

3 Methodik

Um einen Jahresgang des Abflusses zu erfassen und eine Referenz zu bereits vorhandenen Datenreihen herstellen zu können, wurde das hydrologische Jahr 2000 (Nov. 1999 bis Okt. 2000) für die Datenerhebung im Gelände ausgewählt. Am 20. jeden Monats sollten an den 16 Meßstellen die zu bestimmenden Daten erhoben werden. Da aus verschiedenen Gründen eine Messung nur am Wochenende stattfinden konnte, weichen die Termine ab, liegen jedoch alle am Ende der zweiten bzw. zu Beginn der dritten Dekade jeden Monats.

Konzeptionell war die Erfassung von Einzelereignissen wie Starkregen während eines Gewitters vorgesehen, konnte aber durch die große Entfernung zum Untersuchungsgebiet nicht realisiert werden.

3.1 Geländemethoden

3.1.1 Auswahl der Meßstellen

Die vom Deutschen Verband für Wasser- und Kulturbau (DVWK) herausgegebenen Regeln zu Schwebstoffmessungen (125/1986) und die Pegelvorschrift, Anlage D, „Richtlinie für das Messen und Ermitteln von Abflüssen und Durchflüssen“ von 1991, wurden zur Auswahl der Meßstellen herangezogen. Anzahl und Verteilung dieser sind demnach so zu wählen, daß das gesamte Gewässersystem schwerpunktmäßig erfaßt wird. Im Idealfall werden die Meßprofile in geraden Gewässerstrecken mit regelmäßigem Querschnitt und gleichverteilter Fließgeschwindigkeit angelegt (Anhang 5 Foto 3). Veränderungen der Gewässermorphologie wie Zu- und Ableitungen, Stauhaltung und sonstige Ausbaumaßnahmen sollten Berücksichtigung finden. Die individuelle naturräumliche Ausstattung eines Flusses modifiziert diese Regeln, was im Vorfeld der Messungen eine Geländebegehung unerlässlich macht. Im Ergebnis dieser Geländebegehung im Oktober 1999 wurden an Gottleuba und Wesenitz je acht Meßstellen festgelegt und vom Ober- zum Unterlauf fortlaufend nummeriert. Industrielle und kommunale Einleiter konnten nach vorangegangener Recherche (Information des Sächsischen Landesamtes Umwelt und Geologie über industrielle und kommunale Einleiter, November 1999) vernachlässigt werden.

An der Gottleuba und ihren Zuflüssen ergaben sich aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten folgende Meßstellen (Tab. 1, Abb. 3):

Meßstelle (MS) 1 Oelsen und MS2 Hartmannsbach befinden sich oberhalb und unterhalb der Tal Sperre Gottleuba, um eine Aussage zur möglichen Funktion als Sedimentationsbecken treffen zu können. MS3 an der Gottleuba und MS4 an der Bahra liegen unmittelbar oberhalb des Zusammenflusses beider Wasserläufe, um den Feststoffeintrag des Bahraeinzugs zu quantifizieren. MS5 wurde am hydrologischen Pegel 1. Ordnung Neundorf, der von 1.11.1967 bis 1991 auch als Schwebstoffbasisstation betrieben wurde, eingerichtet. Der Einfluß von Seidewitz und Bahrbach auf die Gottleuba soll durch die Anlage von MS6 und MS7 vor deren Zusammenfluß in Zehista unterschieden werden. Da sich das Meßprofil im Bahrbach (MS7) durch anthropogene Verbauung als ungünstig erwies, wurde diese Meßstelle aufgegeben und eine weitere an der Seidewitz, kurz vor Mündung in die Gottleuba (MS7.1 ab Januar 2000 betrieben), festgelegt. Oberhalb der Gottleubamündung in die Elbe sollte MS8 den Abfluß und den Feststoffaustrag aus dem EZG kumulativ erfassen. Während der Hochwassermonate an der Elbe von Februar bis Mai 2000 waren die Messungen an MS8 nicht möglich, da der Rückstau der Elbe weit in den Mündungsbereich der Gottleuba reichte. In dieser Zeit erfolgte die

Probenahme an MS 8.1 an der Brücke Sandsteinwerke in Pirna. Mündungsnah durchgeführte bauliche Maßnahmen zerstörten das Profil an MS 8, Meßdaten wurden von August bis Oktober 2000 an der MS 8.1 erfaßt.

