



**INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZE DES RHEINS
COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DU RHIN**

AKTIONSPROGRAMM "RHEIN"

Statusbericht Rhein 1995

Auswertung des Internationalen Schwebstoffmeßprogramms

**ZUSAMMENSTELLUNG UND BEARBEITUNG: BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE/ RIJKSINSTITUUT VOOR
INTEGRAAL ZOETWATERBEHEER EN AFVALWATERBEHANDELING**

AUTOREN: DR. M. KELLER (BFG), DRs. J.A. ZINDLER UND ING A. WILTING (RIZA)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Arbeitsweise	4
2.1	Probenahme	4
2.2	Mathematische Auswertungen	4
3	Meßergebnisse	6
3.1	Hydrologische Situation	6
3.2	Schwebstoffkonzentration	6
3.3	Allgemeine Kenngrößen	7
3.4	Schwermetalle und Arsen	9
3.5	Organische Mikroverunreinigungen	12
4	Diskussion	16
4.1	Vergleich der Gehalte an Schwermetallen und organischen Spurenstoffen mit Zielvorgaben und Einteilung in Ergebnisgruppen	16
4.2	Frachtberechnung	23
4.3	Offene Fragen	28
5	Zusammenfassung und Schlußfolgerung	29
	Anlage 1: Datum der Einzelprobenahmen	
	Anlage 2a: Abflußganglinien Rheinlängsprofil 1995	
	Anlage 2b: Jahresmittel der Abflüsse 1990-1995	
	Anlage 2c: Abflußganglinien und Schwebstoffkonzentration an den Probenahmetagen	
	Anlage 3: Schadstoffgehalte des Schwebstoffs 1995 - Tabellen	
	Anlage 4a: Schwebstoff und allgemeine Kenngrößen	
	Anlage 4b: Schwermetalle und Arsen	
	Anlage 4c: Organische Mikroverunreinigungen	
	Anlage 5: Zielvorgaben Ist-/Sollvergleich 1990-1995	

1 EINLEITUNG

Das Aktionsprogramm Rhein hat für das Jahr 2000 folgende Ziele gesetzt:

- Früher vorhandene höhere Tierarten (z.B. der Lachs) sollen im Rhein wieder heimisch werden.
- Das Rheinwasser soll für Trinkwasserversorgung genutzt werden können.
- Sedimente sollen von umweltverschmutzenden Stoffen entlastet werden.
- Die Verbesserung der ökologischen Verhältnisse der Nordsee.

Zur Überwachung und Erfüllung des dritten Punktes werden im Rahmen des Aktionsprogramms Rhein (APR) Messungen der Schwebstoffe durchgeführt. Seit 1990 wird der Schwebstoffverunreinigungsgrad routinemäßig gemessen. Das Jahr 1995 ist wie das Jahr 1990 ein sogenanntes 'Stichjahr', in dem ein intensives Meßprogramm für Schwebstoffe längs des Rheins durchgeführt wurde. Dieses Meßprogramm soll es ermöglichen:

- Umweltverschmutzende Stoffe, die aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften vorwiegend schwebstoffgebunden transportiert werden, zu analysieren und auszuwerten.
- Die Entwicklung der Wasserqualität des Rheins anhand von Schwebstoffmessungen zu verfolgen.
- Die Belastung der Schwebstoffe mit Schwermetallen und organischen Mikroverunreinigungen mit den von der IKSR entwickelten Zielvorgaben zu vergleichen.

Kurzfassung der wichtigsten Ergebnisse aus 1990

1990 ist der vorige 'Statusbericht Schwebstoff' erschienen. Die wichtigsten Ergebnisse aus diesem Bericht lassen sich wie folgt zusammenfassen.

In bezug auf die vorher betrachteten Jahre (1973 - 1986) haben im Jahr 1990 die Gehalte an Cadmium, Blei, Zink, Kupfer und Chrom deutlich abgenommen. Für Quecksilber und Nickel war kein geeignetes Vergleichsmaterial vorhanden. Der Chromgehalt lag 1990 in der Größenordnung der Zielvorgabe, während die Nickelgehalte sie um etwa einen Faktor 1,5 überschritten. Bei Blei, Quecksilber, Cadmium und Kupfer waren die Gehalte etwa zwei- bis vierfach höher als die Zielvorgabe.

Von den organischen Verunreinigungen wurden 1990 insbesondere Hexachlorbenzol (HCB), die polychlorierten Biphenyle (PCBs) und die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAKs) in deutlich meßbaren Gehalten gefunden. Die hohen HCB-Gehalte sind wahrscheinlich auf mit HCB verunreinigte Sedimente im Oberlauf des Rheins zurückzuführen. Von den PCBs kamen die höher chlorierten Verbindungen (PCB-138 und PCB-153) in relativ hohen Gehalten vor. Im Vergleich zu 1987 hat die PCB-Belastung der Schwebstoffe 1990 leicht abgenommen. Von den sonstigen chlorierten Verbindungen wie den Drinen, der DDT-Gruppe und den Chlornitrobenzolen fanden sich fast nur Gehalte im Bereich der Bestimmungsgrenze. Von den PAKs wurde Fluoranthren mit den höchsten Gehalten gemessen. Der Anteil von Fluoranthren in der Summe der sechs betrachteten PAKs (die sechs PAKs von Borneff) lag fast immer zwischen 30 und 50 %.

Einteilung dieses Berichtes

Das zweite Kapitel dieses Statusberichtes enthält Informationen über die Meßstellen, die Probenahme und die Analysemethoden. Auch wird auf die angewandten statistischen Rechenverfahren kurz eingegangen.

In Kapitel drei werden die Meßergebnisse dargestellt. Zuerst wird die hydrologische Situation 1995 erläutert. Anschließend werden die allgemeinen Kenngrößen, die Schwermetalle und die organischen Mikroverunreinigungen erörtert. Pro betrachtetem Stoff werden zuerst die Ergebnisse des Stichjahres 1995 beschrieben. Danach wird der Verlauf der mittleren Gehalte bzw. der 50-Perzentilwerte im

Zeitraum 1990 - 1995 erörtert.

In Kapitel vier, der Diskussion, werden die 1995 gemessenen Schwermetallgehalte und organischen Mikroverunreinigungen mit den von der IKSR entwickelten Zielvorgaben verglichen. Anschließend werden für einige Stoffe Frachten berechnet und bilanziert. Auch werden in diesem Kapitel die Annahmen und offenen Fragen, die noch Beachtung verdienen, besprochen.

Das letzte Kapitel enthält die Zusammenfassung und die Schlußfolgerungen zu diesem Statusbericht.

2 ARBEITSWEISE

Dieses Kapitel enthält eine kurze Übersicht über die Arbeitsweise für das Sammeln von Daten für die Schwebstoffuntersuchung 1995. Neben Informationen über die Meßstellen und die Probenahme werden kurz die angewandten mathematischen Bearbeitungen erläutert.

2.1 Probenahme

Für das Schwebstoffmeßprogramm werden bei den internationalen Meßstellen routinemäßig Schwebstoffproben entnommen. Im Vergleich zum Stichjahr 1990 wurden einige Meßstellen ersetzt oder sind weggefallen. Anstelle von Seltz hat man 1992 eine Meßstelle bei Lauterbourg in Betrieb genommen. Die niederländischen Meßstellen Vuren und Hagestein wurden durch die Stelle bei Maassluis, an der Mündung des Rheins in die Nordsee, ersetzt. Ab 1995 wurde die Meßstelle bei Village-Neuf am linken Ufer durch Weil am Rhein (rechtes Ufer) abgelöst.

Bei allen Meßstellen wurde der Schwebstoff mit Hilfe einer Durchflußzentrifuge gesammelt. Anlage 1 enthält eine Übersicht über das Probenahmedatum für die verschiedenen Meßstellen. Die Meßfrequenz schwankt 1995 zwischen 4 und 26. Die folgende Tabelle umfaßt eine Übersicht über die Meßstellen, die Anzahl der Schwebstoffproben und die beteiligten Labors. Hierzu sei bemerkt, daß nicht von jeder Probe Schadstoffgehalte vorliegen. Dargestellt ist die Probenanzahl, die pro Meßstelle bei den meisten Kenngrößen erreicht wurde.

Meßstelle	Fluß-km*	Probenanzahl	Labor
Rekingen	91	4	EAWAG
Weil am Rhein	173	25	GSA
Lauterbourg	349	26	IRH
Koblenz	590	25	BfG
Bimmen	865	22	LUA/NRW
Lobith	862	26	RIZA
Kampen	994	6	RIZA
Maassluis	1018	26	RIZA
Mosel (Koblenz)	2	13	BfG

* = Kilometer im Rhein unterhalb der Brücke von Konstanz und in der Mosel ab der Mündung der Mosel in den Rhein.

2.2 Mathematische Auswertungen

In den "Vereinbarungen der IKSr für Meßprogramme und Sonderuntersuchungen in den Teilbereichen Wasser, Schwebstoff, Sediment und Organismen" (IKSR-P 1/95) wird angegeben, wie und unter welchen Bedingungen für die verschiedenen Stoffe statistische Kennziffern ermittelt werden. Die Werte der Kennziffern, die in diesem Bericht verwendet werden, wurden aus den "Zahlentafeln 1995" übernommen.

Anzahl der Proben	N
Minimalwert	Min
Maximalwert	Max
Mittelwert	\bar{x}
50-Perzentilwert (Representator)	50 Perz.
90-Perzentilwert (Representator)	90 Perz.

Mittelwert

Für die Berechnung des Jahresmittelwertes werden mindestens 5 Meßwerte benötigt. Auch müssen 50 % der Meßwerte über der Bestimmungsgrenze liegen. Bezüglich der Meßwerte unter der Bestimmungsgrenze wird die Hälfte der Bestimmungsgrenze für die Berechnung des Mittelwertes herangezogen.

Frachtberechnung

Um die Beziehung zwischen dem Abfluß und den Frachten von an Schwebstoff gebundenen Schadstoffen zu untersuchen, wurde für jedes Probenahmedatum die Tagesfracht bestimmt. Bei der Berechnung der Tagesfrachten hat man sich an die Methode, die bei der Bestimmung von Jahresfrachten zur Anwendung kommt, gehalten. Die Tagesfrachten wurden mit der folgenden Formel bestimmt:

$$T_s = C_s \times S \times Q \times F$$

Dabei:

T_s	= Tagesfracht	[kg/Tag]
C_s	= Gehalt der an Schwebstoff gebundenen Verunreinigungen	[mg/kg]
S	= Schwebstoffkonzentration	[mg/l]
Q	= Abfluß am Tage der Messung	[m ³ /s]
F	= Umrechnungsfaktor $86,4 \cdot 10^{-6}$	[-]

3 MESSERGEBNISSE

Im Text dieses Kapitels sind die hydrologische Situation und die Meßergebnisse zu den untersuchten Stoffen dargestellt. In diesem Kapitel werden pro betrachtetem Stoff zuerst die Ergebnisse des Stichjahres 1995 erläutert, wobei die 50-Perzentilwerte hervorgehoben werden. Anschließend wird der Verlauf über die Jahre 1990 bis 1995 geschildert, wobei die Jahresmittel bzw. der 50-Perzentilwert erörtert werden.

3.1 Hydrologische Situation

Anlage 2 enthält die grafische Darstellung der hydrologischen Daten. Anlage 2a enthält eine Abbildung mit den Abflußganglinien an den Meßstellen längs des Rheins. Anlage 2b enthält eine Abbildung mit den Jahresmitteln der Abflüsse 1990 bis 1995 für die IKSR-Meßstellen. Anlage 2c zeigt Grafiken, die Abflußganglinien mit dem Jahresmittel und dem langjährigen Mittel (wenn vorhanden) pro Meßstelle sowie die Schwebstoffkonzentration mit den Tagen der Probenahmen enthalten. Es wird darauf hingewiesen, daß die Abflüsse bei Maassluis aufgrund des Einflusses der Tide mit einem Modell berechnet wurden.

1995

Das Jahr 1995 (mit Probenahmekalender vom 26. Dezember 1994 bis 24. Dezember 1995) ist für den Rhein ein Jahr mit hohen Abflüssen. Wenn der mittlere Jahresabfluß des Jahres 1995 mit dem langjährigen Mittelwert (Mittelwert der vergangenen 60 Jahre) an den Meßstellen Lauterbourg, Koblenz und Lobith verglichen wird, zeigt sich, daß ersterer 30, 46 bzw. 23 % höher ist. Hochwasserereignisse traten von Ende Januar bis Anfang Februar, im Juni und im Dezember auf. Am Hoch- und Oberrhein wurden die höchsten Abflüsse im Juni gemessen. Am Mittel- und Niederrhein gab es im Januar und Februar Hochwasserereignisse, wie sie nur alle 50 bis 100 Jahre vorkommen. Auch in der Mosel (Koblenz) und IJssel (Kampen) wurden in dieser Periode die höchsten Abflüsse gemessen. Die niedrigsten Wasserstände waren am Hoch- und Oberrhein im November und Dezember und am Niederrhein im Oktober festzustellen. Für die Mosel war dies im August.

1990-1995

1990 liegen die Abflüsse (wie auch 1992 bis 1993) unter dem langjährigen Mittel. 1995 ist dagegen (wie auch 1994) ein Jahr mit verhältnismäßig hohen Abflüssen. Dies kann sich auf die Vergleichbarkeit der Meßergebnisse auswirken, da bei höheren Fließgeschwindigkeiten mehr Schwebstoff transportiert werden kann. Die spezifische Belastung der Schwebstoffe wird durch ansteigendes Hochwasser in der Regel nicht stark beeinflusst. Bei vielen Kenngrößen sinken die Gehalte mit steigendem Abfluß, bei anderen bleibt die Belastung gleich oder steigt sogar leicht an. Daher ist grundsätzlich die Herkunft der Abflußspenden mit in die Betrachtungen einzubeziehen. Hohe Schwebstofffrachten bei ansteigendem Hochwasser führen auch zu hohen Schadstofffrachten in der Hochwasserwelle. Darauf wird in Kapitel 4.2 näher eingegangen.

3.2 Schwebstoffkonzentration

Anlage 3 enthält Tabellen mit den berechneten Werten (wie Streubereich, Mittelwert, 50-Perzentilwert und 90-Perzentilwert) aller Meßstellen. Anlage 4a enthält die Abbildungen der Schwebstoffdaten.

1995

In Abbildung 3.1a (Anlage 4a) sind die Schwebstoffkonzentrationen, die Mittelwerte, der Streubereich, die 50- und 90-Perzentilwerte und die Zahl der Messungen dargestellt. Die Schwebstoffkonzentration, gemessen in mg/l, nimmt entlang des Rheinprofils ab Rekingen (50-

Perzentilwert = 6,8 mg/l) über Weil am Rhein mit 7,3 mg/l bis Lauterbourg (18,6 mg/l) zu. Bei Koblenz ist diese Konzentration (19,1 mg/l) nicht viel höher. An der deutsch-niederländischen Grenze beträgt der 50-Perzentilwert der Konzentration sowohl linksrheinisch bei Bimmen als auch rechtsrheinisch bei Lobith 25 mg/l. In der IJssel bei Kampen hat der 50-Perzentilwert auf 21 mg/l abgenommen, während er bei Maassluis im Tidebereich auf 48 mg/l zugenommen hat. In der Mosel bei Koblenz war der 50-Perzentilwert der Schwebstoffkonzentration gleich 8,2 mg/l, was erheblich niedriger als die Konzentration im Rhein bei Koblenz ist.

Der Streubereich der gemessenen Konzentrationen ist jedoch ziemlich groß, wie ein Unterschied zwischen der niedrigsten und höchsten gemessenen Konzentration von 96 mg/l bei Koblenz-Rhein (25 Messungen), 105 mg/l bei Koblenz-Mosel (13 Messungen), 126 mg/l bei Lobith (24 Messungen) bis sogar 187 mg/l bei Maassluis (26 Messungen) zeigt. Auch der Unterschied zwischen der mittleren Konzentration und dem 50-Perzentilwert ist in manchen Fällen ziemlich groß, wie eine mittlere Konzentration von 70 mg/l bei Maassluis und 35 mg/l bei Bimmen und Lobith zeigt. Dies deutet auf Spitzenwerte in der Schwebstoffkonzentration insbesondere bei hoher Wasserführung hin. In Anlage 2b ist deshalb neben dem Abfluß auch die Schwebstoffkonzentration eingetragen.

1990-1995

In Abbildung 3.1b (Anlage 4a) sind die mittleren Konzentrationen in den betrachteten Jahren für alle Meßstellen eingetragen.

1990 wurden die Schwebstoffkonzentration nicht überall ermittelt, 1991 liegt sie für vier Meßstellen vor. Die mittleren Konzentrationen sind 20,7 mg/l bei Koblenz, 29 mg/l bei Bimmen, 32 mg/l bei Lobith und 27 mg/l bei Kampen. In den darauffolgenden Jahren ist kein besonderer Trend wahrnehmbar. Die mittlere Schwebstoffkonzentration entlang des Rheinprofils nimmt jedoch zu. Die mittlere Konzentration ist aufgrund des Tideeinflusses bei Maassluis am höchsten, während sie bei Kampen immer niedriger als an der deutsch-niederländischen Grenze ist. Weiter wird deutlich, daß die mittleren Schwebstoffkonzentrationen in Hochwasserjahren deutlich zunehmen.

3.3 Allgemeine Kenngrößen

Anlage 3 enthält Tabellen mit den berechneten Werten (wie Streubereich, Mittelwert, 50-Perzentilwert und 90-Perzentilwert) aller Meßstellen. Anlage 4a enthält die Abbildungen der Daten von TOC und Gesamtphosphor.

3.3.1 TOC

1995

In Abbildung 3.2a sind die TOC-Gehalte 1995 dargestellt.

Der 50-Perzentilwert des Gesamtgehaltes organischer Kohlenstoff (TOC, in Gewichtsprozent) des Schwebstoffes ist 1995 bei Rekingen am niedrigsten (2,1 %). Stromabwärts variiert dieser Prozentsatz. Erst nimmt der TOC-Gehalt auf etwa 5 % bei Weil am Rhein und Lauterbourg zu. Bei Koblenz beträgt er 3,4 % und an der deutsch-niederländischen Grenze etwa 4% (4,1% bei Bimmen und 4,5% bei Lobith). Bei Kampen ist der 50-Perzentilwert des TOC 4,8%, bei Maassluis noch 3,8%. In der Mosel ist dieser Gehalt höher (5,1%) als im Rhein bei Koblenz. Den größten Unterschied zwischen den minimal und maximal gemessenen Gehalten gibt es bei Lauterbourg (6,5% bei 26 Messungen). Die Differenz zwischen den 50-Perzentilwerten und den mittleren Gehalten ist nicht groß und variiert zwischen 0,1 % bei Lauterbourg und Bimmen und 0,8 % bei Weil am Rhein.

1990-1995

In Abbildung 3.2b sind die mittleren TOC-Gehalte von 1990 - 1995 dargestellt.

In den Jahren 1990 bis einschließlich 1992 wurde der TOC-Gehalt in Rekingen und Village-Neuf nicht ermittelt. Die Daten von 1990-1995 zeigen für Koblenz eine leicht abnehmende Tendenz in bezug auf den mittleren TOC-Gehalt von 4,6 % 1990 auf 3,7 % 1995; bei Bimmen von 6,9 % 1990 auf 4,2 % 1995 und bei Lobith von 6,4 % auf 4,8 %. Diese Abnahme ist aber nicht ganz gleichmäßig und ist im Niederrhein ab Bimmen am deutlichsten. Entlang des Rheinprofils nimmt der TOC-Gehalt im allgemeinen zu. Die höchsten Prozentsätze werden immer in der Mosel bei Koblenz erhalten, in einem Bereich von 11,4 % 1991 bis 5,7 % 1995.

Bei Rekingen und Weil am Rhein wurde 1991 und 1993 ebenfalls der Gesamt-Stickstoffgehalt (als Prozentsatz) im Schwebstoff gemessen. Stickstoff kommt im Schwebstoff als Komponente des organischen Materials vor und wird daher nicht separat besprochen.

3.3.2 Gesamtphosphor

1995

In Abbildung 3.3a sind die Ergebnisse aus 1995 in einer Grafik dargestellt.

Bei Lauterbourg wurde der Gesamtphosphorgehalt nicht ermittelt. Die 50-Perzentilwerte liegen 1995 zwischen 0,7 g/kg bei Rekingen und 2,1 g/kg bei Kampen. Die Werte nehmen kontinuierlich entlang des Rheinprofils zu. Bei Koblenz ist der 50-Perzentilwert in der Mosel (2,4 g/kg) bedeutend höher als im Rhein (1,6 g/kg). Die 50-Perzentilwerte unterscheiden sich an allen Meßstellen kaum von den mittleren Gehalten. Die größten Unterschiede zwischen den minimalen und maximalen Gehalten betragen 2,8 g/kg in der Mosel (12 Messungen) und 4,4 g/kg bei Lobith (26 Messungen).

1990-1995

In Abbildung 3.3b sind die mittleren Gesamt-P-Gehalte für die unterschiedlichen Jahre und Meßstellen dargestellt.

Die mittleren Gesamtphosphorgehalte in den Schwebstoffen nehmen im betrachteten Zeitraum ab, wobei der Effekt durch weniger belastetes Erosionsmaterial in den beiden Jahren mit hohen Abflüssen (1994 und 1995) mitverursacht ist. So ist der mittlere Gehalt bei Koblenz von 2,9 g/kg 1991 auf 1,8 g/kg 1995 zurückgegangen. Bei Bimmen entspricht dies 3,2 g/kg 1990 auf 1,7 g/kg 1994 und 1995. Bei Lobith hat der mittlere Gesamt-P-Gehalt von 3,4 g/kg 1991 auf 1,9 g/kg 1994 abgenommen. Auch in der Mosel hat der Gesamt-P-Gehalt um etwa einen Faktor 1,6 abgenommen (50-Perzentilwert von 2,8 g/kg 1990 auf 1,8 g/kg 1995). Auch in den vergangenen Jahren ist eine kontinuierliche Zunahme der Gesamtphosphorgehalte der Schwebstoffe längs des Rheins festzustellen.

3.4 Schwermetalle und Arsen

Schwermetalle werden vorwiegend schwebstoffgebunden transportiert. Die IKSR hat für diese Metalle Zielvorgaben für Schwebstoffe festgelegt. Die 90-Perzentilwerte der gemessenen Gehalte (in mg/kg) sollten an diesen Zielvorgaben geprüft werden. Dieser Vergleich wird in Kapitel 4 erfolgen. Anlage 3 enthält Tabellen mit den berechneten Werten (wie Streubereich, Mittelwert, 50-Perzentilwert und 90-Perzentilwert) aller Meßstellen. Anlage 4b enthält die Abbildungen zu den Schwermetallen und Arsen.

3.4.1 Quecksilber

1995

In Abbildung 3.4a sind die Quecksilbergehalte dargestellt.

Bei Rekingen wurde 1995 nur einmal der Quecksilbergehalt der Schwebstoffe ermittelt. Die 50-Perzentilwerte sind bei Koblenz am niedrigsten mit Gehalten von 0,15 mg/kg für die Mosel und 0,18 mg/kg für den Rhein. In Weil am Rhein liegt der Wert bei 0,25 mg/kg und in Lauterbourg bei 0,34 mg/kg. Ab der deutsch-niederländischen Grenze erfolgt ein Anstieg von 0,44 mg/kg bei Bimmen bzw. 0,53 mg/kg bei Lobith auf 0,65 mg/kg bei Kampen und 0,86 mg/kg bei Maassluis.

Die mittleren Gehalte sind ungefähr gleich den 50-Perzentilwerten oder etwas höher, ausgenommen bei Kampen, wo der mittlere Gehalt von 1,3 mg/kg doppelt so hoch ist wie der 50-Perzentilwert. Der Mittelwert wird hier bei insgesamt nur 6 Messungen stark von einem einzelnen hohen Meßwert beeinflusst.

1990-1995

In Abbildung 3.4b sind die mittleren Gehalte dargestellt.

Die mittleren Werte im Hoch- und Oberrhein zeigen einen generell abnehmenden Trend um etwa die Hälfte in diesen Jahren. Besonders bei Koblenz ist die Abnahme sehr deutlich, von einem mittleren Gehalt 1990 von 0,84 mg/kg auf 0,21 mg/kg 1995. Auch in der Mosel hat der Quecksilbergehalt entsprechend von 0,87 mg/kg auf 0,15 mg/kg stark abgenommen. Seit 1991 ist auch an den Niederrheinmeßstellen ein deutlicher Rückgang der Schwebstoffbelastung mit Quecksilber erreicht worden.

3.4.2 Cadmium

1995

Abbildung 3.5a enthält die Cadmiumgehalte 1995.

Ab Rekingen (0,1 mg/kg) steigt der Gehalt bis 0,57 mg/kg bei Weil am Rhein und 0,6 mg/kg bei Lauterbourg, dann weiter auf 0,82 mg/kg bei Koblenz und 0,98 mg/kg bei Bimmen an. Im rechtsrheinischen Lobith liegt der Gehalt an Cadmium bei 1,5 mg/kg, bei Kampen hat er auf 1,8 mg/kg zugenommen und bei Maassluis wird der höchste 50-Perzentilwert von 2,7 mg/kg ermittelt. Der Cadmiumgehalt ist bei Koblenz in der Mosel höher als im Rhein, mit einem 50-Perzentilwert von 1,3 mg/kg.

Der Unterschied zwischen dem 50-Perzentilwert und dem mittleren Gehalt ist in den meisten Fällen sehr klein (0 bis 0,1 mg/kg). Die höchsten Einzelwerte (über 3,0 mg/kg) wurden in den Schwebstoffen bei Kampen und Maassluis gemessen.

1990-1995

Abbildung 3.5b zeigt den Verlauf der mittleren Gehalte.

Seit 1990 bzw. 1991 sind an allen Meßstellen mit Ausnahme von Lauterbourg die mittleren Gehalte in den Schwebstoffen um bis zu 50 Prozent zurückgegangen. Die höchsten mittleren Gehalte werden seit

1993 allerdings bei Maassluis gemessen. Die Werte bei Koblenz/Mosel liegen immer etwas über den Werten der Meßstelle Koblenz/Rhein.

3.4.3 Blei

1995

Die Grafik mit den Bleidaten aus 1995 ist in Abbildung 3.6a zu finden.

Im Rhein wurden im Stichjahr 1995 keine 50-Perzentilwerte höher als 90 mg/kg gemessen. Der Gehalt bei Rekingen (18 mg/kg) verdoppelt sich auf 36 mg/kg bei Weil am Rhein. Bei Lauterbourg ist er auf 67 mg/kg angestiegen, während bei Koblenz 55 mg/kg gemessen werden. In Bimmen und Kampen liegt der 50-Perzentilwert bei 75 mg/kg und in Lobith bei 81 mg/kg. Maassluis zeigt einen etwas höheren Gehalt von 86 mg/kg. Bei Koblenz ist der Bleigehalt in der Mosel erheblich höher (118 mg/kg) als im Rhein.

Die 50-Perzentilwerte und die mittleren Gehalte weisen mit Ausnahme der Meßstelle Kampen nur einen Unterschied von 0 bis 3 mg/kg auf. Die höchsten Einzelwerte (über 130 mg/kg) wurden in den Schwebstoffen der niederrheinischen Meßstellen und an der Mosel gefunden.

1990-1995

Die mittleren Bleigehalte sind in Abbildung 3.6b dargestellt.

Auch beim Blei sind seit 1990 bzw. 1991 die mittleren Gehalte in den Schwebstoffen zum Teil deutlich zurückgegangen. Bei Maassluis ist noch kein Trend seit Meßbeginn im Jahr 1993 festzustellen. Die höchsten mittleren Gehalte wurden in den Schwebstoffen der Mosel gemessen. Der hohe Jahresmittelwert bei Lauterbourg (bzw. Seltz) im Jahr 1990 ist bei insgesamt 5 Messungen stark von einem hohen Einzelwert beeinflusst.

3.4.4 Zink

1995

Die Ergebnisse von Zink aus 1995 sind in Abbildung 3.7a wiedergegeben.

Von Rekingen bis Kampen nimmt der 50-Perzentilwert des Zinkgehaltes von 125 mg/kg auf 416 mg/kg zu. Zwischen Weil am Rhein (50-Perzentilwert von 190 mg/kg) und Lauterbourg (187 mg/kg) bleibt der Gehalt konstant. Bei Koblenz ist der Zinkgehalt weiter auf 264 mg/kg angestiegen und an der deutsch-niederländischen Grenze hat er auf 360 mg/kg bei Bimmen und 397 mg/kg bei Lobith zugenommen. Bei Maassluis wird etwa der gleiche Gehalt mit 387 mg/kg ermittelt. Bei Koblenz sind die Zinkgehalte in der Mosel erheblich höher als im Rhein, mit einem 50-Perzentil von 581 mg/kg (dies ist mehr als das Doppelte des Gehaltes im Rhein bei Koblenz).

Die mittleren Gehalte sind an zwei Probenahmestellen (Koblenz Rhein und Mosel) niedriger als die 50-Perzentilwerte. An den sonstigen Meßstellen liegt dieser Unterschied zwischen 5 mg/kg (Maassluis) und 54 mg/kg (Kampen). Besonders hohe Einzelwerte (über 600 mg/kg) wurden in den Schwebstoffen der niederrheinischen Meßstellen und an der Mosel gemessen.

1990-1995

Die mittleren Zinkgehalte sind in Abbildung 3.7b dargestellt.

Während an den Meßstellen von Hoch-, Ober- und Mittelrhein die mittleren Zinkgehalte über den betrachteten Zeitraum auf etwa gleichem Niveau zwischen 200 und 300 mg/kg liegen, ist an den Niederrheinmeßstellen seit 1991 ein leichter Trend zu einer weniger hohen Belastung (500-350 mg/kg) zu erkennen. Die höchsten Jahresmittelwerte sind wieder in den Moselschwebstoffen ermittelt worden. Der hohe mittlere Gehalt bei Weil am Rhein (bzw. Village-Neuf) im Jahr 1990 ist bei insgesamt nur 5

Messungen stark von einem hohen Einzelwert beeinflusst.

3.4.5 Kupfer

1995

Die graphische Darstellung ist in Abbildung 3.8a zu finden.

Der 50-Perzentilwert des Kupfergehaltes beträgt bei Rekingen 25 mg/kg. Anschließend verdoppelt er sich auf 48 mg/kg bei Weil am Rhein und nimmt über Lauterbourg mit 51 mg/kg bis Koblenz (65 mg/kg) weiter zu. An den Niederrheinmeßstellen und bis Maassluis sowie an der Mosel bleiben die Kupfergehalte dann auf diesem Niveau. Bei Koblenz liegt der 50-Perzentilwert in der Mosel niedriger als im Rhein, mit einem Wert von 60 mg/kg und einem mittleren Gehalt von 62 mg/kg. Der Unterschied zwischen den mittleren Gehalten und den 50-Perzentilwerten beträgt an den meisten Meßstellen nur 2 mg/kg.

1990-1995

Abbildung 3.8b gibt eine Übersicht über die Jahresmittelwerte der Kupfergehalte.

An den Niederrheinmeßstellen und an der Mosel ist seit 1990 bzw. 1991 ein Rückgang der mittleren Gehalte auf etwa 70-60 mg/kg festzustellen. Bei Rekingen, Weil am Rhein und Koblenz ist über den betrachteten Zeitraum kein Trend zu sehen. Der hohe Jahresmittelwert bei Weil am Rhein (bzw. Village-Neuf) im Jahr 1990 ist bei insgesamt nur 5 Messungen stark von einem hohen Einzelwert beeinflusst.

3.4.6 Nickel

1995

Abbildung 3.9a enthält die Daten für Nickel im Jahre 1995.

Der 50-Perzentilwert des Nickelgehaltes ist an den Meßstellen längs des Rheins relativ konstant. In Rekingen beträgt er 40 mg/kg. Die niedrigsten Gehalte (37 mg/kg) werden in Weil am Rhein und Maassluis erhalten. Bei Lauterbourg wird ein 50-Perzentilwert von 44 mg/kg erhalten und bei Koblenz beträgt der Gehalt 51 mg/kg. An der deutsch-niederländischen Grenze sind die Nickelgehalte linksrheinisch und rechtsrheinisch praktisch identisch (Bimmen 47 mg/kg und Lobith 46 mg/kg). In Kampen liegt er bei 42 mg/kg. In der Mosel ist der Nickelgehalt mit einem 50-Perzentilwert von 65 mg/kg höher als im Rhein.

Der Unterschied zwischen den 50-Perzentilwerten und den mittleren Gehalten ist minimal (0 oder 1 mg/kg). Dies spricht für eine relativ konstante und niedrige Belastung.

1990-1995

Die mittleren Gehalte sind in Abbildung 3.9b dargestellt.

In den betrachteten Jahren zeigt der Jahresmittelwert des Nickelgehaltes keine signifikante Abnahme, da die Schwebstoffe schon 1990 nur noch gering belastet waren. Die höchsten Jahresmittel wurden (wie auch für Blei und Zink) in den Moselschwebstoffen gefunden.

3.4.7 Chrom

1995

Die graphische Darstellung ist in Abbildung 3.10a wiedergegeben.

Ab Rekingen mit einem 50-Perzentil des Chromgehaltes von nur 35 mg/kg gibt es eine Zunahme entlang des Rheinprofils auf Werte von 60 mg/kg in Weil am Rhein, 73 mg/kg in Lauterbourg und 56

mg/kg bei Koblenz. An der deutsch-niederländischen Grenze beträgt der Chromgehalt linksrheinisch bei Bimmen 66 mg/kg und rechtsrheinisch bei Lobith 77 mg/kg. Bei Maassluis ist er auf einen Gehalt von 83 mg/kg angestiegen. Bei Kampen beträgt der 50-Perzentilwert des Chromgehaltes 68 mg/kg und in der Mosel liegt er bei 63 mg/kg.

1990-1995

Die Jahresmittelwerte des Chromgehaltes sind in Abbildung 3.10b dargestellt.

In den Jahresmittelwerten läßt sich an den Meßstellen Bimmen, Lobith und Kampen ein abnehmender Trend von Gehalten um 100 mg/kg in den Jahren 1990 und 1991 auf Gehalte unter 80 mg/kg bis 1995 erkennen. An den übrigen Meßstellen ist keine deutliche Tendenz sichtbar.

3.4.8 Arsen

1995

Eine Darstellung dieser Daten findet man in Abbildung 3.11a.

1995 wurde die Arsenbelastung des Schwebstoffes in Rekingen und Kampen nicht ermittelt. Bei Weil am Rhein wurde ein 50-Perzentilwert von 12 mg/kg und bei Lauterbourg von 14 mg/kg erhalten.

Die mittleren Arsengehalte und die 50-Perzentilwerte sind an allen Meßstellen fast identisch. Die Differenz zwischen dem maximalen und minimalen Arsengehalt ist in der Mosel am kleinsten (3 mg/kg bei 13 Messungen) und bei Lauterbourg am größten (23 mg/kg bei 26 Messungen).

1990-1995

Die Jahresmittelwerte der Arsengehalte sind in Abbildung 3.11b dargestellt.

Die mittleren Arsengehalte in den Jahren 1990 bis 1994 liegen auf dem gleichen niedrigen Niveau wie 1995.

3.5 Organische Mikroverunreinigungen

Von der Vielzahl organischer Mikroverunreinigungen werden Hexachlorbenzol, 7 PCB, 6 PAK, 4 Organozinnverbindungen und noch einige andere Stoffe in diesem Kapitel behandelt. Diese Stoffe wurden ausgewählt, weil sie in deutlich meßbaren Gehalten in Schwebstoffen vorkommen und weil sie im Meßprogramm der meisten Meßstellen aufgenommen sind. Anlage 3 enthält Tabellen mit den berechneten Werten (wie Streubereich, Mittelwert, 50-Perzentilwert und 90-Perzentilwert) aller Meßstellen. Anlage 4c enthält die Abbildungen zu den organische Mikroverunreinigungen. 1990 wurden die Gehalte der Schwebstoffe an organischen Mikroverunreinigungen an 4 Meßstellen ermittelt, nämlich in Seltz (5 Messungen), Koblenz (Rhein, 25 Messungen und Mosel, 13 Messungen), Bimmen (10 Messungen) und Lobith (11 Messungen).

3.5.1 Hexachlorbenzol (HCB)

1995

In Abbildung 3.12a sind die HCB-Gehalte 1995 dargestellt.

Von Rekingen mit einem 50-Perzentilwert des HCB-Gehaltes von 2 µg/kg und Weil am Rhein mit 3 µg/kg ist, steigt dieser Gehalt deutlich bis Lauterbourg auf 20 µg/kg an und liegt bei Koblenz mit 18 µg/kg auf gleichem Niveau. Bei Bimmen ist der HCB-Gehalt mit 22 µg/kg am höchsten. Im rechtsrheinischen Lobith und bei Kampen liegt er mit 15 µg/kg bzw. 14 µg/kg wieder etwas niedriger, während bei Maassluis ein bedeutend niedrigerer Gehalt von 7 µg/kg gemessen wird. In der Mosel ist mit einem HCB-Gehalt von 1 µg/kg praktisch keine Belastung der Schwebstoffe festzustellen.

Der Unterschied zwischen dem 50-Perzentilwert und dem mittleren Gehalt ist bei Lauterbourg (Differenz = 26 µg/kg) und Koblenz (9 µg/kg) am größten. An den sonstigen Meßstellen ist dieser Unterschied nicht größer als 4 µg/kg. Am Ober- und Mittelrhein wurden auch die höchsten Einzelwerte gemessen (bis 156 µg/kg bei Lauterbourg). Die hohen Meßwerte bei Lauterbourg sind auf die räumliche Nähe der belasteten Sedimente der Oberrhein-Staustufen zurückzuführen.

1990-1995

In Abbildung 3.12b sind die mittleren HCB-Gehalte wiedergegeben. Der mit Abstand höchste mittlere Gehalt wurde 1993 bei Lauterbourg ermittelt (113 µg/kg). Von 1992-1995 liegen die Jahresmittelwerte an dieser Meßstelle ansonsten auf etwa gleich hohem Niveau. Bei Koblenz ist seit 1991 dagegen eine leichte Abnahme von rund 40 µg/kg auf etwa 25 µg/kg festzustellen. An den Meßstellen Bimmen und Lobith ist kein Trend zu erkennen. Die mittleren Gehalte in der Mosel schwanken über diesen Zeitraum nur zwischen 1 und 3 µg/kg und sind damit deutlich niedriger als die Gehalte in den Rheinschwebstoffen.

3.5.2 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

1995

Die Abbildungen 3.13a bis einschließlich 3.19a enthalten Grafiken mit den PCB-Daten aus 1995. Die Gehalte an PCB-28 und PCB-52 sind bis Koblenz mit einem 50-Perzentilwert von ca. 2 µg/kg sehr niedrig. Bei Bimmen, Lobith und Kampen hat er auf 5 bzw. 6 µg/kg zugenommen. Die Gehalte der höher chlorierten PCB-101, PCB-118 und PCB-138 sind schon ab Lauterbourg größer als bei Rekingen und Weil am Rhein. Der 50-Perzentilwert von PCB-101 liegt bei 5 µg/kg in Lauterbourg und Koblenz und steigt auf 7 µg/kg in Lobith und Kampen, 8 µg/kg in Maassluis und bis auf 9 µg/kg bei Bimmen an. Der Gehalt an PCB-118 nimmt von 1 µg/kg bei Rekingen und Weil am Rhein auf 5 bzw. 6 µg/kg an den sonstigen Meßstellen zu. Der Gehalt an PCB-138 ist immer etwas höher als der von PCB-118. In Rekingen und Weil am Rhein liegt der PCB-138-Gehalt bei 3 bzw. 2 µg/kg. Bei Lauterbourg hat er auf 6 µg/kg und bei Koblenz auf 7 µg/kg zugenommen. An den weiteren Meßstellen liegt dieser Gehalt zwischen 9 µg/kg (Maassluis) und 11 µg/kg (Bimmen und Kampen). Der Gehalt an PCB-153 liegt im Oberrhein bei 3 µg/kg und steigt bei Koblenz auf 8 µg/kg und bei Bimmen auf 14 µg/kg an. Bei Lobith und Maassluis werden nur noch 10 µg/kg und bei Kampen noch 11 µg/kg festgestellt. Der Gehalt an PCB-153 ist in der Mosel (15 µg/kg) höher als im Rhein. PCB-180 weist eine allmähliche Zunahme auf mit einem 50-Perzentilwert von 1 µg/kg in Rekingen, der bis Koblenz auf 4 µg/kg zunimmt. Bei Bimmen, Lobith und Maassluis liegt der Gehalt bei 6 µg/kg und in der Mosel wurde der höchste Gehalt mit 8 µg/kg gemessen.

Wenn der Streubereich betrachtet wird, fällt auf, daß dieser für alle PCB außer PCB-118 bei Bimmen (18 oder 19 Messungen) am größten ist, mit einer Differenz von 20 - 62 µg/kg. Die Differenz zwischen dem mittleren Gehalt und dem 50-Perzentilwert ist immer gleich 0 oder 1 µg/kg, mit Ausnahme der Meßstelle Bimmen, wo sie maximal 6 µg/kg beträgt (PCB-101).

1990-1995

Die Abbildungen 3.13b bis einschl. 3.19b enthalten Grafiken mit diesen Daten. In Rekingen wurden von 1990-1994 keine PCB gemessen und 1995 wurden zu wenig Messungen durchgeführt, um einen mittleren Gehalt ermitteln zu können. Im allgemeinen zeigen die mittleren Gehalte von 1990 bis 1995 einen abnehmenden Trend mit höchsten mittleren Gehalten in den Jahren 1990 und 1991. Diese Abnahme ist für PCB-180, PCB-153 und PCB-138 am deutlichsten.

Die höher chlorierten PCB (PCB-138, -153 und -180) kommen 1990 in der Mosel in erheblich höheren Gehalten vor (50-Perzentilwerte von 36, 30 und 22 µg/kg) als im Rhein (Bereiche von 8,5 - 15, 8,5 - 10 und 5 - 10 µg/kg). Die mittleren Gehalte haben in der Mosel aber auch am stärksten abgenommen und

1995 ist der Unterschied zu den Gehalten im Rhein fast völlig verschwunden.

3.5.3 PAK

Das Schwebstoffmeßprogramm des Rheins umfaßt die sechs PAK von Borneff: Fluoranthen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Benzo(ghi)perylen und Indeno(1,2,3-cd)pyren.

1995

Die Abbildungen 3.20a bis einschließlich 3.25a enthalten Grafiken mit den Daten dieser sechs PAK aus 1995.

Von den sechs betrachteten PAK kommt Fluoranthen mit den höchsten Gehalten in Schwebstoffen vor. Der 50-Perzentilwert des Fluoranthengehaltes liegt bei Rekingen bei 0,6 mg/kg und in Weil am Rhein bei 0,3 mg/kg. Er nimmt bis Kampen deutlich auf 1,0 mg/kg zu. Der 50-Perzentilwert der übrigen PAK liegt zwischen einem Minimum von $\pm 0,1$ mg/kg und einem Maximum von 0,3 mg/kg im Fall von Benzo(k)fluoranthen, 0,4 mg/kg bei Benzo(ghi)perylen und Indeno(1,2,3-cd)pyren, 0,5 mg/kg für Benzo(a)pyren und 0,6 mg/kg für Benzo(b)fluoranthen. Die 50-Perzentilwerte der PAK-Gehalte aller betrachteten Stoffe sind in der Mosel etwa doppelt so hoch wie die Gehalte im Rhein.

