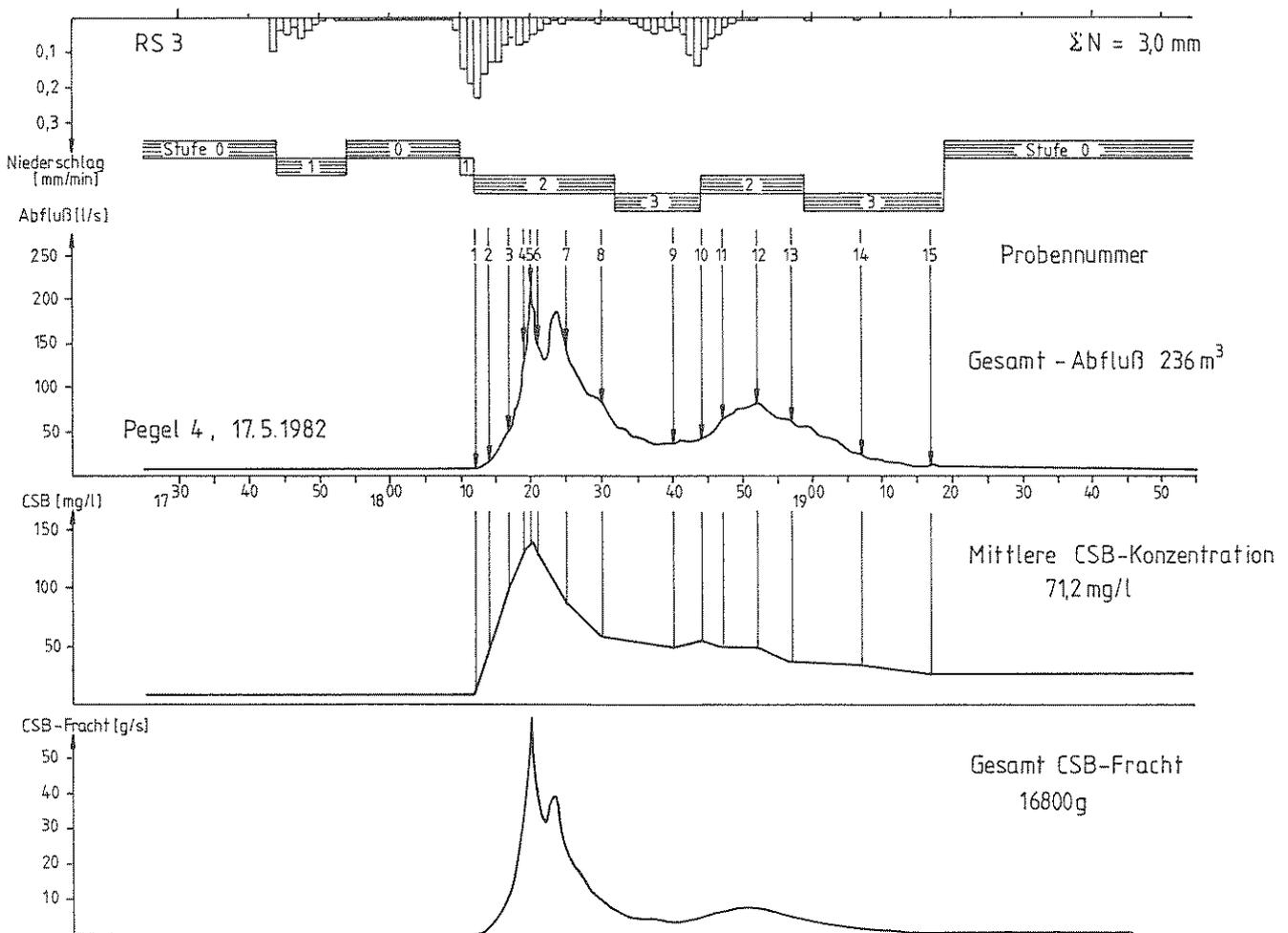


Abbildung 4: Ereignisgesteuerte Probenahme nach PAULSEN (1987)

In der ISO Norm 5667/3 (1985) sind für nahezu alle relevanten abwassertechnischen Analysenparameter die Konservierungstechniken aufgeführt.

4.1.4 Art der Abwasserprobe

Rohwasserprobe: Als Rohwasserprobe bezeichnet man die Abwasserprobe, die keinen weiteren Aufbereitungsschritten unterzogen wurde.

Homogenisierte Probe: Als homogenisierte Probe bezeichnet man eine Rohwasserprobe, bei der unter Einsatz von mechanischen Geräten eine Homogenität des Abwassers erreicht wird.

Abgesetzte Probe: Als abgesetzte Probe bezeichnet man eine Rohwasserprobe, bei der gelöste und Schwebstoffe von den absetzbaren Stoffen getrennt werden. Diese erhält man durch Absetzenlassen der Feststoffe eines Abwassers. Die Absetzdauer ist festzuhalten, sie beträgt in der Regel 2 Stunden.

Abfiltrierte Probe: Als abfiltrierte Probe bezeichnet man eine Rohwasserprobe oder eine abgesetzte Probe, bei der die ungelösten von den gelösten Stoffen durch Filterung getrennt werden. Die Art der Filterung, Porenweite sowie die Art der Probe sind festzuhalten.

4.1.5 Funktionseinheiten der automatischen Probenahmegeräte

Steuereinrichtung

Die automatischen Probenahmegeräte werden durch eine spezielle Steuereinheit betrieben. Je nach Bauart lassen sich generell drei unterschiedliche Betriebsarten unterscheiden:

Zeitsteuerung: Nach Ablauf einer Dosierpause wird eine neue Probenahme durch ein internes Zeitglied ausgelöst. → Zeitproportionale Probenahme.

Mengensteuerung: Eine externe Mengenmeßeinrichtung liefert ein Steuersignal, welches der Mengenauffaddierung entspricht. Von der Steuereinrichtung wird dieser Meßbereich in Impulse (wählbar, z. B. 1 000) aufgeteilt. Bei einer volumenproportionalen Probenahme wird nach einer gewählten Anzahl von Impulsen eine neue Probenahme mit konstantem Volumen ausgelöst. Bei einer durchflußproportionalen Probenahme wird in konstantem Zeitabstand eine Probe mit einem der Impulsanzahl der Dosierpause entsprechenden Volumen gezogen.

