

Rhein- überwachungs- Station Weil am Rhein

Jahresbericht 2001

Im Auftrag von:
Ministerium für
Umwelt und Verkehr
Baden-Württemberg

Bundesamt für Umwelt,
Wald und Landschaft



Stuttgart



Bern

Betreiber der Station:



Amt für Umwelt und
Energie Basel-Stadt

Die Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (RÜS)

- Geschichte:** Der Anfang der Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein findet sich Ende der 80er Jahre, welche in Basel durch die Brandkatastrophe von Schweizerhalle geprägt waren.
- Grundlage:** Die Grundlage für die Rheinüberwachungsstation in Weil am Rhein (Rhein-km 171,370) wurde im Staatsvertrag vom 17. Mai 1990 zwischen der Schweiz (BUWAL) und dem Ministerium für Umwelt und Verkehr (UVM) des Bundeslandes Baden-Württemberg wie folgt festgelegt:
- Trägerschaft:**
- Schweizerische Eidgenossenschaft
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
 - Land Baden-Württemberg
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
In Karlsruhe (LfU)
- Unterhalt:**
- Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein / Hochrhein
Bereich Waldshut-Tiengen (GWD)
- Messbetrieb:**
- Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt (AUE)

Der Rheinüberwachungsstation wurde als Kontroll- und Führungsorgan ein sogenannter Beirat vorgestellt. Der Beirat verabschiedet das Budget und die Jahresrechnung und beschliesst die Investitionen. Die Mitglieder des Beirates sind zur Zeit:

- Beirat RÜS¹:**
- BUWAL, Bern
Dr. Paul Liechti
 - LfU, Karlsruhe
Istvan Pintér
 - GWD Südlicher Oberrhein / Hochrhein
Bereich Waldshut / Tiengen
Heinz Dieter Starkmann
Marita Zieringer
 - Amt für Umwelt und Energie BS
Manfred Beubler
Reto Dolf
Dr. Jan Mazacek

Bezugsadresse Bericht (Unkostenbeitrag 15.- SFr / 10.- €):
Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt
Abt. Labor und Rheinüberwachungsstation
Hochbergerstrasse 158
4019 Basel

reto.dolf@bs.ch

¹ Vertrag über den Betrieb der Station Weil vom 03.09.91 Artikel 3

INHALT

ÜBERWACHUNG DES RHEINS BEI WEIL AM RHEIN IM JAHR 2001 3

ZUSAMMENFASSUNG..... 3

ABFLUSS 3

1. WASSERPHASE 4

1.1 ABWASSERINHALTSSTOFFE 4

1.2 PFLANZENNÄHRSTOFFE 4

1.3 NEUTRALSALZE 5

1.4 METALLE 5

1.5 ORGANISCHE EINZELSTOFFE..... 6

1.6 C18 SCREENING UND ERHÖHTE KONZENTRATIONEN 9

2. SCHWEBSTOFFPHASE 13

2.1 ALLGEMEINE ZUSAMMENSETZUNG UND SUMMENPARAMETER..... 13

2.2 METALLE 13

2.3 ORGANOCHLOR-PESTIZIDE 14

2.4 POLYCHLORIERTER BIPHENYLE (PCB)..... 14

2.5 POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK)..... 14

2.6 SCHWERFLÜCHTIGE CHLORIERTER VERBINDUNGEN..... 14

2.7 ZINNORGANISCHE VERBINDUNGEN 14

3. TECHNISCHE ÄNDERUNGEN IN DER RÜS 15

3.1 STANDZEITEN VON STRÄNGEN IM JAHR 2001 15

3.2 BAUARBEITEN..... 15

3.3 PROBENNAHME..... 15

GRAFISCHE DARSTELLUNGEN

I. WASSERPHASE..... 17

I.1 ABWASSERINHALTSSTOFFE..... 17

I.2 PFLANZENNÄHRSTOFFE..... 19

I.3 NEUTRALSALZE..... 20

I.4 METALLE..... 22

I.5 ORGANISCHE EINZELSTOFFE..... 25

II. SCHWEBSTOFFPHASE..... 30

II.1 ALLGEMEINE ZUSAMMENSETZUNG UND SUMMENPARAMETER..... 30

II.2 METALLE..... 32

II.3 ORGANOCHLOR-PESTIZIDE..... 33

II.4 POLYCHLORIERTER BIPHENYLE..... 34

II.5 SCHWERFLÜCHTIGE CHLORIERTER VERBINDUNGEN..... 35

II.6 POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK)..... 36

II.7 ZINNORGANISCHE VERBINDUNGEN..... 36

ANHANG..... 37

ERLÄUTERUNGEN ZU DEN AUFGEFÜHRTEN MESSPARAMETERN..... 37

MESSPROGRAMM 2001..... 44

POSITIVE BEFUNDE IN DER WASSERPHASE 2001..... 45

Überwachung des Rheins bei Weil am Rhein im Jahr 2001

Die Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (RÜS) dient der Qualitätskontrolle des Rheinwassers unterhalb von Basel.

Das Wasser wird permanent untersucht, die Schwebstoffe zweimal im Monat. Das Untersuchungsprogramm ist dem der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR) angegliedert. Die Station läuft seit Mai 1993 im Routinebetrieb.

Zusammenfassung

Auch im Jahr 2001 war die Qualität des Rheinwassers bei Basel, wie im Vorjahr, gut. Es ereignete sich kein extremes Hochwasser wie 1999.

In der Wasserphase sind toxische Schwermetalle und toxische organische Stoffe lediglich in Spuren enthalten, wobei allerdings bei Methylenchlorid ein bedeutend höherer Eintrag als im Vorjahr beobachtet wurde.

In der Schwebstoffphase sind Schwermetalle und toxische organische Verbindungen aufgrund von Adsorptionseffekten in höherer Konzentration als in der Wasserphase feststellbar. Teilweise handelt es sich um Altlasten heute verbotener Substanzen, die über Jahre im Sediment angereichert wurden und jetzt schubweise bei Hochwasserereignissen wieder mobilisiert werden können. Für einige dieser Stoffe liegen Zielvorgaben der IKSR vor. Die meisten der gemessenen Werte liegen unter oder im Bereich dieser Zielvorgaben.

Abfluss

Die in Abb. 1 dargestellten Abflusswerte wurden am Pegel Rheinhalle (Basel) gemessen. Mit einem Jahresmittel von 1337 m³/s war der Abfluss niedriger als im Hochwasserjahr 1999 jedoch um ca. 30 Prozent höher als im langjährigen Mittel (1999: 1423 m³/s, Mittel der Jahre 1935 -1993: 1032 m³/s).

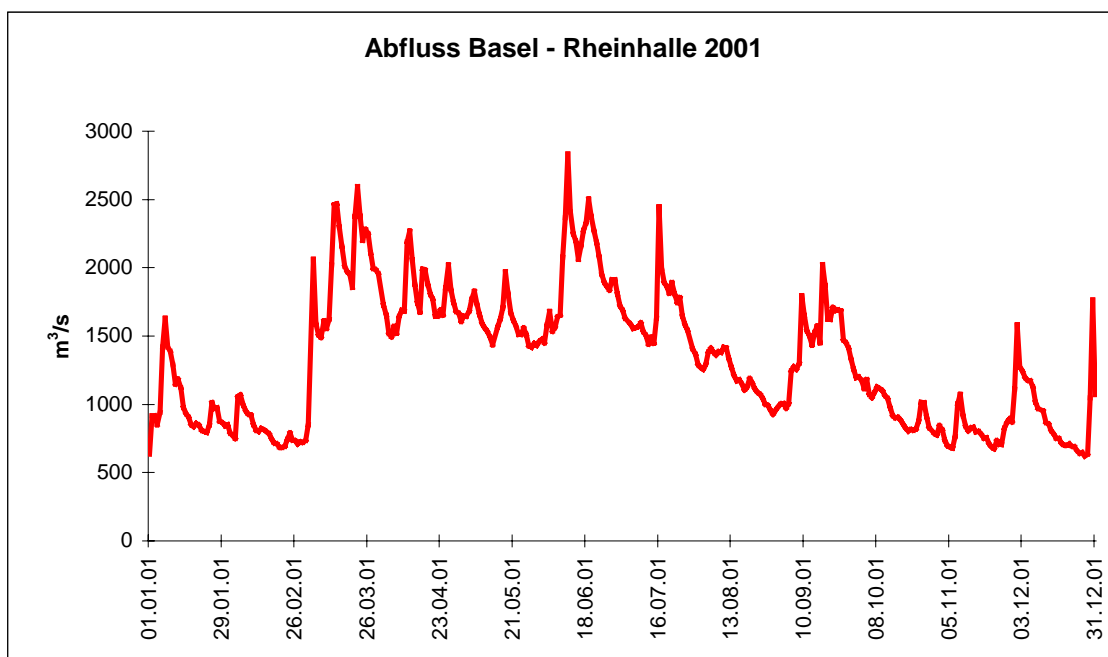


Abb. 1: Abfluss in m³/s des Rheines bei Basel

1. Wasserphase²

1.1 Abwasserinhaltsstoffe

DOC (Datenbasis: 27; 24-Stunden-Mischprobe alle 14 Tage)

Der DOC wurde im Jahr 2001 neu alle 14 Tage und nicht mehr wöchentlich gemessen. Der IKSR-Jahresmittelwert³ von 1.9 mg Kohlenstoff pro Liter (1.3 bis 2.8 mg C/L)⁴ ist typisch für Fliessgewässer unterhalb grösserer Seen und liegt unter 2 mg/L, was sogar der Anforderung für Grundwässer zur Trinkwassergewinnung entspricht (Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998, Anhang 2, Ziffer 22).

Ammonium (Datenbasis: 27; 24-Stunden-Mischprobe alle 14 Tage)

Ammonium wurde im Jahr 2001 alle 14 Tage bestimmt. Das IKSR-Jahresmittel ergibt eine Konzentration von 0.05 mg Ammonium-Stickstoff pro Liter (0.03 bis 0.10 mg N/L) und belegt die geringe Belastung des Rheins mit Ammonium.

Nitrit (Datenbasis: 26; 24-Stunden-Mischprobe alle 14 Tage)

Nitrit wurde im Jahr 2001 alle 14 Tage bestimmt. Das IKSR-Jahresmittel ergibt eine Konzentration von 0.014 mg Nitrit-Stickstoff pro Liter (0.005 bis 0.025 mg N/L).

AOX (Datenbasis: 53; Wochen-Mischproben)

Die Belastung des Rheins mit AOX ist gering. Das IKSR-Jahresmittel betrug 0.0065 mg Chlor pro Liter (0.0024 bis 0.0123 mg Cl/L).

SAK-254 (Datenbasis: 365; 24-Stunden-Mischproben)

Der SAK-254 wird täglich gemessen und zeigt eine Abflussabhängigkeit (Niederschlag). Er korrespondiert gut mit der Abfluss-Ganglinie des Rheins. Der SAK-254 betrug im IKSR-Mittel 4.96 pro Meter (3.35 bis 10.3 m⁻¹).

SAK-436 (Datenbasis: 365; 24-Stunden-Mischproben)

Der SAK-436 wird täglich gemessen und korrespondiert sehr gut mit dem SAK 254. Somit ist auch die Abflussabhängigkeit gegeben. Der SAK-436 betrug im IKSR-Mittel 0.31 pro Meter (0.14 bis 0.86 m⁻¹).

1.2 Pflanzennährstoffe

Die Pflanzennährstoffe sowie die Neutralsalze wurden im Jahr 2001 alle 14 Tage bestimmt.

Gesamt-Stickstoff (Datenbasis: 27; 24-Stunden-Mischprobe alle 14 Tage)

Das IKSR-Mittel für den Gesamt-Stickstoff beträgt 1.65 mg Stickstoff pro Liter (1.11 bis 2.29 mg N/L).

Nitrat (Datenbasis: 26; 14-Tage-Mischproben)

Der IKSR-Mittelwert für Nitrat von 1.49 mg Stickstoff pro Liter (1.0 bis 2.02 mg N/L) zeigt die geringe Belastung des Rheins bei Basel mit diesem eutrophierenden Stoff. Der Nitrat-Stickstoff Wert bestimmt nahezu den Gesamt-Stickstoff Wert.

Gesamt-Phosphor (Datenbasis: 26; 24-Stunden-Mischprobe alle 14 Tage)

Das IKSR-Mittel für den Gesamt-Phosphor beträgt 0.041 mg Phosphor pro Liter (0.02 bis 0.123 mg P/L). Der Gesamt-Phosphor-Gehalt wird in mg Phosphor angegeben und stellt die Summe von ortho- und Polyphosphaten dar.

² Erläuterungen zu den aufgeführten Messparametern befinden sich im Anhang.

³ Definition siehe Anhang.

⁴ In Klammern sind jeweils der Minimal- und Maximalwert angegeben.

ortho-Phosphat (Datenbasis: 26; 24-Stunden-Mischprobe alle 14 Tage)

Ebenso kann die Belastung des Rheins bei Basel durch ortho-Phosphat mit einem IKSR-Mittelwert von 0.019 mg Phosphor pro Liter (0.006 bis 0.092 mg P/L) als gering bezeichnet werden.

1.3 Neutralsalze

Chlorid (Datenbasis: 26; 14-Tage-Mischproben)

Das IKSR-Mittel der Chloridkonzentration beträgt 9.0 mg Cl⁻ pro Liter (5.9 bis 13.6 mg Cl⁻/L) und liegt somit im Bereich des Vorjahres. Deutlich ist ein Konzentrationsanstieg im Winter zu erkennen, was auf einen Eintrag durch den Winterdienst zurückzuführen ist. Ebenso ist das Verhältnis Chlorid zu Fluorid in den Wintermonaten unabhängig vom Abfluss höher.

Fluorid (Datenbasis: 26; 14-Tage-Mischproben)

Das IKSR-Mittel der Fluoridionenkonzentration beträgt 0.057 mg F⁻ pro Liter (0.047 bis 0.066 mg F⁻/L). Die Fluorid-Konzentration kann über das Jahr hindurch als stabil betrachtet werden. Sie ist unabhängig vom Abfluss.

Bromid (Datenbasis: 26; 14-Tage-Mischproben)

Das IKSR-Mittel der Bromidkonzentration beträgt 0.061 mg Br⁻ pro Liter (0.030 bis 0.087 mg Br⁻/L). Der Bromid-Gehalt folgt weder einer Abfluss-, noch einer Jahreszeit-Ganglinie. Eine Korrektur allfälliger Schwankungen unter Verwendung von Fluorid als internem Standard ermöglicht auch keine Interpretation. Der Ursprung muss somit in industriellen, kampagnenmässig durchgeführten Prozessen liegen.

Sulfat (Datenbasis: 26; 14-Tage-Mischproben)

Das IKSR-Mittel der Sulfatkonzentration beträgt 25.2 mg SO₄²⁻ pro Liter (21.2 bis 30.4 mg SO₄²⁻/L).

1.4 Metalle

1.4.1 Alkali- und Erdalkalimetalle

Natrium (Na), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg) (Datenbasis: 14, 28-Tages-Mischproben)

Natrium wurde im IKSR-Mittel mit 6.9 mg Na⁺ pro Liter (4.9 bis 9.5 mg Na⁺/L),

Kalium mit 1.6 mg K⁺ pro Liter (1.2 bis 1.8 mg K⁺/L),

Calcium mit 52.4 mg Ca²⁺ pro Liter (45.6 bis 58.9 mg Ca²⁺/L) und

Magnesium mit 7.6 mg Mg²⁺ pro Liter (6.5 bis 10.2 mg Mg²⁺/L) bestimmt.

Beim Natriumgehalt lässt sich der Winterdienst gut beobachten. Die übrigen Alkali- und Erdalkalimetalle zeigen keine Auffälligkeiten in ihren Ganglinien.

1.4.2 Schwermetalle

Metalle sauer gelöst (auch als Metalle gesamt bezeichnet): Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Quecksilber (Hg), Blei (Pb), (Datenbasis: 27, 14Tages-Mischproben)

Metalle neutral gelöst (auch als Metalle gelöst bezeichnet): Zink (Zn)
(Datenbasis: 6, Momentanproben)

Es wurden neu, im Gegensatz zu den Vorjahren, bei den Schwermetallen die Gesamtgehalte bestimmt. Ein Vergleich mit den Vorjahreswerten ist deshalb nur beschränkt möglich.

Hg wurde nur in einer Probe (Mischprobe vom 13. August 2001, 0.015 µg/L) gefunden. Das IKSR-Mittel beträgt somit 0.005 µg Hg pro Liter. Cadmium konnte in 7 von 27 Mischproben bestimmt werden. Das IKSR-Mittel beträgt 0.013 µg Cd pro Liter (<0.02 bis 0.028 µg Cd / L) und entspricht einem deutlichen Rückgang (Vorjahr 0.04 µg Cd-gelöst / L) der Belastung. Die weiteren Schwermetalle fanden sich in allen Mischproben in unterschiedlichen Gehalten. Kupfer mit einem Mittel von 1.69 µg Cu / L (1.2 bis 2.5 µg Cu / L) und Nickel mit 1.10 µg Ni / L (0.5 bis 2.3 µg Ni / L) lagen unter den Vorjahreskonzentration des gelösten Metalls. Das IKSR-Jahresmittel für Blei beträgt 0.56 µg Blei / Liter (0.11 bis 1.60 µg Pb / L) und das für Chrom 0.38 µg Chrom / Liter (0.22 bis 0.97 µg Cr / L). Die Belastung mit gelöstem Zink wurde anhand von 6 Momentanproben ermittelt und liegt im Mittel bei 2.5 µg Zink gelöst / Liter (2.1 bis 3.1 µg Zn / L). Dies entspricht der Konzentration vom Vorjahr. Insgesamt ist die Metallkonzentration im Rheinwasser bei Basel als niedrig zu betrachten.

1.5 Organische Einzelstoffe

1.5.1 Pestizide

a) Täglich gemessene Pestizide (Datenbasis: 365; 24-Stunden-Mischmuster)

Es wird auf 56 der meist bekannten N/P-Pestizide geprüft. Davon traten 21 Wirkstoffe bzw. Metaboliten in einer Häufigkeit von 1 bis 365 mal in quantifizierbaren, jedoch geringen Mengen auf:

Das Herbizid Atrazin war an 365 Tagen, Simazin an 357, Metolachlor an 90, Diazinon an 125, Terbutylazin an 78 und Terbutryn an 47 Tagen im Spurenbereich bestimmbar. Das Insektenrepellent DEET konnte 364 mal quantifiziert werden, Desethyl-Atrazin war an 348 Tagen im Rheinwasser enthalten. Weiter wurde Penconazol an 132 Tagen quantifiziert.

Die Konzentrationen der Pestizide lagen zwischen 0.005 bis 0.17 µg/L und sind im Vergleich zu den Konzentrationen, die in kleinen Fließgewässern erreicht werden, als gering einzustufen. Dies wird jedoch allgemein bei Fließgewässern mit einem grossen Einzugsgebiet beobachtet und ist auf einen gewissen Verdünnungseffekt zurückzuführen. Die Jahresfrachten hingegen erreichten im Jahr 2001 bei Atrazin bemerkenswerte 1000 kg und bei Desethylatrazin 800 kg (Vorjahr 640 kg Atrazin und 420 kg Desethylatrazin). Betrachtet man die Jahresfrachten der letzten fünf Jahre, so kann gesagt werden, dass diese sicher nicht kleiner werden.

Im Zusammenhang mit dieser Beobachtung ist es von Interesse abzuschätzen, welche Fracht auf im aktuellen Jahr ausgetragenes Atrazin zurückzuführen ist und ob diese abnimmt. Dies um den Erfolg, der in der Landwirtschaft getroffenen Massnahmen, beurteilen zu können.

Um diese Abschätzung durchführen zu können, wird Desethylatrazin als eine Art interner Standard genommen. In Abbildung 2 sind die Desethylatrazinkonzentrationen als blaue Balken und das Verhältnis von Atrazin zu seinem Abbauprodukt Desethylatrazin als gelbe Fläche dargestellt. Die Desethylatrazinkonzentrationen haben im gesamten Jahresverlauf eine gewisse Konstanz und sind ausschliesslich von Regenerreignissen abhängig.

Das Verhältnis von Atrazin zu seinem Abbauprodukt Desethylatrazin schwankt etwas stärker als die Desethylatrazinkonzentrationen. Es weist jedoch bis auf die Zeit der Applikation wo es auf 10 ansteigt auch eine gewisse Konstanz auf. Es bewegt sich um zwei.

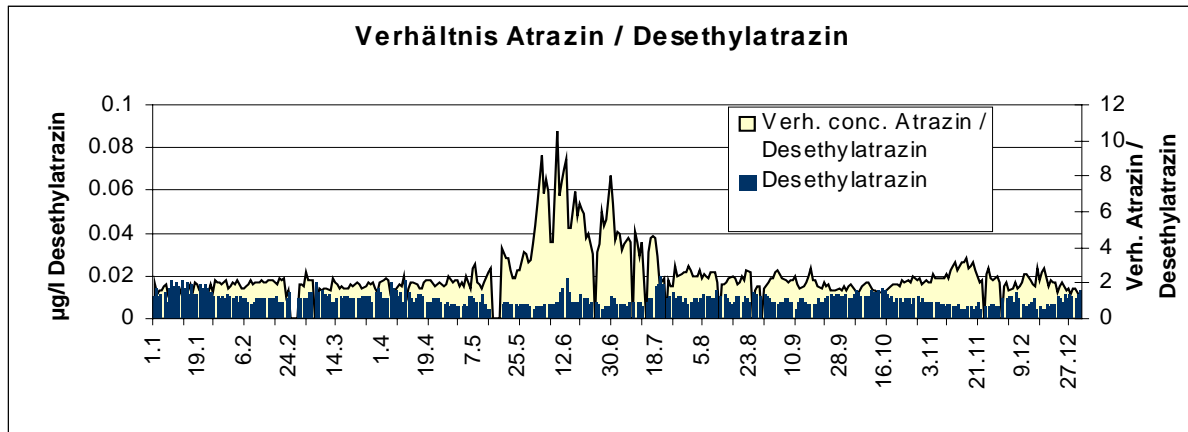


Abb. 2 Darstellung des Gehaltes an Desethylatrazin und des Konzentrationsverhältnisses zwischen Atrazin und Desethylatrazin

Untersuchungen der Donau bei Ulm durch die LfU ergaben im Jahre 1998, also 7 Jahre nach dem Anwendungsverbot von Atrazin in Baden-Württemberg, eine mittlere Jahreskonzentration⁵ von 0.02 µg/L Atrazin und eine von 0.02 µg/L Desethylatrazin. Das heisst, dass selbst 7 Jahre nach einem Anwendungsverbot im Einzugsgebiet Atrazin nachweisbar war, wobei das Verhältnis von Atrazin zu seinem Abbauprodukt Desethylatrazin 1 betrug.

Die im Donaueinzugsgebiet ermittelten Zahlen legen nahe, Desethylatrazin als Bezugsgrösse für das vor längerer Zeit (mehrere Jahre) ausgetragene Atrazin zu verwenden. In Abbildung 2 bewegt sich das Verhältnis Atrazin/Desethylatrazin ausserhalb der Applikationsperiode um 2 (also höher als im Einzugsgebiet der Donau 7 Jahre nach dem Anwendungsverbot). Am 6. Mai wird erstmals ein Verhältnis von 3 überschritten und am 19. Juli wird es wieder unterschritten. Die Fracht dieser 56 Tage mit einem Verhältnis von Atrazin zu Desethylatrazin von ≥ 3 betrug 450 kg Atrazin, also fast die Hälfte der Jahresfracht 2001 (1000 kg).

Wird diese Modellrechnung unter gleichen Rahmenbedingungen ($Atr/Desatr \geq 3$) auf die Vorjahre angewandt, so ist sicher keine Abnahme des in besagter Periode ausgewaschenen Atrazins feststellbar (1996, 100 kg; 1997, 170 kg; 1998, 120 kg; 1999, 250 kg; 2000, 160 kg und 2001, 450 kg). In Abbildung 3 wurden zur Veranschaulichung die nach dieser Modellrechnung erhaltenen Tagesfrachten Atrazin integralmässig im Jahresverlauf aufsummiert. Der Abfluss ist als ausgezogene Linie mit der Skala rechts angegeben.

