

4 Methoden der laboranalytischen Schwebstoffbestimmung im Elbeeinzugsgebiet

Im Programm zur Vereinbarung über die Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) von 1991 wird das Ziel der Schaffung von einheitlichen Methoden zur Klassifizierung der Wasserbeschaffenheit der Elbe deutlich hervorgehoben (Amtsblatt Nr. L321 23.11.1991). Um die Bedeutung der Nebenflüsse für den Schwebstoffhaushalt der Elbe abschätzen zu können, müssen die nach unterschiedlichen Labormethoden bestimmten Schwebstoffgehalte vergleichbar sein. Im Elbeeinzugsgebiet werden 4 unterschiedliche Methoden zur gravimetrischen Schwebstoffbestimmung eingesetzt (Tab. 4-1), die im Rahmen dieses Projektes nach ihrer Effizienz in einer Laborstudie untersucht wurden. Die Ergebnisse der Studie, die hier kurz vorgestellt werden, wurden in einer Diplomarbeit (BOEGEHOLD, 2001) umgesetzt und veröffentlicht (NAUMANN et. al., 2001).

4.1 Begriffsdefinitionen

Nach der DIN 38409 H2 versteht man unter abfiltrierbaren Stoffen "... die volumenbezogene Masse der im Wasser enthaltenen ungelösten Stoffe, die unter bestimmten Bedingungen abfiltriert und im Anschluss an ein festgelegtes Trocknungsverfahren ausgewogen werden. Solche ungelösten Stoffe können Sink-, Schweb- und Schwimmstoffe organischer oder anorganischer Zusammensetzung sein. ...".

Nach DVWK Regeln (1986) der DK 556.535.6 sind Schwebstoffe „...Feststoffe, die mit dem Wasser im Gleichgewicht stehen oder durch Turbulenz in Schwebelage gehalten werden. ...“.

Da eine Trennung von Schweb- und Sinkstoffen in der Natur nicht immer möglich ist und bei der Einzelprobenahme unberücksichtigt bleibt, wird der Begriff Schwebstoff und abfiltrierbarer Stoff in der vorliegenden Arbeit als Synonym verwendet.

4.2 Methoden der Schwebstoffbestimmung

4.2.1 Gravimetrische Schwebstoffbestimmung nach DIN 38 409 - H2 – 2 der Bundesländer

Die zuständigen Landesumweltämter der BRD richten sich bei der Erfassung der Schwebstoffkonzentration im Rahmen ihrer Messprogramme nach den Deutschen Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung (DIN 38 409 - H2 – 2). Abweichungen von der DIN-Vorschrift treten durch die verwendeten Filtertypen auf. In den Alten Bundesländern (NLWK), an einigen Instituten und Universitäten wird bevorzugt ein

Cellulose-Acetat-Filter mit definiertem Porendurchmesser (meist 0,45 µm) eingesetzt (Tab. 4-1, Methode M1). In den Neuen Bundesländern findet der Glasfaservorfilter GF 92 zur Schwebstoffbestimmung Verwendung (Tab. 4-1, Methode M2). Vor 1991 erfolgte die Schwebstoffbestimmung, deren methodischer Ablauf (IfW, 1986) mit der DIN vergleichbar ist, mittels quantitativer Papierfilterpapiere.

4.2.2 Gravimetrische Schwebstoffbestimmung nach DVWK Richtlinie DK 556.535.6 der Bundesanstalt für Gewässerkunde

Im Einzugsgebiet der Elbe werden von der Bundesanstalt für Gewässerkunde an der Elbe, der Saale, der Havel und der Spree an insgesamt 16 Messstellen werktäglich Wasserproben zur Bestimmung des Schwebstoffgehaltes entnommen. Das angewandte gravimetrische Verfahren richtet sich nach der DVWK Richtlinie DK 556.535.6 (Tab. 4-1, Methode M3).