Der Unterschied zwischen dem mittleren Gehalt und dem 50-Perzentilwert ist niedrig und variiert von 0 bis 0,1 mg/kg für alle PAK. Das Maximum für Fluoranthen ist bei Bimmen am größten, was auf einen einzigen sehr hohen Meßwert von 2,5 mg/kg zurückzuführen ist.

1990-1995

Diese Jahresmittel sind den Abbildungen 3.20b bis einschl. 3.25b zu entnehmen.

Die mittleren Gehalte in diesen Jahren haben generell leicht abgenommen, wobei Fluoranthen die deutlichste Abnahme in den Jahresmittelwerten zeigt. Die Mittelwerte von 1990 sind erheblich höher als die der darauffolgenden Jahre an den Meßstellen Lauterbourg (bzw. Seitz) und Koblenz (Rhein und Mosel). Ursache dafür kann die relativ kleine Anzahl Messungen im Jahre 1990 (zwischen 5 und 11) sein. 1991 wurden bei allen PAK die höchsten Mittelwerte in Lobith gemessen.

3.5.4 Organozinnverbindungen

Diese Stoffgruppe wurde im vorigen Statusbericht Rhein nicht betrachtet. Im internationalen Schwebstoffmeßprogramm werden Dibutylzinnverbindungen, Tributylzinnverbindungen, Triphenylzinnverbindungen und Tetrabutylzinn seit 1994 gemessen. Diese Stoffe wurden 1995 an den Meßstellen Rekingen (4 Messungen), Weil am Rhein (25 Messungen), Koblenz (Rhein, 20 Messungen, nur die Tributylzinnverbindungen und Tetrabutylzinn) und Bimmen (22 Messungen) ermittelt. Da nur wenige Messungen durchgeführt wurde, gibt es keine Grafiken mit den Daten dieser Stoffe.

1995

Die Gruppe der Dibutylzinnverbindungen hat einen 50-Perzentilwert von 10 µg/kg Sn in Rekingen. In Weil am Rhein hat er auf 23,5 µg/kg zugenommen. An dieser Meßstelle ist der Streubereich gleich 134,5 µg/kg, was auf einen einzigen sehr hohen Gehalt von 139 µg/kg (gemessen am 21. Juni) zurückzuführen ist. Zu diesem Zeitpunkt und am 1. Juni wurden auch für die anderen Organozinnverbindungen bei Weil am Rhein sehr hohe Gehalte ermittelt, die den Mittelwert und den Streubereich stark beeinflussen. Bei Bimmen ist der 50-Perzentilwert des Gehaltes an Dibutylzinnverbindungen gleich 3,7 µg/kg Sn. Bedingt durch die kleine Zahl der Messungen in Rekingen, durch die sehr hohen Meßwerte bei Weil am Rhein und weil diese Stoffgruppe an den anderen Meßstellen nicht ermittelt wurde, läßt sich keine begründete Aussage zu deren Entwicklung über das Rheinprofil machen.

Der 50-Perzentilwert des Gehaltes an Tributylzinnverbindungen nimmt von einem Wert von 4,1 µg/kg bei Rekingen und 6,8 µg/kg bei Weil am Rhein zu auf 7,2 µg/kg Sn bei Koblenz und 9,0 µg/kg bei Bimmen. Der Mittelwert bei Weil am Rhein liegt dagegen bei 14,8 µg/kg Sn und ist durch den hohen Gehalt am 21. Juni (83 µg/kg) beeinflusst.

Bei Rekingen liegt der 50-Perzentilwert von Tetrabutylzinn bei 2,4 µg/kg Sn und bei Weil am Rhein unter der Bestimmungsgrenze von 0,5 µg/kg (bei einem Maximalwert von 21,8 µg/kg Sn). Bei Koblenz und Bimmen wurden keine Gehalte höher als die Bestimmungsgrenzen von 1,2 beziehungsweise 0,73 µg/kg Sn gefunden.

Der 50-Perzentilwert der Triphenylzinnverbindungen liegt bei Rekingen unter der Bestimmungsgrenze von 0,5 µg/kg Sn. Bei Weil am Rhein hat der 50-Perzentilwert auf 2,2 µg/kg zugenommen. Der mittlere Gehalt ist hier 8,4 µg/kg, wozu ein einmal gemessener hoher Gehalt von 80,9 µg/kg beiträgt. Bei Bimmen ist der 50-Perzentilwert gleich 2,3 µg/kg Sn. In den Jahren 1990 bis einschließlich 1993 wurde die Gruppe der Organozinnverbindungen noch nicht gemessen und somit läßt sich deren Verlauf in der Zeit nicht bewerten.

3.5.5 Übrige organische Mikroverunreinigungen

In diesem Abschnitt werden organische Schadstoffe behandelt, die in sehr niedrigen Konzentrationen vorkommen und meistens nur an wenigen Meßstellen ermittelt wurden. In vielen Fällen liegen zu wenig Daten vor, um fundierte Aussagen zu dem Konzentrationsverlauf in der Zeit oder im Längsprofil des Rheins zu machen.

- DDT-Gruppe:

Von dieser Stoffgruppe werden noch einige regelmäßig mit Gehalten über der Bestimmungsgrenze gemessen, wie 4,4'-DDT. 1995 wurden Gehalte mit einem 50-Perzentilwert unter 1 µg/kg bei Rekingen und Weil am Rhein und bis zu 6 µg/kg bei Koblenz gemessen. Nach Koblenz nimmt dieser Gehalt wieder ab auf < 2 µg/kg bei Kampen und < 1 µg/kg bei Maassluis. In der Mosel war er mit 12 µg/kg erheblich höher. Die 50-Perzentilwerte von 4,4'-DDD liegen im Rhein zwischen < 1 (Rekingen, Weil am Rhein und Lauterbourg) und < 5 (Lobith). Für die Mosel ist der 4,4'-DDD-Gehalt gleich 6 µg/kg. Die Gehalte an 4,4'-DDE liegen im gleichen Bereich.

- γ-Hexachlorcyclohexan (Lindan):

γ-Hexachlorcyclohexan wird hauptsächlich in der Wasserphase transportiert. Im Schwebstoff kommt dieser Stoff an allen Meßstellen unter oder um die Bestimmungsgrenze von 1 oder 2 µg/kg vor. Auch für die isomeren Verbindungen α-, β- oder δ-HCH gilt, daß die gemessenen Gehalte immer in dieser Größenordnung liegen.

- Drine:

Die zu dieser Stoffgruppe gehörenden Verbindungen Aldrin, Dieldrin, Endrin und Isodrin wurden 1995 in Gehalten um und unter der Bestimmungsgrenze von ca. 1 µg/kg gemessen.

4 DISKUSSION

In diesem Kapitel wird zunächst ein Vergleich anhand der 90-Perzentilwerte der Schwermetallgehalte und ausgewählter organischer Schadstoffe mit den von der IKSR entwickelten Zielvorgaben vorgenommen. Weiterhin wird für eine Anzahl Stoffe und zwei Probenahmestellen der Anteil der einzelnen Probenahmen an der Jahresfracht ermittelt. Im dritten Abschnitt dieses Kapitels werden noch einige offene Fragen und Annahmen erörtert.

4.1 Vergleich der Gehalte an Schwermetallen und organischen Schadstoffen mit Zielvorgaben und Einteilung in Ergebnisgruppen

Die IKSR hat Zielvorgaben für die Schwermetallgehalte der Schwebstoffe entwickelt. In diesem Abschnitt werden die 90-Perzentilwerte aus 1995 anhand der Zielvorgaben geprüft. Zur Ermittlung des 90-Perzentilwertes sind mindestens 13 Messungen erforderlich. In Rekingen wurden immer 4 und in Kampen 6 Messungen durchgeführt. Diese Probenahmestellen wurden daher nicht in den Vergleich aufgenommen. In Anlage 3 sind für das Jahr 1995 die 90- und 50-Perzentilwerte tabellarisch dargestellt.

Anlage 5 enthält eine Übersichtstabelle mit der Prüfung der Schwermetallgehalte und der organischen Schadstoffe an der Zielvorgabe, der sogenannte Ist-Soll-Vergleich. Darin wurde der 90-Perzentilwert (oder der doppelte 50-Perzentilwert bei weniger als 13 und mehr als 5 Messungen) mit der Zielvorgabe verglichen. Es lassen sich drei Ergebnisgruppen unterscheiden. Die erste Ergebnisgruppe besteht aus den Stoffen, deren 90-Perzentil- oder doppelter 50-Perzentilwert größer als oder gleich der zweifachen Zielvorgabe ist. Die Stoffe in dieser Gruppe überschreiten die Zielvorgabe deutlich. In der zweiten Gruppe wurden Stoffe aufgenommen, deren 90-Perzentil- oder doppelter 50-Perzentilwert kleiner als die zweifache Zielvorgabe ist, aber größer als oder gleich der Hälfte der Zielvorgabe. Diese Stoffe liegen also im Bereich der Zielvorgabe. Die dritte Ergebnisgruppe umfaßt die Stoffe, deren 90-Perzentil- oder doppelter 50-Perzentilwert kleiner als die halbe Zielvorgabe ist. Diese Stoffe unterschreiten die Zielvorgabe deutlich und entsprechen somit dem gewünschten Ziel.

In diesem Abschnitt wurde für jedes Schwermetall eine Grafik mit dem Vergleich der Zielvorgabe von 1990-1995 aufgenommen. In diesen Grafiken ist die Zielvorgabe als durchgezogene Linie sowie die halbe und die doppelte Zielvorgabe als gestrichelte Linie dargestellt. Es wird damit deutlich, in welcher Ergebnisgruppe sich die Kenngrößen an den Meßstellen über den betrachteten Zeitraum befinden.

Für organische Schadstoffe wurden Zielvorgaben für die Wasserphase entwickelt. Eine Reihe von diesen Stoffen (Kap. 4.1.9 bis 4.1.13) liegen aber im Gewässer teilweise oder vollständig adsorbiert an Schwebstoffen vor. Zum Vergleich mit den Zielvorgaben werden daher die Ergebnisse aus den Schwebstoffmessungen (in $\mu\text{g}/\text{kg}$ bzw. mg/kg) mit Hilfe des jeweiligen Schwebstoffgehaltes umgerechnet in Gesamtgehalte pro Liter Wasser (in $\mu\text{g}/\text{l}$).

4.1.1. Quecksilber

In Abb. 4.1 ist der Vergleich des Quecksilbergehaltes für die Jahre 1990-1995 mit der Zielvorgabe dargestellt.

Die Zielvorgabe für Quecksilber beträgt $0,50 \text{ mg}/\text{kg}$. Bei Weil am Rhein ist der 90-Perzentilwert 1995 gleich $0,71 \text{ mg}/\text{kg}$ und liegt damit im Bereich der Zielvorgabe. Dies ist auch bei Lauterbourg der Fall mit einem 90-Perzentilwert von $0,55 \text{ mg}/\text{kg}$. Nur bei Koblenz bleibt der 90-Perzentilwert von $0,36 \text{ mg}/\text{kg}$ unter der Zielvorgabe. Bei Bimmen hat der 90-Perzentilwert auf $0,80 \text{ mg}/\text{kg}$ zugenommen und bei Lobith beträgt er $0,99 \text{ mg}/\text{kg}$. In der Mosel bleibt der Quecksilbergehalt mit einem 90-Perzentilwert von $0,27 \text{ mg}/\text{kg}$ deutlich unter der Zielvorgabe. Alle Probenahmestellen fallen 1995 damit in Ergebnisgruppe 2.

1990 blieb der 90-Perzentilwert des Quecksilbergehaltes nur bei Village-Neuf und Seltz in Ergebnisgruppe 2. Am Mittel- und Niederrhein und an der Mosel war die Zielvorgabe noch um das zwei- bis dreifache überschritten.

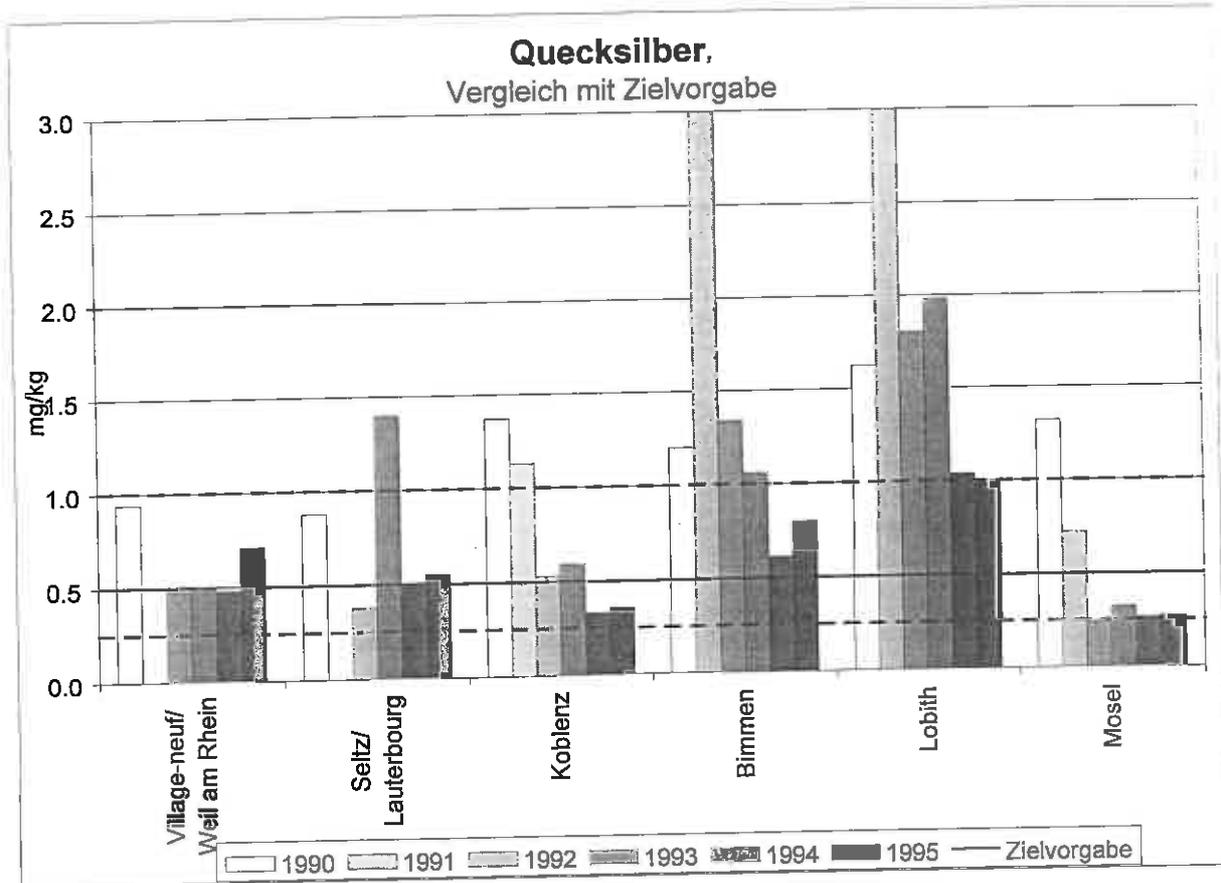


Abbildung 4.1: 90-Perzentilwerte und Zielvorgabe für Quecksilber, 1990-1995

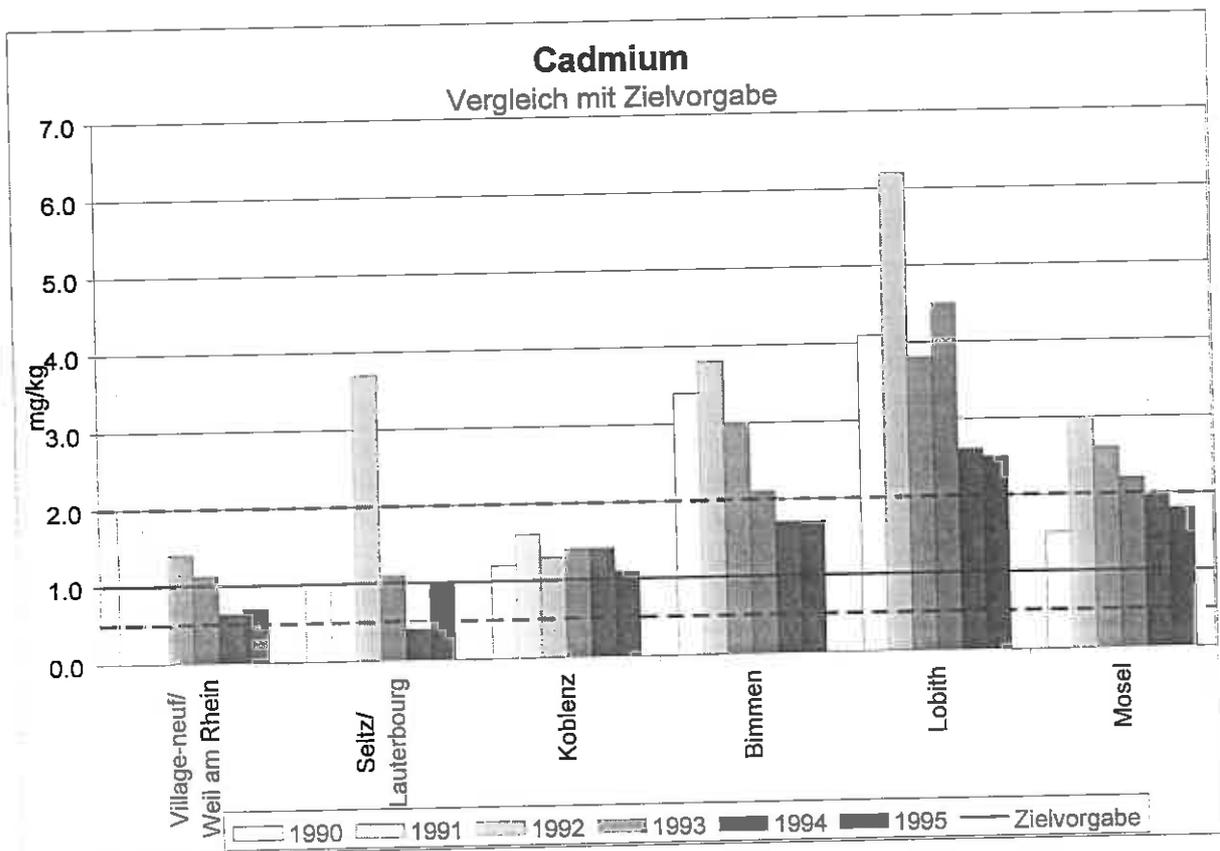


Abbildung 4.2: 90-Perzentilwerte und Zielvorgabe für Cadmium, 1990-1995

4.1.2 Cadmium

In Abb. 4.2 ist der Vergleich des Cadmiumgehaltes für 1990-1995 mit der Zielvorgabe dargestellt. 1995 bleibt der Cadmiumgehalt bei Weil am Rhein, Lauterbourg, Koblenz und Bimmen im Bereich der Zielvorgabe von 1 mg/kg. Er liegt dabei am Oberrhein näher an Ergebnisgruppe 3 und am Niederrhein mit 1,7 mg/kg bei Bimmen näher an Ergebnisgruppe 1. Bei Lobith beträgt der 90-Perzentilwert 2,5 mg/kg und hat die Zielvorgabe damit deutlich überschritten. In der Mosel liegt der Gehalt mit 1,8 mg/kg gerade noch in Ergebnisgruppe 2.

Auch 1990 lag der Cadmiumgehalt bei Seltz und Koblenz bereits im Bereich der Zielvorgabe. Die deutlichsten Überschreitungen gab es 1990 und 1991 bei Bimmen und Lobith.

4.1.3 Blei

In Abb. 4.3 ist der Vergleich des Bleigehaltes für 1990-1995 mit der Zielvorgabe dargestellt.

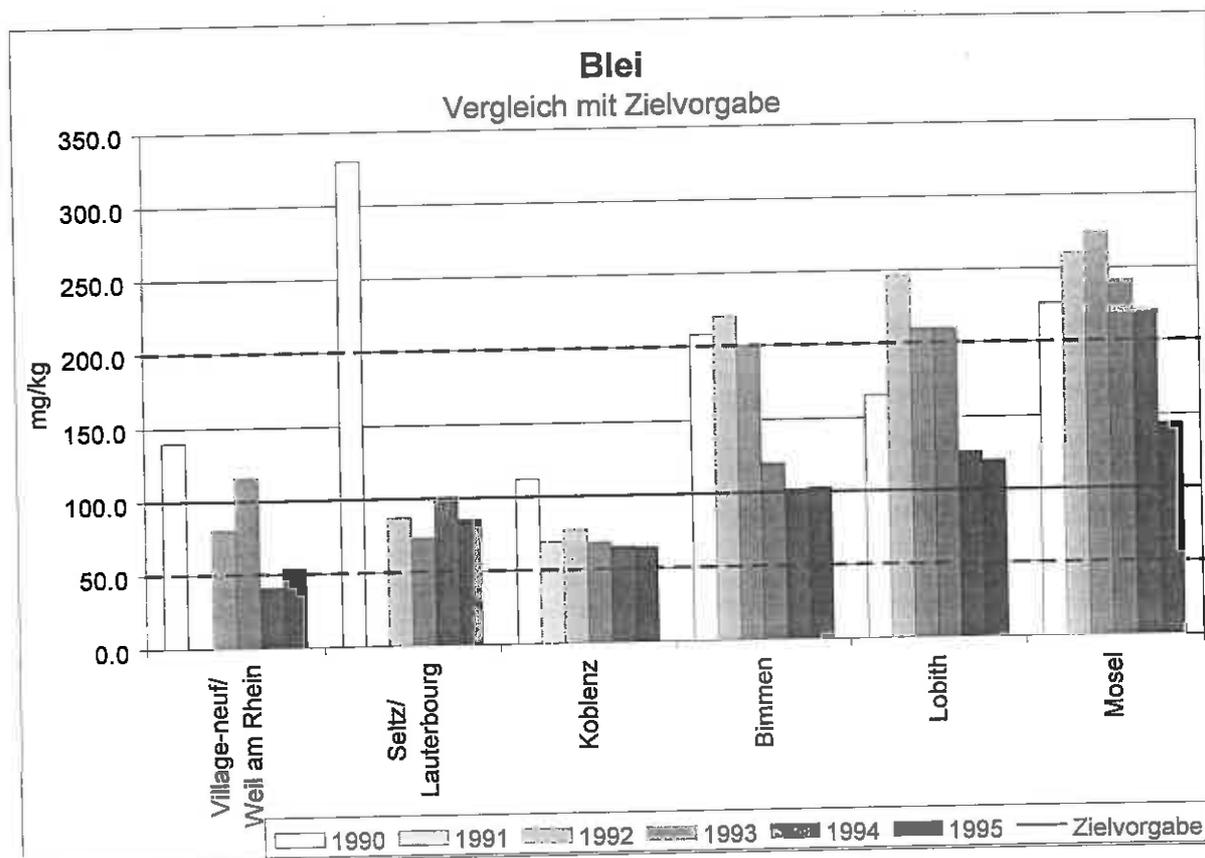


Abbildung 4.3: 90-Perzentilwerte und Zielvorgabe für Blei, 1990-1995

Bei Weil am Rhein (54 mg/kg), Lauterbourg (85 mg/kg) und Koblenz (64 mg/kg) bleibt der Bleigehalt 1995 unter der Zielvorgabe (100 mg/kg) und in Ergebnisgruppe 2. An den Niederrheinmeßstellen Bimmen und Lobith sowie an der Mosel sind die Gehalte etwas höher, aber immer noch in Ergebnisgruppe 2.

1991 waren an den drei letztgenannten Meßstellen die Zielvorgaben für Blei noch deutlich überschritten.

4.1.4 Zink

In Abb. 4.4 ist der Vergleich des Zinkgehaltes für 1990-1995 mit der Zielvorgabe dargestellt. Die Zielvorgabe für Zink wird 1995 überall längs des Rheins überschritten. Bei Weil am Rhein, Lauterbourg und Koblenz fallen die Gehalte noch in Ergebnisgruppe 2. Bei Bimmen und Lobith ist die

Überschreitung deutlich und an der Mosel liegt der 90-Perzentilwert sogar um den Faktor 3,3 über der Zielvorgabe.

1990 war dieses Bild noch schlechter, da die Zielvorgabe am Ober- und Mittelrhein um den Faktor 2 und am Niederrhein bei Lobith um den Faktor 3,5 überschritten wurde. An der Mosel lag der 90-Perzentilwert sogar sechsfach über der Zielvorgabe.

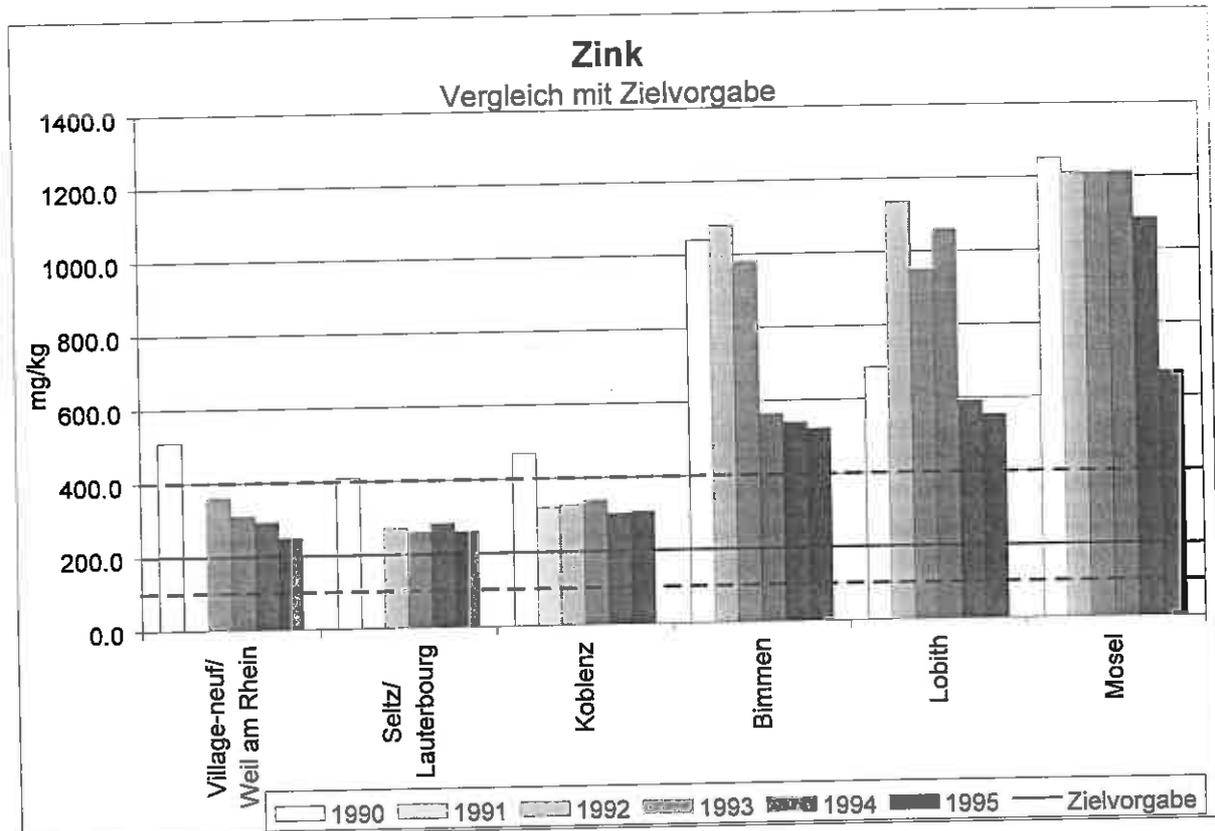


Abbildung 4.4: 90-Perzentilwerte und Zielvorgabe für Zink, 1990-1995

4.1.5 Kupfer

In Abb. 4.5 ist der Vergleich des Kupfergehaltes für 1990-1995 mit der Zielvorgabe dargestellt. 1995 sind die 90-Perzentilwerte des Kupfergehaltes längs des Rheins höher als die Zielvorgabe von 50 mg/kg. Allerdings liegen sie an allen Rheinmeßstellen noch in Ergebnisgruppe 2. Für die Mosel fällt die Bewertung ungünstiger aus, da bei nur 12 Meßwerten der doppelte 50-Perzentilwert (120 mg/kg) zum Vergleich herangezogen wird.

1990 und teilweise auch 1991 und 1992 wurde die Zielvorgabe an den Rheinmeßstellen deutlich überschritten, an der Mosel lag der 90-Perzentilwert 1990 im Bereich der Zielvorgabe.

4.1.6 Nickel

In Abb. 4.6 ist der Vergleich des Nickelgehaltes für 1990-1995 mit der Zielvorgabe dargestellt. Bei Weil am Rhein beträgt 1995 der 90-Perzentilwert des Nickelgehaltes 45 mg/kg und unterschreitet damit die Zielvorgabe von 50 mg/kg nur wenig. An allen andern Rheinmeßstellen und an der Moselmündung ist die Zielvorgabe leicht überschritten, aber die Gehalte liegen immer noch in Ergebnisgruppe 2.

Auch in den zurückliegenden Jahren gab es nur zwei deutliche Überschreitungen der Zielvorgaben am Rhein (1990 bei Seltz und 1992 bei Village-Neuf und 1991 bis 1994 an der Mosel), die aber aufgrund der jeweiligen geringen Meßfrequenz nicht überbewertet werden sollten.

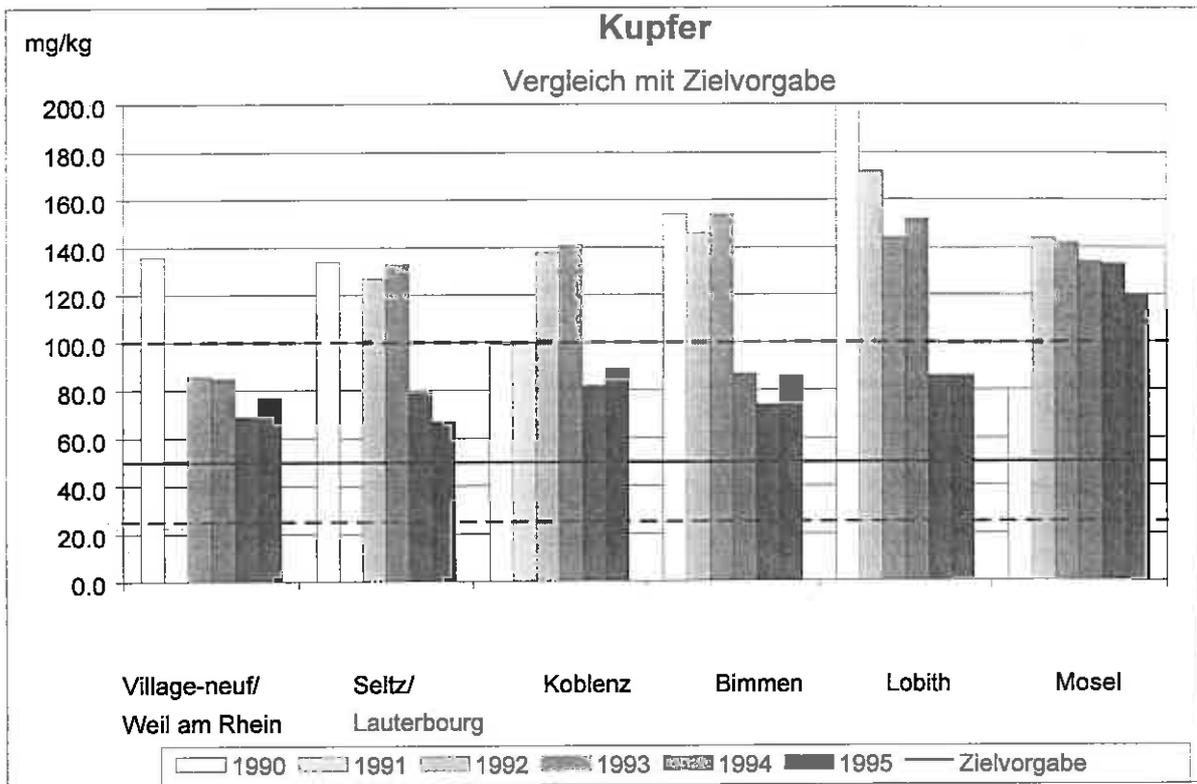


Abbildung 4.5: 90-Perzentilwerte und Zielvorgabe für Kupfer, 1990-1995

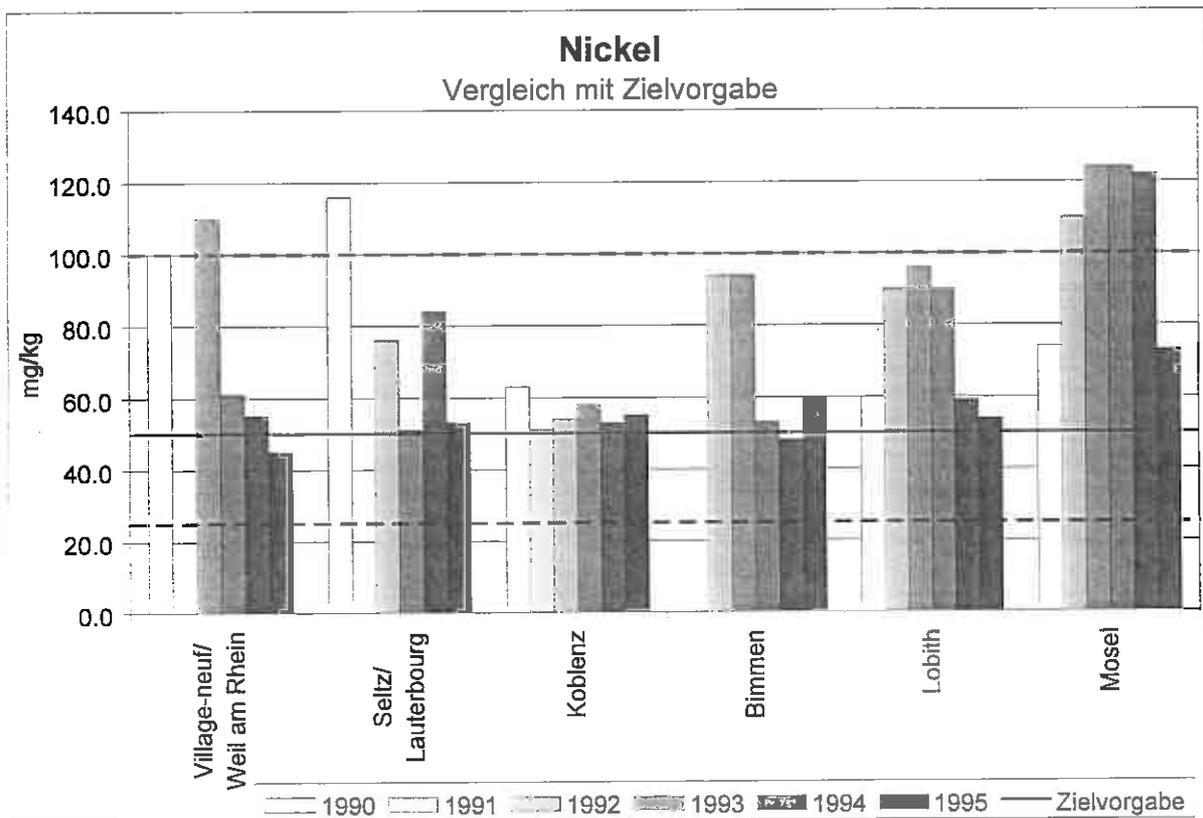


Abbildung 4.6: 90-Perzentilwerte und Zielvorgabe für Nickel, 1990-1995

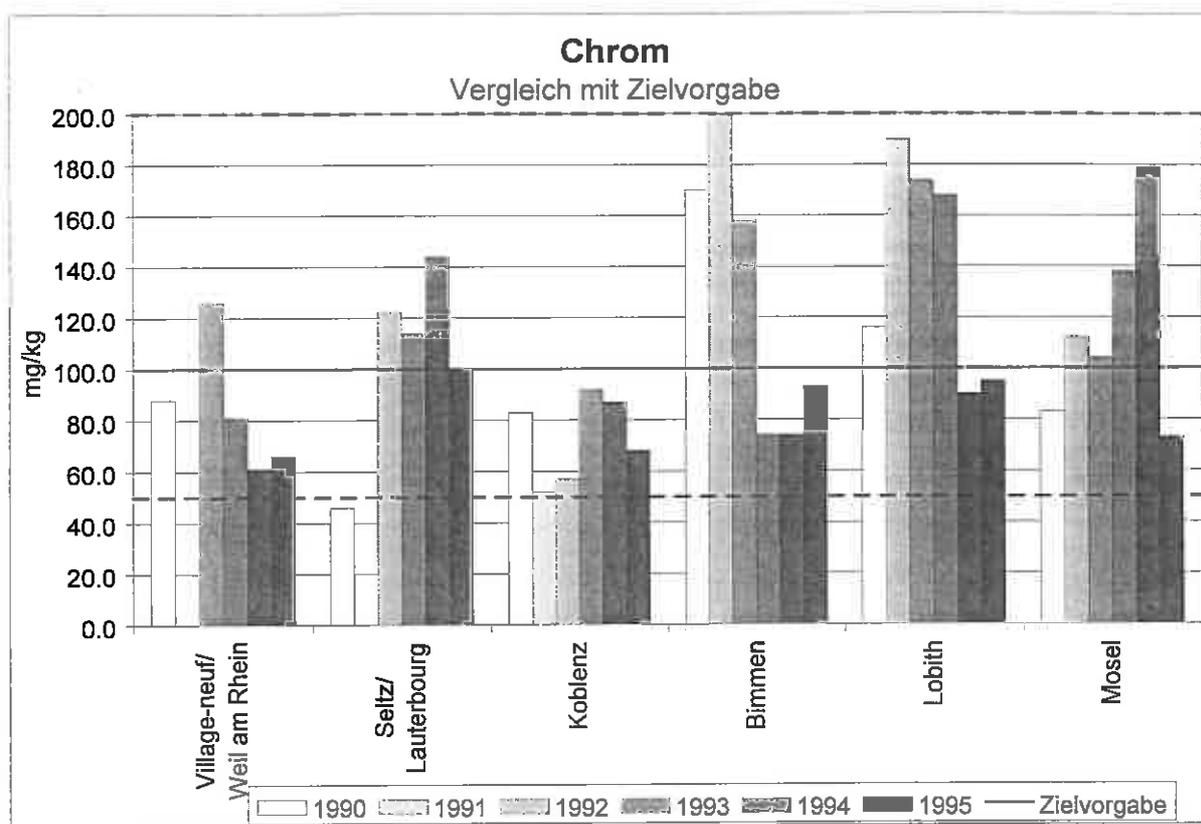


Abbildung 4.7: 90-Perzentilwerte und Zielvorgabe für Chrom, 1990-1995

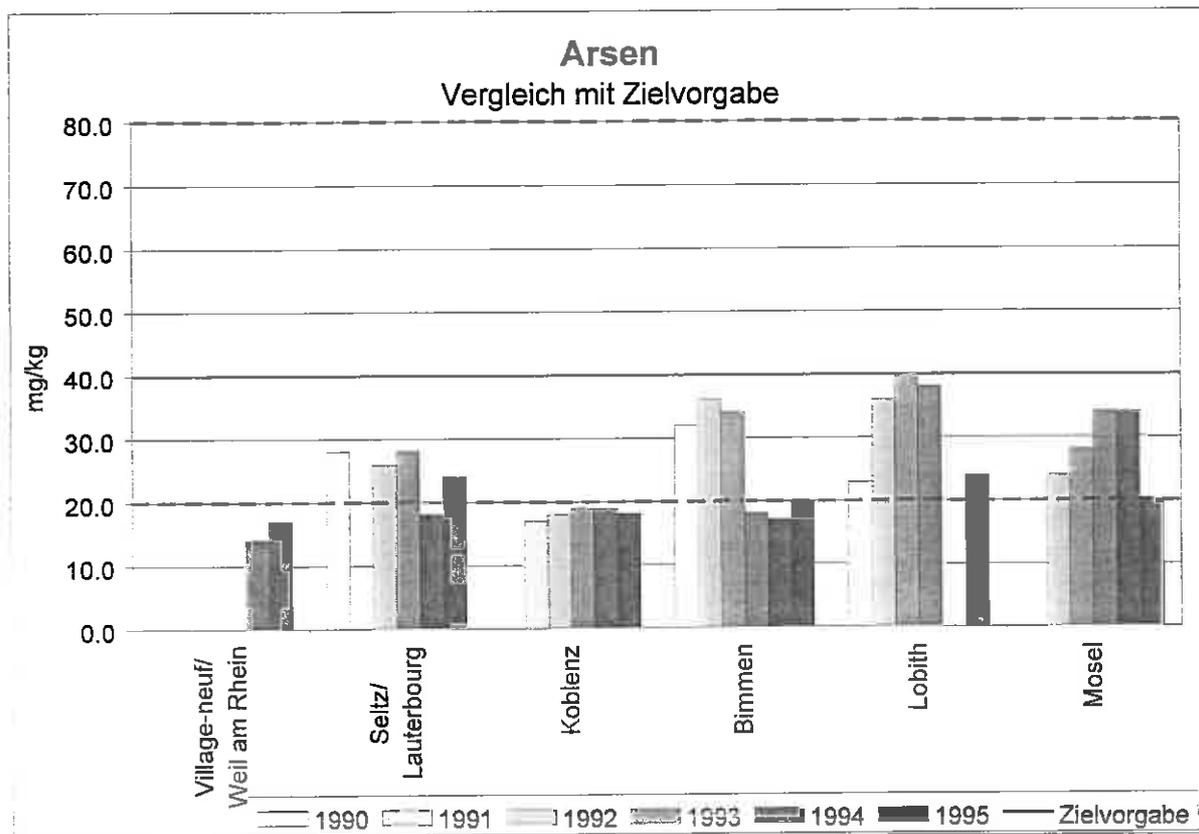


Abbildung 4.8: 90-Perzentilwerte und Zielvorgabe für Arsen, 1990-1995

4.1.7 Chrom

In Abb. 4.7 ist der Vergleich des Chromgehaltes für 1990-1995 mit der Zielvorgabe dargestellt.

1995 ist bei Lauterbourg der 90-Perzentilwert des Chromgehaltes gleich der Zielvorgabe von 100 mg/kg. An den übrigen Meßstellen bleiben die Gehalte zwar unter der Zielvorgabe, erreichen aber noch nicht die gewünschte Ergebnisgruppe 3.

In den Jahren 1990-1994 lagen die Chromgehalte ebenfalls an allen Meßstellen in Ergebnisgruppe 2.

4.1.8 Arsen

In Abb. 4.8 ist der Vergleich des Arsengehaltes für 1990-1995 mit der Zielvorgabe dargestellt.

Die 90-Perzentilwerte liegen für das gesamte Rheinprofil z. T. deutlich unter der Zielvorgabe von 40 mg/kg. Diese Zielvorgabe wurde 1992 hinzugefügt und vertritt den doppelten Wert der natürlichen Hintergrundbelastung. Die 90-Perzentilwerte variieren 1995 nur von 17 mg/kg bei Weil am Rhein bis 24 mg/kg bei Lauterbourg und Lobith.