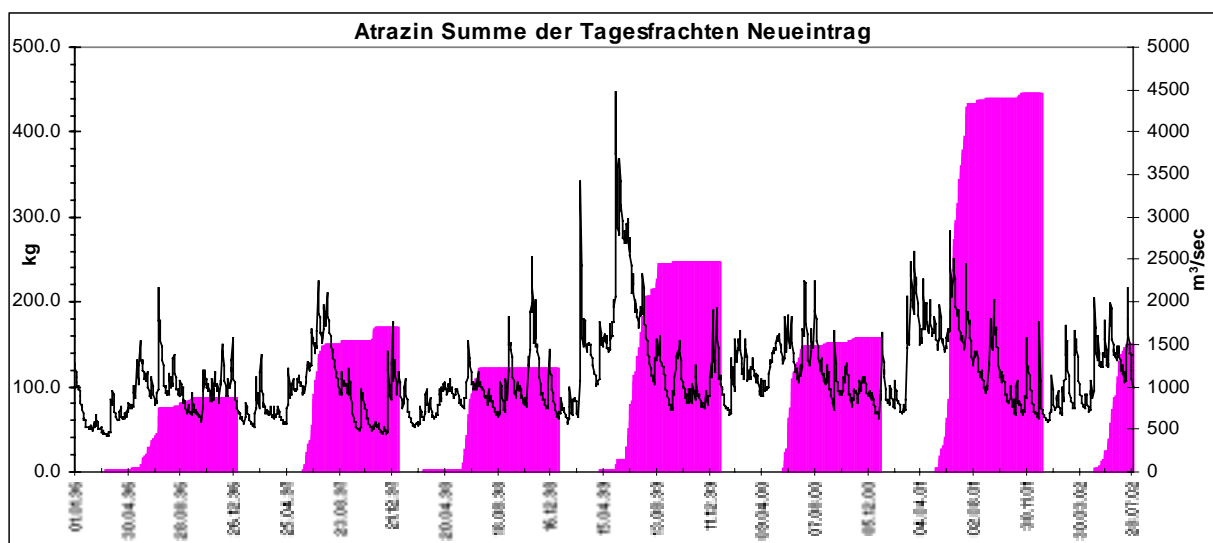


Abb. 3 Darstellung der summierten Tagesfrachten Atrazin pro Jahr, berechnet aus den Tagesfrachten zur Zeit der Applikation von Atrazin

⁵ Median des Jahres 1998.

b) 14-tägig gemessene Pestizide (Datenbasis: 26/25, 24-Stunden-Mischproben alle 14 Tage)

Von den untersuchten 10 Phenylharnstoff-Herbiziden wurden Diuron und Monolinuron in 1, Methabenzthiazuron in 3 (Maximalkonzentration 0.18 µg/L), Isoproturon in 5 (Maximalkonzentration 0.12 µg/L) und Metoxuron in 6 Mischproben in Konzentrationen zwischen 0.047 und 0.087 µg/L gefunden.

Von den 6 im Untersuchungsprogramm enthaltenen Phenoxyalkankarbonsäure-Herbiziden konnte keine Verbindungen nachgewiesen werden.

Ebenfalls konnte keines der 5 untersuchten Organochlor-Insektizide quantifiziert werden.

Von den untersuchten Nitrophenol-Herbiziden/-Insektiziden Dinoseb, Dinoterb, DNOC sowie 2,4-Dinitrophenol konnte keines nachgewiesen werden.

Der Grenzwert der schweizerischen Gewässerschutzverordnung für organische Pestizide liegt bei 0.1 µg/L und wurde somit nur an wenigen Tagen im Jahr überschritten. Diese zufriedenstellende Situation sagt jedoch nichts über die Belastung der im Einzugsgebiet liegenden Gewässer. Aus für andere Kantone durchgeführten Untersuchungen wissen wir, dass im Einzugsgebiet von kleineren Gewässern, nach dem Einsatz von Spritzmitteln in der Folge durch die Auswaschung des Regens, regelmässig Konzentrationen im Bereich von 10 µg/L erreicht werden.

1.5.2 Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW oder CKW)

(Datenbasis: 365; 24-Stunden-Mischproben)

Die tägliche Analyse auf 23 verschiedene chlorierte Lösungsmittel wies eine dauernde, jedoch geringe Belastung des Rheins mit Tetrachlorethen (PER), Trichlorethen (TRI), Trichlormethan und Dichlormethan auf. Zeitweilig wurden auch Spuren von Tribrommethan, Bromdichlormethan, 1,1,1- und 1,1,2-Trichlorethan, Tetrachlormethan, Trichlorfluormethan, Z-1,3-Dichlorpropen, 1,2-Dichlorethan, E-1,2-Dichlorethen und 1,1-Dichlorethen sowie 1,1,2,2-Tetrachlorethan festgestellt.

Im Verlaufe des Jahres 2001 wurden immer wieder erhöhte Konzentrationen an Dichlormethan gemessen. Die Maximalkonzentration wurde im Februar mit 0.72 µg/L erreicht. Diese Resultate werden im folgenden Kapitel 1.6 diskutiert.

Insgesamt können die ermittelten Konzentrationen von LHKW als niedrig bezeichnet werden. Der Summen-Mittelwert betrug übers Jahr 0.15 µg Gesamt-LHKW pro Liter.

1.5.3 Leichtflüchtige nichthalogenierte Kohlenwasserstoffe (BTEX-Aromaten)

(Datenbasis: 365; 24-Stunden-Mischproben)

Alle 8 Einzelstoffe lagen unter der Bestimmungsgrenze von 0.5 µg/L.

1.5.4 Schwerflüchtige organische Verbindungen

(Datenbasis: 26, 24-Stunden-Mischproben alle 14 Tage)

Alle 32 Verbindungen dieser Stoffklasse lagen unter der Bestimmungsgrenze von 0.1 µg/L.

1.5.5 Komplexbildner

(Datenbasis: 14; 14Tages-Mischproben)

Die drei Komplexbildner wurden in Konzentration zwischen 0.5 bis 4.9 µg / L quantifiziert. NTA konnte 13, EDTA 14 und DTPA 10 Mal bestimmt werden.

1.6 C18 Screening und erhöhte Konzentrationen

(Datenbasis: 365; 24-Stunden-Mischproben)

Die 24-Stunden-Mischproben werden durch Festphasenextraktion um den Faktor 20'000 angereichert und mit der GC/MS-Technik im full-scan Modus analysiert. Werden organische Mikroverunreinigungen detektiert, erfolgt das weitere Vorgehen gemäss dem "Ablaufschema bei erhöhten Werten in der Analytik der RÜS": Je nach Konzentration wird eine Meldung per Fax an die Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) in Karlsruhe gesendet, oder es wird internationaler Rheinalarm ausgelöst. Die Meldeschwelle beträgt 0.1 µg/L bei Pestiziden und 1 µg/L bei den restlichen organischen Mikroverunreinigungen. Die Schwelle für einen internationalen Rheinalarm richtet sich auch nach der Fracht und ist somit abflussabhängig. Ein solcher Alarm musste im Jahr 2001 nicht ausgelöst werden.

1.6.1 Der LfU gemeldete Befunde (höherer Konzentrationsbereich)

Zeitpunkt der Welle		Substanz	Maximale Konzentration im Mischmuster vom	Maximale Konzentration µg/L	Gesamtfracht der Welle
von	bis				
21.02.01	22.02.01	N-Butylbenzensulfonamid	22.02.01	1.5	30 kg
08.06.01	13.06.01	Atrazin	12.06.01	0.17	120 kg
16.06.01	17.06.01	N-Butylbenzensulfonamid	17.06.01	2.0	130 kg
15.12.01	19.12.01	Methabenzthiazuron	18.12.01	0.18	30 kg
div. Wellen im 2001		Dichlormethan	18.02.01	0.7	1.5 to ⁶

Tab. 1 Hohe, der LfU gemeldete Befunde

Für die beiden kurzen Emissionen von *N-Butylbenzensulfonamid* konnte kein Verursacher gefunden werden.

Die Belastung mit *Atrazin* kann auf die Applikation von Atrazin als Herbizid in der Landwirtschaft und dessen Auswaschung nach Regenereignissen zurückgeführt werden. Sie fällt in die Spitze des Junihochwassers, welches mit einem maximalen Tagesdurchschnitt von 2835 m³/sec auch das Jahreshochwasser darstellt.

Die Belastung mit *Methabenzthiazuron*, eines in Getreide-, Erbsen- und Bohnenkulturen angewendeten Herbizids, fällt in eine Zeit mit ausgesprochenem Niedrigwasser (ca. 750 m³/sec) ausserhalb der Vegetationsperiode. Applikation in der Landwirtschaft als Ursache kann ausgeschlossen werden. Weitere Untersuchungen zur Ermittlung des Verursachers ergaben, dass dieser oberhalb des Kraftwerks Birsfelden ansässig sein muss und somit ausserhalb unseres Zuständigkeitsbereiches.

Im Verlaufe des Jahres 2001 wurden immer wieder erhöhte Konzentrationen an *Dichlormethan* gemessen. Die Maximalkonzentrationen wurden im Februar mit 0.72 µg/L erreicht. Interessant an diesen Belastungssituationen war, dass Perioden mit eindeutig höherer Belastung mit solchen mit niedriger abwechselten. Dies liess den Schluss zu, dass die Ursache in einem kampagnenmässig durchgeführten industriellen Prozess zu suchen war. Zudem waren eindeutige Spitzen von kurzer Dauer (1 Tag) erkennbar (Abbildung 4). Aufgrund dieser kurzen Spitzen musste der Verursacher im Raum Basel ansässig sein und den Rhein über eine Direkteinleitung (nicht über eine Kläranlage) verschmutzen.

⁶ Unsere Erfahrung ist, dass alle Dichlormethankonzentrationen von > 0.08 µg/l auf punktuelle Einleitung zurückzuführen sind. Die im 2001 aufsummierten Tagesfrachten der punktuellen Einleitungen betragen ca. 1.5 Tonnen. Die Vermutung liegt nahe, dass diese 1.5 Tonnen von einem Verursacher stammen.

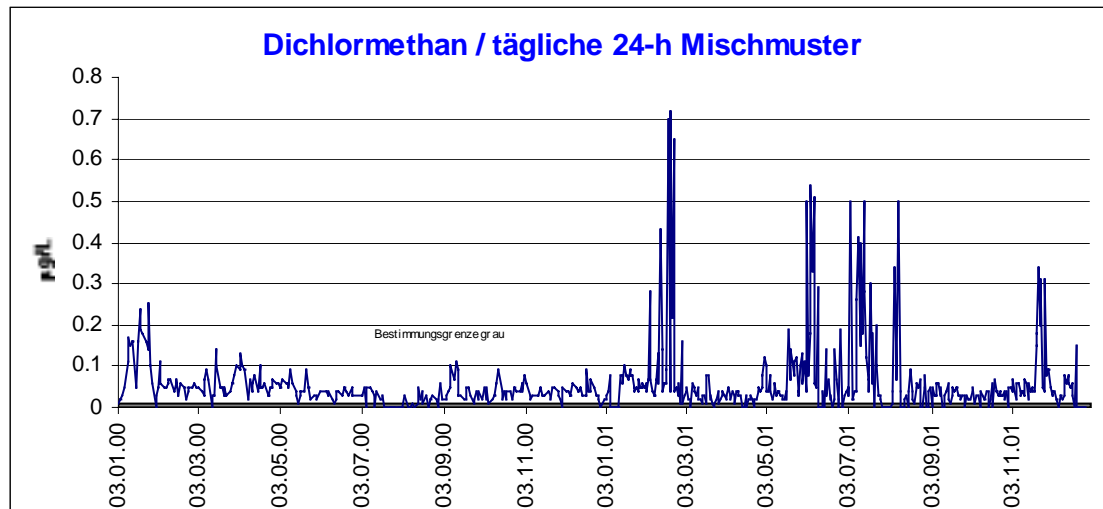


Abb. 4 gemessene Dichlormethan-Konzentrationen aus Tagesmischmustern

Die Schwierigkeit bei der näheren Eingrenzung des Ortes der Einleitung lag darin, dass die Spitzenkonzentrationen der Dichlormethanwellen sehr kurz waren und dass es deshalb sehr schwierig war das "gleiche" Wasser bei der Hardwasser AG⁷, in Birsfelden⁸ und bei der RÜS⁹ zu "erwischen", um den Ort der Einleitung einzugrenzen. Die Belastungssituation war aber so, dass Tage mit höherer Belastung nahe beieinander lagen. Aus diesem Grund wurden weitere Organisationen in ein Probennahmekonzept integriert, aufgrund dessen, bei Befunden von mehr als 0.15 µg/L Dichlormethan im Rhein bei Weil, Proben flussaufwärts bis Kaiseraugst gezogen wurden.

Ende Juli konnte mit Sicherheit gesagt werden, dass der Verursacher rechtsrheinisch, oberhalb des Kraftwerkes Birsfelden und unterhalb der Ansaugstelle der Hardwasser AG ansässig sein musste (d.h. im Raum Grenzach).

Alle Untersuchungen der deutschen Behörden waren jedoch negativ.

Die Entdeckung des Verursachers ist schliesslich einem Zufall zu verdanken. In einer an uns weitergeleiteten Nachricht waren im Anhang Messwerte von Dichlormethan im Kühlwasser- auslauf einer Firma im Raum Grenzach angegeben. Diese waren für die im Rhein nachgewiesene Fracht rund 10 mal zu klein, waren aber zeitgleich mit der Novemberwelle von Dichlormethan. Auf unsere Nachfrage hin, ob die Probennahme eventuell in offenen Gebinden erfolgt, erfuhren wir, dass dem so ist. Unsere Untersuchungen ergaben, dass bei einer offenen Probennahme über 24 h 90 % des vorhandenen Dichlormethans entweichen kann und somit 10 mal zu kleine Messwerte resultieren können. Die besagte Firma fand tatsächlich Lecks in ihrem Kühlsystem. Nach deren Reparatur wurden keine Emissionen mehr nachgewiesen. Die Gesamtfracht der durch diese Firma verursachten Fehlemissionen liegt im Jahr 2001 im Bereich von ca. 1.5 to.

Allein der analytische Aufwand betrug auf unserer Seite ca. 100 zusätzliche Bestimmungen von Dichlormethan (GC/Headspace/ECD).

⁷ Rheinkilometer 156.4

⁸ Rheinkilometer 163.9

⁹ Rheinkilometer 171.4

1.6.2 Der LfU nicht gemeldete Befunde (tiefer Konzentrationsbereich)

Wie im zweiten Halbjahr 1999 begonnen, wurde die Detektionslimite für die im C18-Screening zu erfassenden nicht-Target-Verbindungen von 200 ng/l beibehalten. Dieser Wert entspricht im Totalionenstromchromatogramm einer Signalintensität der vierfachen Menge (50 ng/l) des eingesetzten internen Standards (Terbutylazin-D5).

Tabelle 2 enthält nun alle Substanzen, die über diesem Schwellenwert liegen.

Ziel dieser Auswertung ist es, Daten von Einleitungen relevanter Stoffe z.B. aus Abwasserreinigungsanlagen zu bekommen und über deren Frachten und Frequenzen bei Bedarf Aussagen machen zu können. Gleichzeitig steht diese Datenbasis interessierten Kollegen anderer Fachbereiche bei der Lösung allfälliger Probleme zu Verfügung.

Anz. Tage	amu1 100%	amu 2	%	amu 3	%	amu 4	%	RRT	Kovats-Index	Mögliche Zuordnung zu Stoff / Stoffklasse gemäss NIST	Summenformel	CAS-Nr	Mol-masse
1	113	55	92	85	79	135	65	0.460		Caprolactam	C6H11ON	105-60-2	113
1	59	55	60	67	30	123	10	0.462	1080	Dihydro-Mycenol	C10H20O	53219-21-9	156
1	59	72	90	87	80	45	70	0.560	1184	Carbitol-Acetat	C8H16O4	112-15-2	176
1	55	71	80	81	60	95	40	0.567	1192	Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methyl-ethyl)	C10H20O	2216-52-6	156
1	125	69	95	55	90	83	80	0.626	1250	Trimethylcyclohexynol-Derivat			
4	106	107	70	77	50	149	35	0.657	1305	p-Acetotoluidide	C9H11ON	103-89-9	149
1	144	116	80	159	40	51	30	0.680	1345	5-Methyl-3-phenylisoxazol	C10H9ON	1008-74-8	159
9	84	133	60	161	40	162	40	0.692	1360	Nikotin	C10H14N2	16760-37-5	162
7	106	163	70	51	60	77	55	0.691	1362	N-Ethyl-acetanilid	C10H13ON	529-65-7	163
37	87	77	70	51	70	94	30	0.710	1382	2-Phenoxyethyl-acetat	C10H12O3	6192-44-5	180
14	179	59	90	161	80	119	20	0.762	1470	unbekannt			
1	99	57	90	155	50	55	35	0.787	1516	Phosphorsäuretributylester	C12H27O4P	126-73-8	266
11	170	46	90	55	80	88	60	0.802	1532	unbekannt			
3	145	67	60	160	55	163	30	0.820	1559	unbekannt			
1	45	86	15	70	10	72	10	0.822	1562	unbekannt			
2	111	50	95	175	85	190	70	0.825	1566	1-Chlor-4-(methylsulfonyl)-benzol	C7H7O2ClS	98-57-7	190
1	163	77	70	109	60	91	50	0.827	1569	unbekannt			
1	57	85	50	69	45	127	40	0.799	1582	8-Octadecanon-derivat			
1	58	72	70	100	50	198	40	0.867	1624	unbekannt			
1	181	148	95	180	30	108	25	0.874	1633	2-Methylthio-benzothiazol	C8H7NS2	615-22-5	181
1	156	82	95	59	95	109	40	0.882	1644	unbekannt			
1	83	153	20	156	15	55	20	0.903	1671	Methyl-dihydrojasminat	C13H22O3	24851-98-7	226
5	57	56	60	59	50	101	20	0.932	1706	Butoxytriethylenglycol	C10H22O4	143-22-6	206
4	77	141	90	170	90	51	70	1.020	1794	N-Butyl-benzol-sulfonamid	C10H15O2NS	3622-84-2	213
3	75	47	90	185	50	145	45	1.024	1803	unbekannt			
22	194	55	60	67	50	109	35	1.084	1852	Koffein	C8H10O2N4	58-08-2	194
1	243	213	50	258	20	171	20	1.085	1855	Galaxolide	C18H26O		258
1	222	194		180		134		1.149	1907	unbekannt			

Anz. Tage	amu1 100%	amu 2	%	amu 3	%	amu 4	%	RRT	Kovats-Index	Mögliche Zuordnung zu Stoff / Stoffklasse gemäss NIST	Summenformel	CAS-Nr	Mol-masse
2	194	193	20	195	15	209	10	1.183	1933	9,10-Dihydro-9,9-dimethyl-acridine	C15H15N	6267-02-3	209
3	57	45	60	59	20	101	40	1.235	1972	Pentaethylenglycol	C14H30O6	1786-94-3	294
10	109	137	90	121	80	93	60	1.262	1992	unbekannt			
2	55	57	70	69	40	83	30	1.262	1992	Eicosyltrichlorsilan	C20H41Cl3Si		414
1	55	69	40	81	10	82	10	1.268	1996	unbekannt			
2	71	73	99	55	90	85	50	1.393	2069	Dibutoxybutan-Derivat	C12H26O2	4161-40-4	202
2	58	134	10	91	10			1.462	2111	N,α-Dimethyl-Phenylethylamin	C10H15N	33817-09-3	149
3	185	57	80	129	60	157	40	1.722	2244	Tributylacetylcitrat	C20H34O8	77-90-7	402
1	71	55	90	73	70	85	20	2.365	2519	Dibutoxybutan-Derivat	C12H26O2	4161-40-4	>202
1	71	55	70	73	25	100	10	3.299	2977	Dibutoxybutan-Derivat	C12H26O2	4161-40-4	>202

RRT*) Die RRT (relative Retentionszeit) bezieht sich auf Terbutylazin-D5 als internen Standard.

Tab. 2 Zusammenstellung von niedrigen Befunden

In Tabelle 2 sind Substanzen, die im Blindwert des Analyseverfahrens vorkommen, nicht aufgeführt. Es ist aber davon auszugehen, dass auch diese Stoffe zum Teil in recht beträchtlichen Mengen aus anthropogenen Quellen in den Rhein emittiert werden und eine umweltschädigende Wirkung - im Fall der Phthalate wird eine endokrine diskutiert - haben können.

Im Jahr 2000 wurden im Bereich der Probennahme und Analytik erhebliche Anstrengungen unternommen, um den Blindwert zu senken. Entscheidend war die unter 3.3 beschriebene Installation eines erweiterten LHKW-Probenehmers für die C18-Screening-Analytik. Durch diese Massnahme konnte die Konzentration der Probennahme- und Laborblindwerte um rund 60% reduziert werden. Damit können erstmals Angaben zur Konzentration dieser ubiquitär vorhandenen Verbindungen im Rhein angegeben werden. In Tabelle 3 sind zu den jeweiligen Stoffen die Anzahl Tage, an denen bestimmte Konzentrationen überschritten werden, angegeben.

Verbindung	RRT*)	Anzahl Tage	Überschrittene Konzentration [µg/L]
2-Phenoxy-ethanol	0.595	40	0.48
Benothiazol	0.605	5	0.22
Surfynol	0.722	20	0.23
Methoxyphenolderivat	0.755	12	0.26
BHT	0.785	3	0.23
Diethylphtalat	0.840	14	0.30
Propionsäureester	0.842	3	0.20
Tri-(chlorethyl)-phosphat	0.985	9	0.24
Diisobutylphtalat	1.08	95	0.12
Dibutylphtalat	1.21	88	0.12
Phenantrenderivat	1.92	83	0.11
Diisooctylphtalat	2.37	4	0.28
Squalen	3.02	6	0.38

RRT*) Die RRT (relative Retentionszeit) bezieht sich auf Terbutylazin-D5 als internen Standard.

Tab. 3 Gehaltsangaben von Stoffen im Rhein, die sowohl im Analysenblindwert als auch im Rhein nachgewiesen werden

2. Schwebstoffphase¹⁰

Alle 14 Tage werden mit einer Durchflusszentrifuge während 6 bis 72 Stunden ca. 100 g Schwebstoffe aus dem Rheinwasser gesammelt. Sie werden im Labor auf chemische Verbindungen untersucht, die sich stark an Schwebstoffe anlagern. Ein Teil des Schwebstoffs wird, angepasst an die Analytik, gefriergetrocknet und gemahlen, ein anderer Teil wird direkt als nasse Probe untersucht. Zusätzlich werden in ansteigenden Hochwasserwellen Schwebstoffproben gezogen. Ein Hochwasser wird als solches behandelt, wenn der Pegel in Rheinfelden die Marke von 3.50m übersteigt. Dies entspricht einem Abfluss von mehr als 1800m³/s.

Angegebene Gehalte beziehen sich immer auf die Trockensubstanz.

2.1 Allgemeine Zusammensetzung und Summenparameter

(Datenbasis: 28 Untersuchungen)

Der Rhein bei Basel enthielt im Jahr 2001, während den Beprobungen, im Mittel 21.6 mg Schwebstoff pro Liter Wasser. Dieser hohe Wert (1995: 13.3, 1996: 8.3, 1997: 5.8, 1998: 12.7, 1999: 12.1 mg/L, 2000: 8.6 mg/L) wird hauptsächlich durch die beiden zusätzlichen Hochwasserbeprobungen der Wochen 11 (216,7 mg/L bei 2462 m³/s) und der Woche 15 (64.4 mg/L bei 2164 m³/s) erhalten. Lässt man diese Werte für den Vergleich weg, so liegt der bereinigte Mittelwert bei 12.4 mg/L, trotz der regulären Beprobung während eines Hochwassers in der Woche 24 (126.6 mg/L bei 2835 m³/s). Im Allgemeinen ist der Schwebstoffgehalt stark abfluss- bzw. wetterabhängig.

Der Phosphorgehalt in Schwebstoffen war mit 2.3 g Phosphor / kg Schwebstoff im Rahmen der beiden Vorjahre. Der TOC betrug bei Basel durchschnittlich 67.8 g Kohlenstoff / kg (6.8%C; min. 3.5 %C bis max 10.5 %C) der Schwebstoffmasse, geringfügig weniger als im Vorjahr (7.1% C / kg Schwebstoff).

2.2 Metalle

(Datenbasis: 28 Untersuchungen, 10 Einzelstoffe)

Legt man die strengen Beurteilungskriterien der IKSR zugrunde, ergibt sich folgendes Bild: Die Zielvorgaben des "Aktionsprogramms Rhein" der IKSR von 1990 sind erreicht (halber 90-Perzentil-Wert) bei den Metallen Blei (Pb) und Arsen (As). Alle anderen Messwerte liegen in der Nähe der IKSR-Zielvorgaben.

Resultate 2001 / Metalle in Schwebstoffen					
Metall	Einheit	mittlere Konzentration	90er Perzentil	50er Perzentil (Median)	Zielvorgabe der IKSR
Eisen	g/kg	24.2	29.7	23.0	
Mangan	g/kg	0.88	1.00	0.86	
Zink	mg/kg	192	243	191	200
Chrom	mg/kg	52.6	63.1	51.3	100
Kupfer	mg/kg	49.1	62.7	49.5	50
Blei	mg/kg	39.7	48.7	40.3	100
Nickel	mg/kg	42.7	48.7	41.8	50
Arsen	mg/kg	12.2	15.5	11.9	40
Cadmium	mg/kg	0.48	0.62	0.46	1.0
Quecksilber	mg/kg	0.31	0.48	0.23	0.5

Tab. 4 Auswertung der Schwermetallgehalte der Schwebstoffe

¹⁰ Erläuterungen zu den aufgeführten Messparametern befinden sich im Anhang

2.3 Organochlor-Pestizide

(Datenbasis: 28 Untersuchungen, 7 Einzelstoffe)

Von den Verbindungen α -, β -, γ - und δ -HCH waren 2001 nur α -HCH und γ -HCH (Lindan) quantifizierbar (IKSR-Mittelwert α -HCH 2.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ und 0.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ γ -HCH). α -HCH konnte 27 und Lindan 8 Mal nachgewiesen werden.