4.2.3 Gravimetrische Schwebstoffbestimmung nach ČSN 830 530 des Tschechischen Hydrometeorologischen Institut (ČHMÚ)

Die tschechischen Fließgewässer werden vom Tschechischen Hydrometeorologischen Institut (ČHMÚ) auf ihren Schwebstoffgehalt entsprechend der Norm ČSN 830 530 untersucht (Tab. 4-1, Methode M4)

4.3 Vergleich der Effizienz der gravimetrischen Filtriermethoden

Um die Effektivität der Abscheidung von ungelösten Stoffen aus einer Wasserprobe für die einzelnen Methoden zu bestimmen, wurden Standardsuspensionen mit einem bekannten Schwebstoffgehalt (10, 20, 30 und 50 mg/l) und einer definierten Korngrößenzusammensetzung erstellt, die mit jeder Methode jeweils 10 mal analysiert wurden. Das in Suspension zu bringende Feststoffgemisch wurde der Sohle eines Nebengewässers der Elbe entnommen, bei 550°C geglüht und der typischen Korngrößenverteilung des Schwebstoffs in der Elbe angepasst (NAUMANN et. al., 2001).

Die Effizienz der 4 zu untersuchenden Methoden ergab sich aus der Höhe des analysierten Schwebstoffgehaltes an der jeweiligen Standardkonzentration. Die Mittelwerte aus den 10 Einzelmessungen pro Standard sind für jede Methode in mg/l angegeben (Abb. 4-1). Es zeigt sich, dass die Effizienz der einzelnen Methoden mit zunehmenden Schwebstoffgehalt ansteigt. Dies ist mit der zunehmenden Porenabdichtung des Filtermaterials in Abhängigkeit von der Menge des Schwebstoffes zu erklären. Demzufolge kann man im niedrigen Konzentrationsbereich mit den höchsten Abweichungen je nach verwendetem Filtertyp und Methode rechnen. Dieser Trend ist bei allen Methoden bis auf die Methode M4 des ČHMÚ,

wobei die Abnahme der Effizienz um 2,1 % zu vernachlässigen ist, nachzuvollziehen (Abb. 4-1). Auffällig ist die Vergleichbarkeit der Methoden nach DIN – Norm der Alten und Neuen Bundesländer und der tschechischen gravimetrischen Filtrationsmethode (Tab. 4-2).