In den Jahren 1990-1994 waren an zwei Meßstellen die Zielvorgaben eingehalten (Ergebnisgruppe 3), an den übrigen Meßstellen liegen die Gehalte im Bereich der Zielvorgabe.

4.1.9 HCB

Wenn die im Schwebstoff gemessenen Gehalte an HCB in Gesamtgehalte in der Wasserphase umgerechnet werden, zeigt sich, daß sie oft über der Zielvorgabe von 1 ng/l liegen. Meistens ergibt sich die Bewertung in Ergebnisgruppe 1. Nur bei Weil am Rhein und in der Mosel liegen die Gehalte deutlich unter der Zielvorgabe und werden in Ergebnisgruppe 3 eingeteilt.

Die Höchstgehalte wurden 1995 in Lauterbourg erhalten. In Koblenz und Bimmen sind die Gehalte etwas niedriger. In Lobith sind die Gehalte noch niedriger, aber liegen noch immer deutlich über der Zielvorgabe (siehe Anlage 3 und 5).

Seit 1990 ist nur bei Weil am Rhein (1991 in Ergebnisgruppe 1) eine deutliche Verbesserung eingetreten. An den sonstigen Meßstellen ist keine eindeutige Entwicklung ersichtlich.

4.1.10 PCB

Für die unterschiedlichen PCB lassen sich die in Schwebstoff gemessenen Gehalte umrechnen in Gehalte in der Wasserphase und anschließend mit den Zielvorgaben vergleichen. Für die meisten PCB stellt sich heraus, daß die Zielvorgaben noch stark überschritten werden (Ergebnisgruppe 1). Eine positive Ausnahme bildet Weil am Rhein, wo die meisten PCB unter der Zielvorgabe liegen und in Ergebnisgruppe 3 fallen. Nur PCB-153 fällt in Ergebnisgruppe 2. Stromabwärts in Lauterbourg und Koblenz sind die Gehalte höher. Die niedrig chlorierten PCB-28 und PCB-52 liegen im Bereich der Zielvorgabe und fallen in Ergebnisgruppe 2. Die Gehalte der höher chlorierten PCB (außer PCB 180) liegen deutlich über der Zielvorgabe und damit in Ergebnisgruppe 1. An den Meßstellen Bimmen und Lobith fallen alle PCB in Ergebnisgruppe 1. In der Mosel bei Koblenz sind die Ergebnisse vergleichbar mit denen im Rhein bei Koblenz.

In den vergangenen fünf Jahren haben sich für die Gruppe der PCB keine eindeutigen Entwicklungen beim Vergleich mit den Zielvorgaben ergeben.

4.1.11 PAK

Für die PAK sind noch keine Zielvorgaben entwickelt worden, so daß ein Vergleich entfällt.

4.1.12 Organozinnverbindungen

Die Organozinnverbindungen werden erst seit kurzem untersucht. Nur in Weil am Rhein und Bimmen läßt sich ein vollständiger Vergleich durchführen. Fast immer stellt sich heraus, daß die in die Wasserphase umgerechneten Gehalte in Ergebnisgruppe 3 fallen. Nur bei Bimmen fallen die Tributylzinnverbindungen in Ergebnisgruppe 2. Bei Koblenz sind nur die Tri- und Tetrabutylzinnverbindungen gemessen worden. Beide fallen in Ergebnisgruppe 3.

Da die Organozinnverbindungen erst seit kurzem gemessen werden, ist ein Vergleich mit 1990 nicht möglich. Im Vergleich zu 1994 ist das Bild aber unverändert.

4.1.13 Übrige Verbindungen

Von den übrigen Verbindungen lassen sich die Drine und die DDT-Gruppe in Gehalte in der Wasserphase umrechnen und mit den Zielvorgaben vergleichen. Es stellt sich heraus, daß die Gehalte fast immer deutlich unter der Zielvorgabe liegen und in Ergebnisgruppe 3 fallen (siehe Anlage 5).

4.2 Frachtberechnung

Zur Ermittlung des Anteils der einzelnen Messungen an der Jahresfracht wurden Tagesfrachten für die Probenahmestellen Koblenz und Lobith berechnet. Diese Tagesfrachten wurden für die Tage berechnet, an denen die Belastung der Schwebstoffe gemessen wurde. Für die zwei Meßstellen hat man sich aufgrund der großen Anzahl Messungen und des gut vergleichbaren Abflußregimes entschieden. Die Berechnungen wurden für das Jahr 1995 durchgeführt.

Der Anteil einer einzelnen Messung an der Gesamfracht (= 100 %) wird ersichtlich, wenn man die berechneten relativen Tagesfrachten und den Abfluß einander gegenüberstellt. Auch wird die Beziehung zwischen einer Tagesfracht und dem jeweiligen Abfluß deutlich.

Schwebstoffe

Die Größe der Schwebstofffracht ist überwiegend bestimmend für die Größe der Schadstofffrachten. In den Abbildungen 4.9 und 4.10 sind die relativen Frachten an Schwebstoffen bei Koblenz bzw. Lobith in Bezug zum Abfluß dargestellt.

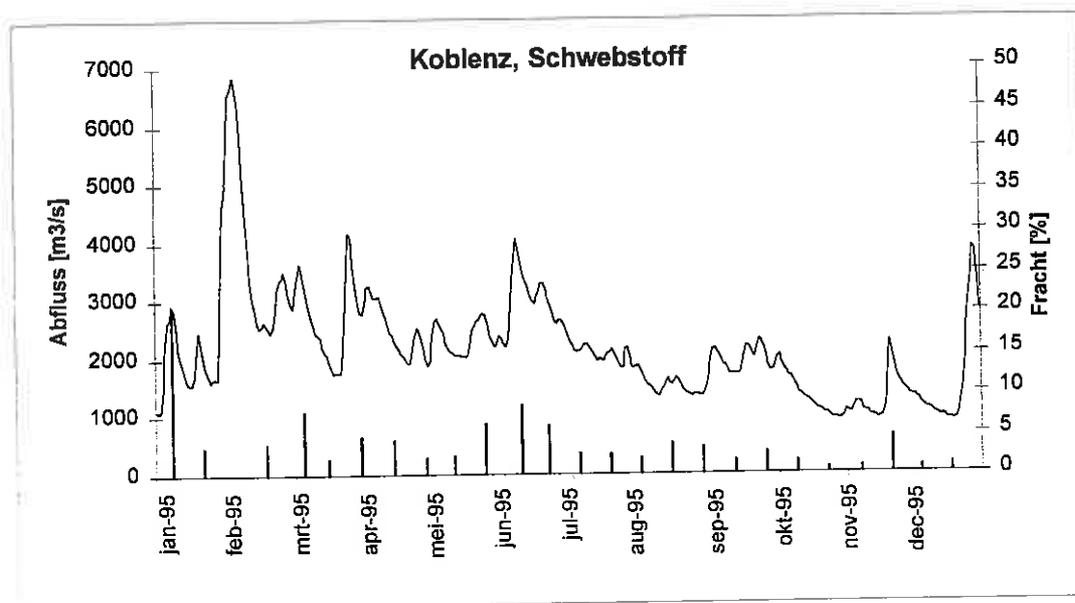


Abbildung 4.9 Abfluß und prozentualer Anteil der Probenahmen an der Schwebstoffjahresfracht bei Koblenz 1995

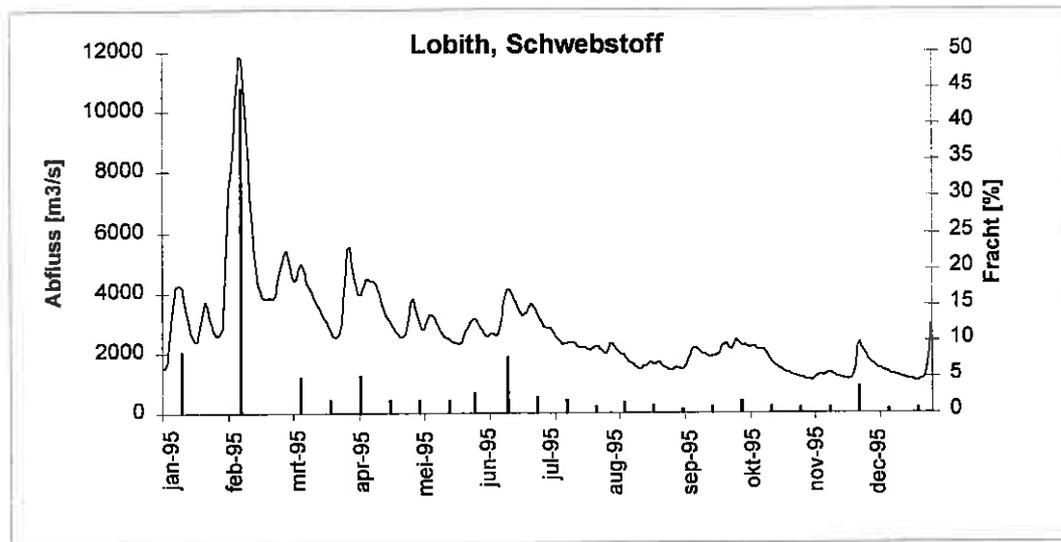


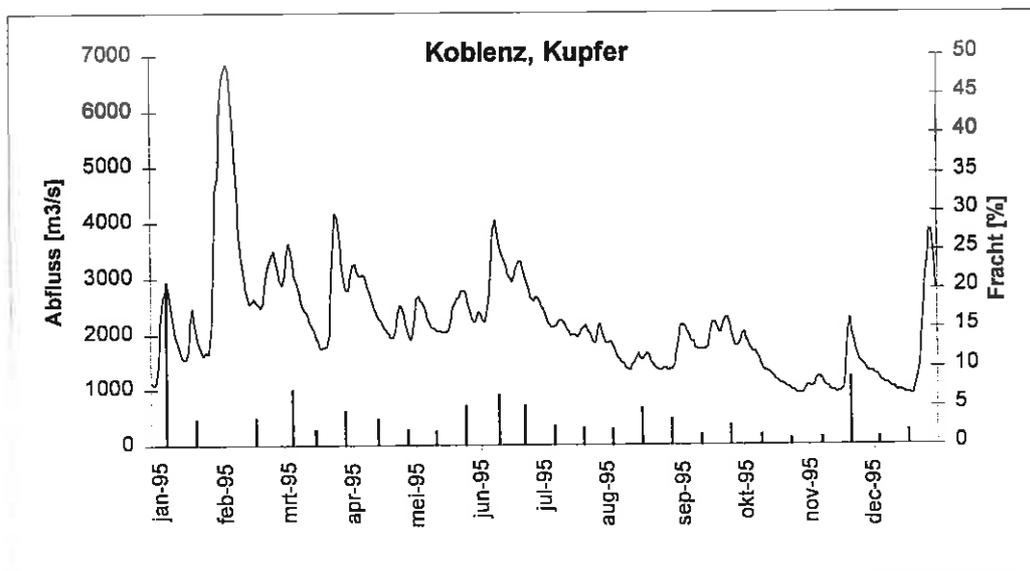
Abbildung 4.10 Abfluß und prozentualer Anteil der Probenahmen an der Schwebstoffjahresfracht bei Lobith 1995

An den beiden betrachteten Probenahmestellen ist der Anteil einer Probe an der Gesamtfracht positiv korreliert mit dem Abfluß. So führen die Abflußspitzen zu deutlich höheren Anteilen in der Schwebstofffracht. In den Abbildungen fällt die Abflußspitze Anfang 1995 sofort ins Auge. Bei Lobith fällt die Probenahme am 1. Februar mit dem Höchstabfluß im Jahr zusammen. Daraus ergibt sich, daß an diesem Tag etwa die Hälfte der an allen Probenahmetagen zusammen ermittelten Fracht transportiert wurde. In Koblenz ist zur Zeit des Höchstabflusses eine Probenahme ausgefallen.

Schadstoffe

In den Abbildungen 4.11 bis einschl. 4.16 sind die relativen Frachten einer Anzahl an Schwebstoff gebundener Schadstoffe bei Koblenz und Lobith dargestellt. Dies wurde für Kupfer, HCB und Fluoranthen durchgeführt. Die sonstigen Schadstoffe weisen dasselbe Bild wie die dargestellten Stoffe auf. Für die meisten Stoffe bestimmt die Probe, die zur Zeit der Abflußspitze im Februar 1995 entnommen wurde, etwa 50% der Jahresfracht, für Benzo(k)fluoranthen sind es sogar 78%.

In den Abbildungen 4.11 und 4.12 ist die Kupferfracht bei Koblenz bzw. Lobith wiedergegeben.



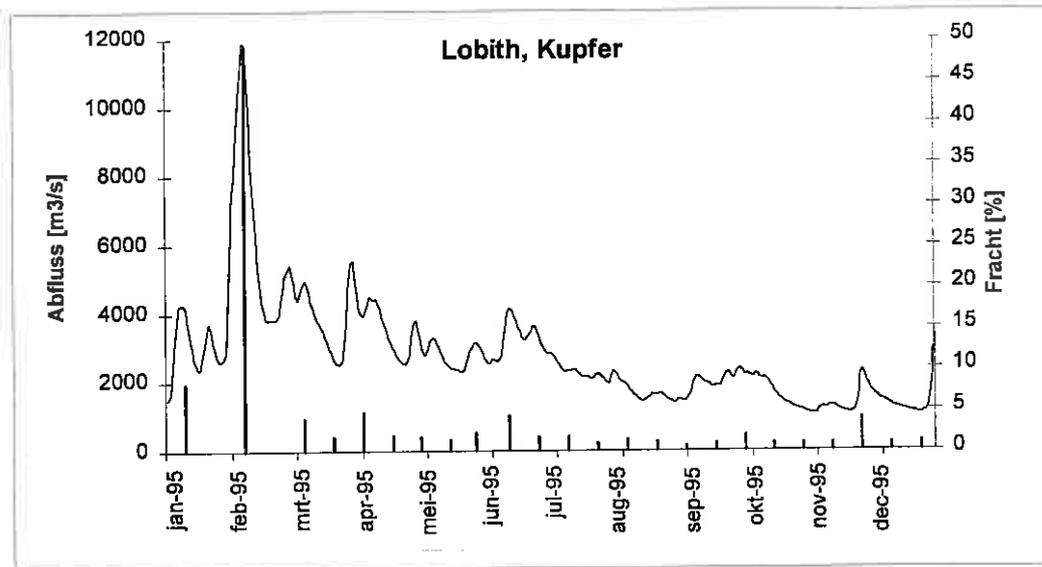
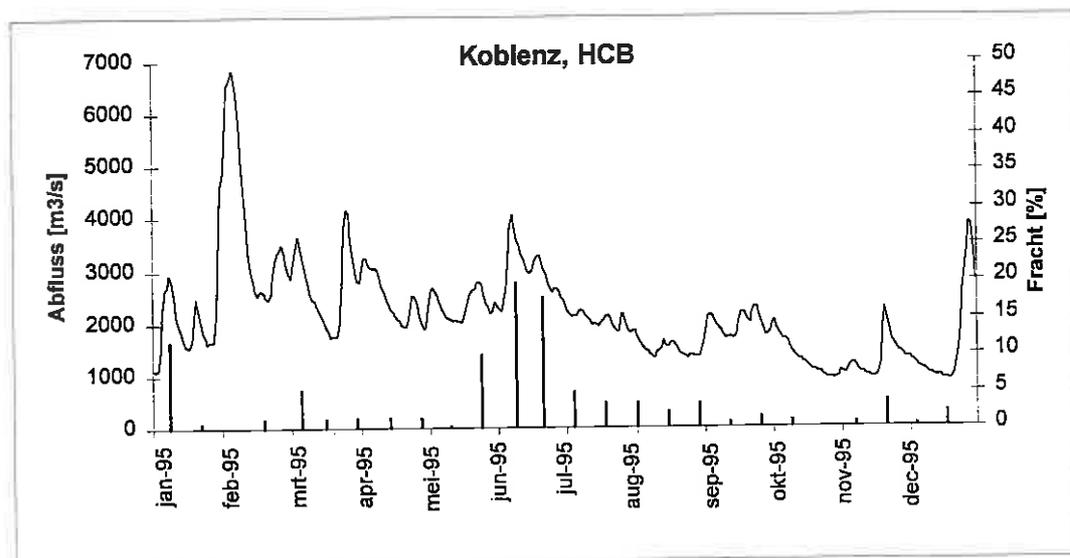


Abbildung 4.11 und 4.12 Abfluß und prozentualer Anteil der Probenahmen an der Jahresfracht von Kupfer bei Koblenz bzw. Lobith 1995

Bei Schwermetallen ist, anders als bei organischen Mikroverunreinigungen, immer eine deutliche Hintergrundkonzentration vorhanden. Daher ist der Anteil in den Proben bei niedriger Wasserführung größer als bei den übrigen Schadstoffen. Kupfer folgt relativ deutlich der Abflußganglinie.

Bei HCB ist ebenfalls klar ersichtlich, daß die relativen Frachten den Abflußspitzen gut folgen (Abbildungen 4.13 und 4.14).



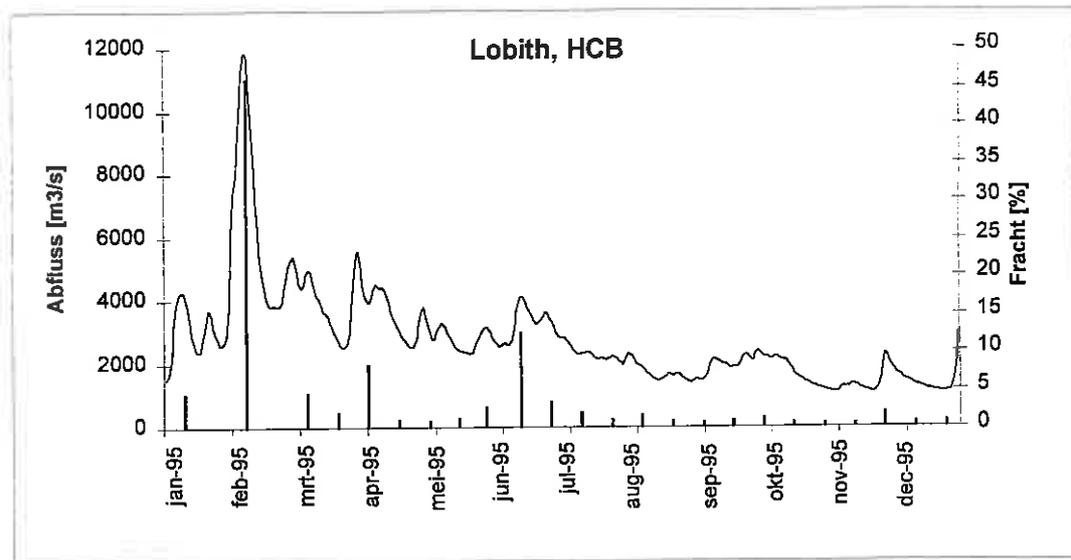
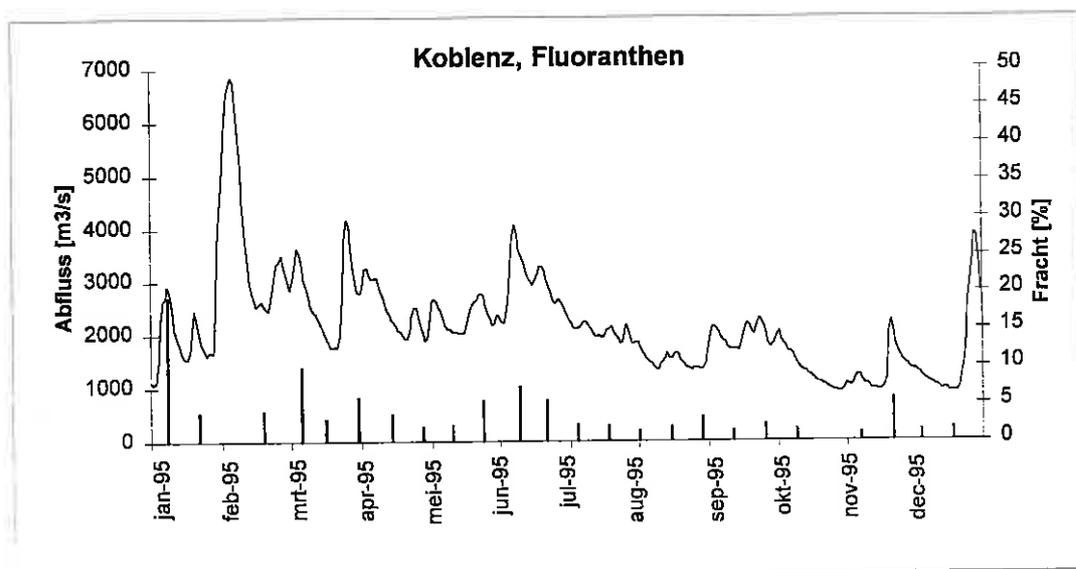


Abbildung 4.13 und 4.14 Abfluß und prozentualer Anteil der Probenahmen an der HCB-Jahresfracht bei Koblenz bzw. Lobith 1995

In Lobith wurde direkt vor dem Höchstabflußtag eine Probe entnommen, die etwa 45% zu der HCB-Jahresfracht beiträgt. Die Spitze im Frachtbeitrag, die bei Lobith ersichtlich ist, tritt bei Koblenz nicht auf, da dort, wie schon erwähnt, die Probenahme am Tag des höchsten Abflusses ausfallen mußte. Dies unterstreicht die Wichtigkeit einer hohen Probenahmefrequenz zu Zeiten hoher Abflüsse, wenn man plausible Jahresfrachten abschätzen will.

Die Abbildungen 4.15 und 4.16 zeigen die Fluoranthenfrachten.



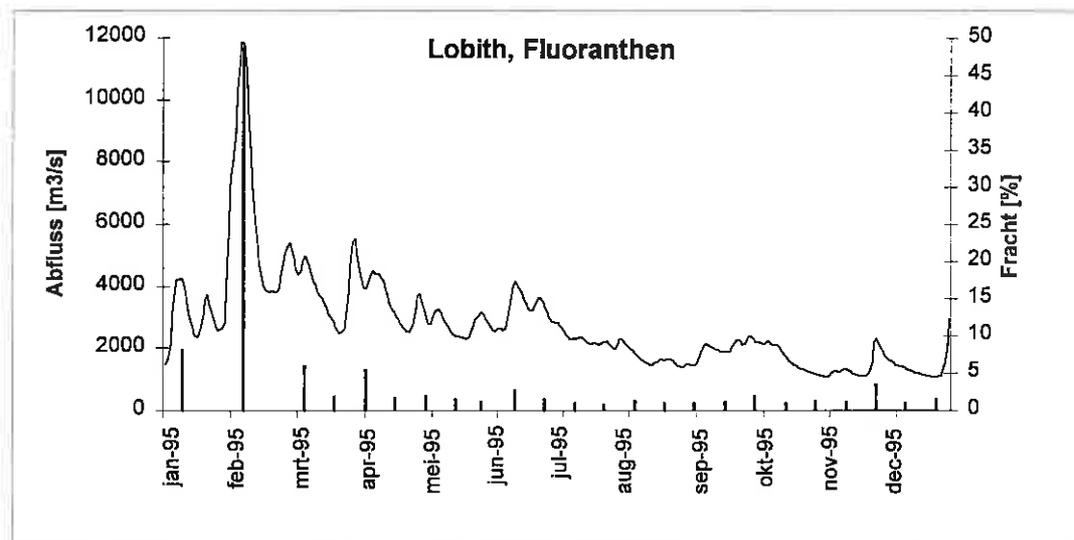


Abbildung 4.15 und 4.16 Abfluß und prozentualer Anteil der Probenahmen an der Jahresfracht von Fluoranthen bei Koblenz bzw. Lobith 1995

Auch für Fluoranthen, das nur teilweise schwebstoffgebunden transportiert wird, zeigen die Abbildungen denselben Zusammenhang wie bei HCB und Kupfer

Schlußfolgerungen aus der Frachtberechnung

Bei Lobith wird bei einer einzelnen Probenahme praktisch dieselbe Tagesfracht ermittelt wie bei allen anderen Probenahmen des Jahres zusammen. Es gibt eine starke Abhängigkeit der Schadstofffracht von der Schwebstofffracht und damit vom Abfluß. Daher ist die Erhöhung der Meßfrequenz bei hoher Wasserführung von großer Bedeutung zur Ermittlung plausibler Jahresfrachten. Eine Probenahme bzw. keine Probenahme im Zeitraum der hohen Abflüsse hat großen Einfluß auf die berechnete Jahresfracht.

4.3 Offene Fragen

Hinsichtlich der Durchführung des Schwebstoffmeßprogramms und der Auswertung gibt es aus unterschiedlichen Gründen einige offene Fragen. So werden die Plausibilität und die Vergleichbarkeit der statistischen Kennzahlen u.a. von der Anzahl durchgeführter Messungen beeinflusst. Im Stichjahr 1995 wurden an der Probenahmestelle Rekingen immer 4 Messungen durchgeführt; daher werden keine Mittelwerte oder 90-Perzentilwerte berechnet. Auch in Kampen ist die Meßfrequenz (jährlich 6 Messungen) derart niedrig, daß ein gelegentlich hoher oder niedriger Meßwert sich stark auf den Jahresmittelwert der Meßreihe auswirkt. Der Streubereich (Differenz zwischen dem maximalen und minimalen Gehalt) ist an dieser Probenahmestelle für einige Schwermetalle (wie Quecksilber und Cadmium) verhältnismäßig groß.

Die Zahl der Messungen hat großen Einfluß auf die statistische Signifikanz der Ergebnisse. Dies trifft besonders zu, wenn die Ergebnisse unterschiedlicher Jahre miteinander verglichen werden und in den Jahren vor 1995 erheblich weniger Messungen durchgeführt wurden.

Die Vergleichbarkeit der Analysendaten verschiedener Meßstationen wird grundsätzlich dadurch erschwert, daß Probenahme und Analysen von verschiedenen Laboratorien durchgeführt werden. So gibt es beispielsweise an der Meßstelle Bimmen auffallende Ergebnisse bei den PCB-Gehalten. Die relativ hohen Gehalte der Moselschwebstoffe an einigen Schwermetallen (Fe, Pb, Zn, Cd) und an PAK ließen sich möglicherweise auf einen Korngrößeneffekt zurückführen (Probenahme im langsam fließenden, staugeregelten Bereich der Moselmündung). Aktuelle Untersuchungen haben aber gezeigt, daß sich die Feinkornanteile (Fraktion <20 µm) in den Schwebstoffen der Meßstellen Koblenz/Rhein und Koblenz/Mosel nicht signifikant unterscheiden. Beim Eisen muß auch eine geogene Komponente beachtet werden. Weiterhin kann eine verstärkte Aus- und Abspülung von Erz-Abraumhalden im Einzugsgebiet von Saar und Mosel nicht ausgeschlossen werden. Es ist auch offensichtlich, daß schon seit einigen Jahrzehnten aus den hochindustrialisierten Regionen des Saarlandes und Lothringens zusätzliche kommunale und industrielle Einträge in die Mosel erfolgen.

Auch kann eine scheinbare Abnahme der Gehalte auftreten, wenn die Analysenmethoden besser und auch die Bestimmungsgrenzen niedriger werden. Bei der Bewertung der Mittelwerte ist zu beachten, daß für Gehalte unter der Bestimmungsgrenze immer der Wert der halben Bestimmungsgrenze in die Berechnung mit eingeht.

Außerdem sei darauf hingewiesen, daß bei der Auswertung die Gehalte an organischen Mikroverunreinigungen nicht standardisiert sind. Das heißt, daß diese Gehalte nicht auf einen organischen Kohlenstoffgehalt von 5% umgerechnet wurden. Im vorigen Statusbericht für das Jahr 1990 Schwebstoff erfolgte diese Umrechnung, aber es ergaben sich daraus keine weiterführenden Erkenntnisse.

Wie sich aus dem vorhergehenden Abschnitt und Kapitel 3 ergibt, hat der Abfluß im Moment der Probenahme einen erheblichen Einfluß auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Zur Zeit der Abflussspitzen wird ein wesentlicher Teil der schwebstoffgebundenen Schadstofffracht transportiert. Die Fachten können dadurch groß sein, selbst wenn die Konzentrationen in den Schwebstoffen niedrig sind. Bei einem Vergleich von Meßergebnissen mit vorhergehenden Jahren ist der Abfluß in die Bewertung mit einzubeziehen. Als Folge der vorher dargestellten Unsicherheiten geben die Ergebnisse in diesem Bericht vor allem ein Bild des Verlaufs der Qualität (die Gehalte an Schadstoffen) der Schwebstoffe längs des Rheins und im Trend wieder.

5 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Dieses Kapitel enthält die wichtigsten Ergebnisse des Schwebstoffmeßprogramms 1995 im Überblick. Die dargestellten Gehalte und Konzentrationen sind 50-Perzentilwerte, wenn nicht anders bezeichnet.

Hydrologie

Im Vergleich zu den Jahren 1990 bis einschl. 1993 und der langjährigen Mittelwasserführung ist 1995 ein Jahr mit hohen Abflußmengen und einem ausgeprägten Hochwasser Ende Januar.

Schwebstoffe

Die Schwebstoffkonzentration nimmt ab Rekingen (6,8 mg/l) über das Rheinprofil zu. An der deutsch-niederländischen Grenze liegt die Konzentration bei 25 mg/l und in Maassluis bei 48 mg/l. Im mehrjährigen Vergleich waren in den Jahren 1994 und 1995 an fast allen Meßstellen die höchsten Schwebstoffgehalte zu messen.

Allgemeine Kenngrößen

- Die TOC-Gehalte nehmen von 2,1 % bei Rekingen auf 5,0 % bei Lobith zu. Am Mittel- und Niederrhein sowie an der Mosel gibt es seit 1991 einen Trend zu niedrigeren Gehalten.
- Für Gesamt-Phosphor gilt ebenso, daß die Gehalte von 0,7 g/kg bei Rekingen auf 2,0 g/kg bei Lobith deutlich zunehmen. Im Vergleich der Jahresmittel seit 1990 zeigen sich am Ober- bis Niederrhein abnehmende Werte für 1994 und 1995. Dies ist in diesen abflußstarken Jahren mit ein Effekt der Verdünnung mit weniger belastetem Erosionsmaterial.

Schwermetalle und Arsen

- Für den Rhein ist der Quecksilbergehalt mit 0,18 mg/kg am niedrigsten bei Koblenz. Bei Weil am Rhein beträgt der Quecksilbergehalt 0,25 mg/kg und er nimmt bis zu einem Höchstgehalt von 0,86 mg/kg bei Maassluis zu. Seit 1990 ist ein Trend zu niedrigeren Gehalten zu erkennen.
- Die Cadmiumgehalte steigen längs des Rheins von 0,1 mg/kg bei Rekingen und 0,6 mg/kg bei Weil am Rhein und Lauterbourg bis 2,7 mg/kg bei Maassluis an. Seit 1990 bzw. 1991 ist auch bei Cadmium ein leichter Rückgang der Belastung festzustellen.
- Der Bleigehalt beträgt bei Rekingen 18 mg/kg und bei Weil am Rhein 36 mg/kg. Die höchsten Bleigehalte wurden in Maassluis (86 mg/kg) und an der Mosel (118 mg/kg) gemessen.
- Vom Hochrhein bei Rekingen bis zum Niederrhein nimmt der Zinkgehalt von 125 mg/kg auf über 400 mg/kg zu. Noch höhere Gehalte (581 mg/kg) wurden in den Moselschwebstoffen gemessen. Im mehrjährigen Trend ist nur ein geringer Rückgang zu erkennen.
- Der Kupfergehalt nimmt von Rekingen mit 25 mg/kg auf 65 mg/kg bei Koblenz zu und bleibt dann in den Schwebstoffen des Niederrheins auf diesem Niveau.
- Bei Rekingen beträgt der Nickelgehalt 40 mg/kg. Er bleibt längs des Rheins etwa gleich mit einem Höchstwert von 51 mg/kg in Koblenz. Eine Rückgang seit 1990 ist nicht festzustellen.
- Der Chromgehalt steigt von 35 mg/kg am Hochrhein bei Rekingen bis 83 mg/kg bei Maassluis. Vom Ober- bis zum Niederrhein liegen die Werte auf gleichem Niveau (60-70 mg/kg). Eine Abnahme der Gehalte seit 1990 ist nur bei Bimmen, Lobith und Kampen deutlich zu sehen.
- Der Arsengehalt liegt zwischen 12 mg/kg bei Weil am Rhein und 18 mg/kg bei Maassluis und damit auf einem im gesamten Rheinprofil niedrigen Niveau. Auch im zeitlichen Verlauf seit 1990 wurden keine besonderen Abweichungen festgestellt.

Beim Vergleich der 90-Perzentilwerte der Schwermetallgehalte mit den von der IKSR entwickelten Zielvorgaben stellt sich heraus, daß die meisten Metalle in Ergebnisgruppe 2 fallen, also im Bereich der Zielvorgabe liegen. Deutlich überschritten sind die Zielvorgaben noch für den Cadmiumgehalt bei

Lobith, den Kupfergehalt in der Mosel und die Zinkgehalte bei Bimmen, Lobith und in der Mosel (Ergebnisgruppe 1). Als positive Ausnahme gilt der Arsengehalt, der an einigen Probenahmestellen in Ergebnisgruppe 3 (deutliche Unterschreitung der Zielvorgabe) aufgenommen werden kann.

Organische Mikroverunreinigungen

Von der Vielzahl organischer Mikroverunreinigungen wurden 1995 HCB, PCB, PAK und Organozinn-Verbindungen in deutlich meßbaren Gehalten in Schwebstoffen gefunden.

- Der Gehalt an HCB differiert zwischen 2 µg/kg bei Rekingen bis 22 µg/kg bei Bimmen. Bei Maassluis hat er wieder auf 7 mg/kg abgenommen. In der Mosel ist der HCB-Gehalt der Schwebstoffe sehr viel niedriger als im Rhein, mit einem Wert von 1 µg/kg. Am Ober- und Mittelrhein wurden die höchsten Einzelwerte gemessen (bis 156 µg/kg bei Lauterbourg) und auch die Jahresmittelwerte liegen dort deutlich über den 50-Perzentilen. Aus den Gehalten seit 1990 ist kein Trend abzulesen.
- Vom Hochrhein zum Niederrhein steigen die PCB-Gehalte von 1 µg/kg bis 9 µg/kg bei den niedrig chlorierten und von 3 µg/kg bis 14 µg/kg bei den höher chlorierten PCBs an. Die höchsten Einzelwerte (bis 72 µg/kg für PCB 153) wurden bei Bimmen gemessen. Die Jahresmittel unterscheiden sich praktisch nicht von den 50-Perzentilen. In der Mosel ist der Gehalt von zwei PCBs (PCB-153 und PCB-180) etwas höher als im Rhein. Bei den höher chlorierten PCBs zeigen die mittleren Gehalte von 1990-1995 einen abnehmenden Trend mit den Höchstgehalten in den Jahren 1990 und 1991. Die stärkste Abnahme der Gehalte ist in der Mosel zu beobachten (50 bis 80%).
- Für Fluoranthene werden im Vergleich der sechs betrachteten PAK die höchsten Gehalte gefunden. Der Fluoranthengehalt verdreifacht sich vom Oberrhein zum Niederrhein (0,3 mg/kg bis 1,0 mg/kg). In bezug auf das Jahr 1990 zeigen die Jahresmittel eine deutliche Abnahme. Bei den anderen PAKs liegen die Gehalte 1995 zwischen 0,1 mg/kg und 0,6 mg/kg. Die PAK-Gehalte in der Mosel sind für alle betrachteten Stoffe etwa doppelt so hoch wie im Rhein. Wie bei den PCB unterscheiden sich auch bei den PAKs die Jahresmittel nicht signifikant von den 50-Perzentilen.
- Die Gehalte an Organozinnverbindungen wurden an vier Probenahmestellen bestimmt. Für die Dibutylzinnverbindungen werden Gehalte zwischen 3,7 (bei Bimmen) und 23,5 µg/kg Sn (bei Weil am Rhein) gefunden. Die Gehalte der Tributylzinnverbindungen differieren von 4,1 µg/kg Sn bis 9,0 µg/kg Sn und für Tetrabutylzinn differieren sie von < 0,5 µg/kg Sn (Bestimmungsgrenze) bis 2,4 µg/kg Sn. Die Gehalte der Triphenylzinnverbindungen liegen zwischen < 0,5 µg/kg Sn und 2,3 µg/kg Sn. Für alle vier Organozinnverbindungen wurden die mit Abstand höchsten Gehalte bei Weil am Rhein gefunden. In den vorhergehenden Jahren wurde diese Stoffgruppe noch nicht gemessen.
- Von anderen organischen Verbindungen wie der HCH-Gruppe und den Drinen werden oft sehr niedrige Gehalte im Bereich der Bestimmungsgrenze gemessen. Nur von der DDT-Gruppe werden noch Maximalgehalte von etwa 6 µg/kg gefunden.

Der Verlauf der Gehalte an organischen Mikroverunreinigungen zeigt für die PCB und PAK einen abnehmenden Trend. Für HCB läßt sich kein deutlicher Trend angeben und die Organozinnverbindungen wurden in den vorhergehenden Jahren nicht gemessen.

Für organische Schadstoffe wurden generell Zielvorgaben für die Wasserphase entwickelt. Die hier betrachteten Stoffe liegen aber im Gewässer teilweise oder vollständig adsorbiert an Schwebstoffen vor. Zum Vergleich mit den Zielvorgaben werden daher die Ergebnisse aus den Schwebstoffmessungen (in µg/kg) mit Hilfe des jeweiligen Schwebstoffgehaltes umgerechnet in Gesamtgehalte pro Liter Wasser (in µg/l).

Im Bereich der Zielvorgabe oder deutlich darunter liegen danach an den meisten Meßstellen die Drine, die DDT-Gruppe und die Organozinnverbindungen. Noch deutliche Überschreitungen der Zielvorgaben gibt es für HCB an den Rheinmeßstellen Lauterbourg, Koblenz, Bimmen und Lobith sowie für die PCB bei Bimmen und Lobith und eingeschränkt für die höher chlorierten PCB bei Lauterbourg, Koblenz und an der Mosel.

Schlußfolgerung

Ein Vergleich von Meßergebnissen längs des Rheins und im Trend über mehrere Jahren ist bei einer angepaßten Meßfrequenz möglich. Aus den Frachtberechnungen ergibt sich, daß ein hoher Anteil der Schwebstoffjahresfracht während eines Hochwassers transportiert wird. Dies bedeutet, daß es empfehlenswert ist, während solcher Hochwasserperioden ein intensiveres Meßprogramm (z.B. tägliche Probenahme) einzusetzen, wenn man eine fundierte Aussage zu Jahresschadstofffrachten machen will.

Die Ergebnisse des Stichjahres 1995 sind besonders durch die Abflußabhängigkeit der Schwebstoff- und damit der Schadstofffrachten nicht direkt vergleichbar mit Jahren mittlerer oder niedriger Wasserführung (1990-1993).

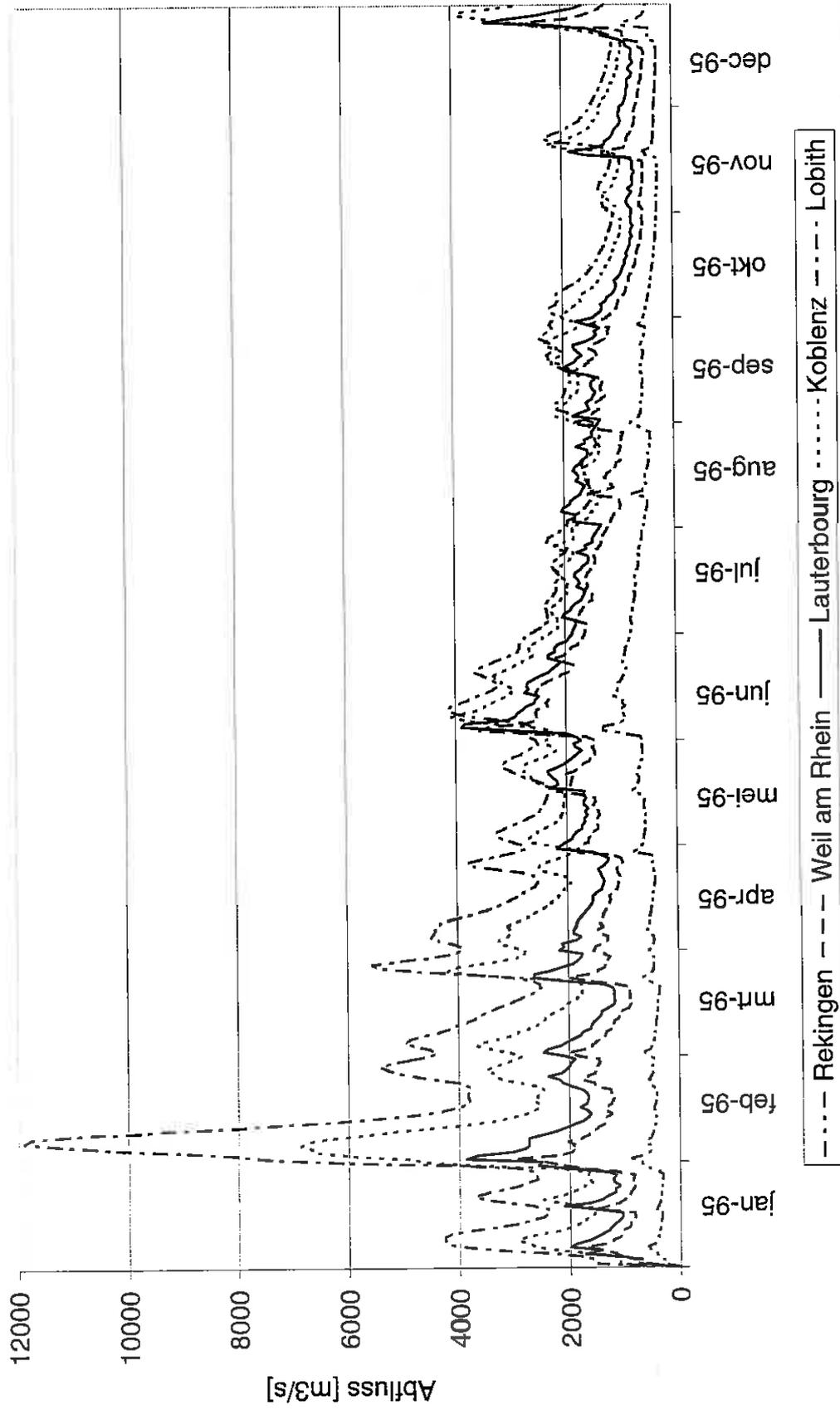
Im Unterlauf des Rheins werden generell höhere Schadstoffgehalte als im Oberlauf gemessen. Dazu kommt, daß die Schwebstoffkonzentrationen im Unterlauf ebenfalls deutlich höher sind. Dies bedeutet, daß die Schadstofffrachten längs des Rheins relativ stärker ansteigen als die Schadstoffgehalte in den Schwebstoffen.