Die Werte für Hexachlorbenzol (HCB) waren im Bereich des Vorjahres. Bei 27 Positivbefunden ergab sich ein IKSR-Mittelwert von 4.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (2000: 4.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 1999: 11.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$), der Maximalwert betrug 17 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (2000: 46 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 1999: 36 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

Auch 2001 wurde noch p,p'-DDT gefunden (IKSR-Mittelwert 2.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bei 26 Positivbefunden), ebenso der Metabolit p,p'-DDE (27 positive Befunde, IKSR-Mittelwert 1.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Nicht bestimmt wurden die Metaboliten o,p'-DDD, p,p'-DDD und o,p'-DDE. Das Isomere o,p'-DDT (zu ca. 30% im technischen DDT enthalten) wurde mit 4 Positivbefunden und einem IKSR-Mittelwert von 0.64 $\mu\text{g}/\text{kg}$ detektiert.

2.4 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

(Datenbasis: 28 Untersuchungen, 8 Einzelstoffe)

Von den 8 ausgewählten Kongeneren waren 6 immer bzw. fast immer quantifizierbar (PCB-153, PCB-138, PCB-180, PCB-101 (28x); PCB-118 (27x), PCB-170 (26x)). Die mittleren Konzentrationen lagen 2001 jeweils zwischen 1.8 und 5.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Das PCB-52 wurde 3x (IKSR-Mittelwert 0.64 $\mu\text{g}/\text{kg}$), das PCB-28 in keiner Probe nachgewiesen. Werden die entsprechenden durchschnittlichen Gehalte der PCB-Kongeneren (28, 52, 101, 118, 138, 153 und 180) mit dem LAGA-Faktor verrechnet, erhält man einen angenäherten durchschnittlichen Gesamt-PCB Gehalt von 95 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

2.5 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

(Datenbasis: 28 Untersuchungen, 15 Einzelstoffe)

Von den untersuchten Vertretern der PAK waren 13 in Konzentrationen zwischen 0.015 und 0.33 mg/kg im Mittel enthalten. Am häufigsten wurden Fluoranthen, Benzo(a)antracen, Chrysen, Pyren, Phenantren, Benzo(a)pyren, Benzo(ghi)perylen, Benzo(b)- und Benzo(k)fluoranthen bestimmt. Anthracen, Dibenz(a,h)anthracen Indeno(1,2,3-cd)pyren und Naphthalin sind seltener, Fluoren und Acenaphthen konnten gar nicht nachgewiesen werden.

2.6 Schwerflüchtige chlorierte Verbindungen

(Datenbasis: 28 Untersuchungen, 7 Einzelstoffe)

Von den Trichlorbenzolen sind 1,2,4-Trichlorbenzol (27x, Mittelwert 14.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$; 2000 3.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$), 1,2,3-Trichlorbenzol (27x, Mittelwert 3.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$) und 1,3,5-Trichlorbenzol (25x, Mittelwert 2.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Pentachlorbenzol (26x, Mittelwert: 1.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$) sowie 1,4-Dichlorbenzol (27x, Mittelwert 10.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$) quantifiziert worden. Bemerkenswert ist die Anzahl der hohen 1,2,4-Trichlorbenzol-Werte, welche bei 9 Probennahmen gleich oder mehr als 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ betragen. Bei der Probennahme vom 28.11.2001 (Niedrigwasser) wurde das 1,2,4-Trichlorbenzol mit 65 $\mu\text{g}/\text{kg}$ und das 1,4-Dichlorbenzol 68 $\mu\text{g}/\text{kg}$ nachgewiesen. Lediglich ein Positivbefund ergab sich für Pentachloranisol (1.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Mittelwert 0.53 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

2.7 Zinnorganische Verbindungen

(Datenbasis: 28 Untersuchungen, 5 Verbindungen)

Der Mittelwert des häufig vorkommenden Dibutylzinn (in 21 Proben quantifiziert) beträgt 1.4 $\mu\text{g Sn}/\text{kg}$ (2000: 3.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Triphenylzinn wurde 15x (Mittelwert 2.8 $\mu\text{g Sn}/\text{kg}$; 2000 4.6 $\mu\text{g Sn}/\text{kg}$) und Tetrabutylzinn 5x (Mittelwert 0.3 $\mu\text{g Sn}/\text{kg}$) bestimmt. Tributylzinn konnte nur 1x mit 0.56 $\mu\text{g}/\text{kg Sn}$ nachgewiesen werden (Mittelwert 0.26 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

3. Technische Änderungen in der RÜS

3.1 Standzeiten von Strängen im Jahr 2001

Die auf das Hochwasser von Mai 1999 zurückzuführenden Schäden und deren Behebung haben im Januar 2001 letztmals für Ausfälle der Stahl- und Kunststoffstränge der Entnahmestelle 4 geführt. In Tabelle 5 sind die Ausfallzeiten verschiedener Pumpen und die Stränge, deren Wasser zur Bildung von Mischung Stahl und Mischung Kunststoff verwendet wurde, dargestellt. In Tabelle 6 die Betriebszeiten.

Pumpen	Datum	Grund
S4, K4	15.12.2000-31.01.2001	zu niedrige Durchfahrtshöhe, Anpassen des Abweisers
MS4, MK4	15.12.2000-31.01.2001	Druckerhöhungspumpe für Mischleitung abgestellt infolge Arbeiten an S4 und K4
MK alle	13.03.2001-19.03.2001	Druckerhöhungspumpen infolge Trübung >150 ausgeschaltet
K3	9.04.2001	Fluss zu gering => Trennverstärker
MK4	6.04.2001-9.04.2001	Leitung Strang 4 für MK verstopft
MK alle	11.04.2001-17.04.2001	Druckerhöhungspumpen vorsorglich ausgeschaltet (HW an Ostern erwartet)
MK 4	23.04.2001	Probleme mit Druckerhöhungspumpe 4
S1-5 u. K1-5	3.05.2001-11.05.2001	Umbauten an allen Strängen jeweils 4h
MK alle	11.06.2001-12.06.2001	Druckerhöhungspumpen infolge Trübung >150 ausgeschaltet
Alle Pumpen	4.07.2001	Fehlmeldung Sensor Keller-Überflutung ca. 4h

Tab. 5 Betriebsunterbrüche von Strängen im 2001

Datum	Mischwasser aus
15. 12. 2000 bis 31.1.2001	S1, S2, S3, S5 K1, K2, K3, K5
Ab 1.2.2001	S1, S2, S3, S4, S5 K1, K2, K3, K4, K5

Tab. 6 Zusammensetzung des Mischwassers (MS und MK) im 2001

3.2 Bauarbeiten

Im Jahr 2001 musste mit dem Ersatz von PVC-Leitungen begonnen werden, welche 10 Jahre nach der Installation spröde wurden und durch neue ersetzt werden müssen. Diese Arbeiten ziehen sich über drei Jahre hin und werden 2003 abgeschlossen sein.

3.3 Probennahme

Die Revisionen der 1993 installierten Bühler-Montec Ereignisprobennehmer¹¹ sind sehr teuer. Aus diesem Grund wurde Ende 2000 ein Bühler-Montec Ereignisprobennehmer durch einen der Firma Water-Sam¹² ersetzt. Die Auslaufventile der Water-Sam Probennehmer sind bedeutend einfacher konstruiert und werden durch Sand nicht verschlissen. Im 2001 konnte nun ein weiterer Water-Sam Probennehmer in Betrieb genommen und der im 2000 beschaffte von 18 auf 24 Probengläser ausgebaut werden. Im Laufe der nächsten Jahre

¹¹ Die Ereignisprobennehmer sind automatische (Füllung und Entleerung), an jedem Strang montierte Probennehmer, die 11 Proben zu je 12 Stunden sammeln. Es wird somit jederzeit eine Rückverfolgbarkeit von 5.5 Tagen garantiert.

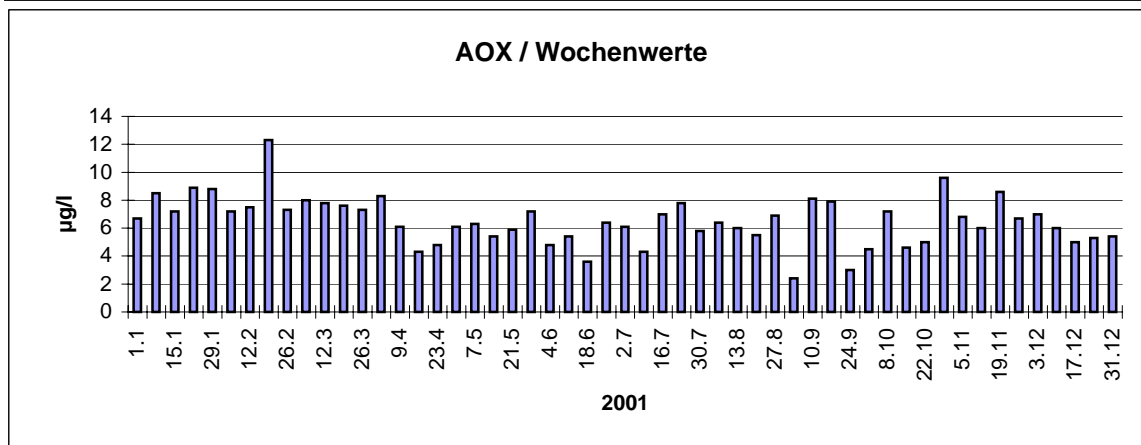
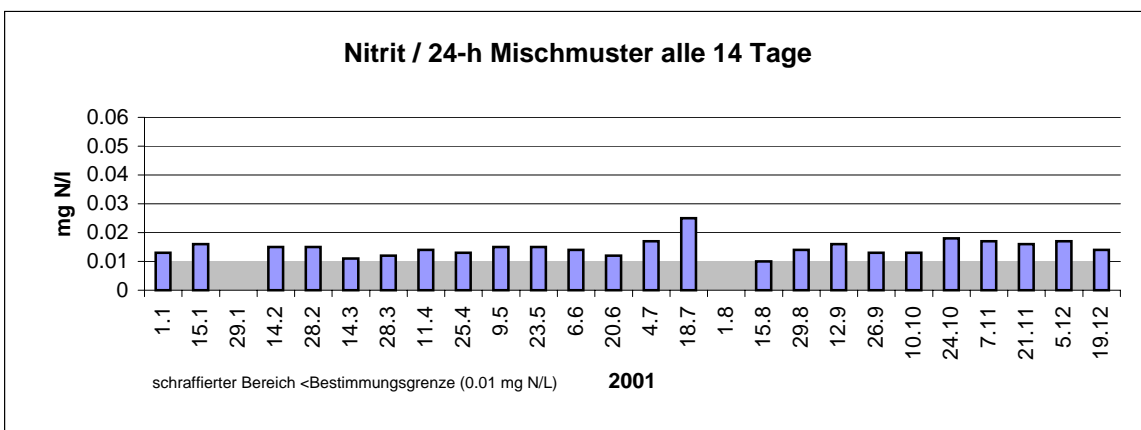
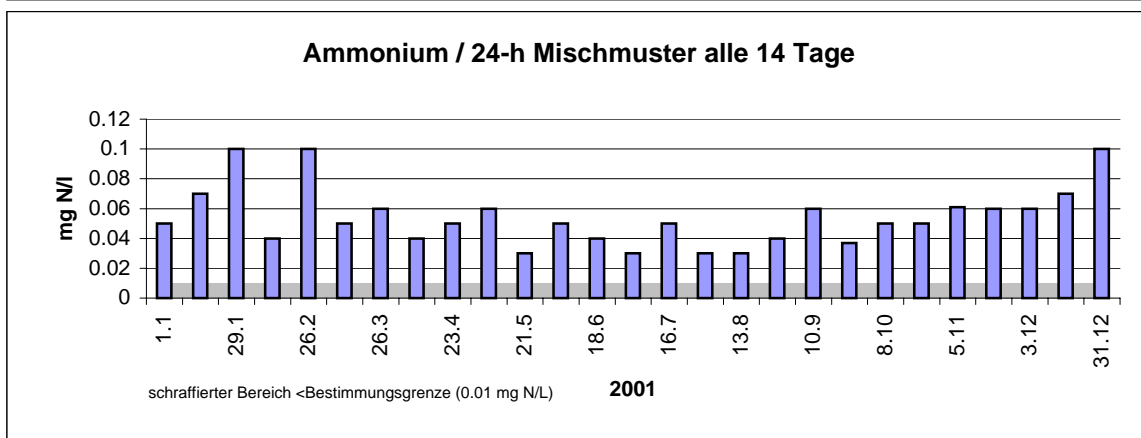
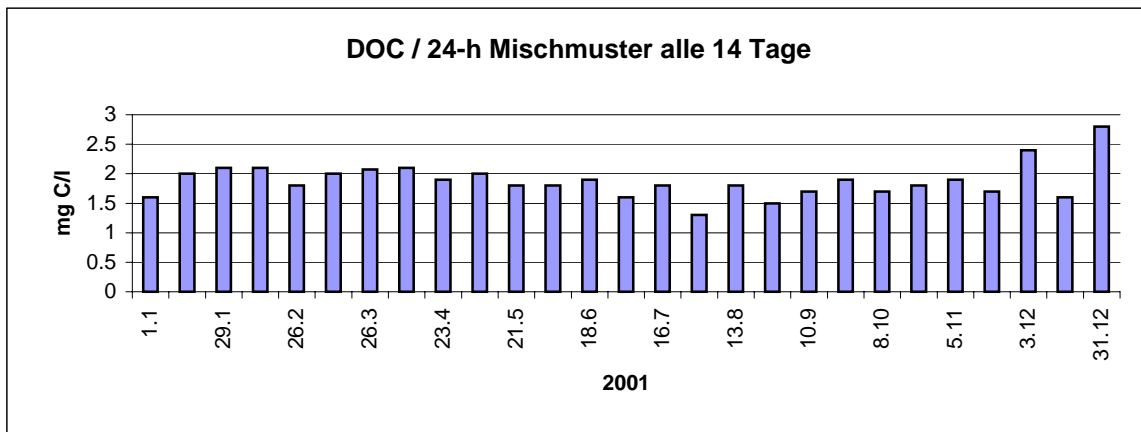
¹² Die Water-Sam Probennehmer sind gekühlte, automatische (Füllung und Entleerung) an einem Strang montierte Probennehmer. Sie können in der 24er Version 23Proben zu je 12 Stunden sammeln, haben also eine Rückverfolgung von 11.5 Tagen garantiert

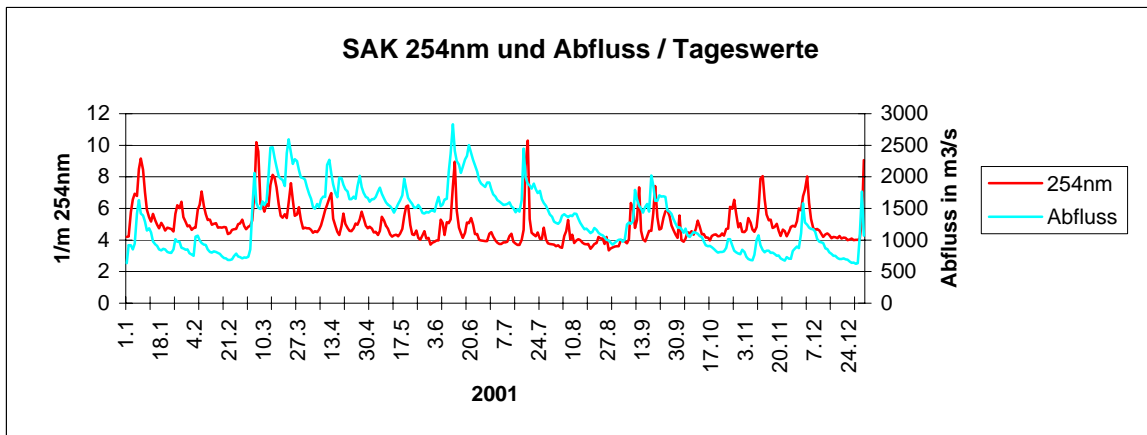
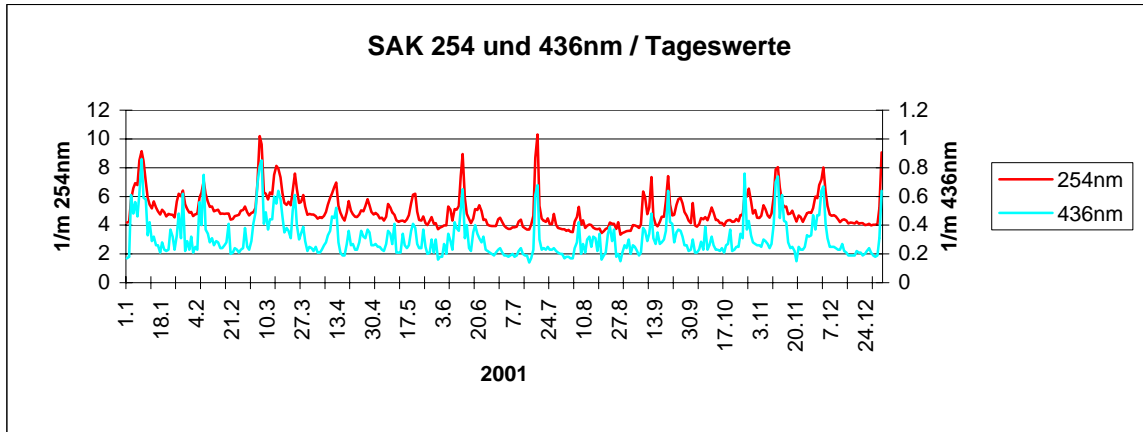
sollen die restlichen Bühler-Montec Ereignisprobennehmer durch solche von Water-Sam ersetzt werden.

Ende 2000 wurde ein neuer, in Zusammenarbeit mit den Herren Preg (Fa. Preg) und Strittmatter (Fa. BWB) entwickelter LHKW-Probennehmer in Betrieb genommen. Dieser ermöglicht die automatische Probennahme von 2 bis 3 L Probe je 24 h an zwei aufeinanderfolgenden Tagen ohne Aufsicht¹³. Die 24-h-Sammelproben aus diesem neuen Probennehmer werden für die Analytik von leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen, leichtflüchtigen Aromaten (Benzol, Toluol und Xylol) und für das GC/MS-Screening auf unbekannte Stoffe verwendet. Für das als letztes genannte GC/MS-Screening hat die Probennahme mittels geschlossenem LHKW-Probennehmer eine markante Qualitätsverbesserung gebracht. Die Zahl und das Konzentrationsniveau von Artefakten konnte markant gesenkt werden, da bei der geschlossenen Probennahme im LHKW-Probennehmer flüchtige Verbindungen in der Luft des Probennahmeraums die Probe nicht mehr beeinflussen können.

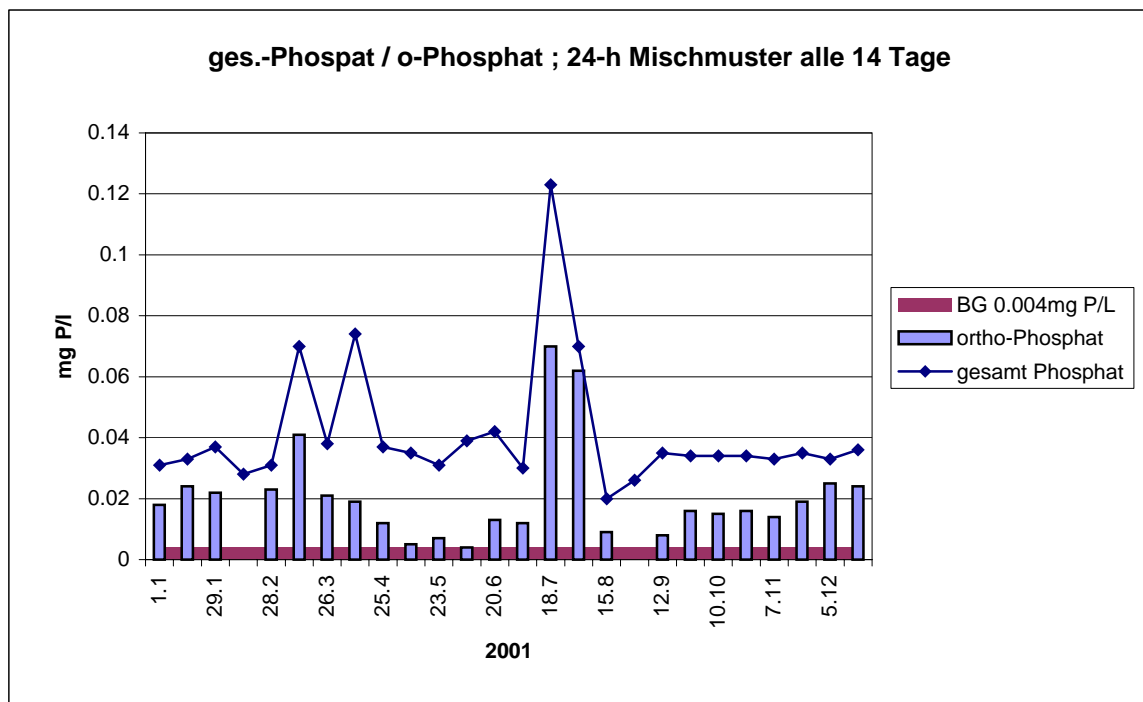
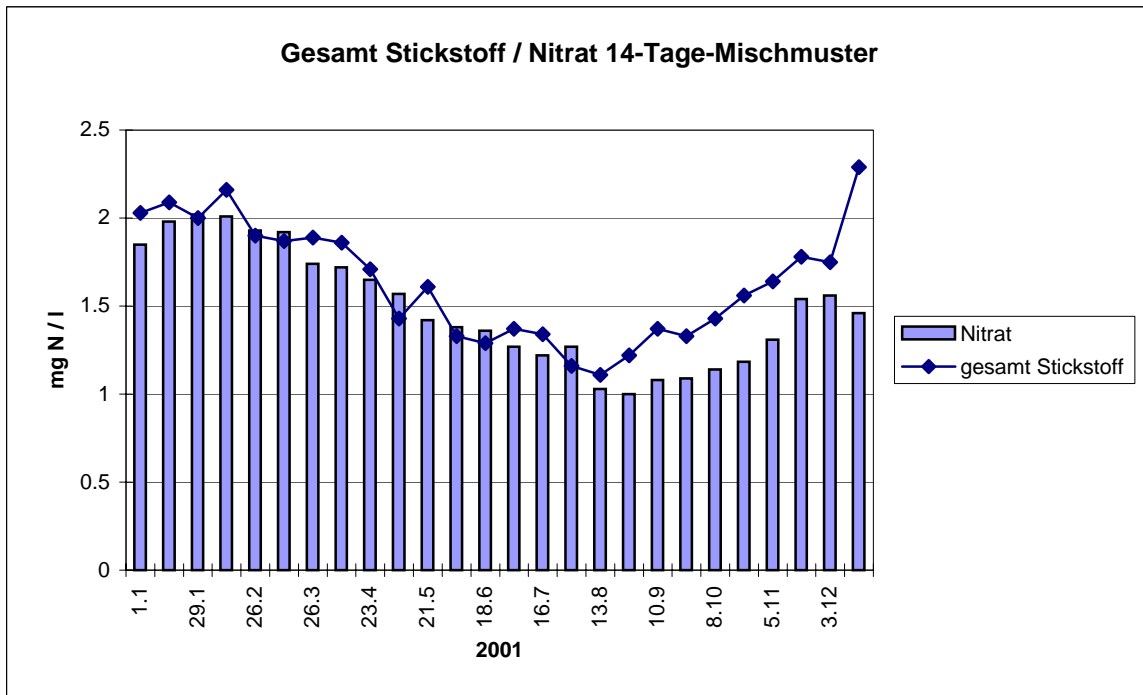
¹³ Bis Ende 2000 erfolgte die LHKW-Probennahme werktags als 24-h-Muster und über das Wochenende als 72-h-Muster.

