

## 10 Das Einzugsgebiet der Mulde

Die Mittelgebirgsflüsse Zwickauer (2361 km<sup>2</sup>) und Freiberger (2985 km<sup>2</sup>) Mulde entspringen am Erzgebirgskamm und entwässern mit Ihren Nebenflüssen einen erheblichen Teil der Nordabdachung des Erzgebirges, bevor sie oberhalb von Grimma zusammenfließen und die Vereinigte Mulde bilden (Anlage 7). Bedeutende Nebenflüsse der Freiberger und Zwickauer Mulde sind die Zschopau (1847 km<sup>2</sup>), die rechtsseitig die Flöha (799 km<sup>2</sup>) aufnimmt und die Chemnitz (533 km<sup>2</sup>). Die Größe des gesamten Gebietes wird an der Muldemündung bei Dessau mit 7400 km<sup>2</sup> angegeben (Meteorologischer Dienst DDR, 1968; ARGE ELBE, 2001).

### 10.1 Abflussverhältnisse im Mulde-EZG

Klimatisch liegt das Mulde-EZG im Bereich des Kontinentaltyps des zentraleuropäischen Mittelgebirgslandes höherer und mittlerer Lagen, wobei die erzgebirgischen Oberläufe der Mulden durch den abflussreichsten Doppelmonat März/April (Mulde-Regime; MARCINEK, 1991) gekennzeichnet sind. Die Vereinigte Mulde weist demgegenüber ein deutliches Abflussmaximum im März auf (Typ Naab; MARCINEK, 1991).

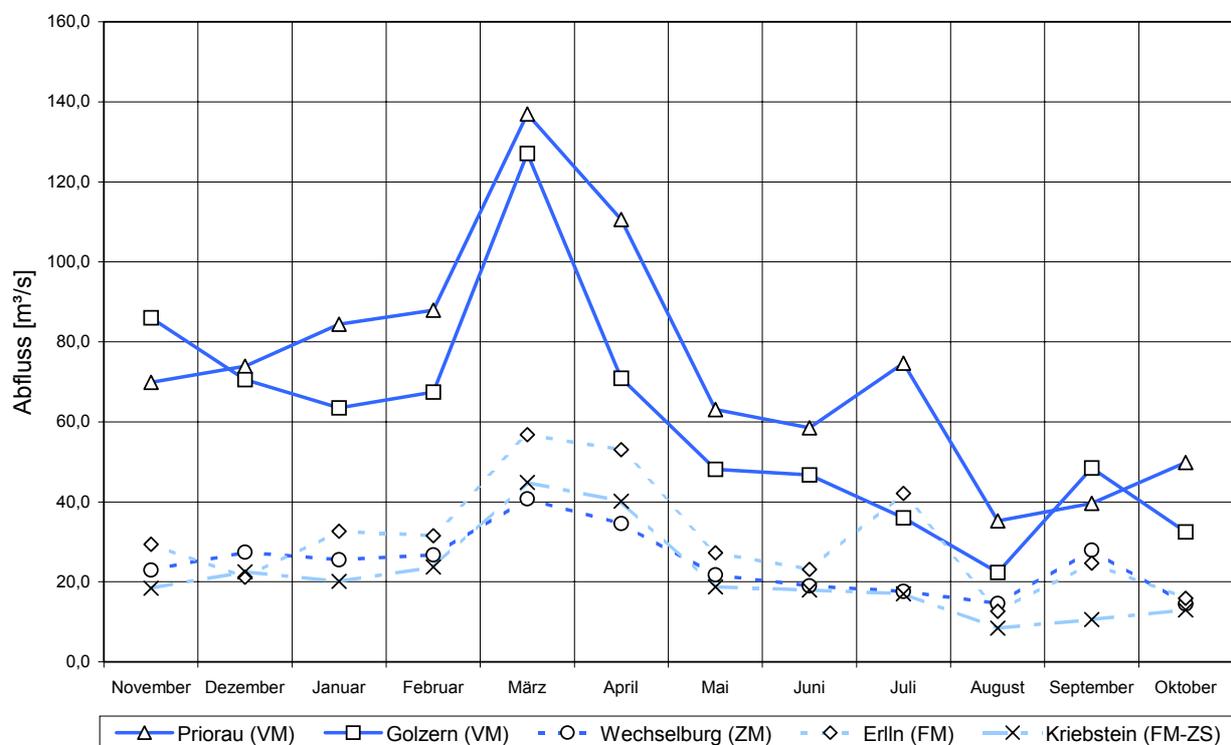


Abb. 10-1: Mittlerer Jahresgang des Abflusses der Vereinigten Mulde (VM), der Zwickauer Mulde (ZM), der Freiberger Mulde (FM) und der Zschopau (ZS) an den zugeordneten hydrologischen Pegeln.

Die mittlere Jahresniederschlagssumme am Ursprung der Zschopau an der Messstation Fichtelberg (1213 m N.N.) beträgt 1094 mm und unterhalb des Zusammenflusses der Mulden bei Grimma (130 m N.N.) nur noch 610 mm. An der Bildung der Vereinigten Mulde ist die Zwickauer Mulde mit einem mittleren Abfluss von 28,9 m<sup>3</sup>/s (berechnet aus Bezugspegel Wechselburg) und die Freiburger Mulde mit 35,1 m<sup>3</sup>/s (Bezugspegel Erlin) beteiligt. Die mittlere zu erwartende Abflusshöhe an der Elbemündung beträgt 75 m<sup>3</sup>/s (IKSE, 1995).

Pegel	Beobachtungsreihe	A <sub>EO</sub>	Lage	PNP NN	NQ	MNQ	MQ	MHQ	HQ
		[km <sup>2</sup> ]	[km]	[m]	[m <sup>3</sup> /s]				
Vereinigte Mulde:									
Golzern	1989-2000	5442	128,1	117,73	1,4	13	61,5	496	1740
Bad Dübén	1975-2000	6171	68,1	81,5	5,4	15	63,7	452	1500
Zwickauer Mulde:									
Pölbitz	1989-2000	1030	83,8	255,36	0,39	2,97	14,2	124	683
Wechselburg	1989-2000	2107	25,6	159,89	1	6,15	25,8	201	915
Freiberger Mulde:									
Erlin	1989-2000	2982	1,4	133,03	2,7	6,43	35,1	297	610

Tab. 10-1: Statistische Hauptzahlen ausgewählter Pegel im Mulde-EZG.

Das Abfluss- und Feststoffregime der Mulde wird durch 49 Hochwasserrückhaltebecken (SLfUG, 1997a) und durch zahlreiche Querverbauungen, die aus Gründen der Energieerzeugung errichtet wurden und im Hinblick auf kleine Wasserkraftanlagen gegenwärtig neu entstehen, an den Oberläufen ihrer Nebenflüsse beeinflusst. Ebenso wirkt sich die Wasserbewirtschaftung der aufgelassenen und in Betrieb befindlichen Braunkohlentagebaue im Bereich der Vereinigten Mulde durch Flutungsmaßnahmen und Grundwasserabsenkungen auf das Abflussverhalten aus.

In dem Beobachtungszeitraum von 1990 – 1999 ist das Abflussverhalten der Zwickauer und der in der Regel abflussreicheren Freiburger Mulde vergleichbar, so dass der Pegel Bad Dübén die wesentlichen Abflussverhältnisse im Mulde-EZG widerspiegelt (Abb. 10-2). Der Beginn der Dekade ist durch die niederschlagsarmen Jahre von 1990 bis 1993 charakterisiert. Vor allem im Jahr 1991 betrug der mittlere Abfluss in der Freiburger und Vereinigten Mulde weniger als 60 % des langjährigen MQ (Tab. 10-2). Während das Abflussjahr 1994 durch einen mittleren Abfluss von 66,9 m<sup>3</sup>/s gekennzeichnet war, traten im darauffolgendem Jahr durch die Kombination von Niederschlägen und Schneeschmelze, sowie ergiebigen Sommerniederschlägen langanhaltende hohe Durchflüsse auf. Ausgelöst durch ein

Starkregenereignis am 31.08./01.09.1995 wurde der MHQ in allen Mulden kurzfristig überschritten. In der Zwickauer Mulde traten Scheiteldurchflüsse mit einer statistischen Eintrittswahrscheinlichkeit von 20 – 35 Jahren auf (SLfUG, 1997b). Das Abflussjahr 1995 wird durch das Überschreiten des langjährigen MQ um 39 % (Tab. 10-2) am Pegel Bad Düben als abflussreiches Jahr angesehen.