Beim Vergleich der Jahresmittel der Schadstoffkonzentrationen seit 1990 lassen sich Trends zu niedrigeren Werten bei einigen Schwermetallen und PCB und den PAK erkennen, wenn auch die Aussagen nicht statistisch abgesichert werden können (Kap. 4.3). Klare Aussagen erhält man dagegen aus dem Zielvorgabenkonzept der IKSr.

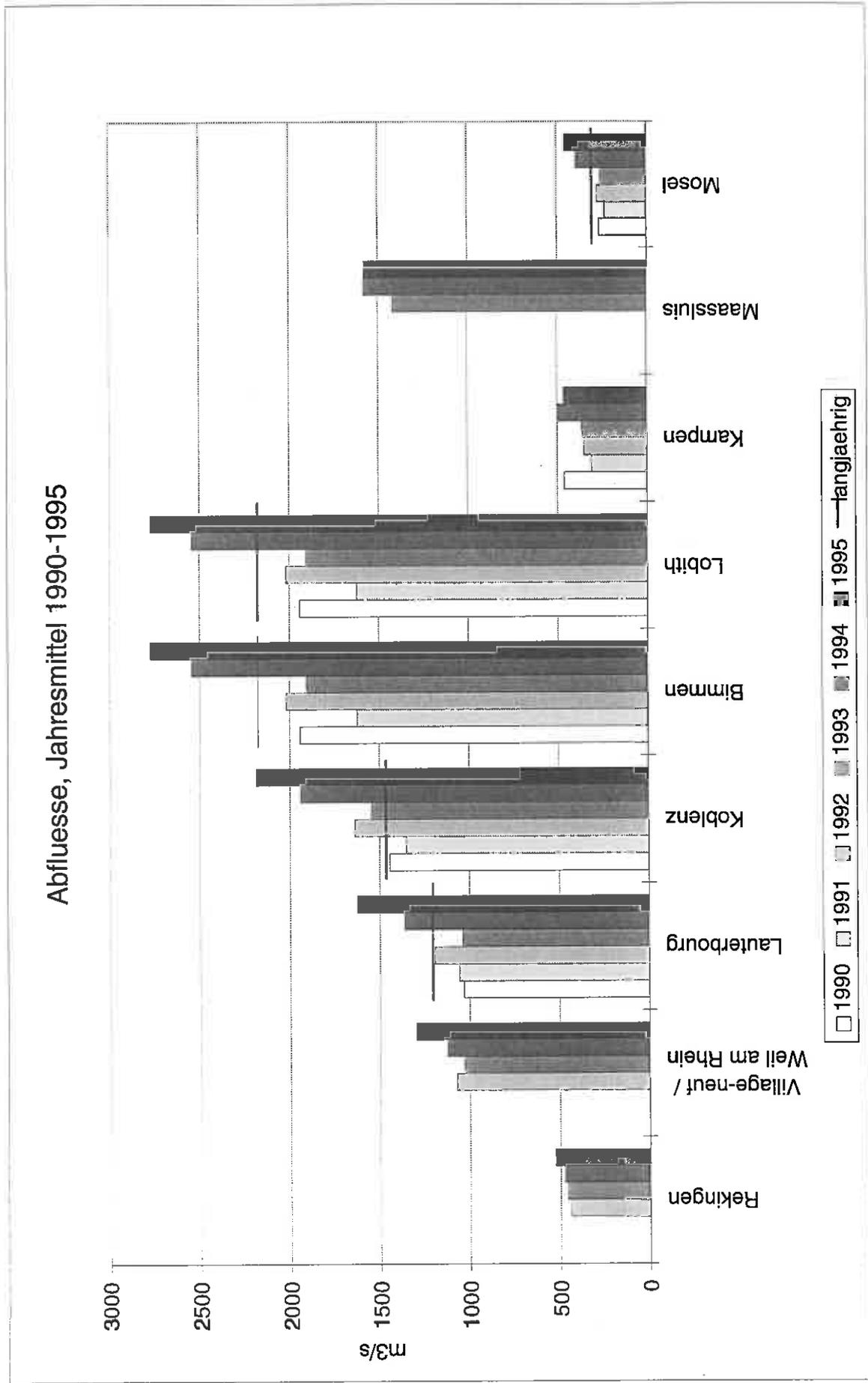
Anlage 1: Daten der Einzelprobenahme

Perioden-Nr.	Periodenbeginn	Rekingen	Weil am Rhein	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
1	26-12			05-01	02-01	04-01	04-01	<u>04-01</u>	04-01	
2	09-01		11-01	19-01	16-01	18-01	18-01	18-01	18-01	16-01
3	23-01		30-01	02-02	Hochwasser	01-02	01-02	<u>01-02</u>	01-02	
4	06-02		08-02	16-02	13-02	15-02	15-02	<u>15-02</u>	15-02	13-02
5	20-02		21-02	02-03	02-03	02-03	01-03	<u>01-03</u>	01-03	28-02
6	06-03		18-03	16-03	13-03	15-03	15-03	15-03	15-03	
7	20-03		22-03	30-03	27-03	28-03	29-03	<u>29-03</u>	29-03	27-03
8	03-04		03-04	13-04	11-04	<u>12-04</u>	12-04	<u>12-04</u>	12-04	
9	17-04		21-04	27-04	25-04	<u>26-04</u>	26-04	<u>26-04</u>	26-04	24-04
10	01-05		04-05	11-05	08-05	<u>10-05</u>	10-05	10-05	10-05	
11	15-05		17-05	24-05	22-05	24-05	22-05	<u>22-05</u>	22-05	22-05
12	29-05		01-06	08-06	07-06	08-06	07-06	<u>07-06</u>	07-06	
13	12-06	21-06	10-06	22-06	19-06	21-06	21-06	<u>21-06</u>	21-06	19-06
14	26-06		21-06	06-07	03-07	07-07	05-07	05-07	05-07	
15	10-07	17-07	04-07	20-07	17-07	19-07	19-07	<u>19-07</u>	19-07	17-07
16	24-07		20-07	03-08	31-07	02-08	02-08	<u>02-08</u>	02-08	
17	07-08		10-08	17-08	14-08	16-08	16-08	<u>16-08</u>	16-08	14-08
18	21-08		23-08	31-08	28-08	30-08	30-08	<u>30-08</u>	30-08	
19	04-09	13-09	06-09	14-09	11-09	13-09	13-09	13-09	13-09	11-09
20	18-09		20-09	28-09	25-09	<u>27-09</u>	27-09	<u>27-09</u>	27-09	
21	02-10		05-10	12-10	09-10	11-10	11-10	<u>11-10</u>	11-10	09-10
22	16-10		19-10	26-10	23-10	30-10	25-10	25-10	<u>25-10</u>	
23	30-10		09-11	09-11	07-11	08-11	08-11	<u>08-11</u>	08-11	06-11
24	13-11	21-11	23-11	23-11	21-11	22-11	22-11	<u>22-11</u>	22-11	
25	27-11		07-12	07-12	04-12	06-12	06-12	<u>06-12</u>	06-12	04-12
26	11-12		21-12	28-12	18-12	20-12	20-12	<u>20-12</u>	20-12	

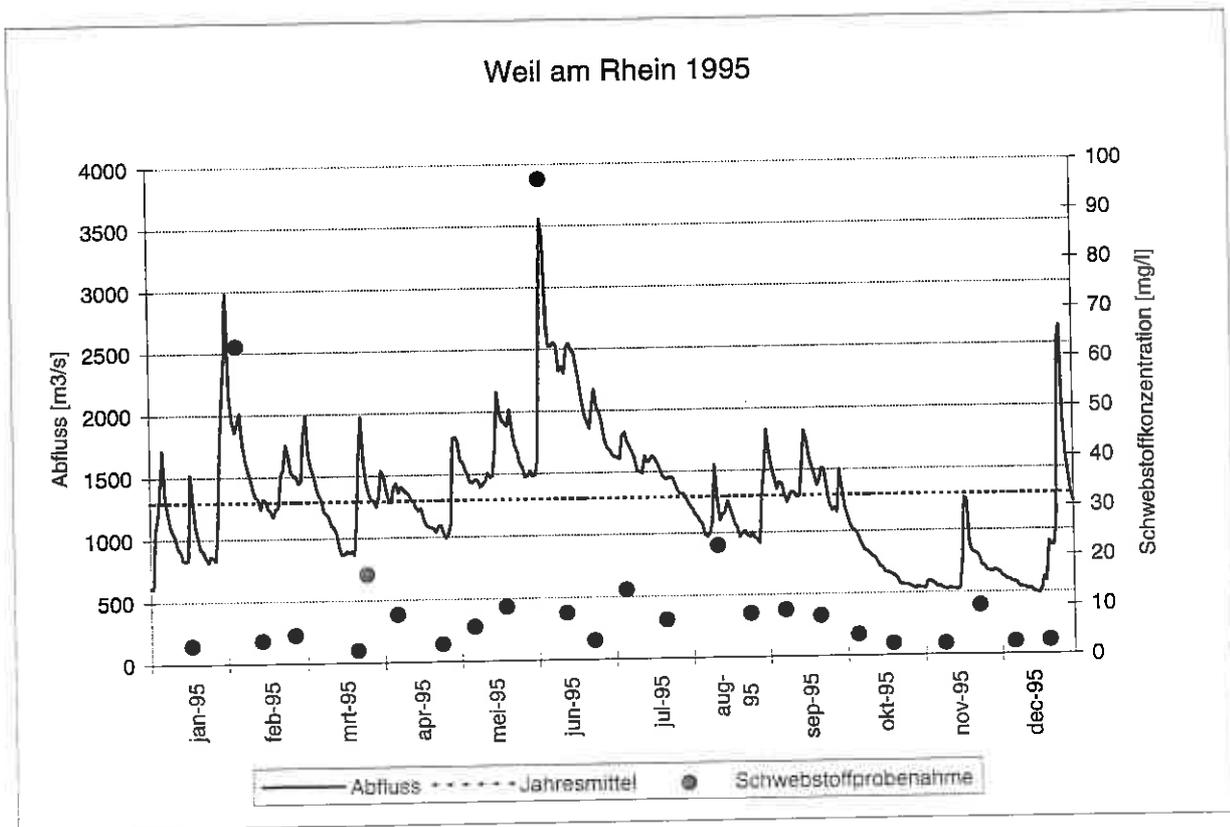
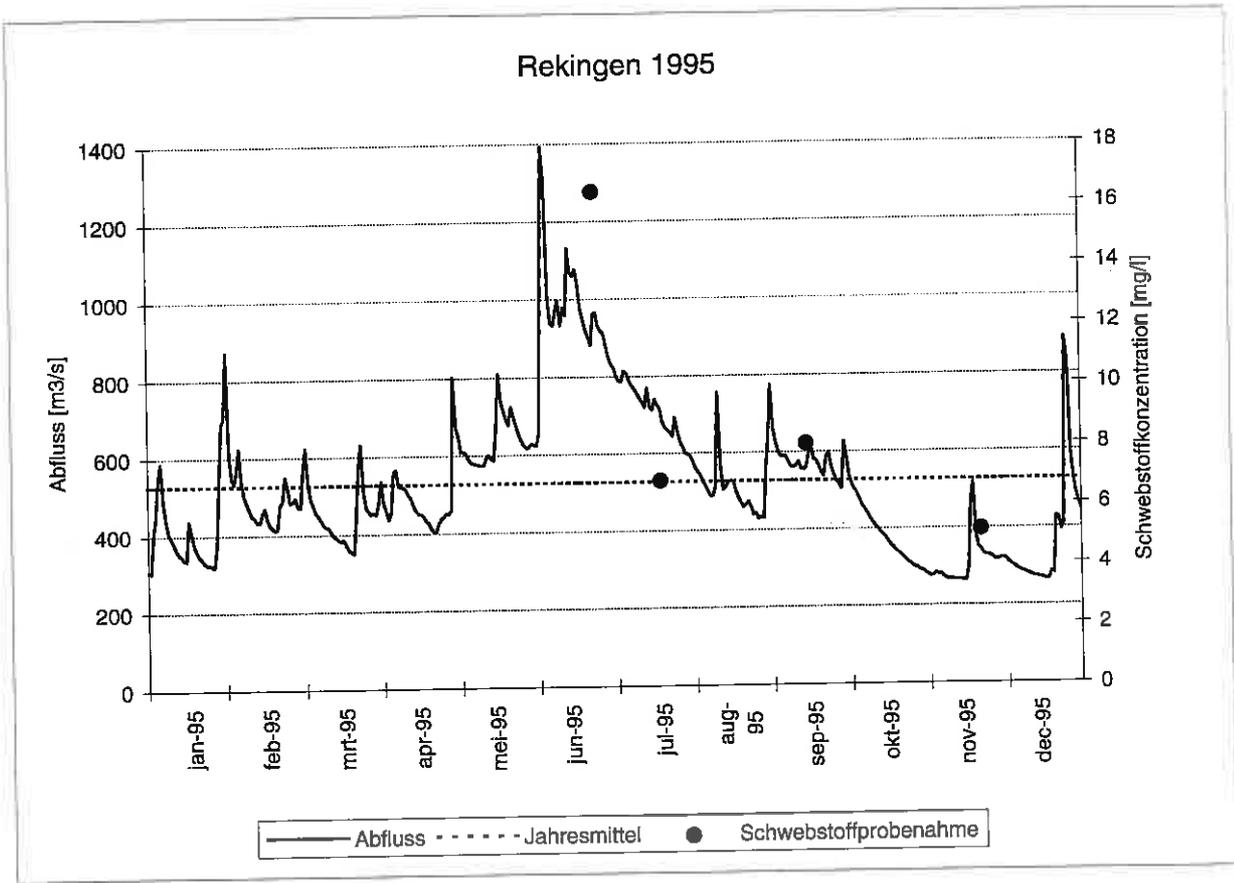
Abflussganglinien Rheinlaengsprofil 1995



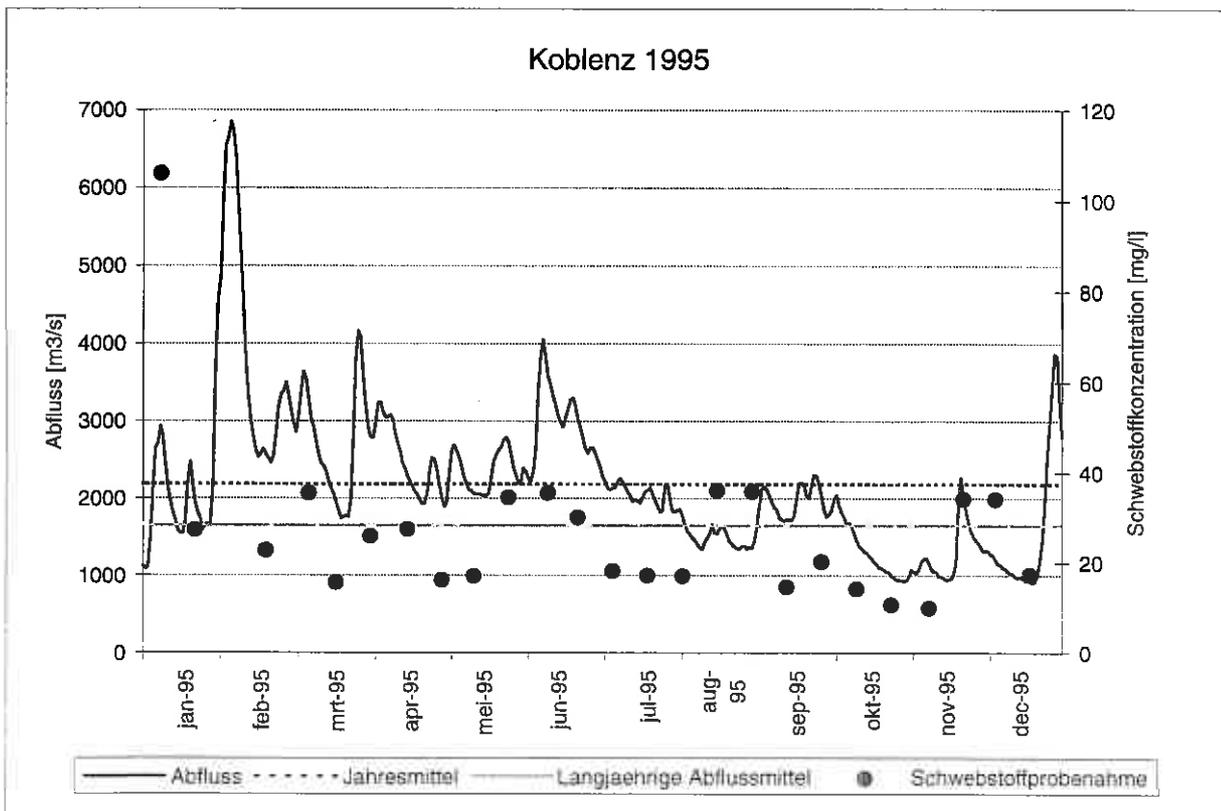
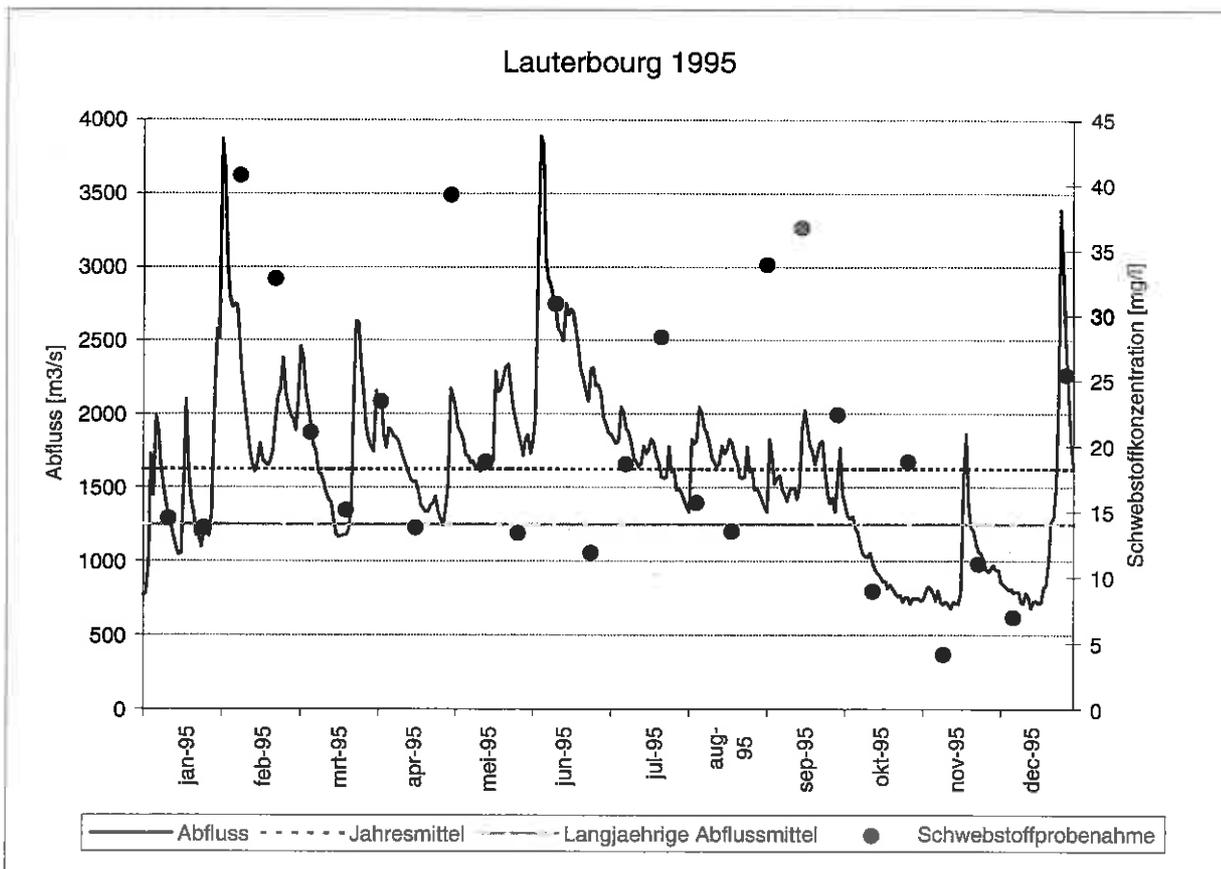
Anlage 2b: Jahresmittel der Abflüsse 1990-1995



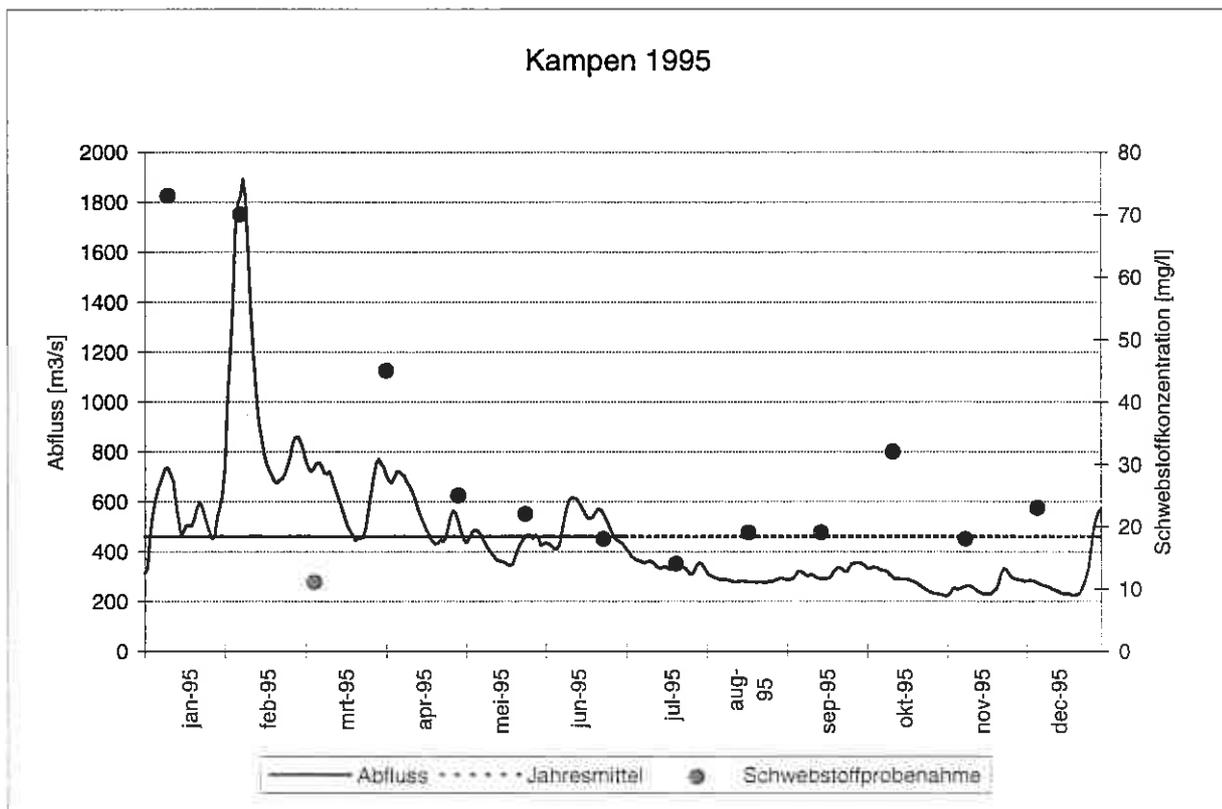
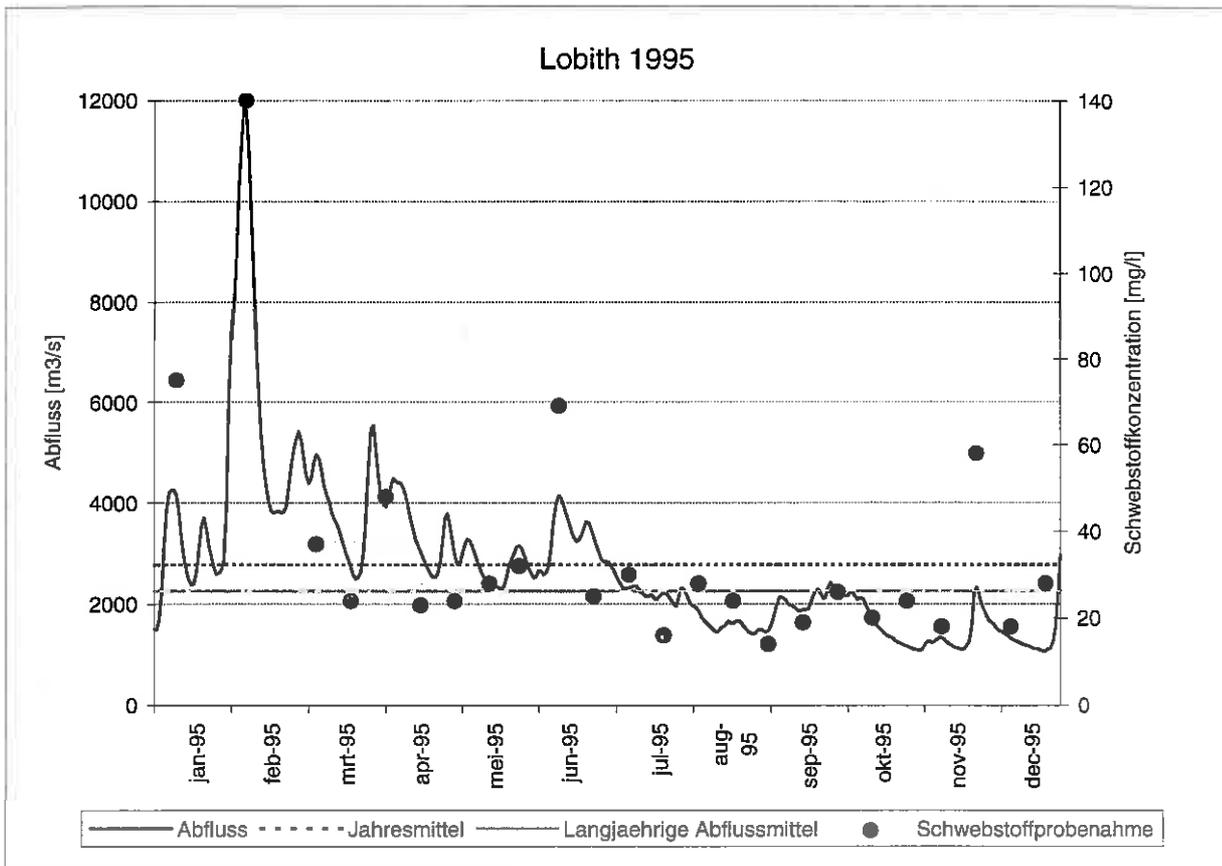
Anlage 2c: Abflussganglinien und Schwebstoffkonzentration an den Probenahmetagen



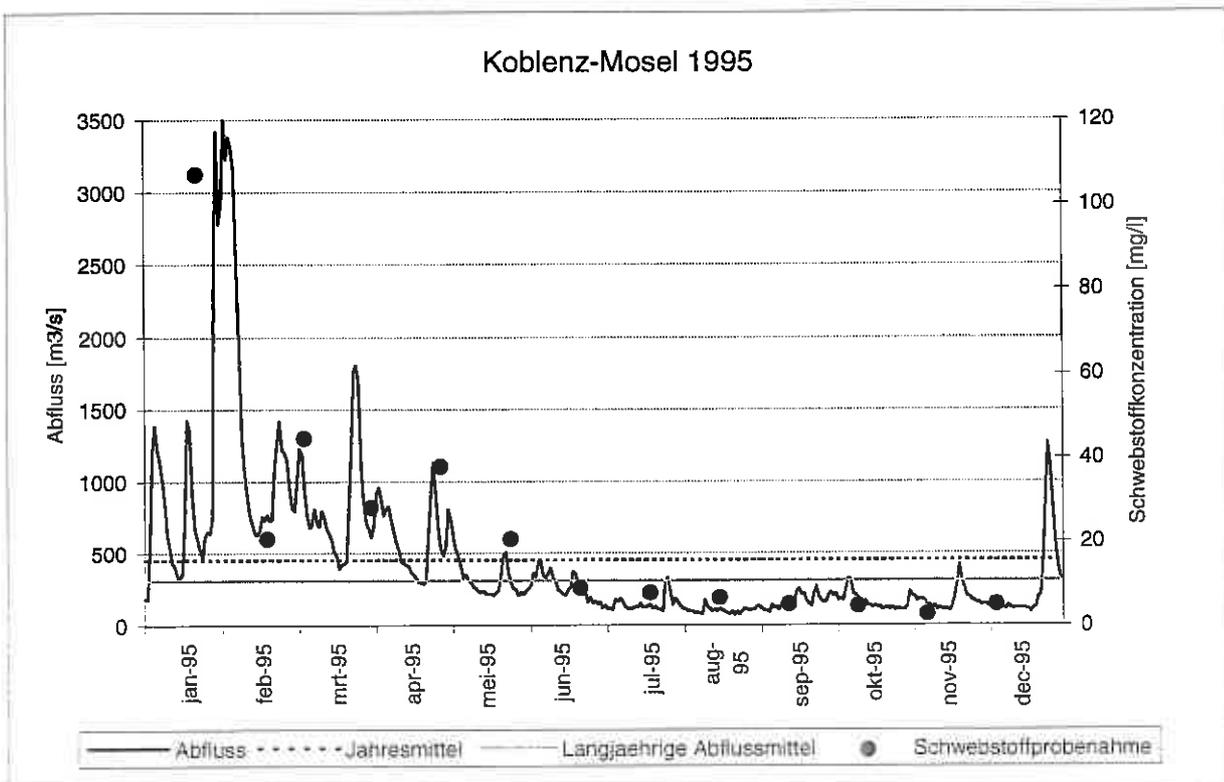
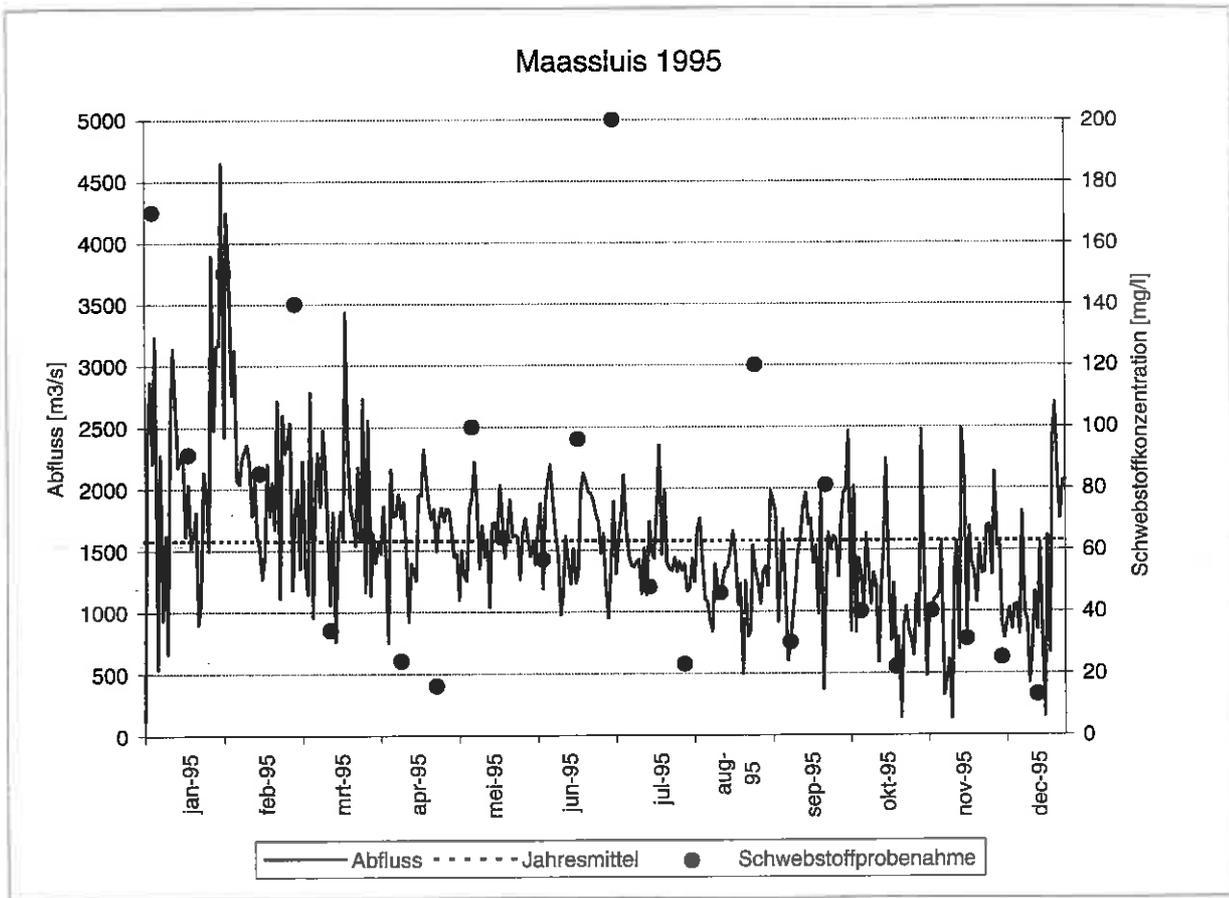
Anlage 2c: Abflussganglinien und Schwebstoffkonzentration an den Probenahmetagen



Anlage 2c: Abflussganglinien und Schwebstoffkonzentration an den Probenahmetagen



Anlage 2c: Abflussganglinien und Schwebstoffkonzentration an den Probenahmetagen



Anlage 3: Schadstoffgehalte des Schwebstoffs 1995

Schwebstoff in mg/l

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	21	24	13	26	13
Min	5.1	2.2	4.1	9.8	15.0	14	11	13	2.5
M		13.3	20.5	25.9	34.8	35	30	70	22.9
50%	6.8	7.3	18.6	19.1	25.5	25	21	48	8.2
90%		24.2	36.5	35.8	64.4	70	71	149	59.4
Max	16.4	97.0	40.7	106.0	92.8	140	73	200	107.0

Organischer Kohlenstoff (TOC) in %

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	20	26	6	25	12
Min	1.6	3.2	2.5	2.5	1.5	3	4	3	3.6
M		5.7	5.0	3.7	4.2	5	5	4	5.7
50%	2.1	4.9	4.9	3.4	4.1	5	5	4	5.1
90%		9.1	6.7	4.6	5.7	6		5	9.0
Max	3.5	9.3	8.0	6.4	6.5	9	7	5	10.7

Gesamtphosphor (P) in g/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25		25	22	26	6	25	12
Min	0.6	0.3		1.3	0.6	1	2	2	1.5
M		1.1		1.8	1.7	2	3	2	2.4
50%	0.7	1.0		1.6	1.8	2	2	2	2.4
90%		1.7		2.1	2.2	4		2	3.5
Max	1.1	2.0		3.0	2.8	5	4	4	4.3

Quecksilber (Hg) in mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	1	25	26	25	22	26	6	25	13
Min	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0.1
M		0.3	0.3	0.2	0.5	1	1	1	0.2
50%		0.3	0.3	0.2	0.4	1	1	1	0.2
90%		0.7	0.6	0.4	0.8	1		1	0.3
Max	0.1	0.9	1.0	0.5	1.0	2	3	1	0.3

Cadmium (Cd) in mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	22	26	6	25	13
Min	< 0,1	0.43	0.2	0.47	0.48	0.8	1.6	1.9	0.65
M		0.57	0.7	0.82	1.14	1.6	2.2	2.7	1.39
50%	0.1	0.57	0.6	0.82	0.98	1.5	1.8	2.7	1.30
90%		0.70	1.0	1.10	1.70	2.5		3.2	1.83
Max	0.2	0.76	2.3	1.12	2.60	2.7	4.2	3.7	1.94

Anlage 3: Schadstoffgehalte des Schwebstoffs 1995

Blei (Pb) in mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	22	26	6	25	13
Min	14	26	20	41	35	36	65	69	79
M		39	64	55	75	83	88	86	117
50%	18	36	67	55	75	81	75	86	118
90%		54	85	64	103	120		102	144
Max	25	66	93	66	140	128	145	115	184

Zink (Zn) in mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	22	26	6	25	13
Min	120	153	120	206	170	186	388	321	384
M		200	202	262	389	417	470	392	556
50%	125	190	187	264	360	397	416	387	581
90%		248	259	305	523	554		426	666
Max	150	286	370	319	760	570	654	610	668

Kupfer (Cu) in mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	22	26	6	25	12
Min	20	41	36	52	24	36	52	48	45
M		53	53	71	63	66	67	61	62
50%	25	48	51	65	65	64	57	59	60
90%		77	67	89	86	86		74	76
Max	45	100	75	129	110	92	102	86	77

Nickel (Ni) in mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	22	26	6	25	13
Min	20	31	27	46	25	33	37	30	60
M		38	45	51	48	47	44	38	66
50%	40	37	44	51	47	46	42	37	65
90%		45	53	55	60	54		43	73
Max	45	50	86	56	70	61	51	55	75

Chrom (Cr) in mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	22	26	6	25	13
Min	25	45	49	49	35	50	63	67	45
M		59	77	58	69	77	77	84	63
50%	35	60	73	56	66	77	68	83	63
90%		66	100	68	93	95		95	73
Max	40	72	160	70	120	100	116	104	80

Anlage 3: Schadstoffgehalte des Schwebstoffs 1995

Arsen (As) in mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N		25	26	25	22	26		25	13
Min		6,5	6,4	13	7,6	12		14	17
M		11,7	15,8	16	15,7	18		18	18
50-P.		11,9	14,3	16	16,0	17		18	18
90-P.		16,8	24,0	18	20,3	24		21	20
Max		19,5	29,2	19	26,0	25		22	20

Hexachlorbenzen in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	22	26	6	25	13
Min	1	< 1	8	3	9	8	11	4	< 1
M		6	46	27	26	16	14	7	< 1
50-P.	2	3	20	18	22	15	14	7	1
90-P.		16	130	59	51	26		9	1
Max	2	19	156	81	64	28	15	13	3

PCB 28 in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	18	26	5	25	13
Min	2	< 1	< 1	< 1	2	3	5	6	< 1
M		1	2	3	7	6	8	10	2
50-P.	3	< 1	2	2	5	6	6	10	2
90-P.		2	4	4	10	9		12	2
Max	4	3	5	6	22	10	13	18	2

PCB 52 in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	19	26	5	25	13
Min	6	< 1	< 1	< 1	2	3	4	4	2
M		2	3	2	7	5	5	6	2
50-P.	7	< 1	3	2	6	5	5	6	2
90-P.		3	4	4	12	7		8	3
Max	9	7	5	5	24	10	7	9	3

PCB 101 in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	18	26	5	25	13
Min	3	< 1	2	3	6	4	6	6	4
M		1	5	6	15	7	8	8	6
50-P.	4	1	5	5	9	7	7	8	6
90-P.		3	7	10	40	10		11	7
Max	10	5	10	13	52	13	10	11	7

Anlage 3: Schadstoffgehalte des Schwebstoffs 1995

PCB 118 in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	19	26	5	25	13
Min	1	< 1	3	2	4	3	4	4	3
M		1	7	4	6	6	6	6	5
50%	1	1	6	3	5	5	6	6	5
90%		3	11	7	10	8		10	6
Max	2	4	19	8	14	9	9	11	7

PCB 138 in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	19	26	5	25	13
Min	3	< 1	2	4	7	7	8	6	8
M		2	7	8	15	11	11	10	11
50%	3	2	6	7	11	10	11	9	10
90%		3	11	16	30	15		13	14
Max	4	5	17	17	53	18	14	14	16

PCB 153 in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	19	26	5	25	13
Min	2	< 1	1	5	10	7	8	7	10
M		4	4	10	19	11	11	11	16
50%	3	3	3	8	14	10	11	10	15
90%		6	6	19	45	15		13	22
Max	5	7	11	21	72	18	15	16	24

PCB 180 in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	19	26	5	25	13
Min	1	< 1	2	2	< 1	4	5	4	6
M		2	4	5	9	7	7	6	8
50%	1	2	3	4	6	6	7	6	8
90%		3	5	8	22	10		8	11
Max	4	5	6	10	42	12	10	9	16

Fluoranthen in mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	13	26	6	21	13
Min	0.40	< 0,1	0.29	0.35	0.31	0.3	0.6	0.3	1.15
M		0.30	0.45	0.67	0.90	1.0	1.0	0.7	1.71
50%	0.59	0.30	0.45	0.58	0.73	0.9	1.0	0.7	1.74
90%		0.50	0.63	0.95	1.51	1.6		0.9	1.98
Max	0.64	1.30	0.76	1.05	2.50	1.6	1.5	0.9	2.07

Anlage 3: Schadstoffgehalte des Schwebstoffs 1995

Benzo(b)fluoranthen in mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	13	26	6	21	13
Min	0.12	< 0,10	0.14	0.24	0.17	0.2	0.4	0.2	0.69
M		0.29	0.28	0.42	0.48	0.5	0.6	0.4	1.09
50%	0.14	0.23	0.27	0.39	0.48	0.5	0.6	0.4	1.09
90%		0.52	0.39	0.55	0.69	0.7		0.5	1.27
Max	0.16	1.00	0.50	0.62	0.81	1.1	0.7	0.6	1.29

Benzo(k)fluoranthen in mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	13	26	6	21	13
Min	0.05	0.06	0.10	0.12	0.07	< 0,1	0.2	< 0,1	0.35
M		0.15	0.16	0.20	0.24	0.2	0.3	0.2	0.54
50%	0.07	0.12	0.15	0.18	0.23	0.2	0.3	0.2	0.54
90%		0.27	0.22	0.28	0.34	0.4		0.2	0.63
Max	0.07	0.55	0.26	0.31	0.38	0.4	0.4	0.3	0.64

Benzo(a)pyren in mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	13	26	6	21	13
Min	0.12	< 0,1	0.12	0.22	0.13	0.2	0.4	0.2	0.64
M		0.23	0.24	0.40	0.39	0.5	0.5	0.3	1.22
50%	0.14	0.20	0.23	0.35	0.41	0.4	0.5	0.3	1.17
90%		0.43	0.33	0.57	0.55	0.7		0.4	1.47
Max	0.16	0.73	0.41	0.70	0.60	0.9	0.7	0.5	1.64

Benzo(ghi)perylene in mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	13	25	6	21	13
Min	0.09	< 0,1	0.12	0.23	0.11	< 0,1	0.2	< 0,1	0.53
M		0.21	0.24	0.37	0.38	0.3	0.4	0.3	0.92
50%	0.10	0.20	0.25	0.34	0.42	0.4	0.4	0.3	0.95
90%		0.34	0.33	0.48	0.54	0.5		0.4	1.10
Max	0.12	0.80	0.39	0.61	0.56	0.7	0.5	0.4	1.11

Indeno(1,2,3-cd)pyren in mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	13	26	6	21	13
Min	< 0,2	< 0,10	0.12	0.21	0.12	< 0,1	0.3	< 0,1	0.54
M		< 0,20	0.21	0.32	0.34	0.4	0.5	0.3	0.82
50%	< 0,2	< 0,20	0.19	0.31	0.35	0.4	0.4	0.4	0.84
90%		0.27	0.30	0.43	0.48	0.7		0.4	0.95
Max	< 0,2	0.52	0.37	0.44	0.49	0.8	0.8	0.5	1.03