I. Wasserphase
I.1 Abwasserinhaltsstoffe

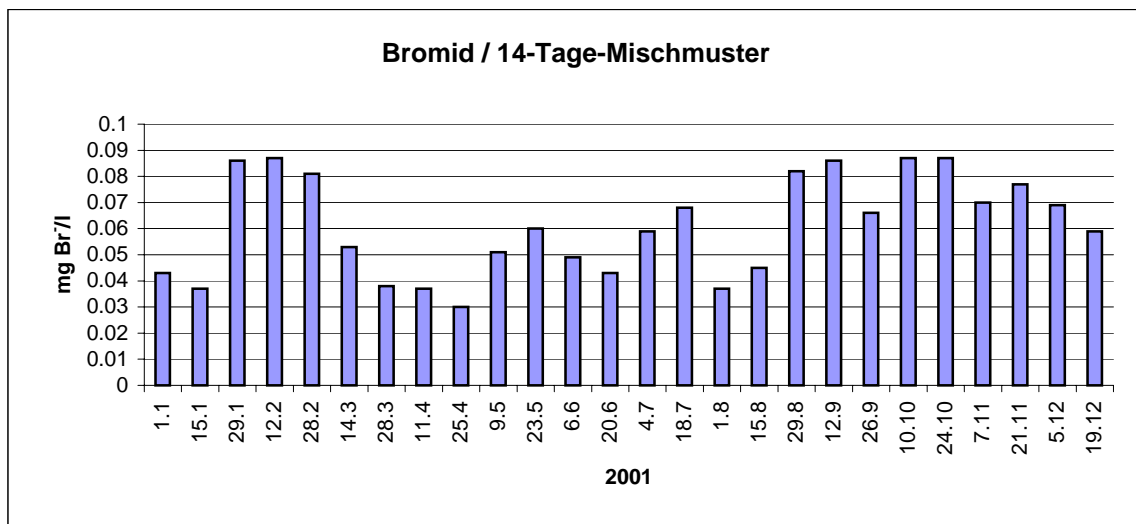
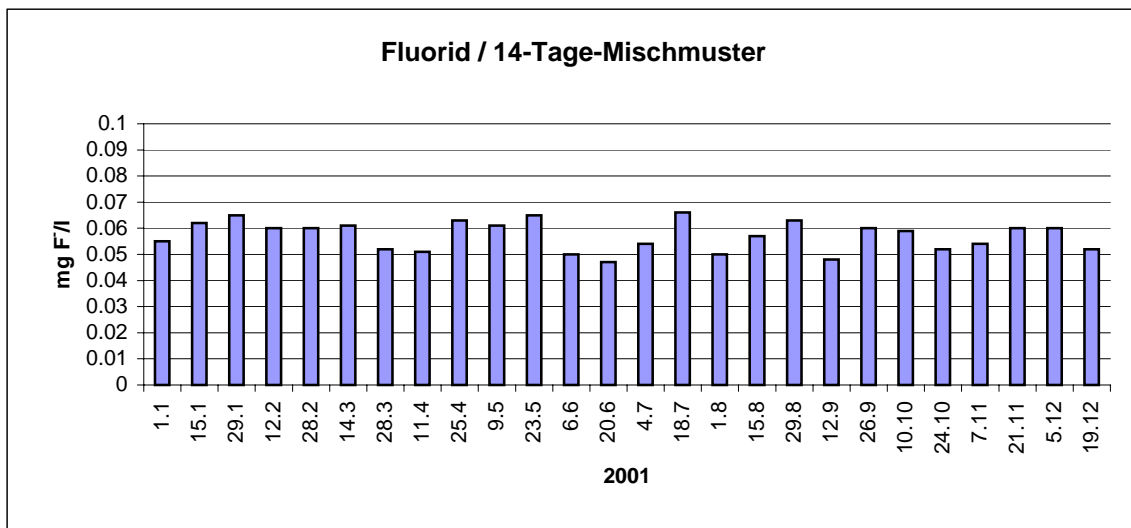
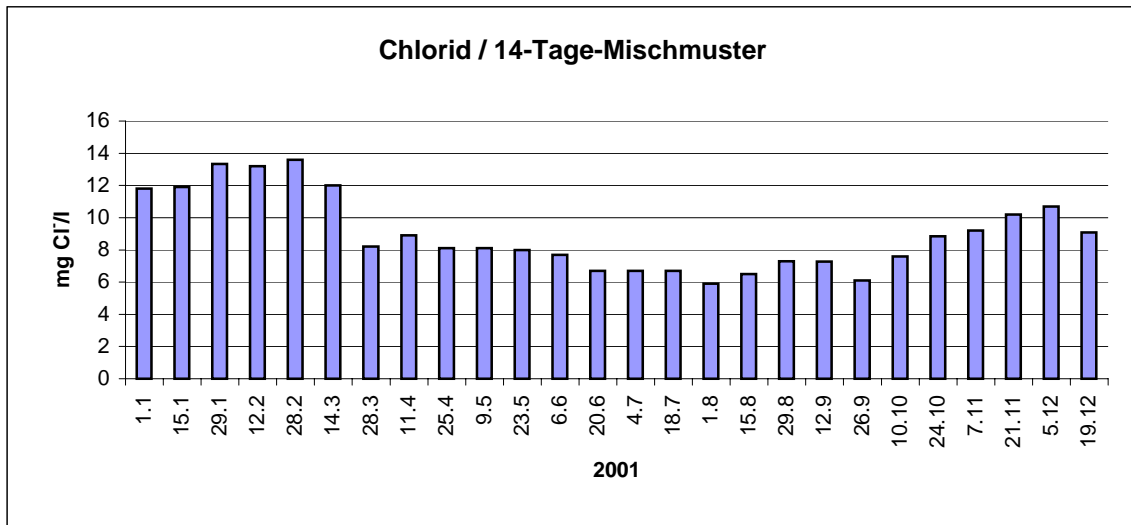


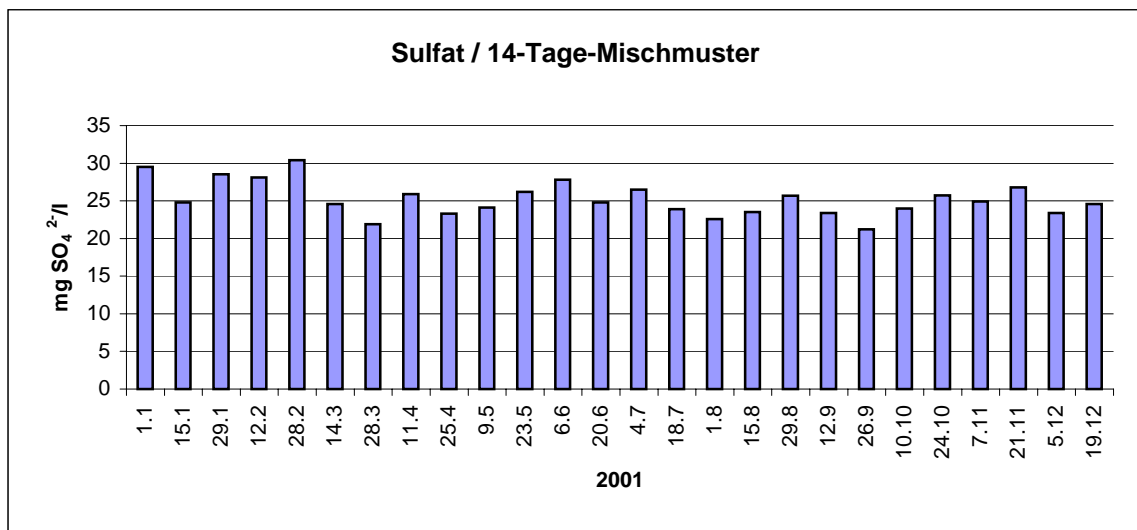
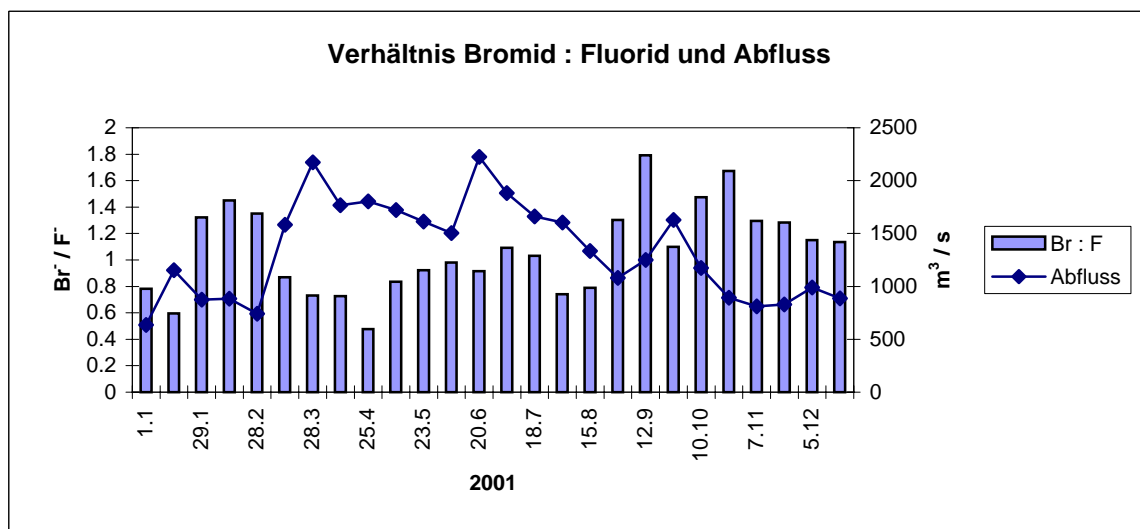
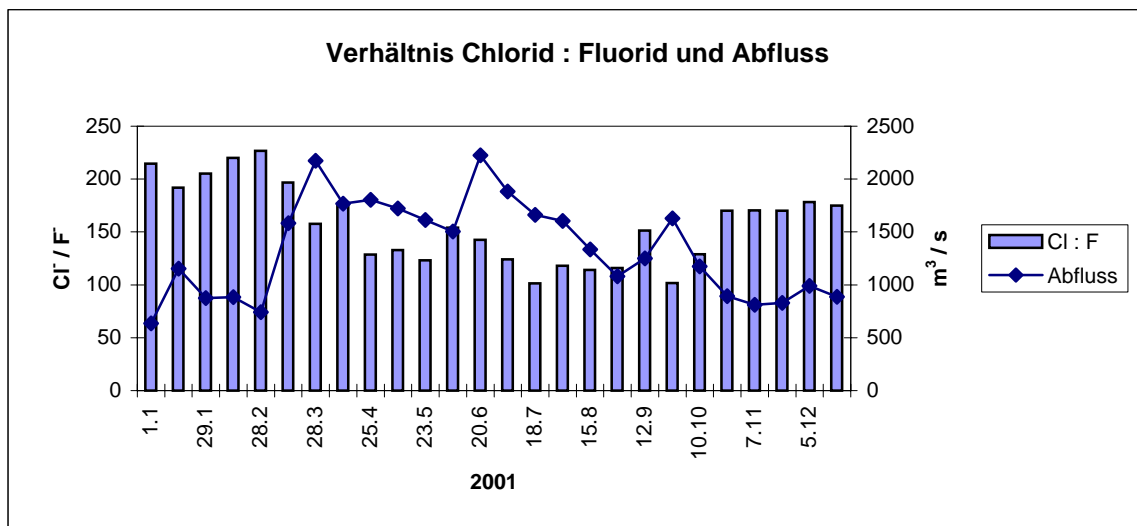


I.2 Pflanzennährstoffe

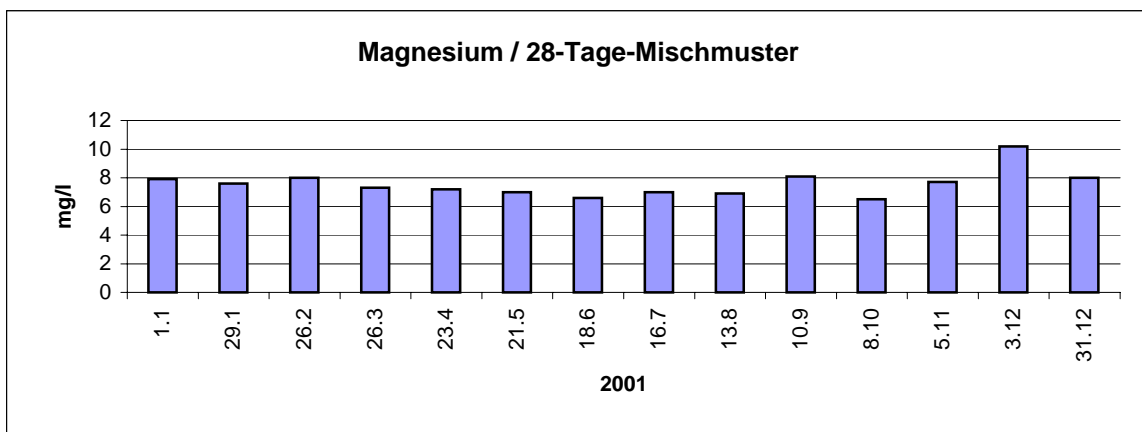
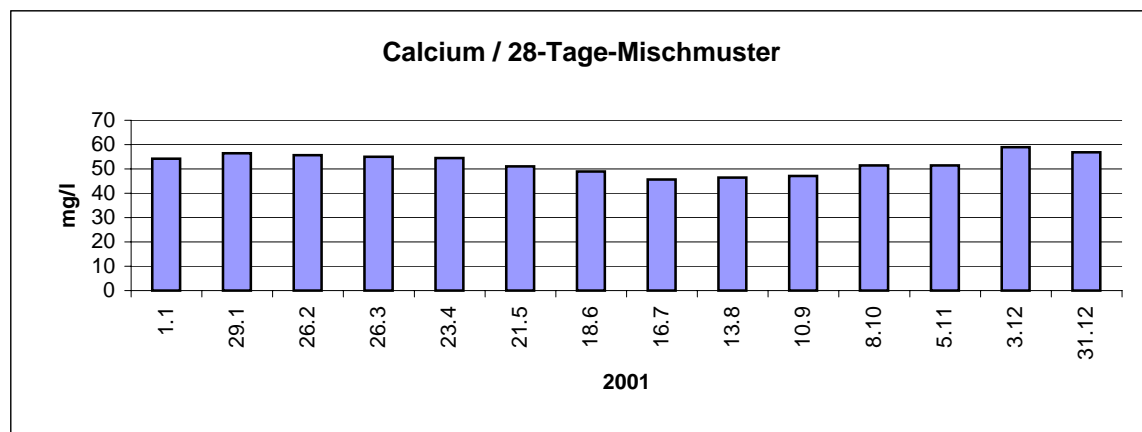
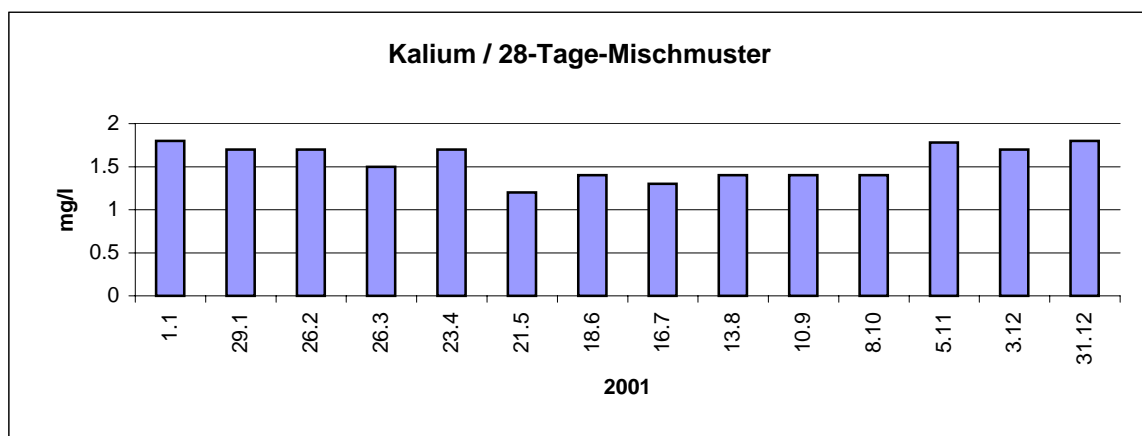
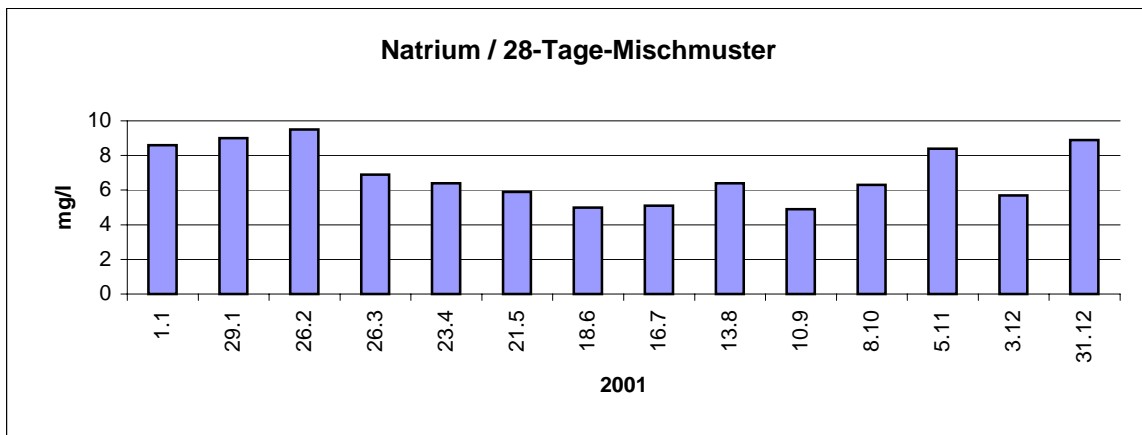


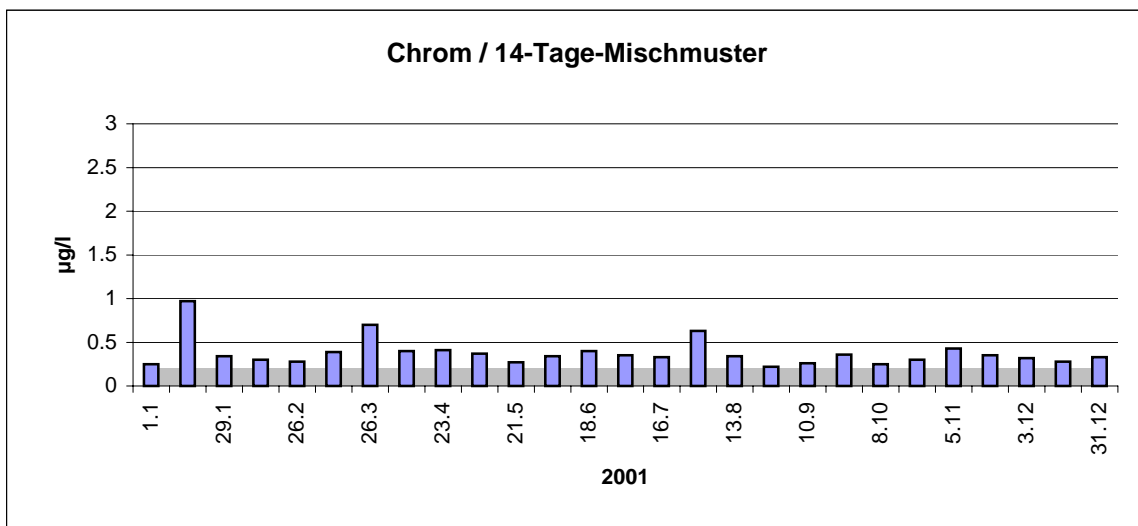
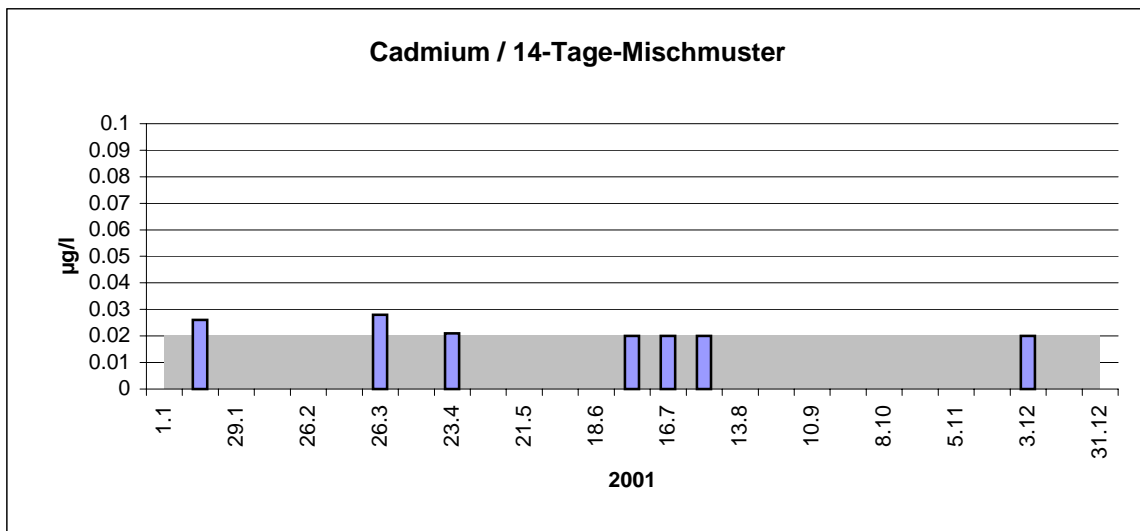
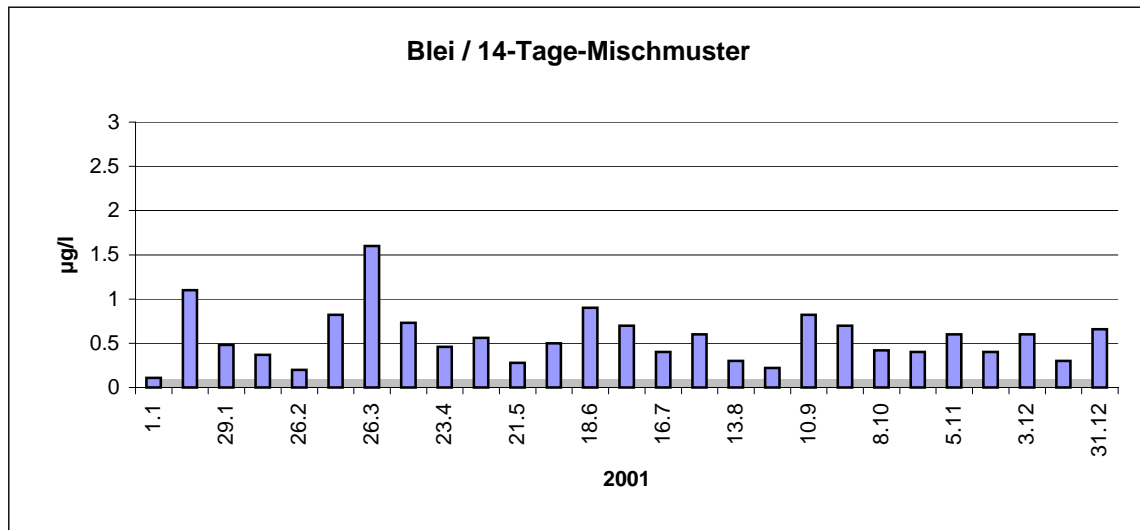
I.3 Neutralsalze