MS-Nr.	Meßstelle	MTBI-Nr.	Hochwerte	Rechtswerte
1	Gottleuba, Brücke von Oelsen nach Breitenau	5149	56 30 950	54 23 450
2	Gottleuba, Brücke zum OT Hartmannsbach	5149	56 35 000	54 24 950
3	Gottleuba, ca. 30m vor Bahraeinmündung	5149	56 39 250	54 28 525
4	Bahra, Brücke von Langhenndorf nach Zwiesel	5149	56 39 125	54 28 485
5	Gottleuba, Pegel Neundorf	5049	56 42 825	54 28 225
6	Seidewitz, neue Brücke von Zehista nach Zuschendorf	5049	56 45 000	54 24 225
7.1	Seidewitz, am Netto-Markt in Pirna	5049	56 46 825	54 25 450
8	Gottleuba, Mündung	5049	56 47 975	54 24 375
8.1	Gottleuba, Brücke Sandsteinwerk Pirna	5049	56 47 800	54 25 050

Tab. 1 Meßstellen im Gottleuba-EZG mit Hoch- und Rechtswerten

Im EZG der Wesenitz gestaltete sich die Auswahl der Meßstellen schwieriger. Da es durch viele kleine Zuflüsse gekennzeichnet ist, wurden die Nebenflüsse ausgewählt, die aufgrund der Geländebegehung relevant erschienen (Tab. 2, Abb. 3).

MS 9 an der Fischermühle Putzkau ist die erste Meßstelle am Oberlauf, nachdem sich alle am Valtenberg entspringenden Bäche in die Wesenitz ergossen haben. Im Schloßpark Großharthau befindet sich MS 10 im Hauptfluß und MS 11 im Nebenfluß vor Mündung des Grunabachs in die Wesenitz. MS 12 gibt über den Zustand der Wesenitz Auskunft, bevor der Bühlbach einmündet. Trotz seiner geringen Wasserführung hat dieser einen deutlich sichtbaren Schwemmkegel in den Vorfluter geschüttet. Aufgrund dieser Tatsache wurde MS 13 im Bühlbach angelegt. MS 14 Elbersdorf fällt mit der Stelle des hydrologischen Pegels 1. Ordnung Elbersdorf zusammen. Für die dort betriebene Schwebstoffbasisstation liegen Daten der hydrologischen Jahre 1968 bis 1991 vor. In Liebenthal am Bonnewitzer Bach liegt MS 15. Am Hauptfluß konnte durch die steile Böschung zu beiden Seiten keine geeignete Stelle für Messungen gefunden werden. MS 16 ist an der Brücke in Pratzschwitz, etwa 500 m vor Mündung der Wesenitz, zu finden und quantifiziert den Abfluß und den Feststoffaustrag des EZG in die Elbe.

MS-Nr.	Meßstelle	MTBI-Nr.	Hochwerte	Rechtswerte
9	Wesenitz, Fischermühle Putzkau	4851	56 63 975	54 43 950
10	Wesenitz, Fußgängerbrücke Schloßpark Großharthau	4850	56 63 775	54 37 475
11	Grunabach, Fußgängerbrücke Schloßpark Großharthau	4850	56 63 825	54 37 475
12	Wesenitz, Brücke von der B6 nach Bühlau	4950	56 62 000	54 36 675
13	Bühlbach, Bühlau kurz vor Mündung in Wesenitz	4950	56 61 945	54 36 700
14	Wesenitz, Pegel Elbersdorf	4949	56 54 660	54 29 510
15	Bonnewitzer, Bach Brücke Hinterjessen Talmühle	5049	56 51 330	54 26 225
16	Wesenitz, Fußgängerbrücke Pratzschwitz	5049	56 48 475	54 22 750

Tab. 2 Meßstellen im Wesenitz-EZG mit Hoch- und Rechtswerten

3.1.2 Durchführung der Messungen

Der Feststofftransport eines Fließgewässers wird durch verschiedene Komponenten gesteuert. Die im Wasser transportierten Feststoffe setzen sich aus dem an der Sohle bewegten Geschiebe (Begriff aus der Gewässerkunde; nicht zu verwechseln mit dem in der Glazialmorphologie gleichlautenden Begriff des Gesteinstransportes durch Gletscher- oder Inlandeis) und dem in Schwebelage im Wasser mitgeführten Feststoff zusammen. Aufgrund der groben Sohlstruktur der Flüsse, war eine Messung der Geschiebetransportmengen mit einem Geschiebefänger nicht möglich. In der vorliegenden Arbeit können demzufolge nur Aussagen zu dem Transport der suspendierten Feststoffe getroffen werden.

