



Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
Commission Internationale pour la Protection du Rhin
Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn

Kontamination von Rheinfischen 2000

68. Plenarsitzung – 2./3. Juli 2002 - Luxemburg

INHALT

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Ziele und Inhalte des Messprogramms | 1 |
| 2. | Durchführung der Untersuchung | 1 |
| 2.1 | Probenahmestellen | 1 |
| 2.2 | Untersuchte Fische | 2 |
| 2.3 | Messgrößen | 4 |
| 2.4 | Beteiligte Institutionen | 5 |
| 2.5 | Analytik | 5 |
| 2.6 | Datenauswertung | 6 |
| 3 | Ergebnisse | 9 |
| 3.1 | Biometrische Kennzeichen der untersuchten Fische | 9 |
| 3.2 | Zusammenhang von Fischeigenschaften und Schadstoffgehalten | 11 |
| 3.3 | Einzelbetrachtung der Schadstoffbelastungen | 13 |
| 4 | Rechtliche Beurteilung | 29 |
| 5 | Vergleich mit den Daten der deutschen Umweltprobenbank | 33 |
| 6 | Zusammenfassende Bewertung | 35 |

ANHANG

Datenblätter zu bedeutenden Schadstoffen

Streudiagramme der Belastungen im Rheinverlauf

Zusammenhang von Fischeigenschaften und Schadstoffgehalten

Vergleich der Analysenergebnisse von Umweltbundesamt (UBA) und IKSR

Prüfverfahren der Laboratorien und laborspezifische Bestimmungsgrenzen

1 Ziele und Inhalte des Messprogramms

Das Ziel des Programms zur Messung der Schadstoffbelastung von Rheinfischen besteht in der Erkennung und Überwachung langfristiger und großräumiger Entwicklungen. Dies soll der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) als eine Grundlage für die vorausschauende Gesamtplanung im Rahmen der nachhaltigen Entwicklung des Rheins dienen. Die Schadstoffmessungen an Fischen ergänzen entsprechende Untersuchungen von Wasser, Schwebstoffen und Sedimenten im Rhein.

Die Kontamination von Rheinfischen wird durch die IKSR in fünfjährigem Abstand bereits seit 1985 beschrieben. Anfangs wurden vorliegende Ergebnisse aus verschiedenen Untersuchungen zu Schwermetallen und Organochlorverbindungen inventarisiert. In den Jahren 1990 und 1995 wurden dann internationale Rheinfisch-Untersuchungsprogramme durchgeführt, die Vorgaben zu Probenahmestellen, Probenzahl, Fischauswahl und analytischem Untersuchungsumfang enthielten. Die Auswertung zum Jahr 1995 beinhaltete erstmals detaillierte rückblickende Aussagen zur zeitlichen Entwicklung der Schadstoffbelastungen.

Im Verlauf der Zeit wurden die Anforderungen an die Aussagekraft der erhobenen Daten kontinuierlich strenger. Dies ist beim Vergleich mit zeitlich weit zurückliegenden Daten zu beachten. Die vorangegangenen Programme waren durch die Berücksichtigung einer Vielzahl von Fischarten bei jeweils geringem Probenumfang gekennzeichnet. Dies schränkte die Zuverlässigkeit der Auswertungsergebnisse ein und minderte die Möglichkeiten für räumliche und zeitliche Vergleiche.

Zum Jahr 2000 wurde das Rheinfisch-Untersuchungsprogramm abgewandelt, um die statistische Sicherheit der Aussagen verbessern zu können. Die Analysen wurden auf die beiden Arten Aal und Rotauge begrenzt, zusätzlich wurde eine deutliche Reduzierung der Probenahmeorte beschlossen. Diese Einschränkungen erlaubten eine Steigerung der Anzahl pro Probenahmestelle und Art analysierter Fische.

Auf der verbesserten Datengrundlage soll die Datenauswertung nun einen höheren Stellenwert einnehmen.

2 Durchführung der Untersuchung

2.1 Probenahmestellen

Für das Messprogramm des Jahres 2000 wurden 31 Probenahmestellen festgelegt, die im Rheinverlauf in etwa gleichen Abständen aufeinander folgen und nicht in unmittelbarer Nähe lokaler Emittenten liegen. Die sechs wichtigsten ökologischen Rheinabschnitte (Hochrhein, Südlicher Oberrhein, Nördlicher Oberrhein, Mittelrhein, Niederrhein und Deltarhein) werden dabei jeweils durch mehrere Orte repräsentiert.

Tabelle 1 im Kapitel 2.2 enthält eine Übersicht der vorgesehenen Probenahmestellen und der zuständigen Rheinanliegerstaaten bzw. Bundesländer. Auf Grund von Missverständnissen konnten Daten aus Hessen nicht rechtzeitig geliefert werden. Dies hatte zur Folge, dass über einer Strecke von 110 km Länge keine Daten zur Verfügung stehen. Auch von der niederländischen Entnahmestelle „Wolderwijd“ gingen keine Daten ein. Im Jahr 2000 wurden daher lediglich Fische von 26 Entnahmestellen untersucht.

2.2 Untersuchte Fische

Im Jahr 2000 erfolgte eine Beschränkung der betrachteten Fische auf die Arten Rotaugen und Aal. Das Rotaugen wurde wegen seiner weitgehenden Standorttreue ausgewählt, während der Aal als wichtiger Konsumfisch berücksichtigt wurde. Weitere Kriterien für die Wahl der beiden Arten waren eine ausreichende Populationsdichte in allen ökologischen Rheinabschnitten sowie die Berücksichtigung von Fischen, die über ihre Nahrungsaufnahme (Benthosorganismen) in einem intensiven Kontakt mit rezenten Sedimenten leben. Bereits bei der Festlegung des Messprogramms war bekannt, dass der Fang von Rotaugen in einigen Rheinabschnitten schwierig sein könnte. Dieses Problem bestand bei der späteren Datenerhebung insbesondere im Hochrhein. Wegen der Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen der vorangegangenen Untersuchungen konnte jedoch auf die Verwendung von Rotaugen nicht verzichtet werden. Auch steht keine in gleicher Weise geeignete Art mit im gesamten Rheinverlauf hinreichender Populationsdichte zur Verfügung.

Nach Vorgabe des Messprogramms sollten ausschließlich Rotaugen mit 15 bis 25 cm Körperlänge sowie Aale zwischen 40 und 60 cm (bei Ausschluss von Blankaalen bis maximal 70 cm) verwendet werden. Durch die Längenvorgaben sollten sehr alte und sehr junge Fische ausgeschlossen werden.

Da Mischproben einer größeren Anzahl von Fischen bei räumlichen und zeitlichen Vergleichen grundsätzlich zuverlässigere Aussagen ermöglichen als eine Einzelprobenanalytik, sollten von jeder Probenahmestelle drei Mischproben mit jeweils fünf Rotaugen für die Analysen verwendet werden. Die Fische sollten, wegen der analytischen Qualitätssicherung, den einzelnen Mischproben nach Größenklassen zugeordnet werden.

Für die Untersuchung der Aale waren in den Niederlanden Mischproben vorgesehen. An den anderen Probenahmestellen sollten jeweils mindestens 15 Einzelfische analysiert werden, um Vergleiche mit den Lebensmittelgrenzwerten zu ermöglichen.

Die klare Festlegung der Probennahme führte zu einer im Vergleich zu den früheren Messprogrammen deutlich gesteigerten Vergleichbarkeit der Analysendaten. Die sehr eng gefassten Vorgaben wurden jedoch nicht vollständig eingehalten.

Mit Ausnahme der Entnahmestelle Kembs (Rheinkilometer 174), wo keine Aale gefangen werden konnten, standen von allen realisierten Probenahmeorten Aale in der erforderlichen Anzahl zur Verfügung. Im niederländischen Rheinabschnitt erfolgte die Untersuchung dieser Fische über Mischproben, während im übrigen Rheinverlauf Einzelproben von jeweils 15 Tieren analysiert wurden. An der niederländischen Entnahmestelle Rhijn (Lobith) bei Rheinkilometer (= Rh-km) 862 wurden die 25 Aale aus der Mischprobe zusätzlich einzeln untersucht. In die Datenauswertung gingen damit Einzelproben von 17 Orten und insgesamt 265 Aalen sowie Mischproben von acht Entnahmestellen im Deltarhein mit jeweils 25 Aalen ein. Bei der auch nach den einzelnen Individuen analysierten Aalprobe von Rhijn (Lobith) wurde die Mischprobe bei der Datenauswertung nicht zusätzlich berücksichtigt.

Die Vorgaben hinsichtlich der Körperlänge wurden bei den 240 oberhalb der deutsch-niederländischen Grenze entnommenen Aalen, mit der Ausnahme eines nur 35 cm langen Tieres, erfüllt. Dagegen wiesen alle Individuen der niederländischen Einzelproben Körperlängen zwischen 30 und 40 cm auf (arithm. Mittelwert: 36,2 cm). Auch in den Mischproben aus dem Deltarhein lagen die Mittelwerte der Körperlänge zwischen 30 und 40 cm. Die Verwendung kleinerer Aale steht im Rahmen eines bereits über lange Zeit praktizierten niederländischen Messprogramms.

Die Proben der Rotaugen entsprachen in weitaus geringerem Umfang den Vorgaben des Messprogramms. Das Programm sah bei 26 realisierten Entnahmestellen 78 Mischproben aus jeweils fünf

Rotaugen (insgesamt 390 Individuen) vor. Für die Analyse standen dagegen Rotaugen von lediglich 19 Orten zur Verfügung. Diese waren auf eine Einzelprobe sowie 47 Mischproben aus jeweils zwei bis 22 Fischen verteilt (zehn Mischproben enthielten weniger als fünf Fische). An der Probenahmestelle „Taubergießen“ (Rh-km 255) konnten auch mit hohem Befischungsaufwand keine Rotaugen gefangen werden. Daher wurden alternativ drei Mischproben aus jeweils fünf Güstern (*Abramis bjoerkna*) gebildet und analysiert. Im Hochrhein wurde an den drei Messorten unterhalb Konstanz (Rh-km 3) nur insgesamt ein Rotauge gefangen.

Da die zusätzlich zu den drei Mischproben analysierten Einzelproben von Rheinkilometer 792 (Duisburg-Walsum) nicht in die Datenauswertung einbezogen wurden, gehen insgesamt Informationen von 333 Rotaugen (47 Mischproben und eine Einzelprobe) und 15 Güstern (drei Mischproben) in die Betrachtung der Schadstoffkontaminationen ein. Die Daten der Güstern wurden - mit Ausnahme der biometrischen Analysen - in die Auswertung einbezogen, um im Rheinverlauf keine zu große Datenlücke entstehen zu lassen. In der Darstellung der Schadstoffbelastungen wird bei auffallenden Befunden jeweils auf die Besonderheit der Proben von Rheinkilometer 255 hingewiesen.

Tab. 01: Probenahmestellen des Messprogramms sowie Anzahl realisierter Einzel- und Mischproben

| Rhein-kilometer | Rhein Entnahmestelle | Ökologischer Rheinabschnitt | Anliegerstaat (Bundesland) | Aalproben | | Rotaugenproben | |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------|-------------|----------------|-------------|
| | | | | Einzelproben | Mischproben | Einzelproben | Mischproben |
| 3 | Konstanz | Hochrhein (1) | D (BW) | 15 | | 1 | 3 |
| 91 | Rekingen | | CH | 15 | | | |
| 139 | Schwörstadt | | D (BW) | 15 | | | |
| 160 | Grenzach | | D (BW) | 15 | | | |
| 174 | Kembs | Südlicher Oberrhein (2) | CH | | | | 3 |
| 210 | Grißheim | | D (BW) | 15 | | | 2 |
| 255 | Taubergießen | | D (BW) | 15 | | | 3 (Güstern) |
| 309 | Gambsheim | | F | 15 | | | 1 |
| 355 | Neuburgweier | | D (BW) | 15 | | | 3 |
| 394 | Berghausen | Nördlicher Oberrhein (3) | D (RPF) | 15 | | | 3 |
| 432 | Mannheim-Sandhofen | | D (BW) | 15 | | | 3 |
| 440 | Lampertheim | | D (HE) | | | | |
| 465 | Biebesheim | | D (HE) | | | | |
| 499 | Wiesbaden | | D (HE) | | | | |
| 540 | Lorch | | D (HE) | | | | |
| 590 | Koblenz | Mittelrhein (4) | D (RPF) | 15 | | | 3 |
| 642 | Bad Honnef | | D (NRW) | 15 | | | 3 |
| 705 | Leverkusen-Hitdorf | Niederrhein (5) | D (NRW) | 15 | | | 3 |
| 755 | Düsseldorf-Kaiserswerth | | D (NRW) | 15 | | | 3 |
| 792 | Duisburg-Walsum | | D (NRW) | 15 | | | 3 |
| 848 | Emmerich | | D (NRW) | 15 | | | 3 |
| 862 | Rhijn (Lobith) | | NL | 25 | 1 | | 3 |
| 914 | Waal (Thiel) | Deltarhein (6) | NL | | 1 | | |
| 940 | Lek (Culemborg) | | NL | | 1 | | 1 |
| 976 | Nieuwe Merwede | | NL | | 1 | | |
| 995 | Hollandsch Diep | | NL | | 1 | | 3 |
| 1010 | Ketelmeer | | NL | | 1 | | 3 |
| 1030 | Haringvliet | | NL | | 1 | | |
| 1055 | Ijsselmeer | | NL | | 1 | | 1 |
| | Markermeer | | NL | | 1 | | |
| | Wolderwijd | | NL | | | | |
| | Gesamt | | | 265 | 9 | 1 | 50 |

Die Aale bei Rh-km 862 wurden für die meisten Parameter einzeln und als Mischprobe analysiert

Die Vorgaben des Messprogramms im Hinblick auf die Körperlängen der Rotaugen wurden von nahezu 50 % der überprüfaren Tiere nicht erfüllt. Auf die biometrischen Daten der untersuchten Fische wird im Kapitel 3.1 detaillierter eingegangen.

2.3 Messgrößen

Die im Jahr 2000 betrachteten Schadstoffe sind in Tabelle 2 aufgeführt. Es bestanden nur geringe Unterschiede zum vorangegangenen Programm. Nicht mehr enthaltenen war die 1995 vorgesehene, aber nicht betrachtete Substanz Ugilec 141. Dagegen wurden im Jahr 2000 Triphenylzinn und Tributylzinn erstmalig untersucht. Für diesen Stoff existierte zuvor noch keine geeignete Analysenmethode.

Tab.02: Darstellung der Messgrößen im Programm des Jahres 2000

| |
|---|
| <p>Polychlorierte Biphenyle (PCB) PCB 28*, PCB 52*, PCB 101*, PCB 118*, PCB 138*, PCB 153*, PCB 156*, PCB 180*</p> |
| <p>Pestizide o,p'-DDE, o,p'-DDD, o,p'-DDT*, p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT* (Gesamt DDT=Summe der 6 Isomeren bzw. Metaboliten)</p> |
| <p>Schwerflüchtige Kohlenwasserstoffe Octachlorstyrol Hexachlorbenzol* Pentachlorbenzol Pentachloranisol Hexachlorbutadien α-HCH* β-HCH* γ-HCH (Lindan)</p> |
| <p>Trichlorbenzole* 1,3,5-Trichlorbenzen, 1,2,4-Trichlorbenzen, 1,2,3-Trichlorbenzen</p> |
| <p>Tetrachlorbenzole 1,2,4,5-Tetrachlorbenzol, 1,2,3,4-Tetrachlorbenzol, 1,2,3,5-Tetrachlorbenzol</p> |
| <p>Nitromoschusverbindungen Moschusxylo*</p> |
| <p>Schwermetalle Blei, Cadmium* Quecksilber*</p> |
| <p>Sonstige Stoffe Bromocyclen Triphenylzinn Tributylzinn</p> |

*): prioritärer Stoff / Stoffgruppe

Wie bei den vorangegangenen Untersuchungen wurden die Schadstoffe nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Die Substanz sollte in der Liste der für den Rhein relevanten Stoffe aufgeführt oder durch Abbau oder Metabolisation ein Derivat der Stoffe dieser Liste sein.
- Sie sollte über ein hohes Bioakkumulationsvermögen ($\log K_{ow} > 3$) für organische Mikroverunreinigungen verfügen.
- Sie sollte auch im unteren Spurenbereich zuverlässige Daten (Analysemethoden verfügbar sein).
- Der Stoff wurde bereits öfters über der Bestimmungsgrenze gemessen.

2.4 Beteiligte Institutionen

Am Messprogramm des Jahres 2000 waren die im folgenden genannten Institutionen beteiligt.

Tab. 03: Beteiligte Laboratorien und Behörden

| Rheinanliegerstaat oder Bundesland | Institutionen |
|---|--|
| Schweiz | Bundesamt f. Umwelt, Wald und Landschaft Bern (Probenahme) |
| Baden-Württemberg (D) (inkl. Fischproben vom schweizer Ufer) | Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg (Analytik und Beauftragung freiberuflich tätiger Fachleute für die Probenahme) |
| Frankreich | Centre d'Analyses et de Recherches Departement Hydrologie et Environnement Illkirch-Graffenstaden (Analytik); Conseil Supérieur de la Pêche (Probenahme) |
| Rheinland-Pfalz (D) | Landesuntersuchungsamt Institut für Lebensmittelchemie Speyer (Analytik); Struktur- und Genehmigungsdirektionen Nord, Koblenz und Süd, Neustadt/Weinstraße (Probenahme) |
| Hessen (D) | Keine Teilnahme im Jahr 2000 |
| Nordrhein-Westfalen (D) | Staatliche Veterinäruntersuchungsämter Krefeld und Arnsberg (Analytik), im Auftrag von: Landesanstalt f. Ökologie, Bodenordnung und Forsten, Landesamt für Agrarordnung NRW (Prof. Dr. Lehmann/Steinberg) (Probenahme) |
| Niederlande | Rijksinstituut voor Visserijonderzoek, Ijmuiden (Analytik, Probenahme) |

2.5 Analytik

Analysiert wurden die verzehrfähigen Anteile der eingesandten Fische ohne Haut, Gräten und Innereien. Bei Mischproben wurde ein homogenes Gemisch gleicher Anteile des Fleisches mehrerer Fische verwendet. Die Analyseergebnisse wurden in mg/kg Fett angegeben und bei der Datenauswertung über die im Labor ermittelten Fettgehalte zusätzlich auf das Bezugssystem mg/kg Frischgewicht ($FG = \text{Gewicht des verzehrfähigen Fischanteils}$) umgerechnet. Die Ergebnisse der Messungen von Schwermetallen und organischen Zinnverbindungen wurden nur mit Bezug auf das Frischgewicht angegeben.

Die Prüfverfahren der beteiligten Laboratorien und die laborspezifischen Bestimmungsgrenzen sind im Anhang tabellarisch dargestellt. Zur Qualitätssicherung der Analysenergebnisse nahmen die Labors im Jahr 1999 an Laborvergleichsuntersuchungen (LVU) teil.

2.6 Datenauswertung

Die aktuellen und die zum Vergleich herangezogenen Daten der Voruntersuchungen weisen die folgenden Besonderheiten auf:

- starke Größenunterschiede hinsichtlich der verschiedenen Schadstoffe, der Bezugsgrößen „Fett“ und „Frischgewicht“ sowie zwischen den betrachteten Fischarten
- stark rechtsschiefe Verteilung der Schadstoffkonzentrationen mit weit über den Mittelwerten liegenden Maxima
- unterschiedliche Bestimmungsgrenzen der beteiligten Laboratorien
- Unterschiede im Stichprobenumfang
- sehr hoher Anteil an Messergebnissen unterhalb der Bestimmungsgrenzen bei einigen Schadstoffen
- gemeinsames Vorkommen von Daten aus Einzel- und Mischproben (teilweise im selben Rheinabschnitt)
- weitaus größere Heterogenität der Daten aus dem Jahr 1995 bei gleichzeitig systematisch kleinerem Stichprobenumfängen

Die Datenauswertung erfolgte über die EDV-Programme Microsoft Excel 2000 und SPSS für Windows, mit dem Ziel eines größtmöglichen Informationsgewinns an für den Untersuchungszweck (Erkennung und Überwachung der langfristigen und großräumigen Entwicklung der Schadstoffgehalte) relevanten Aussagen. Sie wurde auf beschreibender Ebene und mit Mitteln der Prüfstatistik durchgeführt. Für einige Betrachtungen erfolgte eine erneute Auswertung der Werte aus dem Jahr 1995 auf Messdatenniveau. Dies war für Untersuchungsergebnisse aus dem Jahr 1990 nicht möglich, da diese Daten nicht mehr verfügbar sind.

In der Auswertung wurden die Daten in Abhängigkeit von der Art der Aussagen unterschiedlich behandelt.

Beschreibende Statistik

Nahezu alle Schadstoffkonzentrationen wiesen eine stark rechtsschiefe Verteilung, mit weit über den Verteilungsschwerpunkt liegenden Maximalwerten auf. Unter diesen Umständen sind Mediane und Perzentile angemessenere statistische Kennwerte als die oft verwendeten arithmetischen Mittelwerte und Standardabweichungen, da sie weniger empfindlich auf Extremwerte reagieren. Mediane und Perzentile geben darüber hinaus die deutlichste Information über die Verteilung der betrachteten Daten. Der Median (= Perzentil-50) gibt die Ausprägung der betrachteten Variablen im Verteilungsschwerpunkt an (gleiche Anzahl von Daten mit geringeren und höheren Werten).

Messergebnisse unterhalb der laborspezifischen Bestimmungsgrenzen wurden auf die Hälfte der Bestimmungsgrenze gesetzt. Diese Vorgehensweise folgte dem Verfahren aus dem Jahr 1995 und ist als jeweils bestmögliche Schätzung der zwischen dem Wert Null und der Bestimmungsgrenze liegenden wahren Werte vertretbar. Sie führt jedoch bei Ergebnissen unterhalb der Bestimmungsgrenzen zu lokalen Unterschieden, die durch die Analysenverfahren der beteiligten Labors verursacht werden. Dies beeinflusst den Median (im Gegensatz zum arithmetischen Mittelwert) nicht,

solange mehr als 50 % der Messwerte oberhalb der Bestimmungsgrenze liegen. Wo diese Voraussetzung nicht erfüllt war, wurde mit einem entsprechenden Hinweis auf die Darstellung des Medians verzichtet.

Die Untersuchungen an Rotaugen wurden auf der Basis von Mischproben vorgenommen. Dagegen erfolgte die Betrachtung der Aale nur in den Niederlanden anhand von Mischproben aus jeweils 25 (relativ kleinen) Tieren während im übrigen Rheinverlauf jeweils 15 einzelne Aale je Probenahmestelle analysiert wurden. Die Analysenergebnisse aus Mischproben bilden Mittelwerte größerer Sicherheit als die rechnerisch aus Einzeldaten ermittelten Mediane oder arithmetischen Mittelwerte. Sie enthalten jedoch keine Informationen über die Streuung der Schadstoffbelastungen. Die Vergleichbarkeit der niederländischen mit den anderen Proben ist hierdurch eingeschränkt.

Bei Rheinkilometer 862 im holländischer Niederrhein wurden die Schadstoffkonzentrationen in der Regel parallel als Einzel- und Mischproben analysiert. Zu einigen Stoffen standen jedoch nur Ergebnisse der Mischprobe zur Verfügung. Diese Daten wurden für gemeinsame Betrachtungen innerhalb des Rheinabschnittes 15fach gewichtet (entsprechend der Anzahl von Einzelproben an den anderen Orten im Rheinabschnitt 5).

Auf der Ebene der Einzeldaten wurden die Schadstoffkonzentrationen in Streudiagrammen gegen die Flussstrecke (Rheinkilometer) aufgetragen (Darstellung im Anhang). Hierzu wurden –wie in der Untersuchung zum Jahr 1995 – alle Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenzen auf Null gesetzt. Die Streudiagramme geben vor allem einen optischen Eindruck von den maximalen Schadstoffkonzentrationen an jeder Probenahmestelle.

Signifikanzprüfungen

Da Unterschiede der Merkmalsausprägungen zwischen Stichproben zufallsbedingt sein können und nicht notwendigerweise auf wahren Unterschieden in den Schadstoffbelastungen der Rheinfische basieren, wurden die Aussagen zu zeitlichen Unterschieden auf ihr Signifikanzniveau geprüft. Unterschiede der Messwerte im Rheinverlauf wurden in relevanten Einzelfällen geprüft. Die oben beschriebenen Datencharakteristika erforderten die Anwendung von nichtparametrischen Verfahren.

Bei den Signifikanzprüfungen wurden die Merkmalsausprägungen auf Rangskalenniveau betrachtet. Falsche Aussagen aufgrund von Extremausprägungen in einzelnen Proben sind hierdurch vermeidbar. Wegen der systematisch kleineren Stichprobenumfänge bei der vorangegangenen Erhebung im Jahr 1995 erfolgten zur Signifikanzüberprüfung generell U-Tests mit zweiseitiger Fragestellung nach Mann-Whitney. Bei signifikanten Unterschieden wurde die Richtung nach dem Medianen der Messwerte zugewiesen.

Die Ermittlung der Irrtumswahrscheinlichkeit einer Aussage (p = Signifikanzniveau) erfolgt allgemein, indem man die beobachteten Merkmalsausprägungen, also die Konstellation für den beobachteten Sachverhalt in Relation zu allen möglichen Anordnungen von Merkmalsausprägungen setzt. Das Programm SPSS rechnet bei der Signifikanzprüfung nach Mann-Whitney und kleinen Stichproben mit exakten Wahrscheinlichkeiten, die sich aus der Kombinatorik ergeben.

Signifikanztests waren für die sehr heterogenen Rotaugenproben wegen großer Unterschiede in den Probenumfängen und häufigem Wechsel zwischen Misch- und Einzelproben nicht möglich. Für die Aale erfolgten die Tests auf der Grundlage aller Proben aus dem jeweils betrachteten Bereich und zusätzlich auf der Basis nur derjenigen Probenahmestellen, welche zu beiden Untersuchungszeit-

punkten realisiert wurden. Auf diese Weise werden Verschiebungen durch zeitliche Unterschiede von Lage und Anzahl der Probenahmeorte erkennbar.

Für die Signifikanzprüfungen wurde den beiden Mischproben aus dem Jahr 1995 (Rh-km 139 und 862) ein höheres Gewicht als den Einzelproben zugewiesen. Dieses entsprach der mittleren Anzahl der Einzelproben pro Entnahmestelle im jeweiligen Rheinabschnitt.

Die vorgenommene Setzung kleiner Messwerte auf die Hälfte der Bestimmungsgrenze kann in den Signifikanztests zu falschen Rangpositionen führen, indem real sehr kleine Werte unterhalb einer hohen Bestimmungsgrenze größer werden als relativ geringere Werte unterhalb einer niedrigen Bestimmungsgrenze. Auch bei jeder anderen Behandlung der kleinen Messergebnisse wären Verschiebungen nicht auszuschließen. So könnten, bei einheitlicher Nullsetzung aller nicht messbaren Werte, vergleichsweise hohe Stoffkonzentrationen bei wenig empfindlicher Analytik kleiner werden als durch genaue Messverfahren noch bestimmbare, geringere Konzentrationen. Ein Ausschluss aller Werte unterhalb der Bestimmungsgrenzen würde dagegen zum Verlust der wichtigen Information „sehr kleiner Schadstoffgehalt“ führen. Die Problematik der unterschiedlichen Bestimmungsgrenzen wurde durch die Auswahl des Tests nach Mann-Whitney berücksichtigt, der bei hoher Trennschärfe gleichzeitig robust auf einzelne Verschiebungen in der Messwertkonstellation reagiert. Die Ergebnisse der durchgeführten Tests zeigten zudem, dass kaum Grenzfälle auftraten. Unterschiede waren in der Regel entweder hoch signifikant oder nicht signifikant.

Berücksichtigung biometrischer Merkmale

Die Betrachtungen im Zusammenhang mit biometrischen Fischdaten erfolgten mit Bestimmungen der linearen oder quadratischen Regression (bei offensichtlich kurvilinearem Zusammenhang). Die Irrtumswahrscheinlichkeiten wurden über den F-Test ermittelt. Für die Berechnung der Zusammenhänge zwischen biometrischen Merkmalen und Schadstoffausprägungen wurden alle Messergebnisse unterhalb der Bestimmungsgrenzen ausgeschlossen, um Unterschiede in der Messempfindlichkeit als Quelle der Variation auszuschalten.