Ereignissteuerung: Eine neue Probenahme wird durch ein Ereignissignal (Potentialfreier Schließerkontakt, 24 V Gleichspannungssignal) ausgelöst. → Ereignisgesteuerte Probenahme.

Fördersystem

Die Fördereinrichtung hat bei der Probenahme die Aufgabe, die Abwasserprobe möglichst schonend, ohne die Beschaffenheit des Abwassers zu verändern, dem Probenahmegerät zuzuführen.

Die Fördereinrichtung bildet bei einigen Gerätebauarten mit der Dosiereinrichtung eine Einheit und ist deshalb in einer Funktionsgruppe zusammengefaßt.

Als besonders geeignete Förderaggregate haben sich Verdrängerpumpen (Exzentrerschneckenpumpen, Schlauchpumpen), Druckluft- und Vakuumpförderer sowie Schöpfwerke bewährt. Jedes dieser Fördersysteme hat seine Vor- und Nachteile, so daß unter Berücksichtigung der betrieblichen und örtlichen Verhältnisse für den jeweiligen Fall das optimale Beschickungssystem gewählt werden muß.

In der Praxis hat sich erwiesen, daß eine getrennte, nicht im Probenahmegerät eingebaute Fördereinrichtung die vielseitigere Verwendbarkeit des Gerätes begünstigt, jedoch höhere Anschaffungskosten hervorruft.

Dosiereinrichtung

Die Dosiereinrichtung ermöglicht eine aufgabengerechte Dosierung des zum Probenahmegerät geförderten Abwasservolumens. Die Konstruktionsmerkmale der Dosiereinrichtung bestimmen im Zusammenhang mit dem Förderprinzip das Probenahmesystem des Gerätes. Von den auf dem Markt befindlichen Probenahmegeräten werden fünf Systeme bevorzugt eingesetzt. Sie sind in den Abbildungen 5—9 dargestellt.

Probenverteilung und Probenaufbewahrung

An die Verteilungseinrichtungen innerhalb der Geräte, über die die Einzelproben in Probenahmegefäße abdosiert werden, wird die Anforderung gestellt, daß möglichst glatte Förderleitungen gewählt werden, die senkrecht anzuordnen sind, um Verfälschungen durch Ablagerungen so gering wie möglich zu halten.

Als Verteilungseinrichtungen haben sich Rund- und Bandverteiler bewährt. Beim Rundverteiler werden die Proben über einen sich im Kreis bewegenden Schwenkarm und eine Verteilerwanne in die Probenflaschen dosiert. Der Bandverteiler dagegen besteht aus einem sehr flexiblen Schlauch, der von einem Rundband über die Flaschen positioniert wird. Durch den Schlauch wird die Probe in das Probenahmegefäß abdosiert.

Im Normalfall sollte das Probenahmegerät über 12×2-Liter-Flaschen aus Polyethylen (PE) — besser Glas — verfügen, so daß eine fraktionierte Probensammlung von 2-Stunden-Mischprobe über mindestens 24 Stunden erfolgen kann. Teilweise verfügen die Geräte auch über eine geringere Anzahl von Sammelgefäßen oder nur über ein Sammelgefäß für eine 24-Stunden-Mischprobe, was allerdings die Einsatzmöglichkeiten dieser Geräte erheblich einschränkt. Es werden auch Geräte mit 24×2-Liter-Flaschen angeboten.

Energieversorgung

Normalerweise werden die automatischen Probenahmegeräte mit Netzspannung (220 V, 50 Hz) betrieben. Es gibt jedoch auch (transportable) Gerätetypen, die durch eingebaute oder getrennte Akkumulatoren (12 V) netzunabhängig betrieben werden können. Dabei hat sich als nachteilig erwiesen, daß mit diesen Geräten ohne Zwischenaufladung bei einer mittleren Schlauchlänge von 5 m und 2 m Saughöhe nur ca. 300 Probenahmen möglich sind. Sie können damit nur wenige Tage betriebsbereit gehalten werden (SCHUMANN, IRMER 1981). Geräte, deren Stromversorgung von Netzspannung auf Akkumulatoren umgeschaltet werden kann, sind am vielseitigsten verwendbar. Probenahmegeräte mit pneumatischer Energieversorgung finden fast nur noch im exgeschützten Bereich Anwendung (FEYEN 1974).

4.2 Anforderungen an Probenahmesysteme

4.2.1 Einführung

Nach der Erarbeitung der Ziele der qualitativen Abflußmessung (Kap. 2) sowie der Konzeption und Planung von Meßeinrichtungen (Kap. 3) sind die Anforderungen, die an ein Probenahmesystem zu stellen sind, zu definieren. Im folgenden Kapitel sollen die Anforderungen, die an die Funktionseinheiten des Probenahmers, an Werkstoffe, Installation, Probenkonservierung, -handhabung und -transport sowie an die Wartung und Organisation zu stellen sind, aufgeführt werden. Der Vollständigkeit halber sollen die Anforderungen möglichst umfassend in Form eines Kataloges dargestellt werden, damit entsprechend der Ziele auch die zutreffenden Anforderungen aufgestellt werden können. Dies soll jedoch nicht bedeuten, daß jedes Probenahmesystem sämtlichen Anforderungen genügen muß, sondern nur den im vorliegenden Anwendungsfall relevanten.

4.2.2 Anforderungen an die Funktionseinheiten der automatischen Probenahmegeräte

Steuereinrichtung

- Übersichtliche und leicht verständliche Dokumentation der wählbaren Steuerprogramme (Interaktive bedienergeführte Steuerung).
- Eindeutige Eingabeanweisungen für die zu wählenden Steuerparameter jedes Steuerprogramms.
- Programmsteuerung für zeit-, durchfluß- oder volumenproportionale Probenahme in angemessenen Sammelintervallen bei möglicher Zeitvorwahl des Probenahmebeginns für:
 - Mischproben in kurzen Zeitabständen für die zeitlich angepaßte Fraktionierung zur Erfassung kurzfristiger Änderungen der Abwasserbeschaffenheit (z. B. Halbstunden- bis Dreistundenproben),
 - Tagesmischproben oder Mehrtagesmischproben,
 - Mischproben nach Über-/Unterschreitung eines Grenzwertes.
- Ereignisgesteuerte Einzelprobenahme in sehr kurzen Zeitabständen (wenigen Minuten), z. B. durch Grenzwertgeber der automatischen Meßgeräte, der Meßstation oder durch Ansteuerung über Fernübertragung.
- Programmunabhängige Sofortprobenahme.