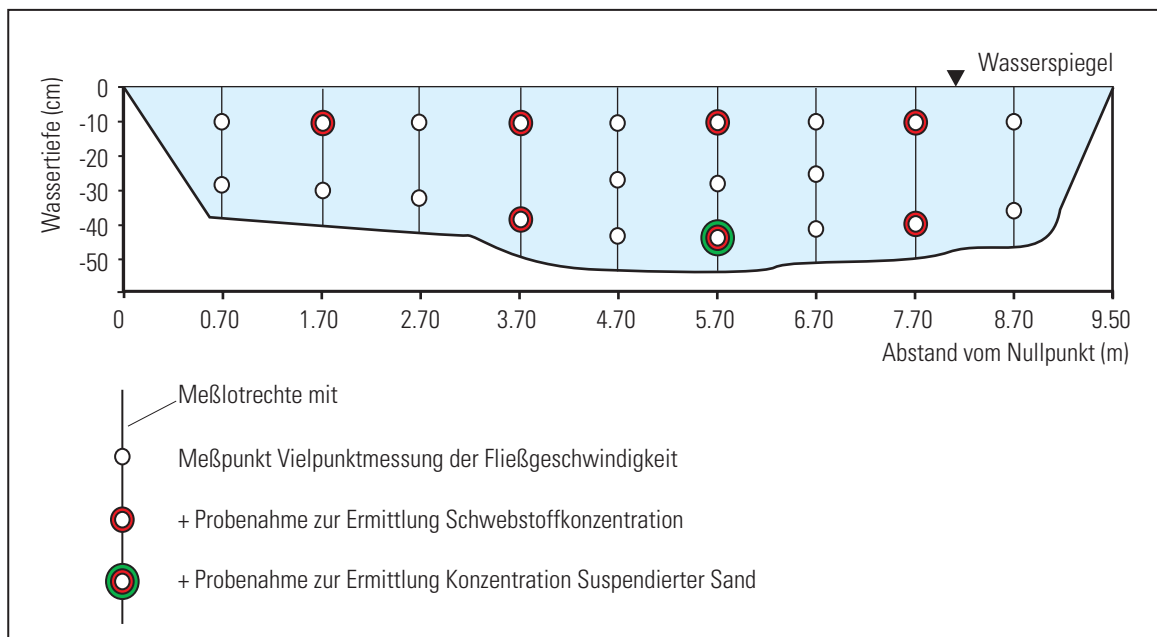


Abb. 8 Schematische Darstellung eines Meßprofilquerschnitts

Ein wesentlicher Parameter, der die Höhe des Feststofftransportes bestimmt, ist der Abfluß. Um diesen zu ermitteln, muß zunächst der Gewässerquerschnitt im Meßprofil bestimmt werden (Abb. 8). Die Breite des Profils wurde mit einem Maßband gemessen, das über den gesamten Querschnitt gespannt war. Die Wassertiefe wurde in äquidistanten Schritten mit der cm-skalierten Pegelstange ermittelt. Über die Breite und die verschiedenen Wassertiefen ergibt sich der durchflossene Querschnitt in m^2 . Nach dieser Profilverfestlegung wurde die Fließgeschwindigkeit in hinreichend vielen Lotrechten und Wassertiefen bestimmt (Kap. 3.2.1), wobei nach DVWK - Regeln, Anlage D der Pegelvorschrift, der Abstand der Meßlotrechte von der Breite des Gewässers, die Zahl der Meßpunkte je Lotrechte von der Wassertiefe (Anhang 1) abhängig ist.

Durch die Bestimmung der Wassertiefen können ebenfalls Aussagen zur Sohloberfläche innerhalb des Profils und ihrer Veränderung im Jahresgang getroffen werden. Um den Gehalt an suspendiertem Feststoff im Wasser zu ermitteln, wurden nach erfolgter Bestimmung der Fließgeschwindigkeit in den gleichen Punkten im Gewässerquerschnitt jeweils 1-Liter-Wasserproben (Abb. 8 und Anhang 5 Foto 1) entnommen und im Labor analysiert (Kap. 3.2.2). Um Aufschluß über die Korngrößenzusammensetzung des transportierten Materials zu gewinnen, werden im allgemeinen Durchflußzentrifugen eingesetzt. Dies war in dieser Arbeit nicht möglich. Um dennoch Aussagen über das suspendiert