Anlage 3: Schadstoffgehalte des Schwebstoffs 1995

Dibutylzinnverbindungen in µg/kg Sn

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25			22				
Min	6.1	4.5			< 1				
M		33.5			4.2				
50%	10.0	23.5			3.7				
90%		62.2			6.9				
Max	31.0	139			14.9				

Tributylzinnverbindungen in µg/kg Sn

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25		20	22				
Min	2.3	0.6		2.2	1.6				
M		14.8		6.7	10.2				
50%	4.1	6.8		7.2	9.0				
90%		46.2		8.5	17.9				
Max	27.0	83		8.6	27.5				

Triphenylzinnverbindungen in µg/kg Sn

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25			22				
Min	< 0,5	< 0,5			< 0,68				
M		8.4			2.8				
50%	< 0,5	2.2			2.3				
90%		31.1			6.1				
Max	< 0,5	80.9			7.5				

Tetrabutylzinn in µg/kg Sn

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25		20	22				
Min	1.0	< 0,5		< 1,2	< 0,73				
M		1.4		< 1,2	< 0,73				
50%	2.4	< 0,5		< 1,2	< 0,73				
90%		1.8		< 1,2	< 0,73				
Max	7.7	21.8		< 1,2	< 0,73				

2,4'DDT in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	18	16	26	5	25	10
Min	< 1	< 1	< 1	< 1	< 2	< 1	< 1	< 1	< 1
M		< 1	< 1	< 1	< 2	< 1	< 1	< 1	3
50%	< 1	< 1	< 1	< 1	< 2	< 1	< 1	< 1	2
90%		< 1	< 1	2	< 2	< 1		< 1	
Max	< 1	1	< 1	2	< 2	3	< 1	< 1	5

Anlage 3: Schadstoffgehalte des Schwebstoffs 1995

4,4'DDT in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	18	12	26	5	25	9
Min	< 1	< 1	< 1	2	< 2	< 1	< 1	< 1	7
M	< 1	< 1	1.8	6	3.2	3	2	2	12
50%	< 1	< 1	1.2	6	< 2	3	< 2	< 1	12
90%	< 1	< 1	4.1	8		5		3	
Max	< 1	2	6.3	9	18	6	4	7	17

2,4'DDD in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	24	26		13	26	5	25	
Min	< 1	< 1	< 1		< 2	< 1	< 1	< 1	
M	< 1	< 1	< 1		< 2	1	< 1	< 1	
50%	< 1	< 1	< 1		< 2	< 1	< 1	< 1	
90%	< 1	< 1	< 1		3.9	3		< 1	
Max	< 1	1	1.1		4.1	4	< 1	2	

4,4'DDD in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	16	26	6	25	13
Min	< 1	< 1	< 1	1	< 5	< 1	2	< 1	3
M	< 1	< 1	< 1	3	< 5	2	3	2	6
50%	< 1	< 1	< 1	3	< 5	2	2	2	6
90%	< 1	< 1	2.1	5	< 5	3		3	11
Max	< 1	3.1	2.9	8	< 5	4	7	4	12

2,4'DDE in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	16	26	5	25	13
Min	< 1	< 1	< 1	1	< 2	< 1	< 1	< 1	1
M	< 1	< 1	< 1	2	< 2	< 1	< 1	< 1	2
50%	< 1	< 1	< 1	1	< 2	< 1	< 1	< 1	2
90%	< 1	< 1	< 1	4	< 2	< 1		< 1	3
Max	< 1	1	< 1	4	< 2	< 1	< 1	< 1	3

4,4'DDE in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	23	13	26	5	25	13
Min	< 1	< 1	< 1	2	< 2	3	3	2	3
M		1	3	4	< 2	5	5	4	9
50%	1	1	3	3	< 2	5	5	4	7
90%		2	4	6	< 2	9		5	18
Max	1	4	10	7	2	10	7	6	20

Anlage 3: Schadstoffgehalte des Schwebstoffs 1995

1,2,3-Trichlorbenzen in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	22	13		12	13
Min	< 1	< 1	< 2	1	2	< 1		< 1	< 1
M		< 1	5	3	6	2		1	< 1
50%	< 1	< 1	4	3	3	2		< 1	< 1
90%		1	9	4	13	4			1
Max	< 1	3	21	5	16	4		2	1

1,2,4-Trichlorbenzen in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	19	22	2		2	13
Min	< 1	< 1	< 2	7	4	7		22	< 1
M		2	25	14	25				3
50%	< 1	1	21	12	19				3
90%		5	52	21	71				5
Max	3	9	60	28	83	18		30	6

1,3,5-Trichlorbenzen in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	22	13		12	13
Min	< 1	< 1	< 2	1	3	2		6	< 1
M		< 1	5	6	8	5		9	< 1
50%	< 1	< 1	2	5	5	5		8	< 1
90%		< 1	14	13	20	9			2
Max	< 1	< 1	17	17	29	12		15	2

Hexachlorbutadien in µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N			26			7	1	5	
Min			< 1			< 1	3	< 1	
M			< 1			1		1	
50%			< 1			1		< 1	
90%			2						
Max			3			3	3	2	

Eisen (Fe) in g/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	22	26		13	12
Min	11.2	20.0	11.0	25.7	16	26		25	39.4
M		25.7	29.5	30.3	28	33		31	46.7
50%	17.1	25.5	28.9	29.7	29	33		30	46.9
90%		29.1	42.3	33.8	36	38		36	
Max	21.5	31.2	48.0	36.6	38	43		40	50.1

Anlage 4a: Schwebstoff und allgemeine Kenngrößen

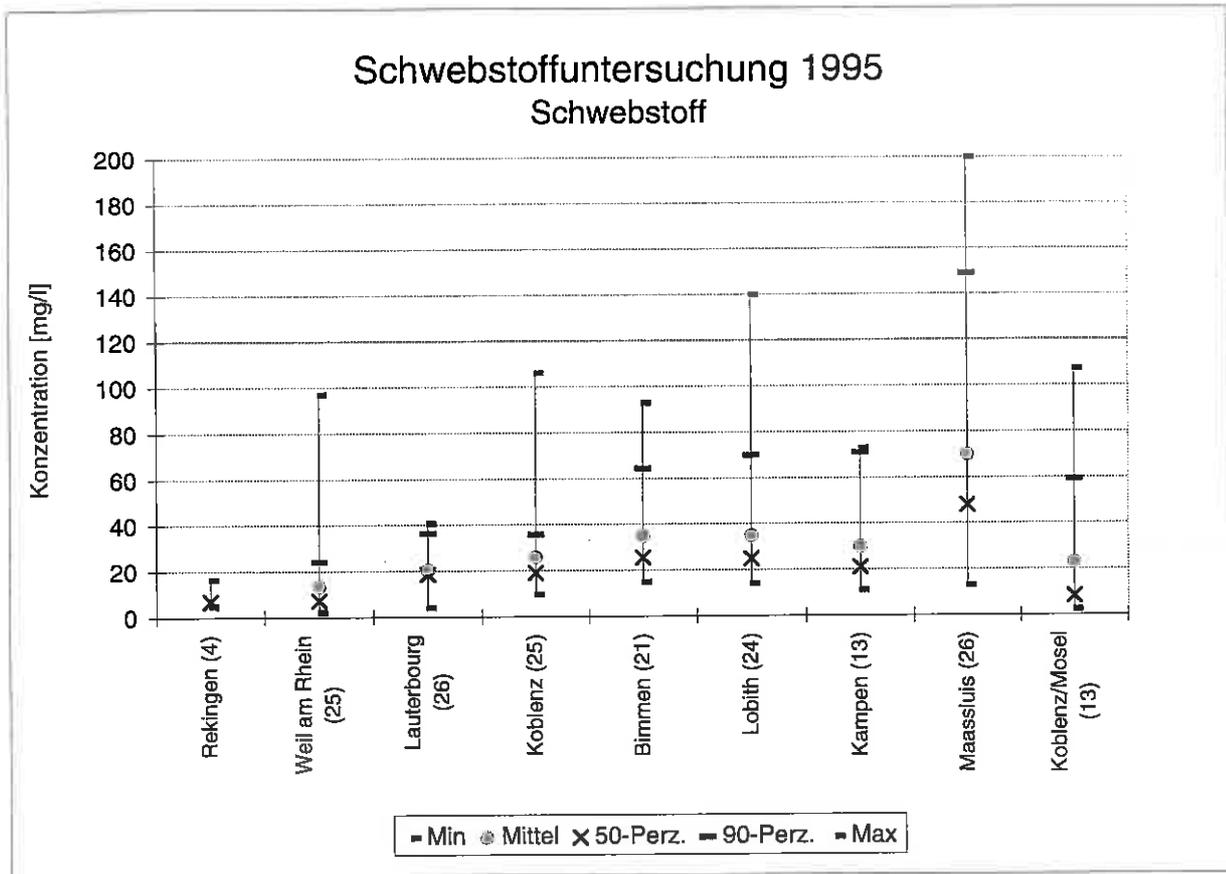


Abbildung 3.1a: Schwebstoffkonzentration 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

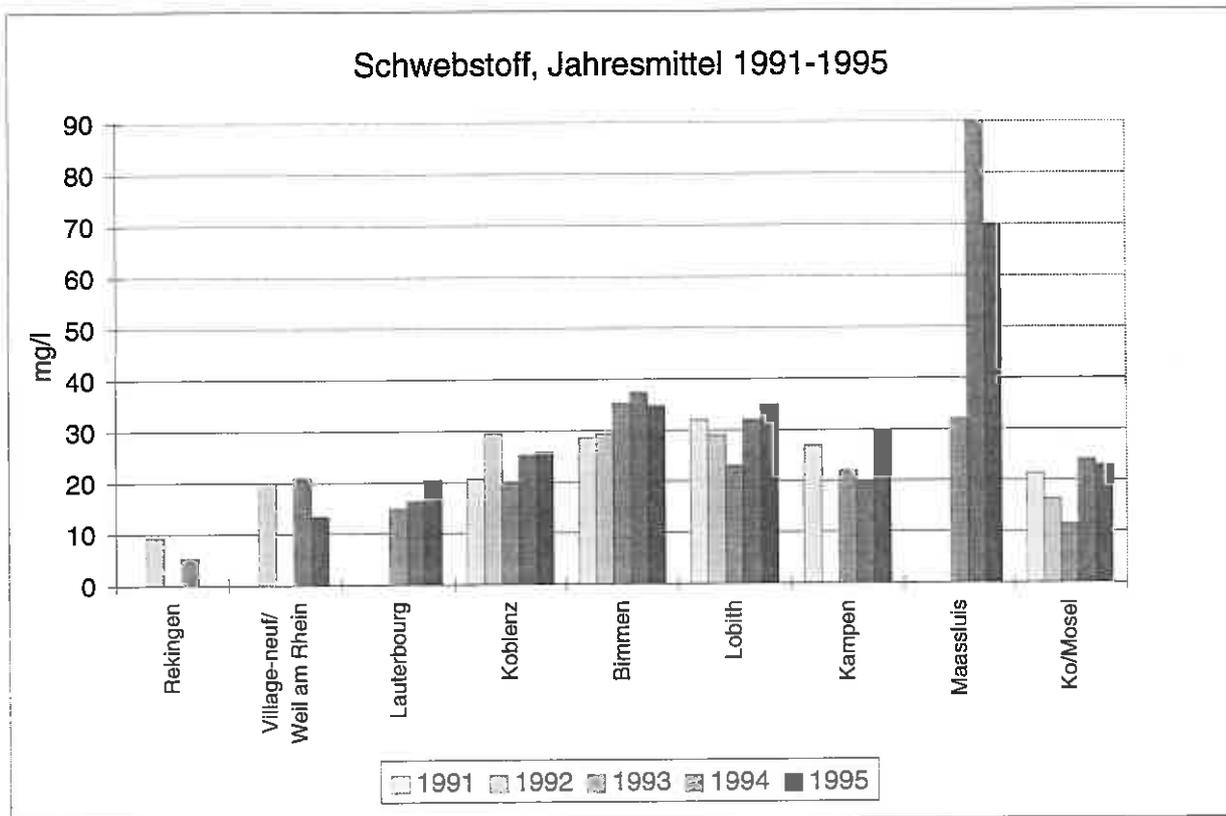


Abbildung 3.1b: Jahresmittel Schwebstoffkonzentrationen 1991 bis 1995

Anlage 4a: Schwebstoff und allgemeine Kenngrößen

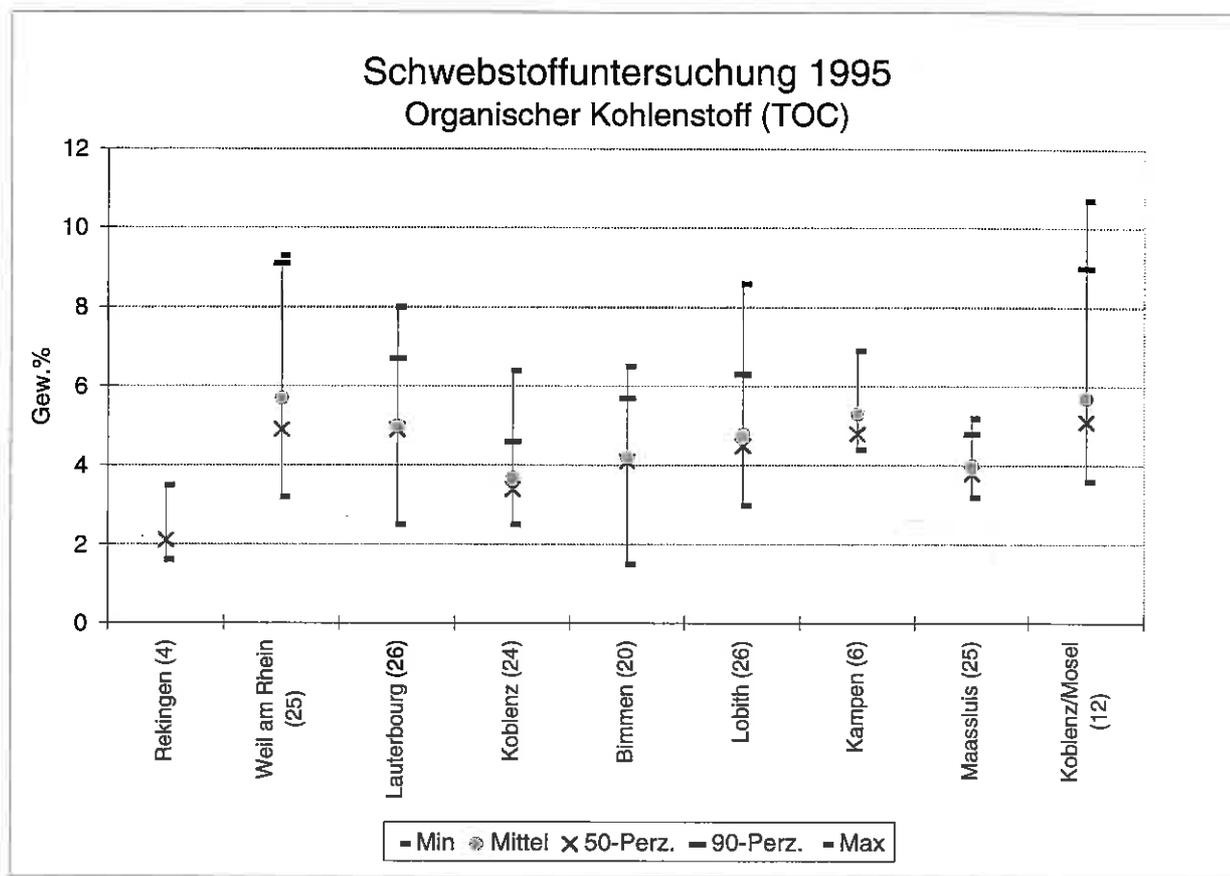


Abbildung 3.2a: TOC-gehalt 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

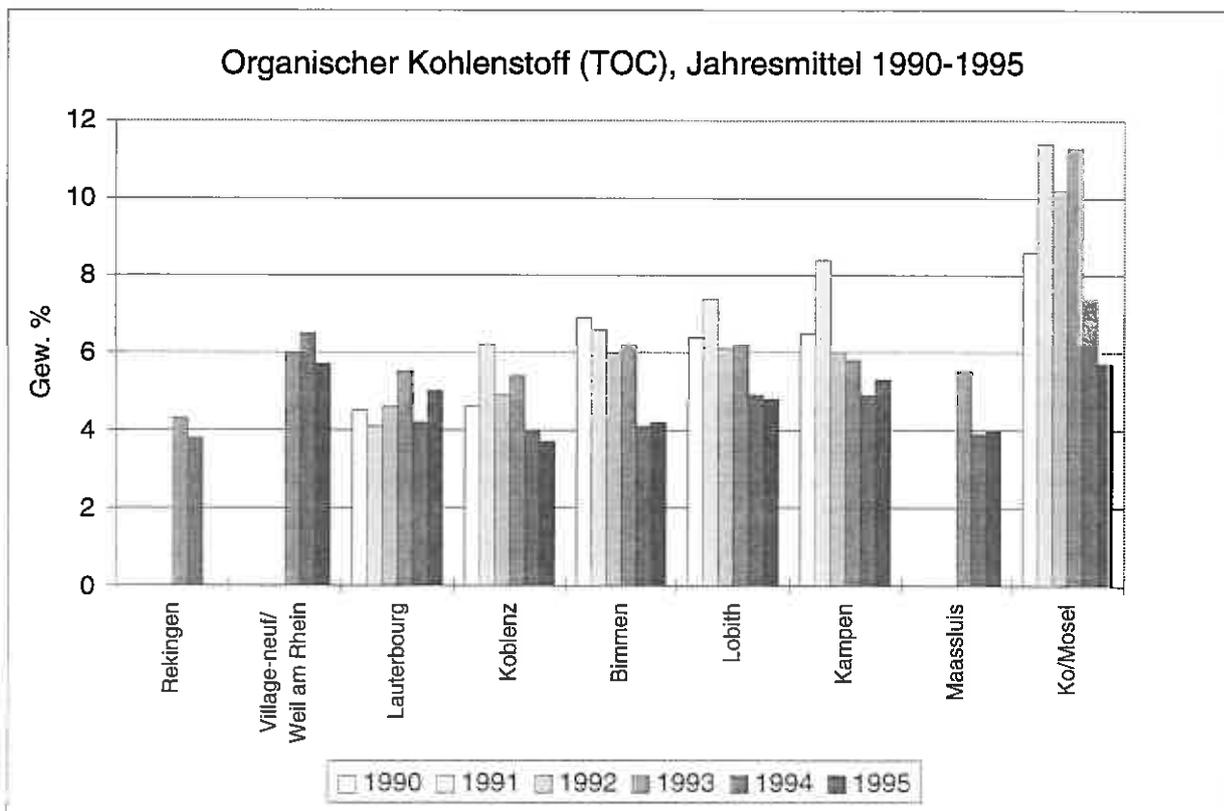


Abbildung 3.2b: Jahresmittel TOC-gehalt 1990 bis 1995

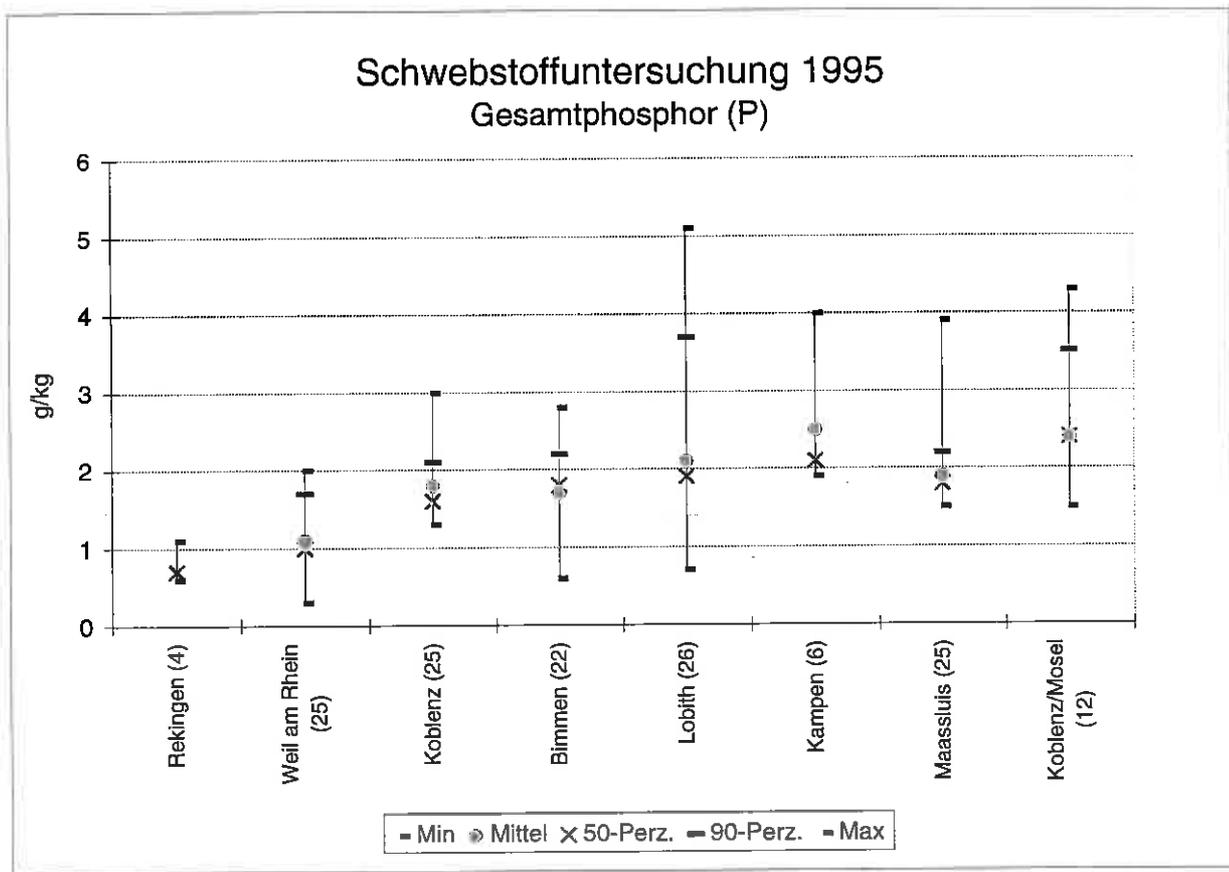


Abbildung 3.3a: Gesamtphosphor-gehalt 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

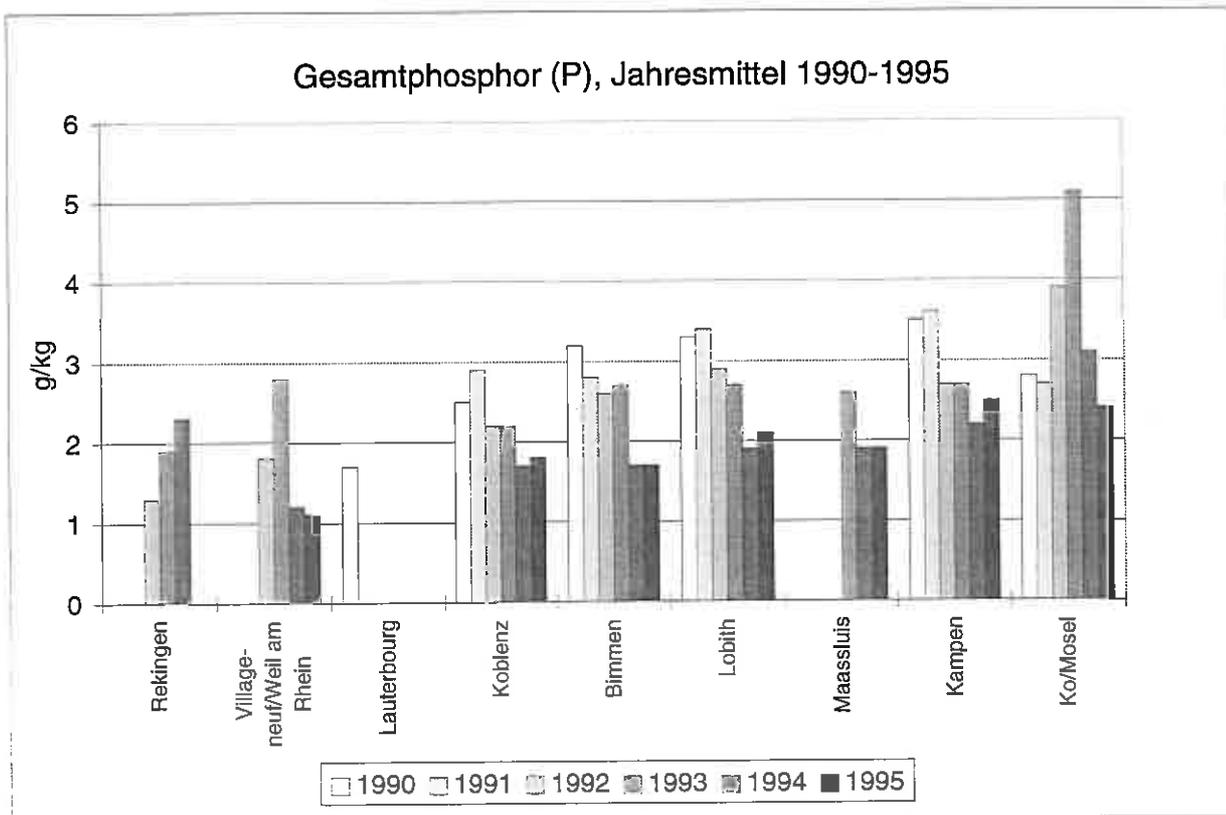


Abbildung 3.3b: Jahresmittel Gesamtphosphor-gehalt 1990 bis 1995

Anlage 4b: Schwermetalle und Arsen

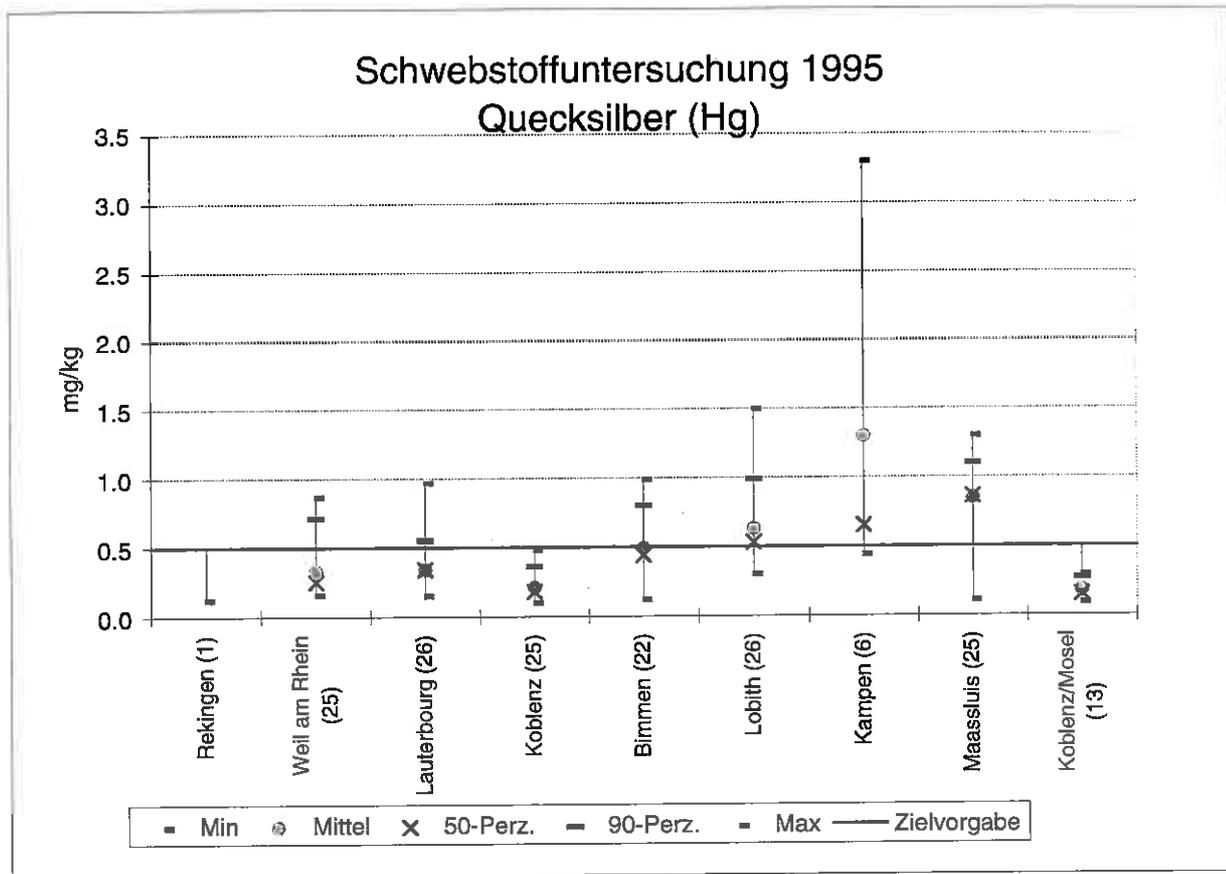


Abbildung 3.4a: Quecksilbergehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