Fördersystem

- Die Förderleistung sollte bezüglich der Menge und Höhe ausreichend, aber auch fein dosierbar sein.
- Verhinderung von Zerkleinerung, Klassierung oder Ausgasung während der Förderung der Abwasserprobe.
- Ansaugereinrichtungen im Gerinnequerschnitt
 - dürfen den Durchfluß nicht behindern,
 - müssen gegen Abriß gesichert sein,
 - müssen Korrosionsbeständigkeit aufweisen,
 - sollten wenig An- und Ablagerungsfläche für Schwimmstoffe o. ä. bieten.
- Exschutz

Dosiereinrichtung

- Sicherstellung eines stets gleichen Dosiervolumens (zeit- und volumenproportionale Probenahme, zeitkontinuierliche Probenahme, ereignisgesteuerte Probenahme) sowie eines durchflußproportionalen Dosiervolumens (durchflußproportionale und durchflußkontinuierliche Probenahme) mit hoher Dosiergenauigkeit.
- Ausreichende Dosierkapazität.
- Unempfindlichkeit gegen Ablagerungen und Verstopfungen (glatte Flächen), keine Güteveränderungen des Fördermediums.

Probenverteilung und Probenaufbewahrung

- Präzise positionierende Verteilereinrichtung.
- Günstige hydraulische Ausbildung der Verteilereinrichtung (unempfindlich gegen Ablagerungen und Verstopfungen, keine Spritzverluste).
- Günstige Demontage der Verteilereinrichtung für Reinigungszwecke.
- Eindeutige Positionierung (Numerierung) der Probenflaschen.
- Kühlmöglichkeit und Lichtabschluß für die Probenflaschen.
- Ausreichende Probenflaschenkapazität z. B. 12 × 2-Liter.

Energieversorgung

- Spritzwassergeschützte elektrische Ausrüstung.
- Erdung.
- VDE-Richtlinien müssen eingehalten werden.
- Genügend Anschlußraum.
- Exschutz, falls erforderlich.

4.2.3 Anforderungen an verwendete Werkstoffe

- Sämtliche Teile, die mit Abwasser in Berührung kommen, müssen besonders korrosionsbeständig sein (V4A, Glas, PE, PTFE).
- Zusätzlich müssen die Teile, die ins Abwasser eintauchen, glatt sein, damit sie wenig An- und Ablagerungsmöglichkeiten bieten.
- Weiterhin darf das Material, das mit Abwasser in Berührung kommt, insbesondere die Probenflaschen, nicht
 - zur Kontamination der Probe beitragen (z. B. Borosilikatglas → Silizium),
 - Stoffe ad- oder absorbieren, die zum Untersuchungsprogramm gehören (z. B. Kohlenwasserstoffe → Polyethylen, Spurenmetalle → Glas),
 - mit Inhaltsstoffen reagieren (z. B. Fluoride → Glas).
- Das Gehäuse des Probenehmers sollte aus korrosionsbeständigem Material sein.

4.2.4 Anforderungen an die Installation von automatischen Probenahmegeräten (nach KAUL, 1985)

Standortwahl des Probenehmers

- Bequemer, uneingeschränkter Zugang zur Probenahmestelle.
- Ausreichend Stell- und Bewegungsraum (z. B. für Gefrieraggregate).
- Lagerungsmöglichkeiten für Probenflaschen.
- Stromversorgung.
- Trinkwasseranschluß in der Nähe.
- Sicherung gegen unbefugtes Betreten oder Beschädigung.
- Ausreichend Platz für das Wechseln der Probenahmeflaschen.
- Zur Frachtermittlung muß die Probenahmestelle an einem Kontrollquerschnitt im Entwässerungssystem eingerichtet werden, an dem für alle Belastungsfälle eindeutig bestimmbare hydraulische Verhältnisse existieren, und es muß dort unbedingt eine kontinuierliche Durchflußmessung durchgeführt werden.
- Eine frostfreie Anordnung der Gesamtanlage ist für einen Betrieb zu jeder Jahreszeit von großem Vorteil.
- Bauliche Gestaltung in der Weise, daß auch eine Handprobennahme zu Vergleichszwecken möglich ist.

Einbauten im Kanal

- Da die Abwasserprobe die mittleren Güteverhältnisse zu einem bestimmten Zeitpunkt über den gesamten Kontrollquerschnitt wiedergeben soll, sind folgende Bedingungen zu beachten:

- Die Ansaugspitze sollte in einem Bereich guter Durchmischung und ca. 10 bis 30 cm unterhalb der Oberfläche positioniert sein (bei großen Sammlern tiefer).
- Die Ansaugspitze sollte frei beweglich installiert sein, damit die Entnahme stets im oberen Bereich des Wasserkörpers stattfindet. Weiterhin werden dadurch Ablagerungen und Verstopfungen der Ansaugspitze weitgehend verhindert.
- Schläuche und Kabel müssen an strömungsgeschützten Stellen installiert werden, damit die mechanische Beanspruchung so gering wie möglich bleibt.
- Die Schlauchverbindungen dürfen keine Knicke oder Taschen aufweisen.
- Bei Entnahme von Rohabwasser empfiehlt sich ein Schlauchdurchmesser von mindestens 18 mm, Querschnittseinengungen sind unbedingt zu vermeiden.

4.2.5 Anforderungen an die Konservierung/Stabilisierung von Abwasserproben

Durch eine Konservierung oder Stabilisierung soll eine weitgehende Verhinderung von Parameterveränderungen in der gezogenen Probe erreicht werden. Diese Veränderungen sind bedingt durch

- Bakterien, Algen oder andere Mikroorganismen,
- Oxidation durch gelösten Sauerstoff in der Probe oder atmosphärischen Sauerstoff,
- Niederschlag oder Ausgasung bestimmter Substanzen,
- Aufnahme von Kohlendioxid.