transportierte Größtkorn treffen zu können, wurde an ausgewählten Meßterminen eine größere Probenmenge 10 cm über Sohle (Abb. 8 und Anhang 5 Foto 2) über ein 63 µm-Sieb abgepumpt. Aus der Pumpenleistung und der Zeitdauer des Pumpens berechnet man das Filtrivolumen. Die Trockenmasse des aufgefangenen Materials wurde später im Labor bestimmt und kann nach Trennung von den organischen Bestandteilen als Suspendierter Sand angesprochen werden.

Da die Sohlbeschaffenheit ebenfalls Einfluß auf den Feststofftransport eines Fließgewässers ausübt, wurden einmal im Beobachtungszeitraum Sohlproben entnommen und die Korngrößenzusammensetzung im Labor bestimmt (Kap. 3.2.4).

3.2 Erfasste Parameter

3.2.1 Fließgeschwindigkeit

Wie in Kap. 3.1.2 beschrieben, ist die Durchführung von Vielpunktmessungen der Fließgeschwindigkeit die genaueste Methode zur Ermittlung des Abflusses und des Feststofftransportes an suspendiertem Material. Im Laufe des Jahres kamen zwei Geräte zur Fließgeschwindigkeitsmessung mit unterschiedlichen Meßprinzipien zum Einsatz.

3.2.1.1 Strömungssensor Nautilus C 2000

Der magnetisch-induktive Strömungssensor Nautilus C2000 der Firma Ott Hydrometrie arbeitet nach dem Faradayschen Funktionsprinzip. Die Strömung des Wassers induziert in einem, durch eine Magnetspule erzeugtem, Magnetfeld eine proportionale Spannung (Pegelvorschrift Anlage D). Über einen Meßzeitraum von 50 Sekunden wird im Impulsumwandler Sensa Z 300 der Firma Ott Hydrometrie wiederholt die Spannung gemessen und anschließend ein Mittelwert errechnet. Die Fließgeschwindigkeit (m/s) wird auf der digitalen Anzeige mit einer Genauigkeit von 1 mm/s angegeben (Abb. 9).

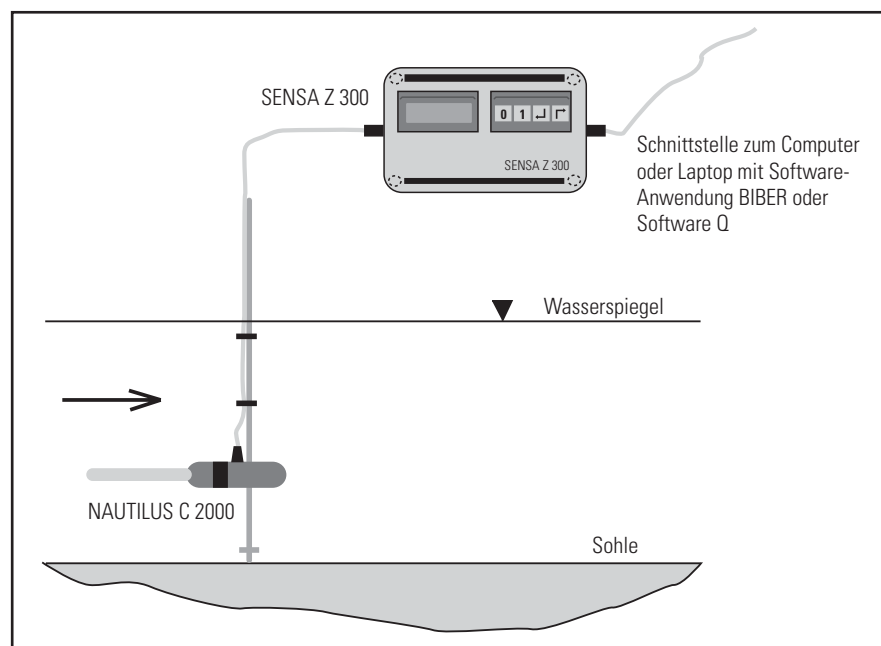


Abb. 9 Meßaufbau Strömungssensor (SCHULUNGSUNTERLAGEN DER FIRMA OTT HYDROMETRIE | 1999), bearbeitet M. Schönherr 2001