3 Ergebnisse

3.1 Biometrische Kennzeichen der untersuchten Fische

Auf die Vorgaben des Messprogramms hinsichtlich der zu untersuchenden Fische sowie auf Art und Umfang der realisierten Proben wurde bereits im Kapitel 2 eingegangen. Die nachfolgende Betrachtung basiert auf den verfügbaren Daten zu Körperlänge, Gewicht, Alter und Fettgehalt der analysierten Fische.

Aale

Wie Tabelle 4 zeigt, waren die Aalproben innerhalb der Rheinabschnitte weitgehend homogen. Auch zwischen den Abschnitten 1 bis 4 waren keine bedeutenden Unterschiede erkennbar.

Im Nördlichen Oberrhein (Rheinabschnitt 3) wurden im Mittel größere Aale gefangen, die jedoch im Vergleich zu den anderen Abschnitten keine höheren Fettanteile aufwiesen. Die durchschnittlich fettreichsten Aale wurden im Mittel- und Niederrhein entnommen. Die Verwendung kleinerer Aale im niederländischen Rhein (NL: 30 bis 40 cm Körperlänge; sonst 50 bis 70 cm) war dagegen auch mit geringeren mittleren Fettanteilen in den Fischen verbunden.

Tab. 04: Verteilung der von den untersuchten Aalen bekannten biometrischen Parameter (Darstellung der Quartile)

| Rheinabschnitt | n | Körperlänge [cm] | | | | | Gewicht [g] | | | | | Fettanteil [%] | | | | |
|----------------|-----|------------------|-----|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|----------------|------|------|------|------|
| | | Min | 25% | 50% | 75% | Max | Min | 25% | 50% | 75% | Max | Min | 25% | 50% | 75% | Max |
| 1 | 60 | 35 | 50 | 54 | 56 | 64 | 61 | 222 | 274 | 326 | 531 | 1,3 | 14,3 | 19,7 | 25,0 | 36,6 |
| 2 | 60 | 43 | 50 | 54 | 59 | 69 | 110 | 195 | 270 | 386 | 623 | 4,0 | 15,1 | 21,7 | 26,8 | 34,3 |
| 3 | 30 | 45 | 51 | 59 | 64 | 67 | 154 | 239 | 358 | 431 | 577 | 4,1 | 13,1 | 17,6 | 22,8 | 29,7 |
| 4 | 30 | 48 | 53 | 55 | 56 | 68 | 232 | 280 | 301 | 366 | 689 | 9,5 | 22,3 | 29,5 | 33,1 | 39,7 |
| 5 | 85 | 30 | 39 | 49 | 53 | 64 | 52 | 115 | 230 | 290 | 570 | 4,4 | 15,9 | 27,0 | 30,4 | 37,0 |
| 6 | 8 * | 35 | 35 | 35 | 36 | 36 | 87 | 91 | 92 | 93 | 94 | 9,4 | 14,3 | 15,7 | 17,6 | 19,9 |
| 1 bis 5 | 265 | 30 | 49 | 53 | 56 | 69 | 52 | 200 | 271 | 337 | 689 | 1,3 | 14,9 | 23,3 | 28,7 | 39,7 |

*) Die Daten von Rheinabschnitt 6 basieren auf Mischproben mit jeweils 25 Tieren; n: Datenanzahl

Die Zusammenhänge zwischen den Parametern Körperlänge, Gewicht und Fettgehalt wurden auf der Basis der 265 Einzelproben ermittelt. Die Regressionsrechnungen ergaben den erwarteten sehr engen Zusammenhang zwischen Körperlänge und Gewicht ($r = 0,94$ über alle Aale). Dagegen zeigte sich, dass zwischen Körperlänge bzw. Gewicht und Fettanteil keine engen Zusammenhänge bestehen. Dies gilt sowohl für die gesamte Stichprobe als auch bei getrennter Betrachtung der Aale aus den einzelnen ökologischen Rheinabschnitten. Auf der Ebene der Probenahmestellen waren die Zusammenhänge zwischen Länge bzw. Gewicht und Fettgehalt zum größten Teil nicht signifikant.

Tab. 05: Zusammenhang von Körperlänge und Gewicht (quadratische Regression) sowie von Körperlänge bzw. Gewicht und Fettanteil (lineare Regression) der untersuchten Aale

| Herkunft der Probe | n | Länge – Gewicht | | | Länge – Fettgehalt | | | Gewicht – Fettgehalt | | |
|--------------------|-----|-----------------|------|-----|--------------------|------|-----|----------------------|------|-----|
| | | r ² | r | p | r ² | r | p | r ² | r | p |
| Rh-km 848 und 864 | 40 | 0,92 | 0,96 | ** | 0,66 | 0,81 | *** | 0,62 | 0,79 | *** |
| Abschnitt 1 | 60 | 0,87 | 0,93 | *** | 0,17 | 0,42 | *** | 0,27 | 0,52 | *** |
| Abschnitt 2 | 60 | 0,90 | 0,95 | *** | 0,27 | 0,52 | *** | 0,27 | 0,52 | *** |
| Abschnitt 3 | 30 | 0,93 | 0,96 | *** | 0,04 | 0,19 | | 0,03 | 0,17 | |
| Abschnitt 4 | 30 | 0,56 | 0,75 | *** | 0,14 | 0,37 | * | 0,11 | 0,33 | |
| Abschnitt 5 | 85 | 0,93 | 0,97 | *** | 0,49 | 0,70 | *** | 0,41 | 0,64 | *** |
| alle Aale | 265 | 0,88 | 0,94 | *** | 0,11 | 0,34 | *** | 0,13 | 0,36 | *** |

r²: Anteil gemeinsamer Varianz, r: Korrelationskoeffizient, p: Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %; ***: < 0,1 %)

Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Zusammenhänge zwischen Körperlänge und Fett für alle Aale sowie für die Tiere aus den benachbarten Probenahmestellen bei Rheinkilometer 848 und 862. Die starke Streuung der Kenndaten wird dabei deutlich. Die Abbildung zeigt auch, dass die kleineren (niederländischen) Aale im Mittel fettärmer waren.

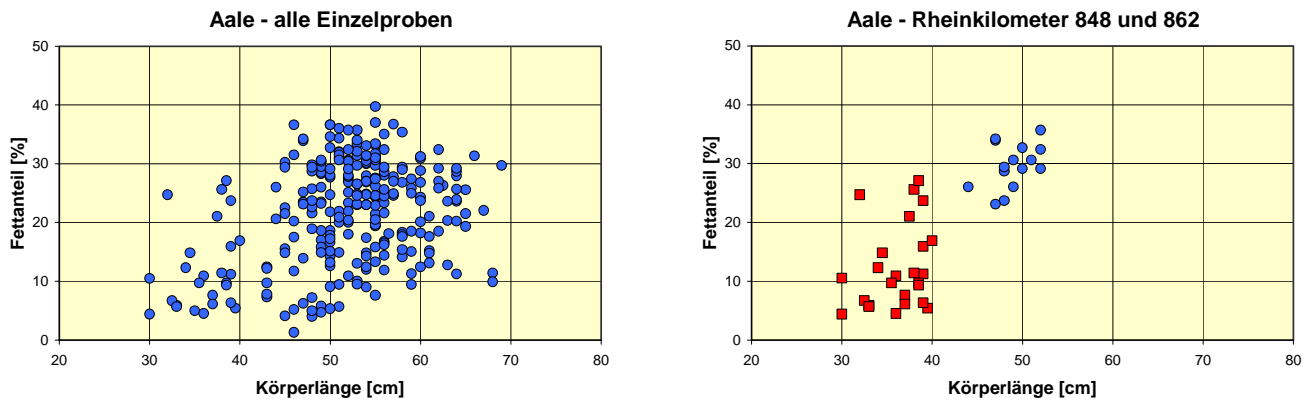


Abb. 01: Zusammenhang zwischen Körperlänge und Fettgehalt bei untersuchten Rheinaalen

Rotaugen

Tabelle 6 gibt eine Übersicht der Mischprobenwerte von Körperlänge, Gewicht und Fettanteil für die untersuchten Rotaugen. Individuell zuweisbare Daten zu Länge, Gewicht und Alter sind nur für einen Teil der verwendeten Fische vorhanden (Darstellung in Tab. 7). Die insbesondere bei den Gewichtsangaben zwischen beiden Tabellen bestehenden Unterschiede weisen auf eine unzureichende Basis an individuell zuweisbaren Daten hin.

Tab. 06: Verteilung der von den untersuchten Rotaugen bekannten biometrischen Parameter (Darstellung der Quartile) auf der Basis der Durchschnittswerte aus den Mischproben

| Rhein abschnitt | Körperlänge [cm] | | | | | | Gewicht [g] | | | | | | Fettanteil [%] | | | | | |
|-----------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | n | Min | 25% | 50% | 75% | Max | n | Min | 25% | 50% | 75% | Max | n | Min | 25% | 50% | 75% | Max |
| 1 | 3 | 19 | | 20 | | 21 | 3 | | 100 | 103 | | 136 | 3 | 1,7 | | 2,1 | | 2,5 |
| 2 | 9 | 13 | 14 | 15 | 18 | 23 | 9 | 23 | 33 | 74 | 99 | 198 | 9 | 0,3 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,6 |
| 3 | 6 | 17 | 18 | 26 | 33 | 36 | 6 | 82 | 100 | 314 | 547 | 641 | 6 | 0,5 | 0,7 | 1,2 | 1,7 | 1,8 |
| 4 | 6 | 14 | 21 | 23 | 24 | 30 | 6 | 32 | 124 | 148 | 173 | 337 | 6 | 1,3 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 3,0 |
| 5 | 15 | 12 | 15 | 20 | 23 | 33 | 15 | 22 | 44 | 92 | 175 | 540 | 15 | 0,6 | 1,4 | 1,6 | 1,9 | 2,5 |
| 6 | 8 | 18 | 22 | 24 | 27 | 33 | 8 | 69 | 139 | 186 | 287 | 571 | 8 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 1,8 | 2,1 |
| 1 bis 6 | 47 | 12 | 17 | 21 | 24 | 36 | 47 | 22 | 72 | 126 | 184 | 641 | 47 | 0,3 | 0,9 | 1,4 | 1,8 | 3,0 |

Tab. 07: Verteilung der von den untersuchten Rotaugen bekannten biometrischen Parameter (Darstellung der Quartile) auf der Basis der individuell zuweisbaren Daten

| Rhein abschnitt | N gesamt | Körperlänge [cm] | | | | | | Gewicht [g] | | | | | | Alter [Jahre] | | | | | |
|-----------------|----------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | n | Min | 25% | 50% | 75% | Max | n | Min | 25% | 50% | 75% | Max | n | Min | 25% | 50% | 75% | Max |
| 1 | 16 | 16 | 18 | 19 | 20 | 20 | 23 | 16 | 78 | 97 | 105 | 117 | 171 | 9 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 2 | 43 | 43 | 13 | 14 | 15 | 17 | 26 | 43 | 20 | 29 | 39 | 64 | 272 | 28 | 1 | 1 | 2 | 2 | 5 |
| 3 | 29 | 29 | 16 | 18 | 20 | 33 | 37 | 15 | 50 | 62 | 71 | 85 | 111 | 23 | 2 | 3 | 7 | 9 | 10 |
| 4 | 39 | 39 | 12 | 14 | 20 | 24 | 32 | 24 | 19 | 26 | 41 | 101 | 162 | 16 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 5 | 115 | 89 | 9 | 12 | 15 | 19 | 33 | 89 | 8 | 20 | 41 | 85 | 496 | 23 | 2 | 3 | 3 | 4 | 6 |
| 6 | 91 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 bis 6 | 333 | 216 | 9 | 14 | 17 | 21 | 37 | 187 | 8 | 28 | 50 | 97 | 496 | 99 | 1 | 2 | 3 | 4 | 10 |

Von 216 (=65 %) der in die Datenauswertung eingehenden 333 Rotaugen sind die Körperlängen bekannt. 24 Individuen wiesen Körperlängen über 25 cm auf, während 71 Fische kleiner als 15 cm waren. Damit erfüllten lediglich 57 % der individuell überprüfaren Rotaugen die Längenvorgaben des Messprogramms.

Zwischen Länge und Gewicht der Rotaugen besteht sowohl auf dem Niveau der Durchschnittswerte als auch auf der Basis der individuell zuweisbaren Daten ein sehr enger Zusammenhang ($r = 0,99$ bzw. $r = 0,97$ bei quadratischer Regression). Dagegen bestehen keine signifikanten Zusammenhänge von Körperlänge und Gewicht mit dem Fettanteil.

In die Proben gingen Rotaugen im Alter zwischen ein und zehn Jahren ein. Die Mehrzahl der individuell zuweisbaren Fische (51 %) war zwei- bis dreijährig. Eine individuelle Alterszuordnung war jedoch nur in insgesamt 99 Fällen möglich (30 % der verwendeten Rotaugen). Es bestand kein enger Zusammenhang zwischen Alter und Körperlänge bzw. Gewicht. So wiesen dreijährige Rotaugen Körperlängen zwischen 14 und 25 cm bei 28 bis 210 g Gewicht auf.

3.2 Zusammenhang von Fischeigenschaften und Schadstoffgehalten

Zwischen den biometrischen Merkmalen Körperlänge bzw. Fettgehalt und den Konzentrationen der einzelnen Schadstoffe wurden die Korrelationen bestimmt (Datenübersicht im Anhang). Bei nahezu allen fettlöslichen Stoffen wurde ein positiver Zusammenhang zwischen den Schadstoffkonzentrationen im Fleisch und dem Fettgehalt der verzehrbaren Fischanteile ermittelt. Dieser Befund ist aus vielen anderen Untersuchungen bekannt.

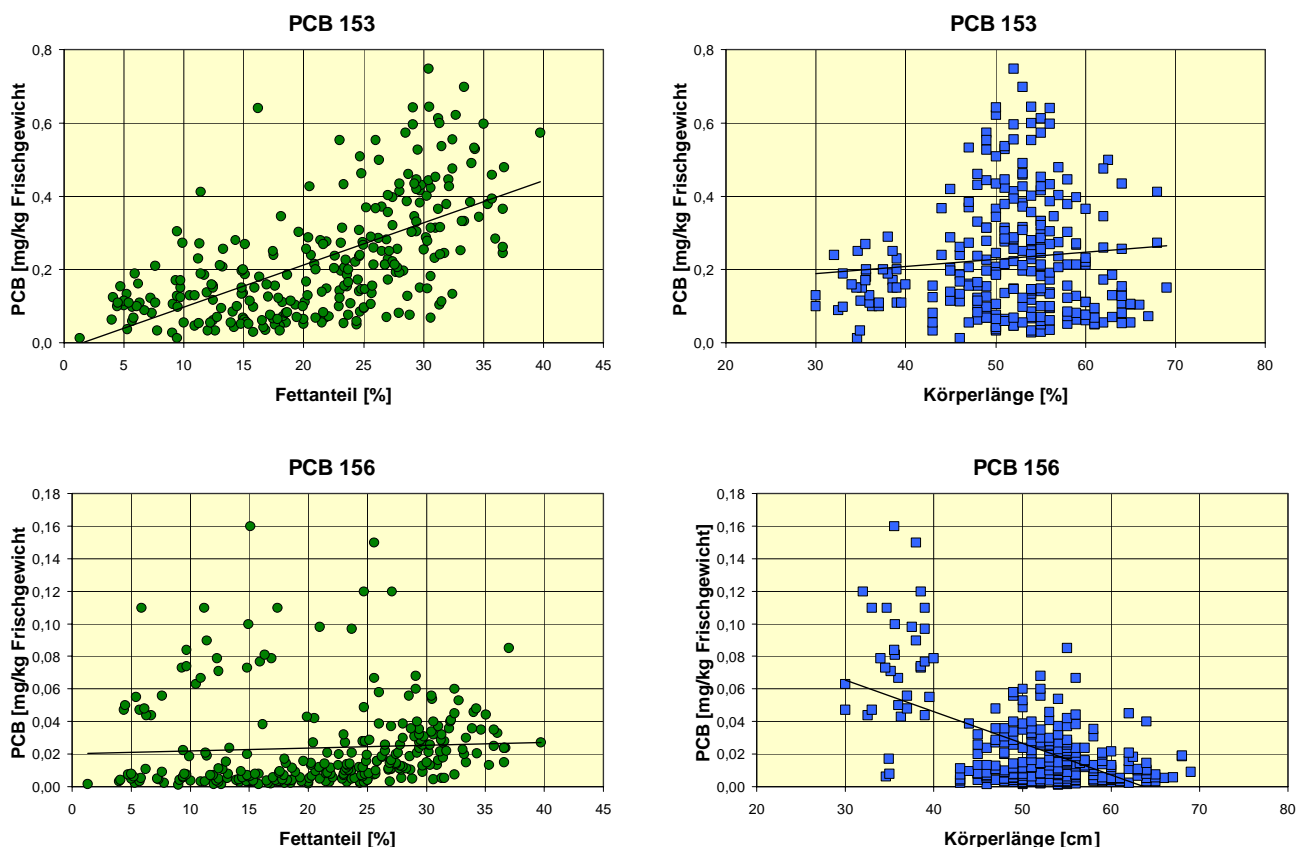


Abb. 02: Zusammenhang zwischen Fettanteil bzw. Körperlänge und Konzentration an PCB 153 bzw. PCB 156 in den verzehrbaren Aalanteilen

Die Korrelationsrechnungen ergaben jedoch zum Teil hoch signifikante aber in ihren Ausprägungen sehr unterschiedliche Zusammenhänge bei chemisch nah verwandten Stoffen. So liegt beispielsweise die Produkt-Moment-Korrelation zwischen den Fettanteilen der untersuchten Aale und den Schadstoffkonzentrationen bezogen auf das Frischgewicht für PCB 153 bei 0,59, mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,1 \%$, während für PCB 156 keine signifikante Korrelation errechnet wurde. Umgekehrt korrelierten die Körperlängen der Aale eng mit den Konzentrationen von PCB 156 im Frischgewicht ($r = -0,57$, $p < 0,1 \%$) während bei PCB 153 kein rechnerischer Zusammenhang bestand ($r = 0,09$, $p < 0,13$).

Die grafische Darstellung zeigt, dass hier Scheinkorrelationen bestehen, die durch Extremwerte mit sehr hohen und niedrigen Ausprägungen zustande kommen. Wie die optische Kontrolle erkennen lässt, sind die Werte nicht homogen um die Regressionsgerade gestreut. Damit ist eine Voraussetzung für die Berechnung der Produkt-Moment-Korrelation (die sog. Homoskedastizität) nicht erfüllt. Als Quelle der Variation kommen hier vor allem Unterschiede der Schadstoffsituation an den verschiedenen Orten in Betracht. In die Rechnung gehen Unterschiede von Fettgehalt, Körperlänge und Probenahmestelle ein. Diese lassen sich durch Partialrechnung nicht kontrollieren.

Zur adäquaten Ermittlung der Zusammenhänge zwischen Schadstoffgehalten und biometrischen Merkmalen ist es notwendig, die jeweils nicht betrachteten Einflussgrößen (u.a. erhebliche örtliche Unterschiede) experimentell auszuschalten. Ein geeigneter Ansatz besteht in der Untersuchung einer deutlich größeren Stichprobe von nur einer Probenahmestelle. Auf der Basis der vorliegenden Daten sind keine qualifizierten Aussagen möglich.

3.3 Einzelbetrachtung der Schadstoffbelastungen

Darstellung

Die Beurteilungen für die einzelnen Schadstoffe erfolgen in Abhängigkeit von deren Bedeutung sowie vom Informationsgehalt der Daten. Hierbei wird versucht, die Kontinuität zu den vorangegangenen Berichten zu wahren.

Für die 1995 ausführlich beurteilten Substanzen werden im Anhang die Kennzahlen der Messwertverteilung (Mittelwerte, Quartile, Minimal- und Maximalwerte) tabellarisch wiedergegeben. Wie im Vorbericht werden die Mediane für die ökologischen Rheinabschnitte grafisch dargestellt. Der Anhang enthält zusätzlich Streudiagramme aller Schadstoffkonzentrationen im Rheinverlauf.

Im folgenden Text werden für Substanzen, deren Konzentrationen in mehr als 50 % der Proben oberhalb der Bestimmungsgrenzen lagen, die Mediane der Messwerte an den Probenahmestellen im zeitlichen Vergleich dargestellt. Bei dieser Darstellung ist zu beachten, dass die Daten von den verschiedenen Orten teilweise auf sehr unterschiedlichen Probenumfängen basieren.

Für die einzelnen Substanzen bzw. –gruppen werden die Ergebnisse der Signifikanztests auf zeitliche Unterschiede beschrieben. Dies erfolgt jeweils für den gesamten Rhein sowie für die ökologischen Abschnitte. Die Signifikanz zeitlicher Unterschiede in der HCB-Belastung wird zusätzlich auf dem Niveau der Probenahmeorte betrachtet.

Die Ergebnisdarstellungen der Signifikanztests auf zeitliche Unterschiede in den ökologischen Rheinabschnitten enthalten auch die Mediane der für die Prüfstatistik verwendeten Daten. Diese Werte stimmen wegen der Gewichtung der Mischproben nicht in allen Fällen mit den Medianen aus der beschreibenden Statistik überein.

Neben den allgemein vorhanden, in Kapitel 2.6 beschriebenen Dateneigenschaften, die eine Auswertung erschweren, weisen die Daten der untersuchten Rotaugen folgende Mängel auf:

- Datenerhebung lediglich an 65% der vorgesehen Messorte (u. a wird der gesamte Hochrhein lediglich durch Mischproben vom Bodenseeauslauf repräsentiert)
- unzureichende Probenanzahl an 25% der realisierten Messorte
- unzureichende Individuenzahl in 22% der Mischproben
- biometrische Angaben nur von 66% der Fische bekannt, davon 48% mit falscher Artzugehörigkeit oder Körperlänge außerhalb der Vorgaben des Messprogramms

Bei den Einzelbetrachtungen der Schadstoffbelastungen sind daher nur detailliertere Auswertungen der Aaldaten möglich.

Polychlorierte Biphenyle

Niederchlorierte PCB

Das im Bericht zur vorangegangenen Untersuchung als Leitkongener ausführlich behandelte PCB 28 war nach der Höhe festgestellter Konzentrationen im Jahr 2000 von vergleichsweise geringer Bedeutung. Die mittleren Messwerte (Mediane) lagen bis Griefheim (km210) nahe der Bestimmungsgrenze und streuten im weiteren Rheinverlauf um etwa 0,03 mg/kg Fett. Im zeitlichen Vergleich ist insbesondere eine signifikante Abnahme der Belastung im Niederrhein (Rheinabschnitt 5) hervorzuheben (vgl. Tab 8).

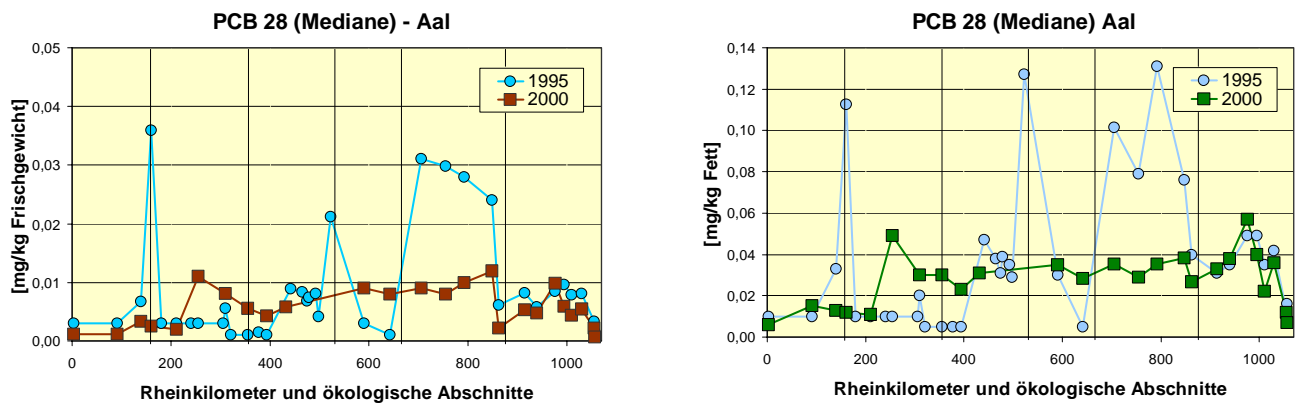


Abb. 03: Mediane der Konzentrationen an PCB 28 im Rheinverlauf

Tab. 08: Signifikanz zeitlicher Unterschiede in der Belastung untersuchter Aale mit PCB 28

| Rheinabschnitt | Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | | | | Mediane [mg/kg Fett] | | | | | |
|----------------|-------------------------------|--------|-------|-----------|--------|-------|----------------------------|--------|-------|-----------|--------|-------|
| | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | |
| | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 |
| 1 | 0,005 | ⬇️ *** | 0,002 | 0,005 | ⬇️ *** | 0,002 | 0,032 | ⬇️ ** | 0,012 | 0,032 | ⬇️ ** | 0,012 |
| 2 | 0,003 | – | 0,005 | 0,003 | ↗️ ** | 0,005 | 0,010 | ↗️ *** | 0,026 | 0,010 | ↗️ *** | 0,026 |
| 3 | 0,001 | ↗️ *** | 0,004 | 0,007 | ↗️ * | 0,005 | 0,005 | ↗️ * | 0,023 | 0,038 | ⬇️ ** | 0,027 |
| 4 | 0,003 | ↗️ * | 0,009 | 0,003 | ↗️ * | 0,009 | 0,012 | – | 0,031 | 0,012 | – | 0,031 |
| 5 | 0,024 | ⬇️ *** | 0,008 | 0,024 | ⬇️ *** | 0,008 | 0,078 | ⬇️ *** | 0,032 | 0,078 | ⬇️ *** | 0,032 |
| 6 | 0,008 | – | 0,005 | 0,008 | – | 0,005 | 0,035 | – | 0,035 | 0,035 | – | 0,035 |
| 1-5 | 0,006 | – | 0,005 | 0,006 | – | 0,005 | 0,033 | – | 0,026 | 0,033 | – | 0,026 |
| 1-6 | 0,006 | ⬇️ * | 0,005 | 0,006 | – | 0,005 | 0,033 | – | 0,026 | 0,033 | – | 0,026 |

⬇️: signifikante Abnahme, ↗️: signifikanter Anstieg; p = Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) –: kein signifikanter Unterschied

Die Konzentrationen an PCB 52 zeigten auf deutlich höherem Niveau ein sehr ähnliches Bild im Rheinverlauf mit einem Schwerpunkt der Belastung im Niederrhein und Deltarhein. In der räumlichen Verteilung waren keine Unterschiede zur Situation im Jahr 1995 erkennbar (Abb. 4).

Die Tests auf zeitliche Unterschiede ergaben in der Gesamtschau des Rheins keine signifikante Veränderung, wenn alle Messorte der Jahre 1995 und 2000 berücksichtigt wurden. Auf der Basis gleicher Probenahmeorte war dagegen eine Abnahme der Belastung feststellbar. Bei Betrachtung über die ökologischen Rheinabschnitte zeigte sich unter dem Bezugssystem Frischgewicht eine höhere Kontamination der Aale im Mittelrhein. Diese bestand bei Bezug auf das Körperfett nicht und kann daher auf den höheren Fettgehalt der im Jahr 2000 gefangenen Fische zurückgeführt werden. Eine statistisch hochsignifikante Abnahme der Belastung war im Niederrhein feststellbar.

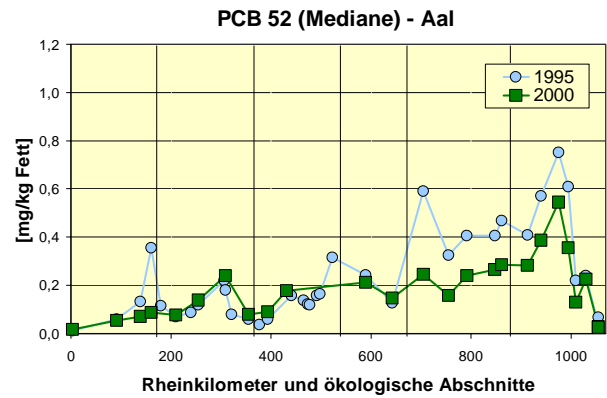
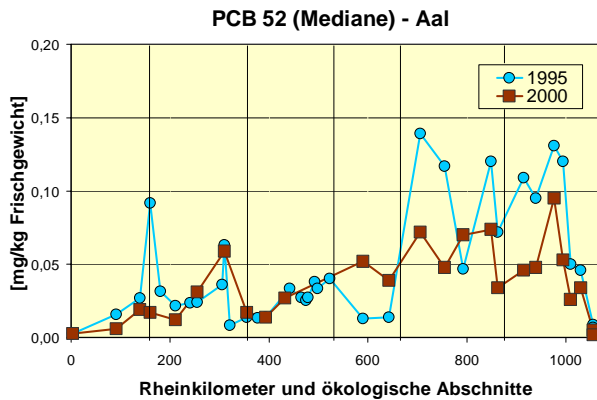


Abb. 04: Mediane der Konzentrationen an PCB 52 im Rheinverlauf

Für die Rotaugenproben waren keine Tests auf zeitliche Unterschiede möglich. Das Datenblatt im Anhang gibt einen Überblick der mittleren Konzentrationen im räumlichen und zeitlichen Vergleich. Die auf das Körperfett der Rotaugen bezogenen Messergebnisse lagen über den entsprechenden Werten der Aale, bei Bezug auf das Frischgewicht der verzehrbaren Fischteile sind jedoch die Belastungen mit maximal 0,038 mg/kg FG als gering einzustufen.