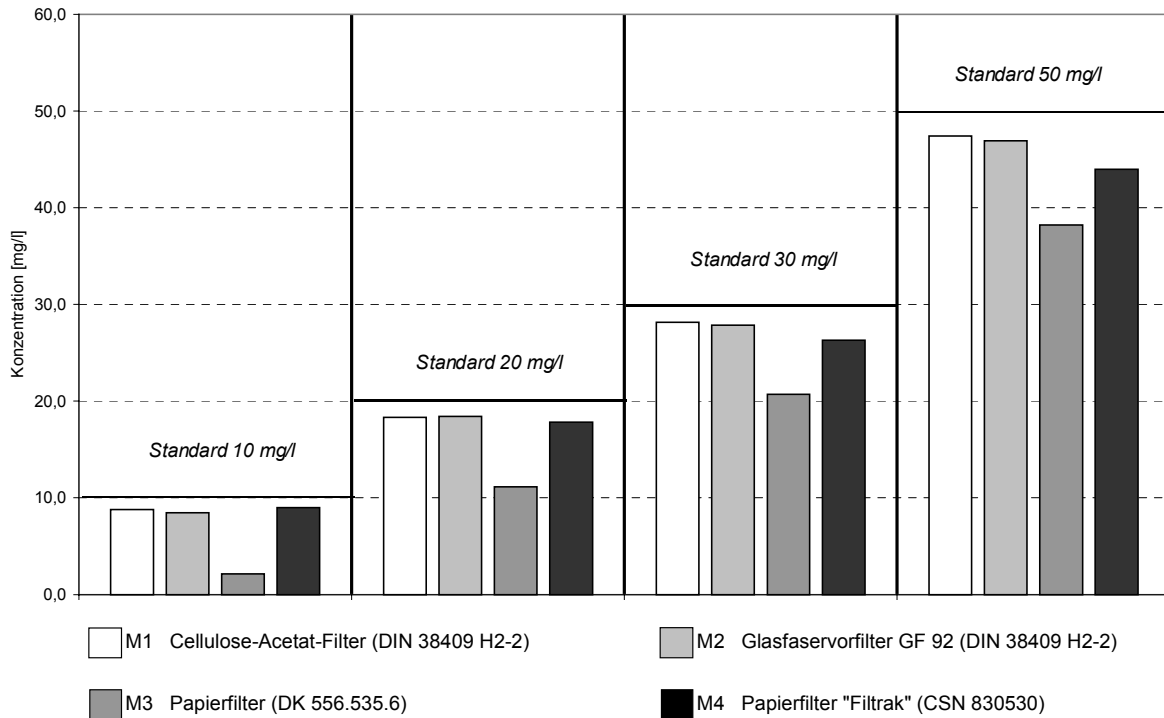


Abb. 4-1: Analyzierte Schwebstoffkonzentrationen an 4 Suspensionsstandards bekannter Konzentration nach 4 gravimetrischen Bestimmungsverfahren unter Verwendung der Mittelwerte aus 10 Einzelmessungen pro Standard und Methode.

Der Wirkungsgrad der Methode M3, der Bundesanstalt für Gewässerkunde fällt demgegenüber deutlich ab. Die Effizienz steigt zwar mit zunehmendem Schwebstoffgehalt stark an (Abb. 4-1), erscheint aber auch im Konzentrationsbereich von 50 mg/l mit einem Wert von 76,4 % nicht geeignet absolute Schwebstoffkonzentrationen mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen (Tab. 4-2). Die Gründe hierfür liegen größtenteils in dem nicht berücksichtigten Ausspülverlust der Papierfilter. Dieser beträgt im Durchschnitt 5 mg/l (BULLA, 1992; SCHMIDT, 1997; BÖGEHOLD, 2000) und würde, wenn man ihn einberechnet, die Effektivität der Schwebstoffbestimmung im niedrigen auf 65 % und im hohen Konzentrationsbereich auf 86 % ansteigen lassen.

ALLGEMEINES	Methodenbezeichnung	M1 "Alte Bundesländer"	M2 "Neue Bundesländer "	M3 "BfG Methode"	M4 "ČHM Ú Methode"
	Norm	DIN 38 409 H2 - 2	DIN 38 409 H2 - 2	DK 556.535.6	ČSN 830 530
	Untersuchte Gewässer	Fließgewässer Niedersachsen	Fließgewässer Sa., Sa.-An, Bra, Meck. Vor., Berlin	Bundeswasserstraßen	Fließgewässer ČSR
	Probenahme	Einpunktmessung	Einpunktmessung	Ein- und Vielpunktmessung	Integrationsmessung
	Verfahren	Unterdruckfiltration	Unterdruckfiltration	Filtration	Filtration
	Probenvolumen [L]	1	1	3 – 5	1
	Filtertyp	Zellulose-Acetat-Filter (Sartorius)	Glasfaservorfilter GF 92 (Schleicher & Schüll)	Papierfilter (Pyramiden-Filterpapier 202 "Melitta")	Papierfilter (Filtrak 389 Weißband)
	Porengröße	0,45 µm	k. A.	ca 6,1 µm	ca 3,4 µm
	Retentionsvermögen	k. A.	99,97 % > 1 µm	k. A.	k. A.
	FILTRATIONSABLAUF	Filtervorbereitung	100 ml Aqua dem. filtrieren	100 ml Aqua dem. filtrieren	Klimatisierung der Filter 1 h (41 % rel. Lf, Temp. 24,1 – 24,3°C).
Trocknung		8 h / 105 °C (mit Wägeschälchen)	8 h / 105 °C (mit Wägeschälchen)	8 h / 105 °C (mit Wägeschälchen)	
Abkühlung (Exsikkator)		30 min	30 min	30 min	
Leergewichtsbestimmung		auf 0,1mg	auf 0,1mg	unter klimatisierten Bedingungen auf 1mg	auf 0,1mg
Filtrationsort		Labor (Unterdruck)	Labor (Unterdruck)	Vor Ort	Labor
Trocknung (Trockenschrank)		8 h / 105 °C (mit Wägeschälchen)	8 h / 105 °C (mit Wägeschälchen)	8 h / 90 +/- 2°C	8 h / 105 °C (mit Wägeschälchen)
Abkühlung (Exsikkator)		30 min	30 min	Klimatisierung der Filter 1 h (41 % rel. Lf, Temp. 24,1 – 24,3°C)	30 min
Vollgewichtsbestimmung		auf 0,1mg	auf 0,1mg	unter klimatisierten Bedingungen auf 1mg	auf 0,1mg