3.2.1.2 Stangenflügel Firma SEBA

Für die Messung im April 2000 wurde ein Stangenflügel (Flügelschaukel 2410250125) der Firma SEBA verwendet, da der Strömungssensor nicht zur Verfügung stand. Der Einsatzbereich des Strömungssensors deckt sich zum Teil mit dem des Stangenflügels (Pegelvorschrift Anlage D, 1991). Durch die Strömung des Wassers wird eine Schaukel zur Rotation gebracht (Abb. 10) und die Anzahl der Umdrehungen in einer bestimmten Zeit ermittelt. Der Impulsumwandler Sensa Z 300 zeigt im Falle des Einsatzes des Stangenflügels die Umdrehungen auf dem Display an. Eine Umrechnung in die Fließgeschwindigkeit muß anhand der Eichgleichung des Meßflügels später durch den Bearbeiter erfolgen. Da ein mechanisch bewegliches Teil zur Rotation gebracht wird, ist eine Messung unter 10 cm nur schwer möglich.

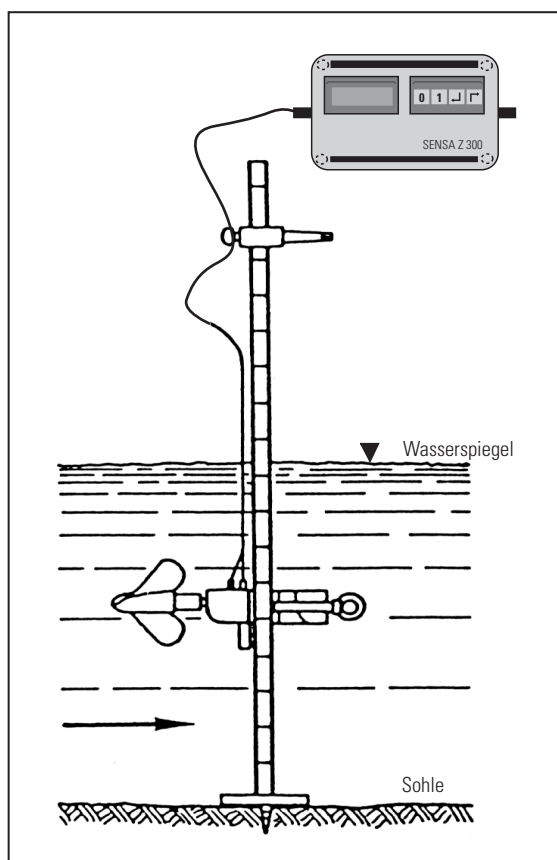


Abb. 10 Schematische Darstellung eines Meßflügels
(WOHLRAB ET AL. 1992), bearbeitet M. Schönherr 2001

3.2.2 Abfiltrierbare Stoffe

Die suspendierten Feststoffe werden nach dem Prinzip ihrer gravimetrischen Bestimmung auch als abfiltrierbare Stoffe bezeichnet. Nach DIN 38 409 Teil 2, 03/1987 versteht man unter abfiltrierbaren Stoffen die volumenbezogene Masse (mg/l) der im Wasser enthaltenen ungelösten Stoffe, die unter bestimmten Bedingungen abfiltriert und im Anschluß an ein festgelegtes Trocknungsverfahren ausgewogen werden. Solche ungelösten Stoffe werden in Sink-, Schweb- und Schwimmstoffe organischer oder anorganischer Zusammensetzung unterteilt. Für die Höhe des Feststofftransportes sind Schwimmstoffe (Blattreste, Zweige, Eis etc.) weitestgehend zu vernachlässigen. Da jegliche Form der Probenahme im Gewässer nur eine Momentaufnahme ist, kann nicht eindeutig unterschieden werden, ob sich ein einzelnes Partikel in Schwebelage befindet oder schon eine Absinkbewegung ausführt. Daher ist es üblich, die abfiltrierten Stoffe einer Wasserprobe allgemein als Schwebstoff zu bezeichnen.

3.2.2.1 Bestimmung des Schwebstoffgehaltes

Die Bestimmung des Schwebstoffgehaltes der entnommenen 1-Liter-Wasserproben erfolgte nach DIN 38409, Teil 2 „Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe und des Glührückstandes“, spätestens 24 Stunden nach der Entnahme, im Labor. Abweichend von der DIN-Vorschrift wurden mit Aqua dem. vorgespülte Glasfaser-Vorfilter-GF92 der Firma Schleicher & Schüll (Kap. 3.2.3) mit bekanntem Leergewicht für die Unterdruckfiltration verwendet. Deren Retentionsvermögen liegt nach BÖGEHOLD (2001) bei 92 %.