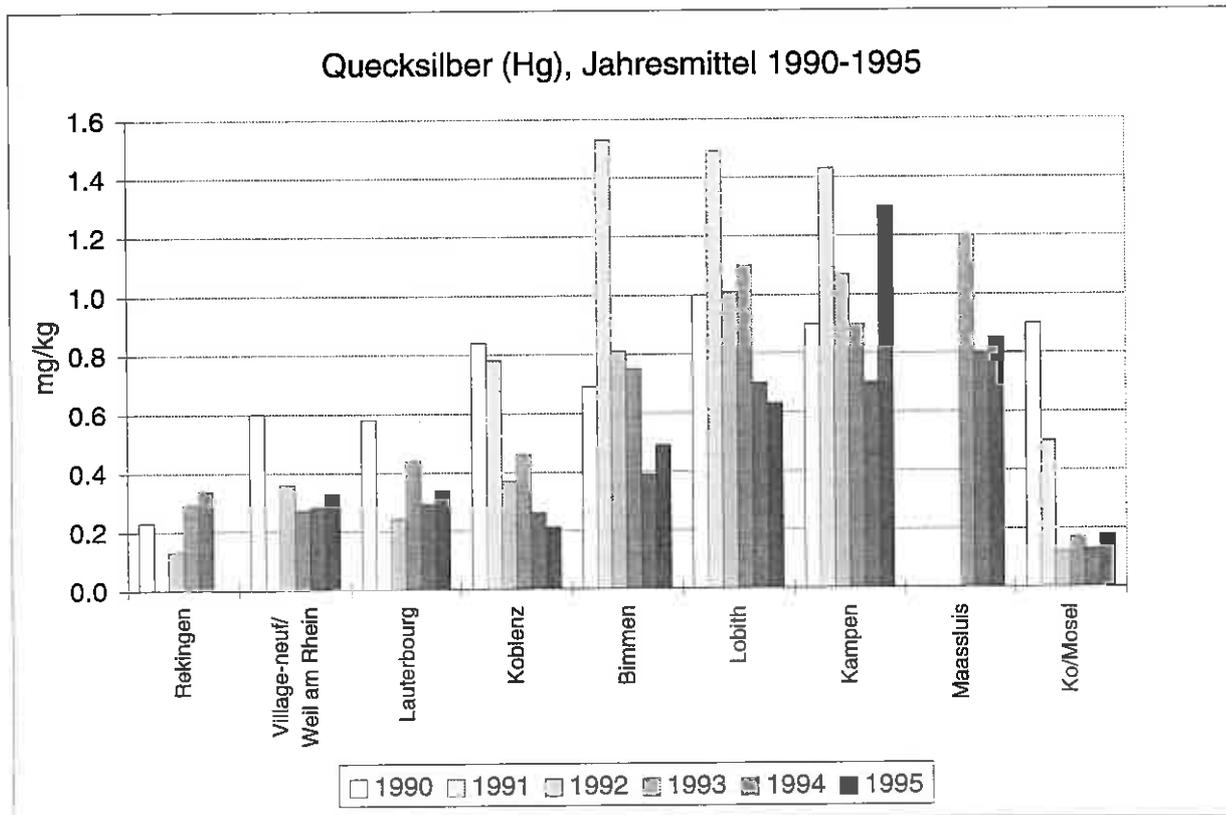


Abbildung 3.4b: Jahresmittel Quecksilber 1990-1995

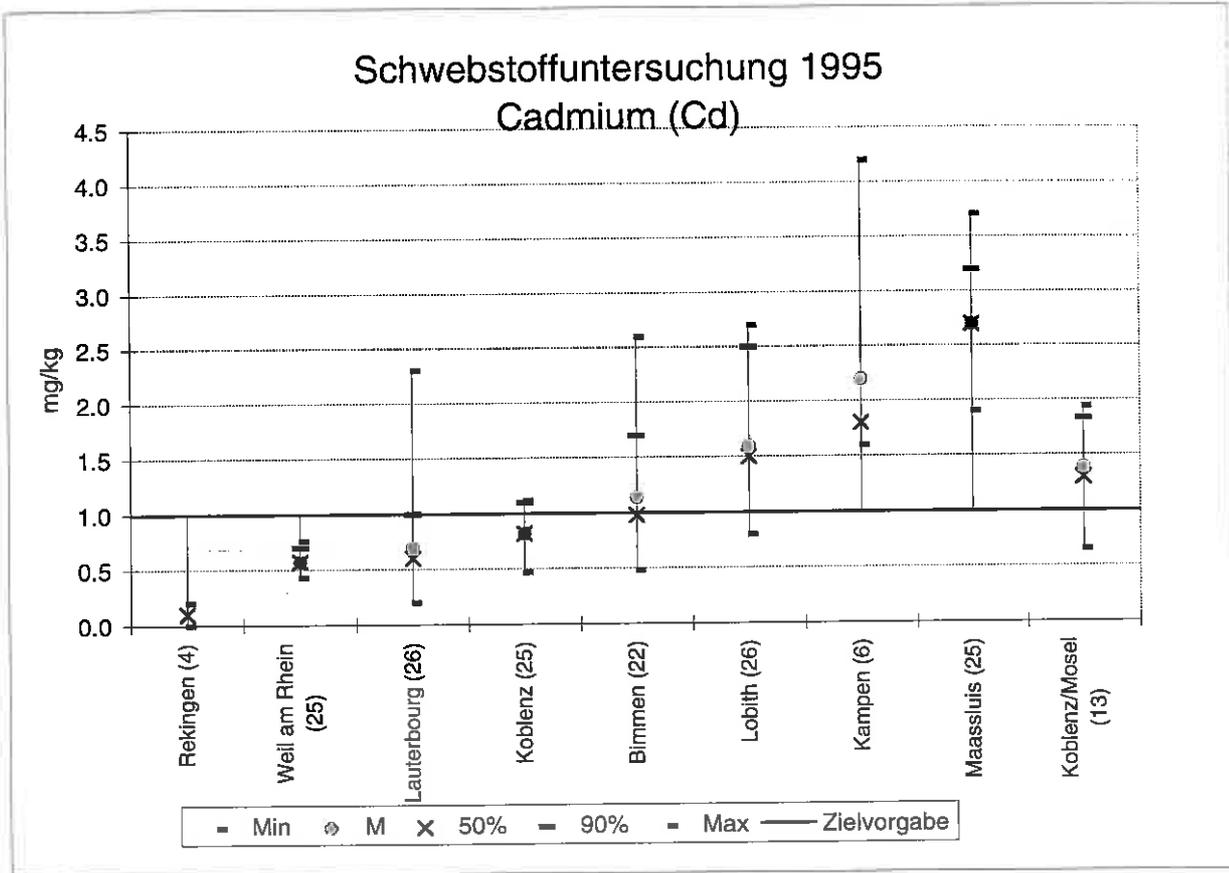


Abbildung 3.5a: Cadmiumgehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

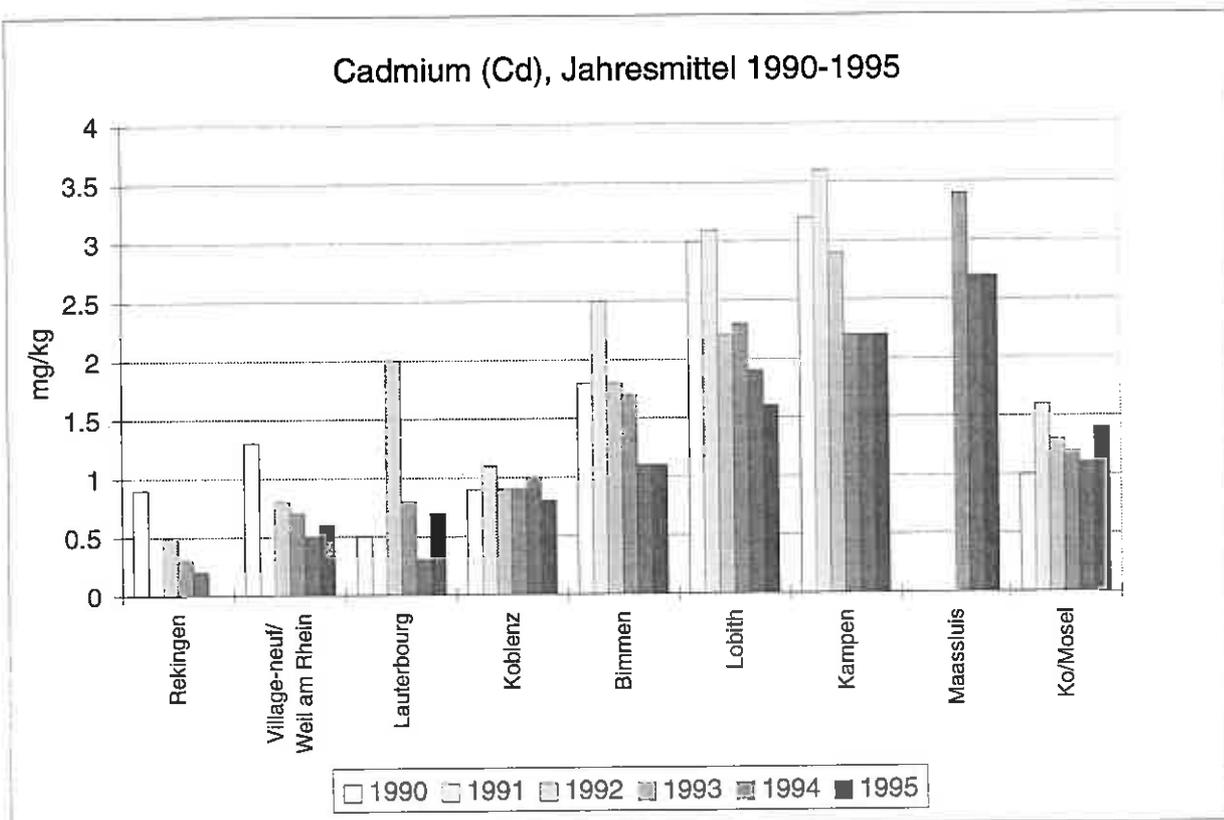


Abbildung 3.5b: Jahresmittel Cadmium 1990-1995

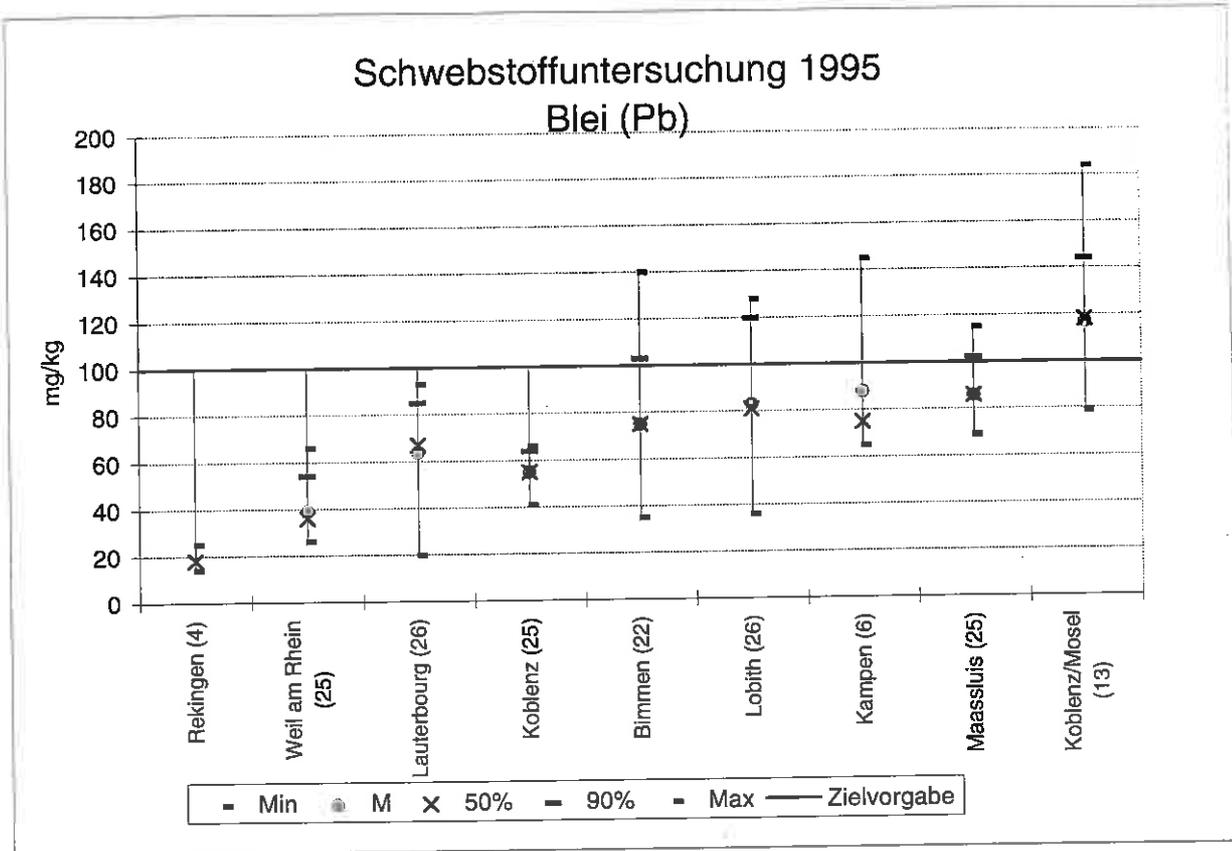


Abbildung 3.6a: Blei (Pb) 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

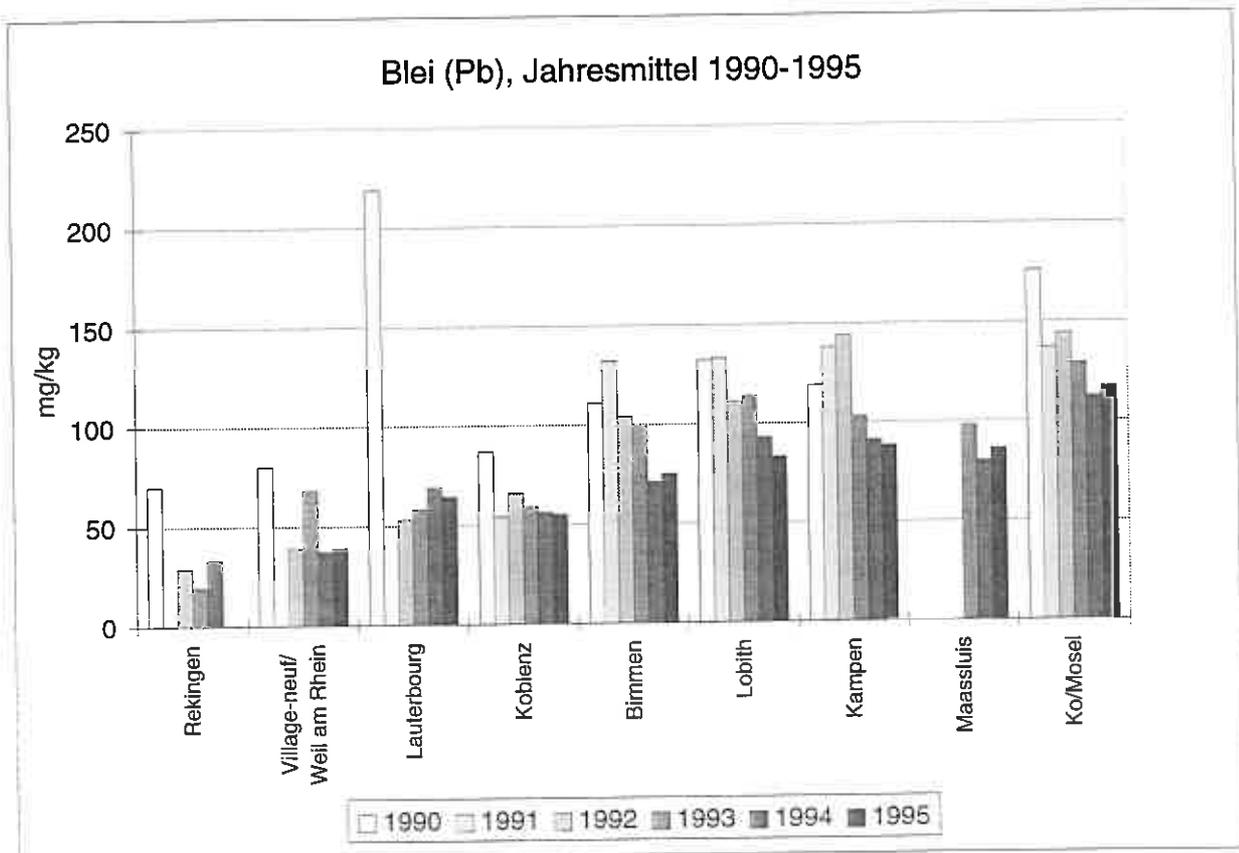


Abbildung 3.6b: Jahresmittel Blei 1990-1995

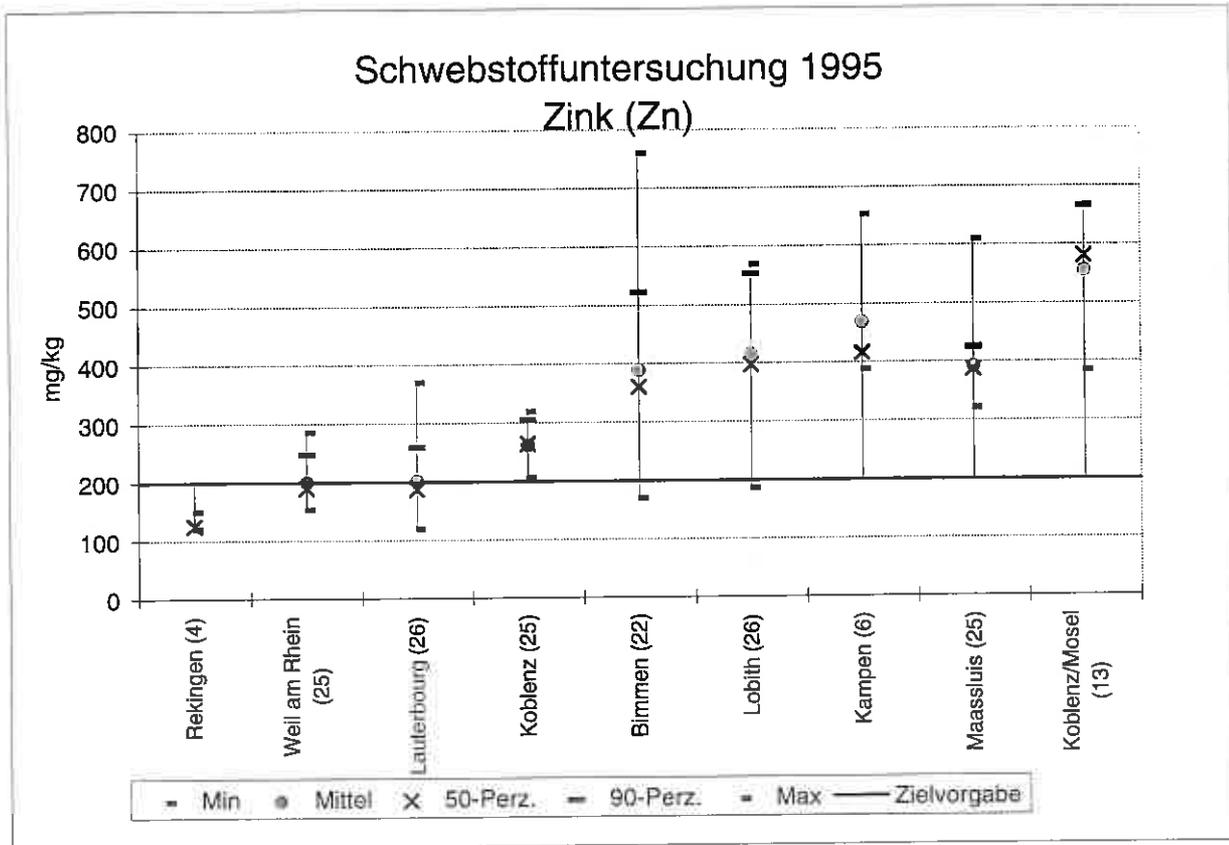


Abbildung 3.7a: Zinkgehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

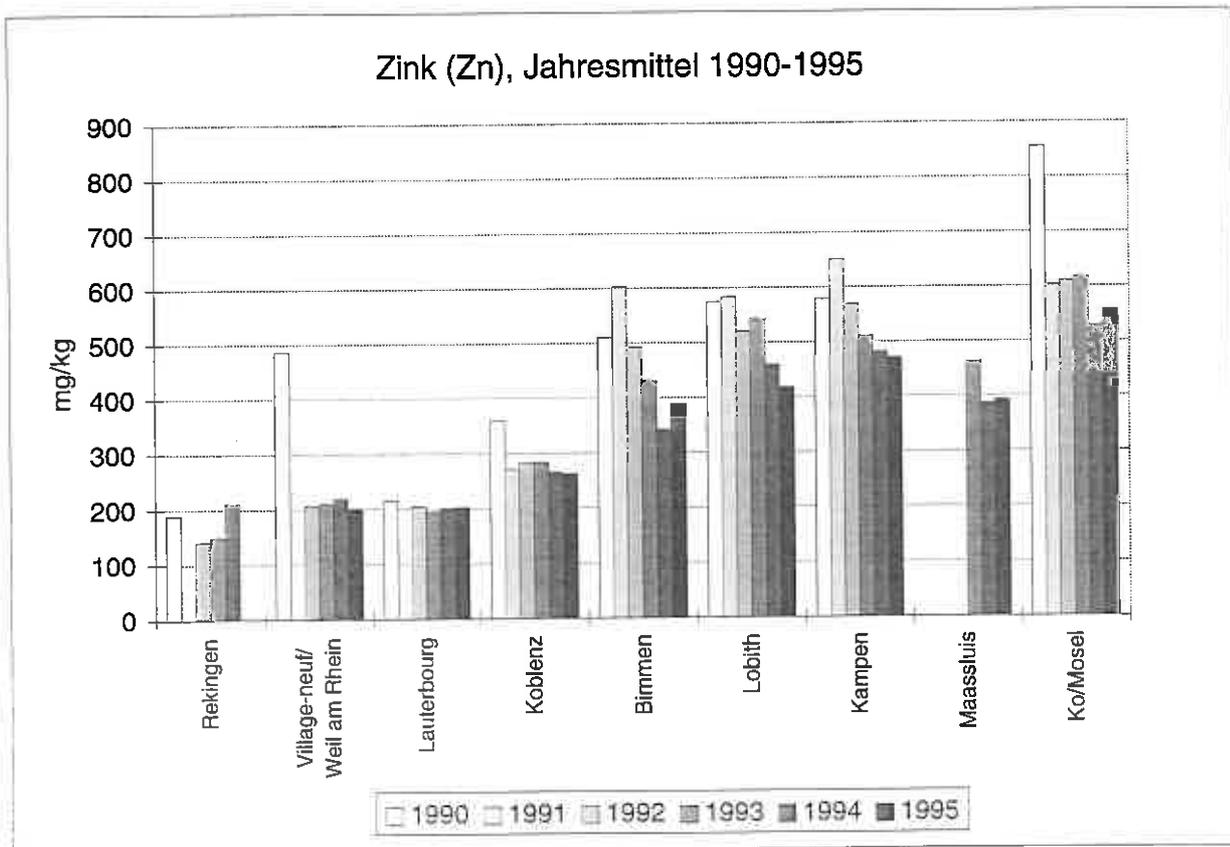


Abbildung 3.7b: Jahresmittel Zink 1990-1995

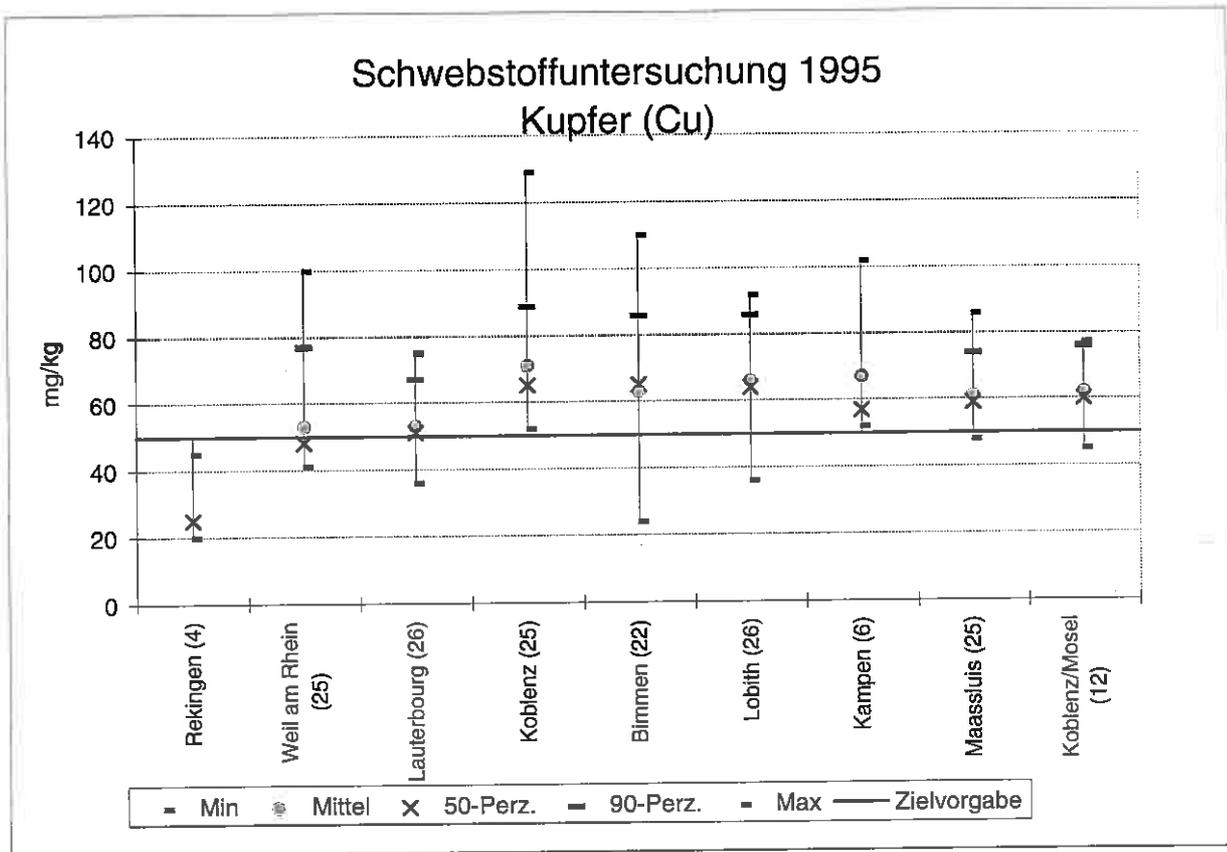


Abbildung 3.8a: Kupfergehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

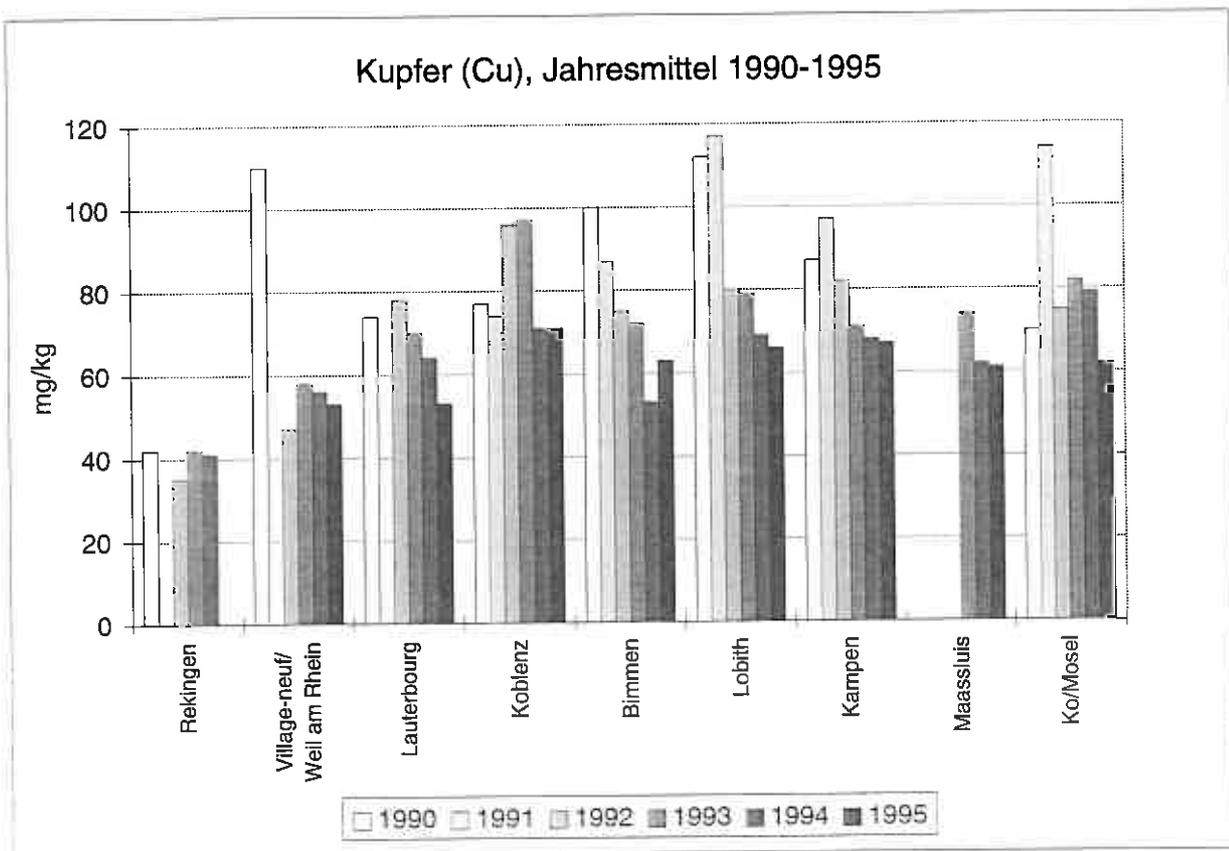


Abbildung 3.8b: Jahresmittel Kupfer 1990-1995

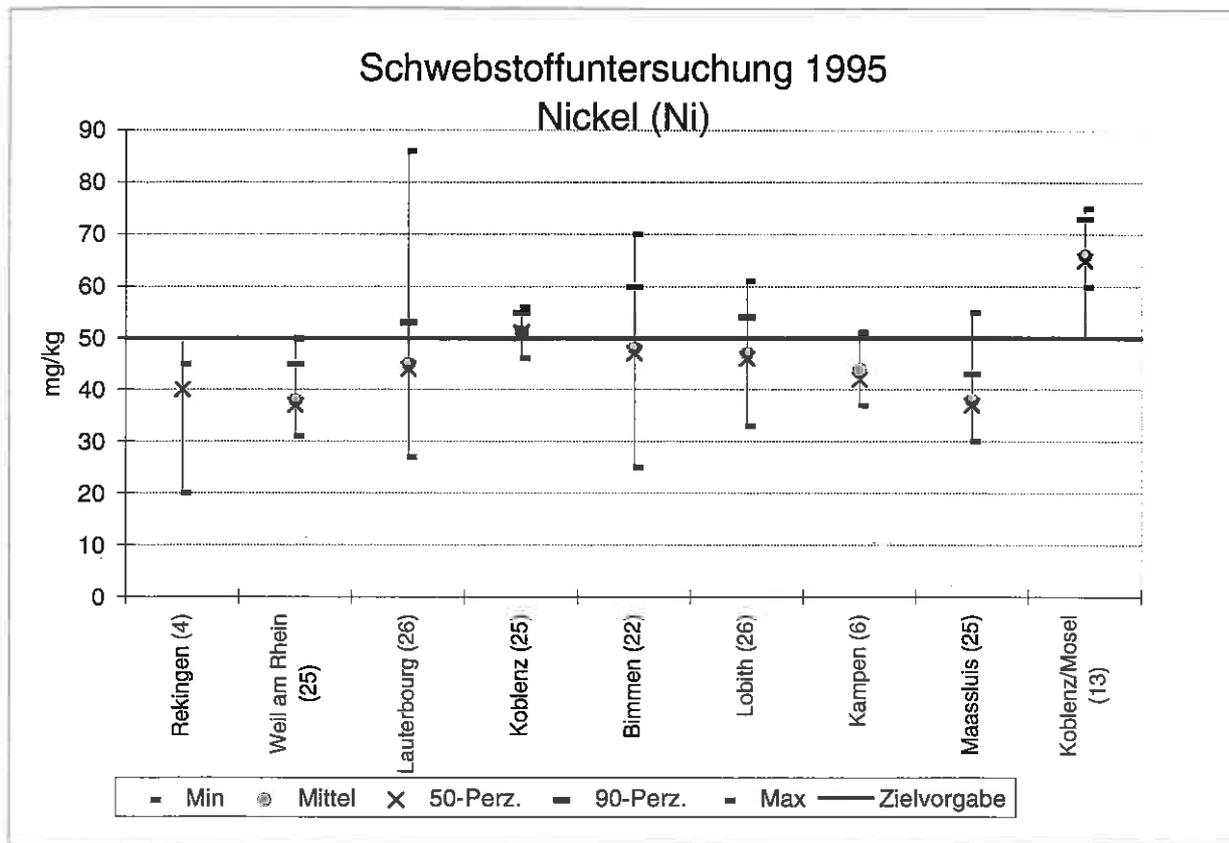


Abbildung 3.9a: Nickelgehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

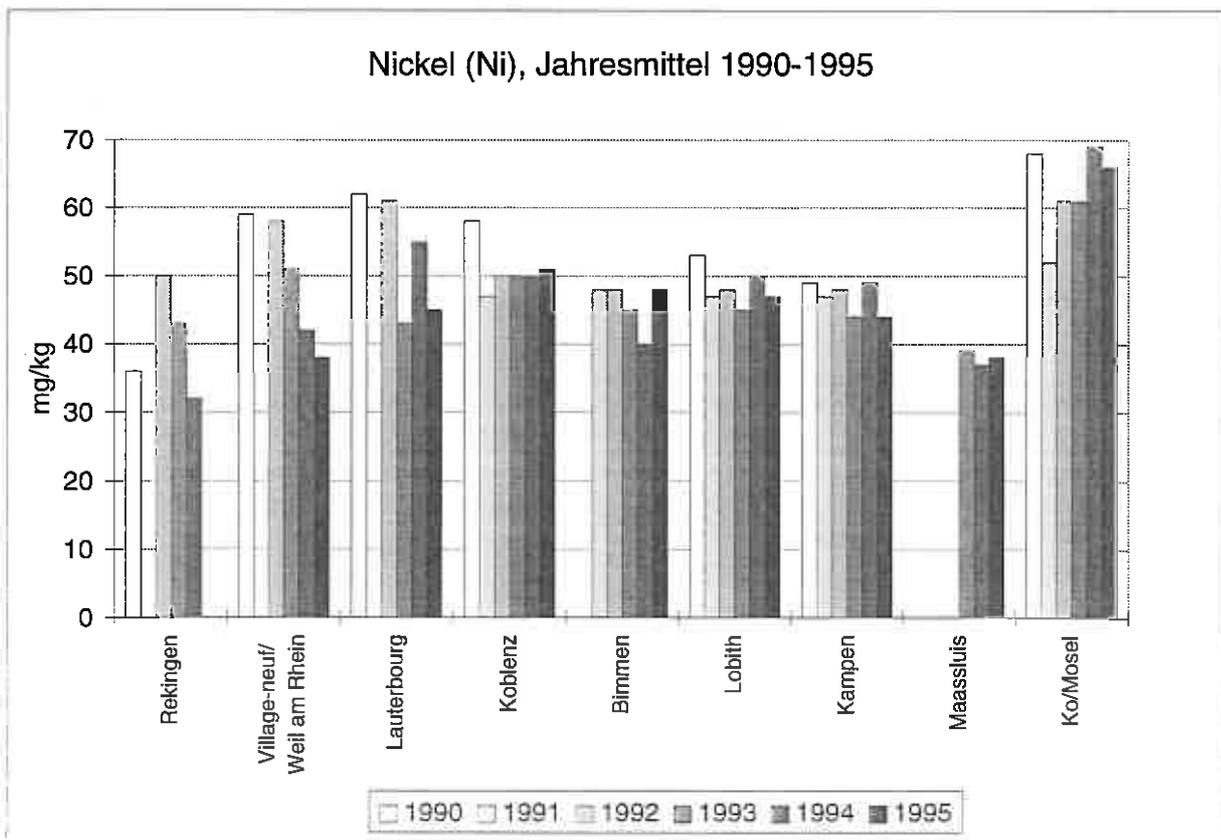


Abbildung 3.9b: Jahresmittel Nickel 1990-1995

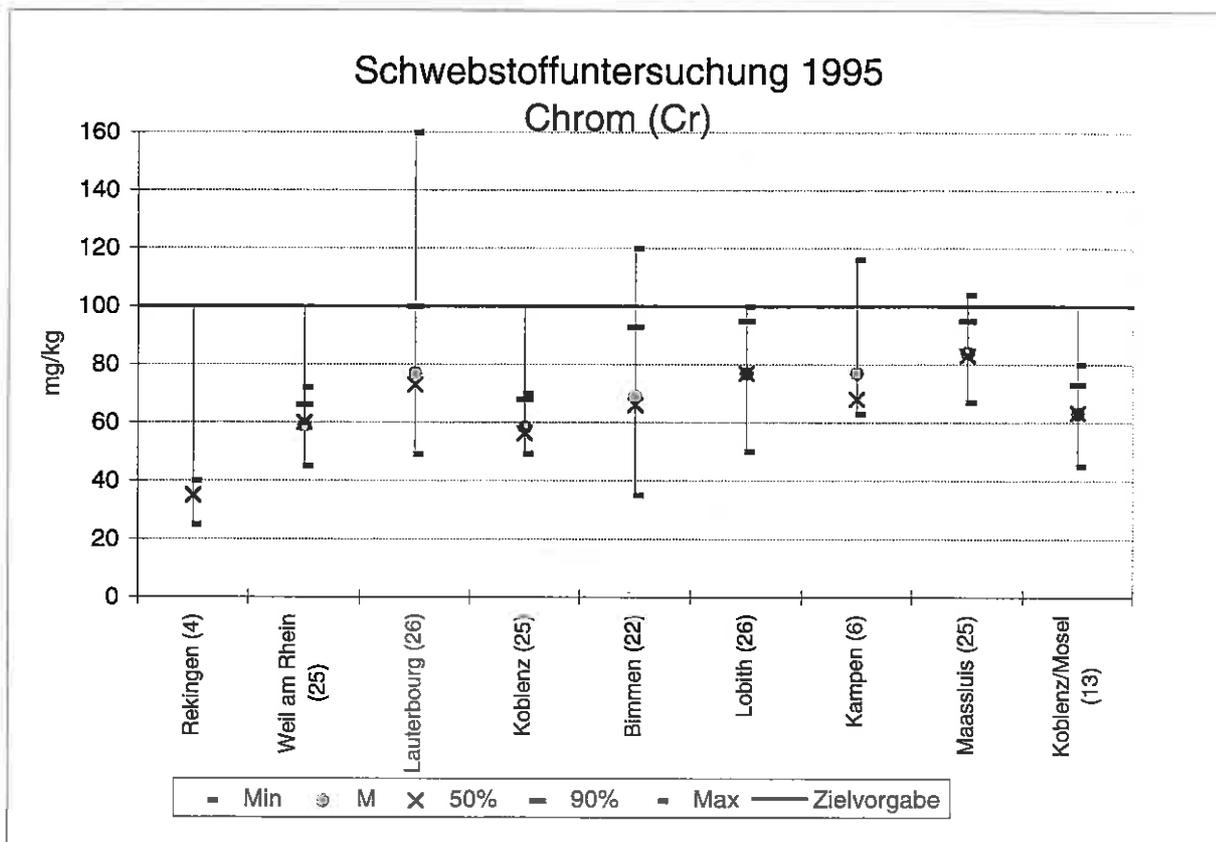


Abbildung 3.10a: Chromgehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

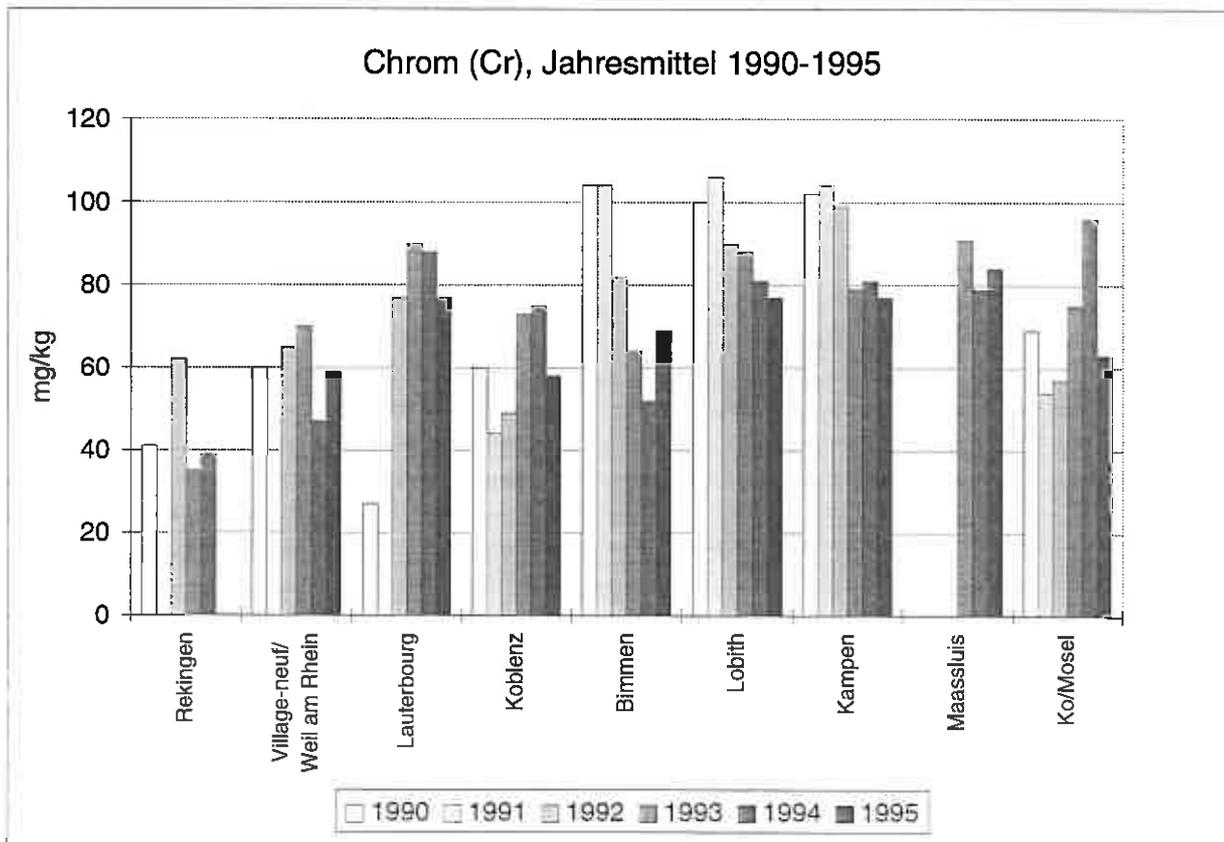


Abbildung 3.10b: Jahresmittel Chrom 1990-1995

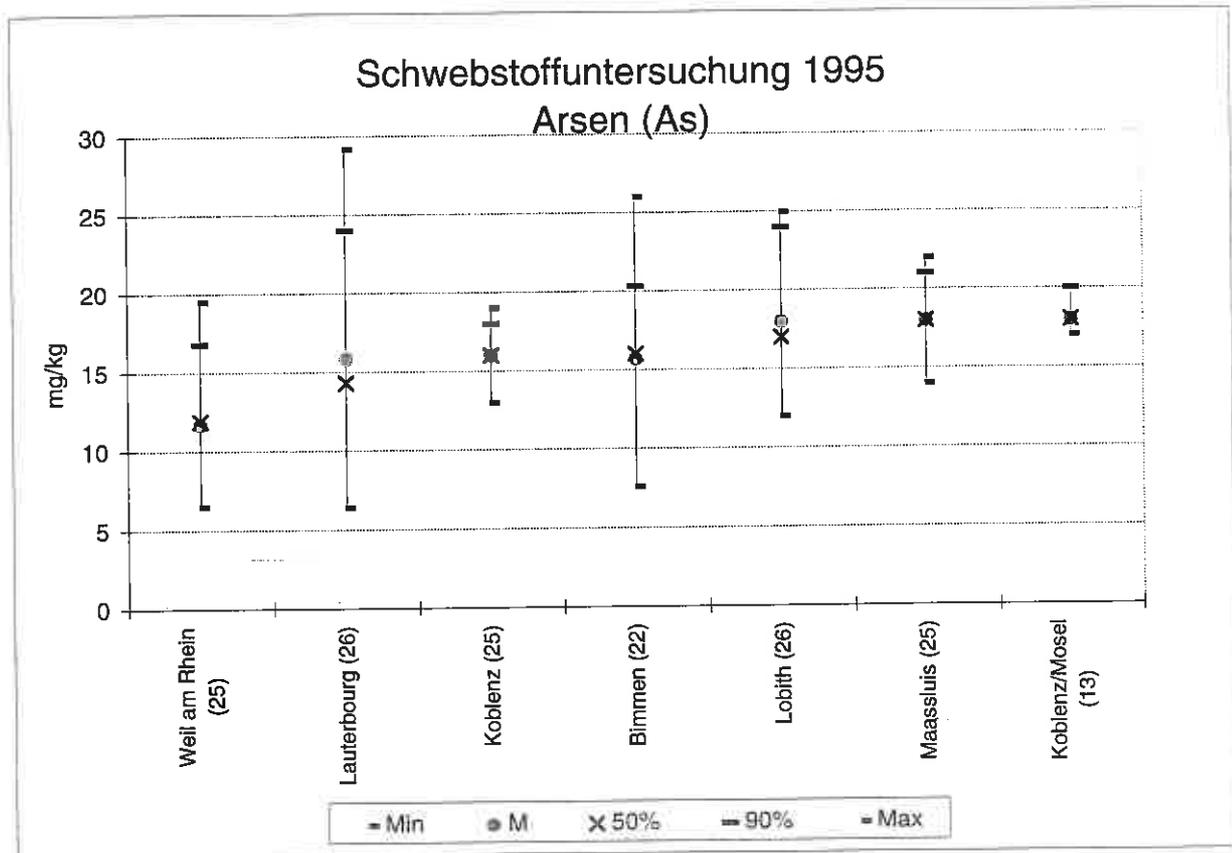


Abbildung 3.11a: Arsengehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte. N.B.: Zielvorgabe = 40 mg/kg