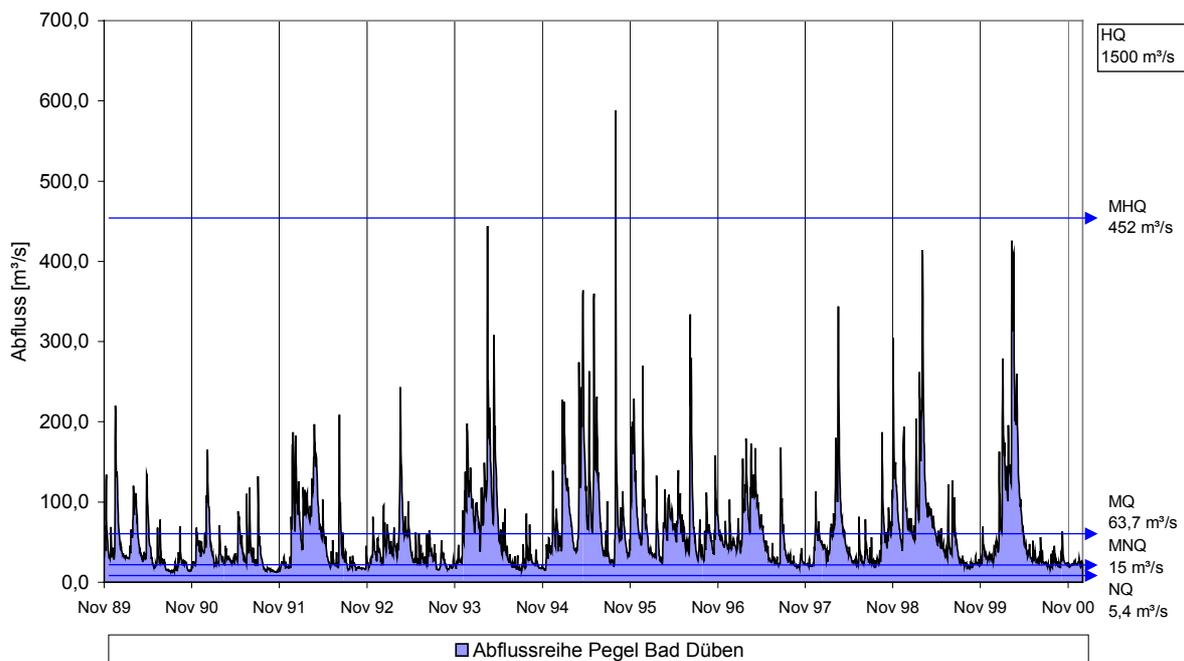


Abb. 10-2: Das Abflussgeschehen im Beobachtungszeitraum von 1990 bis 1999 in der Vereinigten Mulde (Bezugspegel Bad Düben).

Gewässer	Pegel	Abflussarme Jahre	Mittlere Abflussjahre	Abflussreiche Jahre
		MQ <sub>MJ</sub> /MQ < 80 %	MQ <sub>MJ</sub> /MQ 80 - 120 %	MQ <sub>MJ</sub> /MQ > 120 %
Vereinigte Mulde	Bad Düben	1990 (66 %)	1992 (87 %)	1995 (139 %)
		1991 (58 %)	1994 (105 %)	
Freiberger Mulde	Erlln	1993 (65 %)	1996 (115 %)	1995 (134 %)
		1990 (65 %)	1997 (89 %)	
		1991 (55 %)	1998 (82 %)	
		1993 (74 %)	1999 (116 %)	
		1992 (89 %)		
Zwickauer Mulde	Wechselburg	1990 (65 %)	1992 (89 %)	1995 (147 %)
		1991 (55 %)	1994 (99 %)	
		1993 (74 %)	1996 (113 %)	
		1990 (81 %)	1997 (89 %)	
		1992 (96 %)	1998 (81 %)	
	1994 (101 %)	1999 (119 %)		
	1997 (89 %)	1995 (126 %)		
	1998 (89 %)	1996 (126 %)		
		1999 (123 %)		

Tab. 10-2: Einschätzung der Höhe der Abflussjahre von 1990 bis 1999 gemessen am Verhältnis des mittleren Jahresabflusses zum langjährigen MQ an Vereinigter-, Freiberger- und Zwickauer Mulde.

Die darauf folgenden Jahre waren wiederum durch mittlere Abflussverhältnisse gekennzeichnet, wobei die Jahre 1996 und 1999 nur in der Zwickauer Mulde zur einer Überschreitung des MQ um mehr als 20 % führten (Tab. 10-2).

## 10.2 Entwicklung der Gewässergüte im Beobachtungszeitraum

Die Gewässergüte im Mulde-EZG wird maßgeblich durch die intensive Bergbautätigkeit und den damit verbundenen Einträgen aus Altlasten und Sickerwässern von Bergbauhalden im Erzgebirge bestimmt. Hinzu kommen die bis 1990 erheblichen Belastungen des Gewässernetzes mit kommunalen Abwässern und vielfältigen Einleitungen aus der Papier- und Zellstoffindustrie, der metallverarbeitenden Industrie sowie der chemischen und photochemischen Produktionsanlagen.

Oberhalb von Freiberg konnte die **Freiberger Mulde** (Anlage 7) im Verlauf der 90-er Jahre als gering bis mäßig belastet eingestuft werden (StUFA Chemnitz, 1991; SLfUG, 1997b). Bis Berthelsdorf weist sie den Charakter eines Salmonidengewässers auf (Oberflussmeisterei Chemnitz, 1991). Belastet wird dieser Teilabschnitt noch durch die diffusen Stoffeinträge von Bergbauhalden. Durch den unterhalb von Freiberg einmündenden Münzbach und durch weitere zahlreiche Einleitungen verschlechtert sich die biologische und chemische Gewässergüte mit zunehmender Fließstrecke bis zur Vereinigung mit der Zwickauer Mulde. Bezüglich der Gehalte an Makronährstoffen war die Freiberger Mulde ab Nossen in den Jahren 1995 und 1997 als kritisch belastet einzuschätzen, was mit einer zunehmenden Entwicklung des aus den oberhalb liegenden Talsperren verfrachteten Phytoplanktons bis zum Zusammenfluss einherging (SLfUG, 1997b und 1997c). Die unterhalb von Döbeln einmündende **Zschopau** (Anlage 7) weist Belastungsschwerpunkte bei Tannenberg, Zschopau und Flöha auf. Die kurz vor ihrer Einmündung in die Freiberger Mulde gelegene Talsperre Kriebstein wirkt als Feststoff- und Nährstoffsene und besitzt einen polytrophen Charakter. Unterhalb der Talsperre traten in den Jahren 1995 und 1997 weiterhin Belastungen durch die Papierindustrie, gewerbliche sowie kommunale Einrichtungen auf (StUFA Chemnitz, 1991; SLfUG, 1997c), wodurch auch der Unterlauf der Zschopau als kritisch belastet eingestuft wurde.

Die **Zwickauer Mulde** (Anlage 7) ist in ihrem Oberlauf bis zur Talsperre Eibenstock durch eine sehr gute bis gute Wasserqualität gekennzeichnet. Problematisch ist in diesem Bereich die Versauerung des Gewässers (StUFA Plauen, 1991; Oberflussmeisterei Chemnitz, 1991; SLfUG 1997b und 1997c). Belastungsschwerpunkte bilden die kommunalen, industriellen und bergbaulichen Abwässer in dem Bereich der Schwarzwasser- und Chemnitzmündung und

des Ballungsgebietes Zwickau-Glauchau. Vor allem das Schwarzwasser trägt größere Mengen an schwebstoffgebundenem Arsen, Kupfer, Cobalt, Nickel und Uranium in das Gewässer ein (KLUGE et. al., 1994). Die Zwickauer Mulde erreichte 1995 und 1997 ebenso wie die Freiburger Mulde den Zusammenfluss im kritisch belasteten Zustand.

Bis 1990 war die **Vereinigte Mulde** (Anlage 7) durch die Abwässer der Zellstoff- und Chemieindustrie und des Ballungsraumes Bitterfeld/Wolfen stark belastet. Die Produktionsstilllegungen und der Bau von Kläranlagen bewirkten in den Jahren 1991 – 1993 eine spürbare Verbesserung der Gewässergüte. Zumindest bis 1997 wurde das Gewässer jedoch bis Eilenburg durch die Einleitungen von kommunalen Abwässern aus den Städten Grimma, Wurzen und Eilenburg als kritisch belastet eingestuft (SLfUG, 1997b und 1997c). Bis Gruna und weiter flussabwärts bis nach Bad Dübener See erfolgt eine allgemeine Verbesserung der Wasserqualität bis zur Güteklasse II. Die diffusen Einträge von Stickstoff und Phosphor führen allerdings mit zunehmender Fließstrecke zu Massenentwicklungen des Phytoplanktons (SLfUG, 1997c). Für die weitere Entwicklung der Wasserqualität besitzt, der sich unterhalb von Bad Dübener See anschließende Stausee Muldenstein ausschlaggebende Bedeutung. Die Flutung des Tagebaurestlochs (Volumen 118 Mio. m<sup>3</sup>, Fläche 6,05 km<sup>2</sup>, mittlere Tiefe 19,5 m) erfolgte durch die Verlegung der Vereinigten Mulde im Jahr 1975, wodurch sich ihre Lauflänge um ca. 2 km verkürzte. Da das Auslaufbauwerk als breitflächige Überlaufschwelle konzipiert ist, bildet der Stauraum eine außergewöhnlich effektive Nähr-, Schwermetall- und Feststoffsammelwanne, wodurch sich die Wasserbeschaffenheit der Vereinigten Mulde unterhalb wesentlich verbessert (FRÖBRICH J. & LEHMANN H., 1996; ARNOLD A. et. al., 1998; ZERLING L., 1998; OTTO, 2000). Der gegenwärtig eutrophe Muldestausee musste bis zur Stilllegung der Zellstoff- und Chemieindustrie im Jahr 1989/90 als polytroph charakterisiert werden (LAU Sachsen-Anhalt, 1991, 1993, 1994 und 1997). Unterhalb des Stausees bis zur Mündung der Mulde in die Elbe bildeten die Einleitungen der chemischen und photochemischen Industrie über die Fuhne und das Spittelwasser bis in die Mitte der 90-er Jahre wesentliche Belastungsschwerpunkte. Während die Mulde oberhalb des Muldestausees weitgehend unverbaut ist, wurden ihre Ufer bis in das Stadtgebiet von Dessau durch Steinschüttungen befestigt. Die Durchgängigkeit der Feststofftransporte wird neben dem Muldestausee noch durch die Wehre in Greppin, Jeßnitz, Raguhn und Dessau unterbrochen (LAU Sachsen-Anhalt, 1997; OTTO, 2000).