3.2.2.2 Bestimmung des Gehaltes an Suspendiertem Sand

Der Schwebstoffgehalt einer Wasserprobe kann willkürlich nach der Korngröße in einen Anteil kleiner $63\ \mu\text{m}$ (Feinschwebstoff) und in einen Anteil größer $63\ \mu\text{m}$ (Suspendierter Sand) unterteilt werden. Beide Anteile zusammen ergeben den Gesamtschwebstoff.

Zur Bestimmung des Suspendierten Sandes wurde der Siebrückstand größer $63\ \mu\text{m}$, der im Feld gewonnen wurde, im Labor bei $105\ ^\circ\text{C}$ im Trockenschrank getrocknet und anschließend gewogen. Da der Begriff Sand eine rein mineralische Komponente bezeichnet, wurde in einem weiteren Schritt der Anteil der organischen Substanz ermittelt (Kap. 3.2.3) und von der bestimmten Trockenmasse abgezogen. Um die Konzentration des Suspendierten Sandes ermitteln zu können, wird die Trockenmasse auf das Filtrivolumen der Pumpe (Kap. 3.1.2.) bezogen.

3.2.3 Bestimmung der organischen Substanz

Die organische Substanz wird nach DIN 38409, Teil 2 durch das Glühen einer Probe bei $550\ ^\circ\text{C}$ bestimmt. Der auftretende Gewichtsverlust durch das entweichende Kohlendioxid wird dabei als Maß für den prozentualen Anteil an organischer Substanz in der Probe verstanden.

In der Fraktion größer $63\ \mu\text{m}$ konnte sie aufgrund der größeren Probenmenge nach diesem Prinzip ermittelt werden.

Auch für den Feinschwebstoff sollte die organische Substanz ermittelt werden. Demzufolge wurden aschefreie Glasfaservorfilter für die Filtration verwendet. Diese können ohne Gewichtsverluste jedoch nur auf $500\ ^\circ\text{C}$ erhitzt werden. Die Angaben zur organischen Substanz in den filtrierten Wasserproben sind demzufolge abweichend von der DIN ermittelt worden.

3.2.4 Bestimmung der Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung der entnommenen Sohlproben wurde nach DIN 18123 durch Trockensiebung ermittelt und mit der Anwendung KORN, Version 1.10, (in der BfG Koblenz * Berlin entwickelt) ausgewertet und visualisiert.

Zur Analyse der Korngrößenverteilung des Suspendierten Sandes wurde mit dem Coulter LS 200 gearbeitet. Das Gerät zur Untersuchung von Sand-, Schluff- und Ton-Kornmischungen funktioniert nach dem Prinzip der Laserbeugung. Die Teilchen werden in einer Elektrolytflüssigkeit schwimmend durch eine Öffnung geführt und über den Beugungswinkel des Lasers wird mit einem optischen Gerät deren Größe bestimmt. Dabei wird jedes Partikel als Kugel behandelt. Mit der Coulter-Software, Version 2.11a wurde die Korngrößenverteilung des Suspendierten Sandes als Häufigkeitskurve und als Summenhäufigkeitskurve dargestellt.

3.3 Fehlerbetrachtung zur Meßdurchführung und Probenahme

Meßstellen: An MS 4 wurden nach der Dezembermessung ungünstige Profilverhältnisse deutlich. Die Meßstelle wurde um 100 m flußaufwärts verlegt. Dadurch sind die November- und Dezemberwerte 1999 nicht unmittelbar mit denen von Januar bis Oktober 2000 ermittelten vergleichbar.

MS 7 (Bahrebach) wurde im Januar 2000 gänzlich aufgegeben, die Werte von November und Dezember 1999 sind hinfällig.

MS 7.1 wurde im Januar 2000 neu errichtet. Es fehlen die Werte für November und Dezember 1999.

MS 8.1 ist als Ausweichmeßstelle für MS 8 errichtet worden. Die Werte beider Meßstellen sind nicht unmittelbar vergleichbar, in der Auswertung aber zu einer Wertereihe zusammengefügt.

Meßprofile: Die Profile sind bei der Errichtung genauestens beschrieben, aber nicht stationär durch Pflöcke o. ä. festgelegt worden. Die Profilstelle kann im dm- bis m-Bereich schwanken, so daß der Querschnitt nicht genau dem des Monats davor entsprechen könnte.