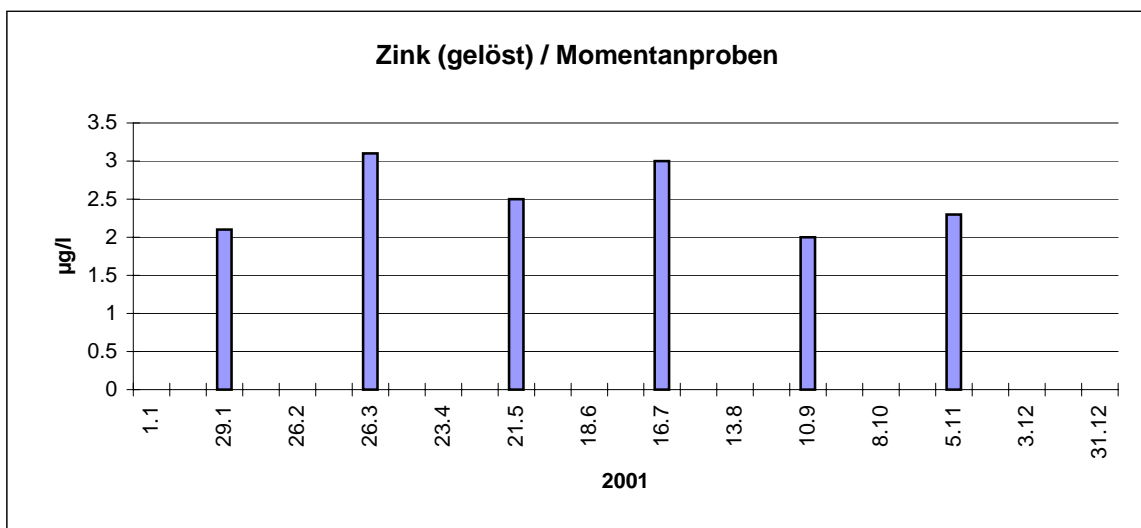
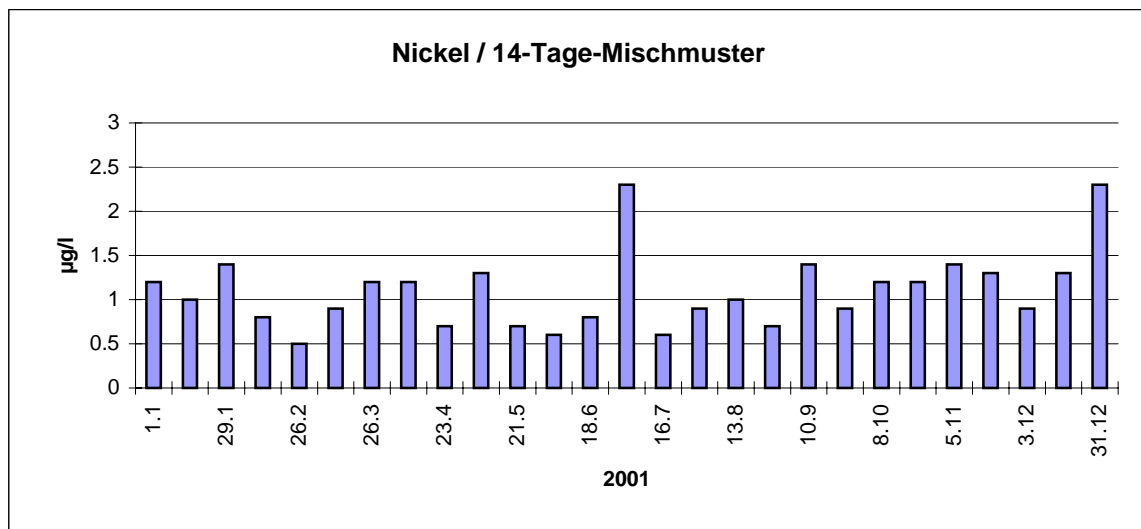
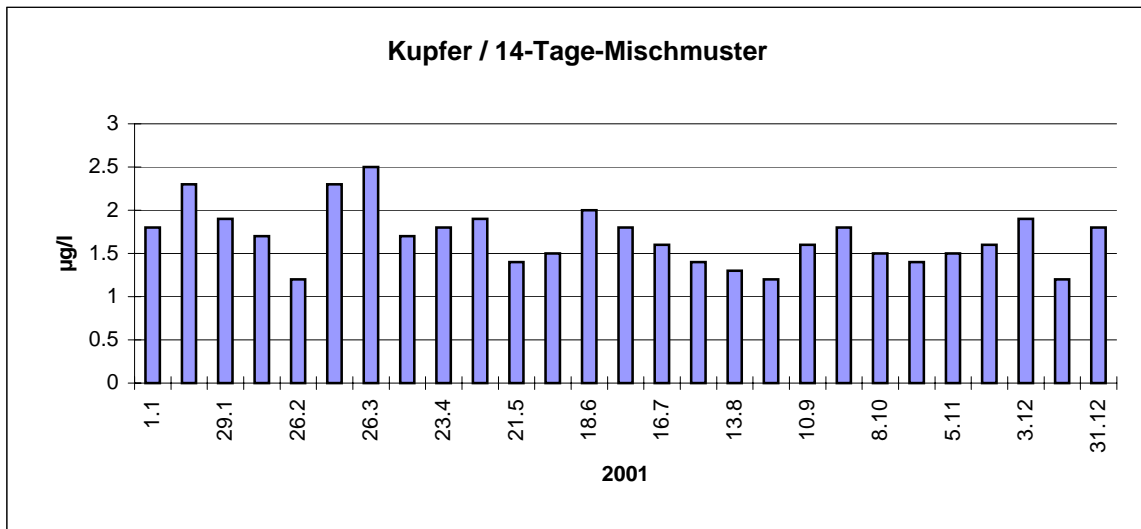
I.4 Metalle gelöst in Wasserphase





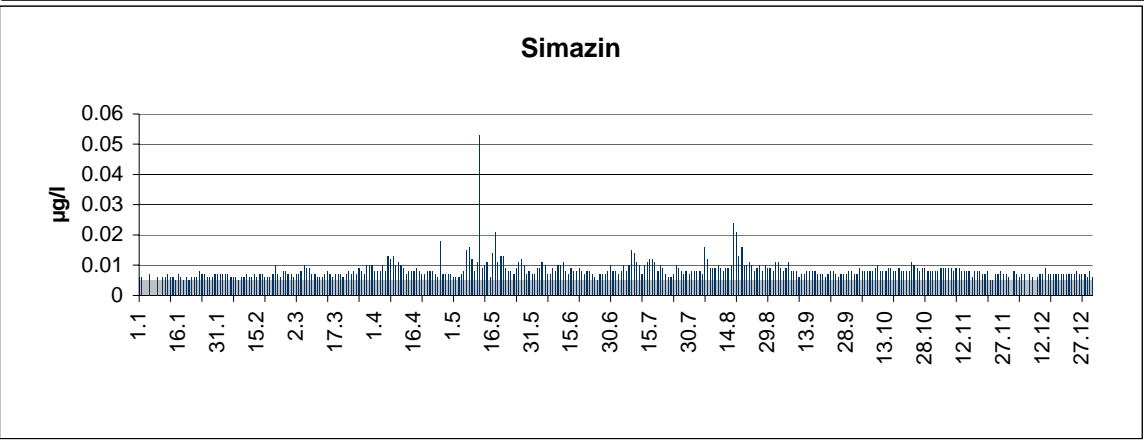
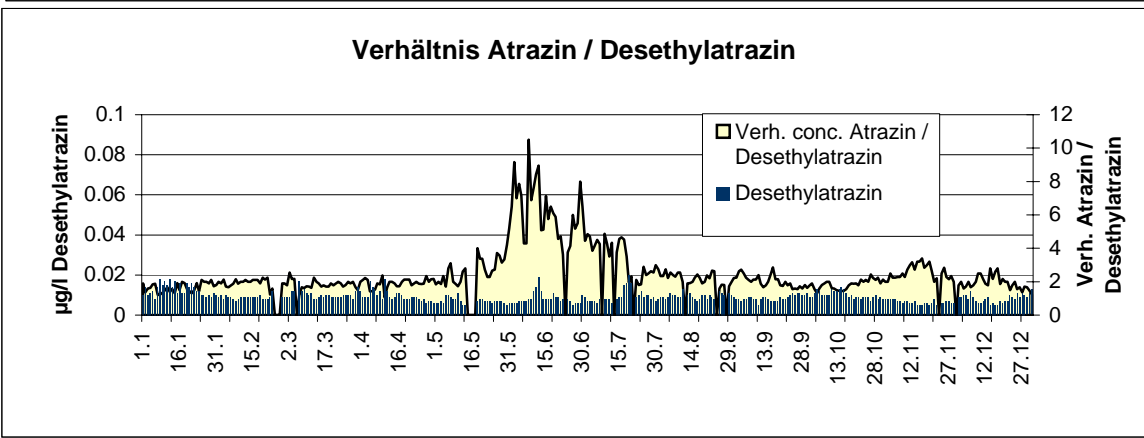
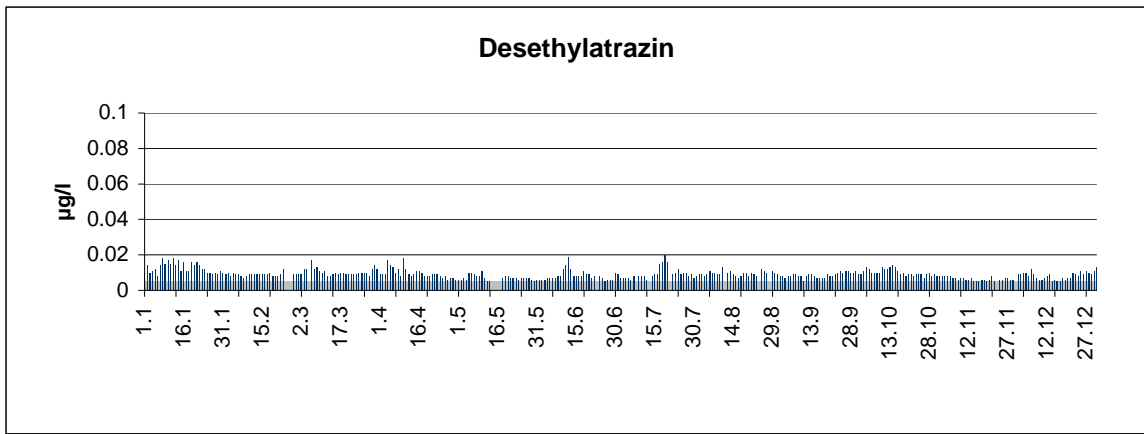
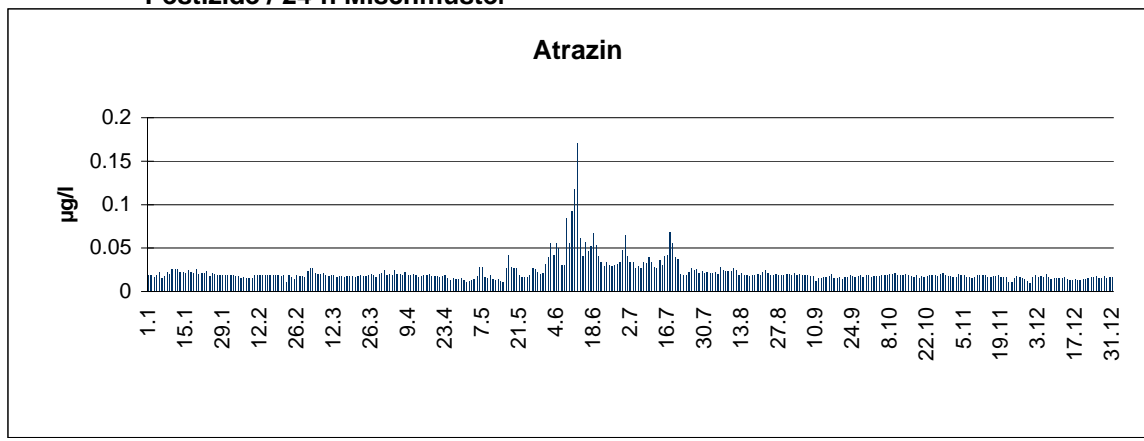
Bestimmungsgrenze (BG) = schraffierter Bereich

BG Blei = 0.1 µg/L; BG Cadmium = 0.02 µg/L; BG Chrom = 0.2 µg/L

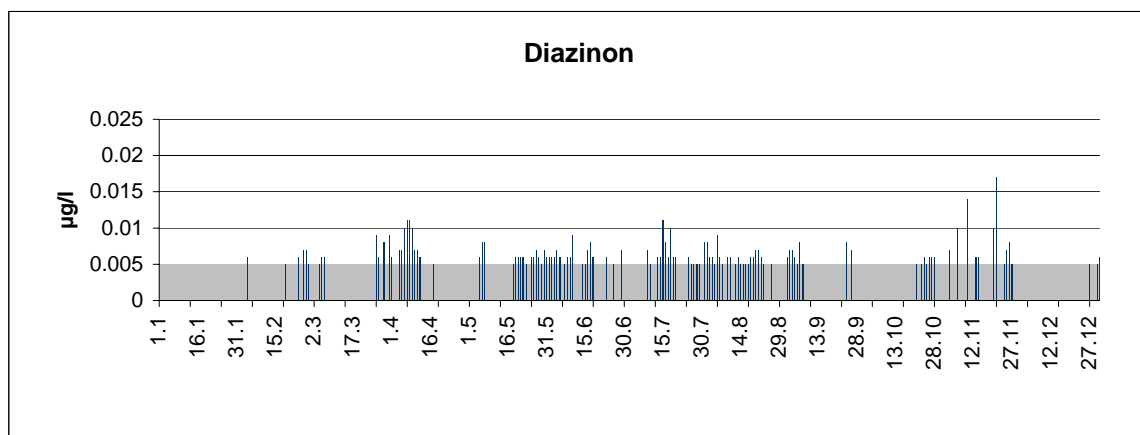
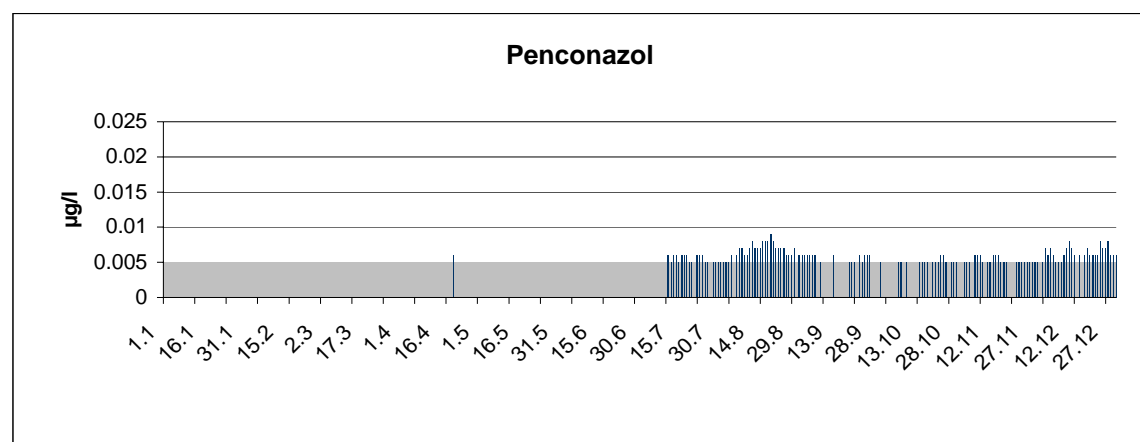
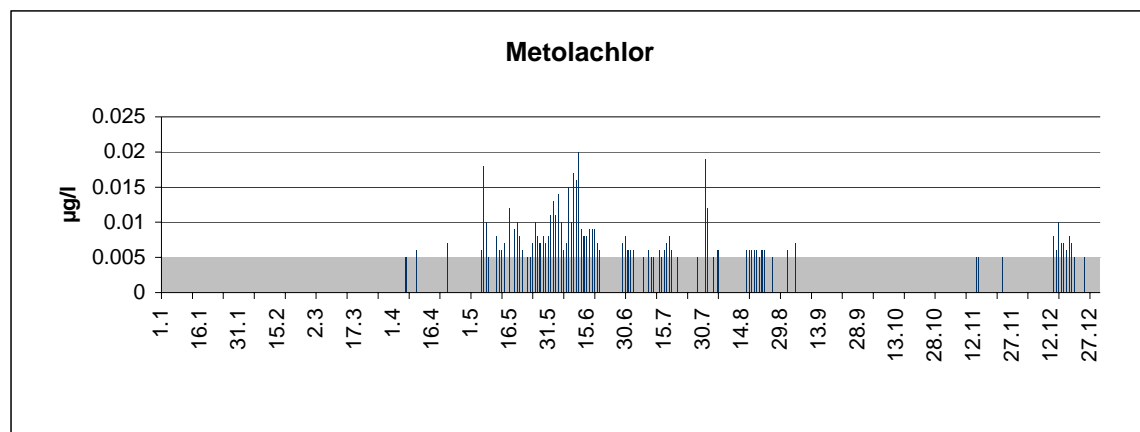
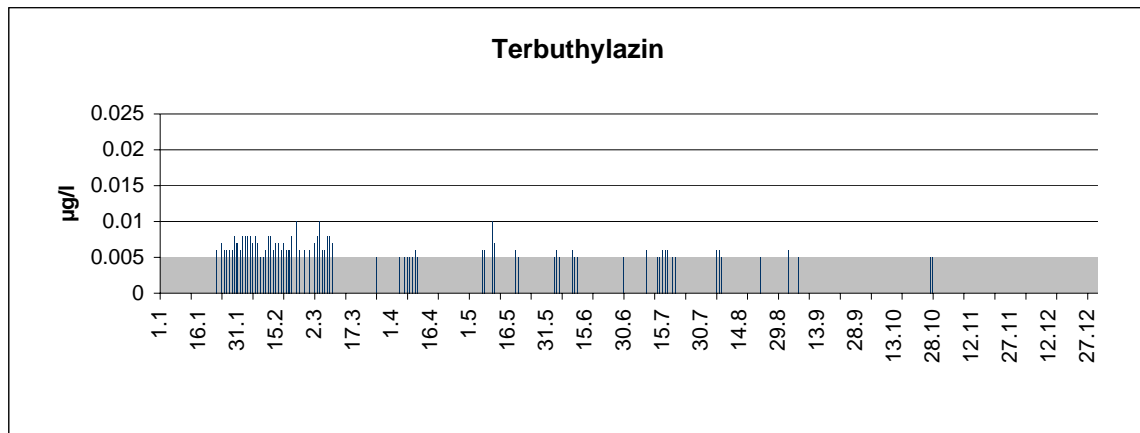


Grafik für Quecksilber entfällt, da die Konzentration nur 1x über der BG von 0.01 µg/L lag - 0,015 µg/l in Woche 33.

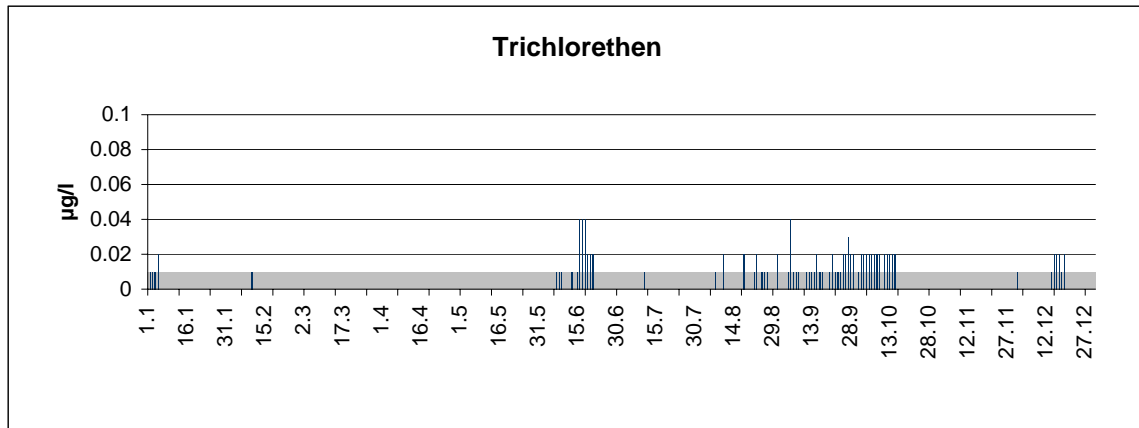
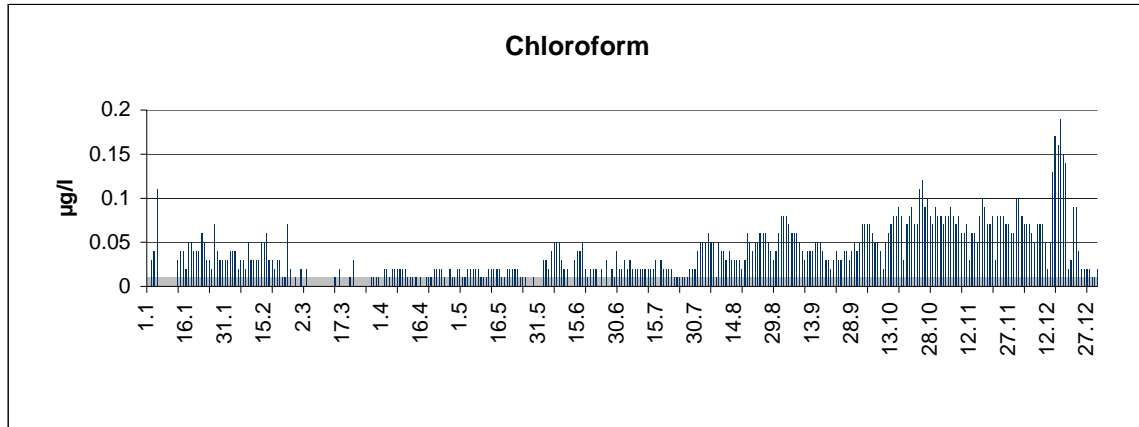
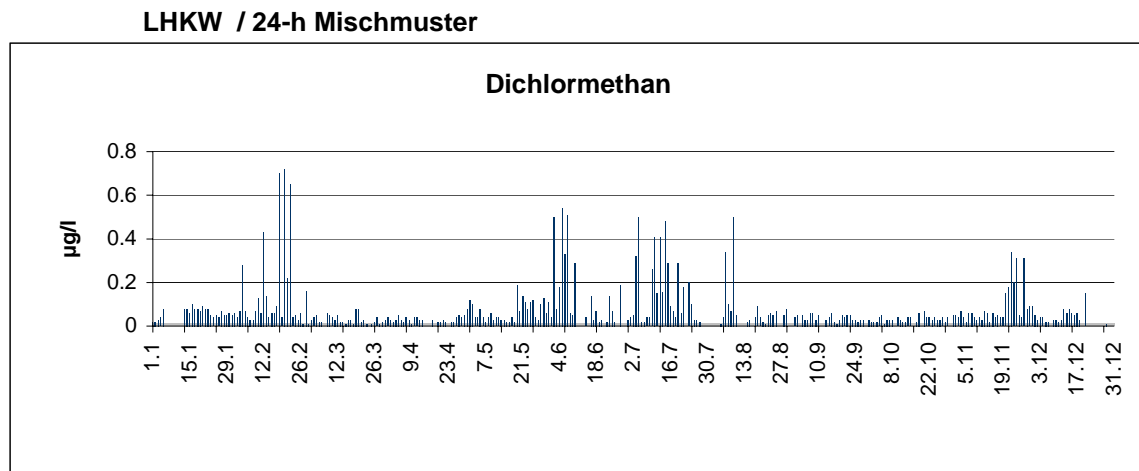
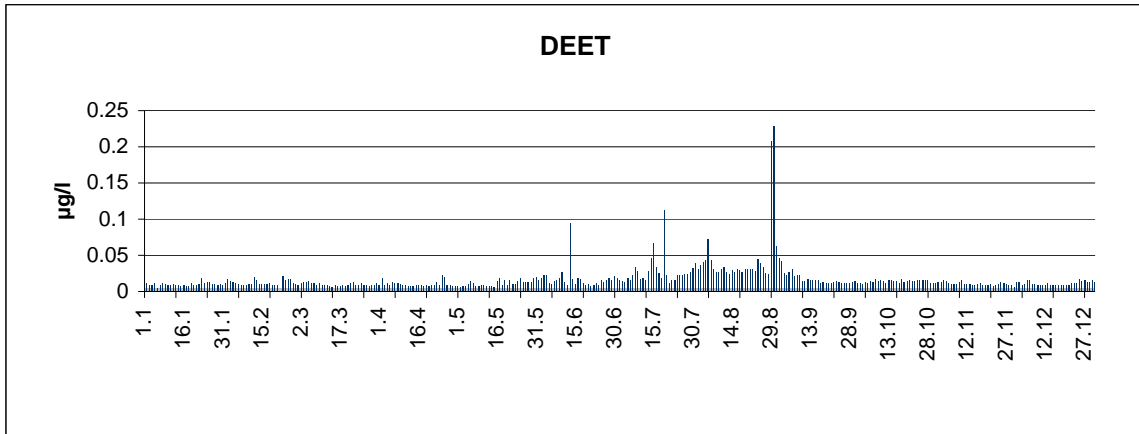
I.5 Organische Einzelstoffe
Pestizide / 24-h Mischmuster