Tab. 4-1: Angewandte gravimetrische Filtrationsverfahren zur Schwebstoffbestimmung im Elbe-EZG.

Durch die eingeschränkte Vergleichbarkeit der laboranalytischen Bestimmungsverfahren ist die Einschätzung der Bedeutung der Nebenflüsse für den Schwebstoffhaushalt der Elbe mit Schwierigkeiten behaftet. Da in der Elbe von einer mittleren Schwebstoffkonzentration von 35 – 45 mg/l auszugehen ist, müssten die Werte der BfG in etwa 20 bis 30 % bzw. mit einem Faktor von 0,7 – 0,8 unter denen der Länder liegen. Die Qualität der Schwebstoffbestimmung

ist jedoch von einer Vielzahl weiterer Faktoren abhängig, die sich vor allem auf die Art und Weise der Probenahme beziehen. Es wurden daher zusätzlich die isochronen Wertepaare paralleler Messstellen der BfG und der Landesbehörden miteinander verglichen.

Standard	M1 "Alte Bundesländer"		M2 "Neue Bundesländer "		M3 "BfG Methode"		M4 "ČHMÚ Methode"	
	DIN 38 409 H2 - 2		DIN 38 409 H2 - 2		DK 556.535.6		ČSN 830 530	
	Effizienz	Stabw.	Effizienz	Stabw.	Effizienz	Stabw.	Effizienz	Stabw.
10 mg/l	89,1	1,1	89,5	1,1	21,2	0,8	90,0	0,9
20 mg/l	90,6	0,9	93,6	0,5	55,7	0,9	89,2	0,8
30 mg/l	92,5	0,6	91,9	0,6	69,0	2,4	87,7	1,5
50 mg/l	94,7	0,7	92,4	1,5	76,4	4,6	87,9	0,7

Tab. 4-2: Effizienz [%] der untersuchten gravimetrischen Filtrationsverfahren unter Angabe der Standardabweichung (Stabw.) in Bezug auf jeweils 10 Proben.

4.4 Vergleich isochroner Schwebstoffdaten an Parallelmessstellen der BfG und der Landesbehörden

Ein Vergleich der Messergebnisse zur Bestimmung der Schwebstoffkonzentration benötigt neben der Kenntnis der Labormethoden genaue Informationen über das Verfahren der Probenahme, den Ort und den Zeitpunkt der Messung. Da im Rahmen des Projektes keine Begehung der Messstellen erfolgen konnte, sind konkrete Aussagen bezüglich des genauen Entnahmepunktes im Gewässerquerschnitt und zum Zeitpunkt der Probenahme nicht möglich. Die Vergleichbarkeit der Messreihen beschränkt sich daher auf die Gegenüberstellung der täglichen Messwerte an ausgewählten Parallelmessstellen der Landesbehörden und der BfG (Tab. 4-3).