Meßgeräte: Während der Märzmessung mit dem Strömungssensor traten an MS 14 Elbersdorf erstmals Fehlermeldungen auf. Einige danach gemessene Werte, vor allem bei starken Strömungen, erscheinen sehr hoch. Eine Anfrage beim Gerätehersteller ergab, daß keine Aussage über die Genauigkeit dieser Werte getroffen werden kann.

Bei einem Einsatz des Meßflügels können keine Fließgeschwindigkeiten bei Wassertiefen unter 10 cm ermittelt werden. Dadurch entfiel im April 2000 die Abflußmessung an MS 2.

3.4 Auswertungsmethoden

3.4.1 Abflußberechnung

Die während der Messungen ermittelten Parameter zum durchflossenen Meßquerschnitt und den Fließgeschwindigkeiten wurden zur Berechnung des Abflusses in ein datenbankbasierendes Programm (SOFTWARE Q Version 2.0) der Firma Quantum Hydrometrie eingegeben. Der Berechnungsalgorithmus basiert auf den Richtlinien der Pegelvorschrift zur Durchflußermittlung. Demnach werden Geschwindigkeitsflächen für die Lotrechten in m^2/s ermittelt und über den Meßquerschnitt integriert. Das Ergebnis dieser Berechnungen ist der Abfluß in m^3/s . In der vorliegenden Arbeit werden zur Charakterisierung des Abflußjahresganges die Werte aus den Eigenmessungen verwendet.

3.4.2 Schwebstofftransportberechnung

Die während der Messungen ermittelten Parameter zum durchflossenen Meßquerschnitt, der Fließgeschwindigkeit im Punkt der Probenahme und der Gehalt an Schwebstoff in diesem Punkt, werden für die verschiedenen Meßlotrechten in das Programm SAUS, Version m.m der BfG zur Auswertung von Schwebstoffmessungen eingegeben. Der Berechnungsalgorithmus für den Schwebstofftransport ist dem der Abflußermittlung ähnlich. Für die jeweilige Meßlotrechte werden Flächen des Schwebstofftriebs in $\text{g}/(\text{m}^2\text{s})$ ermittelt und über den Querschnitt integriert. Das Ergebnis dieser Berechnung ist die gemittelte Transportrate in $\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$. Aus diesem Wert kann die entsprechende Tagesfracht in t/d angegeben werden. In der vorliegenden Arbeit wird aufgrund des besseren Verständnisses der Wert der

Tagesfracht verwendet, obwohl die Messung nur eine Momentaufnahme des Schwebstofftransportes darstellt.

3.5 Darstellungsmethoden

Eine umfangreiche Fotodokumentation unterstützt die Visualisierung der Meßstellen und Meßmethoden, verdeutlicht die ermittelten Parameter und ihre Änderung während des gesamten Jahres.

Für diese Arbeit schien die Verwendung eines Geo-Informationssystems (GIS) sinnvoll, da es die Möglichkeit der raumbezogenen Datenhaltung bietet. Laut Definition ist es ein „... rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfaßt und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden“ (BILL UND FRITSCH, 1991).

Es war bei der Vielschichtigkeit des Themas von Vorteil, die einzelnen Aspekte getrennt erfassen, verändern und mit einer Datenbank „im Hintergrund“ versehen zu können, gleichzeitig Aspekte verschneiden und so Beziehungen zwischen ihnen betrachten zu können. Die Berechnungs- und Abfragemöglichkeiten ließen die raumbezogene Darstellung (2- und 3-dimensional) komplexer Beziehungen zu. Außerdem besteht die Möglichkeit gewachsenen Aufgaben mit hinzuzuladenden Erweiterungen, speziellen Problemstellungen mit eigenen Programmierungen zu begegnen. Die Wahl des GIS Arc View hatte praktische Gründe. Einerseits ist dieses Programm im Geographischen Institut verfügbar, andererseits hat es der Bearbeiter während des Studiums kennengelernt und verwendet.

Bei der Erstellung der Arbeit wurde zur Auswertung und Visualisierung der Daten folgende Software verwendet: Corel Draw 9, Coulter LS 200, ESRI GIS Arc View, KORN Version 1.10, Microsoft Excel 2002, Microsoft Word 2000, SAUS m.m und SOFTWARE Q.