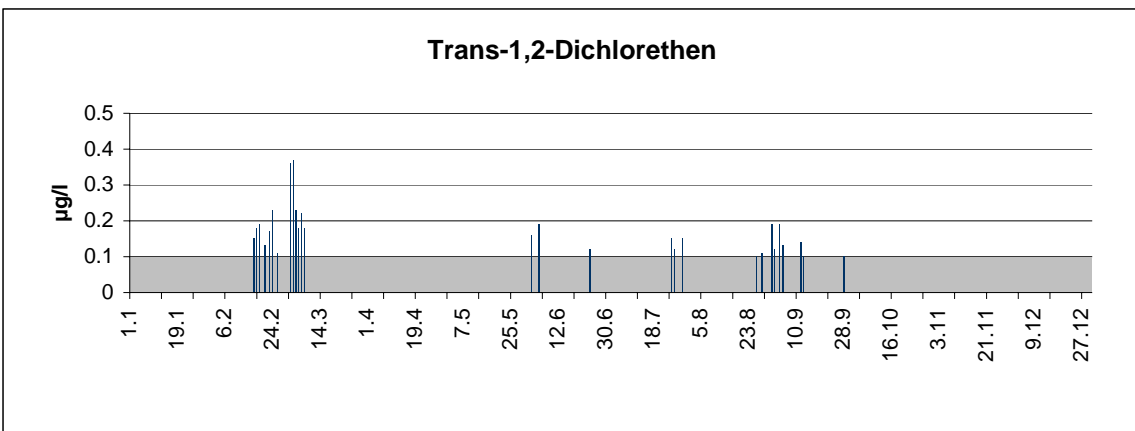
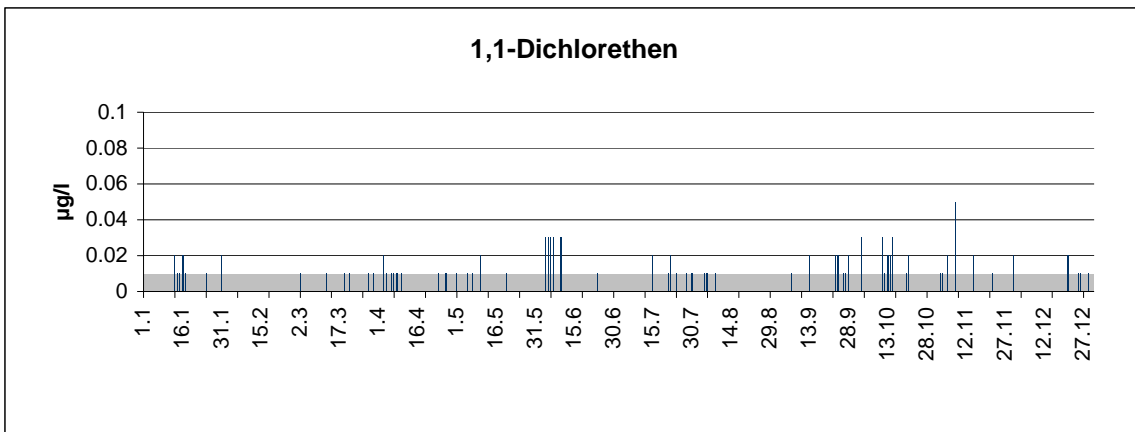
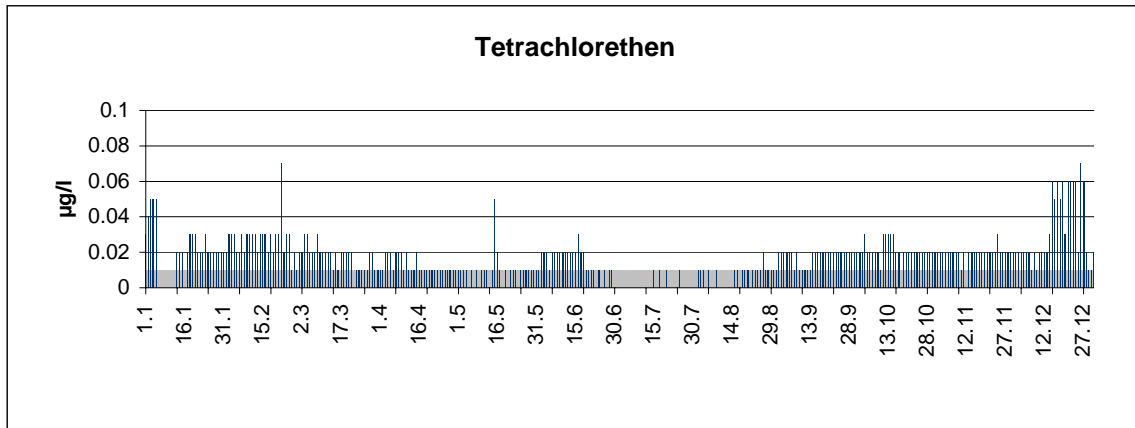


Bestimmungsgrenze (BG) = schraffierter Bereich



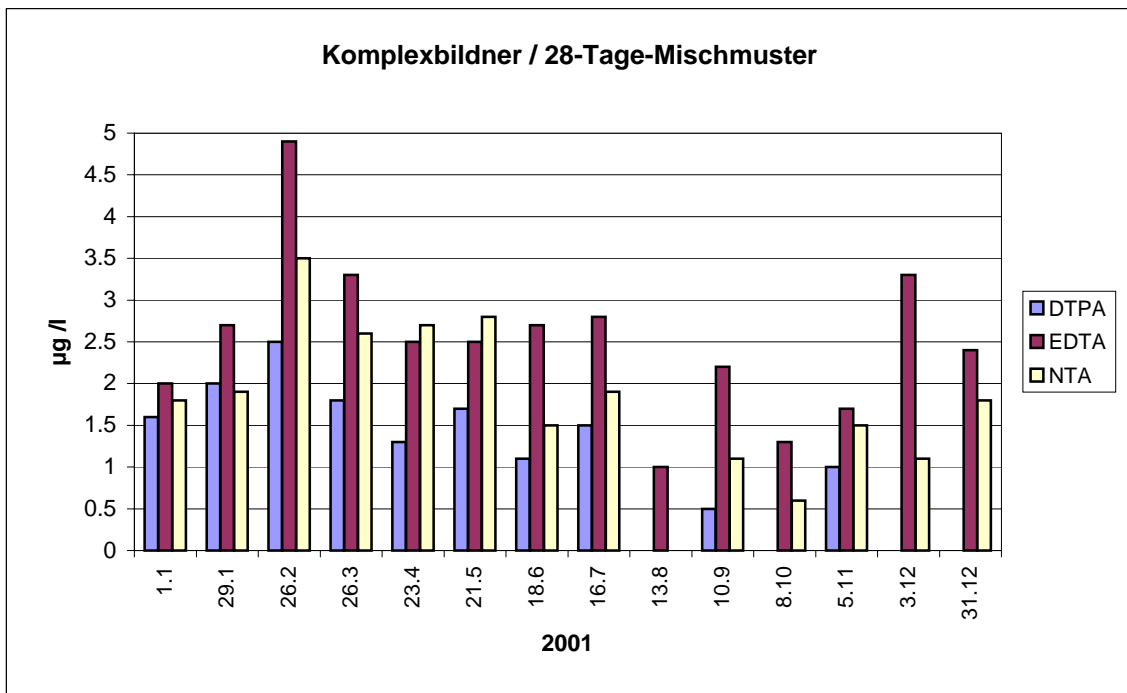
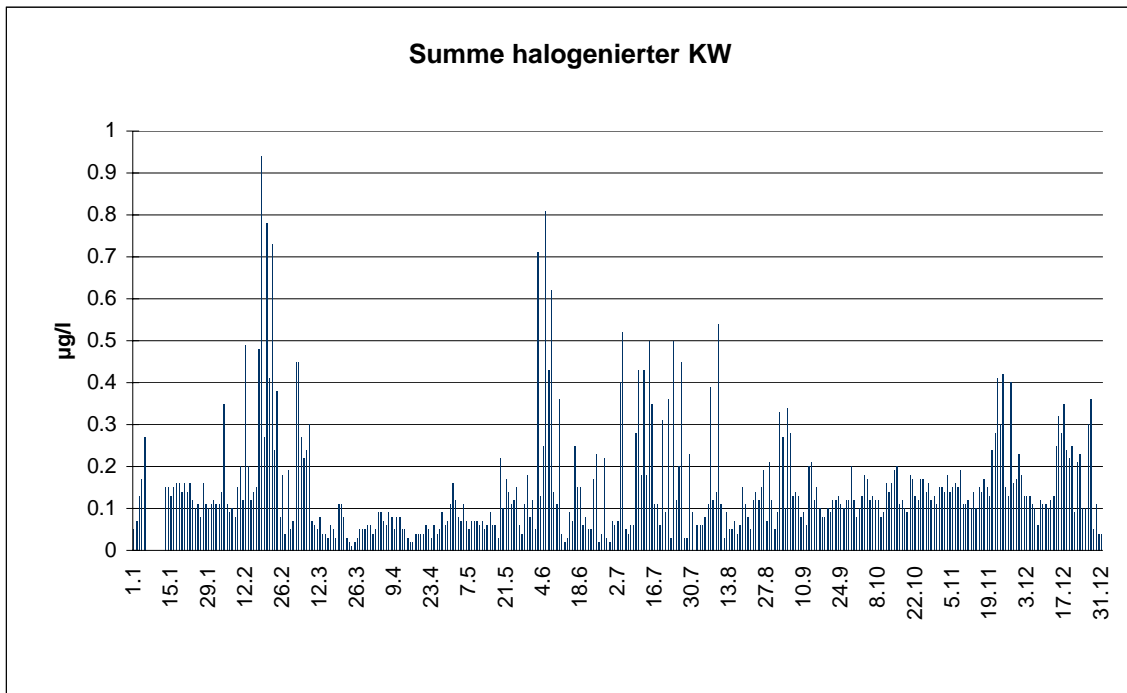
Bestimmungsgrenze (BG) = schraffierter Bereich





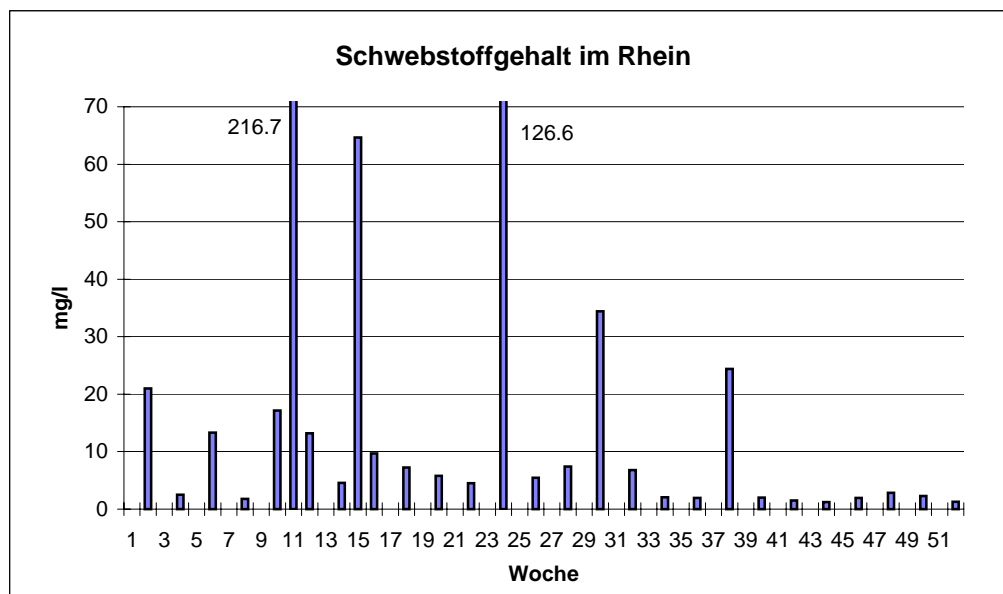
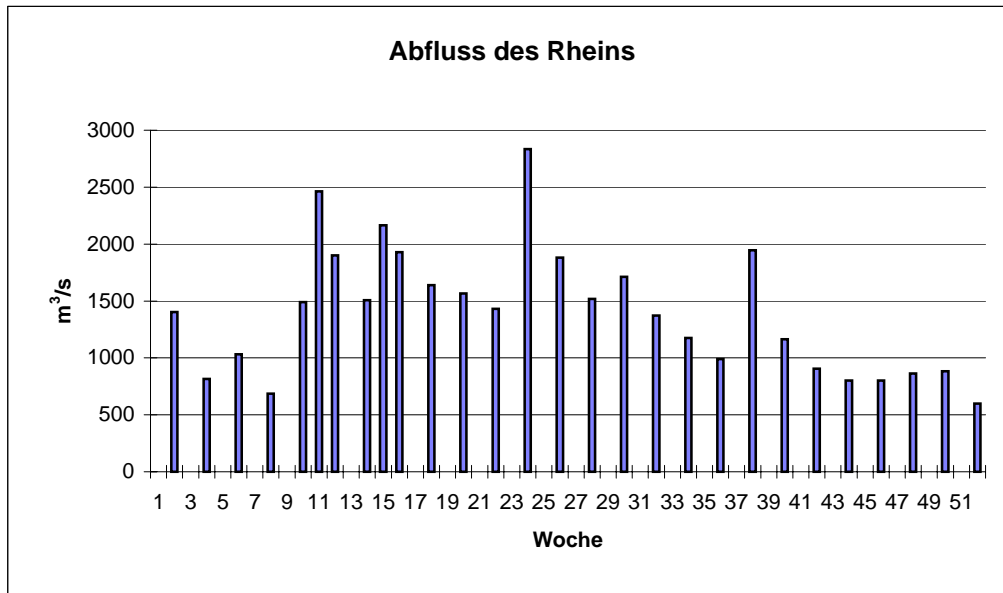
Bestimmungsgrenze (BG) = schraffierter Bereich

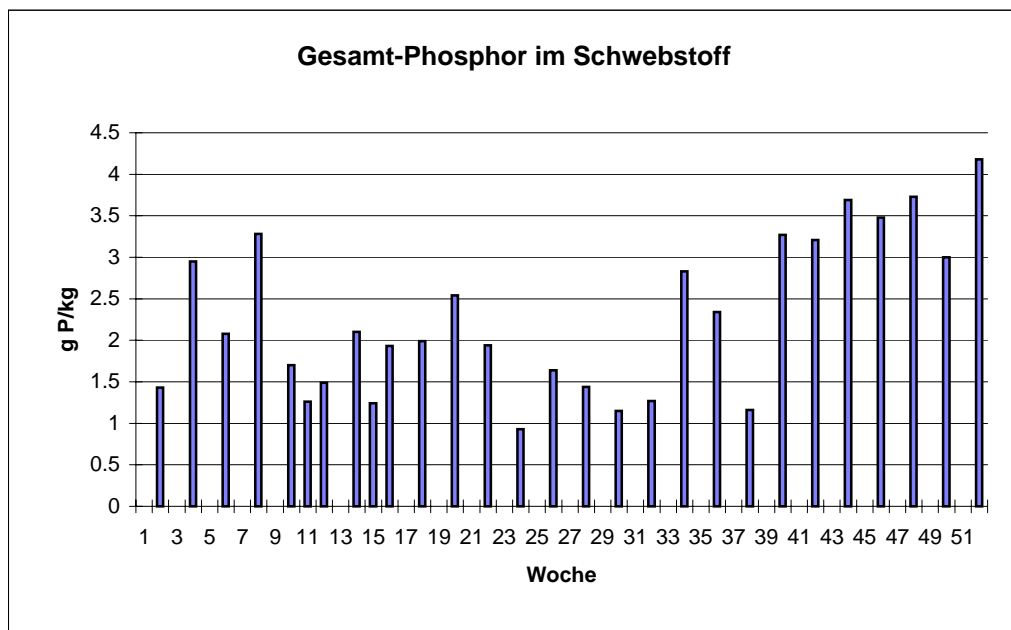
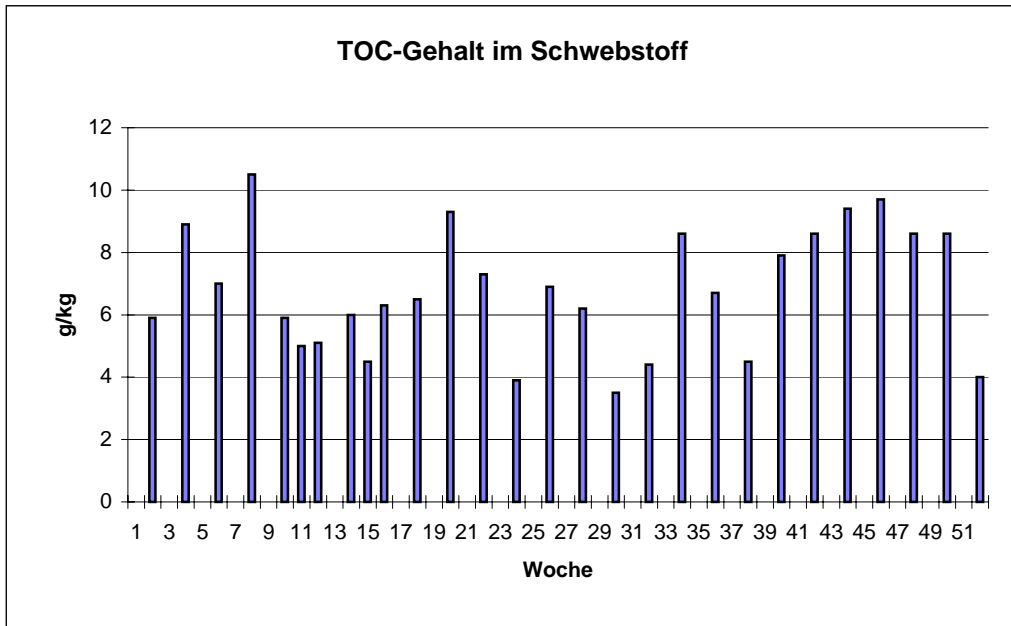
Summe der LHKW im Rhein, Tageswerte 2001



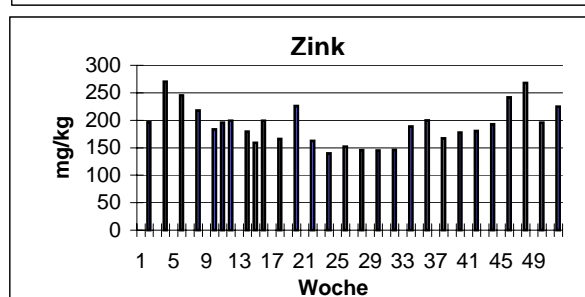
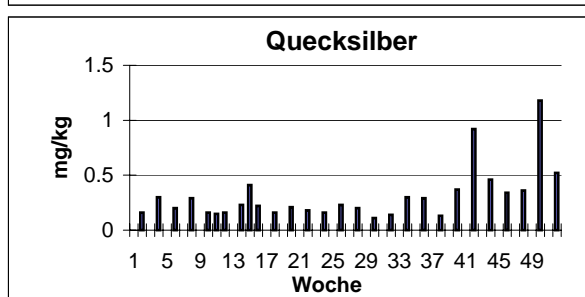
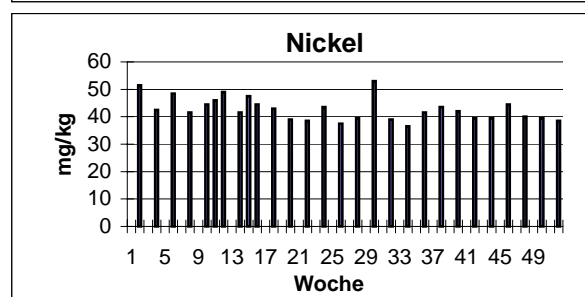
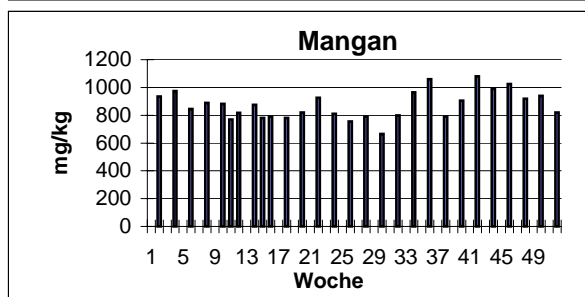
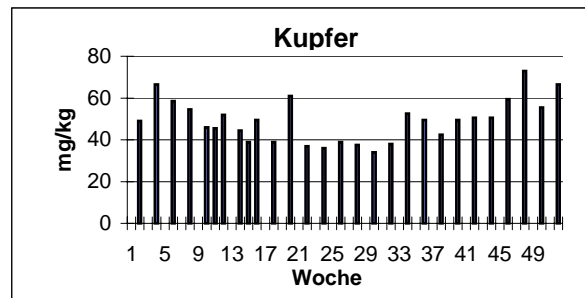
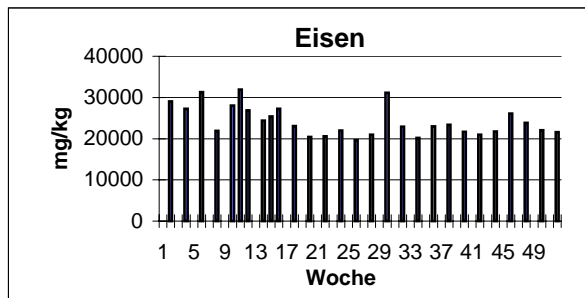
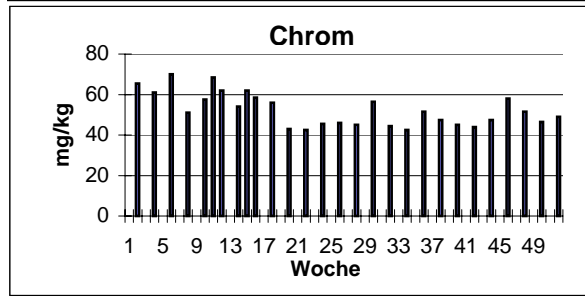
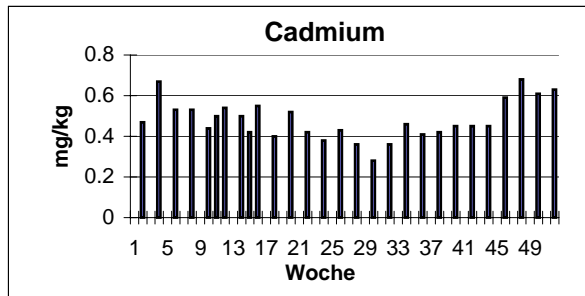
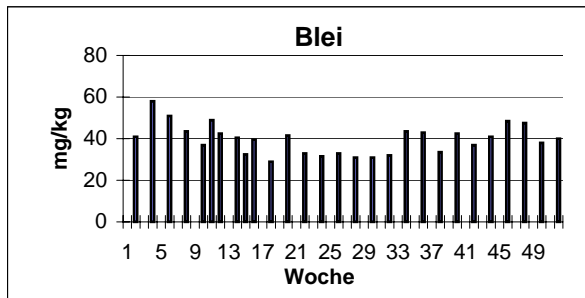
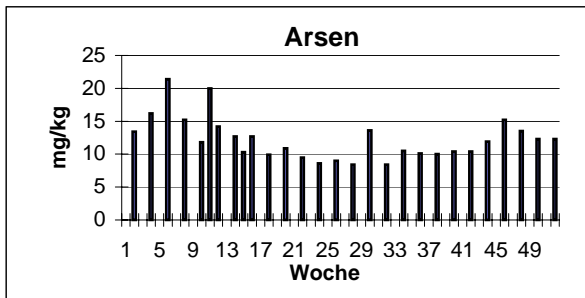
II. Schwebstoffphase

II.1 Allgemeine Zusammensetzung und Summenparameter

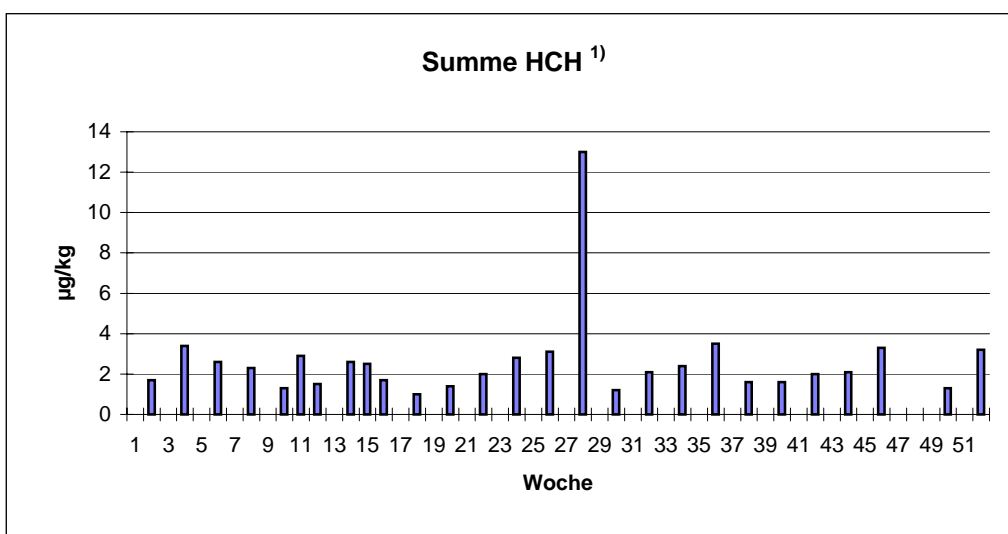
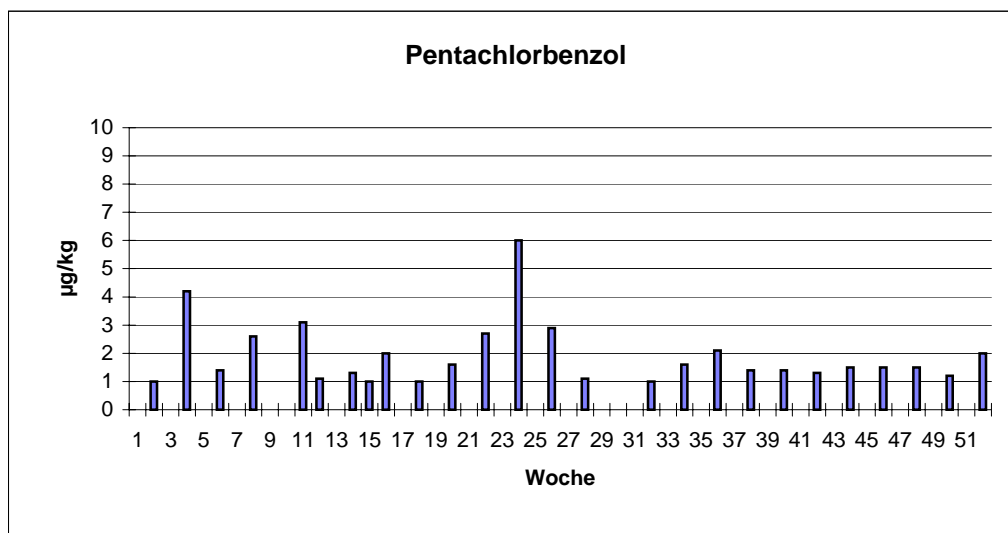
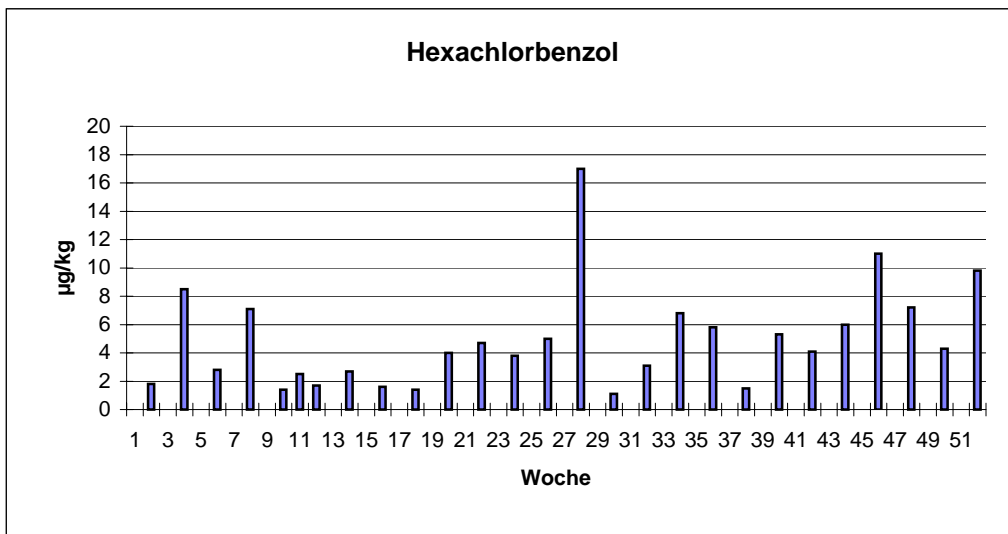