Tab. 09: Signifikanz zeitlicher Unterschiede in der Belastung untersuchter Aale mit PCB 52

| Rheinabschnitt | Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | | | | Mediane [mg/kg Fett] | | | | | |
|----------------|-------------------------------|-------|------|-----------|-------|------|----------------------------|-------|------|-----------|-------|------|
| | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | |
| | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 |
| 1 | 0,02 | – | 0,01 | 0,02 | – | 0,01 | 0,13 | – | 0,06 | 0,13 | – | 0,06 |
| 2 | 0,03 | – | 0,02 | 0,03 | – | 0,02 | 0,11 | – | 0,10 | 0,11 | – | 0,10 |
| 3 | 0,01 | – | 0,01 | 0,03 | ↘ * | 0,02 | 0,06 | – | 0,09 | 0,14 | – | 0,13 |
| 4 | 0,01 | ↗ * | 0,05 | 0,01 | ↗ * | 0,05 | 0,16 | – | 0,17 | 0,16 | – | 0,17 |
| 5 | 0,11 | ↘ *** | 0,06 | 0,11 | ↘ *** | 0,06 | 0,45 | ↘ *** | 0,25 | 0,45 | ↘ *** | 0,25 |
| 6 | 0,07 | – | 0,04 | 0,05 | – | 0,04 | 0,33 | – | 0,25 | 0,24 | – | 0,25 |
| 1-5 | 0,03 | ↘ * | 0,03 | 0,03 | – | 0,03 | 0,18 | ↘ * | 0,14 | 0,14 | – | 0,14 |
| 1-6 | 0,04 | ↘ * | 0,03 | 0,03 | – | 0,29 | 0,19 | ↘ * | 0,14 | 0,14 | – | 0,15 |

↘: signifikante Abnahme, ↗: signifikanter Anstieg; p = Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) –: kein signifikanter Unterschied

Höherchlorierte PCB

Für die höher chlorierten PCB wurden keine Werte unterhalb der Bestimmungsgrenzen festgestellt. Die Konzentrationen an PCB 138 und PCB 153 lagen meist auf etwa gleichem Niveau und waren allgemein deutlich größer als die Gehalte der anderen höherchlorierten PCB. Im folgenden wird insbesondere auf das Leitkongener PCB 153 eingegangen.

Die Daten hierzu zeigen unter dem Bezugssystem Fett allgemein höhere Konzentrationen ab Mannheim (Rh-km 432) an. Bei Betrachtung der Gehalte in den verzehrbaren Fischanteilen (FG) bestand ein deutlicher Belastungsschwerpunkt im Mittel- und Niederrhein. Dies ist auf die höheren Fettanteile in den Aalen aus dem Mittel- und Niederrhein zurückzuführen. Im Mittelrhein und Niederrhein lagen bereits die Mediane der Konzentrationen über bzw. nahe an der lebensmittelrechtlichen Höchstgrenze für PCB 153 (vgl. Kap. 4). Die Maximalwerte wurden im Mittelrhein mit 4,4 mg/kg Fett und 1,1 mg/kg FG gemessen.

Die Analysen der Aale aus dem Deltarhein ergaben deutliche Unterschiede zwischen den Proben mit geringeren Werten bei Ketelmeer, Ijsselmeer und Markermeer. Mit 1,79 mg/kg Fett lag in der Mischprobe von Haringvliet (Rh-km 1030) eine auffallend hohe Konzentration vor. Dieser Befund zeigte sich in noch deutlicherem Ausmaß für PCB 138 (3,05 mg/kg Fett bei Haringvliet).

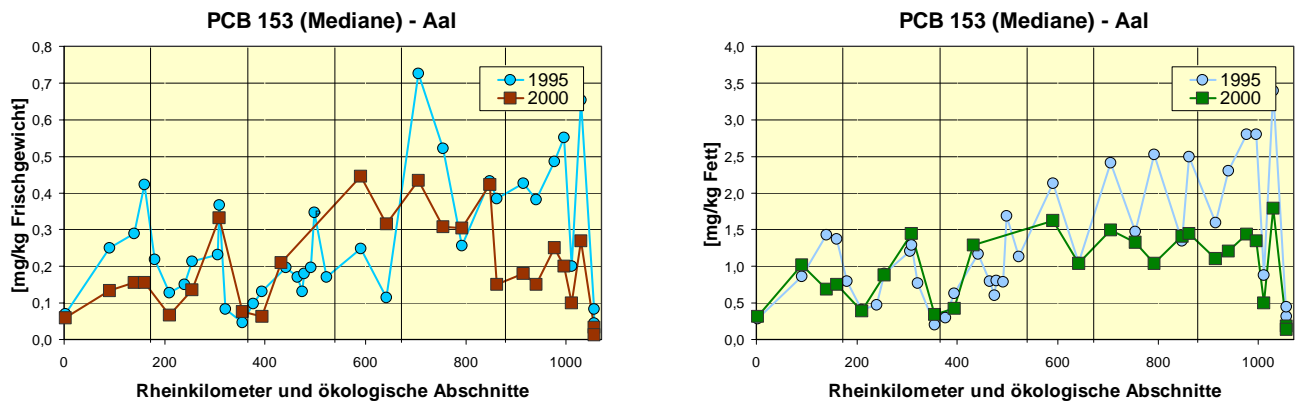


Abb. 05: Mediane der Konzentrationen an PCB 153 im Rheinverlauf

Bis zum Mittelrhein ergaben die Signifikanztests auf zeitliche Unterschiede kein einheitliches Ergebnis. Dagegen ist für den Niederrhein und in der Gesamtschau über alle Abschnitte eine signifikante Abnahme der Belastung festzustellen.

Die PCB-Konzentrationen der Rotaugenproben ließen auf der Basis der Einzelwerte (vgl. Streudiagramme im Anhang) keine deutlichen Trends im Rheinverlauf erkennen. Bei Bezug auf das Körperfett bestanden keine bedeutenden Unterschiede zur Belastung der Aale. Entsprechend dem weit geringeren Fettgehalt der Rotaugen lagen jedoch deren PCB-Konzentrationen bezogen auf den verzehrbaren Anteil bei etwa einem Zehntel der Werte in den Aalproben (Maximalkonzentration an PCB 153 bei 0,1 mg/kg FG).

Tab. 11: Signifikanz zeitlicher Unterschiede in der Belastung untersuchter Aale mit PCB 153

| Rhein abschnitt | Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | | | | Mediane [mg/kg Fett] | | | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------|------|-----------|-------|------|----------------------------|------|------|-----------|------|------|
| | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | |
| | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 |
| 1 | 0,29 | ↘ ** | 0,13 | 0,29 | ↘ ** | 0,13 | 1,22 | – | 0,69 | 1,22 | – | 0,69 |
| 2 | 0,21 | – | 0,11 | 0,18 | ↘ * | 0,11 | 0,74 | – | 0,54 | 0,78 | – | 0,54 |
| 3 | 0,13 | ↘ ** | 0,06 | 0,17 | ↘ * | 0,13 | 0,64 | – | 0,42 | 0,81 | – | 0,70 |
| 4 | 0,20 | ↗ * | 0,38 | 0,20 | ↗ * | 0,38 | 1,07 | – | 1,34 | 1,07 | – | 1,34 |
| 5 | 0,44 | ↘ ** | 0,29 | 0,44 | ↘ *** | 0,29 | 2,20 | ↘ ** | 1,41 | 2,20 | ↘ ** | 1,41 |
| 6 | 0,40 | – | 0,17 | 0,38 | – | 0,17 | 1,95 | – | 1,16 | 1,60 | – | 1,16 |
| 1-5 | 0,29 | ↘ ** | 0,19 | 0,21 | – | 0,19 | 1,26 | ↘ * | 1,00 | 0,94 | – | 1,00 |
| 1-6 | 0,29 | ↘ *** | 0,18 | 0,22 | ↘ * | 0,19 | 1,30 | ↘ ** | 1,00 | 0,94 | – | 1,01 |

↘: signifikante Abnahme, ↗: signifikanter Anstieg; p = Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) –: kein signifikanter Unterschied

DDT

Bei den Analysen wurden für den Summenwert Gesamt-DDT keine Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenzen festgestellt. Unter den analysierten Fraktionen hatte der Metabolit DDE die größte Bedeutung.

Im Längsprofil zeigten die Konzentrationen an Gesamt-DDT für die Aale einen Belastungsschwerpunkt im Mittelrhein sowie lokal erhöhte Werte bei Grenzach (Rh-km 160) und Gamsheim (Rh-km 309). Bei Rheinkilometer 160 lag die Belastung eines Aals über dem im Deutschland geltenden lebensmittelrechtlichen Höchstwert (vg. Kapitel 4). Die Proben der Rotaugen ließen im Rheinverlauf keinen Trend erkennen (vgl. auch Streudiagramme im Anhang)..

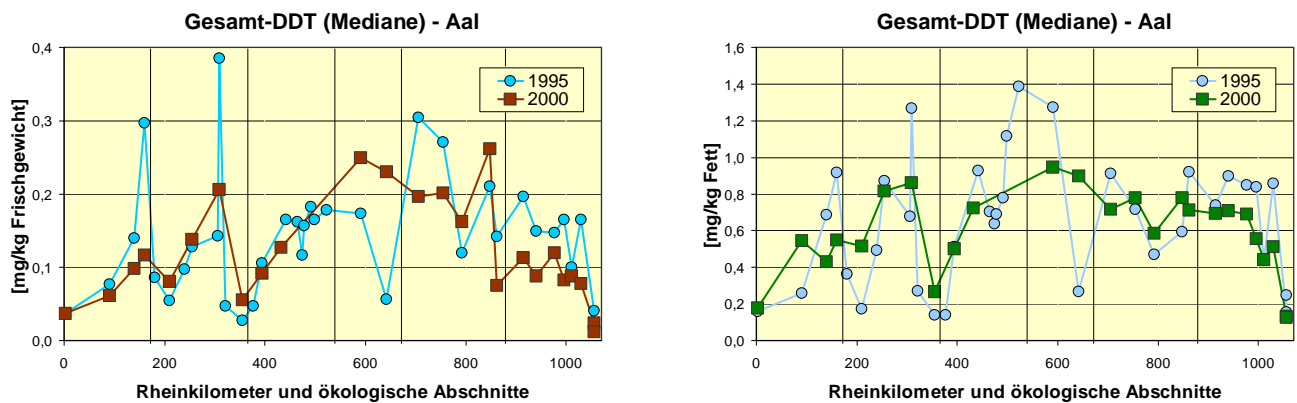


Abb. 06: Mediane der Konzentrationen an Gesamt-DDT im Rheinverlauf

Auf der Basis aller Proben und bei ausschließlicher Betrachtung gleicher Orte war für den Mittelrhein eine signifikante Zunahme des DDT-Gehalts im Aalfleisch festzustellen. Dieser Anstieg wurde auch bei Bezug auf das Körperfett gemessen, war jedoch statistisch nicht signifikant. Die Gesamtbetrachtung des Rheins ergab keine deutlichen Unterschiede zur vorangegangenen Untersuchung.

Tab. 12: Signifikanz zeitlicher Unterschiede in der Belastung untersuchter Aale mit Gesamt-DDT

| Rhein abschnitt | Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | | | | Mediane [mg/kg Fett] | | | | | |
|-----------------|-------------------------------|------|------|-----------|-------|------|----------------------------|---|------|-----------|---|------|
| | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | |
| | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 |
| 1 | 0,14 | – | 0,07 | 0,14 | – | 0,07 | 0,69 | – | 0,43 | 0,69 | – | 0,43 |
| 2 | 0,13 | – | 0,10 | 0,10 | – | 0,10 | 0,52 | – | 0,56 | 0,47 | – | 0,56 |
| 3 | 0,11 | – | 0,09 | 0,16 | ↘ *** | 0,11 | 0,51 | – | 0,50 | 0,74 | – | 0,62 |
| 4 | 0,10 | ↗ ** | 0,24 | 0,10 | ↗ ** | 0,24 | 0,36 | – | 0,91 | 0,36 | – | 0,91 |
| 5 | 0,22 | – | 0,17 | 0,22 | – | 0,17 | 0,83 | – | 0,72 | 0,83 | – | 0,72 |
| 6 | 0,15 | – | 0,09 | 0,15 | – | 0,09 | 0,79 | – | 0,54 | 0,74 | – | 0,54 |
| 1-5 | 0,14 | – | 0,12 | 0,14 | – | 0,12 | 0,69 | – | 0,64 | 0,69 | – | 0,64 |
| 1-6 | 0,14 | – | 0,12 | 0,14 | – | 0,12 | 0,69 | – | 0,63 | 0,69 | – | 0,64 |

↘: signifikante Abnahme, ↗: signifikanter Anstieg; p = Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : kein signifikanter Unterschied

Octachlorstyrol

Im Rheinverlauf war im Jahr 2000 ein etwa bei Schwörstadt (Rh-km 139) beginnender, langsamer Anstieg der mittleren Konzentrationen erkennbar, der sich bis in den Niederrhein fortsetzte. Dort wurden die höchsten Mediane und Maximalwerte gemessen.

Die Belastung der Rotaugen mit Octachlorstyrol ließ Schwerpunkte im Südlichen Oberrhein und im Niederrhein erkennen, Die Schadstoffgehalte in den verzehrbaren Fischanteilen waren jedoch mit maximal 0,004 mg/kg gering.

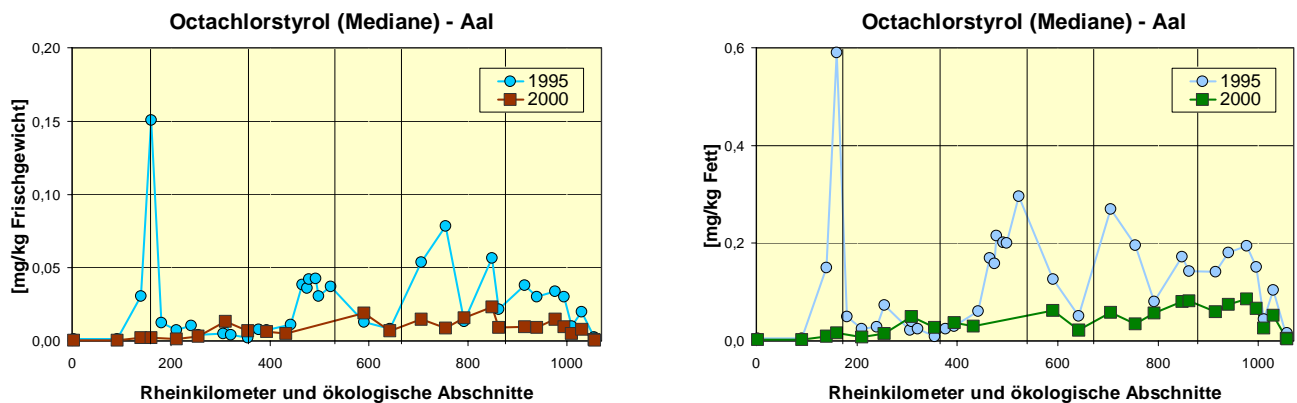


Abb. 07: Mediane der Konzentrationen an Octachlorstyrol im Rheinverlauf

Streudiagramme und die Mediane weisen auf eine Verringerung der Belastung in den vergangenen fünf Jahren hin. Tabelle 13 zeigt, dass dieser Befund für die Abschnitte 1 und 5 sowie für den gesamten Rhein signifikant ist.

Tab. 13: Signifikanz zeitlicher Unterschiede in der Belastung untersuchter Aale mit Octachlorstyrol

| Rhein abschnitt | Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | | | | Mediane [mg/kg Fett] | | | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | |
| | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 |
| 1 | 0,013 | ↘ *** | 0,001 | 0,013 | ↘ *** | 0,001 | 0,068 | ↘ ** | 0,007 | 0,068 | ↘ ** | 0,007 |
| 2 | 0,007 | – | 0,005 | 0,007 | – | 0,005 | 0,040 | – | 0,026 | 0,030 | – | 0,026 |
| 3 | 0,007 | – | 0,007 | 0,031 | ↘ *** | 0,006 | 0,031 | – | 0,038 | 0,156 | ↘ *** | 0,033 |
| 4 | 0,009 | – | 0,008 | 0,009 | – | 0,008 | 0,080 | ↘ * | 0,039 | 0,080 | ↘ * | 0,039 |
| 5 | 0,042 | ↘ *** | 0,013 | 0,042 | ↘ *** | 0,013 | 0,157 | ↘ *** | 0,065 | 0,157 | ↘ *** | 0,065 |
| 6 | 0,025 | – | 0,009 | 0,020 | – | 0,009 | 0,123 | – | 0,056 | 0,104 | – | 0,056 |
| 1-5 | 0,014 | ↘ *** | 0,007 | 0,017 | ↘ *** | 0,007 | 0,075 | ↘ *** | 0,035 | 0,081 | ↘ *** | 0,034 |
| 1-6 | 0,015 | ↘ *** | 0,007 | 0,018 | ↘ *** | 0,007 | 0,078 | ↘ *** | 0,036 | 0,083 | ↘ *** | 0,034 |

↘: signifikante Abnahme, ↗: signifikanter Anstieg; p = Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) –: kein signifikanter Unterschied

Hexachlorbenzol

Die Aalproben aus dem Jahr 2000 wiesen im Rheinverlauf eine geringe Belastung bis zur Probenahmestelle Rekingen (Rh-km 91) auf. Danach stiegen die auf das Körperfett bezogenen Werte über drei Stationen bis Griefheim (Rh-km 210) stark an, wobei die Minimalkonzentrationen an jedem Ort höher als die Maximalwerte an der benachbarten, oberhalb liegenden Probenahmestelle waren. An den folgenden Orten im Ober- und Mittelrhein bis Koblenz (Rh-km 590) wurden die höchsten

HCB-Gehalte im Rhein festgestellt. Die maximale Belastung wurde im Nördlichen Oberrhein bei Berghausen (Rh-km 394) nachgewiesen (Median 1,13 mg/kg Fett). Dort lag die Kontamination des am wenigsten belasteten Aals mit 0,74 mg/kg Fett bereits deutlich über dem lebensmittelrechtlichen Höchstwert (vgl. Kap. 4). Unterhalb von Koblenz gingen die Werte deutlich zurück. Sie lagen bis Hollandsch Diep (Rh-km 995) zwischen 0,27 und 0,44 mg/kg Fett. An den Orten im Mündungsbe- reich wurden noch geringere Werte festgestellt. Die Werte bei Ijsselmeer und Markermeer lagen mit 0,02 mg/kg auf etwa gleicher Höhe wie im weitgehend unbelasteten Rhein bei Konstanz (Rh-km 3).

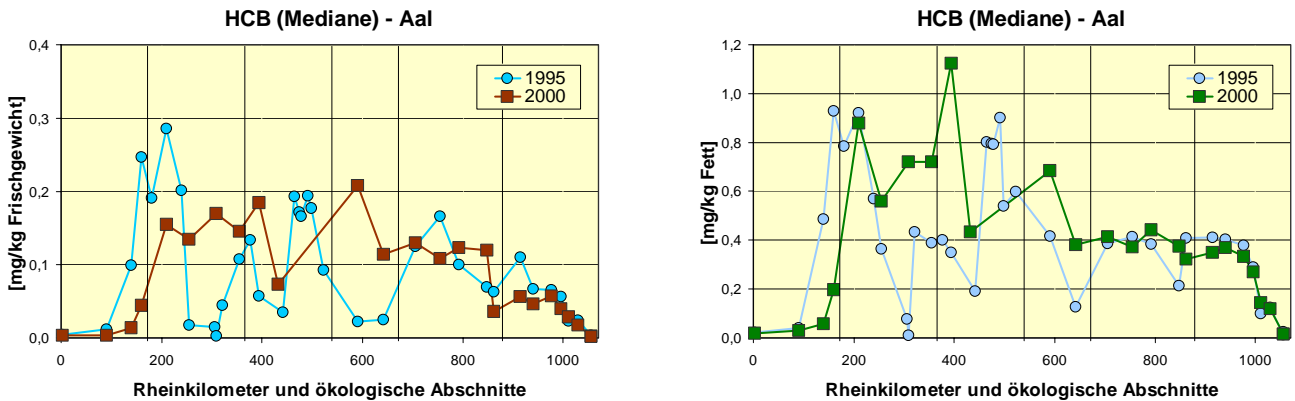


Abb. 08: Mediane der Konzentrationen an Hexachlorbenzol im Rheinverlauf

Die Betrachtung der HCB-Gehalte mit Bezug auf das Frischgewicht der Aale ergibt ein sehr ähnliches Bild mit maximalen Belastungen zwischen Grifheim und Koblenz. Entsprechend ihrem geringeren durchschnittlichen Fettgehalt wiesen die niederländischen Aale bezogen auf das Fischgewicht deutlich geringere Werte als die Fische aus dem benachbarten deutschen Niederrhein auf. Auch die Konzentrationen in den Rotaugenproben entsprachen dem beschriebenen Verlauf. Die Werte mit Bezug auf Fett und Frischgewicht wiesen Maxima im Nördlichen Oberrhein auf (vgl. Streudiagramme und Datenblatt im Anhang).

Bei Betrachtung aller Aale ist in der Gesamtschau keine signifikante Veränderung der Kontamination feststellbar. Dagegen zeigt sich bei ausschließlicher Berücksichtigung der in beiden Untersuchungen identischen Probenahmeorte insgesamt ein hochsignifikanter Anstieg der Belastung (Median 1995: 0,35, Median 2000: 0,39). Die sehr heterogenen Proben aus dem Jahr 1995 erlaubten für die analysierten Rotaugen keine Signifikanzprüfungen zeitlicher Unterschiede.

Tab. 14: Signifikanz zeitlicher Unterschiede in der Belastung untersuchter Aale mit HCB

| Rhein abschnitt | Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | | | | Mediane [mg/kg Fett] | | | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------|------|-----------|-------|------|----------------------------|-------|------|-----------|------|------|
| | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | |
| | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 |
| 1 | 0,06 | ↘ ** | 0,01 | 0,06 | ↘ ** | 0,01 | 0,35 | ↘ * | 0,04 | 0,35 | ↘ * | 0,04 |
| 2 | 0,18 | ↘ * | 0,15 | 0,05 | ↗ * | 0,15 | 0,25 | ↗ *** | 0,72 | 0,39 | ↗ ** | 0,72 |
| 3 | 0,06 | ↗ ** | 0,19 | 0,12 | – | 0,13 | 0,35 | ↗ *** | 1,13 | 0,60 | ↗ * | 0,66 |
| 4 | 0,02 | ↗ *** | 0,12 | 0,02 | ↗ *** | 0,12 | 0,21 | ↗ ** | 0,44 | 0,21 | ↗ ** | 0,44 |
| 5 | 0,08 | – | 0,10 | 0,08 | – | 0,10 | 0,39 | – | 0,38 | 0,39 | – | 0,38 |
| 6 | 0,04 | – | 0,04 | 0,02 | – | 0,04 | 0,21 | – | 0,21 | 0,13 | – | 0,21 |
| 1-5 | 0,06 | ↗ * | 0,10 | 0,09 | – | 0,10 | 0,36 | ↗ ** | 0,41 | 0,40 | – | 0,41 |
| 1-6 | 0,06 | ↗ ** | 0,10 | 0,08 | – | 0,10 | 0,35 | ↗ ** | 0,39 | 0,41 | – | 0,39 |

↘: signifikante Abnahme, ↗: signifikanter Anstieg; p = Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) –: kein signifikanter Unterschied

Zeitliche Unterschiede in den Kontaminationen der Aale wurden auch auf dem Niveau der Probenahmestellen geprüft. Tabelle 15 gibt die Ergebnisse der durchgeführten Signifikanztests wieder. Die Übersicht zeigt, dass die Belastungen in der Nähe des ehemaligen punktuellen Einleiters im Hochrhein seit 1995 deutlich gesunken sind. Im Bereich Grißheim blieben die gemessenen Konzentrationen auf sehr hohem Niveau etwa gleich. Dagegen war im weiteren Rheinverlauf bis Bad Honnef (Rh-km 642) an allen Probenahmestellen eine signifikante Zunahme der Belastung festzustellen. Im zeitlichen Vergleich der Mediane fällt auf, dass höhere Belastungen im Jahr 2000 erst ab Rheinkilometer 255 auftraten. Im Nördlichen Oberrhein lag die mittlere Belastung sogar über dem Niveau des Jahres 1990.

Tab. 15: Mittlere HCB-Belastung der untersuchten Aale an den Probenahmeorten im Rhein (Mediane gewichteter Proben) und Signifikanz zeitlicher Unterschiede der Belastung

| Rhein- abschnitt | Rhein- kilometer | Ort | Datenanzahl | | Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | Mediane [mg/kg Fett] | | |
|---------------------|---------------------|--------------------------|-------------|-------|-------------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
| | | | 1995 | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 |
| 1 | 3 | Konstanz | 5 | 15 | 0,005 | – | 0,004 | 0,022 | – | 0,020 |
| | 91 | Rekingen | 3 | 15 | 0,012 | ↘ ** | 0,004 | 0,042 | ↘ * | 0,030 |
| | 139 | Schwörstadt | 1 M (4) | 15 | 0,099 | ↘ ** | 0,014 | 0,488 | ↘ ** | 0,058 |
| | 160 | Grenzach | 4 | 15 | 0,247 | ↘ ** | 0,045 | 0,931 | ↘ * | 0,198 |
| 2 | 180 | Istein | 5 | | 0,191 | | | 0,786 | | |
| | 210 | Grißheim | 2 | 15 | 0,286 | – | 0,155 | 0,921 | – | 0,881 |
| | 240 | Sasbach | 5 | | 0,201 | | | 0,571 | | |
| | 255 | Taubergießen | 5 | 15 | 0,018 | – | 0,135 | 0,364 | – | 0,560 |
| | 306 | Diersheim | 5 | | 0,015 | | | 0,077 | | |
| | 309 | Gamsheim | 5 | 15 | 0,003 | ↗ ** | 0,170 | 0,010 | ↗ ** | 0,720 |
| | 321 | Greffern | 4 | | 0,045 | | | 0,435 | | |
| 355 | Neuburgweier | 3 | 15 | 0,108 | – | 0,146 | 0,390 | ↗ * | 0,721 | |
| 3 | 377 | Insel Rott | 2 | | 0,134 | | | 0,400 | | |
| | 394 | Berghausen | 5 | 15 | 0,058 | ↗ ** | 0,185 | 0,351 | ↗ ** | 1,125 |
| | 432 | Mannheim-Sandhofen | | 15 | | | 0,073 | | | 0,435 |
| | 441 | Lampertheimer Altrhein | 10 | | 0,035 | | | 0,192 | | |
| | 465 | Biebesheim | 5 | | 0,193 | | | 0,803 | | |
| | 474 | Erfelder Altrhein | 5 | | 0,172 | | | 0,795 | | |
| | 478 | Schusterwörther Altrhein | 5 | | 0,166 | | | 0,794 | | |
| | 492 | Ginsheimer Altrhein | 5 | | 0,194 | | | 0,901 | | |
| | 498 | Mainz-Kastel | 5 | | 0,177 | | | 0,540 | | |
| 523 | Geisenheim | 5 | | 0,093 | | | 0,600 | | | |
| 4 | 590 | Koblenz | 5 | 15 | 0,022 | ↗ * | 0,208 | 0,419 | ↗ ** | 0,685 |
| | 642 | Bad Honnef | 5 | 15 | 0,025 | ↗ ** | 0,114 | 0,128 | ↗ ** | 0,381 |
| 5 | 705 | Leverkusen-Hitdorf | 4 | 15 | 0,125 | – | 0,130 | 0,388 | – | 0,414 |
| | 755 | Düsseldorf-Kaiserwerth | 5 | 15 | 0,166 | – | 0,109 | 0,414 | – | 0,372 |
| | 792 | Duisburg-Walsum | 5 | 15 | 0,100 | ↗ * | 0,123 | 0,383 | – | 0,442 |
| | 848 | Emmerich | 5 | 15 | 0,070 | ↗ ** | 0,120 | 0,214 | ↗ ** | 0,376 |
| | 862 | Rhijn (Lobith) | 1 M (5) | 25 | 0,063 | – | 0,036 | 0,409 | ↘ ** | 0,324 |
| 6 | 914 | Waal (Thiel) | 1 M | 1 M | 0,110 | | 0,057 | 0,412 | | 0,350 |
| | 940 | Lek (Culemborg) | 1 M | 1 M | 0,067 | | 0,046 | 0,404 | | 0,371 |
| | 976 | Nieuwe Merwede | 1 M | 1 M | 0,066 | | 0,058 | 0,379 | | 0,333 |
| | 995 | Hollandsch Diep | 1 M | 1 M | 0,057 | | 0,040 | 0,289 | | 0,269 |
| | 1010 | Ketelmeer | 1 M | 1 M | 0,023 | | 0,029 | 0,101 | | 0,146 |
| | 1030 | Haringvliet | 1 M | 1 M | 0,024 | | 0,018 | 0,125 | | 0,119 |
| | 1055 | Ijsselmeer | 1 M | 1 M | 0,004 | | 0,003 | 0,015 | | 0,018 |
| | | Markermeer | 1 M | 1 M | 0,003 | | 0,002 | 0,026 | | 0,016 |
| | Wolderwijd | 1 M | | 0,002 | | | 0,015 | | | |

↘: signifikante Abnahme, ↗: signifikanter Anstieg; p = Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) –: kein signifikanter Unterschied

Pentachlorbenzol

Bei den Aalen lag der Belastungsschwerpunkt deutlich im Südlichen Oberrhein. Insbesondere die dort bei Gamsheim (Rh-km 309) gefangenen Tiere wiesen ausnahmslos höhere Konzentrationen auf, als die Aale aus dem übrigen Rhein (vgl. Streudiagramm). Während bei Gamsheim ein Maximalwert von 0,37 mg/kg Fett und 0,12 mg/kg FG festgestellt wurde, lagen alle anderen Messwerte unter 0,15 mg/kg Fett.