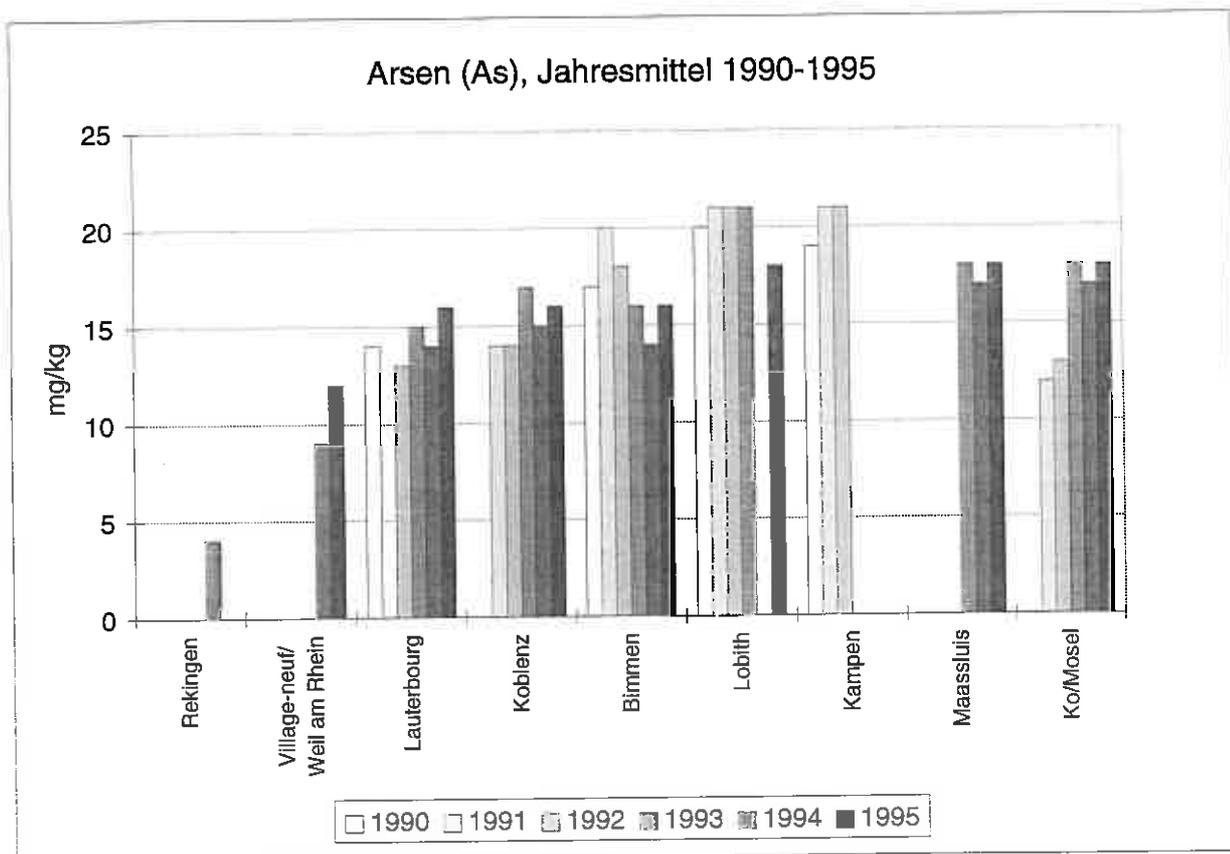


Abbildung 3.11b: Jahresmittel Arsen 1990-1995

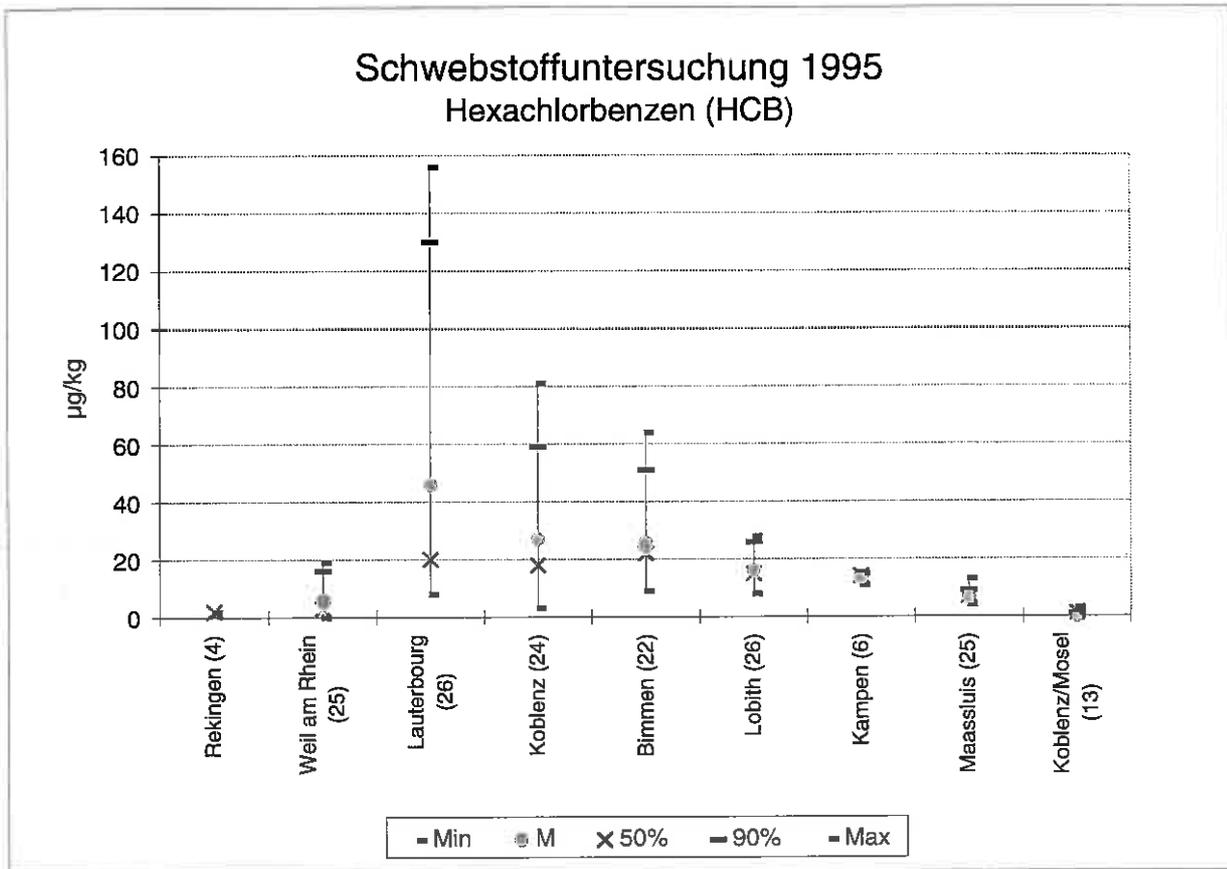


Abbildung 3.12a: HCB-Gehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

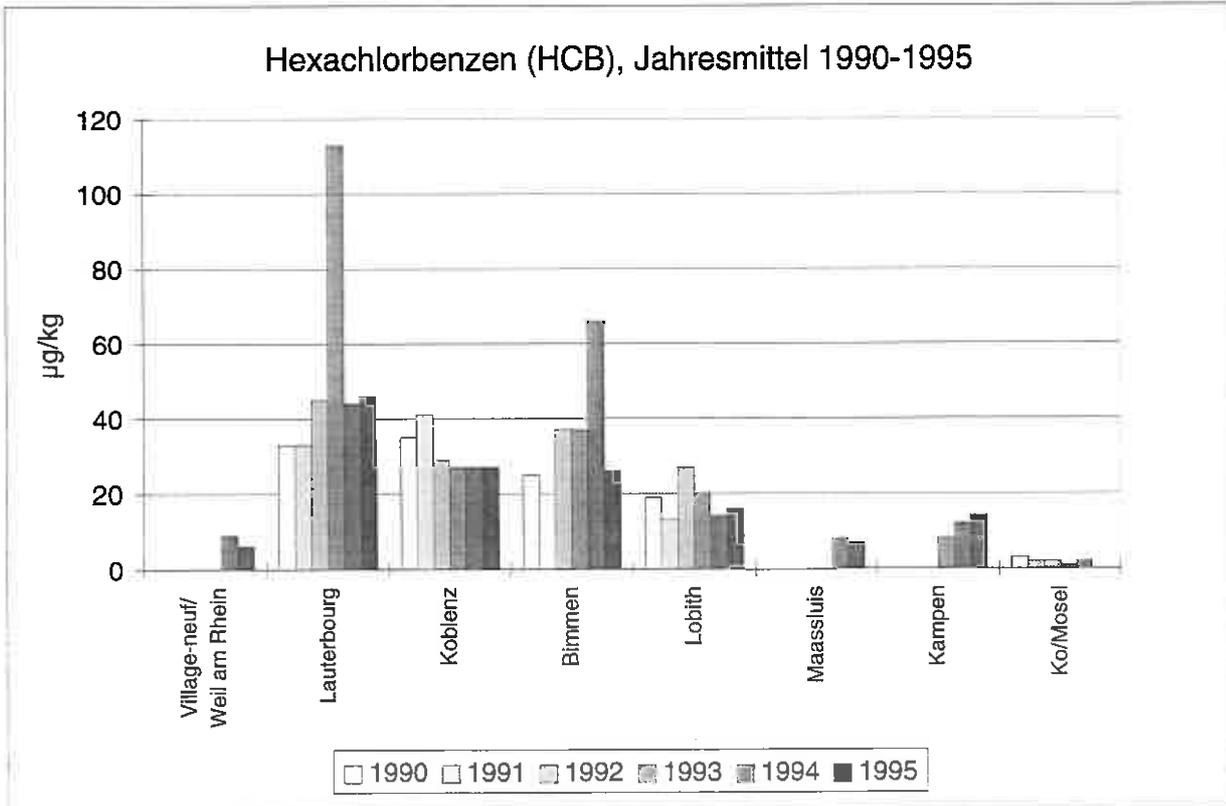


Abbildung 3.12b: Jahresmittel HCB 1990-1995

Anlage 4c: Organische Mikroverunreinigungen

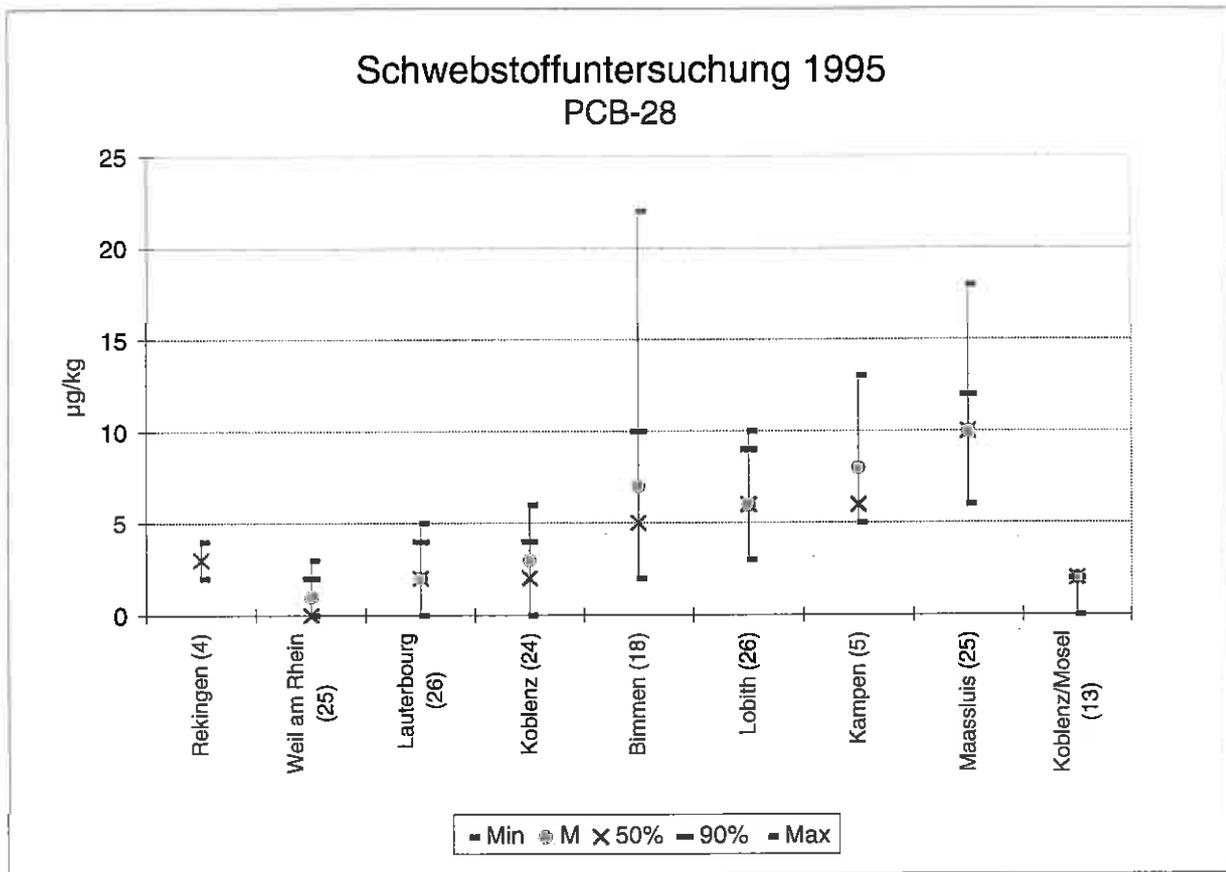


Abbildung 3.13a: PCB 28-Gehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

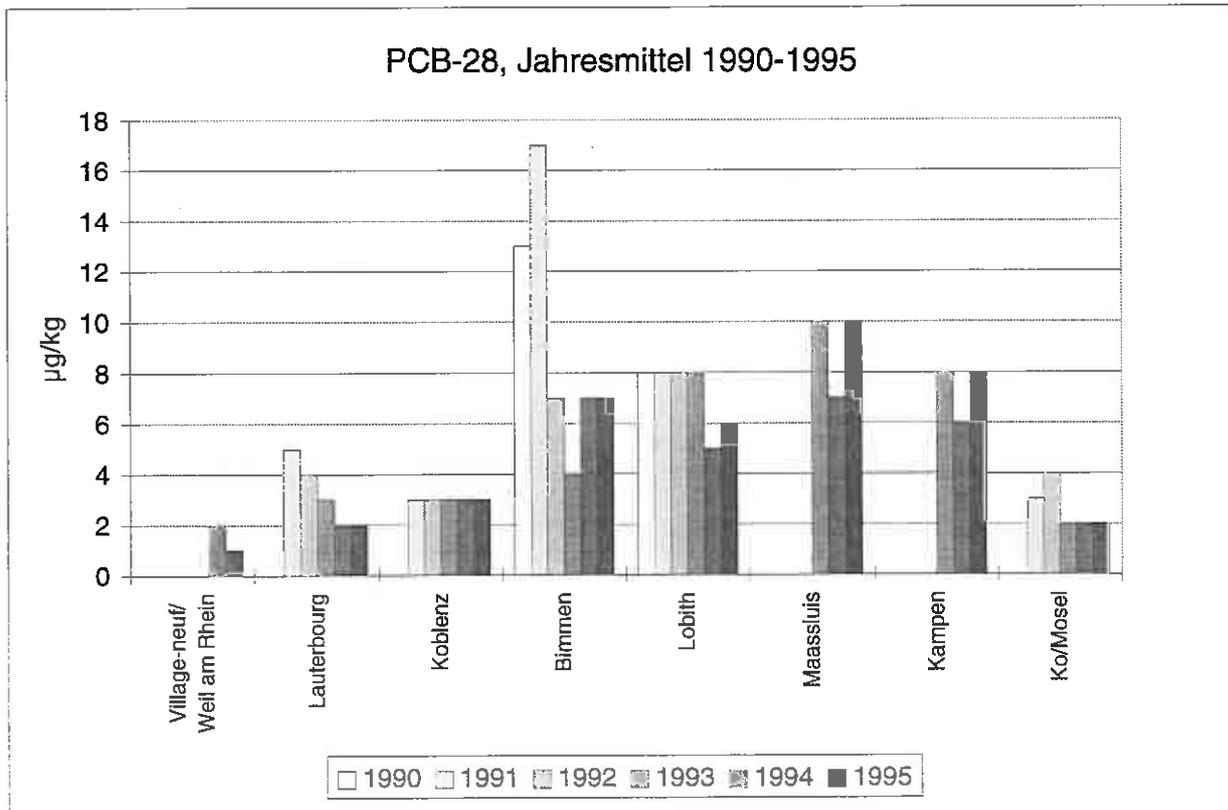


Abbildung 3.13b: Jahresmittel PCB-28 1990-1995

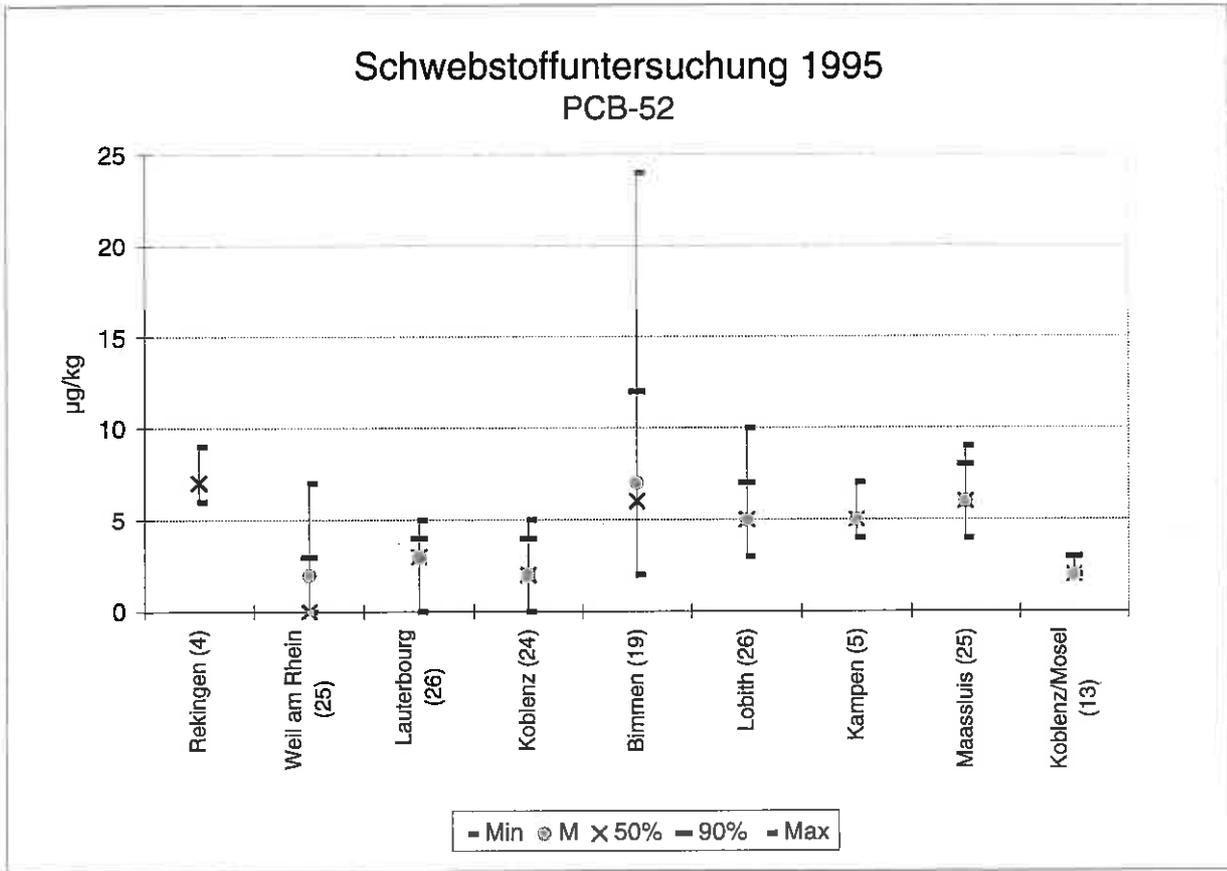


Abbildung 3.14a: PCB 52-Gehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

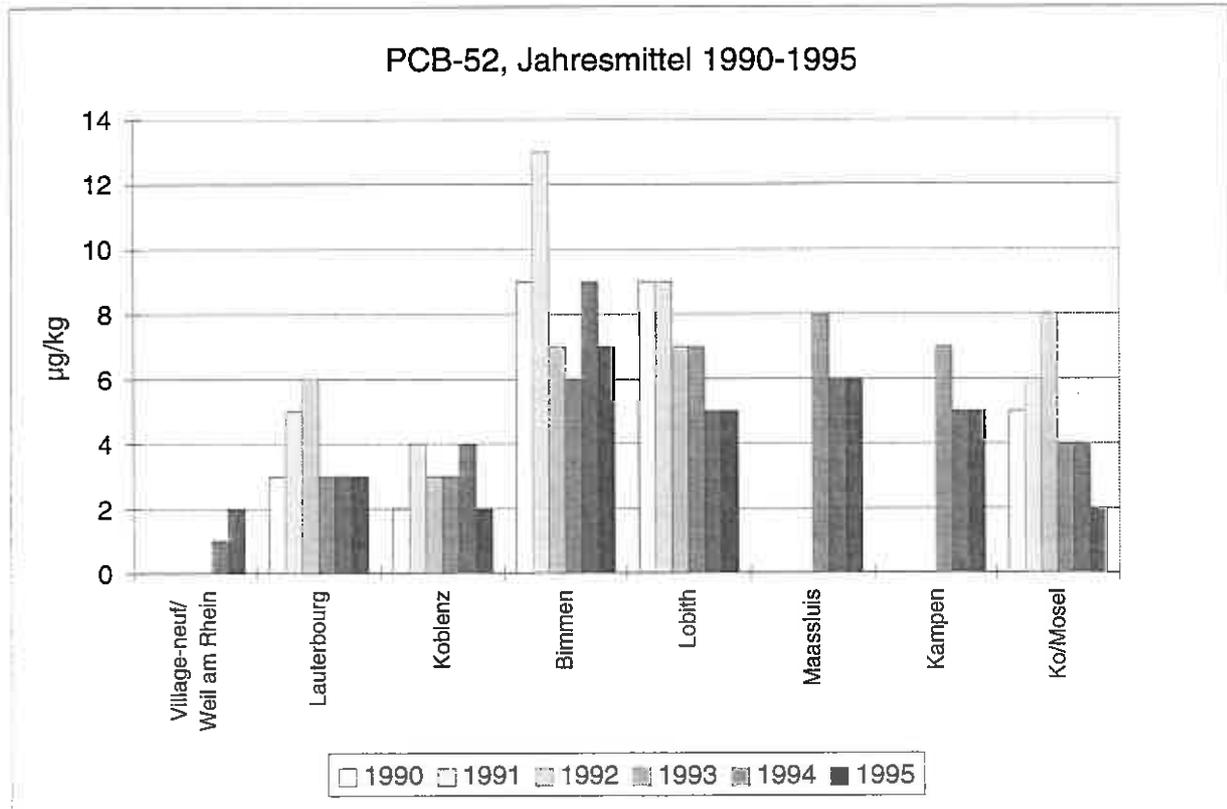


Abbildung 3.14b: Jahresmittel PCB-52 1990-1995

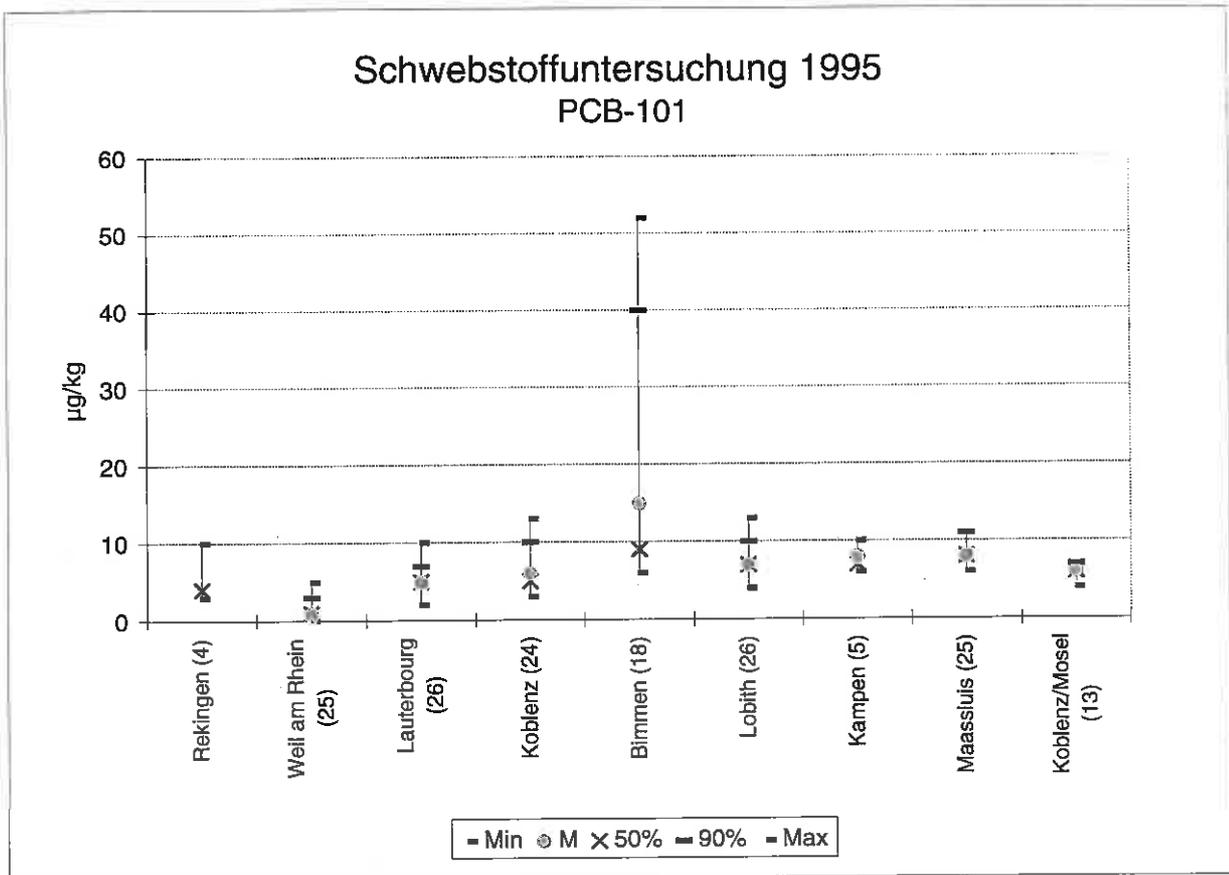


Abbildung 3.15a: PCB 101-Gehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

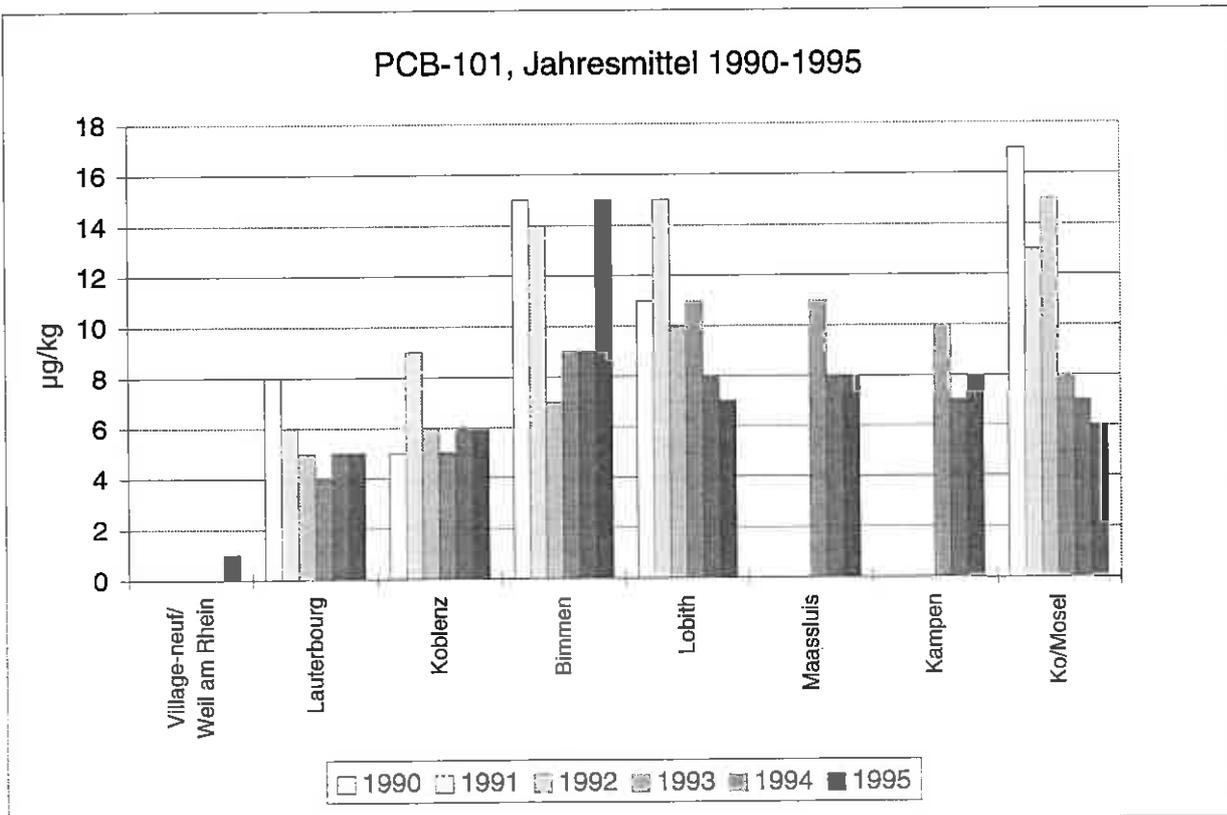


Abbildung 3.15b: Jahresmittel PCB-101 1990-1995

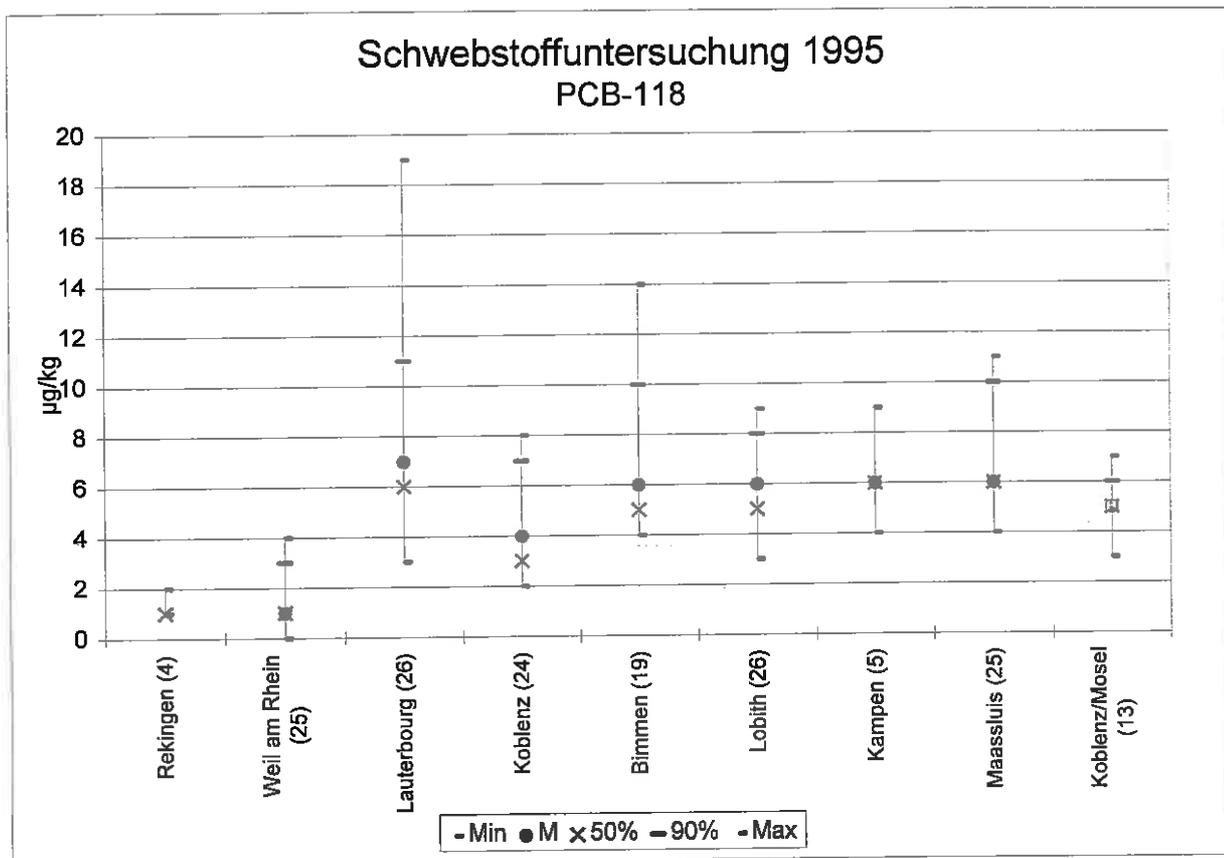


Abbildung 3.16a: PCB 118-Gehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

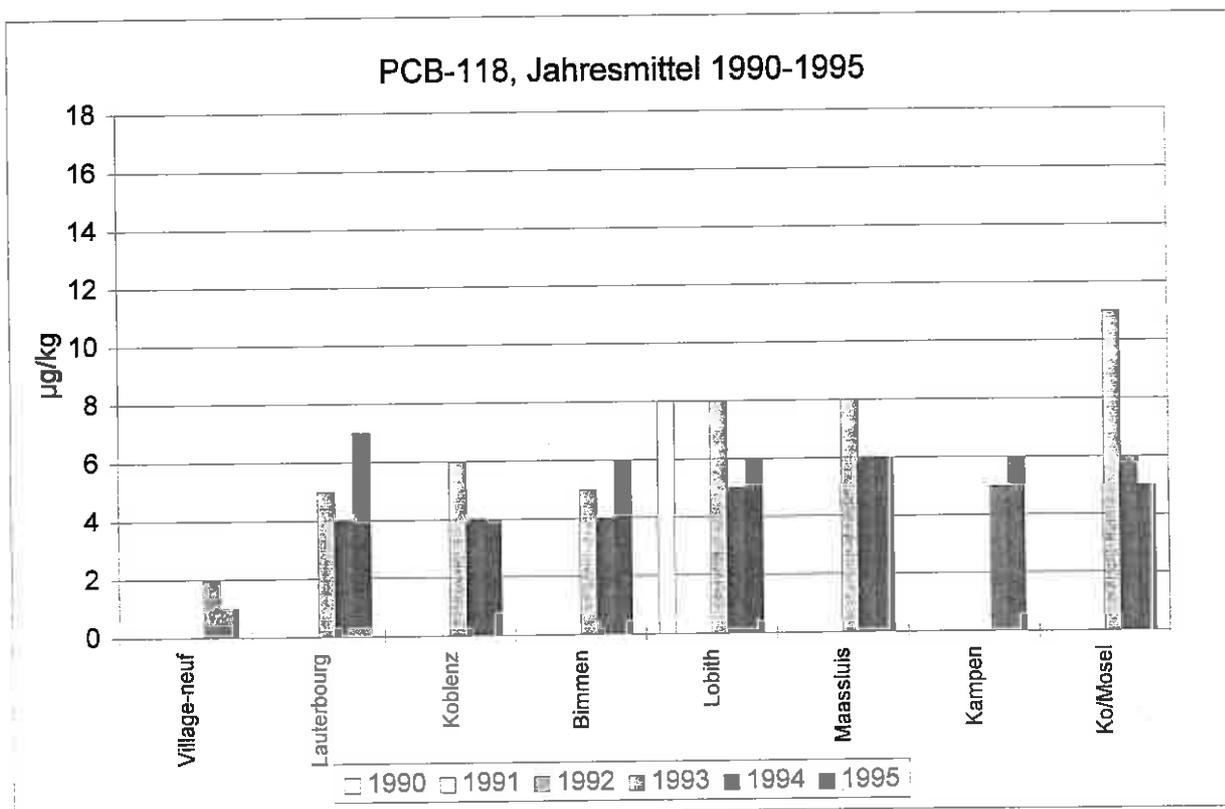


Abbildung 3.16b: Jahresmittel PCB-118 1990-1995

Anlage 4c: Organische Mikroverunreinigungen

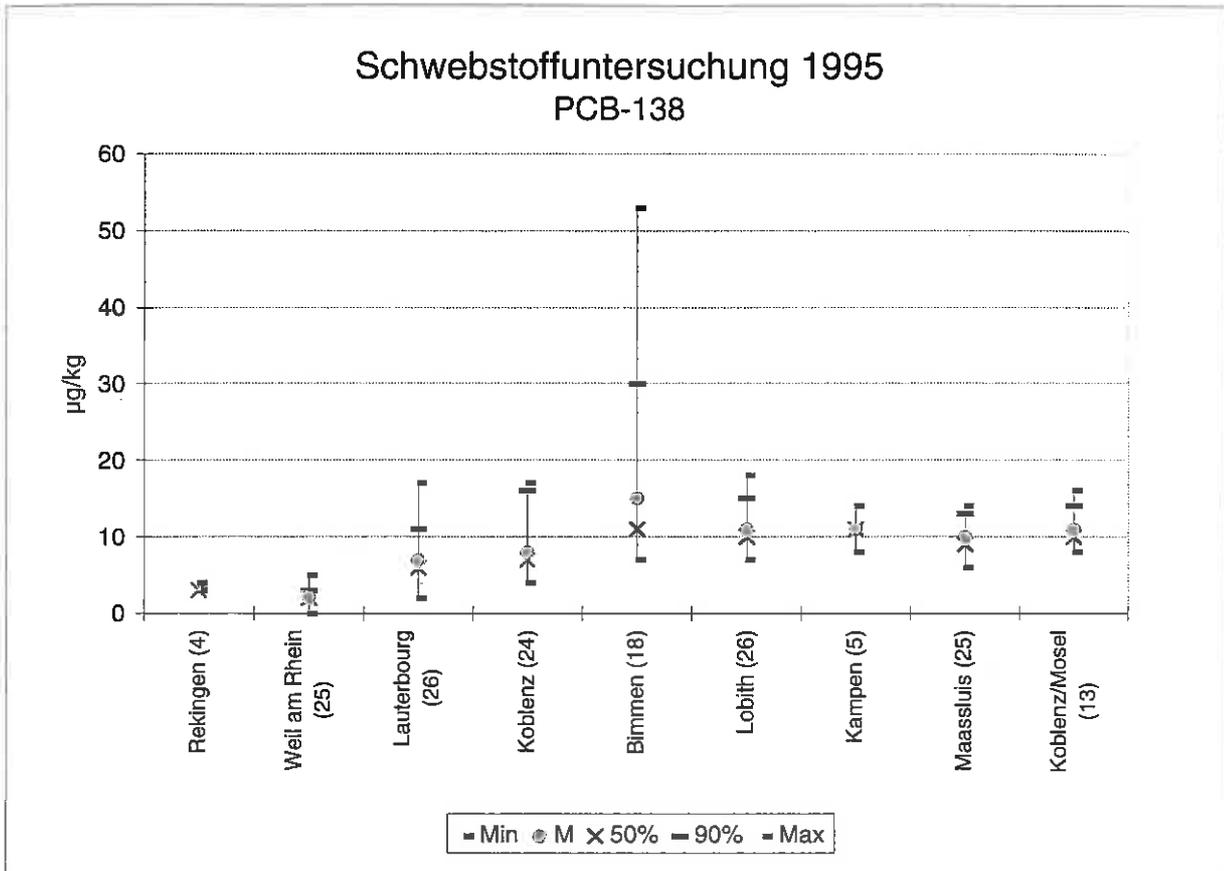


Abbildung 3.17a: PCB 138-Gehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

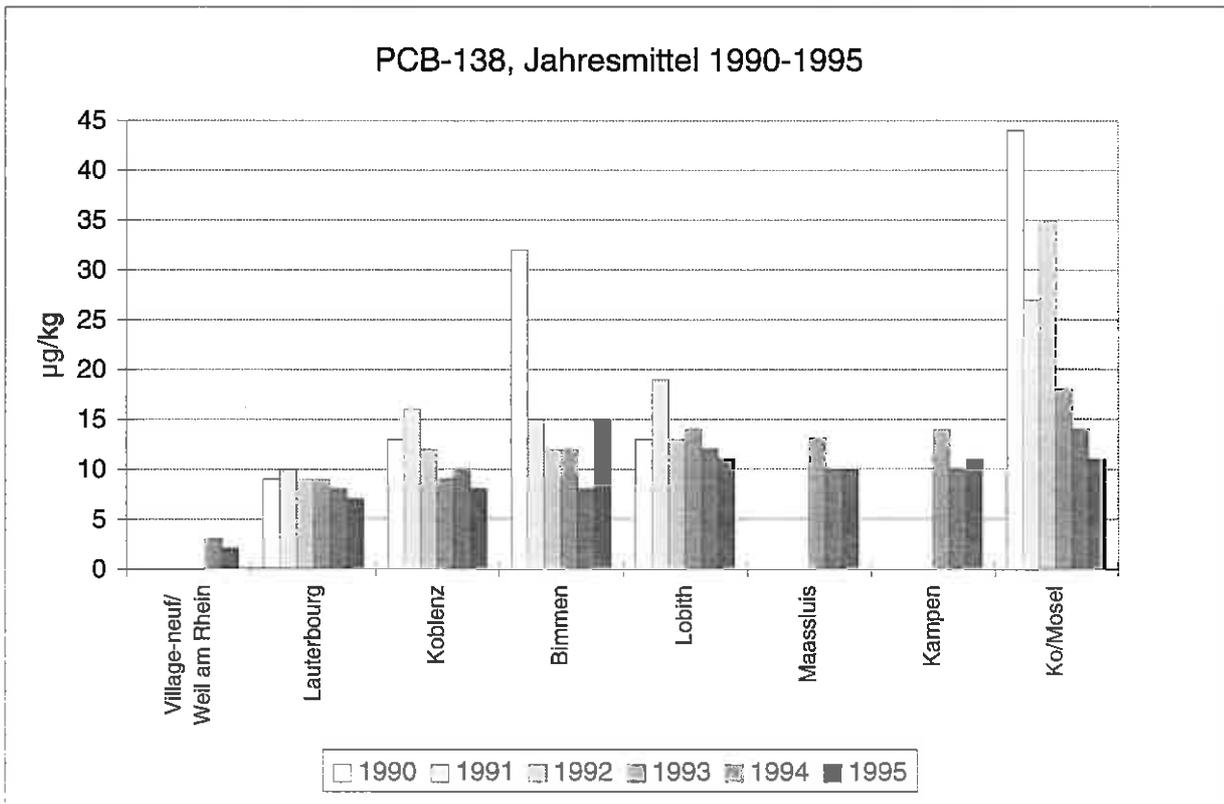


Abbildung 3.17b: Jahresmittel PCB-138 1990-1995

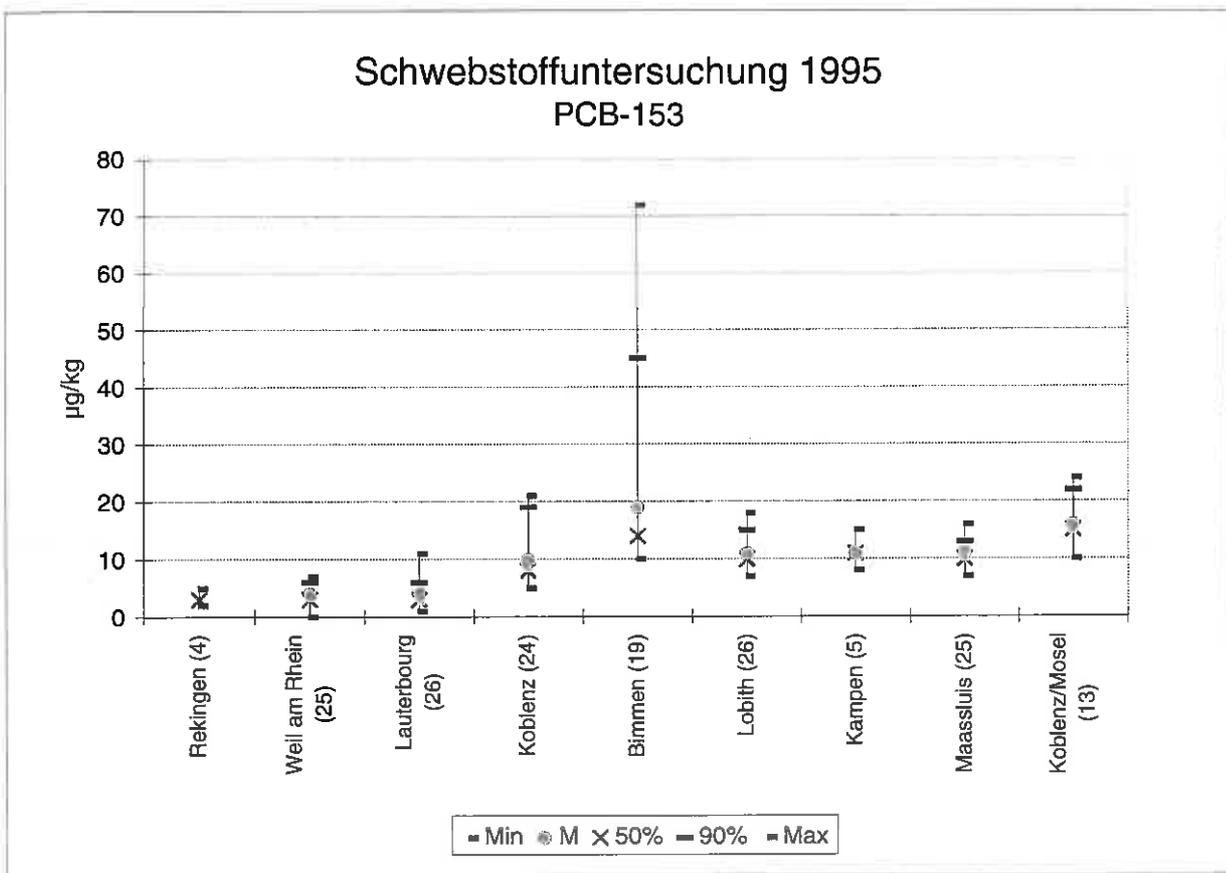


Abbildung 3.18a: PCB 153-Gehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

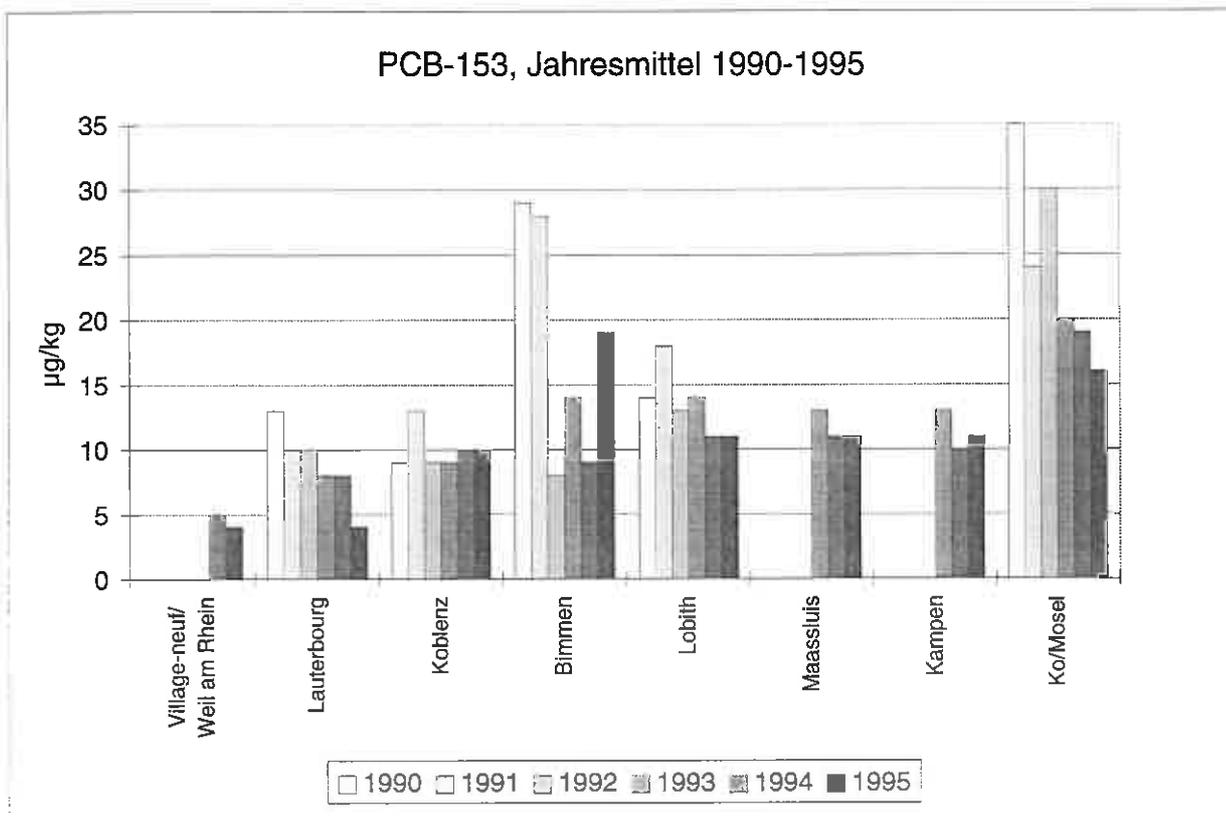


Abbildung 3.18b: Jahresmittel PCB-153 1990-1995

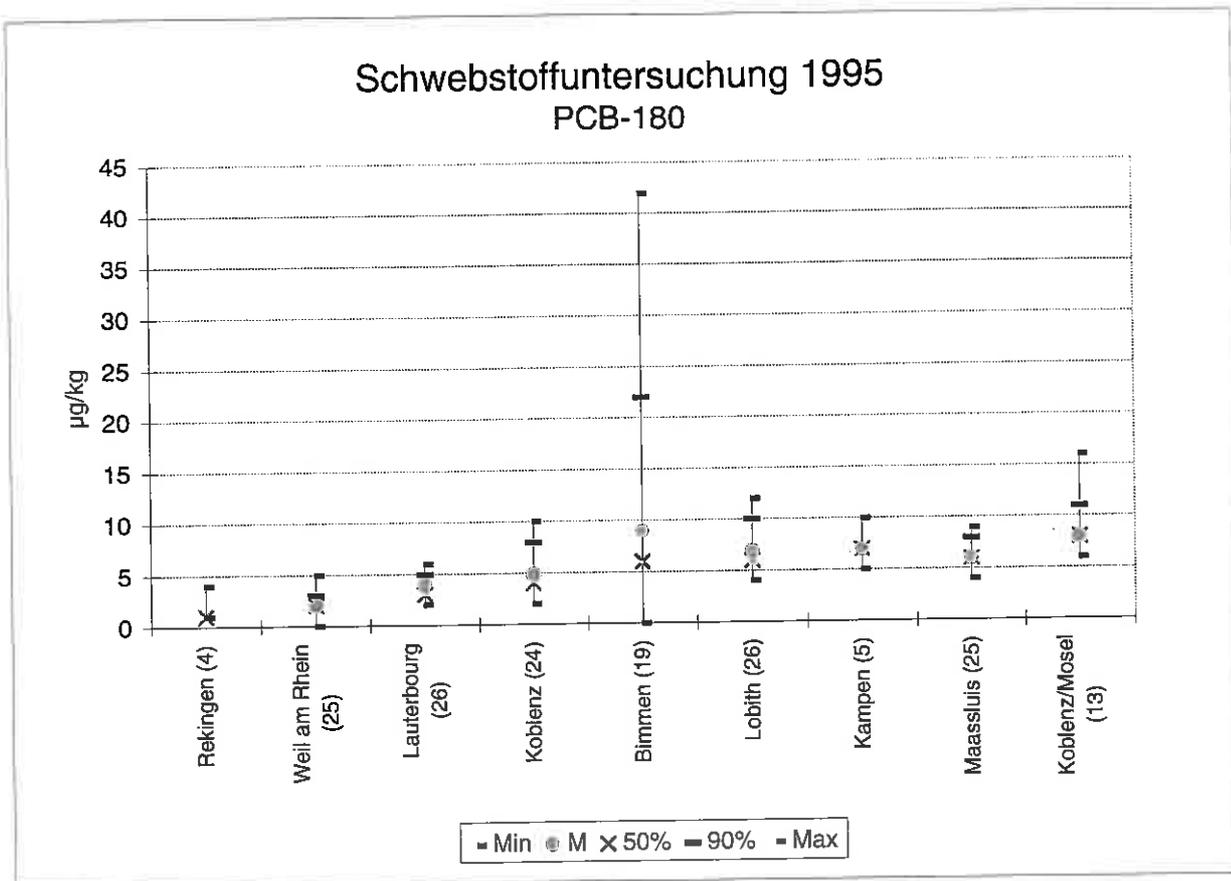


Abbildung 3.19a: PCB 180-Gehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