Eine entsprechende Konservierung bzw. Stabilisierung kann durch das Kühlen oder Einfrieren der Probe sowie durch Zugabe von Chemikalien erreicht werden. Näheres ist der ISO-Norm 5667/1,2,3 zu entnehmen.

4.2.6 Anforderungen an die Wartung und Bedienung der Probenahmegeräte

Die Güte der Meßergebnisse ist in hohem Maß von einer gewissen Bedienung und Wartung abhängig. Aus diesem Grund ist besonderes Augenmerk auf die Tätigkeiten des Wartungspersonals zu legen. Grundsätzlich ist eine ausführliche Einweisung in das Meßsystem durch den Betreiber vorzunehmen — bei aufwendigen Meßgeräten (z. B. kontinuierliches BSB-Meßgerät) sogar eine zusätzliche Einweisung durch die Herstellerfirma. Weiterhin ist der Wartungsablauf dem Wartungspersonal in schriftlicher Form zur Verfügung zu stellen. Die folgenden Arbeiten sollten als Mindestanforderungen im Wartungsablauf nicht fehlen.

- Eintragen sämtlicher Daten und Arbeiten in ein Probenahmeprotokoll, das der Betreiber in Anlehnung an das in der DIN 38 402, Teil 11 aufgeführte Protokoll zu erstellen hat.
- Vor dem Wechsel der Probenflaschen ist anhand der gezogenen Proben auf eventuelle Probenahmefehler zu schließen und die Fehlerquelle zu ergründen. Dabei ist auf Störmeldungen, Überschwemmungen und das Aussehen der Funktionsglieder zu achten.
- Die neu einzusetzenden Probenflaschen sind gründlich zu reinigen, sofern dies nicht schon vorher im Labor geschehen ist.
- Beim Flaschenwechsel ist sorgfältig darauf zu achten, daß die Numerierung der Flaschen nicht vertauscht wird.
- Nach dem Flaschenwechsel sind gegebenenfalls die Förder-, Dosier- und Verteilereinrichtung zu säubern.
- Weiterhin ist eine Funktionsüberprüfung durch Auslösung einer Sofortprobennahme durchzuführen und auftretende Fehler sind zu beheben.
- Der gesamte Wartungsablauf sollte so schnell wie möglich nach Abschluß der Beprobung des Ereignisses durchgeführt werden.
- Beim Transport der Proben zum Labor sind Wärme und Licht einstrahlung zu vermeiden.

4.2.7 Sicherheitsmaßnahmen

Sofern quantitative oder qualitative Messungen in Schächten, Kanälen und anderen Bauwerken und Räumen der Abwasserab-
leitung und Abwasserbehandlung unter Erdgleiche durchzuführen sind, muß grundsätzlich mit dem Vorhandensein oder Auftreten gefährlicher Stoffe gerechnet werden. Es sind deshalb die von der Fachgruppe Abwasser des Bundesverbandes der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand aufgestellten „Sicherheitsregeln für Arbeiten in Schächten, Kanälen und anderen Bauwerken und Räumen der Abwasserab-
leitung und Abwasserbehandlung (GUV 17.6)“ zu beachten.

4.3 Probenahmeverfahren

4.3.1 Einführung

Nachdem in den vorherigen Kapiteln die Anforderungen an die Probenahmeverfahren definiert wurden, sollen nun diese Verfahren kurz beschrieben werden. Mit der Beschreibung läßt sich dann die Wahl des für das Untersuchungsprojekt geeigneten Verfahrens durchführen. Bei der Wahl des Verfahrens sollte möglichst auf das Probenahmeprinzip zurückgegriffen werden, welches in der jeweiligen Situation am geeignetsten und am häufigsten verwendet ist. Somit wird eine gute Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Meßsystemen erreicht. Die Hand-Probenahme stellt nach wie vor noch eine sehr zuverlässige und genaue Methode dar, da Fehler bei der Förderung, Dosierung, Probenverteilung, Konservierung und der Probenaufbewahrung vermieden werden, sofern die Probe sofort im Labor analysiert wird. Sie sollte des öfteren zu Vergleichsmessungen herangezogen werden.

4.3.2 Hand-Probenahmegeräte

Schöpfbecher sind einseitig offene Gefäße (Volumen 0,5–2 l), befestigt an Stangen oder Leinen. Sie sind geeignet zur Probenahme aus oberflächennahen Wasserschichten.

Schöpfapparate sind durch Klappen oder Ventile verschließbare Hohlkörper zur Entnahme von Abwasserproben aus definierten Wassertiefen.

4.3.3 Schlauchpumpe

Durch eine wandemde, punktförmige Zusammenpressung eines elastischen Spezi-
alschlauches wird die Flüssigkeit in Förderrichtung bewegt; gleichzeitig wird im nachfolgenden Schlauchstück ein Sog erzeugt, der weitere Flüssigkeit ansaugt (Abbildung 5). In den meisten Fällen wird die Laufzeit der Schlauchpumpe durch eine Zeitschaltung gesteuert, wobei das Startkommando von einem Durchflußmeßgerät ausgeht. Um eine bessere Proportionalität zu gewährleisten und Verzerrungen der Probenqualität zu verhindern, kann mittels einer zweiten Schaltuhr ein Rücklauf der Pumpe durchgeführt werden. Damit wird nach Ablauf der Probenahme die Drehrichtung der Pumpe umgekehrt und das sich im

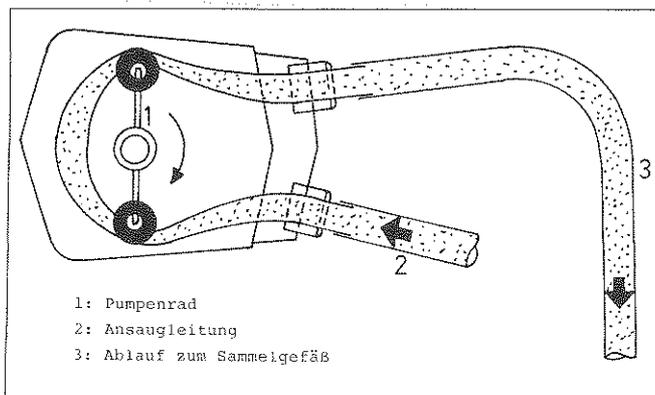


Abbildung 5: Schlauchpumpe (nach SCHUMANN 1978)

Ansaugschlauch befindliche Abwasser zurückgeführt, d. h. bei Beginn der nächsten Probenahme ist der Ansaugschlauch wieder leer. Angesaugte Sedimente können die Lebensdauer des Schlauches verkürzen.