Gebiet	Parallelmessstelle			Verhältnis $C_{afS} - BfG / C_{afS} - Land$				
	BfG Messstelle	Landesmessstelle	n	Mittelwert	Median	Max	Min	s
Elbe	Wittenberge	Cumlosen	48	2,7	2,3	6,7	0,5	1,5
Elbe	Magdeburg	Magdeburg	47	2,1	1,5	10,4	0,6	2,1
Elbe	Wittenberg	Wittenberg	48	2,0	1,3	17,0	0,4	2,5
Elbe	Meißen	Zehren	49	3,8	1,8	32,0	0,2	6,2
Saale	Calbe-Grizehne	Groß Rosenberg	148	3,7	1,8	112,0	0,2	10,6
Havel	Ketzin	Alt Töplitz	191	2,9	2,2	16,0	0,5	2,2
Spree	Fürstenwalde	uh. Fürstenwalde	53	3,3	2,2	15,9	0,4	3,0
Spree	Berlin-Stubenrauchbrücke	Berlin - Fähre Baumschulenweg	91	2,2	1,9	9,5	1,0	1,1
Mittelwert der Abweichung:				2,8	1,9			

Tab. 4-3: Vergleich der isochronen Wertepaare von Schwebstoffmessungen an Parallelmessstellen der BfG und der Landesbehörden über die Bildung des Verhältnisses von $C_{afS} BfG / C_{afS} Land$.

Der Vergleich der isochronen Wertepaare zeigt (Tab. 4-3), dass im Widerspruch zur festgestellten Effizienz der Labormethode, nach der die BfG-Werte etwa 0,7 bis 0,8 mal unter denen der Länder liegen müssten, die in der Natur gemessenen Werte durchschnittlich 2,8 mal höher sind.

Eine Begründung für diesen Widerspruch konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht ermittelt werden und muss daher Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Eine Angleichung der Labormethodik sollte jedoch ein erster Schritt zum Ausräumen einer Unsicherheit für die Vergleichbarkeit der Messdaten sein. So ist nicht auszuschließen, dass die Klimatisierung der Papierfilter für die Vollgewichtbestimmung nach der BfG Methode zu einer hygroskopischen Wasseraufnahme des Filtratrückstandes und damit zu einer unkalkulierbaren und unerwünschten Gewichtszunahme führt. Desgleichen können jedoch auch die unterschiedlichen Probenahmeverfahren und Messpunkte im Fließgewässer zu Verfälschungen führen. Die ausgewählten Parallelmessstellen sind oftmals einige Kilometer voneinander entfernt, so dass zwar die Messzeit aufgrund der Fließgeschwindigkeit vergleichbar ist, die örtliche Schwebstoffkonzentration im Gewässer sich jedoch durchaus unterscheiden kann (vgl. Kap. 5.1). Die Tendenz, dass die BfG- Werte höher ausfallen bzw. die Länderdaten zu niedrig sind, ist jedoch eindeutig gegeben.

In der Vergangenheit wurden direkte Vergleichsmessungen zum Schwebstofftransport durchgeführt. Die GKSS (WILKEN et. al., 1991) als auch die IKSR (1998) führten derartige isochrone Messungen im Fließgewässer durch.