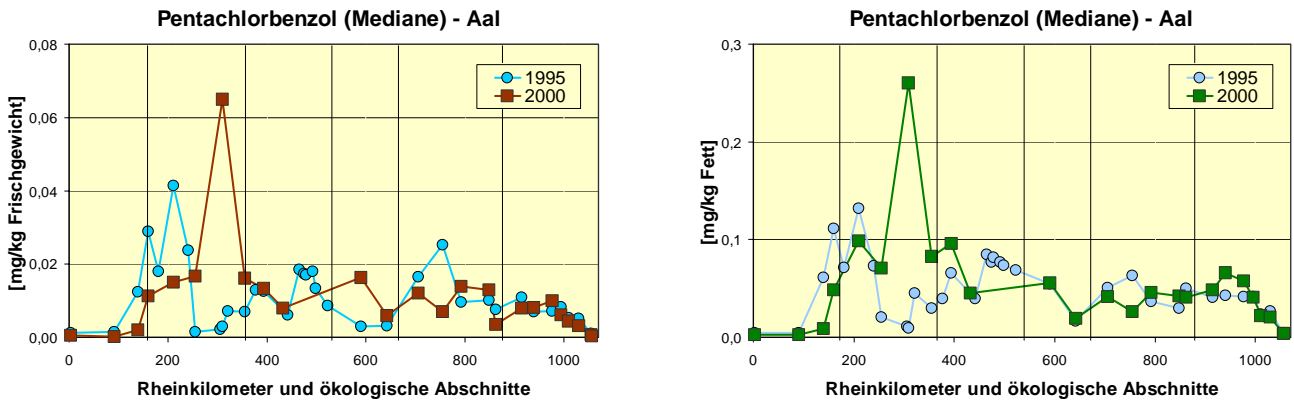


Abb. 09: Mediane der Konzentrationen an Pentachlorbenzol im Rheinverlauf

Im zeitlichen Vergleich ließ sich für die Aale im Hochrhein eine Abnahme feststellen, während für den Südlichen Oberrhein ein signifikanter Anstieg zu verzeichnen war. Dieser wurde vor allem durch die auffallend hohen Kontaminationen bei Gamsheim (Rh-km 309) hervorgerufen.

Bei Rotaugen bestanden unter dem Bezugssystem Körperfett auffallend hohe Werte im holländischen Rheinabschnitt (vgl. Streudiagramme). Im gesamten übrigen Gewässerverlauf lagen die Konzentrationen unterhalb (ca. 70 % der Proben) oder nahe der Bestimmungsgrenzen.

Tab. 16: Signifikanz zeitlicher Unterschiede in der Belastung untersuchter Aale mit Pentachlorbenzol

| Rhein abschnitt | Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | | | | Mediane [mg/kg Fett] | | | | | |
|-----------------|-------------------------------|------|-------|-----------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | |
| | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 |
| 1 | 0,007 | ↘ ** | 0,001 | 0,007 | ↘ ** | 0,001 | 0,020 | ↘ ** | 0,006 | 0,020 | ↘ ** | 0,006 |
| 2 | 0,006 | ↗ ** | 0,018 | 0,007 | ↗ *** | 0,018 | 0,020 | ↗ *** | 0,098 | 0,034 | ↗ *** | 0,098 |
| 3 | 0,013 | – | 0,013 | 0,014 | – | 0,012 | 0,066 | ↗ ** | 0,096 | 0,072 | ↗ – | 0,076 |
| 4 | 0,003 | – | 0,006 | 0,003 | – | 0,006 | 0,022 | – | 0,023 | 0,022 | – | 0,023 |
| 5 | 0,010 | – | 0,009 | 0,010 | – | 0,009 | 0,046 | – | 0,040 | 0,046 | – | 0,040 |
| 6 | 0,006 | – | 0,005 | 0,005 | – | 0,005 | 0,034 | – | 0,032 | 0,027 | – | 0,032 |
| 1-5 | 0,009 | – | 0,009 | 0,010 | – | 0,009 | 0,038 | – | 0,044 | 0,050 | – | 0,044 |
| 1-6 | 0,008 | – | 0,009 | 0,009 | – | 0,009 | 0,038 | – | 0,044 | 0,050 | – | 0,044 |

↘: signifikante Abnahme, ↗: signifikanter Anstieg; p = Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : kein signifikanter Unterschied

Pentachloranisol

Die Gehalte an Pentachloranisol lagen lediglich in 20 % der Proben oberhalb der lokalen Bestimmungsgrenzen (0,001 bis 0,01 mg/kg Fett). Auch die messbaren Konzentrationen waren gering, Sie lagen nur in vier Proben oberhalb 0,01 mg/kg Fett. Dabei befand sich der Schwerpunkt der Belastung im Südlichen Oberrhein (vgl. Streudiagramm im Anhang). Dort wurde bei Gamburgsheim auch mit 0,02 mg/kg Fett der Maximalwert festgestellt.

In den Rotaugen lagen die fettbezogenen Konzentrationen deutlich höher als in den Aalproben. Bezogen auf den verzehrbaren Fischanteil (FG) waren die Gehalte in den Rotaugen jedoch allgemein geringer. Die höchsten Konzentrationen wurden in zwei untypischen Mischproben aus (vergleichsweise fettreichen) Güstern bei Rheinkilometer 255 gemessen.

Die durchgeführten Signifikanztests auf zeitliche Unterschiede zeigten insgesamt eine Abnahme der Belastung an.

Tab. 17: Signifikanz zeitlicher Unterschiede in der Belastung untersuchter Aale mit Pentachloranisol

| Rheinabschnitt | Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | | | | Mediane [mg/kg Fett] | | | | | |
|----------------|-------------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | |
| | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 |
| 1 | 0,001 | – | 0,001 | 0,001 | – | 0,001 | 0,003 | – | 0,003 | 0,003 | – | 0,003 |
| 2 | 0,001 | – | 0,001 | 0,001 | – | 0,001 | 0,003 | – | 0,005 | 0,003 | ↗ * | 0,005 |
| 3 | 0,001 | – | 0,000 | 0,001 | ↘ *** | 0,000 | 0,000 | – | 0,000 | 0,000 | ↘ *** | 0,000 |
| 4 | 0,001 | – | 0,001 | 0,001 | – | 0,001 | 0,008 | ↘ ** | 0,003 | 0,008 | ↘ ** | 0,003 |
| 5 | 0,002 | ↘ *** | 0,001 | 0,002 | ↘ *** | 0,001 | 0,007 | ↘ *** | 0,003 | 0,007 | ↘ ** | 0,003 |
| 6 | 0,001 | ↘ ** | 0,000 | 0,001 | ↘ ** | 0,000 | 0,004 | ↘ * | 0,002 | 0,004 | ↘ * | 0,002 |
| 1-5 | 0,001 | ↘ * | 0,001 | 0,001 | ↘ ** | 0,001 | 0,005 | ↘ *** | 0,003 | 0,005 | ↘ *** | 0,003 |
| 1-6 | 0,001 | ↘ ** | 0,001 | 0,001 | ↘ *** | 0,001 | 0,005 | ↘ *** | 0,003 | 0,005 | ↘ *** | 0,003 |

↘: signifikante Abnahme, ↗: signifikanter Anstieg; p = Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) –: kein signifikanter Unterschied

Hexachlorbutadien

Nach den vorliegenden Analysen ist die Kontamination von Aalen mit Hexachlorbutadien bis in den Mittelrhein nur von geringer Bedeutung. Eine Ausnahme bilden die Proben aus Gamburgsheim, in denen allgemein erhöhte Werte gemessen wurden. Die Aale aus dem Niederrhein wiesen vergleichsweise hohe Konzentrationen mit Maxima bei Düsseldorf (Rh-km 755) und Lobith (Rh-km 862) auf. Im Verlauf des Deltarheins war dagegen wieder eine Abnahme der Belastung zu verzeichnen.

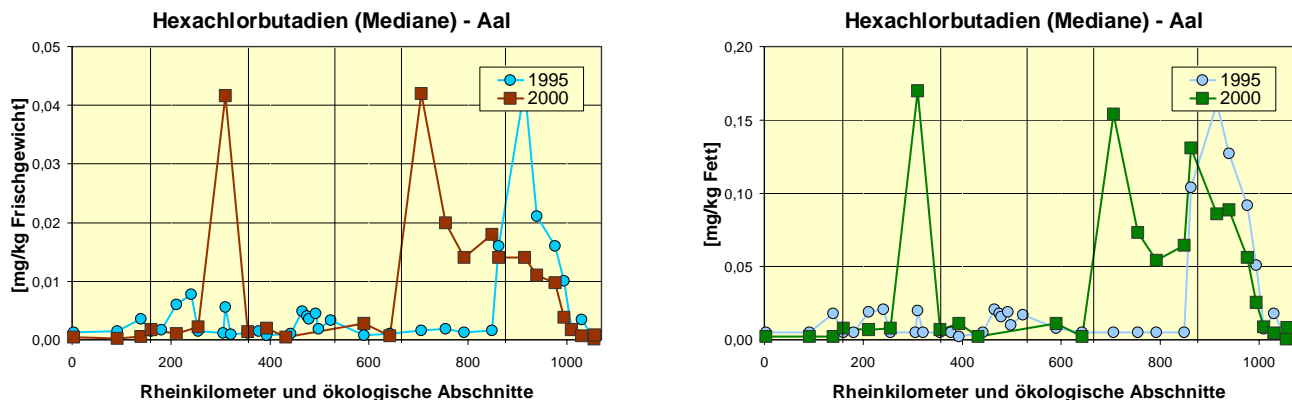


Abb. 10: Mediane der Konzentrationen an Hexachlorbutadien im Rheinverlauf

Beim zeitlichen Vergleich der Aalproben fällt insbesondere der signifikante Konzentrationsanstieg im Niederrhein auf.

Die Analysen der Rotaugen ergaben, bei insgesamt geringem Belastungsniveau, erhöhte Werte im Nieder- und Deltarhein. Maximal wurden in den Aalproben 0,63 mg/kg Fett (bei Rh-km 705) gemessen, während die höchste Konzentration in einer Rotaugenprobe bei 0,28 mg/kg Fett (aber 0,002 mg/kg FG) lag.

Tab. 18: Signifikanz zeitlicher Unterschiede in der Belastung untersuchter Aale mit Hexachlorbutadien

| Rheinabschnitt | Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | | | | Mediane [mg/kg Fett] | | | | | |
|----------------|-------------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | |
| | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 |
| 1 | 0,002 | ⬇ *** | 0,001 | 0,002 | ⬇ *** | 0,001 | 0,005 | ⬇ *** | 0,003 | 0,005 | ⬇ *** | 0,003 |
| 2 | 0,003 | – | 0,002 | 0,002 | – | 0,002 | 0,010 | – | 0,009 | 0,005 | ↗ * | 0,009 |
| 3 | 0,001 | – | 0,002 | 0,003 | ⬇ *** | 0,001 | 0,003 | ↗ ** | 0,011 | 0,014 | ⬇ *** | 0,003 |
| 4 | 0,001 | – | 0,001 | 0,001 | – | 0,001 | 0,005 | – | 0,008 | 0,005 | – | 0,008 |
| 5 | 0,002 | ↗ *** | 0,017 | 0,002 | ↗ *** | 0,017 | 0,005 | ↗ *** | 0,089 | 0,005 | ↗ *** | 0,089 |
| 6 | 0,007 | – | 0,003 | 0,003 | – | 0,003 | 0,034 | – | 0,017 | 0,018 | – | 0,017 |
| 1-5 | 0,002 | ↗ * | 0,003 | 0,002 | – | 0,002 | 0,005 | ↗ ** | 0,011 | 0,005 | – | 0,009 |
| 1-6 | 0,002 | – | 0,003 | 0,002 | – | 0,002 | 0,005 | ↗ * | 0,011 | 0,000 | – | 0,009 |

⬇: signifikante Abnahme, ↗: signifikanter Anstieg; p = Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) –: kein signifikanter Unterschied

α+β Hexachlorcyclohexan

Im Rheinverlauf bis Grißheim (Rh-km 210) lagen die gemessenen Werte nahe der Bestimmungsgrenze von 0,005 mg/kg Fett. Ab Taubergießen (Rh-km 255) traten höhere Konzentrationen mit einzelnen stark belasteten Fischen auf (Maximum 0,74 mg/kg Fett bei Gambsheim). Die höchsten mittleren Belastungen wurden im Mittel- und Niederrhein festgestellt. Im zeitlichen Vergleich wiesen die Aale aus dem Mittelrhein einen signifikanten Anstieg der Belastung auf. Dagegen waren im Nördlichen Oberrhein und im Deltarhein signifikant geringere Konzentrationen festzustellen.

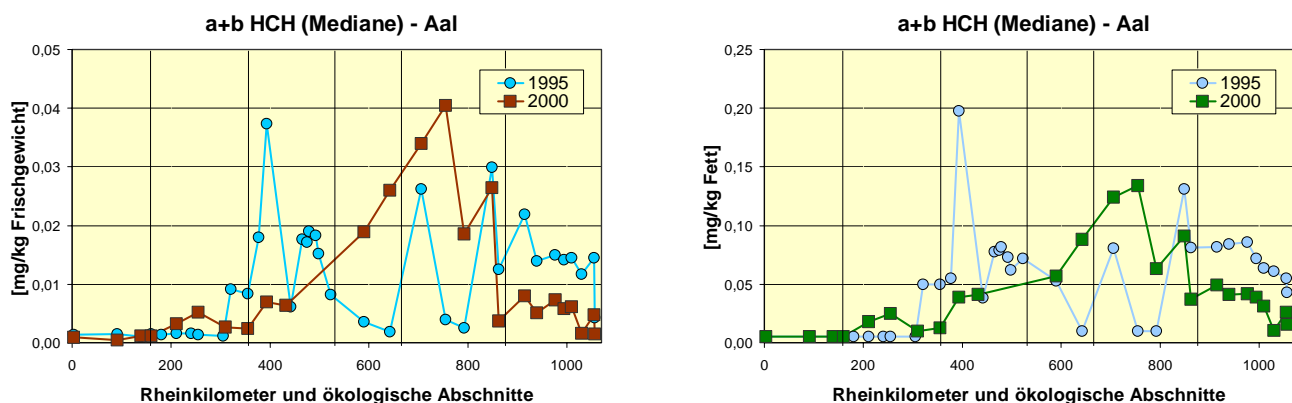


Abb. 11: Mediane der Konzentrationen an α+β Hexachlorcyclohexan im Rheinverlauf

Die analysierten Rotaugen wiesen auch bei Bezug auf das Körperfett deutlich geringere Werte als die Aalproben auf (vgl. Datenblatt zu α+βHCH im Anhang).

Tab. 19: Signifikanz zeitlicher Unterschiede in der Belastung untersuchter Aale mit $\alpha+\beta$ Hexachlorcyclohexan

| Rhein abschnitt | Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | | | | Mediane [mg/kg Fett] | | | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|----------------------------|------|-------|-----------|-------|-------|
| | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | |
| | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 |
| 1 | 0,001 | ↘ ** | 0,001 | 0,001 | ↘ ** | 0,001 | 0,005 | – | 0,005 | 0,005 | – | 0,005 |
| 2 | 0,002 | – | 0,003 | 0,002 | ↗ * | 0,003 | 0,008 | – | 0,014 | 0,005 | ↗ *** | 0,014 |
| 3 | 0,037 | ↘ ** | 0,007 | 0,017 | ↘ *** | 0,007 | 0,198 | ↘ ** | 0,039 | 0,073 | ↘ *** | 0,040 |
| 4 | 0,003 | ↗ *** | 0,019 | 0,003 | ↗ *** | 0,019 | 0,010 | ↗ ** | 0,063 | 0,010 | ↗ ** | 0,063 |
| 5 | 0,013 | – | 0,017 | 0,013 | – | 0,017 | 0,081 | – | 0,062 | 0,081 | – | 0,062 |
| 6 | 0,014 | ↘ ** | 0,006 | 0,014 | ↘ * | 0,006 | 0,068 | ↘ ** | 0,035 | 0,064 | ↘ ** | 0,035 |
| 1-5 | 0,004 | – | 0,004 | 0,007 | – | 0,004 | 0,010 | – | 0,034 | 0,041 | – | 0,034 |
| 1-6 | 0,004 | – | 0,004 | 0,008 | – | 0,005 | 0,019 | – | 0,034 | 0,045 | – | 0,034 |

↘: signifikante Abnahme, ↗: signifikanter Anstieg; p = Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : kein signifikanter Unterschied

γ Hexachlorcyclohexan (Lindan)

Die im Jahr 2000 gemessenen Lindankonzentrationen lagen zwar in allen Aalproben oberhalb der Bestimmungsgrenzen, sie überschritten jedoch nur in insgesamt sechs Fällen (darunter eine Mischprobe vom Deltarhein) 0,1 mg/kg Fett.

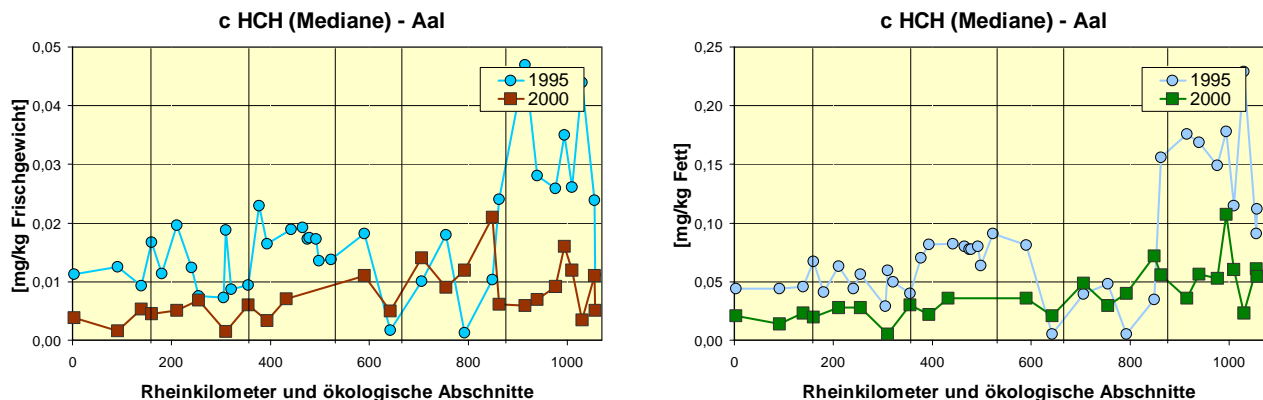


Abb. 12: Mediane der Konzentrationen an γ Hexachlorcyclohexan im Rheinverlauf

Mit Ausnahme von Mittel und Niederrhein wurden im Jahr 2000 überall signifikant geringere Konzentrationen als bei der Voruntersuchung festgestellt. Bedeutende räumliche Unterschiede zwischen den Messwerten bestanden mit Ausnahme von lokal höheren Konzentrationen bei Gamsheim (Rh-km 309) und in der Mischprobe von Hollandsch Diep (Rh-km 995) nicht. Mit 0,73 mg/kg Fett lag die insgesamt höchste Belastung in einer Aalprobe aus Gamsheim vor.

Die Analysen der Rotaugenmischproben ergaben zu 30 % Werte unterhalb der Bestimmungsgrenzen. In lediglich einer Probe wurde eine Konzentration oberhalb 0,1 mg/kg Fett gemessen.

Tab. 20: Signifikanz zeitlicher Unterschiede in der Belastung untersuchter Aale mit γ Hexachlorcyclohexan (Lindan)

| Rhein abschnitt | Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | | | | Mediane [mg/kg Fett] | | | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | |
| | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 |
| 1 | 0,012 | ⬇ *** | 0,004 | 0,012 | ⬇ *** | 0,004 | 0,046 | ⬇ *** | 0,020 | 0,046 | ⬇ *** | 0,020 |
| 2 | 0,018 | ⬇ ** | 0,006 | 0,012 | ⬇ *** | 0,006 | 0,060 | ⬇ *** | 0,029 | 0,043 | ⬇ *** | 0,029 |
| 3 | 0,016 | ⬇ *** | 0,003 | 0,017 | ⬇ *** | 0,005 | 0,082 | ⬇ *** | 0,022 | 0,080 | ⬇ *** | 0,027 |
| 4 | 0,006 | – | 0,008 | 0,006 | – | 0,008 | 0,061 | – | 0,032 | 0,061 | – | 0,032 |
| 5 | 0,013 | – | 0,011 | 0,013 | – | 0,011 | 0,041 | – | 0,052 | 0,041 | – | 0,052 |
| 6 | 0,027 | ⬇ ** | 0,008 | 0,026 | ⬇ ** | 0,008 | 0,159 | ⬇ ** | 0,056 | 0,149 | ⬇ *** | 0,056 |
| 1-5 | 0,013 | ⬇ *** | 0,006 | 0,014 | ⬇ *** | 0,006 | 0,048 | ⬇ *** | 0,026 | 0,062 | ⬇ *** | 0,028 |
| 1-6 | 0,014 | ⬇ *** | 0,006 | 0,014 | ⬇ *** | 0,006 | 0,059 | ⬇ *** | 0,027 | 0,064 | ⬇ *** | 0,030 |

⬇: signifikante Abnahme, ⬆: signifikanter Anstieg; p = Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : kein signifikanter Unterschied

Trichlorbenzole

In 55 % der Aale und fast 90 % der Rotaugenproben lagen die Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenzen von meist 0,005 mg/kg Fett. Auch die messbaren Werte waren zum überwiegenden Anteil sehr gering (vgl. Datenblatt). Auffallend waren lediglich eine Rotaugenprobe mit 2,4 mg/kg Fett aus Gamsheim (Rh-km 309) sowie die dort bei Aalen generell erhöhten Konzentrationen (Maximum 0,51 mg/kg Fett).

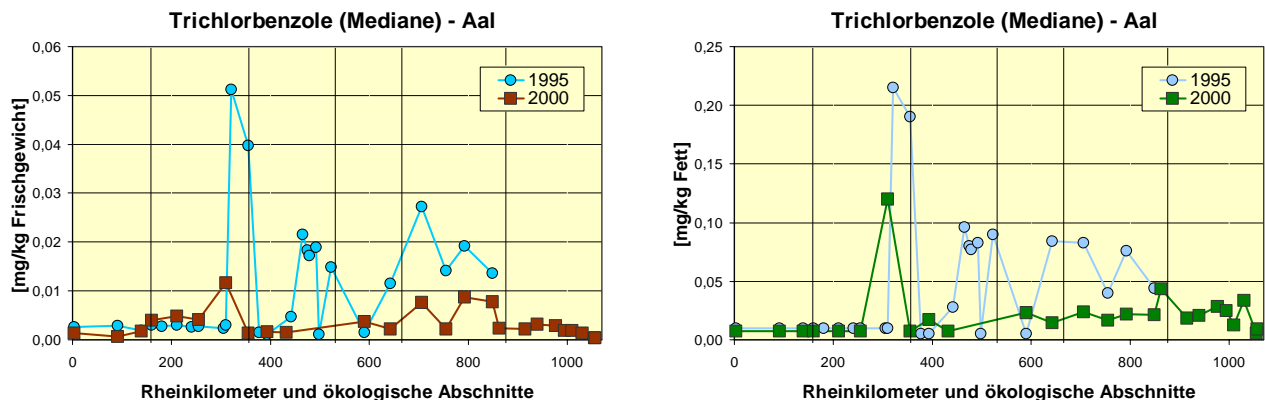


Abb. 13: Mediane der Konzentrationen an Trichlorbenzolen im Rheinverlauf

Tetrachlorbenzole

Die Analysenergebnisse lagen bei den Aalen zu ca. 40 % und bei den Rotaugen zu ca. 70 % unterhalb der Bestimmungsgrenzen von meist 0,005 mg/kg Fett. Maximal wurden in je einer Aal- und Rotaugenprobe 0,09 mg/kg Fett gemessen. Bedeutende räumliche oder zeitliche Unterschiede bestanden nicht.