### 10.3 Schwebstoffhaushalt der Gewässer im Mulde-EZG

#### 10.3.1 Schwebstoffmessstellen

Für die Interpretation der Schwebstofftransportverhältnisse der Gewässer im Einzugsgebiet der Mulde wurden 26 der 93 recherchierten Messstellen ausgewählt (Anlage 7; Band 2, Anhang C und F).

Messstelle	Fluß-km	Beobachtungszeitraum	Anzahl Messwerte/a	Bezugspegel	Zuständigkeit	
<b>Vereinigte Mulde:</b>						
Dessau	0,5	01.1992	12.1999	4 - 27	Priorau	STAU De/Wi
Retzau/Priorau	23	01.1992	12.1999	4 - 26	Priorau	STAU De/Wi
STAUsee Ablauf	43	01.1992	12.1999	4 - 26	Priorau	STAU De/Wi
STAUsee Zulauf	51	01.1992	12.1999	4 - 26	Bad Dübén	STAU De/Wi
Bad Dübén	68,1	01.1990	12.2000	4 - 17	Bad Dübén	StUFA_Leipzig
Gruna	82,5	01.1990	12.2000	4 - 17	Bad Dübén	StUFA_Leipzig
Eilenburg	95,7	01.1990	12.2000	4 - 17	Bad Dübén	StUFA_Leipzig
Canitz	105,4	01.1990	10.2000	6 - 21	Golzern	StUFA_Leipzig
Wurzen	112,9	01.1990	10.2000	6 - 21	Golzern	StUFA_Leipzig
Trebsen	123,3	01.1990	10.2000	6 - 21	Golzern	StUFA_Leipzig
Golzern	129	01.1990	10.2000	6 - 21	Golzern	StUFA_Leipzig
Grimma	134,5	01.1990	10.2000	6 - 21	Golzern	StUFA_Leipzig
Kössem	143,3	01.1990	10.2000	6 - 21	Golzern	StUFA_Leipzig
<b>Zwickauer Mulde:</b>						
Sermuth	0,5	01.1990	10.2000	4 - 17	Wechselburg	StUFA_Leipzig
Göhren		03.1994	12.2000	3 - 16		StUFA Chemnitz
oh. Glauchau		08.1994	12.2000	2 - 13	Pölbitz	StUFA Chemnitz
Schlunzig	83,8	01.1995	12.1999	11 - 14	Pölbitz	StUFA Plauen
Blauenthal		01.1995	12.1999	3 - 12		StUFA Plauen
Schönheide	141,6	01.1995	12.1999	2 - 14		StUFA Plauen
<b>Freiberger Mulde:</b>						
Erlin	0,3	01.1990	10.2000	9 - 21	Erlin	StUFA_Leipzig
Nossen	46	01.1994	11.2000	2 - 15	Nossen 1	StUFA Chemnitz
Obergruna	54	01.1994	11.2000	1 - 15		StUFA Chemnitz
Berthelsdorf	89,5	01.1994	12.2000	2 - 15	Berthelsdorf	StUFA Chemnitz
<b>Zschopau:</b>						
Pischwitz	0,35	01.1990	10.2000	6 - 13	Kriebstein	StUFA_Leipzig
Ringethal		01.1993	12.2000	2 - 13		StUFA Chemnitz
Hopfgarten	75	01.1993	12.2000	2 - 14	Hopfgarten	StUFA Chemnitz

Tab. 10-3: Zur Auswertung herangezogene Gewässergütemessstellen und Bezugspegel im Mulde-EZG.

Die erforderlichen Schwebstoffdaten wurden von den Staatlichen Umweltfachämtern Chemnitz, Leipzig und Plauen in Sachsen und dem Staatlichen Amt für Umweltschutz Dessau/Wittenberg in Sachsen-Anhalt zur Verfügung gestellt. Für die Frachtberechnungen

konnten die Abflussreihen von 10 Pegeln im EZG genutzt werden (Tab. 10-3). Für die Quantifizierung der Schwebstoffausträge sind die Messstellen Pischwitz an der Zschopau, ErlIn an der Freiburger Mulde, Sermuth an der Zwickauer Mulde sowie der Zulauf des Stausees Muldenstein von Bedeutung. Der Schwebstoffeintrag in die Elbe wurde über die mündungsnächste Messstelle in Dessau ermittelt.

### 10.3.2 Schwebstoffkonzentration

#### 10.3.2.1 Freiburger Mulde

In der Freiburger Mulde traten im Beobachtungszeitraum von 1994 bis 2000 an den Messstellen Berthelsdorf, Obergruna, Nossen (1994 - 2000) und ErlIn (1990 – 2000) in der Regel Schwebstoffkonzentrationen von weniger als 20 mg/l auf (Band 2, Anhang F). Die Jahresmittelwerte der Schwebstoffgehalte sind für einen Konzentrationslängsschnitt wenig aussagekräftig, da Einzelereignisse, die nicht ausschließlich auf durchgehende Hochwasserwellen zurückzuführen sind, zu Extremwerten von z.B. am 3.5.1996 von 208 mg/l in Berthelsdorf und 790 mg/l in Obergruna führten und somit höhere Schwebstoffmittelwerte vortäuschen. Die Medianwerte zeigen jedoch eine prinzipielle Zunahme der suspendierten Feststoffgehalte bis Nossen und eine abnehmende Tendenz bis ErlIn an (Tab. 10-4).

	Freiburger Mulde				Zschopau		
Ms	ErlIn	Nossen	Obergruna	Berthelsdorf	Pischwitz	Ringethal	Hopfgarten
km	0,3	46	54	86	0,35	16	75
Mittel	18,9	17,6	20,2	11,4	10,9	17,1	11,6
Med	7,6	9,0	6,0	6,0	6,0	9,5	9,0
Max	545 09.07.96	135 01.08.96	790 03.05.96	208 03.05.96	100 03.04.95	230 07.07.99	58 02.11.98

Tab. 10-4: Kennwerte der Schwebstoffkonzentration an den Messstellen der Freiburger Mulde und der Zschopau (Band 2, Anhang F).

Generell sind an den untersuchten Messstellen keine signifikanten Beziehungen zwischen dem Abflussgeschehen und der Höhe der Schwebstoffkonzentration feststellbar. Ausnahmen bilden mitunter Einzelereignisse wie z.B. ein kurzfristiges Sommerhochwasser im Juli 1996 von 202 m<sup>3</sup>/s, dass in der auflaufenden Welle die höchste im Untersuchungszeitraum festgestellte Konzentration von 545 mg/l an der Messstelle ErlIn hervorrief.

Die festgestellte Abnahme der Schwebstoffkonzentration zwischen Nossen und ErlIn könnte durch die zwischen den Messstellen einmündende **Zschopau** hervorgerufen werden, da diese geringere Gehalte an Schwebstoff mit sich führt (Tab. 10-4). Für die Zschopau sind

Schwebstoffwerte von unter 20 mg/l und um 1,2 bis 1,4-fach erhöhte sommerliche Konzentrationen charakteristisch (Band 2, Anhang F). Auffällig ist der Konzentrationsrückgang um 40-50% zwischen den Messstellen Ringethal und Pischwitz, was durch Sedimentationsprozesse in der zwischengeschalteten Talsperre Kriebstein hervorgerufen werden könnte (Band 2, Anhang F).

### 10.3.2.2 Zwickauer Mulde

Der Oberlauf der Zwickauer Mulde ist von 1995 bis 2000 durch geringe Gehalte an suspendierten Feststoffen charakterisiert (Tab. 10-5). An der Messstelle oberhalb der Talsperre Eibenstock in Schönheide und unterhalb in Blauenthal wurden üblicherweise Konzentrationen von weniger als 10 mg/l bestimmt, wobei die Wintermittelwerte entsprechend der geringen Bioproduktivität höher ausfielen. Die Maxima der Monatsmittel > 15 mg/l traten im Dezember und von März bis Mai auf (Ms Schönheide; Band 2, Anhang F). Die Verschlechterung der Gewässergüte durch die kommunalen, industriellen und bergbaulichen Abwässer in dem Bereich der Schwarzwasser- und Chemnitzmündung und des Ballungsgebietes Zwickau-Glauchau drückt sich auch in höheren Schwebstoffbelastungen aus (Tab. 10-5). Diese steigen im Beobachtungszeitraum an den Messstellen Schlunzig, oberhalb Glauchau und Göhren beträchtlich an. In Göhren wurden an über 1/3 der Messtage Schwebstoffgehalte von über 20 mg/l bestimmt, wobei die Wintermittelwerte weiterhin signifikant mit etwa 33% über den Sommermitteln lagen (Band 2, Anhang F). Dieser Trend setzt sich bis zum Zusammenfluss mit der Freiburger Mulde fort.

Zwickauer Mulde						
Ms	Sermuth	Göhren	Oh. Glauchau	Schlunzig	Blauenthal	Schönheide
km	0,5	25	57	65	122	141,6
Mittel	28,6	32,7	25,3	20,4	6,9	11,5
Med	17,0	16,0	12,0	12,5	4,0	6,0
Max	436 23.06.97	518 26.08.97	300 29.08.96	184 23.01.96	54 12.06.96	93 12.06.96

Tab. 10-5: Kennwerte der Schwebstoffkonzentration an den Messstellen der Zwickauer Mulde.