4.3.4 Aufzug/Schöpfgefäß

Der Probenehmer besteht aus einem Wagen mit einem Schöpfgefäß, welches bei der Entnahme an einer Führungsschiene nach unten gleitet. Ist die vorab eingestellte Tiefe erreicht, hält der Wagen an, das Gefäß wird gefüllt, und anschließend wird die Probe nach oben befördert. Beim Erreichen der Ausgangshöhe wird die gezogene Probe über einen Trichter in die Probenflasche abdosiert (Abbildung 6).

Da die Abwasserproben unabhängig vom Wasserstand stets aus gleicher Tiefe gezogen werden, taucht die Führungsschiene bei höheren Wasserständen in das Abwasser ein. Dies kann zu Verschmutzungen und im Winter zu Vereisungen führen. Aus diesem Grund sollte das Gerät nur in leicht verunreinigtem Abwasser, am besten mit einer Heizung versehen, bzw. in frostfreien Räumen eingesetzt werden.

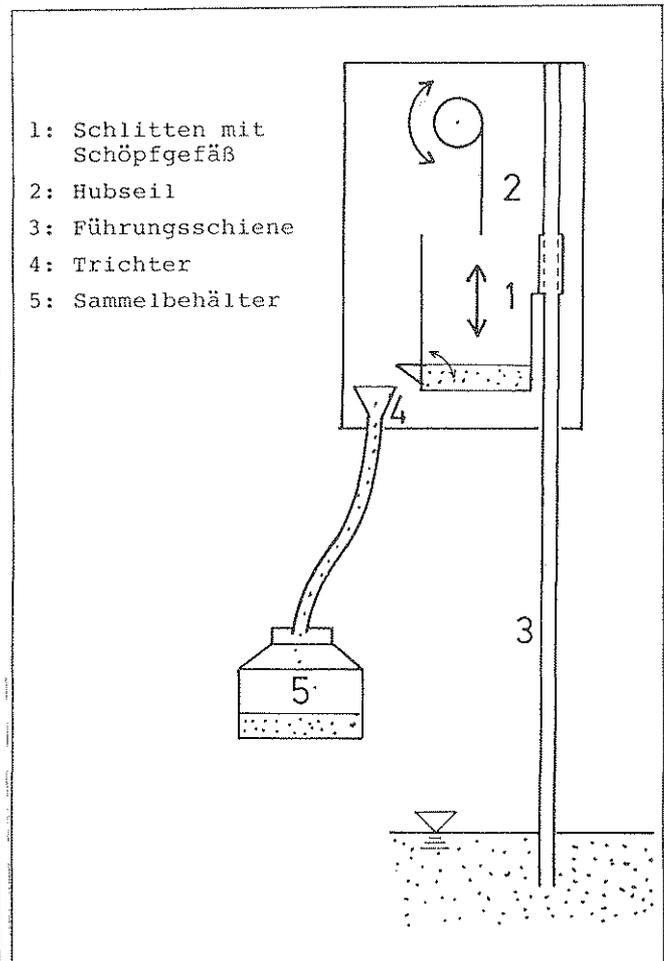


Abbildung 6: Aufzug/Schöpfgefäß (nach SCHUMANN 1978)

4.3.5 Schöpfwerk

Über eine Förderpumpe wird stetig Abwasser in ein Schöpfgefäß mit Überlauf gefördert. Aus dieser Abwasservorlage wird durch einen Schöpfer Abwasser in einen Sammelbehälter gefördert. Die Dosierung der Probenmenge wird über die Förderzeit des Schöpfers geregelt, die Proportionalität hängt von dem Fördervolumen und der Förderfrequenz ab (Abbildung 7).

Ungenauigkeiten bezüglich der Inhaltsstoffe können durch eine Sedimentation im Schöpfgefäß bedingt sein. Das Gerät ist deshalb vorzugsweise in leicht verschmutztem Abwasser einzusetzen.

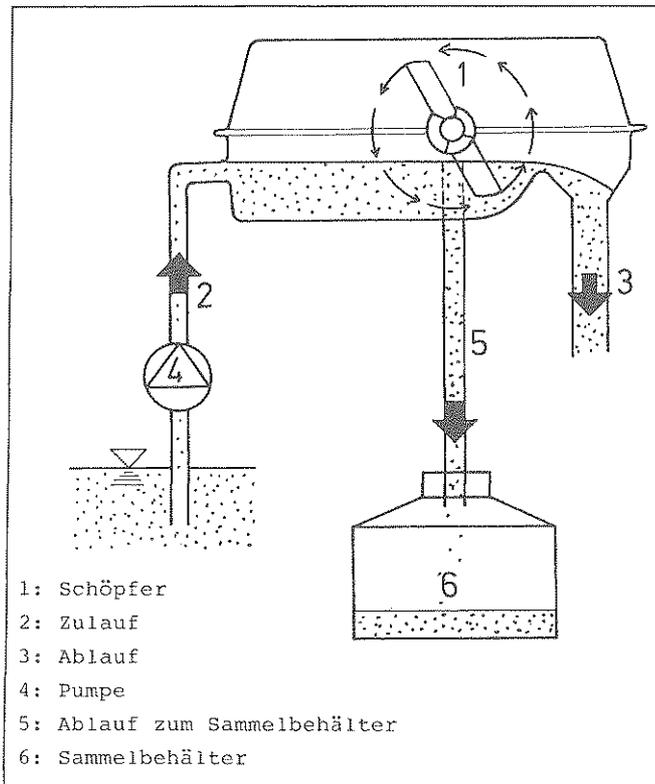


Abbildung 7: Schöpfwerk (nach SCHUMANN 1978)

4.3.6 Weiche

Bei dieser Probenahme wird über eine kontinuierlich fördernde Pumpe Abwasser gefördert. Das entnommene Abwasser wird je nach Stellung der Weiche entweder direkt wieder in den Abwasserkanal zurückgeleitet oder zur Probenahme in ein Sammelgefäß gefördert. Die Wasserweiche stellt ein bewegliches Rohr dar, das durch einen steuerbaren Magneten und eine Feder über den Ablauf zum Kanal oder zum Sammelgefäß positioniert wird (Abbildung 8). Die mengenproportionale Mischprobe wird entweder mit durchflußabhängigen Dosierzeiten bei konstanter Umschaltfrequenz oder mit durchflußabhängiger Umschaltfrequenz bei konstanten Dosierzeiten erreicht (vgl. Abb. 3).