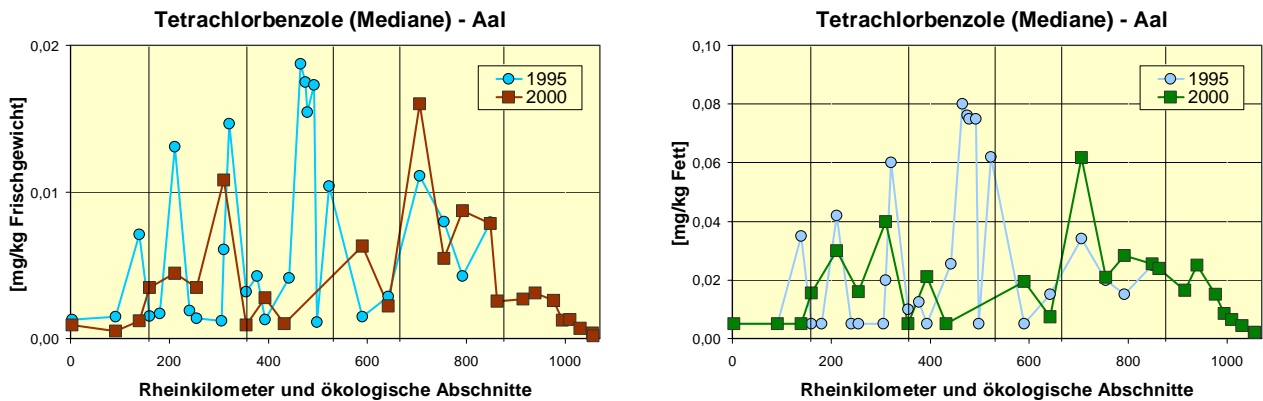


Abb. 14: Mediane der Konzentrationen an Tetrachlorbenzolen im Rheinverlauf

Tab. 21: Signifikanz zeitlicher Unterschiede in der Belastung untersuchter Aale mit Tetrachlorbenzolen

| Rhein abschnitt | Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | | | | Mediane [mg/kg Fett] | | | | | |
|--------------------|-------------------------------|------|-------|-----------|-------|-------|----------------------------|------|-------|-----------|-------|-------|
| | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | |
| | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 |
| 1 | 0,002 | ↘ ** | 0,001 | 0,002 | ↘ ** | 0,001 | 0,005 | – | 0,005 | 0,005 | – | 0,005 |
| 2 | 0,003 | – | 0,003 | 0,002 | – | 0,003 | 0,010 | – | 0,025 | 0,008 | – | 0,025 |
| 3 | 0,001 | ↗ * | 0,003 | 0,010 | ↘ *** | 0,002 | 0,005 | ↗ ** | 0,021 | 0,057 | ↘ *** | 0,009 |
| 4 | 0,002 | ↗ ** | 0,003 | 0,002 | ↗ ** | 0,003 | 0,010 | ↗ * | 0,014 | 0,010 | ↗ * | 0,014 |
| 5 | 0,007 | – | 0,008 | 0,007 | – | 0,008 | 0,022 | – | 0,026 | 0,022 | – | 0,026 |
| 6 | | | | | | | | | | | | |
| 1-5 | 0,003 | – | 0,003 | 0,004 | ↘ ** | 0,003 | 0,015 | – | 0,019 | 0,020 | – | 0,018 |
| 1-6 | 0,003 | – | 0,003 | 0,004 | ↘ ** | 0,003 | 0,015 | – | 0,019 | 0,020 | – | 0,017 |

↘: signifikante Abnahme, ↗: signifikanter Anstieg; p = Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) –: kein signifikanter Unterschied

Bromocyclen

Die Gehalte an Bromocyclen wurden im Jahr 1995 nur bis in den Mittelrhein bestimmt. Die Werte streuten auf insgesamt geringem Niveau stark, so dass 1995 kein Belastungsschwerpunkt erkennbar war. In der aktuellen Untersuchung lagen die Konzentrationen in den Aalen zu 80 % unterhalb der Bestimmungsgrenzen. Im Rhein oberhalb Koblenz (Rh-km 590) wurde nur insgesamt eine messbare Konzentration festgestellt (vgl. Streudiagramm im Anhang). Auch im Mittel- und Niederrhein lagen die messbaren Werte auf sehr geringem Niveau. Die insgesamt 12 Aalproben mit Gehalten über 0,01 mg/kg Fett stammten mit einer Ausnahme (Maximalwert von 0,037 mg/kg bei Rh-km 355) alle aus dem Niederrhein. Im Deltarhein wurden die Bromocyclengehalte nicht untersucht.

In den Rotaugenproben wurden insgesamt drei messbare Werte nahe der Bestimmungsgrenze festgestellt.

Moschusxylol

Auch diese Substanz wurde im Jahr 1995 nur bis in den Mittelrhein untersucht (unterste Probe bei Rh-km 590). Die Gehalte lagen bereits in dieser Untersuchung mit wenigen Ausnahmen auf sehr niedrigem Niveau. In der aktuellen Rheinfischuntersuchung wurde Moschusxylol bis in den Niederrhein untersucht. Die Konzentrationen lagen in allen vergleichbaren Abschnitten signifikant unter den Werten der Voruntersuchung. Der Belastungsschwerpunkt der Aalproben lag im Jahr 2000 mit einer mittleren Konzentration von 0,024 mg/kg Fett im Niederrhein. Maximal wurden (bei Gamsheim) 0,07 mg/kg Fett gemessen.

In mehr als 50 % der Rotaugenproben war Moschusxylol nicht messbar. Alle Gehalte oberhalb 0,1 mg/kg Fett wurden im Südlichen Oberrhein gemessen. Die mit deutlichem Abstand höchsten Konzentrationen lagen in den drei Mischproben aus Kembs (Rh-km 174) vor. Dort wurden maximal 0,41 mg/kg Fett (bei 0,004 mg/kg FG) gemessen. Im Vergleich zu den anderen untersuchten Rotaugen waren die dort gefangenen Fische auffallend jung (ausnahmslos einjährig).

Organozinnverbindungen

Die Organozinnverbindungen Triphenylzinn (TPT) und Tributylzinn (TBT) wurden im Jahr 2000 neu in das Messprogramm aufgenommen. Beide Stoffe wurden im Deltarhein nicht und im Hoch- und Oberrhein nur in einigen Proben analysiert.

Die TPT-Gehalte waren in den Aalen meist höher als die Konzentrationen an TBT. Die Werte für beide Stoffe lagen jedoch in den meisten Proben unterhalb der Bestimmungsgrenze von meist 0,005 mg/kg FG. Auch die messbaren Konzentrationen streuten zum weitaus größten Anteil in diesem Bereich. Lediglich bei Koblenz (Rh-km 590) waren auffallend höhere Gehalte (Median 0,07 mg/kg FG; Maximum 0,24 mg/kg) festzustellen.

Bei Messungen von TBT in Aalproben ergaben nur von den drei Orten Berghausen (Rh-km 394), Koblenz (Rh-km 590) und Emmerich (Rh-km 848) Werte oberhalb der Bestimmungsgrenzen. Auffallend waren auch hier die deutlich erhöhten Konzentrationen bei Rheinkilometer 590.

In den Rotaugenmischproben waren beide Organozinnverbindungen häufiger messbar. Die Werte streuten jedoch auch hier in der Nähe der Bestimmungsgrenze. Die höchsten Werte wurden für TPT im Oberrhein (0,042 mg/kg FG in einer Mischprobe aus Güstern) sowie für TBT im Niederrhein (Maximum 0,026 mg/kg FG in zwei Mischproben) festgestellt.

Schwermetalle

Unter den betrachteten Schwermetallen hatte Quecksilber auch im Jahr 2000 die größte Bedeutung. Bei dieser Substanz lagen die Konzentrationen in allen Probe oberhalb der Bestimmungsgrenzen, maximal wurden (im Mittelrhein) 0,65 mg/kg FG gemessen (vgl. Datenblatt im Anhang).

Im Jahr 2000 war im Rheinverlauf bereits bei Rheinkilometer 91 (Rekingen) eine deutliche Zunahme der mittleren Belastung feststellbar, die sich bis in den Südlichen Oberrhein fortsetzte und danach wieder leicht zurückging. Im zeitlichen Vergleich zur Voruntersuchung ist ein deutlicher und statistisch hochsignifikanter Anstieg der Quecksilbergehalte in den Aalen vom Hochrhein festzustellen. Die mittleren Werte für diesen Abschnitt lagen auch deutlich über den Messergebnissen des Jahres 1990 (vgl. Datenblatt). Dagegen lag die Belastung der Aale im Mittelrhein (Abschnitt 4) signifikant unter der Ausprägung im Jahr 1995.

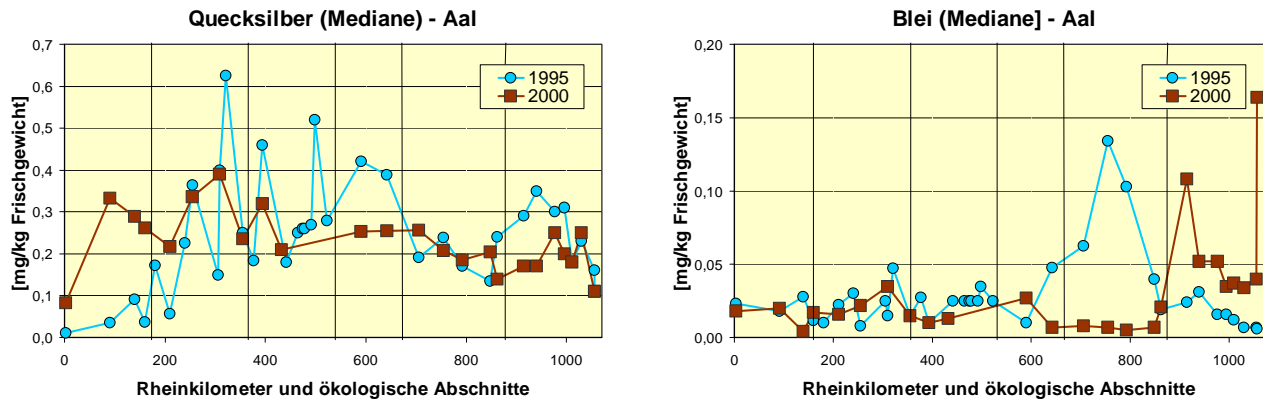


Abb. 15: Mediane der Konzentrationen an Quecksilber und Blei im Rheinverlauf

Die mittlere Belastung der Rotaugenproben war im Jahr 2000 in den meisten Rheinabschnitten geringer als die der Aale. Im zeitlichen Vergleich mit den Ergebnissen des Jahres 1995 lagen die Mediane der Messwerte in den Rheinabschnitten 2 bis 6 auf gleichem oder geringerem Niveau. Ein deutlicher Unterschied bestand im Hochrhein, wo nur eine sehr geringe mittlere Belastung der Rotaugenproben bestand. Dieser Befund ist jedoch mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Zusammensetzung der Proben zurückzuführen. Die Belastung der Proben im Hochrhein wurde über drei weitgehend unbelastete Mischproben aus Konstanz (Rh-km 3) und lediglich eine Einzelprobe von Rheinkilometer 91 charakterisiert.

Tab. 22: Signifikanz zeitlicher Unterschiede in der Belastung untersuchter Aale mit Quecksilber und Blei

| Rheinabschnitt | QUECKSILBER - Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | | | | BLEI - Mediane [mg/kg Frischgewicht] | | | | | |
|----------------|---|-------|------|-----------|-------|------|--------------------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | | Nur gleiche Probenahmeorte | | | Alle Aale | | |
| | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 | 1995 | p | 2000 |
| 1 | 0,02 | ↗ *** | 0,24 | 0,02 | ↗ *** | 0,24 | 0,022 | – | 0,018 | 0,022 | – | 0,018 |
| 2 | 0,33 | – | 0,31 | 0,22 | ↗ * | 0,31 | 0,015 | – | 0,018 | 0,020 | – | 0,018 |
| 3 | 0,46 | – | 0,32 | 0,26 | – | 0,22 | 0,010 | – | 0,010 | 0,025 | ↘ *** | 0,010 |
| 4 | 0,40 | ↘ * | 0,26 | 0,40 | ↘ * | 0,26 | 0,033 | ↘ ** | 0,010 | 0,033 | ↘ ** | 0,010 |
| 5 | 0,24 | – | 0,20 | 0,24 | – | 0,20 | 0,063 | ↘ *** | 0,007 | 0,063 | ↘ *** | 0,007 |
| 6 | 0,26 | – | 0,18 | 0,23 | – | 0,18 | 0,014 | ↗ *** | 0,046 | 0,012 | ↗ *** | 0,046 |
| 1-5 | 0,24 | – | 0,24 | 0,23 | – | 0,23 | 0,023 | ↘ *** | 0,012 | 0,025 | ↘ *** | 0,012 |
| 1-6 | 0,24 | – | 0,23 | 0,23 | – | 0,23 | 0,023 | ↘ *** | 0,013 | 0,025 | ↘ *** | 0,013 |

↘: signifikante Abnahme, ↗: signifikanter Anstieg; p = Irrtumswahrscheinlichkeit (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) –: kein signifikanter Unterschied

Die gemessenen Bleikonzentrationen lagen allgemein deutlich unter den Quecksilberwerten. Die zeitliche Betrachtung ergab im Mittel- und Niederrhein sowie in der Gesamtschau eine signifikante Abnahme der Belastung. Dagegen war im Deltarhein ein Anstieg an allen Probenahmeorten festzustellen. Bei Markermeer wurde dort in einer Mischprobe aus 25 Tieren die insgesamt höchste Konzentration für Aale (0,16 mg/kg FG) gemessen. Mit 0,19 mg/kg FG wurde die höchste Bleikonzentration in einer Rotaugenmischprobe aus dem holländischen Niederrhein (Rh-km 862) festgestellt.

Die Cadmiumbelastung von Aalen und Rotaugen war, wie bereits im Jahr 1995, im gesamten Rhein von nur geringer Bedeutung. 60 % der Aal- und 70 % der Rotaugenproben wiesen Werte unterhalb der Bestimmungsgrenzen auf. Auch die messbaren Werte lagen zum weitaus überwiegenden Anteil nahe der mittleren Bestimmungsgrenze von 0,005 mg/kg FG. Die maximale Cadmiumkonzentration lag für Aale und Rotaugenmischproben jeweils bei 0,05 mg/kg

4 Rechtliche Beurteilung

In Tabelle 23 sind die Rechtsnormen und ADI-Werte der Rheinanliegerstaaten für Organochlorverbindungen und Schwermetalle dargestellt. Es ist zu beachten, dass nach dem deutschen Lebensmittelrecht die Höchstmengen für Hexachlorbenzol, Gesamt-DDT und HCH-Isomere unterschiedliche Bezugssysteme in Abhängigkeit vom Fettgehalt der Fische haben. Die Grenzwerte beziehen sich für Fische mit einem Fettgehalt > 10 % auf Fett während sie bei Fischen mit Fettgehalten < 10 % für das Frischgewicht der verzehrbaren Teile gelten.

Tab. 23: Rechtsnormen und ADI-Werte

| Substanz | Rechtsnormen | | | | ADI-Werte ²⁾ | |
|---------------------------------|-------------------|---|-----------------|------|-------------------------|----------|
| | CH | D ¹⁾ | F | NL | | |
| | | | | Aal | | Sonstige |
| <u>Polychlorierte Biphenyle</u> | | | | | | |
| PCB-28 | | 0,2 | | 0,5 | 0,1 | |
| PCB-52 | | 0,2 | | 0,2 | 0,04 | |
| PCB-101 | | 0,2 | | 0,4 | 0,08 | |
| PCB-118 | | | | 0,4 | 0,08 | |
| PCB-138 | | 0,3 | | 0,5 | 0,1 | |
| PCB-153 | | 0,3 | | 0,5 | 0,1 | |
| PCB-180 | | 0,2 | | 0,6 | 0,12 | |
| PCB-Gesamt | 1 | | 2 ⁹⁾ | | 0,35 | |
| Hexachlorbenzol | | 0,5 ⁸⁾ 0,05 ⁷⁾ | | | 0,04 | |
| <u>Organochlorpestizide</u> | | | | | | |
| Gesamt-DDT | | 5,0 ⁸⁾ 0,5 ⁷⁾ | | | 0,35 | |
| α-HCH | | 0,2 ⁸⁾ 0,02 ⁷⁾ | | | | |
| β-HCH | | 0,1 ⁸⁾ 0,01 ⁷⁾ | | | | |
| γ-HCH | | 0,5 ⁸⁾ 0,05 ⁷⁾ | | | | |
| Gesamt-HCH | | | | | 0,07 | |
| <u>Schwermetalle</u> | | | | | | |
| Blei | | 0,5 ³⁾ | | | 0,5 | |
| Cadmium | | 0,1 ³⁾ | | 0,05 | 0,075 | |
| Quecksilber | 0,5 ⁴⁾ | 1 ⁵⁾ 0,5 ⁶⁾ | | 1 | 0,05 | |

Die Werte beziehen sich, falls nicht anders angegeben, auf die erlaubten Höchstmengen in mg/kg Frischgewicht.

- 1) Bei Fischen mit einem Fettgehalt > 10 % ist die ermittelte Stoffmenge auf Fett (F), bei einem Fettgehalt < 10 % auf das Frischgewicht bezogen (FG)
- 2) ADI-Werte mit Sicherheitsfaktor 100 und bezogen auf 70 kg Körpergewicht
- 3) Richtwerte bei deren Überschreitung durch Ursachenforschung überhöhte Gehalte vermindert werden sollen. Bei Überschreitung des doppelten Richtwertes wird der Fisch im allgemeinen als zum Verzehr nicht geeignet beurteilt.
- 4) Höchstkonzentration, bei deren Überschreitung das Lebensmittel beanstandet wird
- 5) Höchstmenge für Aal, Hecht, Barsch
- 6) Höchstmenge für sonstige Fische
- 7) Höchstmenge bezogen auf Frischgewicht
- 8) Höchstmenge bezogen auf Fett
- 9) Höchstkonzentration, bei deren Überschreitung das Lebensmittel für die menschliche Ernährung als ungeeignet gilt

Bei der folgenden Beurteilung ist zu beachten, dass die Aale in den Rheinabschnitten 1 bis 5 (Hochrhein bis Niederrhein) als Einzelproben analysiert wurden, um Informationen zu Überschreitungen von Rechtsnormen gewinnen zu können. Dagegen sah das Messprogramm für die Aale im Deltarhein sowie für alle Rotaugen eine Betrachtung von Mischproben vor. Überschreitungen rechtlicher Grenzwerte bei einzelnen Fischen können jedoch in Mischproben unentdeckt bleiben.

Polychlorierte Biphenyle

In allen vier Rheinanliegerstaaten bestehen Rechtsnormen zu Höchstmengen zulässiger PCB-Belastungen, die auf das Frischgewicht der verzehrbaren Fischteile bezogen sind. Während die Höchstmengen in der Schweiz und in Frankreich für die PCB-Gesamtkonzentrationen definiert wurden, bestehen in Deutschland und den Niederlanden Grenzwerte für einzelne Kongenere. In den Niederlanden differenzieren die Grenzwerte zwischen Aalen und anderen Fischarten, wobei die Höchstmenge für Aale deutlich über und die für andere Fische weit unter den deutschen Grenzwerten liegt.

Im Bereich ihrer Anwendung wurden keine Höchstmengen für Gesamt-PCB überschritten. Dagegen lagen die gemessenen PCB-Konzentrationen in 200 Aalproben (darunter alle acht Mischproben aus dem Deltarhein) und einer Rotaugenmischprobe (Rh-km 995, Hollandsch Diep) über dem ADI-Wert für Gesamt-PCB

Tab. 24: Anzahl der Überschreitungen von deutschen Höchstmengen für organische Schadstoffe in den Aalproben aus den Rheinabschnitten 1 bis 5 (Hochrhein bis Niederrhein)

| Rh-km | Probenahmestelle | n | HCb | PCB-28 | PCB-52 | PCB-101 | PCB 138 | PCB-153 | PCB-180 | Ges-DDT | α -HCH | β -HCH | γ -HCH |
|-------|------------------------|------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|---------------|--------------|---------------|
| 3 | Konstanz | 15 | | | | | | | | | | | |
| 91 | Rekingen | 15 | | | | | | 2 | | | | | |
| 139 | Schwörstadt | 15 | | | | | 1 | | | | | | |
| 160 | Grenzach | 15 | | | | | 1 | | | 1 | | | |
| 210 | Grifflheim | 15 | 13 | | | | | | | | | | |
| 255 | Taubergießen | 15 | 11 | | | | | | | | | | |
| 309 | Gambsheim | 15 | 14 | | | | 1 | 10 | | | 1 | 2 | 2 |
| 355 | Neuburgweier | 15 | 12 | | | | | | | | | | |
| 394 | Berghausen | 15 | 15 | | | | | | | | | 1 | |
| 432 | Mannheim-Sandhofen | 15 | 2 | | | | 1 | 1 | | | | | |
| 590 | Koblenz | 15 | 14 | | | 2 | 6 | 12 | 4 | | | | |
| 642 | Bad Honnef | 15 | | | | | 2 | 8 | | | | | |
| 705 | Leverkusen-Hitdorf | 15 | 4 | | 1 | 4 | 13 | 12 | 3 | | | | |
| 755 | Düsseldorf-Kaiserwerth | 15 | 2 | | | | 8 | 8 | 1 | | | | |
| 792 | Duisburg-Walsum | 15 | 3 | | | | 7 | 9 | | | | 1 | |
| 848 | Emmerich | 15 | 1 | | | 1 | 13 | 13 | | | | | |
| 862 | Rhijn (Lobith) | 25 | | | | | 3 | | | | | | |
| | Gesamt | 265 | 91 | 0 | 1 | 7 | 56 | 75 | 8 | 1 | 1 | 4 | 2 |

Die Betrachtung der einzelnen PCB Fraktionen ergibt, dass lediglich für eine der untersuchten Rotaugenproben die Überschreitung einer geltende Höchstmenge festzustellen ist. Bei Hollandsch Diep lag die Konzentration von PCB-138 in einer Mischprobe aus 5 Rotaugen 30 % über dem Grenzwert.

In den Aalproben wurden dagegen in erheblich größerem Umfang Überschreitungen spezifischer Höchstmengen nachgewiesen. Tabelle 24 gibt für die untersuchten Aale und alle organischen

Schadstoffe Anzahl und Ort der Überschreitungen deutscher Rechtsnormen wieder. Es zeigte sich, dass die Belastungen mit niederchlorierten PCB vergleichsweise wenig bedeutend waren. Die Höchstmengen für PCB 28 wurden im gesamten Rheinverlauf an keinem Ort überschritten und lediglich eine Probe (Rh-km 705, Leverkusen) übertraf den Grenzwert für PCB 52. Die deutsche Höchstmenge für PCB 101 wurde in sieben Aalproben von drei Orten am Mittel und Niederrhein überschritten. Dabei traten vier Überschreitungen bei Rheinkilometer 705 (Leverkusen) auf. Eine Rechtsnorm für PCB 118 besteht nur in den Niederlanden. Diese wurde jedoch weder dort noch im übrigen Rheinverlauf überschritten.

Hinsichtlich der höherchlorierten PCB bestehen vor allem bei Aalen aus dem Mittel- und Niederrhein deutliche lebensmittelrechtliche Probleme. An den Probenahmestellen im Hoch- und Oberrhein (Rh-km 3 bis 432) traten nur wenige Überschreitungen der Höchstmenge für PCB 138 auf (jeweils eine Probe an vier Orten). Der Grenzwert für PCB 153 wurde in diesem Bereich in 12 Proben von zwei Orten (davon 10 Proben von Rh-km 309) überschritten.

An nahezu allen Untersuchungsorten im Mittel- und Niederrhein wies die Mehrzahl der analysierten Aale Schadstoffbelastungen oberhalb der Höchstmenge für PCB 138 oder PCB 153 auf. Lediglich bei Rhijn (Lobith) waren nur drei der 25 untersuchten Aalen auffällig. Alle dort analysierten Aale wiesen Körperlängen deutlich unter dem Sollwert auf. Oberhalb des Deltarheins wurden die deutschen Schadstoffhöchstmengen hinsichtlich PCB 138 in 56 von 265 Proben (21 %) überschritten. Hinsichtlich der Belastung mit PCB 153 waren dort 75 Proben (28 %) auffällig. Erwähnenswert ist, dass bei Anwendung dieser Normen auf den Deltarhein dort auch die Mischproben von Nieuwe Merwede und Haringvliet auffällig wären. Überschreitungen der Höchstmenge für PCB-180 waren vergleichsweise selten. Sie traten in insgesamt acht Proben an drei Orten im Mittel- und Niederrhein auf.

Im Jahr 1995 wurden bei 23 % der einzeln untersuchten Aale Höchstmengenüberschreitungen für PCB 138 festgestellt. Hinsichtlich ihres Gehalts an PCB 153 wiesen 25 % der Einzelproben Überschreitungen auf. Damit blieb der Anteil auffälliger Proben etwa gleich.

Hexachlorbenzol

Zur HCB-Belastung bestehen lediglich deutsche Höchstmengen. Diese wurden in keiner Rotaugenprobe erreicht. Dagegen wurden an den untersuchten Aalen auch im Jahr 2000 zahlreiche Überschreitungen festgestellt.

In Tabelle 24 ist erkennbar, dass die zwischen Rheinkilometer 210 (Grissheim) und 590 (Koblenz) entnommenen Aale zum überwiegenden Anteil HCB-Gehalte oberhalb der Höchstmenge aufwiesen. Insgesamt war der Anteil auffälliger Aale in den Einzelproben jedoch mit 34 Prozent geringer als bei der Voruntersuchung (39 % im Jahr 1995).

Der bei 0,04 mg/kg Frischgewicht liegende ADI-Wert für Hexachlorbenzol wurde in 194 Aalproben (darunter vier Mischproben aus dem Deltarhein) und einer Mischprobe von Güstern (Rh-km 255) überschritten.

Gesamt-DDT

In einer Aalprobe bei Rheinkilometer 160 (Grenzach) lag die Konzentration an Gesamt-DDT über der nach deutschem Lebensmittelrecht zulässigen Höchstmenge. Überschreitungen des ADI-Wertes traten in insgesamt sechs Aalproben von zwei Orten (Rh-km 160 und 590) auf.

HCH-Isomere

Zu den Belastungen mit HCH bestehen nur Normen nach dem deutschen Lebensmittelrecht. Die festgestellten Konzentrationen an α -HCH lagen lediglich in einer Probe (Aal von Rheinkilometer 309) über dem zulässigen Wert. Auch bei β -HCH traten nur in sehr geringem Umfang Überschreitungen auf (vier Aalproben an drei Orten). Mit 0,52 und 0,35 mg/kg Fett wurden die beiden höchsten Konzentrationen bei Gamsheim (Rh-km 309) gemessen. Am selben Ort traten auch die beiden einzigen Überschreitungen der Höchstmengen für γ -HCH auf. Die bei Rheinkilometer 309 für die drei HCH-Isomere festgestellten Überschreitungen traten in insgesamt drei Aalproben auf. Der ADI-Wert für Gesamt-HCH von 0,07 mg/kg Frischgewicht wurde in drei Aalproben bei Rheinkilometer 309 und je einer Probe an bei Rh-km 705 und 848 überschritten.

Schwermetalle

Im gesamten Rhein wurden keine Quecksilberbelastungen oberhalb der geltenden Höchstmengen festgestellt. Die Bleibelastungen lagen in allen Aal- und Rotaugenproben weit unter den Rechtsnormen. Auch bei den Cadmiumgehalten wurden keine Höchstmengen überschritten. Der holländische Grenzwert von 0,05 mg/kg Frischgewicht wurde jedoch in je einer Aal- und Rotaugenprobe vom deutschen Niederrhein erreicht.

Die ADI-Werte zu den Schwermetallen wurden nur durch die Quecksilberkonzentrationen überschritten. Dabei lagen jedoch (mit Ausnahme von vier Rotaugenmischproben) alle untersuchten Proben oberhalb des Grenzwertes von 0,05 mg/kg Frischgewicht.

5 Vergleich mit den Daten der deutschen Umweltprobenbank

Das Umweltbundesamt in Berlin lässt jährlich an vier Orten im Rheinverlauf Daten zur Schadstoffkontamination von Brachsen erheben. Jede Probe wird aus ca. 20 bis 40, in der Regel acht- bis zwölfjährigen Fischen gebildet, die im Spätsommer nach Abschluss der Laichperiode gefangen werden. Aus allen (linken) Filets der Brassen eines Probenahmeortes wird durch Feinvermahlung unter Kryobedingungen ein Homogenat erstellt. Dieses Pulver wird in 10g-Portionen aufgeteilt. Als Untersuchungsergebnisse werden die Mittelwerte der Analysen von sechs Teilproben gewertet. Da das Umweltbundesamt jährliche Beprobungen durchführt, können zeitliche Trends etwas genauer beschrieben werden als dies im Rahmen des Rheinfisch-Untersuchungsprogrammes der IKSR möglich ist. Die Analyseergebnisse sind im Internet unter www.umweltprobenbank.de abrufbar.

Aufgrund der Bildung von Mischproben aus einer großen Anzahl von Tieren und wegen der Ergebnismittlung aus den Analysendaten mehrerer Teilproben weisen die Daten des Umweltbundesamtes eine höhere Sicherheit auf als die Ergebnisse des Rheinfischprogramms der IKSR. Sie werden jedoch nur für wenige Probenahmeorte ermittelt und beinhalten daher vergleichsweise wenige Informationen über räumliche Unterschiede. Ein direkter Vergleich der Ergebnisse beider Programme kann prinzipiell für identische oder nahegelegene Probenahmestellen erfolgen.

Im Tabellenanhang werden die Daten aus der Umweltprobenbank den Ergebnissen des Rheinfischprogramms für die nächstgelegenen Messorte tabellarisch gegenübergestellt. Dies erfolgt für die Jahre 1995 und 2000. Für die besonders problematischen Schadstoffe PCB 153, Hexachlorbenzol (HCB) und Quecksilber werden die Ergebnisse der jährlichen Messungen über diesen Zeitraum in Tabelle 25 wiedergegeben. Die Daten für die Jahre 1995 bis 1998 wurden aus dem Internet abgerufen und durch Informationen des Umweltbundesamtes ergänzt. Die noch nicht allgemein verfügbaren Messergebnisse für das Jahr 2000 wurden vom Umweltbundesamt übermittelt.

Während die Messergebnisse des Umweltbundesamtes zu den Organochlorverbindungen auf das Frischgewicht (FG) der Brachsenmuskulatur bezogen sind, wurden die Konzentrationen der Schwermetalle mit Bezug auf das Trockengewicht (TG) genannt. Diese Angaben wurden für den vorliegenden Bericht über die bekannten Fett- bzw. Wassergehalte der Proben auf die Bezugsparameter Fett bzw. Frischgewicht umgerechnet.