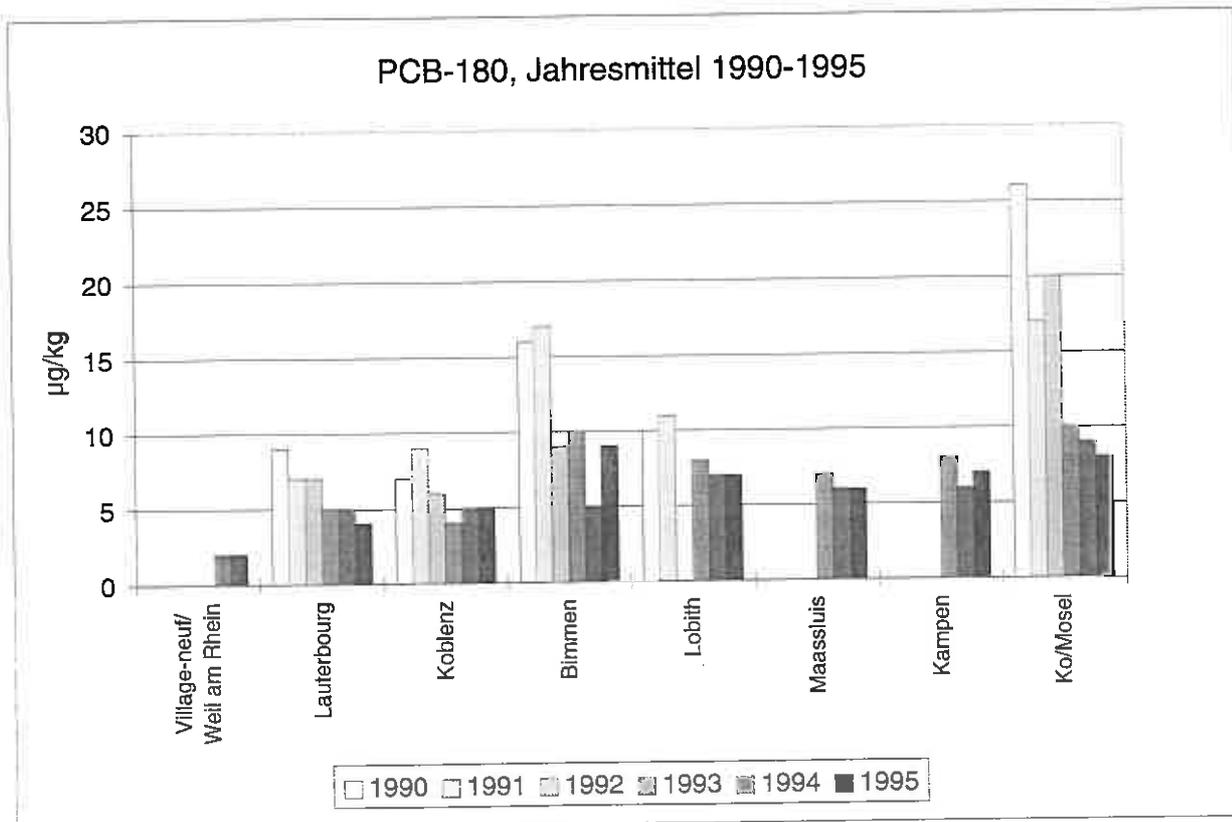


Abbildung 3.19b: Jahresmittel PCB-180 1990-1995

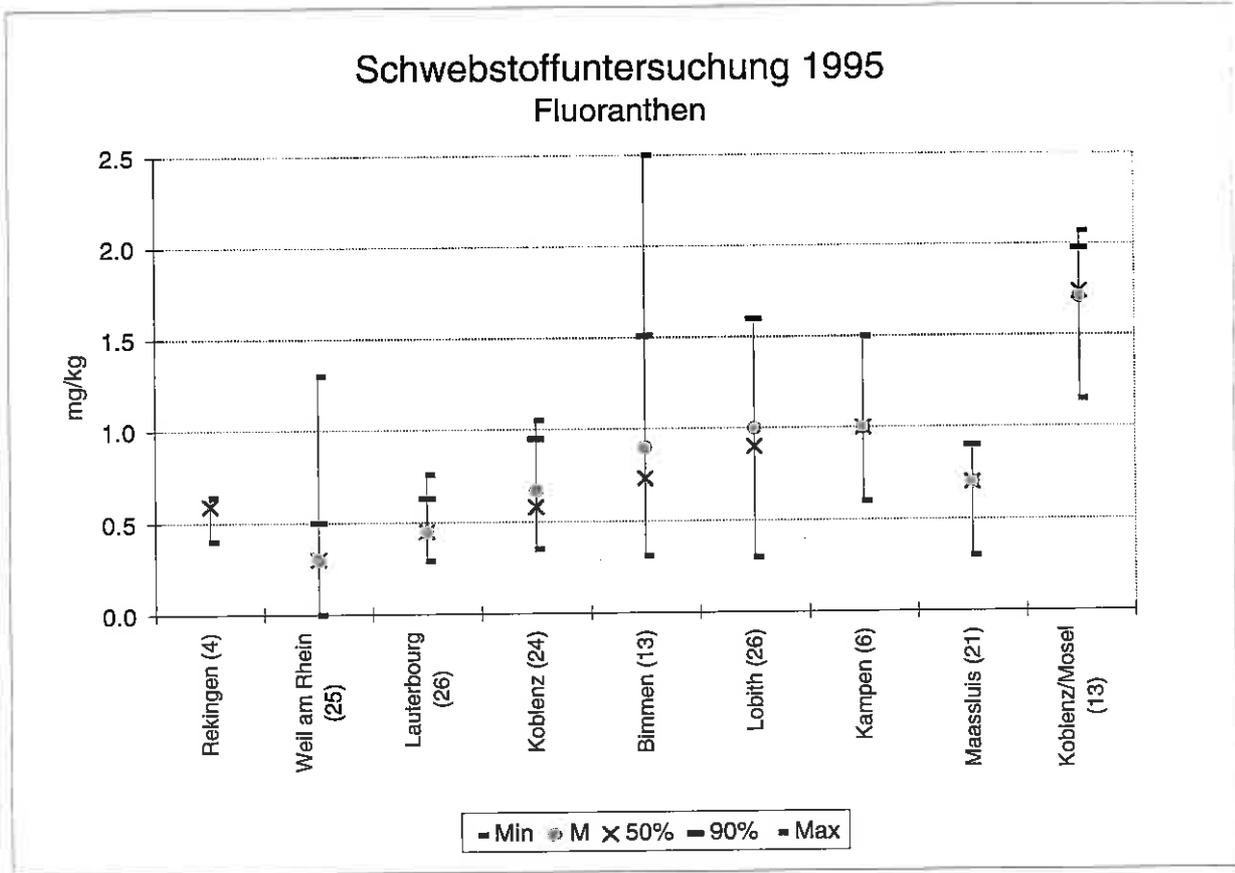


Abbildung 3.20a: Fluoranthren-Gehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

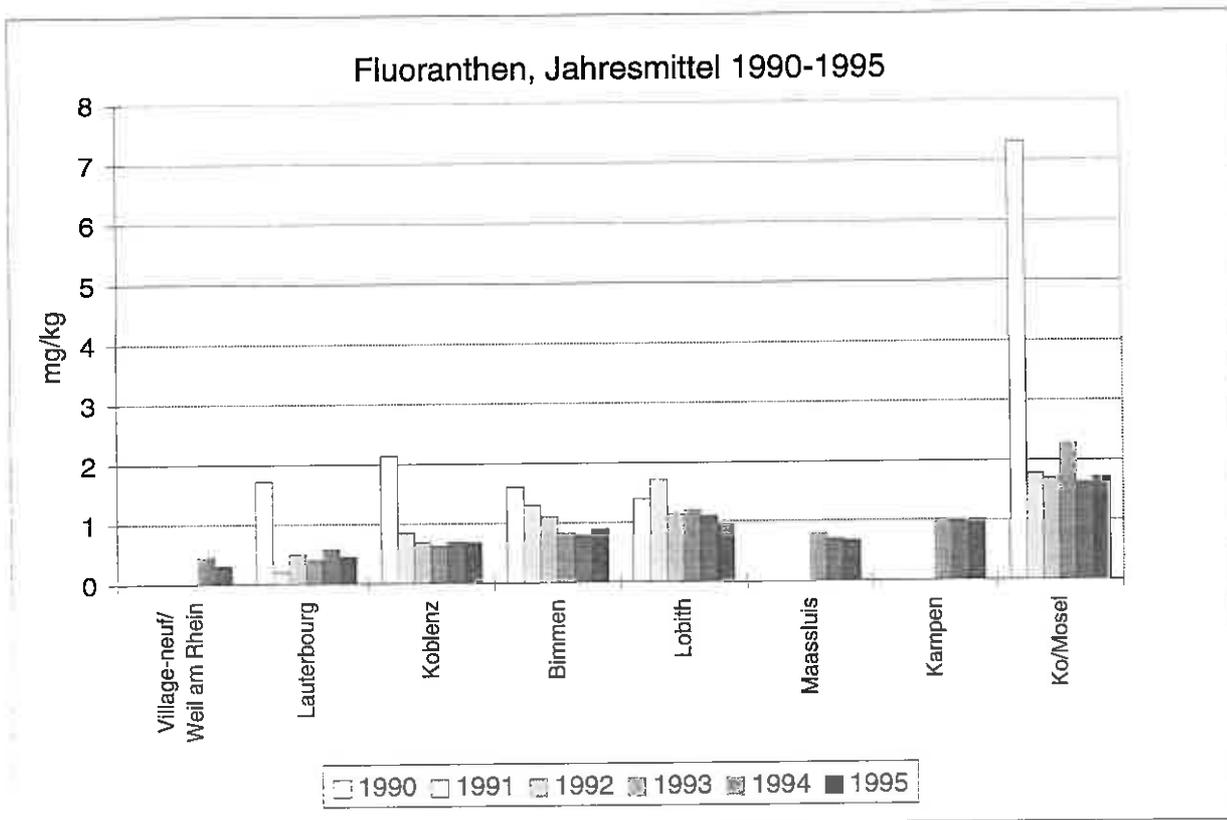


Abbildung 3.20b: Jahresmittel Fluoranthren 1990-1995

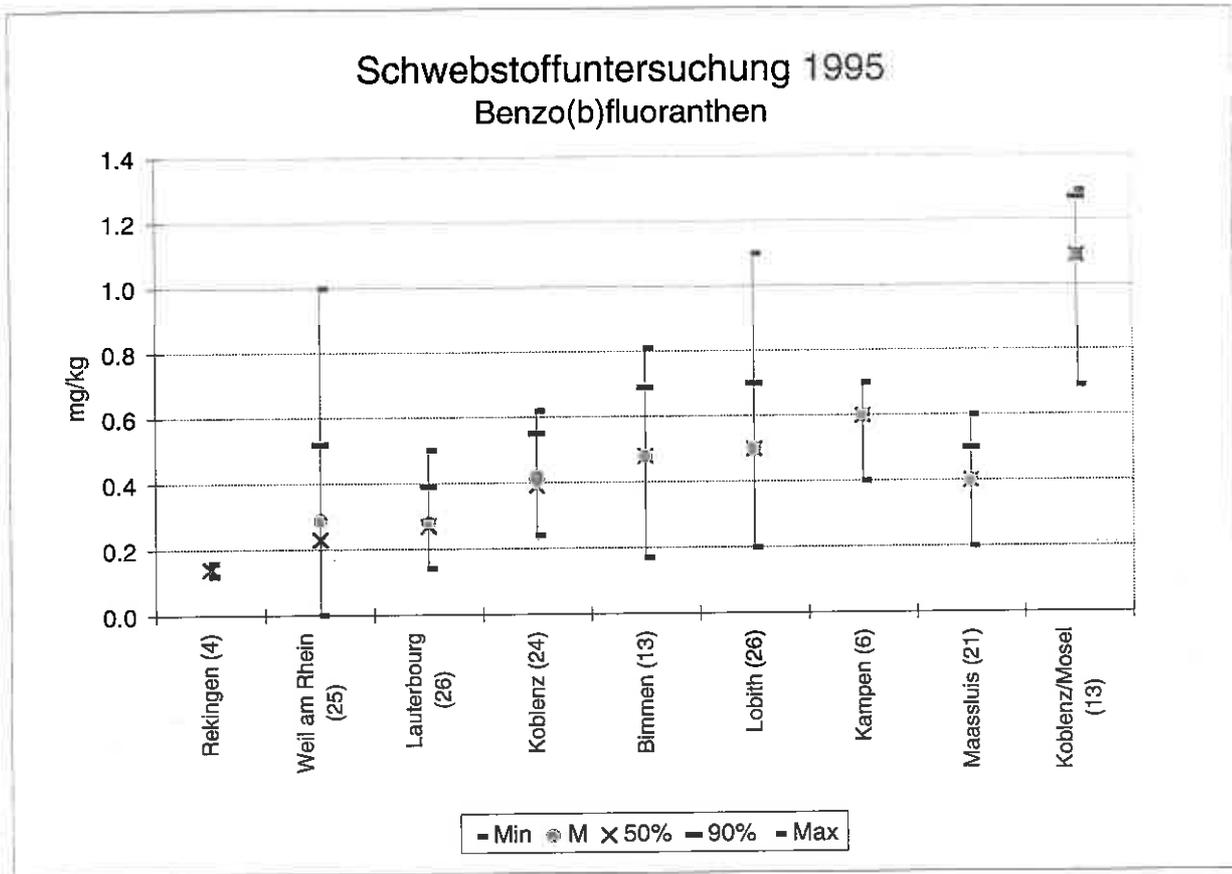


Abbildung 3.21a: Benzo(b)fluoranthen-Gehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

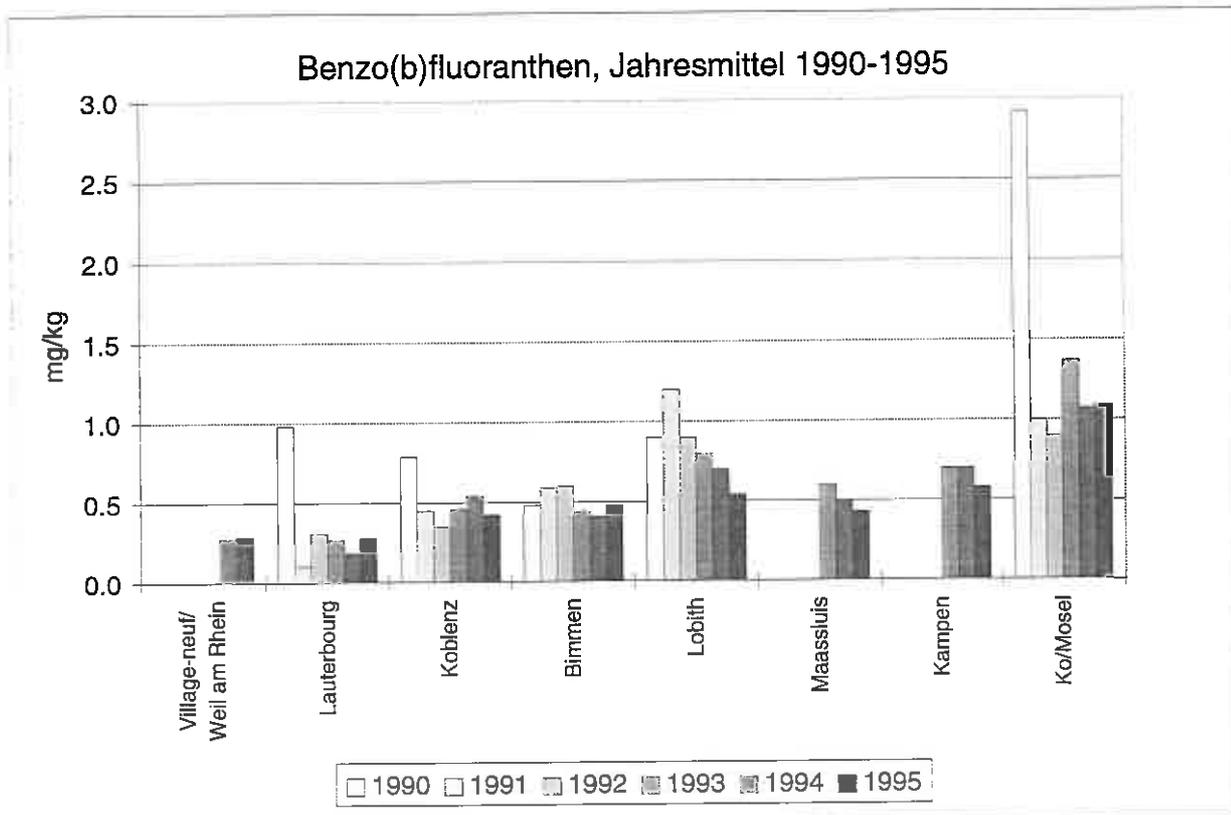


Abbildung 3.21b: Jahresmittel Benzo(b)fluoranthen 1990-1995

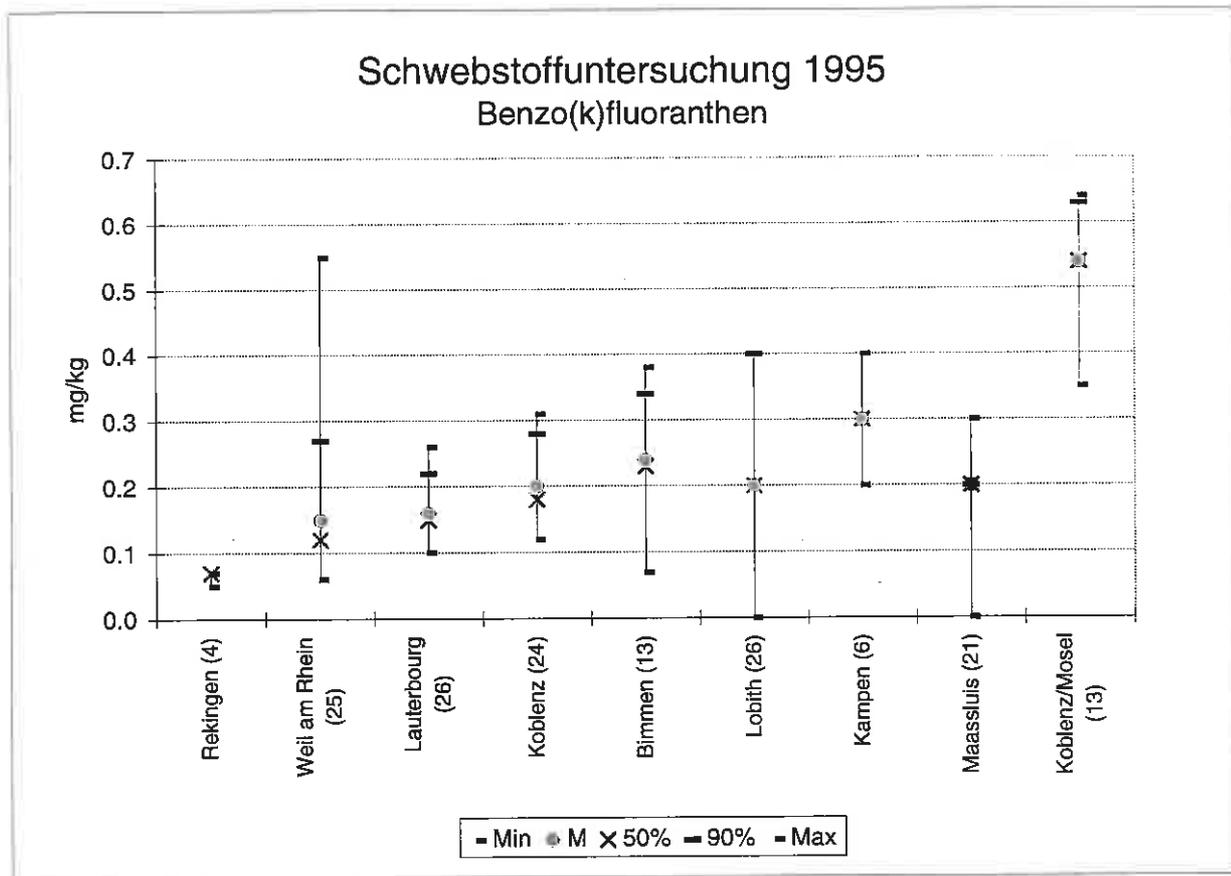


Abbildung 3.22a: Benzo(k)fluoranthen-Gehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

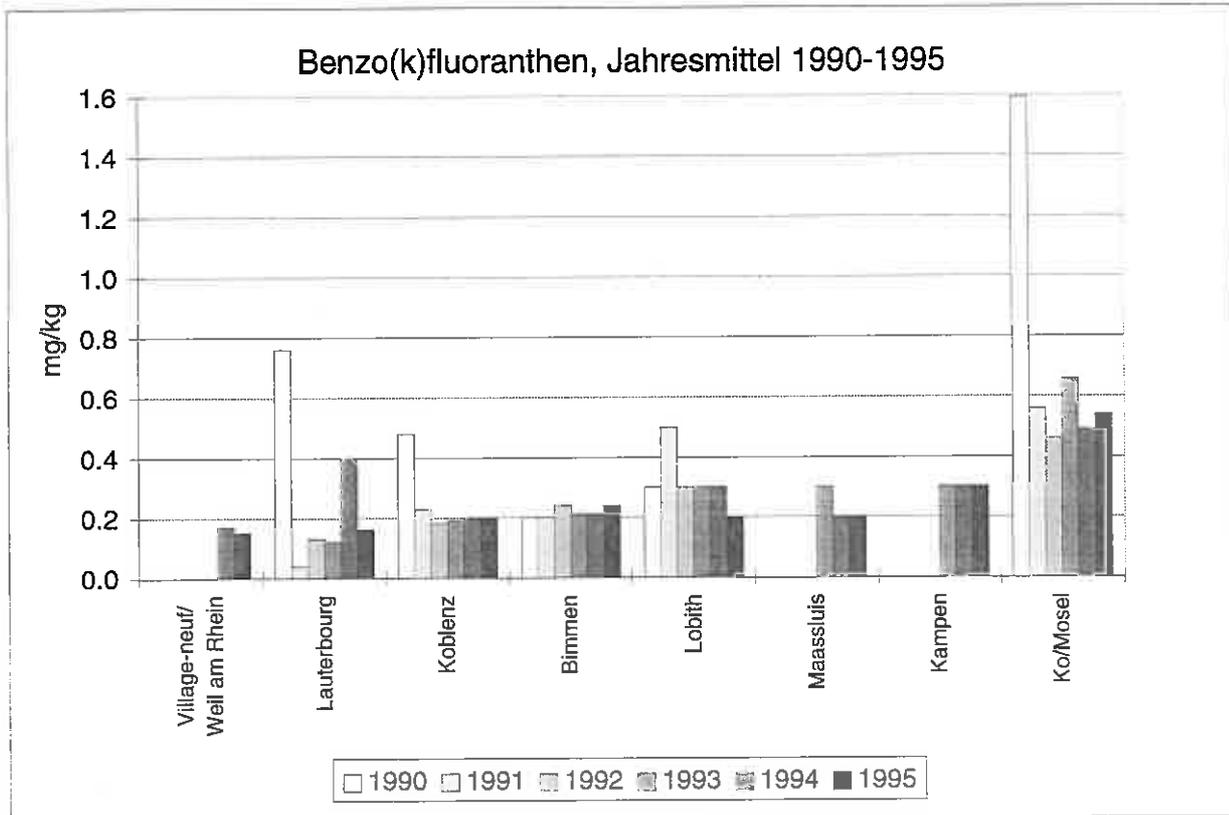


Abbildung 3.22b: Jahresmittel Benzo(k)fluoranthen 1990-1995

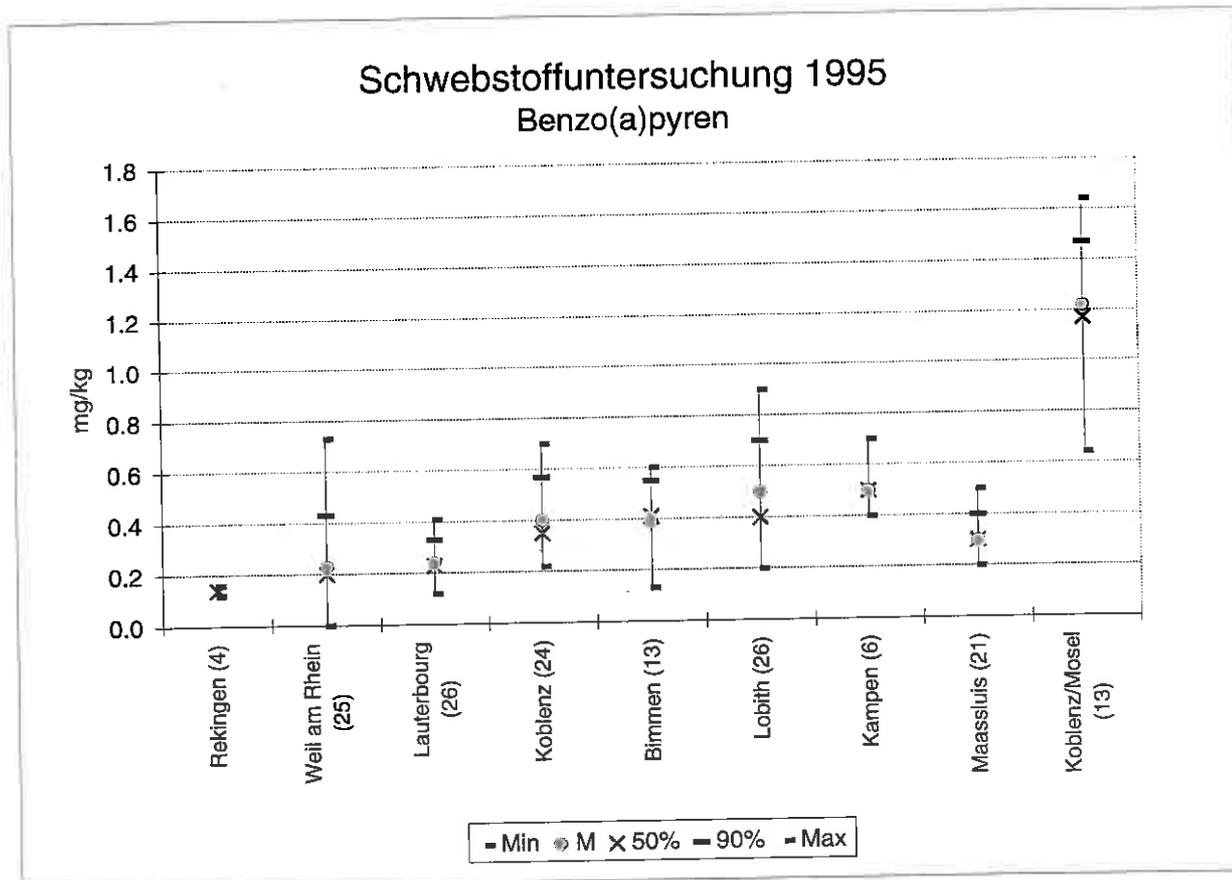


Abbildung 3.23a: Benzo(a)pyren-Gehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

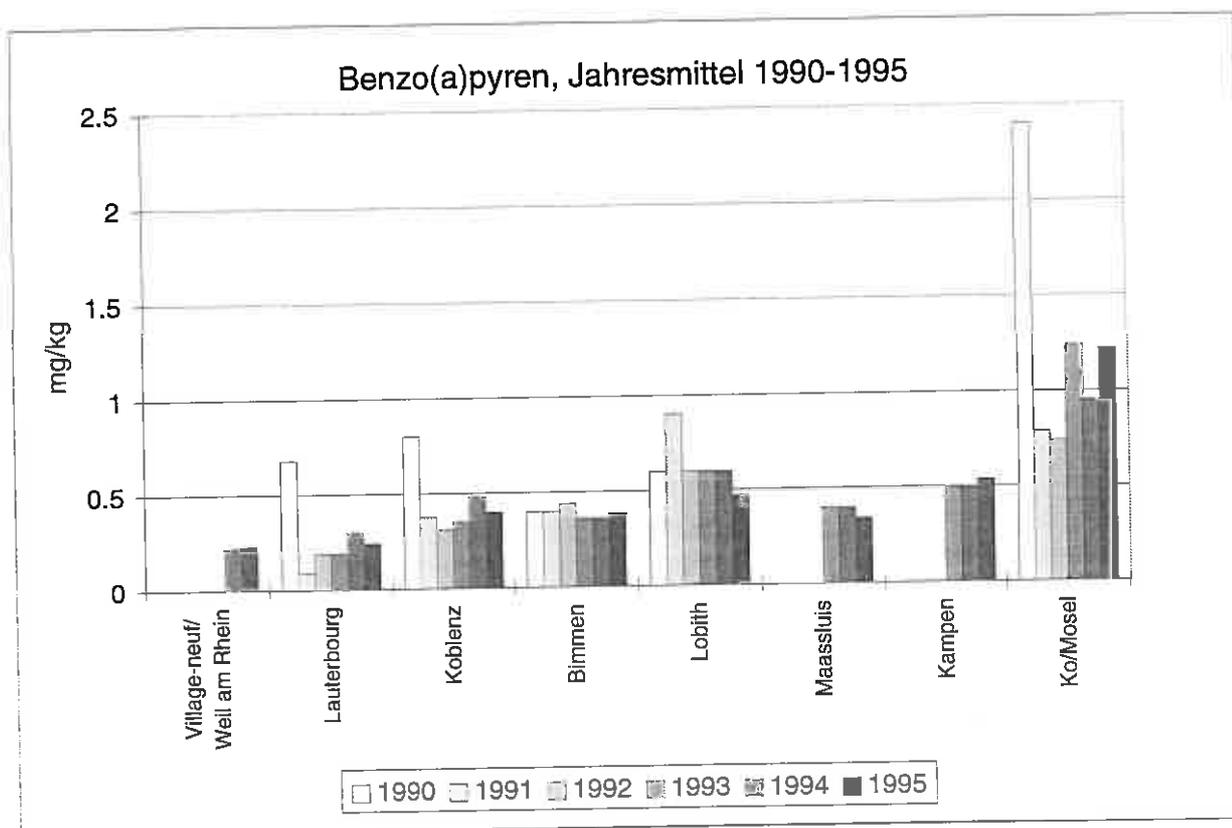


Abbildung 3.23b: Jahresmittel Benzo(a)pyren 1990-1995

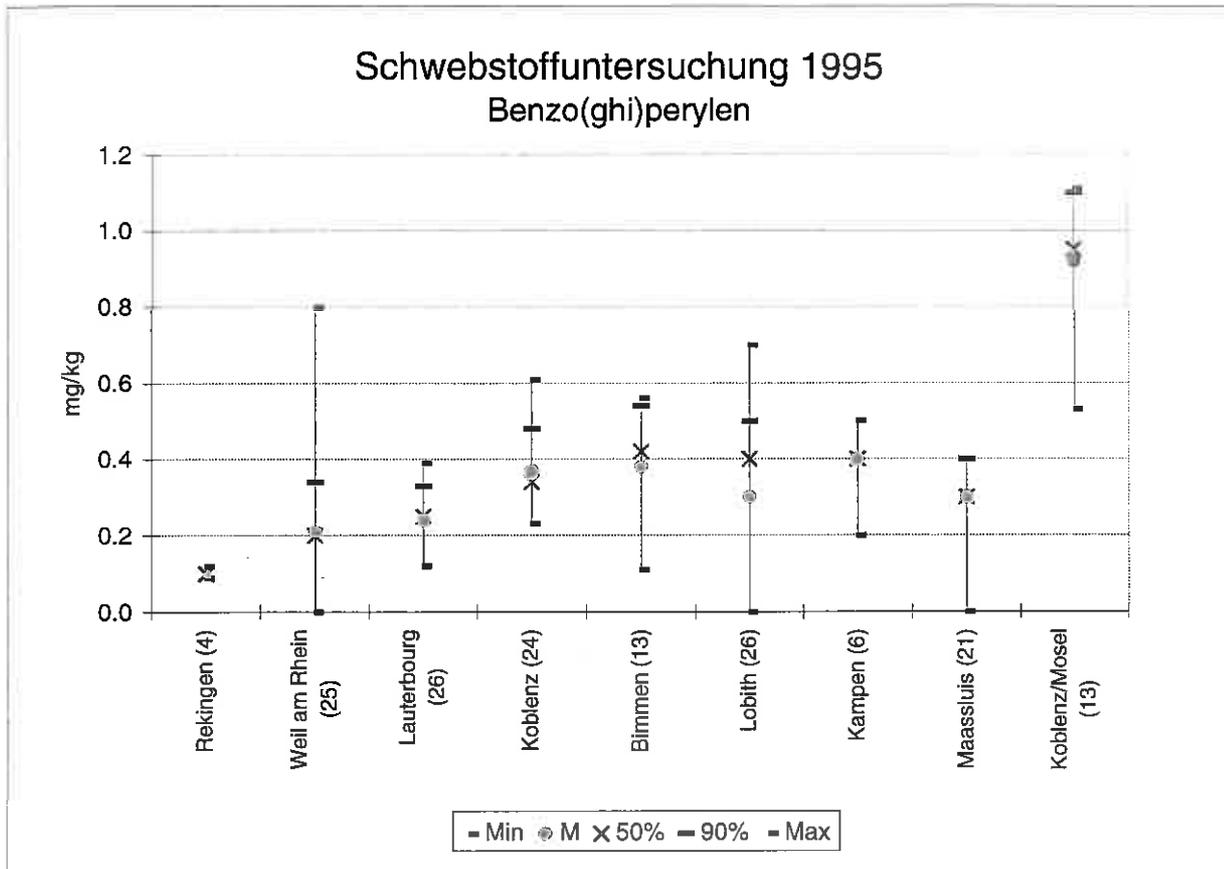


Abbildung 3.24a: Benzo(ghi)perylene-Gehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

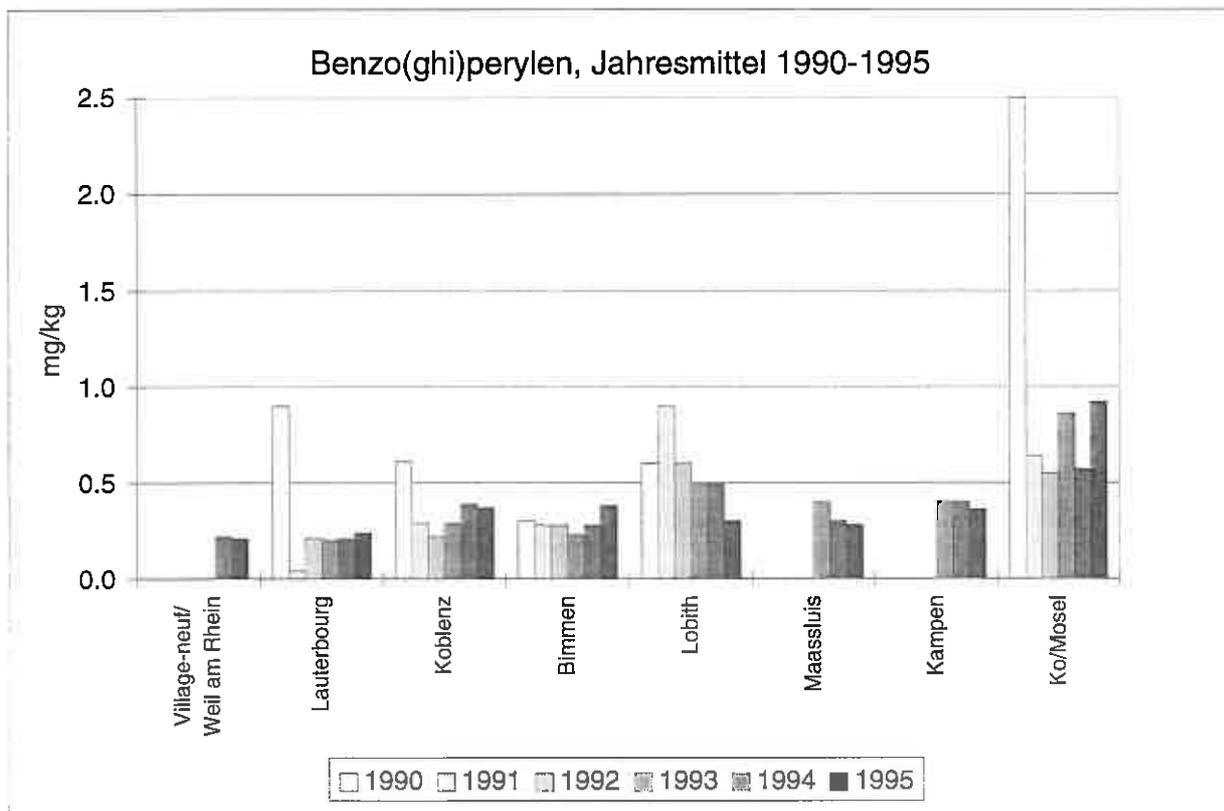


Abbildung 3.24b: Jahresmittel Benzo(ghi)perylene 1990-1995

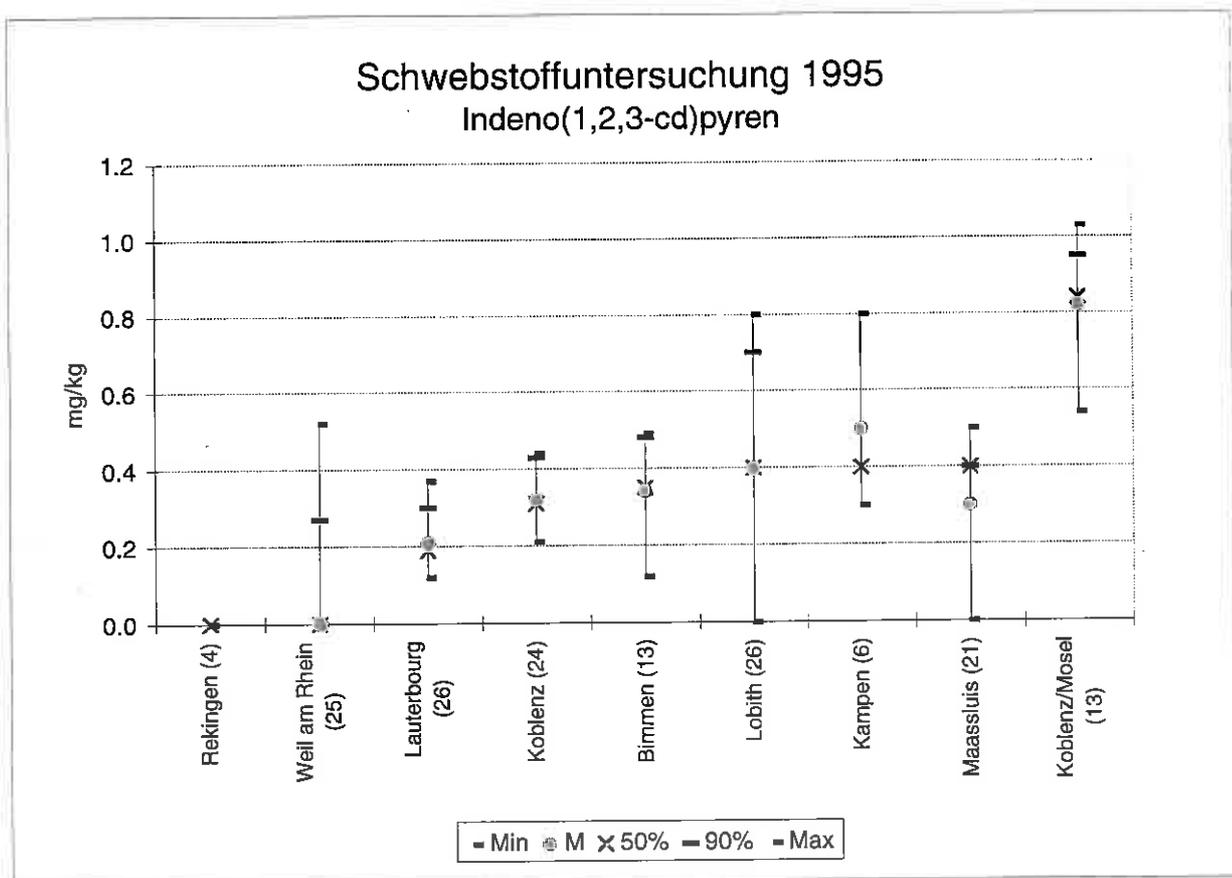


Abbildung 3.25a: Indeno(1,2,3-cd)pyren-Gehalte 1995. (n) = Anzahl der Messwerte

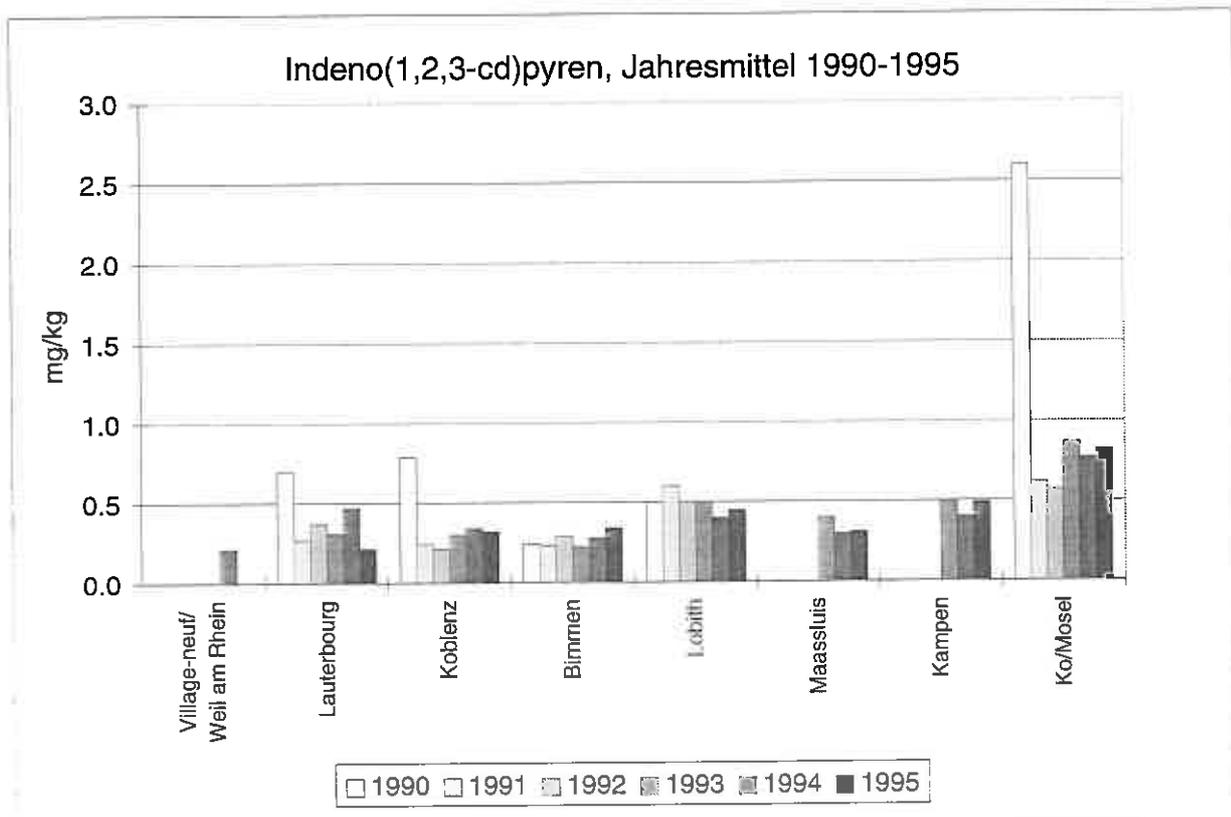


Abbildung 3.25b: Jahresmittel Indeno(1,2,3-cd)pyren 1990-1995