### 10.3.2.3 Vereinigte Mulde

In dem Beobachtungszeitraum von 1990 bis 2000 wies die Zwickauer Mulde am Zusammenfluss höhere Schwebstoffgehalte als die Freiburger Mulde auf und prägte die Schwebstoffgrundlast in der Vereinigten Mulde daher stärker (Abb. 10-3). Ein Zusammenhang zwischen der Höhe der jährlichen Mediane des Schwebstoffgehaltes und dem

hydrologischen Geschehen ist in der Dekade kaum festzustellen. So wurden in den abflussreichen Jahren 1995, 1996 und 1999 nur 1995 in der Zwickauer Mulde höhere Schwebstoffgehalte festgestellt, die jedoch noch unter denen von 1994 lagen. Tendenziell niedrigere Schwebstoffkonzentrationen im Vergleich zu den höheren Belastungen zu Beginn der 90-er Jahre könnten auch im Zusammenhang mit der in Kapitel 10.2 dargelegten allgemeinen Verbesserung der Gewässergüte für die Zwickauer Mulde vermutet werden (Abb. 10-3).

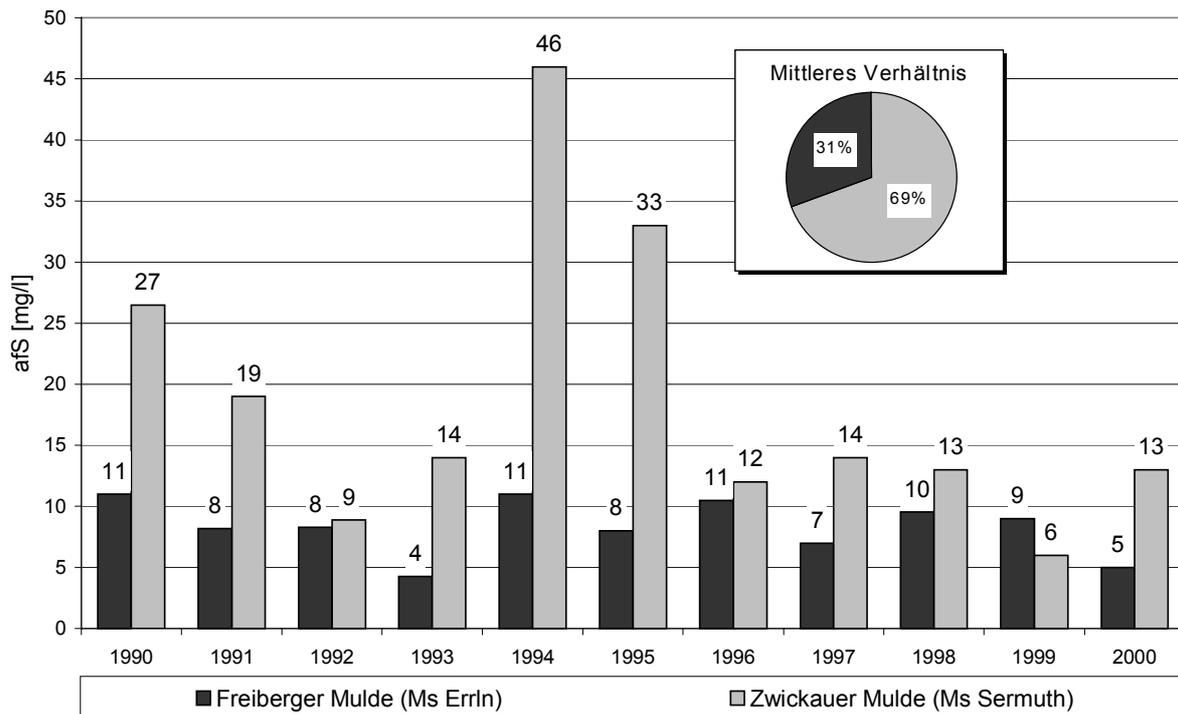


Abb. 10-3: Mediane der jährlichen Schwebstoffkonzentration am Zusammenfluss der Zwickauer und Freiberger Mulde im Beobachtungszeitraum von 1990 bis 2000.

In der Vereinigten Mulde traten im Verlauf der 90-er Jahre hohe Schwankungen der Jahresmittelwerte der Schwebstoffkonzentration auf, die ebenfalls nicht signifikant mit der Höhe der mittleren Jahresdurchflüsse verknüpft waren. Von Kössern bis zum Stausee Muldenstein wurden im Beobachtungszeitraum an über 1/3 der Messtage Konzentrationen von über 20 mg/l vorgefunden (Abb. 10-6; Band 2, Anhang F), wobei das Maximum in der Regel in dem abflussreichen Monat März (45 – 78 mg/l) und ein Nebenmaximum im November/Dezember auftrat (Abb. 10-4). Mit zunehmender Lauflänge entwickelt sich ab Eilenburg bzw. Gruna ein deutliches Nebenmaximum im Juli (Abb. 10-4), was auf eine zunehmende Bioproduktivität aufgrund der beschriebenen diffusen Nährstoffeinträge (Kapitel 10.2) zurückzuführen ist (WILHEM C. et. al., 2000).

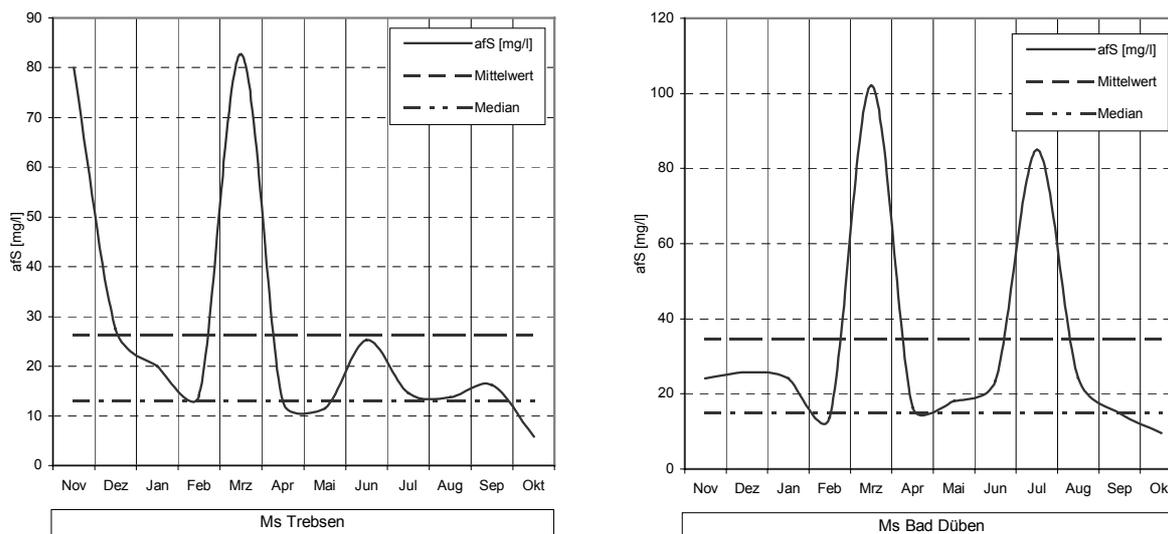


Abb. 10-4: Vergleich der mittleren Jahrgänge der Schwebstoffkonzentration an den Messstellen Trebsen (Fluss-km 123) und Bad Dübener Mündung (Fluss-km 68,1) in der Vereinigten Mulde.

Für die Messstellen an der Vereinigten Mulde lässt sich über die Konzentration–Abfluss-Beziehung durch die Bildung von Abflussklassen eine deutliche Abhängigkeit der Schwebstoffgehalte vom Durchfluss im Winterhalbjahr feststellen (Abb. 10-5). Die sommerlichen Schwebstoffkonzentrationen zeigen in ihrer Höhe dagegen eher den Charakter von abwasserbürtigen Stoffen. Die höheren Schwebstoffwerte bei geringeren Wasserständen sind vermutlich auf eine stärkere Erwärmung des Gewässers bei geringeren Fließgeschwindigkeiten und demnach günstigeren Entwicklungsbedingungen für Planktonorganismen zurückzuführen. Da die Nährstoffgehalte durch das Algenwachstum nicht beeinträchtigt werden, sehen WILHELM C. et. al. (2000) neben der Gewässertemperatur in erster Linie die lichtklimatischen Bedingungen als Hauptursache für das starke Wachstum des Phytoplanktons an.