Die Tabellen im Anhang lassen erkennen, dass die Ergebnisse beider Messprogramme auch auf der Basis nahegelegener Probenahmeorte kaum vergleichbar sind. Nach Lebensweise und Fettgehalt der untersuchten Fische können die Brachsendaten der Umweltprobenbank am ehesten den Messergebnissen für die Rotaugen gegenübergestellt werden. Die Betrachtung der biometrischen Merkmale zeigt jedoch, dass die Rotaugendaten von sehr viel jüngeren Fischen stammen. Zusätzlich weisen diese Daten die bereits beschriebenen Mängel auf. Die als sicherer einzustufenden Analyseergebnisse für die Rheinaale betreffen dagegen eine Fischart, die nach Fettgehalt und Lebensweise nur wenige Gemeinsamkeiten mit Brachsen aufweist.

Sinnvoller als ein Vergleich auf der Basis einzelner Probenahmeorte ist die Gegenüberstellung der wichtigsten Folgerungen aus beiden Untersuchungsprogrammen.

Sowohl nach den IKSR-Untersuchungen als auch nach den Messungen im Auftrag des Umweltamtes sind vor allem die Belastungen durch höherchlorierten PCB-Fraktionen sowie durch Hexachlorbenzol und Quecksilber als problematisch einzustufen, während die Kontaminationen mit den anderen betrachteten Schadstoffen von vergleichsweise geringer Bedeutung sind. Für die genannten Stoffe werden die Ergebnisse der jährlichen Messungen zwischen den 1995 und 2000 in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

Tab. 25: Zeitliche Entwicklung der Schadstoffbelastungen mit PCB 153, Hexachlorbenzol (HCB) und Quecksilber nach Angaben des Umweltbundesamtes (Berlin)

| Messparameter | Probenahmestelle | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| PCB 153 [mg/kg Frischgewicht] | Weil (Rh-km 174) | 0,014 | 0,025 | 0,045 | 0,059 | | 0,058 |
| | Iffezheim (Rh-km 334) | 0,028 | 0,019 | 0,038 | 0,058 | | 0,062 |
| | Koblenz (Rh-km 590,3) | 0,025 | 0,020 | 0,026 | 0,019 | | 0,016 |
| | Bimmen (Rh-km 865) | 0,057 | 0,046 | 0,049 | 0,081 | | 0,099 |
| PCB 153 [mg/kg Fett] | Weil (Rh-km 174) | 0,346 | 0,440 | 0,585 | 0,743 | | 0,807 |
| | Iffezheim (Rh-km 334) | 0,681 | 0,534 | 1,129 | 1,358 | | 1,220 |
| | Koblenz (Rh-km 590,3) | 1,383 | 0,738 | 0,876 | 1,161 | | 0,947 |
| | Bimmen (Rh-km 865) | 3,361 | 3,808 | 3,056 | 3,658 | | 3,529 |
| HCB [mg/kg Frischgewicht] | Weil (Rh-km 174) | 0,014 | 0,013 | 0,015 | 0,015 | | 0,015 |
| | Iffezheim (Rh-km 334) | 0,029 | 0,011 | 0,015 | 0,021 | | 0,050 |
| | Koblenz (Rh-km 590,3) | 0,012 | 0,007 | 0,007 | 0,005 | | 0,008 |
| | Bimmen (Rh-km 865) | 0,005 | 0,003 | 0,007 | 0,006 | | 0,010 |
| HCB [mg/kg Fett] | Weil (Rh-km 174) | 0,333 | 0,232 | 0,196 | 0,191 | | 0,206 |
| | Iffezheim (Rh-km 334) | 0,695 | 0,300 | 0,436 | 0,491 | | 0,982 |
| | Koblenz (Rh-km 590,3) | 0,653 | 0,245 | 0,243 | 0,288 | | 0,471 |
| | Bimmen (Rh-km 865) | 0,287 | 0,251 | 0,425 | 0,256 | | 0,371 |
| Quecksilber [mg/kg Trockengewicht] | Weil (Rh-km 174) | 0,772 | 0,678 | 0,673 | 0,639 | | 0,916 |
| | Iffezheim (Rh-km 334) | 1,206 | 1,429 | 1,022 | 0,935 | | 1,024 |
| | Koblenz (Rh-km 590,3) | 0,878 | 0,805 | 0,546 | 0,367 | | 0,478 |
| | Bimmen (Rh-km 865) | 1,391 | 1,945 | 1,415 | 1,099 | | 1,265 |
| Fettgehalt [%] | Weil (Rh-km 174) | 4,1 | 5,6 | 7,7 | 8,0 | | 7,2 |
| | Iffezheim (Rh-km 334) | 4,1 | 3,5 | 3,4 | 4,3 | | 5,1 |
| | Koblenz (Rh-km 590,3) | 1,8 | 2,7 | 3,0 | 1,6 | | 1,7 |
| | Bimmen (Rh-km 865) | 1,7 | 1,2 | 1,6 | 2,2 | | 2,8 |

Wegen der deutlich schwankenden mittleren Fettgehalte der untersuchten Brachsen sind für die fettlöslichen Stoffe PCB 153 und HCB vor allem die auf den Fettanteil bezogenen Angaben aussagekräftig.

Entsprechend den Ergebnissen der IKSR-Untersuchungen sind ab Iffezheim (Rh-km 334) generell höhere Belastungen mit PCB 153 feststellbar. Die Daten der Umweltprobenbank zeigen jedoch im Gegensatz zu den Ergebnissen des IKSR-Programms keine sinkende Tendenz der Belastung an.

Hinsichtlich der HCB-Belastung stehen die Brachsenaten weitgehend im Einklang mit den Ergebnissen der Rheinfischuntersuchung durch die IKSR. Auch die Brachsen zeigen, bei Iffezheim (Rh-km 334), einen Belastungsschwerpunkt an, der weit unterhalb des ehemals am Hochrhein vorhandenen, punktuellen Einleiters liegt. Erkennbar ist auch eine seit 1996 im mittleren Oberrhein (Messort Iffezheim) stetig zunehmende HCB-Belastung. Diese zeigt sich seit 1997 auch im Bereich Koblenz.

Nach den Unterschieden im Rheinverlauf und hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung stehen auch die Ergebnisse der Quecksilbermessungen beider Untersuchungsprogramme miteinander im Einklang. Dies gilt insbesondere für die zeitliche Entwicklung im Hochrhein sowie für den im mittleren Oberrhein feststellbaren Belastungsschwerpunkt. Auffallend ist, dass die auch durch die Messungen des Umweltbundesamtes feststellbare Zunahme der Belastung im Hochrhein erst nach dem Jahr 1998 eintrat. Im Gegensatz zur IKSR-Untersuchung zeigen die Daten des Umweltbundesamtes einen zusätzlichen Belastungsschwerpunkt im Niederrhein (Bimmen, Rh-km 865) an.

6 Zusammenfassende Bewertung

Die Schadstoffkontamination von Rheinfischen wird durch die IKSR in fünfjährigem Abstand bereits seit 1985 beschrieben. Das Ziel des Programms besteht in der Erkennung und Überwachung der langfristigen und großräumigen Entwicklung von Schadstoffgehalten in Fischen.

Im Verlauf der Zeit wurden die Anforderungen an die Aussagekraft der erhobenen Daten zunehmend strenger. Um die statistische Sicherheit der Aussagen verbessern zu können, wurde das Rheinfisch-Untersuchungsprogramm zum Jahr 2000 abgewandelt. Es wurden 31 Probenahmestellen zwischen Konstanz und den Rheinmündungen festgelegt, die in etwa gleichen Abständen aufeinander folgen und nicht in unmittelbarer Nähe lokaler Emittenten liegen. Die sechs wichtigsten ökologischen Rheinabschnitte (Hochrhein, Südlicher Oberrhein, Nördlicher Oberrhein, Mittelrhein, Niederrhein und Deltarhein) werden dabei jeweils durch mehrere Orte repräsentiert. Das Messprogramm beinhaltet die Analyse der Kontamination von Aalen und Rotaugen mit etwa 30 Schadstoffen. Die Stichproben der pro Entnahmestelle untersuchten Fische wurden gegenüber den früheren Untersuchungen vergrößert, um Zufallsschwankungen der Messergebnisse zu minimieren. Die Ergebnisse der Analysen stehen im Einklang mit dieser Intension.

Die klare Festlegung der Probennahme durch das neu definierte Messprogramm führte hinsichtlich der Aalproben zu einer deutlich besseren räumlichen Vergleichbarkeit der Analysendaten. Bedauerlich ist, dass einige der vorgesehenen Probenahmestellen nicht realisiert wurden. Aus dem ca. 160 km langen Rheinabschnitt zwischen Mannheim und Koblenz liegen daher keine Informationen vor. Bei der Zusammenstellung der Rotaugenproben wurden die Vorgaben des Messprogramms nicht eingehalten. Zusätzlich bestehen hinsichtlich der Rotaugen große Datenlücken im Rheinverlauf. Diese schränken die Möglichkeiten räumlich/zeitlicher Vergleiche ein.

Die Datenauswertung zeigte, dass die Belastungen durch Polychlorierte Biphenyle (PCB), Hexachlorbenzol (HCB) und Quecksilber als problematisch angesehen werden müssen, während die Kontaminationen mit den anderen betrachteten Schadstoffen von vergleichsweise geringer Bedeutung sind. Dieser Befund entspricht dem Ergebnis der im Jahr 1995 durchgeführten Untersuchung.

Die Konzentrationen der Polychlorierten Biphenyle zeigten für die niederchlorierten PCB einen Schwerpunkt der Belastung im Niederrhein und Deltarhein. In der räumlichen Verteilung waren keine Unterschiede zur Situation im Jahr 1995 erkennbar. Eine statistisch hochsignifikante Abnahme der Belastung war für den Niederrhein festzustellen.

Die höherchlorierten PCB wiesen allgemein vergleichsweise hohe Werte ab Mannheim (Rh-km 432) auf. Bis zum Mittelrhein ergaben die Signifikanztests auf zeitliche Unterscheide kein einheitliches Ergebnis. Dagegen ist für den Niederrhein und in der Gesamtschau über alle Abschnitte eine signifikante Abnahme der Belastung festzustellen. Hinsichtlich der höherchlorierten PCB bestehen deutliche lebensmittelrechtliche Probleme. An nahezu allen Probenahmestellen im Mittel- und Niederrhein war die Mehrzahl der untersuchten Aalproben auffällig. Die Aale aus dem Deltarhein wurden als Mischproben analysiert. Überschreitungen holländischer Höchstmengen wurden dabei nicht festgestellt. Die untersuchten Rotaugenproben wiesen nur eine Höchstmengenüberschreitung (in einer Mischprobe aus dem Deltarhein) auf. Der Gesamtanteil rechtlich auffälliger Einzelproben lag für die wichtigsten Kongenere PCB 138 und PCB 153 bei 21 bzw. 28 Prozent und blieb damit in Relation zur Voruntersuchung etwa gleich.

Die Kontamination der Aalproben mit Hexachlorbenzol zeigte im Rheinverlauf einen im unteren Hochrhein beginnenden, steilen Anstieg, der sich bis in den Nördlichen Oberrhein fortsetzte. Im Ober- und Mittelrhein bis Koblenz wurden die höchsten HCB-Gehalte im Rhein festgestellt. Die Werte gingen dann im weiteren Stromverlauf wieder deutlich zurück. Auf dem Niveau der Probenahmestellen durchgeführte Signifikanzprüfungen zeitlicher Unterschiede ergaben, dass die Belastungen in der Nähe des ehemaligen punktuellen Einleiters im Hochrhein seit 1995 deutlich gesunken sind. Am Beginn des Südlichen Oberrheins (Bereich Größheim bei Rheinkilometer 210) blieben die gemessenen Konzentrationen auf sehr hohem Niveau etwa gleich. Dagegen war im weiteren Rheinverlauf bis Bad Honnef (Rh-km 642) an allen Probenahmestellen eine signifikante Zunahme der Belastung festzustellen. Im zeitlichen Vergleich der Mittelwerte (Mediane) fällt auf, dass höhere Belastungen im Jahr 2000 erst ab Rheinkilometer 255 auftraten. Im Nördlichen Oberrhein lag die mittlere Belastung sogar über dem Niveau des Jahres 1990. Dort wurden jedoch im Jahr 2000 nur zwei Probenahmestellen (mit insgesamt 30 Aalen) realisiert.

Zwischen Größheim und Koblenz wiesen die untersuchten Aale zum überwiegenden Anteil Überschreitungen der lebensmittelrechtlichen Höchstmenge für HCB auf. Am Ort der maximal festgestellten Belastung im Nördlichen Oberrhein lag die Kontamination des am wenigsten belasteten Aals bereits deutlich über dem lebensmittelrechtlichen Höchstwert. Der Gesamtanteil auffälliger Aale in den untersuchten Einzelproben lag jedoch mit 34 Prozent unter dem Anteil auffälliger Proben (39 %) im Jahr 1995. Die untersuchten Rotaugen waren lebensmittelrechtlich unbedenklich.

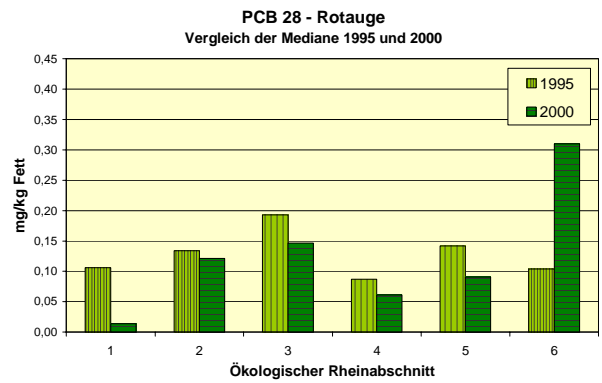
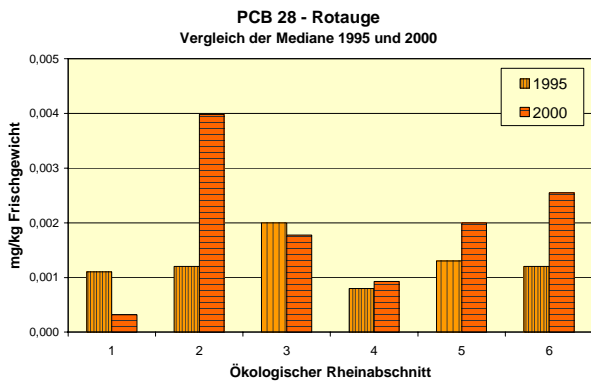
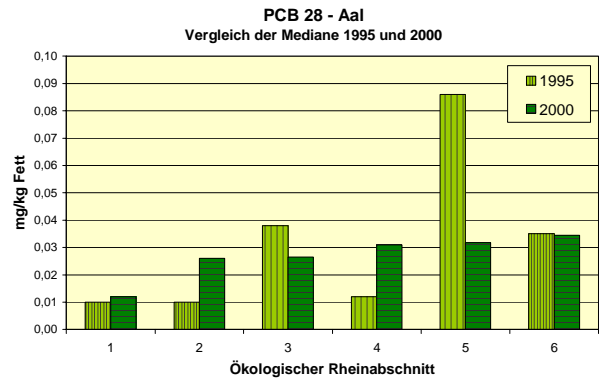
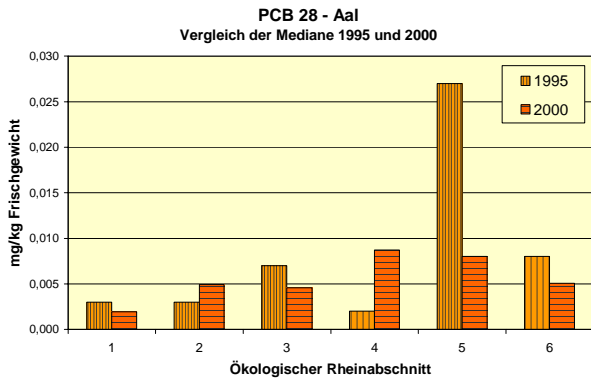
Die Kontamination der Aale mit Quecksilber zeigte im Rheinverlauf einen am Hochrhein beginnenden Anstieg, der sich bis in den Südlichen Oberrhein fortsetzte. Danach ging die mittlere Belastung wieder leicht zurück. Auch im zeitlichen Vergleich zur Voruntersuchung ist ein deutlicher und statistisch hochsignifikanter Anstieg der Quecksilbergehalte in den Aalen vom Hochrhein festzustellen. Die mittleren Werte für diesen Abschnitt lagen sogar deutlich über den Messergebnissen des Jahres 1990. Dagegen lag die Belastung der Aale im Mittelrhein signifikant unter der Ausprägung im Jahr 1995. Die geltenden Höchstmengen für Quecksilber wurden im gesamten Rheinverlauf nicht überschritten.

Die zum Vergleich herangezogenen Daten untersuchter Brachsen aus der deutschen Umweltprobenbank (Berlin) führen für die wichtigsten Schadstoffe zu ähnlichen Interpretationen. Dies gilt insbesondere für die Kontaminationen mit Hexachlorbenzol und Quecksilber.

Im Hinblick auf die Erkennung und Überwachung der langfristigen und großräumigen Entwicklung sollten insbesondere die im Hochrhein angestiegene Quecksilberbelastung und die Entwicklung der Gehalte von Hexachlorbenzol näher untersucht werden. Da sich der Schwerpunkt der HCB-Belastung in den vergangenen fünf Jahren stromabwärts ausgedehnt hat, sollte zunächst auch das Auftreten neuer Einleiter nicht ausgeschlossen werden.

ANHANG

- Datenblätter zu bedeutenden Schadstoffen**
- Streudiagramme der Belastungen im Rheinverlauf**
- Zusammenhang von Fischeigenschaften und Schadstoffgehalten**
- Vergleich der Analysenergebnisse von Umweltbundesamt (UBA) und IKS**
- Prüfverfahren der Laboratorien und laborspezifische Bestimmungsgrenzen**

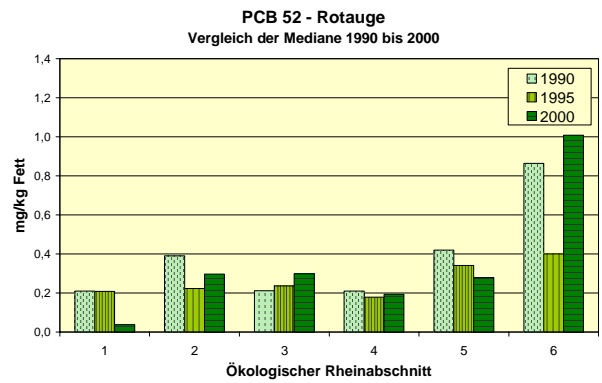
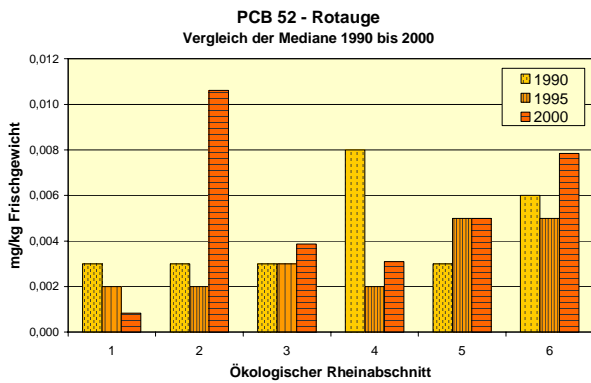
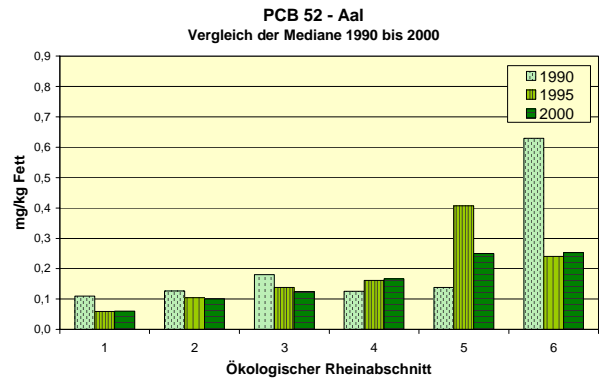
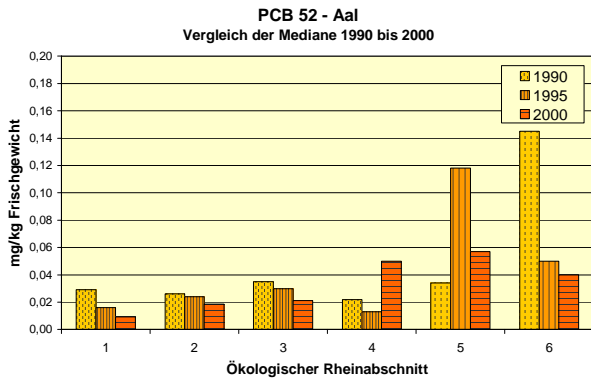


Kontamination von Rheinfischen mit PCB 28 (Angaben in mg/kg Frischgewicht)

| Fisch- art | Rhein- abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min 2000 | Perz. 25 2000 | Perz. 75 2000 | Max 2000 |
|---------------|---------------------|--------------|------|------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------------|------------------|------------------|-------------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | | | | |
| Aal | 1 | | 13 | 60 | | 0,012 | 0,003 | | 0,003 | 0,002 | 0,000 | 0,001 | 0,003 | 0,011 |
| | 2 | | 34 | 60 | | 0,003 | 0,007 | | 0,003 | 0,005 | 0,000 | 0,002 | 0,010 | 0,023 |
| | 3 | | 47 | 30 | | 0,008 | 0,005 | | 0,007 | 0,005 | 0,001 | 0,003 | 0,006 | 0,014 |
| | 4 | | 10 | 30 | | 0,008 | 0,009 | | 0,002 | 0,009 | 0,002 | 0,005 | 0,012 | 0,020 |
| | 5 | | 20 | 85 | | 0,033 | 0,008 | | 0,027 | 0,008 | 0,001 | 0,004 | 0,011 | 0,029 |
| | 6 | | 9 | 8 | | 0,006 | 0,005 | | 0,008 | 0,005 | 0,001 | 0,004 | 0,006 | 0,010 |
| Rotaue | 1 | | 6 | 4 | | 0,001 | 0,001 | | 0,001 | 0,000 | 0,000 | | | 0,002 |
| | 2 | | 15 | 12 | | 0,001 | 0,007 | | 0,001 | 0,004 | 0,000 | 0,001 | 0,010 | 0,018 |
| | 3 | | 13 | 6 | | 0,005 | 0,002 | | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,003 |
| | 4 | | 3 | 6 | | 0,001 | 0,001 | | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,002 |
| | 5 | | 19 | 15 | | 0,002 | 0,002 | | 0,001 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 0,005 |
| | 6 | | 8 | 8 | | 0,003 | 0,003 | | 0,001 | 0,003 | 0,001 | 0,001 | 0,004 | 0,008 |

Kontamination von Rheinfischen mit PCB 28 (Angaben in mg/kg Fett)

| Fisch- art | Rhein- abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min 2000 | Perz. 25 2000 | Perz. 75 2000 | Max 2000 |
|---------------|---------------------|--------------|------|------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------------|------------------|------------------|-------------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | | | | |
| Aal | 1 | | 13 | 60 | | 0,045 | 0,013 | | 0,010 | 0,012 | 0,005 | 0,008 | 0,015 | 0,045 |
| | 2 | | 34 | 60 | | 0,012 | 0,030 | | 0,010 | 0,026 | 0,005 | 0,011 | 0,042 | 0,090 |
| | 3 | | 47 | 30 | | 0,042 | 0,029 | | 0,038 | 0,027 | 0,015 | 0,021 | 0,035 | 0,050 |
| | 4 | | 10 | 30 | | 0,032 | 0,032 | | 0,012 | 0,031 | 0,010 | 0,026 | 0,038 | 0,058 |
| | 5 | | 20 | 85 | | 0,123 | 0,033 | | 0,086 | 0,032 | 0,008 | 0,025 | 0,038 | 0,095 |
| | 6 | | 9 | 8 | | 0,030 | 0,031 | | 0,035 | 0,035 | 0,007 | 0,020 | 0,039 | 0,057 |
| Rotaue | 1 | | 6 | 4 | | 0,132 | 0,024 | | 0,106 | 0,014 | 0,010 | | | 0,056 |
| | 2 | | 15 | 12 | | 0,169 | 0,508 | | 0,134 | 0,122 | 0,050 | 0,086 | 0,568 | 2,180 |
| | 3 | | 13 | 6 | | 0,176 | 0,213 | | 0,193 | 0,147 | 0,075 | 0,091 | 0,344 | 0,428 |
| | 4 | | 3 | 6 | | 0,078 | 0,057 | | 0,087 | 0,061 | 0,003 | 0,052 | 0,074 | 0,086 |
| | 5 | | 19 | 15 | | 0,145 | 0,138 | | 0,142 | 0,091 | 0,003 | 0,005 | 0,244 | 0,455 |
| | 6 | | 8 | 8 | | 0,220 | 0,268 | | 0,104 | 0,310 | 0,037 | 0,172 | 0,364 | 0,440 |

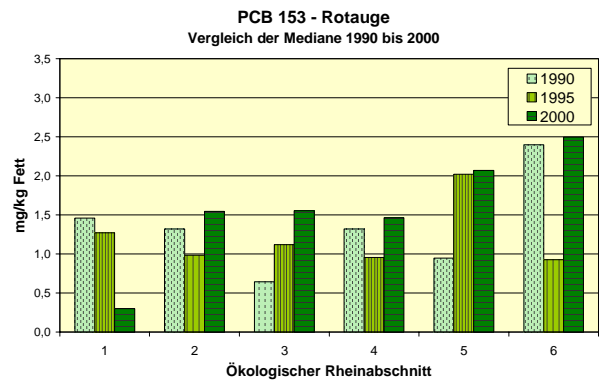
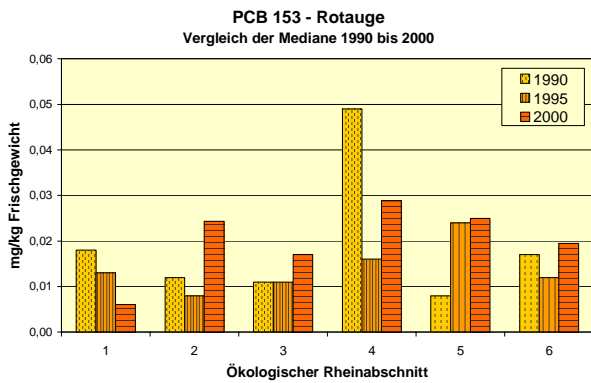
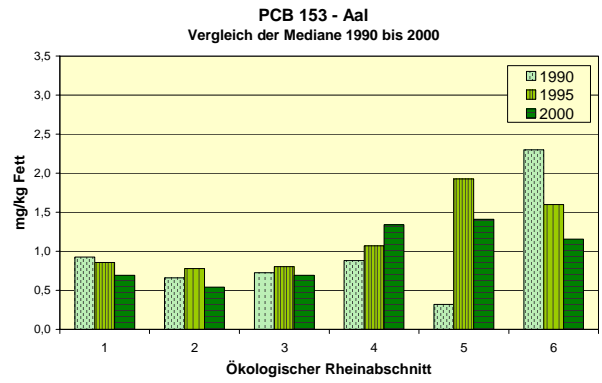
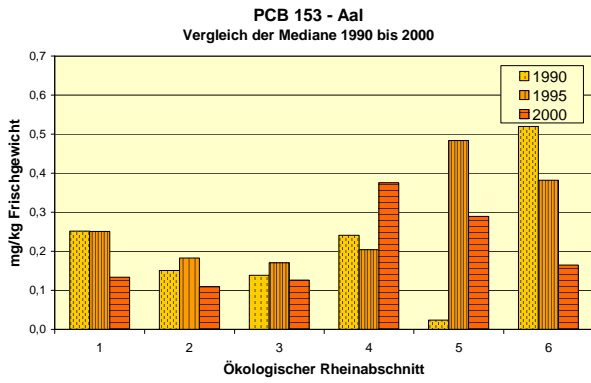