4.3.7 Vakuumförderung

Geräte nach dieser Methode arbeiten mit einer Vakuumpumpe, einer Ansaugleitung, einem Dosiergefäß und der dazugehörigen Steuereinrichtung. Bei Anwendung des Vakuumprinzips kommt das anzusaugende Medium mit keinerlei rotierenden oder störanfälligen Aggregaten in Berührung. Es ist deshalb auch dort einsetzbar, wo andere Geräte aufgrund erschwerter Betriebsverhältnisse nicht mehr verwendet werden können.

In der ersten Arbeitsphase wird das Quetschventil geschlossen und die Ansaugleitung freigeblasen, damit stets eine frische Probe gezogen werden kann. In der zweiten Phase wird die Abwasserprobe in das Dosiergefäß gesogen. Die nicht benötigte Abwassermenge wird in der dritten Phase wieder über die Ansaugleitung ausgeblasen, nur die vorgewählte Probenmenge verbleibt

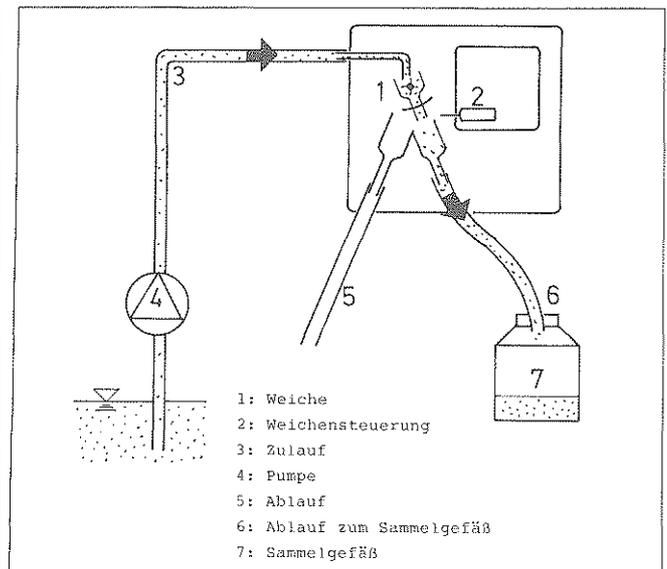


Abbildung 8: Wasserweiche (nach SCHUMANN 1978)

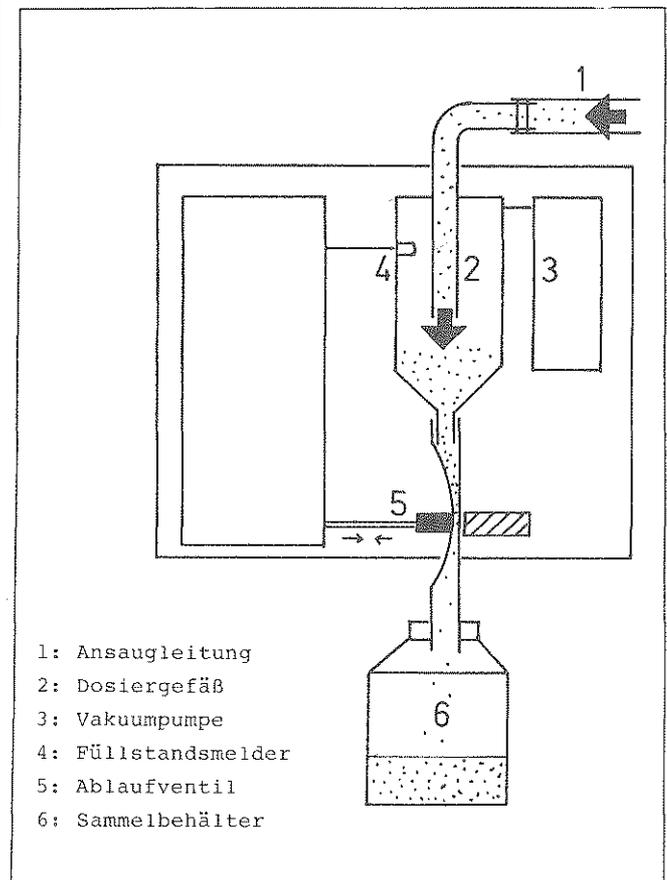


Abbildung 9: Vakuumförderung (nach SCHUMANN, 1978)

im Dosiergefäß. In der vierten Phase wird das Quetschventil geöffnet und die Probe in das Sammelgefäß abdosiert (Abbildung 9).

Die maximale Schlauchlänge liegt zwischen 20 und 30 m, die größtmögliche Förderhöhe zwischen 6 und 8 m. Mit zunehmender Schlauchlänge und/oder Förderhöhe verlängert sich das mögliche Probenahmeintervall.

4.3.8 Spezielle Probenahmeverfahren

Als spezielle, nicht weit verbreitete Verfahren seien hier noch die Probenahmeprinzipien „Druckluftförderung“, „Eintauchsammler“ und „Motorpipette“ genannt. Sie werden in ganz speziellen Fällen eingesetzt.

4.4 Analyseverfahren

Grundlage für Probenahme, Probenkonservierung sowie für die Ermittlung der physikalischen und chemischen Beschaffenheit von Wasser bilden die DIN 38 400 u. ff., die die „Deutschen Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung“ ersetzen. Das bei der Untersuchung angewandte Verfahren ist anzugeben.

5. Kontinuierliche Gütemessung

5.1 Einführung

Die kontinuierliche Gütemessung hat stetig an Bedeutung gewonnen. Dies insbesondere aufgrund von zwei Vorteilen, die gegenüber der diskontinuierlichen Gütemessung zu verzeichnen sind.