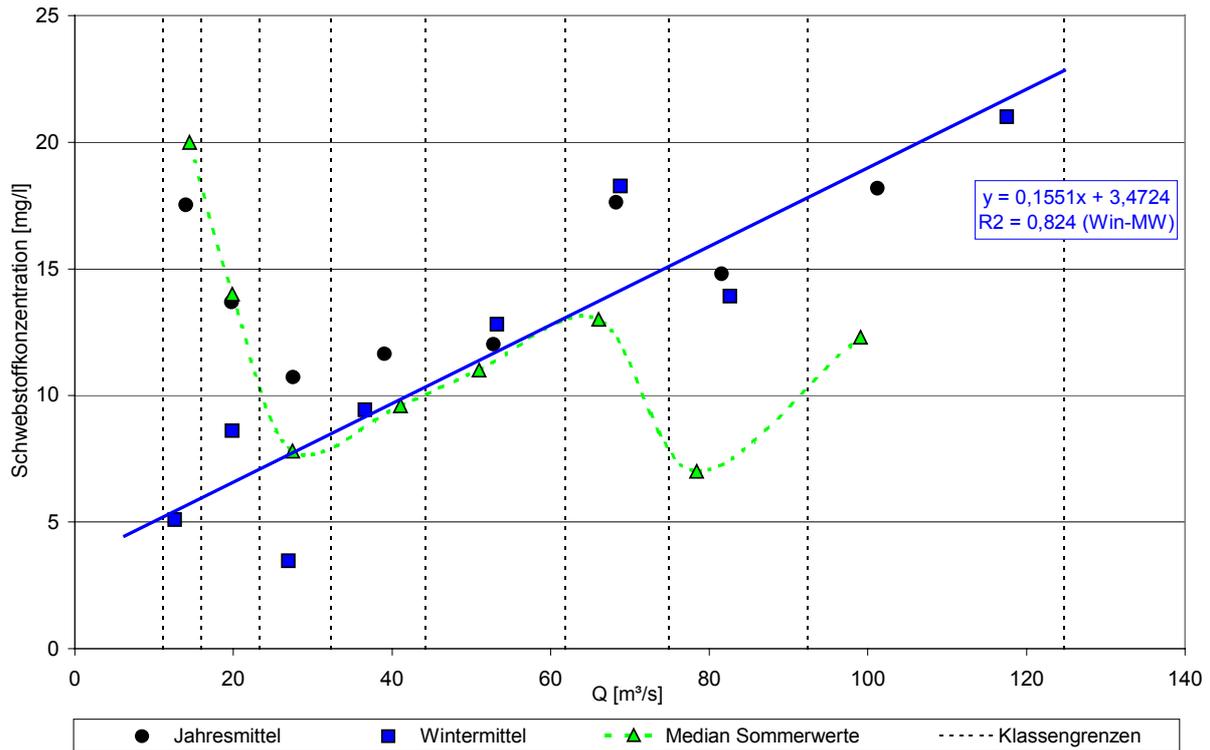


Abb. 10-5: Exemplarische Beziehung zwischen Schwebstoffgehalt und Abflusshöhe getrennt nach Sommer- und Winterhalbjahr in der Vereinigten Mulde zwischen Kössern und dem Zulauf am Stausee Muldenstein (Bsp. Messstelle Wurzen).

Die Vereinigte Mulde ist bei ihrem Eintritt in den Muldestausee als ausgesprochen schwebstoffreich zu charakterisieren. Der über den gesamten Beobachtungszeitraum gemittelte Schwebstoffgehalt an der Messstelle Bad Düben gehört mit 34,7 mg/l zu den 10 höchsten Schwebstoffmittelwerten, die an den 183 im Projekt untersuchten Messstellen im Elbe-EZG festzustellen waren. Dies ändert sich grundlegend durch die effektive Schwebstoffsedimentation im Muldestausee.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Zulauf [mg/l]	19,2	16,8	24,9	23,1	49,5	26,4	35,0	27,3	10
Verlust [%]	-86,0	-82,2	-86,4	-87,7	-93,8	-90,7	-91,3	-83,7	-83,8
Ablauf [mg/l]	2,7	3,0	3,4	2,8	3,1	2,5	3,0	4,5	1,6

Tab. 10-6: Absolute und prozentuale Abnahme des Schwebstoffgehaltes zwischen Zu- und Ablauf des Stausees Muldenstein.

Im Mittel nimmt die Schwebstoffkonzentration zwischen dem Zu- und Ablauf des Stausees Muldenstein um 87,3 % ab (Tab. 10-6). Im Gegensatz zur Messstelle Bad Düben finden sich die 3 Messstellen unterhalb des Stausees Ablauf Stausee (3,1 mg/l), Retzau/Priorau (4,5 mg/l)

und Dessau (5,5 mg/l) unter den 10 Messstellen im Elbe-EZG, welche die geringsten Schwebstoffmittelwerte im Beobachtungszeitraum aufweisen. An weit über 50 % der Messtage sind auf dieser Fließstrecke Schwebstoffgehalte von weniger als 5 mg/l charakteristisch (Abb. 10-6).

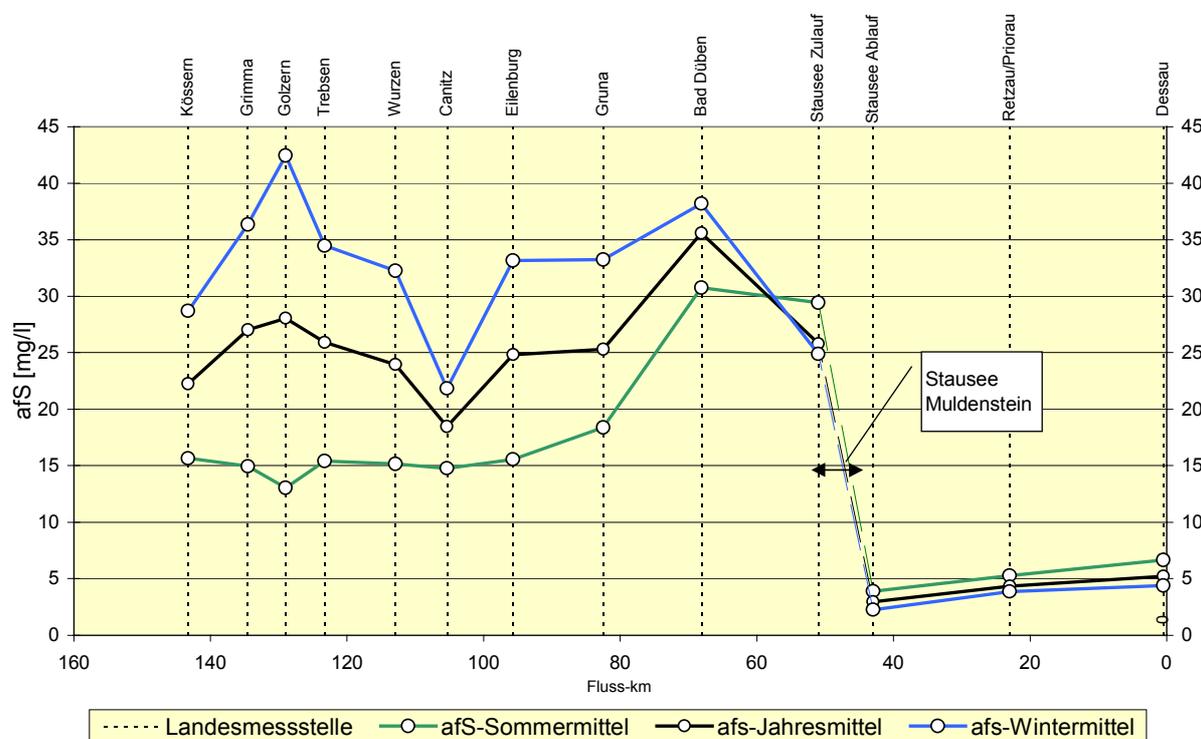


Abb. 10-6: Verlauf der mittleren Schwebstoffkonzentration im Längsschnitt der Vereinigten Mulde getrennt nach Sommer- und Winterhalbjahr im Beobachtungszeitraum von 1990 (1992) bis 2000.

### 10.3.3 Schwebstofffracht

Im Mulde-EZG konnten zahlreiche Messstellen für eine Quantifizierung des Schwebstofftransports genutzt werden. Von besonderen Interesse war die Bestimmung der Frachtanteile am Zusammenfluss von Freiburger und Zwickauer Mulde, die Schwebstofffrachtentwicklung im Längsverlauf der Vereinigten Mulde in Abhängigkeit vom mittleren Jahresabfluss, der Einfluss des Stausees Muldenstein als Feststoffsensenke und die Ermittlung des Schwebstoffeintrags in die Elbe. In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der Frachtberechnungen entsprechend zusammengefasst. Detaillierte messstellenbezogene Angaben zu berechneten Jahresfrachten, Extremwerten und funktionalen mathematischen Zusammenhängen zwischen Konzentration bzw. Transport und Abfluss sind in Band 2 Anhang F dargestellt.

### 10.3.3.1 Freiburger Mulde

Entsprechend der geringen Schwebstoffkonzentration traten im Beobachtungszeitraum von 1994 bis 2000 im Oberlauf der Freiburger Mulde geringe Schwebstoffjahresfrachten auf, die sich entsprechend der Zunahme des Abflusses im Längsverlauf kontinuierlich erhöhten (Tab. 10-7; Band 2, Anhang F). Obgleich an der Messstelle Nossen in der Regel höhere Schwebstoffkonzentrationen als an der unterhalb liegenden Messstelle Erlin gemessen wurden, führte der Zufluss der Zschopau zu einer deutlichen Zunahme der Jahresfracht in diesem Flussabschnitt. Etwaige Diskontinuitäten (Feststoffsinken etc.) wurden auch in Abhängigkeit von der Höhe des mittleren Jahresabflusses nicht festgestellt.

Hydrologische Jahre	Schwebstoffjahresfrachten [kt]					
	Freiburger Mulde				Zschopau	
	Berthelsdorf km 86	Obergruna km 54	Nossen km 46	Erlin km 0,3	Pischwitz km 0,35	Hopfgarten km 75
abflussarm	k.A.	k.A.	k.A.	6,3 - 8,6	k.A.	k.A.
mittel	1,0 - 1,3	2,1 - 3,1	5,0 - 7,2	10,4 - 12,7	7,9 - 8,5	2,8 - 3,4
abflussreich	1,3 - 1,6	5,2 - 6,4	6,3 - 7,4	30,3 - 33,4	k.A.	k.A.

Tab. 10-7: Berechnete Intervalle der Schwebstoffjahresfrachten in der Freiburger Mulde und in der Zschopau in Abhängigkeit vom mittleren Jahresabfluss. (k.A. = keine Angabe; wenn Frachtaberschätzung aufgrund fehlender Messwerte bzw. aufgrund von unberücksichtigten hydrologischen Ereignissen nicht möglich.)