Kontamination von Rheinfischen mit PCB 52 (Angaben in mg/kg Fett)

| Fisch-art | Rhein-abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min | Perz. 25 | Perz. 75 | Max |
|-----------|-----------------|--------------|------|------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | | | | |
| Aal | 1 | 21 | 13 | 60 | 0,050 | 0,033 | 0,014 | 0,029 | 0,016 | 0,009 | 0,001 | 0,004 | 0,018 | 0,078 |
| | 2 | 45 | 34 | 60 | 0,032 | 0,029 | 0,028 | 0,026 | 0,024 | 0,018 | 0,004 | 0,013 | 0,034 | 0,110 |
| | 3 | 19 | 47 | 30 | 0,035 | 0,029 | 0,023 | 0,035 | 0,030 | 0,021 | 0,009 | 0,013 | 0,030 | 0,064 |
| | 4 | 7 | 10 | 30 | 0,028 | 0,030 | 0,046 | 0,022 | 0,013 | 0,050 | 0,012 | 0,029 | 0,060 | 0,089 |
| | 5 | 3 | 20 | 85 | 0,055 | 0,199 | 0,060 | 0,034 | 0,118 | 0,057 | 0,013 | 0,037 | 0,074 | 0,362 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,109 | 0,063 | 0,039 | 0,145 | 0,050 | 0,040 | 0,002 | 0,021 | 0,049 | 0,095 |
| Rotauge | 1 | 19 | 6 | 4 | 0,003 | 0,003 | 0,001 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | | | 0,003 |
| | 2 | 43 | 15 | 12 | 0,004 | 0,003 | 0,013 | 0,003 | 0,002 | 0,011 | 0,000 | 0,002 | 0,020 | 0,038 |
| | 3 | 26 | 13 | 6 | 0,005 | 0,007 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,007 |
| | 4 | 6 | 3 | 6 | 0,008 | 0,003 | 0,003 | 0,008 | 0,002 | 0,003 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,006 |
| | 5 | 2 | 19 | 15 | 0,003 | 0,006 | 0,006 | 0,003 | 0,005 | 0,005 | 0,000 | 0,003 | 0,009 | 0,018 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,006 | 0,005 | 0,008 | 0,002 | 0,005 | 0,016 | 0,032 |

Kontamination von Rheinfischen mit PCB 52 (Angaben in mg/kg Fett)

| Fisch-art | Rhein-abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min | Perz. 25 | Perz. 75 | Max |
|-----------|-----------------|--------------|------|------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | | | | |
| Aal | 1 | 21 | 13 | 60 | 0,163 | 0,130 | 0,069 | 0,110 | 0,059 | 0,061 | 0,012 | 0,027 | 0,080 | 0,366 |
| | 2 | 45 | 34 | 60 | 0,205 | 0,122 | 0,134 | 0,127 | 0,105 | 0,101 | 0,060 | 0,076 | 0,166 | 0,350 |
| | 3 | 19 | 47 | 30 | 0,185 | 0,155 | 0,141 | 0,181 | 0,138 | 0,126 | 0,044 | 0,090 | 0,183 | 0,315 |
| | 4 | 7 | 10 | 30 | 0,147 | 0,163 | 0,171 | 0,126 | 0,162 | 0,167 | 0,085 | 0,127 | 0,206 | 0,320 |
| | 5 | 3 | 20 | 85 | 0,366 | 0,430 | 0,269 | 0,138 | 0,407 | 0,250 | 0,088 | 0,206 | 0,299 | 1,006 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,544 | 0,324 | 0,248 | 0,630 | 0,240 | 0,254 | 0,026 | 0,106 | 0,364 | 0,546 |
| Rotauge | 1 | 19 | 6 | 4 | 0,307 | 0,232 | 0,045 | 0,210 | 0,209 | 0,038 | 0,032 | | | 0,073 |
| | 2 | 43 | 15 | 12 | 0,490 | 0,353 | 1,000 | 0,390 | 0,224 | 0,298 | 0,020 | 0,212 | 1,363 | 4,730 |
| | 3 | 26 | 13 | 6 | 0,322 | 0,232 | 0,485 | 0,212 | 0,236 | 0,299 | 0,192 | 0,227 | 0,666 | 1,130 |
| | 4 | 6 | 3 | 6 | 0,244 | 0,179 | 0,189 | 0,211 | 0,179 | 0,195 | 0,071 | 0,163 | 0,204 | 0,317 |
| | 5 | 2 | 19 | 15 | 0,420 | 0,538 | 0,444 | 0,420 | 0,342 | 0,280 | 0,010 | 0,216 | 0,622 | 1,034 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,894 | 0,885 | 0,997 | 0,865 | 0,400 | 1,010 | 0,079 | 0,654 | 1,307 | 2,000 |

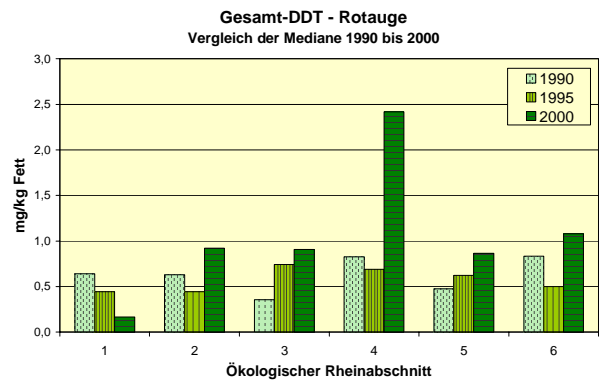
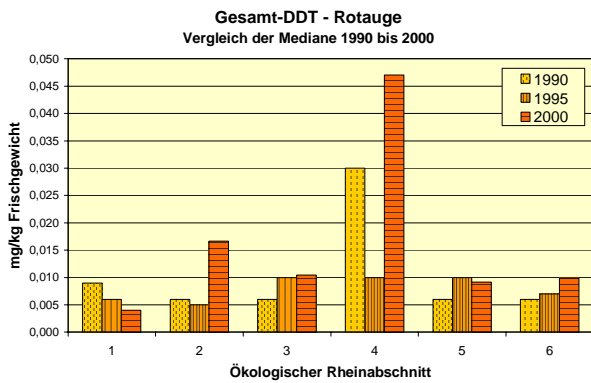
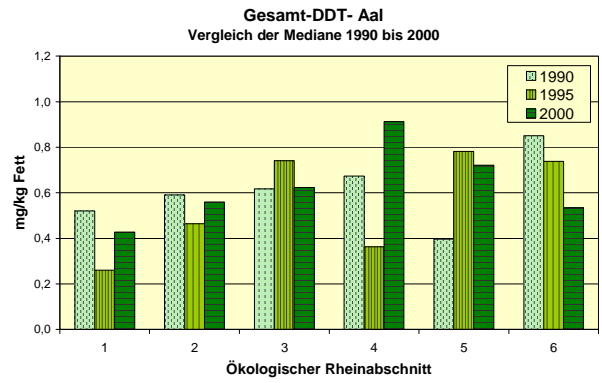
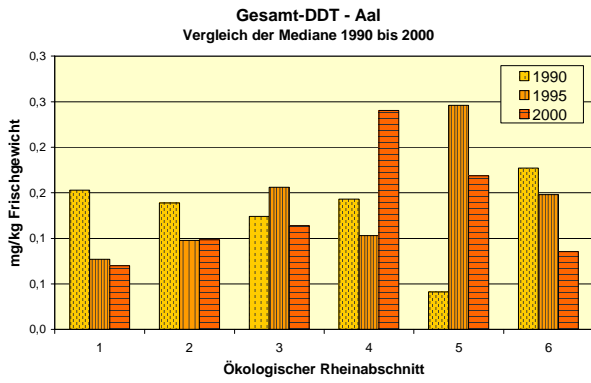


Kontamination von Rheinfischen mit PCB 153 (Angaben in mg/kg Frischgewicht)

| Fisch-art | Rhein-abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min | Perz. 25 | Perz. 75 | Max |
|-----------|-----------------|--------------|------|------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| Aal | 1 | 21 | 13 | 60 | 0,348 | 0,280 | 0,138 | 0,252 | 0,251 | 0,134 | 0,013 | 0,072 | 0,193 | 0,313 |
| | 2 | 45 | 34 | 60 | 0,190 | 0,192 | 0,156 | 0,151 | 0,183 | 0,109 | 0,033 | 0,069 | 0,209 | 0,528 |
| | 3 | 19 | 47 | 30 | 0,163 | 0,184 | 0,148 | 0,139 | 0,171 | 0,127 | 0,050 | 0,065 | 0,209 | 0,383 |
| | 4 | 7 | 10 | 30 | 0,262 | 0,248 | 0,394 | 0,241 | 0,204 | 0,375 | 0,099 | 0,268 | 0,455 | 1,124 |
| | 5 | 3 | 20 | 85 | 0,148 | 0,516 | 0,330 | 0,024 | 0,484 | 0,290 | 0,089 | 0,196 | 0,435 | 0,806 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,574 | 0,316 | 0,149 | 0,520 | 0,382 | 0,165 | 0,013 | 0,083 | 0,212 | 0,270 |
| Rotaue | 1 | 19 | 6 | 4 | 0,018 | 0,017 | 0,008 | 0,018 | 0,013 | 0,006 | 0,005 | | | 0,016 |
| | 2 | 43 | 15 | 12 | 0,019 | 0,010 | 0,038 | 0,012 | 0,008 | 0,024 | 0,003 | | | 0,106 |
| | 3 | 26 | 13 | 6 | 0,012 | 0,037 | 0,020 | 0,011 | 0,011 | 0,017 | 0,014 | | | 0,036 |
| | 4 | 6 | 3 | 6 | 0,048 | 0,015 | 0,027 | 0,049 | 0,016 | 0,029 | 0,008 | | | 0,041 |
| | 5 | 2 | 19 | 15 | 0,008 | 0,031 | 0,027 | 0,008 | 0,024 | 0,025 | 0,001 | | | 0,056 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,041 | 0,037 | 0,030 | 0,017 | 0,012 | 0,020 | 0,009 | | | 0,077 |

Kontamination von Rheinfischen mit PCB 153 (Angaben in mg/kg Fett)

| Fisch-art | Rhein-abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min | Perz. 25 | Perz. 75 | Max |
|-----------|-----------------|--------------|------|------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| Aal | 1 | 21 | 13 | 60 | 1,180 | 1,440 | 0,808 | 0,930 | 0,859 | 0,695 | 0,188 | 0,470 | 1,003 | 3,240 |
| | 2 | 45 | 34 | 60 | 2,160 | 0,986 | 0,817 | 0,660 | 0,780 | 0,543 | 0,205 | 0,366 | 1,160 | 3,280 |
| | 3 | 19 | 47 | 30 | 0,868 | 1,040 | 0,961 | 0,727 | 0,806 | 0,695 | 0,257 | 0,430 | 1,285 | 3,040 |
| | 4 | 7 | 10 | 30 | 1,970 | 1,680 | 1,558 | 0,882 | 1,070 | 1,341 | 0,592 | 1,015 | 1,596 | 4,394 |
| | 5 | 3 | 20 | 85 | 1,140 | 2,030 | 1,461 | 0,320 | 1,930 | 1,412 | 0,667 | 1,037 | 1,790 | 3,220 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 3,080 | 1,630 | 0,963 | 2,300 | 1,600 | 1,157 | 0,138 | 0,423 | 1,366 | 1,788 |
| Rotaue | 1 | 19 | 6 | 4 | 1,790 | 1,680 | 0,297 | 1,460 | 1,270 | 0,300 | 0,215 | | | 0,372 |
| | 2 | 43 | 15 | 12 | 2,260 | 1,130 | 2,064 | 1,320 | 0,986 | 1,545 | 0,638 | | | 6,910 |
| | 3 | 26 | 13 | 6 | 0,628 | 1,090 | 2,431 | 0,646 | 1,120 | 1,553 | 0,819 | | | 6,010 |
| | 4 | 6 | 3 | 6 | 1,420 | 1,450 | 1,630 | 1,320 | 0,959 | 1,464 | 0,571 | | | 3,241 |
| | 5 | 2 | 19 | 15 | 0,950 | 2,510 | 1,835 | 0,950 | 2,020 | 2,071 | 0,075 | | | 3,509 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 2,910 | 2,650 | 2,612 | 2,400 | 0,930 | 2,497 | 0,479 | | | 5,733 |

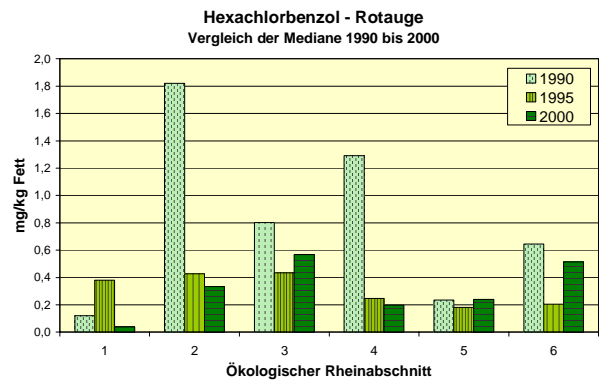
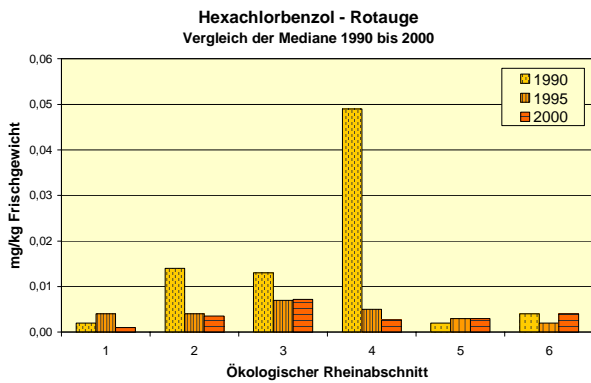
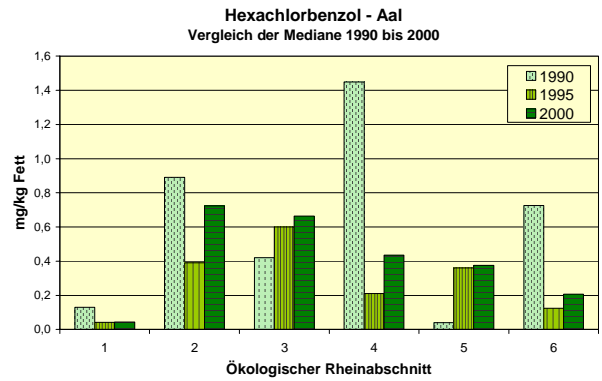
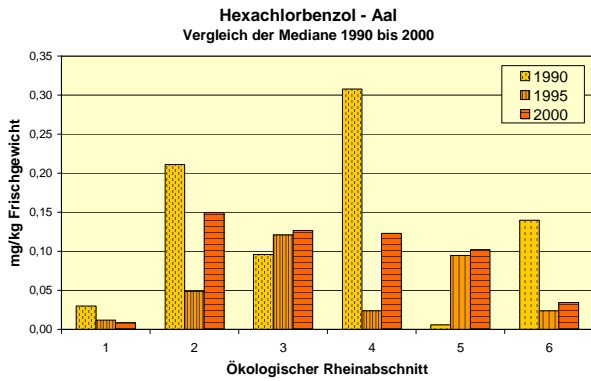


Kontamination von Rheinfischen mit Gesamt-DDT (Angaben in mg/kg Frischgewicht)

| Fisch- art | Rhein- abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min | Perz. 25 | Perz. 75 | Max |
|---------------|---------------------|--------------|------|------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| Aal | 1 | 21 | 13 | 60 | 0,212 | 0,155 | 0,123 | 0,153 | 0,077 | 0,070 | 0,011 | 0,039 | 0,121 | 1,748 |
| | 2 | 45 | 34 | 60 | 0,380 | 0,158 | 0,126 | 0,139 | 0,098 | 0,099 | 0,034 | 0,063 | 0,166 | 0,346 |
| | 3 | 19 | 47 | 30 | 0,155 | 0,156 | 0,109 | 0,124 | 0,156 | 0,114 | 0,046 | 0,077 | 0,138 | 0,212 |
| | 4 | 7 | 10 | 30 | 0,169 | 0,128 | 0,252 | 0,143 | 0,103 | 0,240 | 0,078 | 0,186 | 0,308 | 0,506 |
| | 5 | 3 | 20 | 85 | 0,072 | 0,245 | 0,174 | 0,041 | 0,246 | 0,169 | 0,040 | 0,103 | 0,231 | 0,361 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,160 | 0,112 | 0,076 | 0,177 | 0,148 | 0,085 | 0,012 | 0,064 | 0,094 | 0,120 |
| Rotaue | 1 | 19 | 6 | 4 | 0,009 | 0,007 | 0,005 | 0,009 | 0,006 | 0,004 | 0,003 | | | 0,007 |
| | 2 | 43 | 15 | 12 | 0,023 | 0,007 | 0,023 | 0,006 | 0,005 | 0,017 | 0,002 | | | 0,060 |
| | 3 | 26 | 13 | 6 | 0,008 | 0,029 | 0,011 | 0,006 | 0,010 | 0,010 | 0,006 | | | 0,017 |
| | 4 | 6 | 3 | 6 | 0,031 | 0,011 | 0,044 | 0,030 | 0,010 | 0,047 | 0,007 | | | 0,076 |
| | 5 | 2 | 19 | 15 | 0,006 | 0,016 | 0,013 | 0,006 | 0,010 | 0,009 | 0,001 | | | 0,030 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,028 | 0,009 | 0,012 | 0,006 | 0,007 | 0,010 | 0,004 | | | 0,027 |

Kontamination von Rheinfischen mit Gesamt-DDT (Angaben in mg/kg Fett)

| Fisch- art | Rhein- abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min | Perz. 25 | Perz. 75 | Max |
|---------------|---------------------|--------------|------|------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| Aal | 1 | 21 | 13 | 60 | 0,713 | 0,737 | 0,657 | 0,520 | 0,261 | 0,428 | 0,145 | 0,295 | 0,563 | 7,050 |
| | 2 | 45 | 34 | 60 | 2,440 | 0,730 | 0,663 | 0,590 | 0,465 | 0,560 | 0,158 | 0,369 | 0,868 | 2,460 |
| | 3 | 19 | 47 | 30 | 0,783 | 0,856 | 0,667 | 0,617 | 0,742 | 0,622 | 0,280 | 0,506 | 0,797 | 1,240 |
| | 4 | 7 | 10 | 30 | 1,170 | 0,921 | 1,006 | 0,673 | 0,364 | 0,913 | 0,482 | 0,655 | 1,023 | 4,441 |
| | 5 | 3 | 20 | 85 | 0,547 | 0,967 | 0,749 | 0,397 | 0,782 | 0,722 | 0,344 | 0,587 | 0,935 | 1,416 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,842 | 0,571 | 0,483 | 0,850 | 0,738 | 0,535 | 0,128 | 0,366 | 0,691 | 0,710 |
| Rotaue | 1 | 19 | 6 | 4 | 0,868 | 0,760 | 0,178 | 0,640 | 0,441 | 0,167 | 0,155 | | | 0,222 |
| | 2 | 43 | 15 | 12 | 2,810 | 0,795 | 1,331 | 0,630 | 0,441 | 0,924 | 0,631 | | | 4,190 |
| | 3 | 26 | 13 | 6 | 0,418 | 0,869 | 1,013 | 0,356 | 0,742 | 0,907 | 0,611 | | | 1,690 |
| | 4 | 6 | 3 | 6 | 0,903 | 0,989 | 2,832 | 0,827 | 0,690 | 2,419 | 0,508 | | | 5,852 |
| | 5 | 2 | 19 | 15 | 0,474 | 1,340 | 0,828 | 0,474 | 0,623 | 0,867 | 0,037 | | | 1,579 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 2,210 | 0,684 | 1,059 | 0,835 | 0,500 | 1,082 | 0,284 | | | 1,840 |

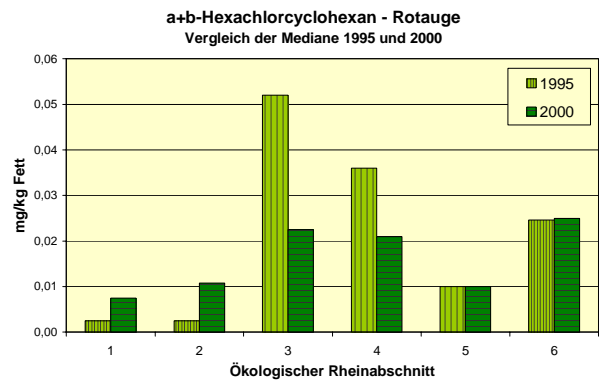
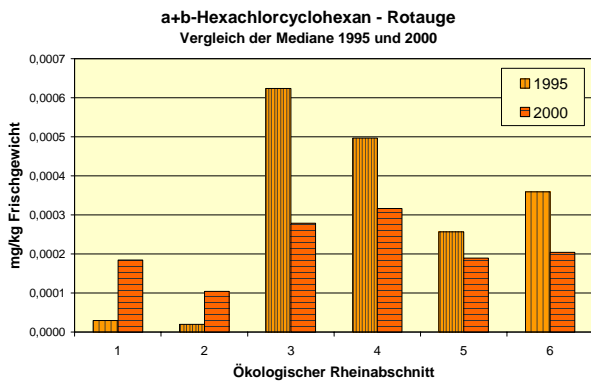
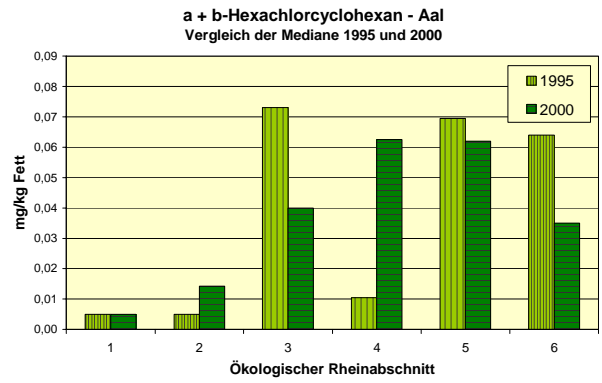
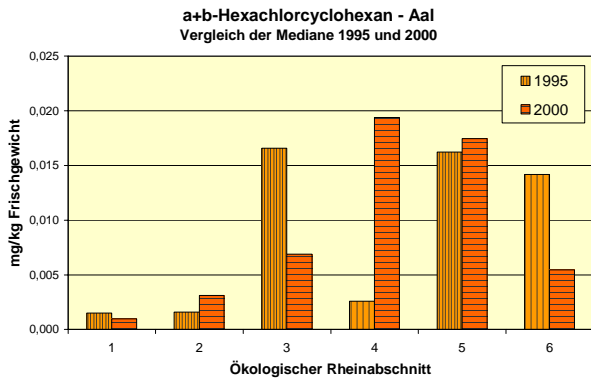


Kontamination von Rheinfischen mit Hexachlorbenzol (Angaben in mg/kg Frischgewicht)

| Fisch-art | Rhein-abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min | Perz. 25 | Perz. 75 | Max |
|-----------|-----------------|--------------|------|------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| Aal | 1 | 21 | 13 | 60 | 0,425 | 0,122 | 0,019 | 0,030 | 0,012 | 0,008 | 0,000 | 0,004 | 0,019 | 0,129 |
| | 2 | 45 | 34 | 60 | 0,266 | 0,121 | 0,147 | 0,211 | 0,049 | 0,150 | 0,011 | 0,105 | 0,183 | 0,322 |
| | 3 | 19 | 47 | 30 | 0,111 | 0,118 | 0,137 | 0,096 | 0,121 | 0,127 | 0,018 | 0,075 | 0,182 | 0,313 |
| | 4 | 7 | 10 | 30 | 0,248 | 0,053 | 0,138 | 0,308 | 0,024 | 0,123 | 0,033 | 0,099 | 0,205 | 0,235 |
| | 5 | 3 | 20 | 85 | 0,050 | 0,095 | 0,093 | 0,006 | 0,095 | 0,102 | 0,012 | 0,058 | 0,128 | 0,217 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,140 | 0,040 | 0,032 | 0,140 | 0,024 | 0,035 | 0,002 | 0,014 | 0,049 | 0,058 |
| Rotaugen | 1 | 19 | 6 | 4 | 0,017 | 0,006 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| | 2 | 43 | 15 | 12 | 0,022 | 0,004 | 0,010 | 0,014 | 0,004 | 0,004 | 0,001 | 0,002 | 0,010 | 0,047 |
| | 3 | 26 | 13 | 6 | 0,016 | 0,015 | 0,008 | 0,013 | 0,007 | 0,007 | 0,000 | 0,001 | 0,016 | 0,018 |
| | 4 | 6 | 3 | 6 | 0,048 | 0,004 | 0,004 | 0,049 | 0,005 | 0,003 | 0,001 | 0,001 | 0,005 | 0,014 |
| | 5 | 2 | 19 | 15 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,000 | 0,002 | 0,007 | 0,012 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,008 | 0,003 | 0,005 | 0,004 | 0,002 | 0,004 | 0,001 | 0,004 | 0,011 | 0,014 |

Kontamination von Rheinfischen mit Hexachlorbenzol (Angaben in mg/kg Fett)

| Fisch-art | Rhein-abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min | Perz. 25 | Perz. 75 | Max |
|-----------|-----------------|--------------|------|------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| Aal | 1 | 21 | 13 | 60 | 1,290 | 0,469 | 0,087 | 0,130 | 0,042 | 0,043 | 0,013 | 0,024 | 0,088 | 0,455 |
| | 2 | 45 | 34 | 60 | 1,100 | 0,483 | 0,720 | 0,890 | 0,390 | 0,724 | 0,235 | 0,578 | 0,830 | 1,640 |
| | 3 | 19 | 47 | 30 | 0,600 | 0,559 | 0,772 | 0,421 | 0,600 | 0,664 | 0,211 | 0,437 | 1,108 | 1,713 |
| | 4 | 7 | 10 | 30 | 1,300 | 0,265 | 0,528 | 1,450 | 0,211 | 0,436 | 0,131 | 0,360 | 0,685 | 0,947 |
| | 5 | 3 | 20 | 85 | 0,364 | 0,321 | 0,387 | 0,040 | 0,360 | 0,375 | 0,067 | 0,324 | 0,439 | 0,711 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,674 | 0,196 | 0,203 | 0,725 | 0,125 | 0,207 | 0,016 | 0,094 | 0,337 | 0,371 |
| Rotaugen | 1 | 19 | 6 | 4 | 2,560 | 0,460 | 0,039 | 0,120 | 0,380 | 0,037 | 0,032 | | | 0,049 |
| | 2 | 43 | 15 | 12 | 2,310 | 0,450 | 0,396 | 1,820 | 0,427 | 0,335 | 0,121 | | | 0,859 |
| | 3 | 26 | 13 | 6 | 0,911 | 0,481 | 0,549 | 0,801 | 0,434 | 0,568 | 0,059 | | | 1,020 |
| | 4 | 6 | 3 | 6 | 1,340 | 0,268 | 0,235 | 1,290 | 0,246 | 0,197 | 0,082 | | | 0,467 |
| | 5 | 2 | 19 | 15 | 0,235 | 0,209 | 0,298 | 0,235 | 0,182 | 0,240 | 0,014 | | | 0,674 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,568 | 0,220 | 0,428 | 0,645 | 0,204 | 0,514 | 0,135 | | | 0,667 |