Zum einen lassen sich durch eine kontinuierliche Messung die zu messenden Prozesse mit wesentlich höherer zeitlicher Auflösung erfassen. — Für eine On-line-Messung, die im operationellen Betrieb erforderlich ist, ist die kontinuierliche Messung von Güteparametern mit hoher zeitlicher Auflösung eine Grundvoraussetzung.

Andererseits wird der Meßwert der Konzentration direkt am Auswertegerät bereitgestellt. Es entfällt also der recht aufwendige Teil der Wartung von Probennehmern sowie die Probenaufbewahrung, -konservierung, und -transport. Weiterhin werden damit eine Reihe von Fehlerquellen umgangen, wodurch die Zuverlässigkeit des Gesamtergebnisses erhöht wird.

Es lassen sich zwei prinzipielle Verfahrenswege unterscheiden. Einerseits werden die Meßwertaufnehmer durch direktes Eintauchen im Kontrollquerschnitt mit dem Meßmedium in Kontakt gebracht und andererseits wird das Meßmedium im Bypass an den Meßwertaufnehmern vorbeigeführt (FEYEN).

5.2 Messen durch Eintauchen von Meßwertaufnehmern

In der Regel werden als Meßwertaufnehmer Sonden verwendet, die je nach Wasserstandsschwankungen fest an Schienen oder Stangen montiert, an Seilen oder Kabeln frei hängend oder auf Schwimmern installiert werden. Im wesentlichen ist darauf zu achten, daß die Meßwertaufnehmer stets Kontakt mit dem Meßmedium haben. Dies kann durch An- bzw. Ablagerungen oder durch Absinken des Wasserstandes bei fester Installation der Sonden beeinträchtigt werden. Weiterhin ist die Eintauchtiefe für die Repräsentation der Meßergebnisse entscheidend. Eine variable Höhenverstellung eignet sich besonders, um auf variable Wasserstände zu reagieren. Die üblichen Parameter, die mit Hilfe von Eintauchsonden gemessen werden, sind: Elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Trübung, O₂-Gehalt, Temperatur.

5.3 Kontinuierliche Gütemessung im Bypass

Kontinuierliche Gütemessungen im Bypass werden entweder durchfluß- oder zeitproportional (vgl. Abb. 3) durchgeführt. Dies ist lediglich für eine Frachtermittlung von Bedeutung, nicht jedoch für die Art der Messung. Es werden sowohl Sonden als auch On-line-Analysenverfahren eingesetzt. Die Sonden werden bei diesen Verfahren so in den Fließquerschnitt eingebracht, daß die Meßwertaufnehmer stets vom Meßmedium vollumströmt sind. Es werden dieselben Sondenverfahren verwendet, jedoch sind die Sonden weniger robust (Laborausführung).

Bei den On-line-Analysenverfahren wird in der Regel eine Abfiltrierung der Grobstoffe vorgenommen. Die Analysengeräte sind sehr aufwendig und komplex in ihrer Wartung und Bedienung. Der Preis ist enorm hoch (z. Z. ca. 35 000,— DM bis 80 000,— DM je nach Parameter). Die folgenden Parameter können z. Z. kontinuierlich im Bypass analysiert werden: NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, BSB₃min, CSB, TOC und Cl.

5.4 Kalibrierung und Wartung von kontinuierlichen Meßgeräten

Die Kalibrierung und Wartung der kontinuierlichen Meßgeräte ist für die Genauigkeit der Ergebnisse von großer Bedeutung. Sonden werden durch wiederholtes Eintauchen in unterschiedliche Kalibrierlösungen kalibriert. Dabei ist darauf zu achten, daß die Sonden vorher mit destilliertem Wasser gereinigt werden, damit die Kalibrierlösungen nicht verunreinigt werden. Eine Kalibrierung der Sonden sollte einmal pro Woche durchgeführt werden. Dieses Kalibrierintervall ist bei unplausiblen Meßergebnissen zu verkürzen. Die Kalibrierung der On-line-Analysengeräte kann entweder ebenfalls durch Beschickung des Gerätes mit Kalibrierlösungen oder durch Paralleluntersuchungen des Meßmediums im Labor geschehen. Häufig kalibrieren sich die Analysengeräte nach einem einstellbaren Zeitintervall selbst.

Die Wartungsarbeiten umfassen die folgenden Arbeitspunkte:

- Plausibilitätskontrolle der Meßwertaufzeichnungen, Herleiten von Fehlermöglichkeiten aus den Aufzeichnungen
- Reinigung der Meßwertaufnehmer, ggf. Prüfung der elektronischen Kontakte der Meßwertübertragung (Kabel, Stecker, Klemmen)
- Regelmäßige Kalibrierung der Geräte

6. Datenauswertung

6.1 Datenaufbereitung

Da bei den qualitativen Durchflußmessungen in der Regel massenhaft Daten anfallen, empfiehlt es sich, die Daten auf elektronischen Datenträgern abzuspeichern. Die meisten kontinuierlichen Meßgeräte liefern als Meßwert ein analoges Signal von 0 bis 20 mA, welches über einen Analog-/Digital-Wandler in digitale Meßwerte umgeformt werden kann. Diese anfallenden digitalen Rohdaten sollten vor einer Weiterverarbeitung abgespeichert werden. — Ähnlich sollte auch mit den Daten der quantitativen Durchflußmessung verfahren werden.

Von den diskontinuierlich aufgenommenen Daten muß der exakte Zeitraum der Probenentnahme aufgezeichnet werden, damit später eine zeitliche Zuordnung zu der parallel durchgeführten Durchflußmessung geschehen kann. Bei einer elektronischen Datenregistrierung werden diese digitalen Signale als Statusmeldungen ebenfalls aufgezeichnet, und den Proben wird eine eindeutige Numerierung zugewiesen.

In einem weiteren Schritt werden die kontinuierlich registrierten Meßwerte anhand von ermittelten Kalibrierungsparametern in kontinuierliche Konzentrationsganglinien umgerechnet. Den diskontinuierlichen Probenahmen können die im Labor ermittelten Konzentrationen der Güteparameter zugeordnet werden. Diese Konzentrationswerte sollten dem mittleren Entnahmezeitpunkt zugeordnet werden. Die somit erhaltenen diskreten Meßwerte können anschließend durch lineare Interpolation zu einer Konzentrationsganglinie vervollständigt werden.