### 10.3.3.2 Zwickauer Mulde

Für den Oberlauf der Zwickauer Mulde konnten aufgrund fehlender Durchflusswerte keine Frachtaberschätzungen vorgenommen werden. Der Anstieg der Schwebstoffjahresfracht im Unterlauf der Zwickauer Mulde spiegelt den Verlauf der Konzentrationsentwicklung wieder, zudem ist eine deutliche Frachtzunahme durch die zwischen den Messstellen einmündende Chemnitz zu erwarten (Tab. 10-8).

	Schwebstoffjahresfrachten [kt]	
	Zwickauer Mulde	
Hydrologische Jahre	Sermuth km 0,5	Schlunzig km 65
abflussarm	k.A.	k.A.
mittel	17,4 - 20,4	9,7 - 13,1
abflussreich	29,2 - 42,1	10,5 - 12,6

Tab. 10-8: Berechnete Intervalle der Schwebstoffjahresfrachten in der Zwickauer Mulde in Abhängigkeit von der Höhe des mittleren Jahresabflusses. (k.A. = keine Angabe; wenn Frachtaberschätzung aufgrund fehlender Messwerte bzw. aufgrund von unberücksichtigten hydrologischen Ereignissen nicht möglich.)

### 10.3.3.3 Verhältnis der Schwebstoffjahresfrachten am Zusammenfluss von Freiberger und Zwickauer Mulde

Das Verhältnis der Schwebstoffjahresfrachten am Zusammenfluss der Freiberger und Zwickauer Mulde (Abb. 10-7) wird durch die jeweiligen mündungsnächsten Messstellen Erlin und Sermuth charakterisiert.

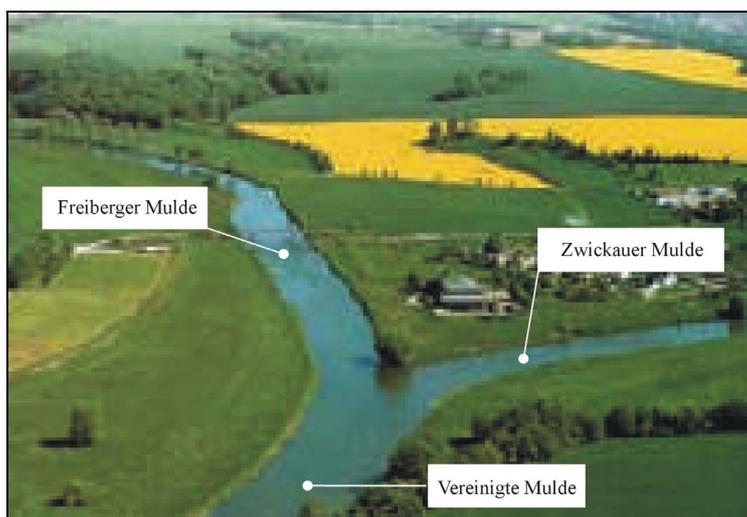


Abb. 10-7: Zusammenfluss der Freiberger und Zwickauer Mulde. Quelle: <http://www.lra-mtl.de/start.htm>

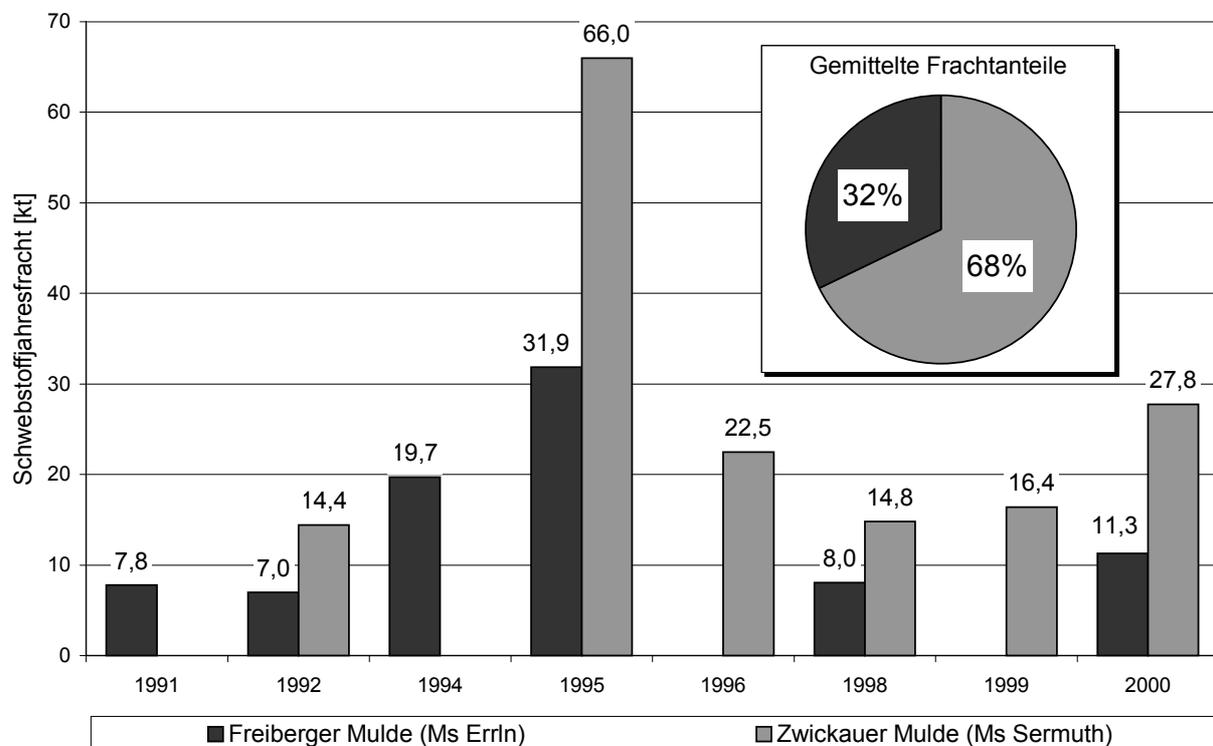


Abb. 10-8: Höhe und prozentuales Verhältnis der Schwebstoffjahresfrachten am Zusammenfluss der Freiberger und Zwickauer Mulde.

Im Beobachtungszeitraum von 1990 bis 2000 konnten in den Jahren 1992, 1995, 1998 und 2000 an beiden Flüssen Frachtabschätzungen durchgeführt werden, die einen Vergleich der Frachtanteile ermöglichen. Demzufolge führten die höheren Schwebstoffgehalte der Zwickauer Mulde zu zweimal höheren Jahresfrachten, obwohl der mittlere Jahresdurchfluss an der Freiburger Mulde bis auf das hydrologische Jahr 2000 höher als in der Zwickauer Mulde war. Die Zwickauer Mulde ist daher im Durchschnitt mit 68 % an der Bildung der Schwebstofffracht in der Vereinigten Mulde beteiligt.

#### **10.3.3.4 Schwebstoffjahresfrachten im Längsschnitt der Vereinigten Mulde**

Im Beobachtungszeitraum von 1990 bis 2000 konnte die Schwebstoffjahresfracht an maximal 11 Messstellen an der Vereinigten Mulde, sofern Messwerte in dem nach der Abflusshöhe charakterisierten hydrologischen Jahr vorhanden waren (Tab. 10-2), quantifiziert werden (Abb. 10-9). Da in allen Abflussjahren die Wirkung des Stausees Muldenstein als wesentliche Feststoffsänke im Flusslängsschnitt erkennbar ist, wird die Rolle des Stausees im anschließenden Kapitel gesondert besprochen, so dass sich alle weiteren Aussagen vorerst auf den Flussabschnitt der Vereinigten Mulde vom Zusammenfluss bis zur Mündung in den Stausee beziehen.

In den abflussarmen Jahren 1991 und 1993 zeigt sich eine kontinuierliche Zunahme der jährlichen Schwebstofflast mit zunehmender Lauflänge der Vereinigten Mulde von der Messstelle Golzern bis zum Stausee Muldenstein, wobei der Frachtzuwachs auf dieser Strecke in etwa 11,4 bis 14 kt betrug (Abb. 10-9). In mittleren und abflussreichen Jahren ist zwischen den Messstellen Wurzen und Eilenburg sowie zwischen Bad Dübener See und Stausee Zulauf jeweils eine Abnahme der Schwebstoffjahresfracht festzustellen. Diese Frachtabnahme könnte mit einer entsprechenden Sedimentation von Schwebstoffen im Flußschlauch bzw. bei höheren Wasserständen auf den Vorländern erklärt werden. Allerdings ändert sich zwischen den genannten Messstellen zum einen der Bezugspegel (Bp Golzern/Ms Wurzen zu Bp Bad Dübener See/Ms Eilenburg und zum anderen die Zuständigkeit (StUFA Leipzig Ms Bad Dübener See zu STAU Dessau-Wittenberg Ms Stausee Zulauf), so dass die Ursache für diese Diskontinuität auch in der zwischeneinzugsgebietskonformen Extrapolation der Durchflüsse bzw. in einer inkonsistenten Datenerfassung begründet sein kann. Eine endgültige Klärung dieser Frage ist nur mit einer entsprechenden Kenntnis der morphologischen und hydrologischen Bedingungen vor Ort zu erbringen und muss daher an dieser Stelle offen bleiben. Es ist jedoch davon auszugehen, dass auf der Fließstrecke der Vereinigten Mulde in mittleren und abflussreichen Jahren Schwebstoffjahresfrachten von über 90 kt transportiert werden. Hohe Schwebstoffjahresfrachten von über 100 kt sind ebenfalls nicht auszuschließen (Abb. 10-9).