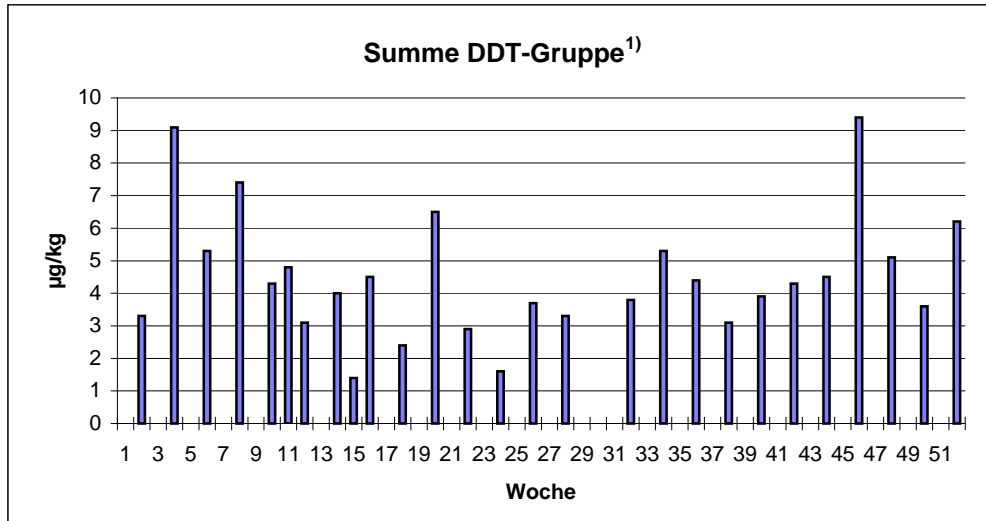
II.2 Metalle



II.3 Organochlor-Pestizide

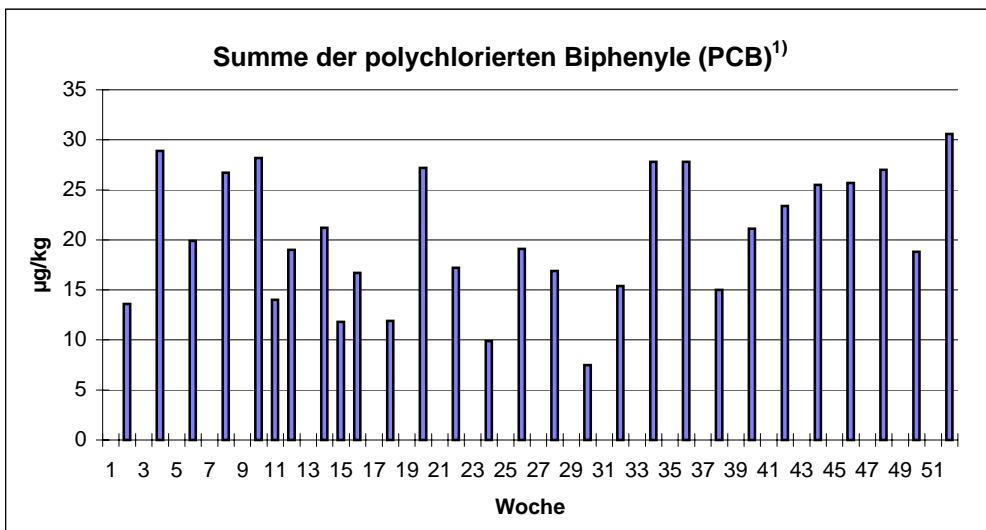


¹⁾ Nur Alpha- und Gamma-HCH; Beta- und Delta-HCH wurden nicht nachgewiesen (s. Text)



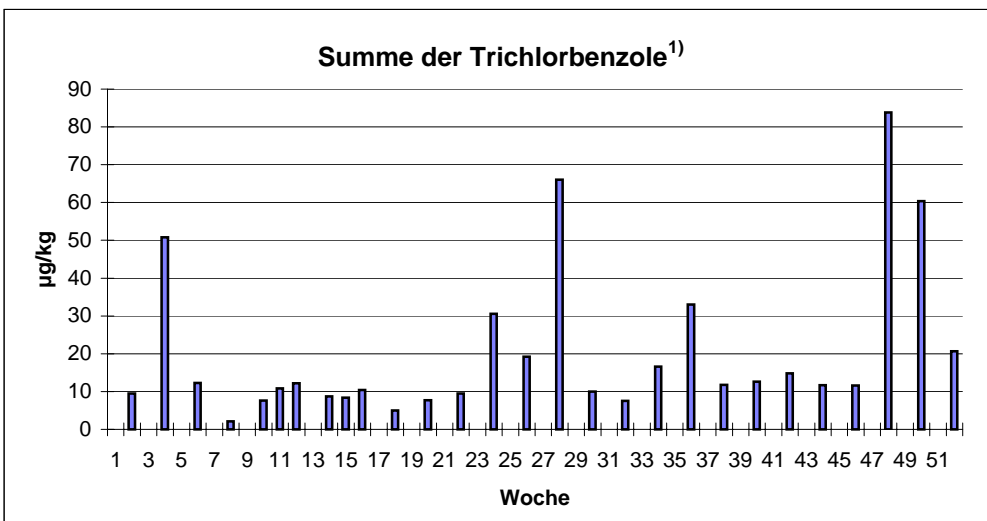
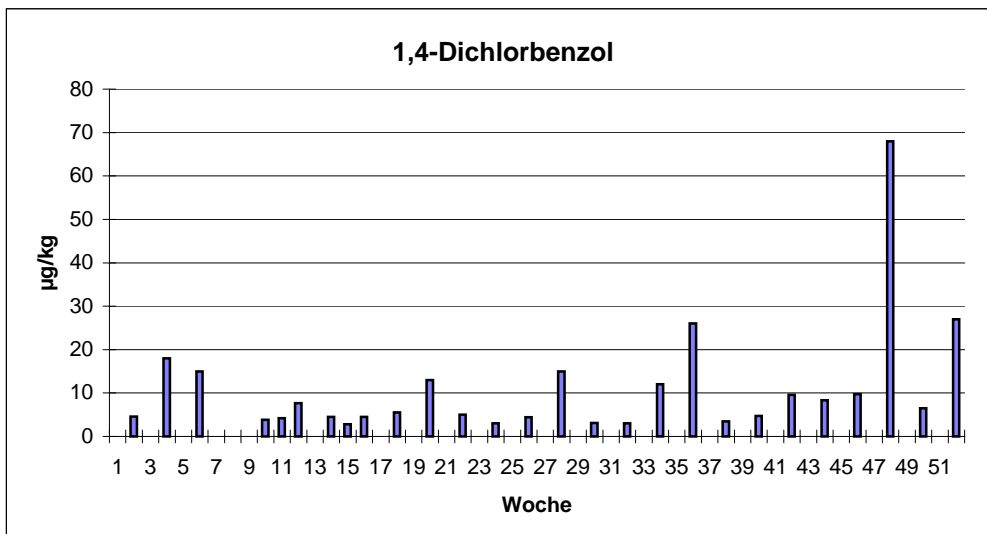
¹) o,p'- und p,p'-DDT und p,p'-DDE

II.4 Polychlorierte Biphenyle

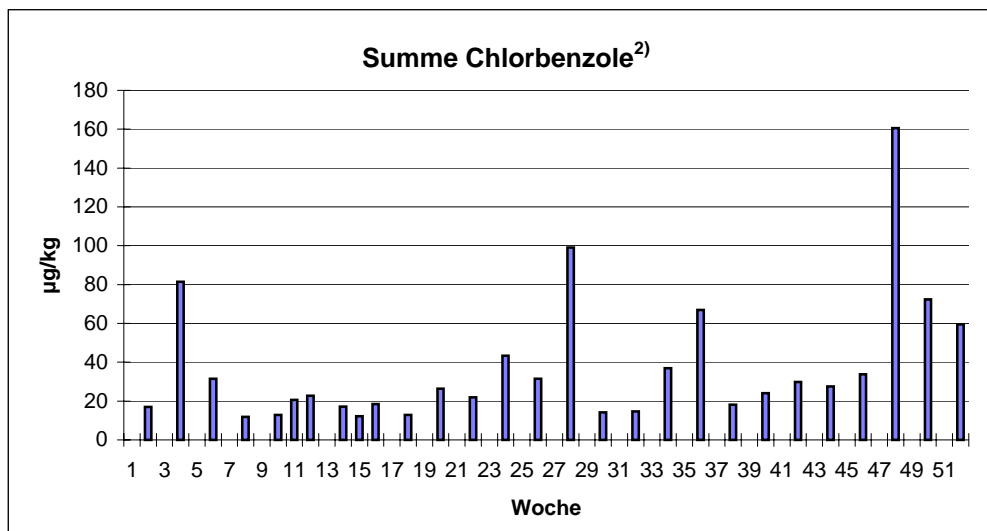


¹) PCB-28, -52, -101, -110, -138, -153, -170, -180

II.5 Schwerflüchtige chlorierte Verbindungen

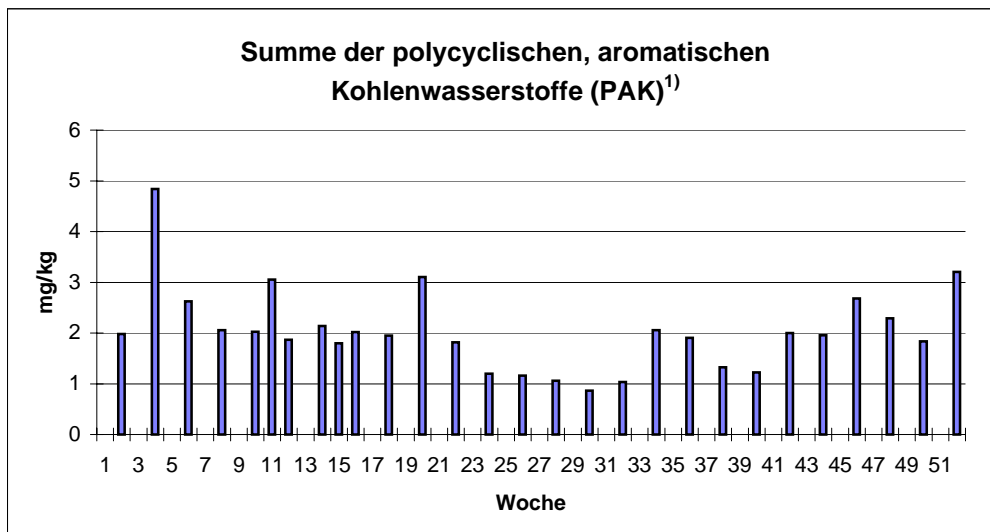


1) 1,2,3-, 1,3,5- und 1,2,4-Trichlorbenzol



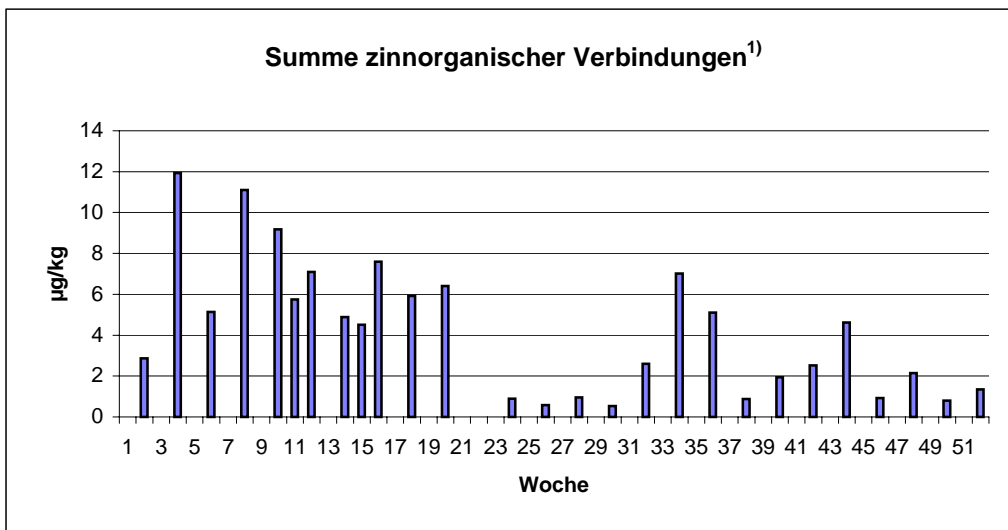
2) 1,4-Di-, 1,2,3-, 1,3,5- und 1,2,4-Tri-, Penta- sowie Hexachlorbenzol

II.6 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)



¹⁾ Acenaphten, Anthracen, Benzo(a)anthracen, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(g,h,i)perylen, Benzo(k)fluoranthen, Chrysen, Dibenz(a,h)anthracen, Fluoranthen, Fluoren, Indeno(1,2,3,c,d)pyren, Naphthalin, Phenanthren, Pyren

II.7 Zinnorganische Verbindungen



¹⁾ Dibutyl-, Tributyl-, Tetrabutyl-, Triphenylzinn

Erläuterungen zu den aufgeführten Messparametern

I. Wasserphase

IKSR-Mittel der Konzentration eines Stoffes pro Zeitperiode

Das IKSR-Mittel wird berechnet, um bessere Aussagen für Frachten machen zu können. Fallen in einer Messperiode z.B. fünf Messwerte über der Bestimmungsgrenze und zwei Befunde unter der Bestimmungsgrenze an, so werden die Befunde, die unter der Bestimmungsgrenze liegen, mit dem halben Wert der Bestimmungsgrenze in die Mittelwertbildung einbezogen. Dieser Berechnungsansatz wird nur angewendet, wenn in der betreffenden Periode Messwerte über der Bestimmungsgrenze liegen. Andernfalls wird das Resultat als kleiner als Bestimmungsgrenze angegeben. Somit beträgt das IKSR-Mittel bei einem dreimaligen Befund von 2µg/l einer Verbindung und einer Bestimmungsgrenze von 1µg/l, bei einer viermaligen Durchführung der Analyse $(3 \cdot 2 + 0.5) \mu\text{g/L} / 4 = 1.6 \mu\text{g/L}$. Dieses Resultat stellt einen Kompromiss dar. Es ist richtiger als eins von $(3 \cdot 2 + 0) \mu\text{g/L} / 4 = 1.5 \mu\text{g/L}$ oder eins von $(3 \cdot 2 + 0) \mu\text{g/L} / 3 = 2 \mu\text{g/L}$.

1. Abwasserinhaltsstoffe

DOC

Mit der Messung des gelösten organischen Kohlenstoffes (engl. "dissolved organic carbon" oder abgekürzt DOC) wird die Gesamtheit des gelösten organischen Materials erfasst. Die Herkunft von organischem Material in Flüssen ist einerseits natürlichen Ursprungs (Abbau von biologischem Material aus Seen, Mooregebieten und Fließgewässern), andererseits bedingt durch Einleitung von Abwasser, das neben abbaubaren Stoffen auch schwer abbaubare Substanzen aus deren Anwendung oder aus chemisch-synthetischer Herstellung enthält.

Ammonium

Ammonium ist ein wassergefährdender Stoff, aus dem je nach Witterungs- und Milieubedingungen (Temperatur, pH) durch Dissoziation Ammoniak, ein starkes Fischgift, entsteht. Quellen des Ammoniums sind Dünger aus der Landwirtschaft, häusliche Abwässer und Exkremate von Tier und Mensch. Ammoniak wird wegen seines hohen Dampfdruckes auch in die Atmosphäre emittiert und gelangt durch Regen in die Gewässer.

Nitrit

Nitrit ist eine Zwischenstufe in der aeroben bakteriologischen Verwertung von Ammonium zu Nitrat. Bei fehlendem Luftsauerstoff kann sich aus vorliegendem Nitrat in einem anaeroben Prozess das starke Fischgift Nitrit bilden. Nitrit reichert sich im Blut der Fische an und oxidiert das Hämoglobin. Dies kann zu einer Unterversorgung mit Sauerstoff führen. Die Sensibilität nimmt mit der Fischgrösse zu.

AOX

Mit der Messung von AOX (an Aktivkohle adsorbierbare organische Halogenverbindungen) erfasst man eine weitere Gruppe organischer Verbindungen. Sie enthalten ein oder mehrere Halogenatome (meist Chlor) und sind vorwiegend anthropogenen Ursprungs: Chlorbleichungsprozesse, Chlorungsprodukte und chlorhaltige Chemikalien.

SAK-254

Der spektrale Absorptionskoeffizient bei 254 nm (SAK-254) ist eine mit dem DOC vergleichbare Messgrösse, die auf gelöste organische Stoffe anspricht. (Er lässt sich umschreiben mit "Lichtabsorption im UV-Bereich"). Der SAK-254 gibt die UV-Absorption bei einer Wellenlänge von 254nm wieder und gilt als Mass für den Gehalt an organischen Verbindungen (grösstenteils Huminsäuren). Auch der SAK-254 lässt sich auf einen natürlichen Anteil (Huminstoffe) und einen durch anthropogenen Einfluss hervorgerufenen Anteil zurückführen.

SAK-436

Der spektrale Absorptionskoeffizient bei 436 nm (SAK-436) ist eine mit dem SAK-254 vergleichbare Messgrösse. Er lässt sich umschreiben mit der Färbung oder mit "Lichtabsorption im sichtbaren Bereich". Er gibt die Absorption bei einer Wellenlänge von 436nm wieder und ist das Mass für die Färbung des Rheins. Der SAK-436 ist stark vom Abflussverhalten des Rheins abhängig und lässt sich ebenfalls auf einen natürlichen Anteil und einen durch anthropogenen Einfluss hervorgerufenen Anteil zurückführen.

2. Pflanzennährstoffe

Gesamt Stickstoff

Der Gesamt-Stickstoff Gehalt bildet die Summe aller Stickstoffhaltigen Verbindungen. Er ist ein Mass für die Eutrophierung eines Gewässers.

Nitrat

Erhöhte Nitratgehalte lassen meist auf die Einleitung von kommunalen Abwässern sowie insbesondere auf Abschwemm- und Auswaschungen von landwirtschaftlich genutzten Flächen schliessen.

Gesamt Phosphat

Der grösste Teil des Gesamtphosphors im Wasser liegt in anorganischer gelöster Form vor und besteht im wesentlichen aus Orthophosphat. Ein weiterer Teil des Phosphors liegt organisch gebunden in gelöster und nicht gelöster Form vor. Kondensierte Phosphate und organische Phosphorfraktionen werden zum Teil im Kanalnetz und während der Abwasserreinigungsprozesse in Orthophosphat umgewandelt.

Ortho-Phosphat

Ortho-Phosphat, als wichtiger Bestandteil von Düngern, wird von Pflanzen direkt aufgenommen und führt zu vermehrtem Wachstum. Der Ausbau der Abwasserreinigung (Phosphatfällung) und das in der Schweiz geltende Phosphatverbot in Textilwaschmitteln (1986) haben zu einer Reduktion der Phosphatkonzentration in den Oberflächengewässern geführt.

Eutrophierung: Nährstoffanreicherung im Wasser, insbesondere Stickstoff- und Phosphorverbindungen, die das Wachstum von Algen und höheren Formen pflanzlichen Lebens beschleunigen.

3. Neutralsalze

Chlorid

Chlorid ist als Teil des Kochsalzes an sich nicht schädlich, solange der natürliche Gehalt nicht wesentlich überschritten wird. Neben dem natürlichen Chloridgehalt im Wasser sind als anthropogene Quellen von Chlorid, der Winterdienst auf Strassen, sowie die Haushalte und Gewerbebetriebe zu nennen.

Fluorid

Fluorid ist ein geogener Stoff, das heisst von erdgeschichtlichen Bedingungen oder von der Gesteinszusammensetzung verursacht. Quellen sind Flussspat-, Apatit-, Glimmer- und Granitgesteine. Durch Verwitterung der Gesteine werden die Fluoride ausgewaschen. Fluorid gilt ab Konzentrationen von > 1.5 mg / L als toxisch und führt zu Veränderungen des Zahnschmelzes, Haarausfall und Hautentzündungen.

Bromid

Bromid kommt in der Natur hauptsächlich, analog dem Kochsalz, in Salzlagern sowie Solen vor. Bromide werden in der Industrie als Flammschutzmittel verwendet. In der organischen Chemie spielt Bromid eine wichtige Rolle als gute Abgangsgruppe.

Sulfat

Sulfat ist relativ gut löslich. Erhöhte Konzentrationen treten vor allem in Gebieten mit Gipslagerstätten auf. Weiterhin kann es über Industrieabwässer in Oberflächengewässer gelangen. Konzentrationen ab 500 mg / L können sensorisch wahrgenommen werden und haben für den Menschen eine leicht abführende Wirkung.

Geogener Stoff: das heisst von erdgeschichtlichen Bedingungen oder von der Gesteinszusammensetzung verursacht.

4. Metalle

Natrium (Na), Kalium (K), Calcium (Ca) und Magnesium (Mg)

Natrium und Kalium gelangen über Salzlagerstätten und Sedimentgesteine ins Wasser. Calcium und Magnesium bilden die Härte des Wasser's und haben geogene Quellen wie Dolomit oder Gips. Calcium ist unter anderem wichtig für den Knochenbau, Magnesium für den Energie- und Zellstoffwechsel aber auch bei Muskelkontraktionen.

Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Quecksilber (Hg), Nickel (Ni), Blei (Pb), Zink (Zn)

Von der Vielzahl der Metalle wurden diese sieben aufgrund ihrer Ökorelevanz ausgesucht. Einige von ihnen sind als stark ökotoxisch einzustufen (Hg, Cd, Pb, Cr). Andere sind nur in grösseren Mengen oder nur für bestimmte Organismengruppen ökotoxisch relevant (Zn, Ni, Cu). Aufgrund der Vorschriften für Import, Verwendung und Entsorgung von Hg und Cd sind diese beiden Schwermetalle heute kaum mehr problematisch. Das gilt aufgrund der rückläufigen Verwendung verbleiten Benzins und des nur noch geringen Verbrauchs an Steinkohle auch für Pb. Kupfer und Zink gelangen aus der Dachentwässerung und aus der Verwendung entsprechender Rohre bei der Trinkwasserverteilung in Gebäuden in die Gewässer. Cu wird auch als Fungizid im Weinbau und als Futterzusatz in der Schweinezucht eingesetzt.

Organische Einzelstoffe

5.1 Pestizide

Der Begriff "Pestizide" umfasst verschiedene Klassen von Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln. Die wichtigsten sind:

Herbizide	zur Unkrautbekämpfung in der Landwirtschaft
Insektizide	zur Bekämpfung von schädlichen Insekten
Fungizide	Stoffe zur Abtötung oder Wachstumshemmung von Pilzen und Sporen (Saatgut wird prophylaktisch mit Fungiziden gebeizt)
Akarizide	chemische Mittel zur Bekämpfung von Milben und Spinnentieren wie tierparasiten und Milben u.a im Obst-, Citrus-, Wein- und Baumwollanbau

Durch Abschwemmungen behandelter Kulturlächen sowie in wesentlich kleinerem Ausmass aus Herstellung und Formulierung gelangen Pestizide in Gewässer; sie werden dort unterschiedlich schnell abgebaut (Metabolisierung). Die Toxizität der verschiedenen Substanzen kann je nach Organismengruppe um mehrere Grössenordnungen verschieden sein.