Soll für einen größeren Untersuchungszeitraum eine mittlere Konzentration bestimmt werden, so sind die erhaltenen Konzentrationswerte durchflußproportional zu wichten und anschließend zu mitteln. Dies kann auch schon durch eine durchflußproportionale Probenahme erreicht werden. Als Ergebnis erhält man eine mittlere Ereigniskonzentration.

6.2 Frachtermittlung

Als Voraussetzung für eine Frachtermittlung müssen für den zu untersuchenden Zeitraum Durchflußganglinien und Konzentrationganglinien der relevanten Güteparameter als Funktionen der Zeit vorliegen. Im ersten Berechnungsschritt werden der Durchfluß [l/s] und die Konzentration [mg/l] miteinander multipliziert. Man erhält eine Frachtratenganglinie [mg/s], deren Integration über die Zeit die Gesamtfracht [g] des im Untersuchungszeitraum zum Abfluß gelangenden Schmutzstoffes im Abwasser ergibt.

Sofern eine mittlere Ereigniskonzentration [mg/l] vorliegt, wird diese analog mit dem Durchfluß [l/s] multipliziert. Das Ergebnis ist wiederum eine Frachtratenganglinie [mg/s], deren Integration über die Zeit die Gesamtfracht [g] des Ereignisses ergibt.

6.3 Fehlerquellen

Abschließend sollen hier Fehlerquellen, die bei einer Frachtberechnung auftreten können, dargestellt werden. Die Fehler lassen sich dabei wie folgt den einzelnen Arbeitsschritten zuordnen.

Die aufgeführten Fehlerquellen sollen lediglich einen Überblick über Fehlermöglichkeiten geben. Eine Quantifizierung der Fehlergrößen ist dadurch nicht gegeben. Die Anzahl der Fehlerquellen gibt keine Größenordnung für den Fehler an. Eine Quantifizierung der einzelnen Fehler ist zum Teil schon erfolgt, so daß für spezielle Meßsysteme eine Fehlerabschätzung möglich ist.

7. Literatur

ATV-Landesgruppentagung:
Vorbereitung auf den Vollzug des Abwasserabgabengesetzes in Baden-Württemberg, 20./21. 9. 1979, Sonderdruck

DIN 38402, Teil 11:
Allgemeine Angaben, Probenahme von Abwasser, Juni 1985

Fehlerquelle Quant. Messung	Nur Wasserstand, Quers.einengung		Querschnittsfläche + Fließgeschwindigkeit
	Ja	Nein	
Meßgerät Wasserst.	JA	JA	JA
Meßgerät Geschw.	NEIN	NEIN	JA
Extremalprinzip	JA	NEIN	NEIN
Geschw.formel	NEIN	JA	NEIN
Meßpunkt Geschw.	NEIN	NEIN	JA

Fehlerquelle Qual. Messung	Diskont.PN+ Laboranal.	Kontinuierliche Analyse	
		Bypass	Eintauchen
Meßpunkt	JA	JA	JA
Entnahmearart	JA	JA	NEIN
Kalibriergenauigkeit	NEIN	JA	JA
Werkstoffe	JA	JA	NEIN
Konservierung	JA	NEIN	NEIN
Probentransport	JA	NEIN	NEIN
Probenaufbereitung	JA	NEIN	NEIN
Analysenverfahren	JA	JA	NEIN
Zeitliche Zuordnung	JA	JA	JA
Rechenfehler Fracht		JA	

DIN 55350, Teil 14:
Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik, Begriffe der Probenahme, Dezember 1985

ISO-NORM 5667/1;2;3, Water quality — Sampling
Part 1: Guidance on sampling techniques
Part 2: Guidance on the design of sampling programmes
Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples

Doetsch P., Pöppinghaus K.:
Gewässergüte — Möglichkeiten der Quantifizierung, Gewässerschutz-Wasser-Abwasser, Nr. 69, 1985, S. 285—332

Endress und Hauser:
Abwasser — Meß- und Regeltechnik, 2. Ausgabe, 1. Auflage, Wassmer Lörach, 1981

Feyen H. A.:
Automatische Probenahme aus dem Abwasserkanal, Korrespondenz Abwasser, 3/74, S. 67—69

Feyen H. A.:
Automatische Abwasseruntersuchung und Meßwerterfassung auf der Kläranlage Würselen-Broichweiden, Inst. f. Siedlungswasserwirtschaft RWTH Aachen

Gudematsch H.:
Probleme der Probenahme und der Probenahmehäufigkeit in der Wasseranalytik, Forum Städte-Hygiene, 1982/33, S. 129—135

Gudematsch H.:
Probenahme als wesentlicher Bestandteil der Wasser- und Abwasseranalytik, Vom Wasser, 60. Band 1983

Kaul G.:
Erfahrungen mit Meßeinrichtungen und automatischen Probenehmern zur Schmutzfrachtbestimmung in der Mischwasserkanalisation, Korrespondenz Abwasser, 11/85, S. 982—985

Paulsen O.:
Kontinuierliche Simulation von Abflüssen und Stofffrachten in der Trennwässerung, Mitteilungen Heft 62, Institut für Wasserwirtschaft, Universität Hannover, 1987

Schumann H.:
Probensammlung als Voraussetzung zur Bewertung von Abwässern, WaBoLu — Berichte, 5/1978, D. Reimer Verlag

Schumann H., Imer H.:
Grundlagen, praktische Anwendung und offene Probleme bei Abwasser-Probenahmen, Schr.-Reihe Verein WaBoLu 52, 1981

HST

HST HYDRO-SYSTEMTECHNIK GMBH
 EMHILDISSTRASSE 16 TELEFON: 0291/2235
 D-5778 MESCHEDE TELEFAX: 0291/7691

Ihr Partner rund um's RÜB

**Wir sind Ihr Partner
rund um's RÜB**

für

- automatisch wirkende Wehre
- automatisch wirkende Drosseln
- gesteuerte Wehre
- IDM/Venturi-Abflußregelungen
- Meß- und Regeltechnik
- GFK-Produkte (Tauchwände usw.)
- Software für Überwachung, Auswertung, Simulation und Bemessung