Einen Beleg für die Intensität der Schwebstoffführung in der Vereinigten Mulde bietet beispielsweise die höchste von allen im Elbe-EZG berechneten Tagesfrachten von über 14 500 t, die am 16.03.1994 an der Messstelle Bad Dübener Heide aufgetreten sein dürfte. Diese Tagesfracht bildet einen Anteil von 16 – 17 % an dem berechneten Jahresfrachtintervall in mittleren Abflussjahren an der Ms Bad Dübener Heide und unterstreicht die Bedeutung von Einzelereignissen für die Frachtbildung.

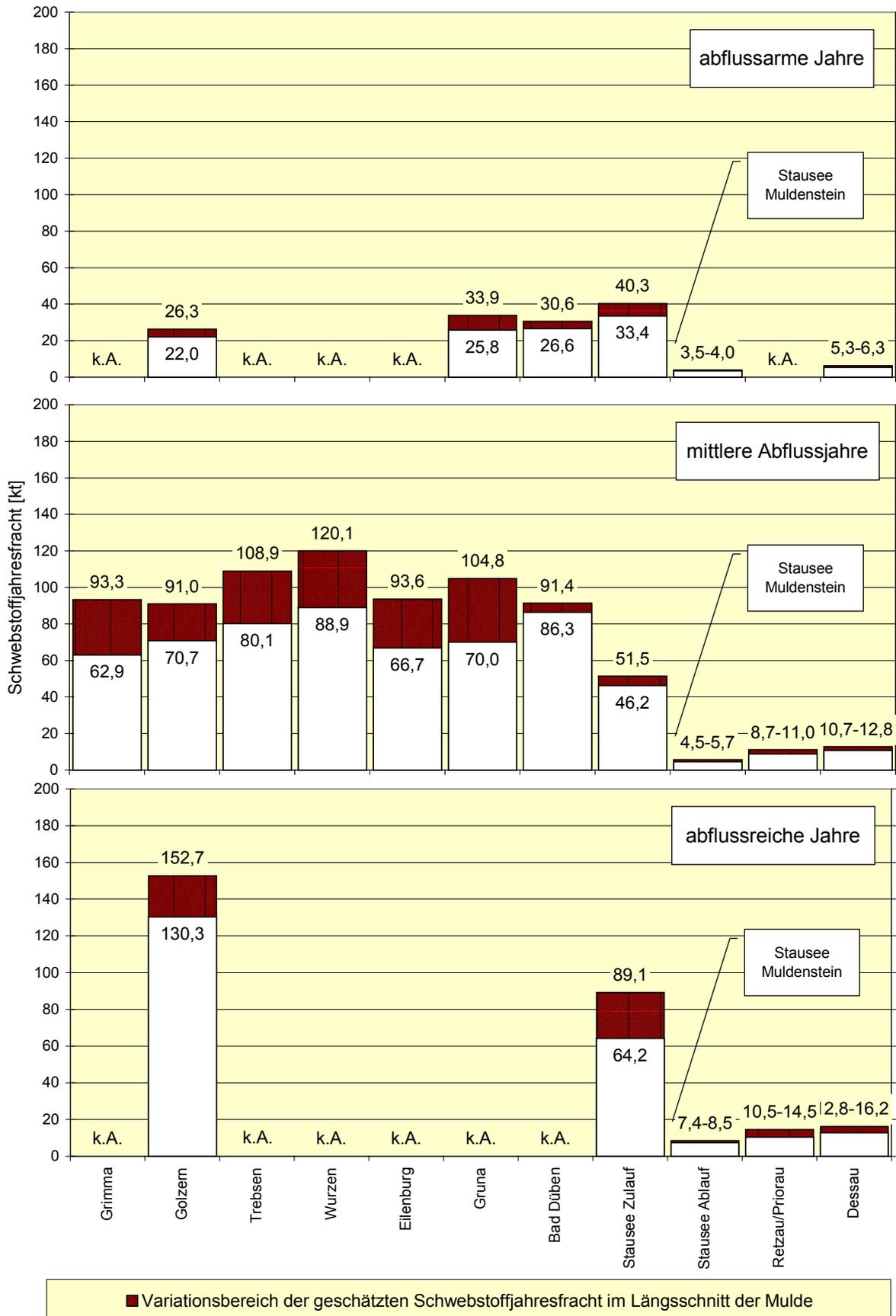


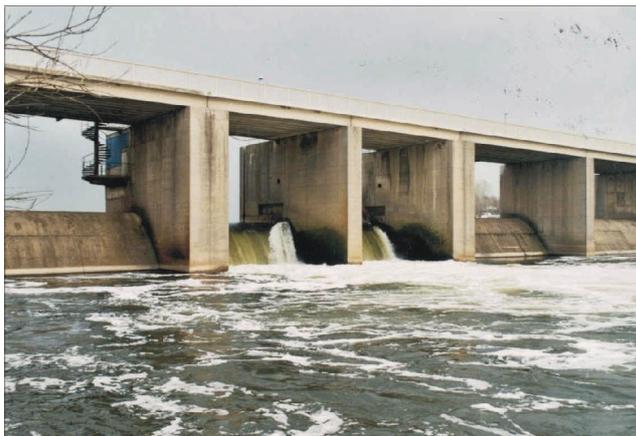
Abb. 10-9: Schwebstoffjahresfrachten im Längsschnitt der Vereinigten Mulde in abflussarmen, mittleren und abflussreichen Jahren im Zeitraum von 1990 bis 2000.

### 10.4 Die Bedeutung des Stausees Muldenstein als Feststoffsенke im Mulde-EZG

Die bereits festgestellte Abnahme der Schwebstoffkonzentration zwischen dem Zu- und Ablauf des Stausees Muldenstein um 87,3 % (Tab. 10-6) schlägt sich auch in einer deutlichen Reduzierung der transportierten Schwebstofffrachten in den jeweiligen hydrologischen Jahren nieder (Abb. 10-10).



Mündung Mulde in Stausee Muldenstein



Überlaufschwelle am Ablauf Stausee Muldenstein

1993	1994	1995	1997	1998	1999
<b>Schwebstoffeintrag [kt]</b> (Min - Max)					
33,4	36,2	64,2	47,3	55,2	63,7
-	-	-	-	-	-
40,3	42,9	89,1	54,1	57,4	91,3
<b>Schwebstoffaustrag [kt]</b> (Min - Max)					
3,5	5,2	7,6	4,4	3,9	8,8
-	-	-	-	-	-
4,0	7,3	8,7	4,8	5,0	11,0
<b>Schwebstofffrachtbilanz [%]</b> (Min - Max)					
-89,6	-83,1	-88,2	-90,7	-91,3	-86,2
-	-	-	-	-	-
-90,1	-85,5	-90,2	-91,2	-92,9	-87,9

Abb. 10-10: Schwebstofffrachtbilanz zwischen den Messstellen am Zu- und Ablauf des Stausees Muldenstein.

Es ist davon auszugehen, dass bedingt durch die Konzeption des Ablaufes als Überlaufschwelle (Abb. 10-10) im Mittel in abflussarmen 33 kt, in mittleren 50 kt und in abflussreichen Jahren 69 und bis zu 80 kt Schwebstoff im Stausee Muldenstein sedimentieren. Eine effektive Schwebstoffablagerung findet bereits an der Mündung der Vereinigten Mulde in den Stausee statt, was morphologisch durch die Bildung eines Mündungsdeltas belegt wird

(Abb. 10-10 und Abb. 10-11). Im Durchschnitt werden die Schwebstoffjahresfrachten zu 88 bis 90 % im Stausee zurückgehalten. Dies drückt sich auch in dem Stoffaustrag bezogen auf die Größe des EZG aus. Am Stauseezulauf beträgt dieser 6 – 20 kt/km<sup>2</sup>a und sinkt am Ablauf auf 0,5 – 1,5 kt/km<sup>2</sup>a (Band 2, Anhang F).



Abb. 10-11: Feststoffablagerung im Mündungsbereich der Mulde in den Stausee Muldenstein (15.05.01).

### **10.5 Schwebstoffeintrag der Vereinigten Mulde in die Elbe**

Der effektive Schwebstoffrückhalt im Stausee Muldenstein führt dazu, dass sich die Vereinigte Mulde bei ihrer Einmündung verdünnend auf die Schwebstoffkonzentration der Elbe auswirkt. Obwohl der direkte Vergleich der Schwebstoffwerte aufgrund der unterschiedlichen Labormethodik der Bundesländer und der BfG nicht möglich ist (Kapitel 4.5), weisen die jeweiligen Jahresmittelwerte der Schwebstoffkonzentration an den Messstellen Wittenberg/Elbe (BfG) und Dessau/Vereinigte Mulde (STAU

Dessau/Wittenberg) deutliche Unterschiede und einen dementsprechenden Trend auf (Tab. 10-9).

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Vereinigte Mulde (Ms Dessau)	7,5	4,3	5,1	4,2	5,6	5,5	6,4	6,2
Elbe (Ms Wittenberg)	42,6	33,4	44,8	43,1	47,0	35,8	30,2	25,6

Tab. 10-9: Mittlere Schwebstoffkonzentration an der Mündung der Vereinigten Mulde und der Elbe im Vergleich.

Zudem konnte der Verdünnungseffekt der linksseitig einmündenden Mulde direkt durch Messungen der Schwebstoffkonzentrationsverteilung in der Elbe ober- und unterhalb ihrer Mündung nachgewiesen werden (Abb. 10-12).