5.1.1 Täglich gemessene Pestizide

Einige der wichtigsten Vertreter sind:

N/P-Pestizide

Die Stoffe Atrazin, Simazin, Terbutylazin aus der s-Triazin-Gruppe und Ametryn, Methoprotryn und Terbutryn aus der Triatryn-Gruppe sind Herbizide. Desethyl-Atrazin, Desisopropyl-Atrazin, Desethyl-Terbutylazin sind deren wichtigste Metabolite.

Metolachlor, Metazachlor sind Chloracetamid-Herbizide.

Diazinon ist ein Insektizid der Thiophosphatester-Gruppe.

Penconazol, Metalaxyl, Oxadixyl sind Fungizide.

DEET (N,N-Diethyl-m-Toluamid) ist ein Insekten-Repellent (d.h. ein Insekten abwehrender Stoff).

5.1.2 14-tägig gemessene Pestizide

Einige der wichtigsten Vertreter sind:

Phenylharnstoff-Herbizide

Chlorbromuron, Chlortoluron, Diuron, Fluometuron, Isoproturon, Linuron, Methabenzthiazuron, Metobromuron, Metoxuron, Monolinuron, Monuron.

Phenoxyalkancarbonsäuren

Es handelt sich um saure Herbizide und Entlaubungsmittel mit gemeinsamer Grundstruktur (kernchlorierte Phenoxyessig-, -propion- oder -buttersäuren). Es sind dies u.a.: Mecoprop,, MCPA [(4-Chlor-2-methylphenoxy)-essigsäure], 2,4-D [2,4-Dichlorphenoxy-essigsäure], Dichlorprop [2,4-DP, (2,4-Dichlorphenoxy)propionsäure], 2,4,5-T [2,4,5-Trichlorphenoxy-essigsäure].

Organochlor-Pestizide

Hierbei handelt es sich vorwiegend um hochchlorierte, lipophile Insektizide, die in der Umwelt nur langsam abgebaut werden und hoch toxisch sind. Da die Insektizide stark zur Adsorption an Partikel neigen, sind sie vorwiegend an die Schwebstoff- und Sedimentphase gebunden (s. dort).

Nitrophenole

Wirkstoffe mit Nitrophenolstruktur werden als Herbizide und als Insektizide gegen Blattläuse etc. in der Landwirtschaft eingesetzt. Im Untersuchungsprogramm sind vier wichtige Vertreter enthalten: Dinoseb (4,6-Dinitro-2-sec.butylphenol), Dinoterb (2,4-Dinitro-6-tert.butylphenol), DNOC (4,6-Dinitro-2-methylphenol) und 2,4-Dinitrophenol.

5.2. Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW oder CKW)

Leichtflüchtige organische Substanzen sind in Haushalt, Gewerbe und Industrie weit verbreitet; sie werden verwendet als Lösungsmittel für Farben, Lacke, Beizmittel, Industrieprodukte, als Kühlmittel und als Reiniger aller Art. In diese Gruppe gehören Trichlormethan (Chloroform), Dichlormethan (Methylenchlorid), Tetrachlorethen (Per), Trichlorethen (Tri), 1,1-Dichlorethen, Freon 113 (1,1,2-Trichlor-trifluorethan), Tribrommethan (Bromoform), trans-1,2-Dichlorethen, Dichlorbenzole.

5.3. Leichtflüchtige nichthalogenierte Kohlenwasserstoffe (BTEX-Aromaten)

Darunter fallen insbesondere die niederen Aromaten Benzol, Toluol, Ethylbenzol sowie drei Xylol-Isomere und Trimethylbenzole (Mesitylen).

5.4. Schwerflüchtige organische Verbindungen

Diese Substanzen kommen aus ähnlichen Quellen wie die LHKW. Zu dieser Gruppe gehören chlorierte und/oder nitrierte Benzole und Toluole sowie alkylierte bzw. chlorierte Aniline.

6. C18 Screening und erhöhte Konzentrationen

Die tägliche Screening-Analyse gibt den Überblick über Stossbelastungen des Rheins mit einer Vielzahl natürlicher oder synthetischer organischer Verbindungen meist unbekannter Struktur. Die 24-h-Mischproben werden auf Festphasen angereichert und mit Gaschromatographie/Massenspektrometrie untersucht. Bei guter Übereinstimmung mit Bibliotheksspektren (z.B. NIST-Bibliothek) wird versucht, über Referenzsubstanzen die Identität der Stoffe zu verifizieren. Dies gelingt nicht in allen Fällen, jedoch lassen sich aus den gewonnenen Massenspektren potentielle toxische Stoffe (insbesondere chlorierte und nitrierte aromatische Verbindungen) leicht erkennen. Die Identifikation unbekannter Spezies ist schwierig, da neben den bekannten und gut charakterisierten Umweltchemikalien eine Vielzahl unbekannter Stoffe erfasst werden. Es sind Stoffe, die einerseits durch menschliche Aktivitäten in die Umwelt gelangen, andererseits aus natürlichen Quellen stammen oder durch Prozesse (Abbau, Erosion etc.) in der Umwelt umgelagert und umgewandelt werden. Die Quantifizierung kann auch bei einer Eichung gegenüber chemisch verwandten Substanzen nur eine Schätzung bleiben. Sie wird bei Bedarf jedoch nachträglich gegenüber der identifizierten Substanz durchgeführt.

II. Schwebstoffphase

1. Allgemeine Zusammensetzung und Summenparameter

Der Schwebstoffgehalt ist abflussabhängig bzw. wetterabhängig; er wird durch Bodenerosion (Abschwemmungen von unbebauten und landwirtschaftlich genutzten Böden) und durch biologische Prozesse in den Gewässern (Algen, tierische Ausscheidungen) beeinflusst.

Die Nährstoffelemente Phosphor und Stickstoff gehören zu den wichtigsten Pflanzendüngern und sind in relativ hoher Konzentration in Schwebstoffen enthalten.

Der organische Anteil der Schwebstoffe drückt sich im organischen Kohlenstoffgehalt TOC (engl. "total organic carbon" oder abgekürzt TOC) aus. Er ist mehrheitlich natürlichen Ursprungs.

2. Metalle

10 Metalle sind regelmässig quantifiziert worden. Abgesehen von den zwei Mengenelementen Eisen (Fe) und Mangan (Mn) handelt es sich bei allen anderen Metallen um von der IKSR als prioritär eingestufte Schadstoffe. Die Belastung des Rheins mit diesen Metallen soll gemäss "Aktionsprogramm Rhein" von 1990 der IKSR bis zum Jahr 2000 soweit verringert werden, dass bestimmte Konzentrationen, sogenannte Zielvorgaben (ZV), eingehalten werden. Die Beurteilung geht nach folgenden Kriterien vor:

- a) Die Zielvorgabe ist *nicht* erreicht für Stoffe, deren 90-Perzentilwert (oder doppelter 50-Perzentilwert) grösser ist als die doppelte Zielvorgabe.
- b) Die Messwerte liegen in der *Nähe* der Zielvorgabe, wenn der 90-Perzentilwert (oder doppelter 50-Perzentilwert) kleiner als die doppelte und grösser als die halbe Zielvorgabe ist.
- c) Die Zielvorgabe ist *erreicht*, wenn der 90-Perzentilwert (oder doppelter 50-Perzentilwert) kleiner als die halbe Zielvorgabe ist.¹

3. Organochlor-Pestizide

Im Gegensatz zur Wasserphase sind einzelne Vertreter dieser hochtoxischen Chlorinsektizide aufgrund ihrer starken Akkumulierfähigkeit an Schwebstoffen angereichert. Die wichtigsten Vertreter sind Lindan und isomere Verbindungen (γ -HCH (Lindan), α -HCH, β -HCH und δ -HCH), o,p'- und p,p'-DDT und die entsprechenden Metaboliten, Hexachlorbenzol (HCB). Die Verwendung von DDT ist in der Schweiz seit 1971 verboten, Herstellung, Abgabe, Einfuhr und Verwendung der übrigen Stoffe seit 1986.

4. Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Durch die breite Anwendung dieser Verbindungen als Kondensator-, Hydraulikflüssigkeiten und als Weichmacher in Dilatationsfugen und Schutzanstrichen sind weltweit grosse Mengen an PCB in die Umwelt gelangt. Sie finden sich deshalb auch in den Schwebstoffen des Rheins wieder. PCB können auf Lebewesen Erbgut verändernd wirken. Herstellung, Abgabe, Einfuhr und Verwendung dieser Stoffe sind in der Schweiz seit 1986 verboten.

Von den 209 bekannten Verbindungen (Kongeneren) dieser Gruppe wurden stellvertretend 8 einzelne Verbindungen unterschiedlichen Chlorierungsgrades in den Schwebstoffen bestimmt (PCB-Kongeneren: 28, 52, 101, 118, 138, 153, 170 und 180).

¹ Quelle: "Statusbericht Rhein" der IKSR, S. 101, September 1993

5. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Die PAK sind aufgrund ihrer teilweise krebserregenden Wirkung bei Säugern als problematische Verbindungen einzustufen. Sie werden vorwiegend bei der Anwendung von Steinkohlenteer (Holzkonservierung, Strassenbeläge, Schiffsbau) sowie bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen, Hausmüll etc. freigesetzt und gelangen via Atmosphäre und Abschwemmungen von Strassen auch in die Gewässer. Sie werden an den Schwebstoffpartikeln stark angereichert. Es wurden 15 Vertreter der PAK in den Schwebstoffen untersucht.

6. Schwerflüchtige chlorierte Verbindungen

Ausser Organochlor-Pestiziden und PCB (s.o.) gehören zu dieser Gruppe chlorierte einfache Aromaten wie Benzole, Nitrobenzole und ähnliche. Sie stammen aus Haushalt, Gewerbe und Industrie. Sie sind schwer abbaubar und zum Teil toxisch und ev. krebserregend. Deshalb ist die Herstellung und der Handel mit vielen Vertretern dieser Stoffgruppe eingeschränkt oder verboten.

7. Zinnorganische Verbindungen

Tributyl- und Triphenylzinn gehören zu den für Wasserorganismen giftigsten Umweltchemikalien. Schon bei Konzentrationen von wenigen 100 ng/L beeinträchtigen sie die Fortpflanzung von Muscheln, Algen und Zooplankton. Bei Fischen liegt die akute Toxizität im unteren µg/L-Bereich. Ihre potente Wirkung gegen Bakterien und Algen ist gut bekannt und fand deshalb Anwendung bei der Behandlung von Schiffsrümpfen (Antifouling-Anstriche); seit Mitte 1989 ist diese Anwendung in der Schweiz verboten. Davor gelangten erhebliche Mengen dieser Gifte in die Gewässer. Sie sind schwer abbaubar und deshalb immer noch in Schwebstoffen und Sedimenten nachweisbar, da sie an Festpartikel angelagert sind.

Messprogramm 2001

WASSERPHASE			SCHWEBSTOFFE
ANIONEN_IC	KATIONEN	PHENOXYESSIGSAEUREN	TOC SCHWEBSTOFF
14M	14M	1M14	E14
BROMID	CALCIUM	BENTAZON	TOC_%
CHLORID	KALIUM	2,4-D	TOC
FLUORID	MAGNESIUM	DICHLORPROP	
NITRAT	NATRIUM	MCPA	GESAMT_P_FESTSTOFF
SULFAT		MECOPROP	E14
	METALLE_RUS	2,4,5-T	Gesamt-P
SCHWERFL. VERBINDUNGEN	14M		
1M14	BLEI gesamt	PHENYLHARNSTOFF-HERBIZIDE	METALLE-SCHWEBSTOFFE
1,2,3-TRICHLORBENZOL	CADMIUM gesamt	1M14	E14
1,2,4-TRICHLORBENZOL	CHROM gesamt	CHLORBROMURON	EISEN
1,3,5-TRICHLORBENZOL	KUPFER gesamt	CHLORTOLURON	QUECKSILBER
1,2,3,4-TETRACHLORBENZOL	NICKEL gesamt	DIURON	NICKEL
PENTACHLORBENZOL	QUECKSILBER gesamt	FLUOMETURON	ZINK
2-CHLORTOLUOL	Zink E56 gelöst	ISOPROTURON	KUPFER
3-CHLORTOLUOL		LINURON	CHROM
4-CHLORTOLUOL	C18-SCREENING	METHABENZTHIAZURON	BLEI
2-CHLORNITROBENZOL	1M	METOBROMURON	CADMIUM
3-CHLORNITROBENZOL	GC-flüchtige Verbindungen	METOXURON	MANGAN
4-CHLORNITROBENZOL		MONOLINURON	ARSEN
2,3-DICHLORNITROBENZOL	N/P-PESTIZIDE	MONURON	
1-CL-2,4-DINITROBENZOL	1M		ORG.CHLOR SCHWEBSTOFFE
NITROBENZOL	ALACHLOR	SAK	E14
2-NITROTOLUOL	AMETRYN	1M	ALPHA-HCH
3-NITROTOLUOL	ATRAZIN	SAK254	BETA-HCH
4-NITROTOLUOL	AZINPHOS-ETHYL	SAK436	GAMMA-HCH
2-CHLOR-4-NITROTOLUOL	AZINPHOS-METHYL		DELTA-HCH
2-CHLORANILIN	AZIPROTRYN	KOMPLEXBILDNER	HEXACHLORBENZOL
3-CHLORANILIN	BROMACIL	28M	P,P-DDE
4-CHLORANILIN	CARBOFURAN	NTA	O,P-DDT
4-CL-2,6-DIMETHYLANILIN	CHLORIDAZON	EDTA	P,P-DDT
2,4-DICHLORANILIN	DEET	DTPA	PCB-28
NEU: 3,4-DICHLORANILIN	DESETHYLATRAZIN		PCB-52
2,3-DIMETHYLANILIN	DESETHYLTERBUTHYLAZIN	AOX_MKS	PCB-101
2,4-DIMETHYLANILIN	DESISOPROPYLATRAZIN	7M	PCB-118
2,5-DIMETHYLANILIN	DESMETRYN	AOX	PCB-138
2,6-DIMETHYLANILIN	DIACETON-L-SORBOSE		PCB-153
3,5-DIMETHYLANILIN	DIAZINON	DOC	PCB-170
N,N-DIMETHYLANILIN	DICHLORVOS	1M14	PCB-180
N,N-DIETHYLANILIN	DIMETHOAT	DOC	1,2,3-TRICHLORBENZOL
HEXACHLORBUTADIEN	DISULFOTON		1,2,4-TRICHLORBENZOL
	ETHOFUMESATE	GESAMT-PHOSPHOR	1,3,5-TRICHLORBENZOL
HSA_SCREENING	FENITROTHION	1M14	1,4-DICHLORBENZOL
1M	FENPROPIORPH	GESAMT_P	PENTACHLORBENZOL
TRICHLORFLUORMETHAN	FENTHION		PENTACHLORANISOL
1,1-DICHLORETHEN	HEXAZINON	O-PHOSPHAT	
DICHLORMETHAN	ISO-CHLORIDAZON	1M14	PAK SCHWEBSTOFFE
TRANS-1,2-DICHLORETHEN	MALATHION	O-PHOSPHAT	E14
1,1-DICHLORETHAN	METALAXYL		ACENAPHTHEN
CHLOROFORM	METAMITRON	AMMONIUM	ANTHRACEN
1,1,1-TRICHLORETHAN	METAZACHLOR	1M14	BENZO(A)ANTHRACEN
TETRACHLORMETHAN	METHIDATHION	AMMONIUM	BENZO(B)FLUORANTHEN
1,2-DICHLORETHAN	METHOPROTRYN		BENZO(K)FLUORANTHEN
TRICHLORETHEN	METOLACHLOR	SILIZIUM	BENZO(A)PYREN
1,2-DICHLORPROPAN	MEVINPHOS	1M14	BENZO(GH)PERYLEN
BROMDICHLORMETHAN	NORFLURAZON	KIESELSAURE	CHRYSEN
TRANS-1,3-DICHLORPROPEN	OXADIXYL		DIBENZ(A,H)ANTHRACEN
CIS-1,3-DICHLORPROPEN	PARATHION-ETHYL	NITRIT	FLUORANTHEN
1,1,2-TRICHLORETHAN	PARATHION-METHYL	1M14	FLUOREN
TETRACHLORETHEN	PENCONAZOL	NITRIT	INDENO(1,2,3,CD)PYREN
DIBROMCHLORMETHAN	PIRIMICARB		NAPHTHALIN
CHLORBENZOL	PENDIMETHALIN	Gesamt-Stickstoff	PHENANTHREN
BROMOFORM	PROMETRYN	1M14	PYREN
1,1,2,2-TETRACHLORETHAN	PROPACIN	GESAMTSTICKSTOFF	
1,3-DICHLORBENZOL	PROPETAMPHOS		ZINNORGANICA SCHWEBSTOFFE
1,4-DICHLORBENZOL	PROPICONAZOL		E14
1,2-DICHLORBENZOL	PROPOXUR		DIBUTYLZINN
SUMME_HALOGENIERTE	PYRAZOPHOS		DIOCTYLZINN
BENZOL	QUINALPHOS		TRIBUTYLZINN
TOLUOL	SEBUTHYLAZIN		TRIPHENYLZINN
ETHYLBENZOL	SIMAZIN		TRICYCLOHEXYLZINN
M/P-XYLOL	TERBUMETON		TETRABUTYLZINN
O-XYLOL	TERBUTRYN		
MESITYLEN	TERBUTHYLAZIN		
PSEUDOCUMOL	TOLCLOPHOS-METHYL		
HEMELITOL	TRIAZIMEFON		
	TRIAZOPHOS		
NITROPHENOLE	TRIFLURALIN		
1M14	VINCLOZOLIN		
DNOC			
DINOSEB	ORGANOCHLOR-PESTIZIDE		
DINOTERB	1M14		
2,4-DINITROPHENOL	GAMMA-HCH		
	DELTA-HCH		
	HEXACHLORBENZOL		
	METHOXYCHLOR		
	A-ENDOSULFAN		

Positive Befunde in der Wasserphase 2001

KOMPONENTE	Einheit	BG	MITTEL DER BEFUNDE GRÖßER BG (nicht IKSR- Mittel)	MAX	MIN	Anzahl Befunde höher als Bestimmungsgrenze / Anzahl Untersuchungen	Zielvorgabe IKSR oder Grenzwert GSchV
AMMONIUM	mg_N/l	0.01	0.0544	0.1	0.03	27 / 27	0.2
NITRAT	mg_N/l	0.06	1.4886	2.02	1	26 / 26	5.6
NITRIT	mg_N/l	0.004	0.0143	0.025	0.005	26 / 26	
GESAMT_STICKSTOFF	mg_N/l		1.65	2.29	1.11	27 / 27	
BROMID	mg/l	0.01	0.061	0.087	0.03	26 / 26	
CHLORID	mg/l	1.5	8.9863	13.6	5.9	26 / 26	
FLUORID	mg/l	0.03	0.0572	0.066	0.047	26 / 26	
SULFAT	mg/l	2.5	25.2382	30.4	21.2	26 / 26	
ORTHO-PHOSPHAT	mg_P/l	0.004	0.0208	0.07	0.004	24 / 26	
GESAMT-PHOSPHOR (OXISOLV)	mg_P/l	0.003	0.0411	0.123	0.02	26 / 26	Ø 0.150
AOX	µg_Cl/l	1	6.5019	12.3	2.4	53 / 53	50
DOC	mg_C/l	0.1	1.8767	2.8	1.3	27 / 27	2.0
CALCIUM	mg/l	0.1	52.4071	58.9	45.6	14 / 14	
KALIUM	mg/l	0.1	1.5557	1.8	1.2	14 / 14	
MAGNESIUM	mg/l	0.05	7.5714	10.2	6.5	14 / 14	
NATRIUM	mg/l	0.05	6.9286	9.5	4.9	14 / 14	
KIESELSÄURE	mg_Si/l	0.04	1.6817	3.78	0.753	19 / 20	
KIESELSÄURE	mg_Si/l	0.04	1.554	1.96	0.99	5 / 5	
DTPA	µg/l	0.5	1.5	2.5	0.5	10 / 14	
EDTA	µg/l	0.5	2.5214	4.9	1	14 / 14	
NTA	µg/l	0.5	1.9077	3.5	0.6	13 / 14	
1,1,1-TRICHLORETHAN	µg/l	0.01	0.01	0.01	0.01	1 / 365	1.0
1,1,2,2-TETRACHLORETHAN	µg/l	0.01	0.11	0.19	0.03	2 / 365	
1,1,2-TRICHLORETHAN	µg/l	0.01	0.0783	0.19	0.03	6 / 365	
1,1-DICHLORETHEN	µg/l	0.01	0.0157	0.05	0.01	67 / 365	
1,2-DICHLORETHAN	µg/l	0.01	0.216	0.33	0.05	5 / 365	
1,4-DICHLORBENZOL	µg/l	0.01	0.5	0.5	0.5	1 / 365	
BROMDICHLORMETHAN	µg/l	0.01	0.02	0.02	0.02	1 / 365	
BROMOFORM	µg/l	0.01	0.0136	0.02	0.01	14 / 365	
CHLOROFORM	µg/l	0.01	0.0417	0.19	0.01	318 / 365	0.6
CIS-1,3-DICHLORPROPEN	µg/l	0.01	0.126	0.28	0.01	5 / 365	
DICHLORMETHAN	µg/l	0.01	0.08	0.72	0.01	307 / 365	
SUMME_HALOGENIERTE	µg/l		0.1457	0.94	0	365 / 365	
TETRACHLORETHEN	µg/l	0.01	0.0199	0.07	0.01	305 / 365	1.0
TETRACHLORMETHAN	µg/l	0.01	0.01	0.01	0.01	3 / 365	1.0
TRANS-1,2-DICHLORETHEN	µg/l	0.01	0.1704	0.37	0.1	28 / 365	
TRICHLORETHEN	µg/l	0.01	0.0165	0.04	0.01	69 / 365	1.0
TRICHLORFLUORMETHAN	µg/l	0.01	0.0229	0.05	0.01	14 / 365	
BLEI gesamt	µg/l	0.1	0.5641	1.6	0.11	27 / 27	10
CADMIUM gesamt	µg/l	0.02	0.0221	0.028	0.02	7 / 27	0.2
CHROM gesamt	µg/l	0.2	0.3767	0.97	0.22	27 / 27	5
KUPFER gesamt	µg/l	0.5	1.6889	2.5	1.2	27 / 27	5
NICKEL gesamt	µg/l	0.5	1.1	2.3	0.5	27 / 27	10
QUECKSILBER gesamt	µg/l	0.01	0.015	0.015	0.015	1 / 27	0.03
ZINK gelöst	µg/l	1	2.5	3.1	2.0	6 / 6	20
ALACHLOR	µg/l	0.005	0.006	0.008	0.005	3 / 365	0.1
AMETRYN	µg/l	0.005	0.0133	0.019	0.007	3 / 365	0.1
ATRAZIN	µg/l	0.005	0.0222	0.17	0.009	365 / 365	0.1
CARBOFURAN	µg/l	0.005	0.006	0.006	0.006	1 / 365	0.1
DEET	µg/l	0.005	0.0164	0.228	0.005	364 / 365	0.1
DESETHYLATRAZIN	µg/l	0.005	0.0092	0.02	0.005	348 / 365	0.1
DESETHYLTERBUTHYLAZIN	µg/l	0.005	0.0052	0.006	0.005	14 / 365	0.1
DIAZINON	µg/l	0.005	0.0066	0.017	0.005	125 / 365	0.1
ETHOFUMESATE	µg/l	0.005	0.0074	0.014	0.005	20 / 365	0.1
HEXAZINON	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	5 / 365	0.1
METAZACHLOR	µg/l	0.005	0.007	0.01	0.005	12 / 365	0.1
METOLACHLOR	µg/l	0.005	0.0078	0.02	0.005	90 / 365	0.1
MEVINPHOS	µg/l	0.005	0.008	0.008	0.008	1 / 365	0.1
NORFLURAZON	µg/l	0.005	0.0118	0.021	0.006	6 / 365	0.1
OXADIXYL	µg/l	0.005	0.006	0.006	0.006	2 / 365	0.1
PENCONAZOL	µg/l	0.005	0.0059	0.009	0.005	132 / 365	0.1
PIRIMICARB	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	1 / 365	0.1
PROPICONAZOL	µg/l	0.005	0.0118	0.016	0.01	10 / 365	0.1
SIMAZIN	µg/l	0.005	0.0083	0.053	0.005	357 / 365	0.1
TERBUTHYLAZIN	µg/l	0.005	0.0063	0.01	0.005	78 / 365	0.1
TERBUTRYN	µg/l	0.005	0.0056	0.01	0.005	47 / 365	0.1
DIURON	µg/l	0.025	0.035	0.035	0.035	1 / 26	0.1
ISOPROTURON	µg/l	0.025	0.0608	0.124	0.032	5 / 26	0.1
METHABENZTHIAZURON	µg/l	0.025	0.095	0.178	0.029	3 / 26	0.1
METOXURON	µg/l	0.025	0.0638	0.087	0.047	6 / 26	0.1
MONOLINURON	µg/l	0.025	0.032	0.032	0.032	1 / 26	0.1
SAK-254	1/m		4.9594	10.3	3.35	365 / 365	
SAK-436	1/m		0.3082	0.86	0.14	365 / 365	