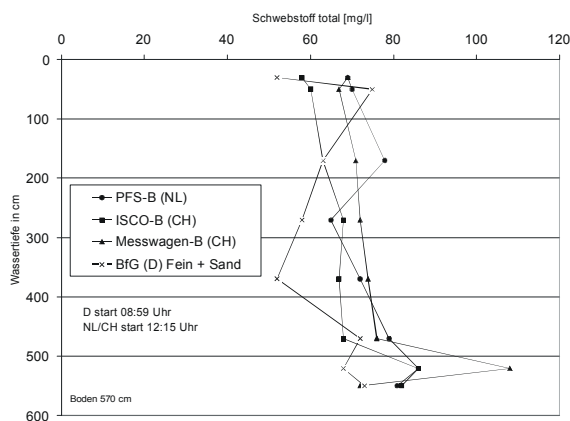


Bild 1

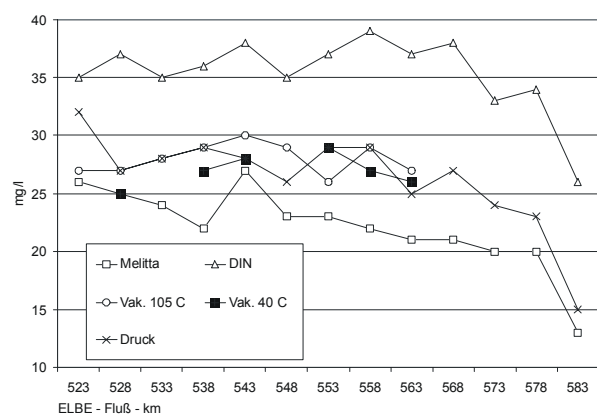


Bild 2

Abb. 4-2: Ergebnisse von Vergleichsmessungen der Schwebstoffkonzentration. Quelle: Bild 1 aus IKSR, 1998, S. 13, Bild 2 aus GKSS, 91/E/35, S.171.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen oftmals auch keine signifikanten Ergebnisse hinsichtlich der Vergleichbarkeit, da die Unterschiedlichkeit und die Komplexität der

Verfahren, von der Probenahme bis zur Analyse im Labor, zu hoch ist (Abb. 4-2). Außerdem kann während der Parallelmessung nicht garantiert werden, dass die Randbedingungen, welche die Stoffverteilung im Gewässer bestimmen, über einen benötigten Zeitraum (Umsetzen des Messschiffs etc.) konstant sind.

4.5 Abschließende Beurteilung der Vergleichbarkeit der Schwebstoffmessdaten im Elbe-EZG

Aus den durchgeführten Untersuchungen zur Konsistenz des vorliegenden Datenmaterials aus den Schwebstoffmessreihen im Elbe – EZG können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden.

- Die Vergleichbarkeit der gravimetrischen Methoden zur Schwebstoffbestimmung unter den Bundesländern und mit Tschechien im Elbe-EZG ist gegeben. Der Wirkungsgrad der Methoden im mittleren typischen Konzentrationsbereich zwischen 20 bis 50 mg/l beträgt 90 – 95 %. Daher lassen sich auf der Grundlage des erhobenen Datenmaterials Bundesländergrenzen übergreifende Betrachtungen des Schwebstoffhaushaltes in den Elbenebenflussgebieten anstellen.
- Die Methodik der BfG sollte gemäß den Vergleichsuntersuchungen zu einer Unterschätzung der Schwebstoffkonzentration um den Faktor 0,7 bis 0,8 führen, da der Wirkungsgrad der Methode im mittleren typischen Konzentrationsbereich zwischen 20 bis 50 mg/l 55 - 75 % beträgt.
- Im Widerspruch zu den Laborergebnissen sind die Schwebstoffmesswerte der BfG an Parallelmessstellen der Bundesländer und der BfG um den Faktor 2,8 erhöht. Da der Faktor nicht konstant ist sondern an den betrachteten Messstellen erheblich und im Durchschnitt zwischen 2,0 und 3,7 schwankt, ist die Einführung eines allgemeinen oder messstellenspezifischen Korrekturfaktors nicht statthaft.

Aufgrund der nicht vergleichbaren Methodik der Datenerfassung zwischen den Bundesländern und der BfG muss daher von einer Bilanzierung des Schwebstoffhaushaltes der Elbe Abstand genommen werden. Die Bedeutung des Schwebstoffeintrags der Nebenflüsse für die Elbe ist demzufolge nicht aus dem absoluten Verhältnis der Höhe der Stoffkonzentrationen oder –frachten an den jeweiligen Einmündungen zu bestimmen, sondern ergibt sich aus der relativen Einordnung der quantifizierbaren Schwebstofffrachten der Nebenflüsse untereinander.