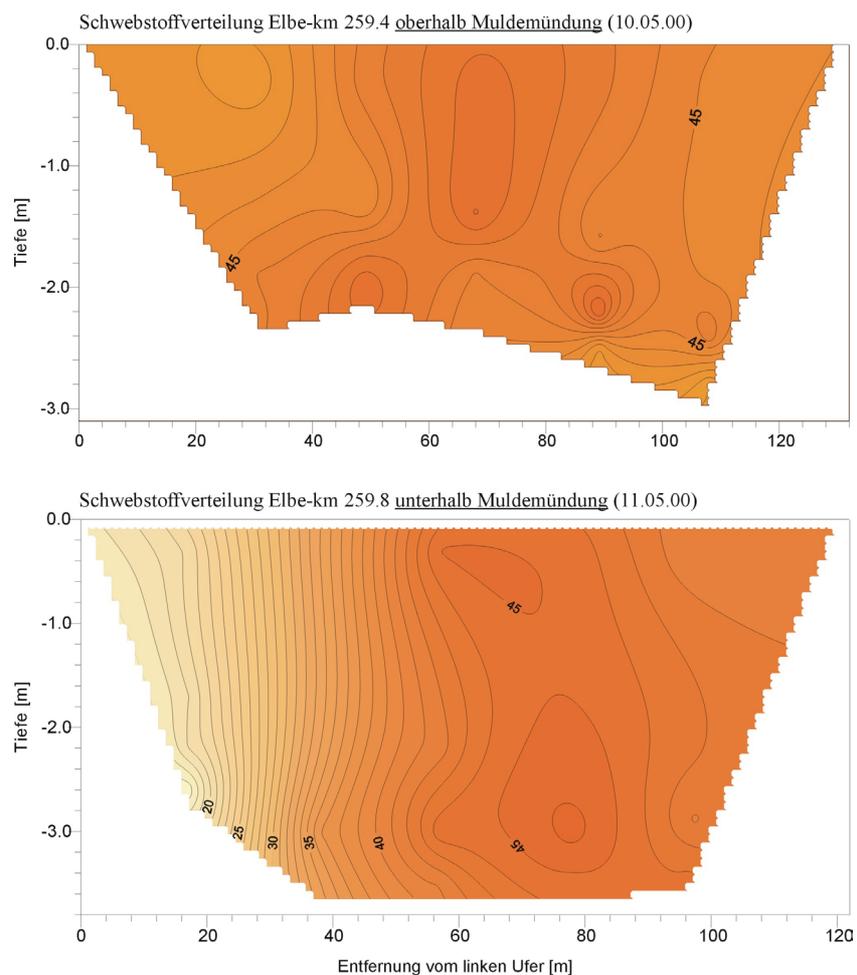


Abb. 10-12: Verdünnung der Schwebstoffkonzentration der Elbe durch die linksseitige Einmündung der Vereinigten Mulde. Vergleich der Schwebstoffverteilung durch Vielpunktmessungen mit dem Messschiff „Elbegrund“ oberhalb und unterhalb der Muldemündung (Analyse Schwebstoffgehalt nach DVWK Richtlinie DK 556.535.6).

Der relative Vergleich ist durch die Anwendung einer einheitlichen Labormethodik (DK 556.535.6) möglich. Der verdünnende Einfluss der Mulde auf die Schwebstoffkonzentration der Elbe ist unter bestimmten Bedingungen auch visuell wahrnehmbar (Abb. 10-13).



Abb. 10-13: Verdünnung der Schwebstoffkonzentration der Elbe durch die einmündende Vereinigte Mulde (Photo BURGHARDT, Arge Elbe).

Der Schwebstoffeintrag der Vereinigten Mulde in die Elbe kann über die 0,5 km von der Mündung entfernte Messstelle Dessau für den Beobachtungszeitraum von 1993 bis 1999 angegeben werden (Abb. 10-14). Im wesentlichen wird die Höhe der Schwebstofffracht vom Abfluss bestimmt, obgleich die Korrelation mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,58 nur schwach ausgeprägt ist (Band 2, Anhang F). Unter den gegenwärtigen Bedingungen trägt die Mulde in abflussarmen 5 - 6 kt, in mittleren 10,7 – 12,8 kt und in abflussreichen Jahren 12,8 – 16,2 kt Schwebstoff in die Elbe ein. Die Schwebstofffracht des Sommerhalbjahres ist gegenüber dem Winterhalbjahr leicht erhöht. Der maßgebliche Einfluss der Zwickauer Mulde auf die Höhe der Schwebstofffracht aus dem Mulde-EZG wird auch durch die Darstellung der mittleren prozentualen Anteile der Teileinzugsgebiete an der Bildung der Schwebstoffjahresfracht deutlich (Abb. 10-15).

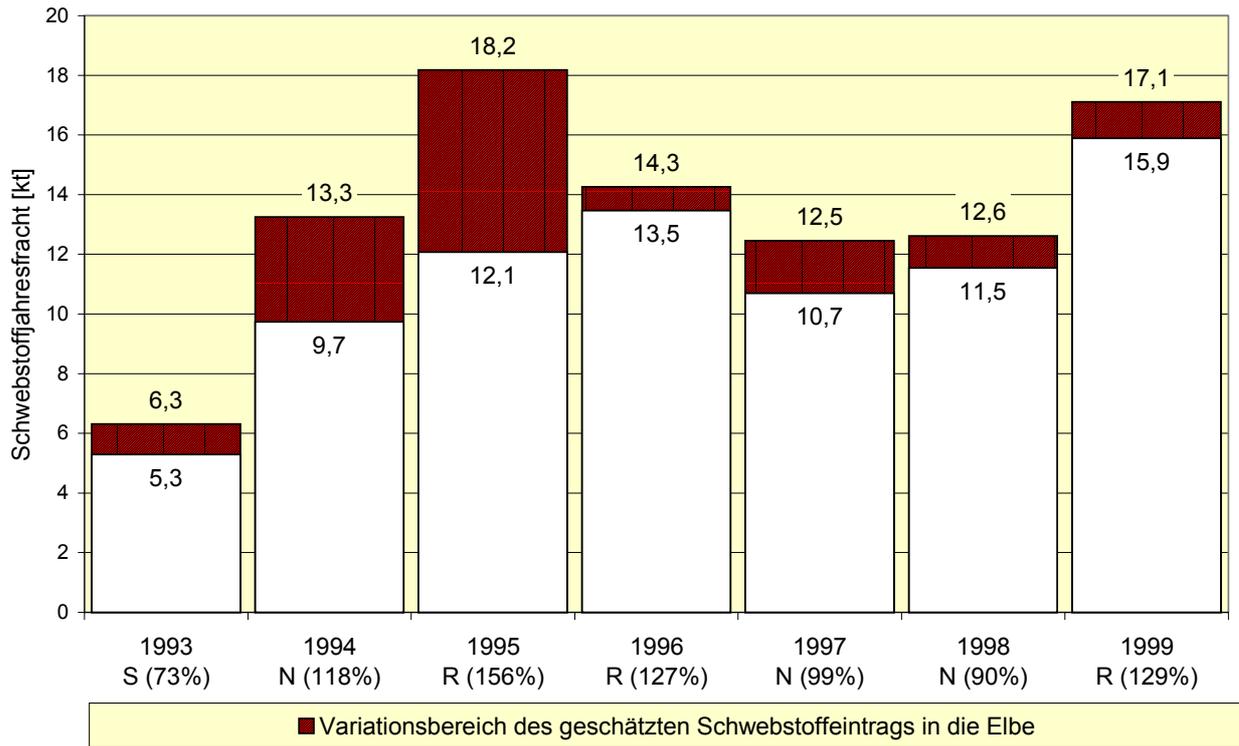


Abb. 10-14: Schwebstoffeintrag der Vereinigten Mulde im Beobachtungszeitraum (Messstelle Dessau) (S=abflussarm, N=mittleres Abflussjahr, R=abflussreich unter Angabe des prozentualen Verhältnisses von MQ Messjahr/MQ langjährig in Prozent).

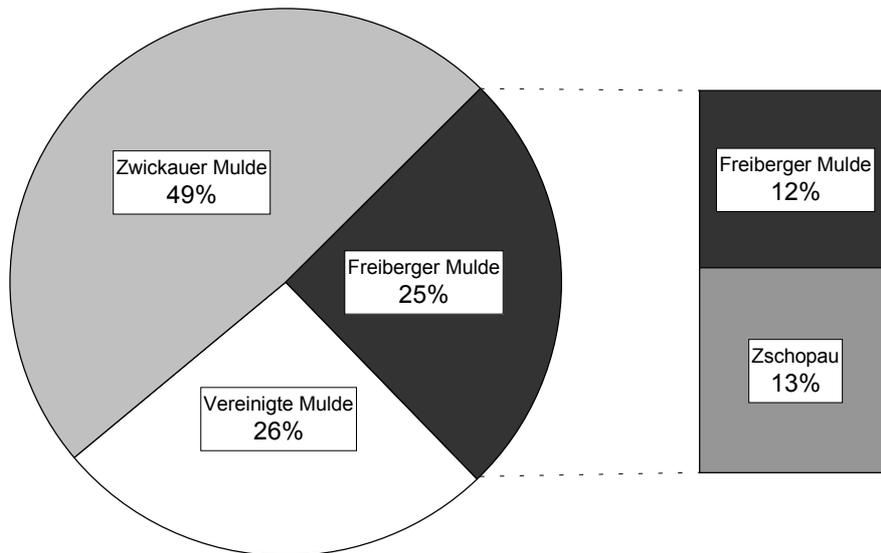


Abb. 10-15: Mittlerer prozentualer Anteil der Teileinzugsgebiete an der Schwebstoffjahresfracht der Mulde.