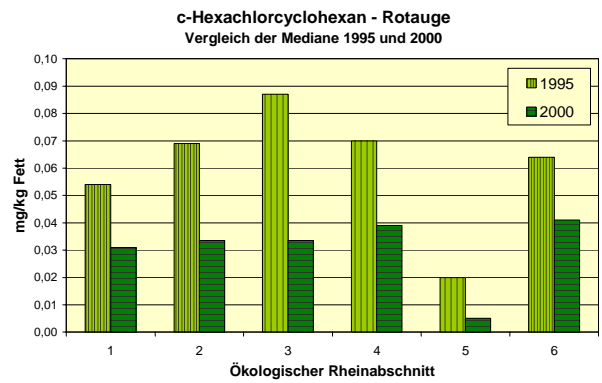
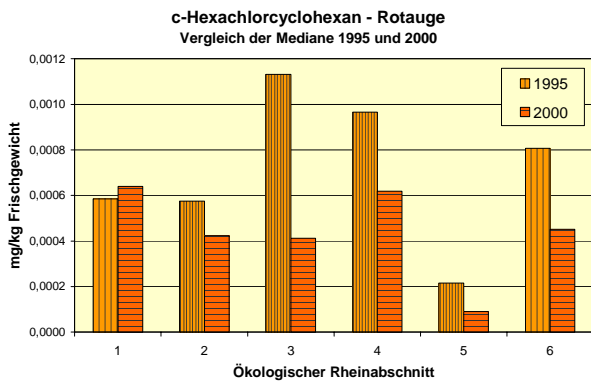
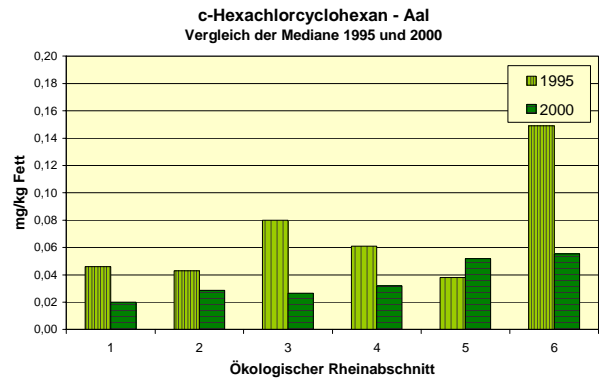
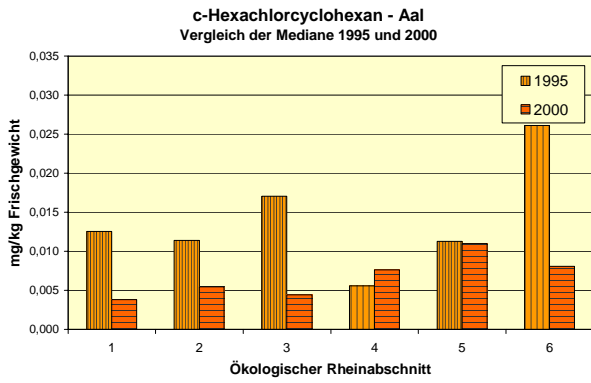


Kontamination von Rheinfischen mit $\alpha + \beta$ -Hexachlorcyclohexan (Angaben in mg/kg Frischgewicht)

| Fisch-art | Rhein-abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min | Perz. 25 | Perz. 75 | Max |
|-----------|-----------------|--------------|------|------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|--------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | | | | |
| Aal | 1 | | 13 | 60 | | 0,0016 | 0,0010 | | 0,0015 | 0,0010 | 0,0001 | 0,0007 | 0,0013 | 0,0018 |
| | 2 | | 29 | 60 | | 0,0038 | 0,0104 | | 0,0016 | 0,0031 | 0,0006 | 0,0023 | 0,0047 | 0,2028 |
| | 3 | | 47 | 30 | | 0,0178 | 0,0080 | | 0,0166 | 0,0069 | 0,0013 | 0,0048 | 0,0092 | 0,0334 |
| | 4 | | 10 | 30 | | 0,0061 | 0,0194 | | 0,0026 | 0,0194 | 0,0044 | 0,0106 | 0,0255 | 0,0400 |
| | 5 | | 20 | 85 | | 0,0211 | 0,0204 | | 0,0162 | 0,0175 | 0,0013 | 0,0040 | 0,0330 | 0,0550 |
| | 6 | | 9 | 8 | | 0,0125 | 0,0050 | | 0,0142 | 0,0055 | 0,0015 | 0,0039 | 0,0065 | 0,0080 |
| Rotauge | 1 | | 6 | 4 | | 0,0001 | 0,0002 | | 0,0000 | 0,0002 | 0,0001 | | | 0,0002 |
| | 2 | | 15 | 12 | | 0,0000 | 0,0004 | | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | | | 0,0010 |
| | 3 | | 13 | 6 | | 0,0014 | 0,0003 | | 0,0006 | 0,0003 | 0,0001 | | | 0,0005 |
| | 4 | | 3 | 6 | | 0,0005 | 0,0014 | | 0,0005 | 0,0003 | 0,0001 | | | 0,0072 |
| | 5 | | 19 | 15 | | 0,0010 | 0,0006 | | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | | | 0,0031 |
| | 6 | | 7 | 8 | | 0,0003 | 0,0002 | | 0,0004 | 0,0002 | 0,0002 | | | 0,0003 |

Kontamination von Rheinfischen mit $\alpha + \beta$ -Hexachlorcyclohexan (Angaben in mg/kg Fett)

| Fisch-art | Rhein-abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min | Perz. 25 | Perz. 75 | Max |
|-----------|-----------------|--------------|------|------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | | | | |
| Aal | 1 | | 13 | 60 | | 0,006 | 0,005 | | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| | 2 | | 29 | 60 | | 0,017 | 0,044 | | 0,005 | 0,014 | 0,010 | 0,011 | 0,021 | 0,740 |
| | 3 | | 47 | 30 | | 0,088 | 0,043 | | 0,073 | 0,040 | 0,016 | 0,030 | 0,051 | 0,130 |
| | 4 | | 10 | 30 | | 0,031 | 0,070 | | 0,011 | 0,063 | 0,022 | 0,052 | 0,087 | 0,129 |
| | 5 | | 20 | 85 | | 0,071 | 0,077 | | 0,070 | 0,062 | 0,010 | 0,037 | 0,117 | 0,202 |
| | 6 | | 9 | 8 | | 0,063 | 0,032 | | 0,064 | 0,035 | 0,011 | 0,024 | 0,041 | 0,049 |
| Rotauge | 1 | | 6 | 4 | | 0,004 | 0,007 | | 0,003 | 0,008 | 0,005 | | | 0,009 |
| | 2 | | 15 | 12 | | 0,003 | 0,034 | | 0,003 | 0,011 | 0,005 | | | 0,255 |
| | 3 | | 13 | 6 | | 0,049 | 0,022 | | 0,052 | 0,023 | 0,013 | | | 0,031 |
| | 4 | | 3 | 6 | | 0,035 | 0,054 | | 0,036 | 0,021 | 0,010 | | | 0,238 |
| | 5 | | 19 | 15 | | 0,112 | 0,036 | | 0,010 | 0,010 | 0,010 | | | 0,172 |
| | 6 | | 7 | 8 | | 0,026 | 0,023 | | 0,025 | 0,025 | 0,015 | | | 0,038 |

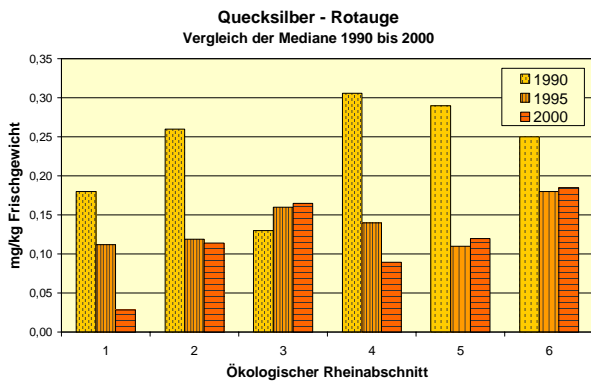
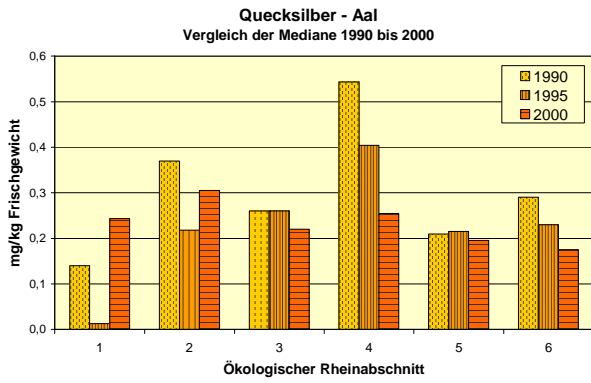


Kontamination von Rheinfischen mit γ -Hexachlorcyclohexan (Angaben in mg/kg Frischgewicht)

| Fisch-art | Rhein-abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min | Perz. 25 | Perz. 75 | Max |
|-----------|-----------------|--------------|------|------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|--------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | |
| Aal | 1 | | 13 | 60 | | 0,0138 | 0,0039 | | 0,0126 | 0,0038 | 0,0001 | 0,0028 | 0,0054 | 0,0084 |
| | 2 | | 34 | 60 | | 0,0139 | 0,0152 | | 0,0114 | 0,0055 | 0,0004 | 0,0030 | 0,0077 | 0,2092 |
| | 3 | | 47 | 30 | | 0,0166 | 0,0052 | | 0,0171 | 0,0044 | 0,0018 | 0,0032 | 0,0071 | 0,0113 |
| | 4 | | 10 | 30 | | 0,0102 | 0,0076 | | 0,0056 | 0,0076 | 0,0011 | 0,0040 | 0,0108 | 0,0200 |
| | 5 | | 20 | 85 | | 0,0125 | 0,0111 | | 0,0113 | 0,0110 | 0,0006 | 0,0050 | 0,0160 | 0,0280 |
| | 6 | | 9 | 8 | | 0,0294 | 0,0087 | | 0,0261 | 0,0081 | 0,0035 | 0,0057 | 0,0112 | 0,0160 |
| Rotaue | 1 | | 6 | 4 | | 0,0007 | 0,0006 | | 0,0006 | 0,0006 | 0,0005 | | | 0,0008 |
| | 2 | | 15 | 12 | | 0,0007 | 0,0007 | | 0,0006 | 0,0004 | 0,0002 | | | 0,0019 |
| | 3 | | 13 | 6 | | 0,0021 | 0,0004 | | 0,0011 | 0,0004 | 0,0002 | | | 0,0005 |
| | 4 | | 3 | 6 | | 0,0010 | 0,0007 | | 0,0010 | 0,0006 | 0,0001 | | | 0,0014 |
| | 5 | | 19 | 15 | | 0,0006 | 0,0002 | | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | | | 0,0007 |
| | 6 | | 9 | 8 | | 0,0010 | 0,0005 | | 0,0008 | 0,0005 | 0,0002 | | | 0,0009 |

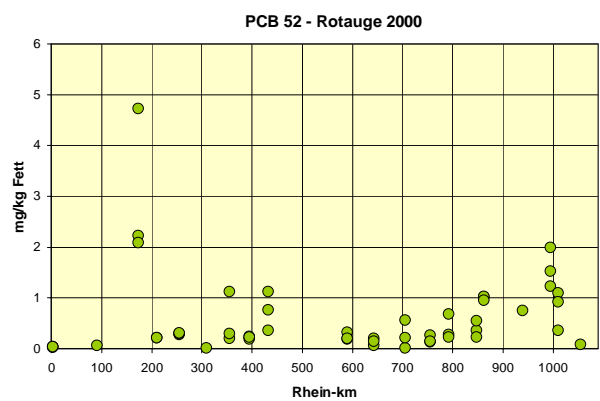
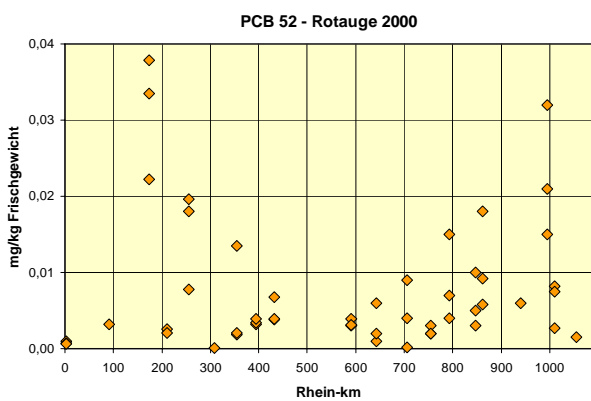
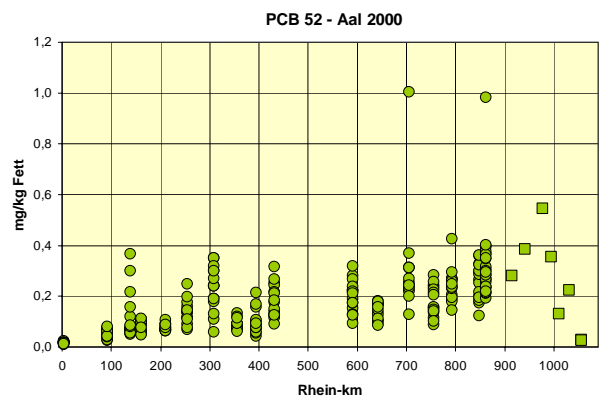
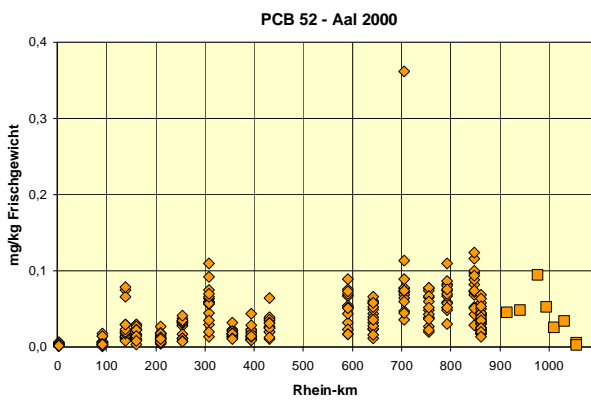
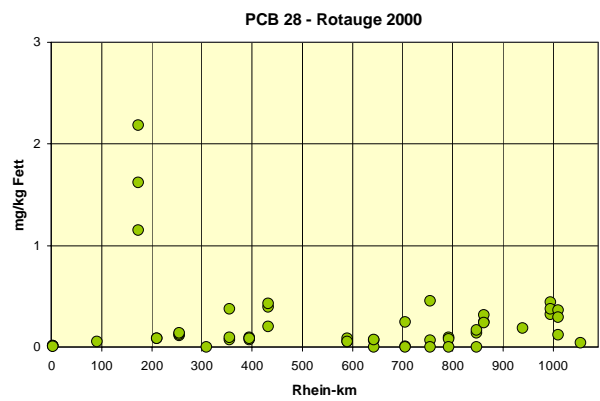
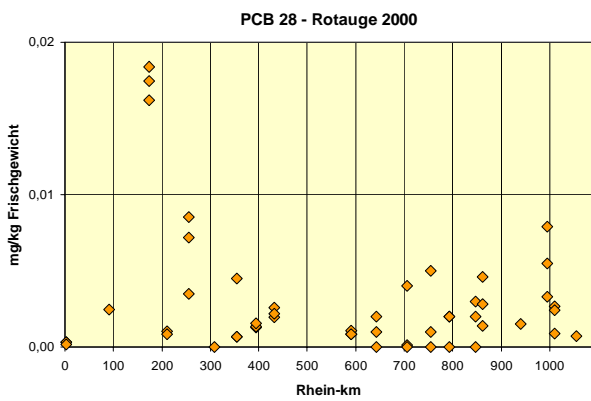
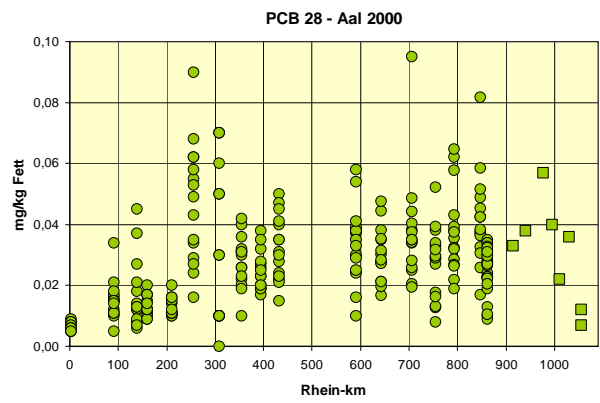
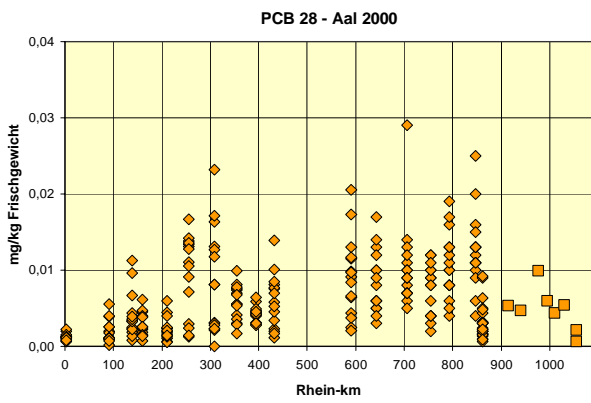
Kontamination von Rheinfischen mit γ -Hexachlorcyclohexan (Angaben in mg/kg Fett)

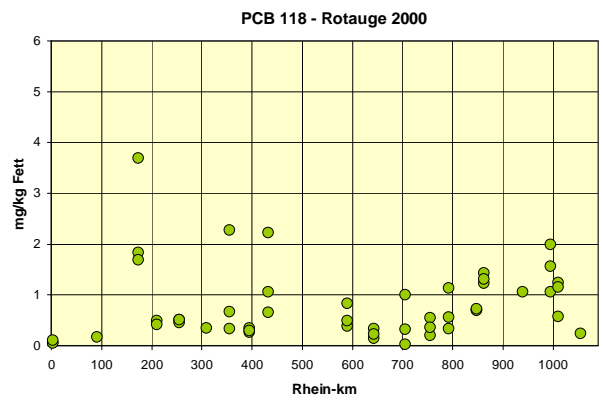
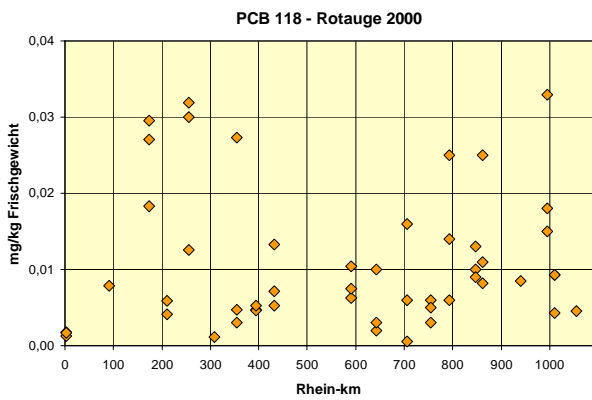
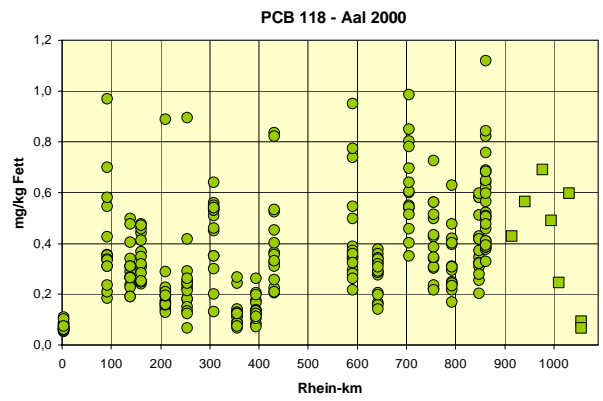
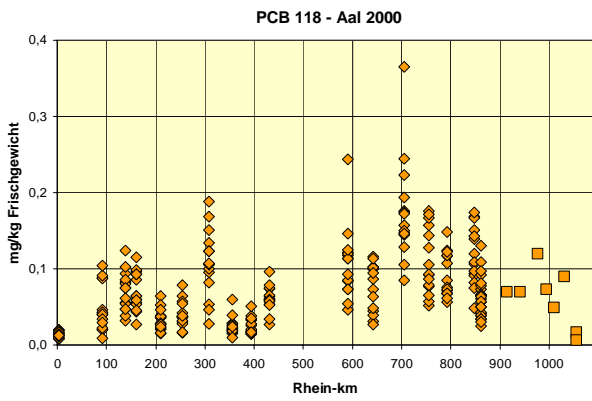
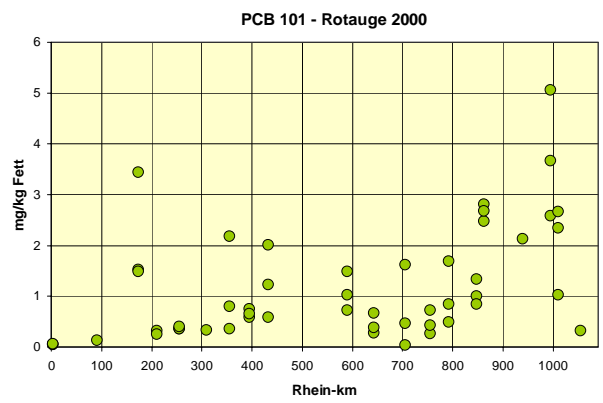
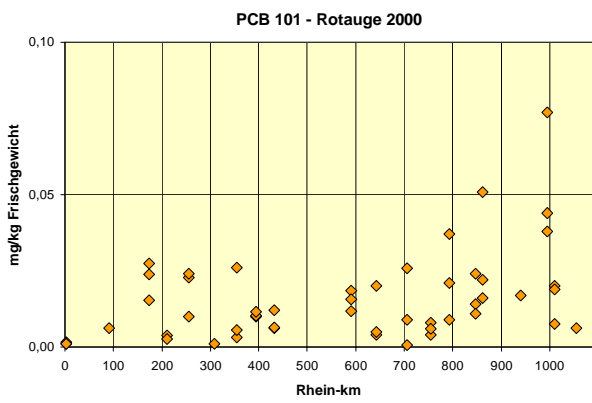
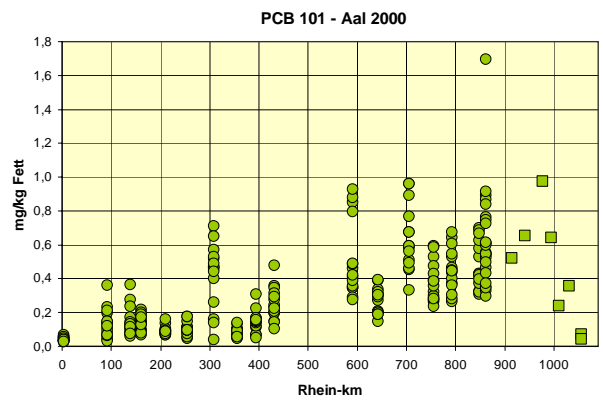
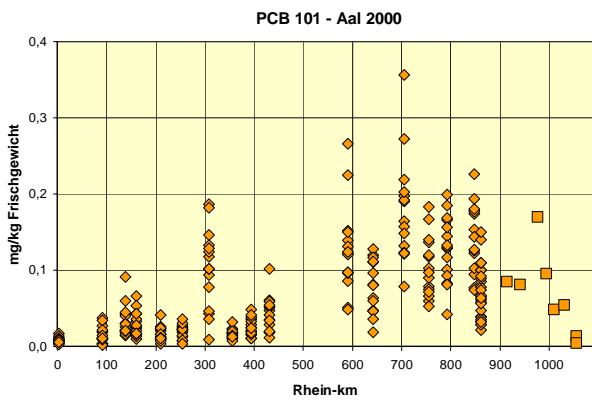
| Fisch-art | Rhein-abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min | Perz. 25 | Perz. 75 | Max |
|-----------|-----------------|--------------|------|------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | |
| Aal | 1 | | 13 | 60 | | 0,054 | 0,019 | | 0,046 | 0,020 | Min | 25% | 0,022 | 0,025 |
| | 2 | | 34 | 60 | | 0,053 | 0,060 | | 0,043 | 0,029 | 0,007 | 0,017 | 0,036 | 0,730 |
| | 3 | | 47 | 30 | | 0,079 | 0,029 | | 0,080 | 0,027 | 0,005 | 0,023 | 0,036 | 0,043 |
| | 4 | | 10 | 30 | | 0,054 | 0,029 | | 0,061 | 0,032 | 0,020 | 0,022 | 0,036 | 0,080 |
| | 5 | | 20 | 85 | | 0,044 | 0,048 | | 0,038 | 0,052 | 0,005 | 0,021 | 0,059 | 0,082 |
| | 6 | | 9 | 8 | | 0,151 | 0,056 | | 0,149 | 0,055 | 0,005 | 0,038 | 0,061 | 0,107 |
| Rotaue | 1 | | 6 | 4 | | 0,071 | 0,027 | | 0,054 | 0,031 | 0,011 | | | 0,035 |
| | 2 | | 15 | 12 | | 0,095 | 0,052 | | 0,069 | 0,034 | 0,025 | | | 0,170 |
| | 3 | | 13 | 6 | | 0,093 | 0,040 | | 0,087 | 0,034 | 0,026 | | | 0,082 |
| | 4 | | 3 | 6 | | 0,066 | 0,045 | | 0,070 | 0,039 | 0,005 | | | 0,093 |
| | 5 | | 19 | 15 | | 0,043 | 0,012 | | 0,020 | 0,005 | 0,005 | | | 0,045 |
| | 6 | | 9 | 8 | | 0,075 | 0,041 | | 0,064 | 0,041 | 0,027 | | | 0,063 |

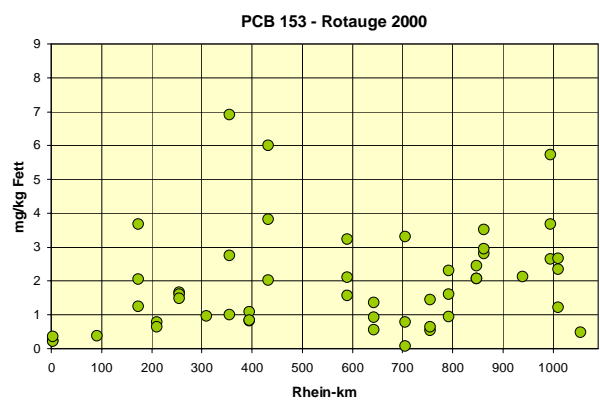
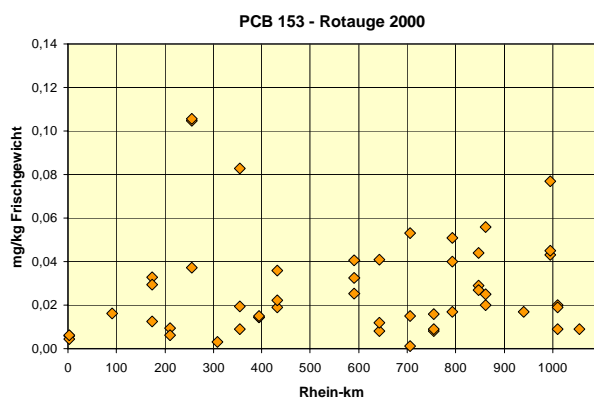
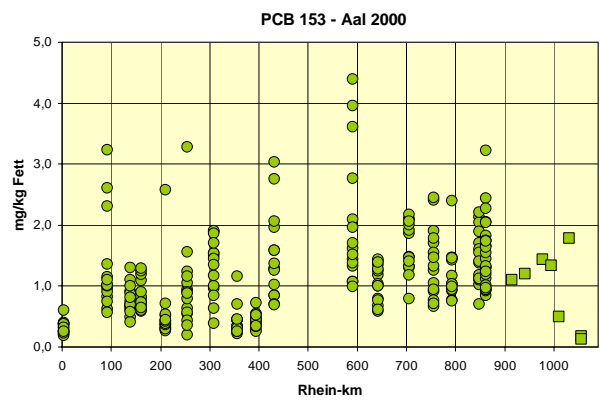
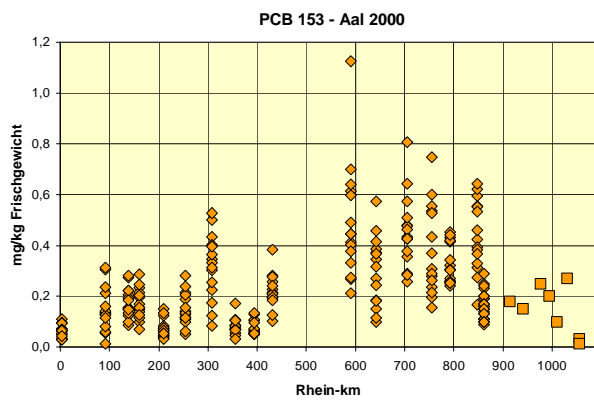
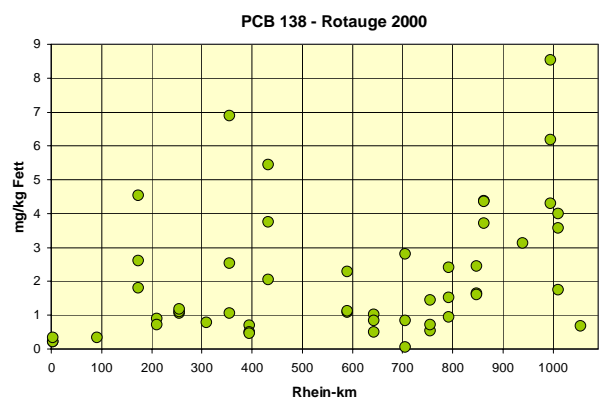
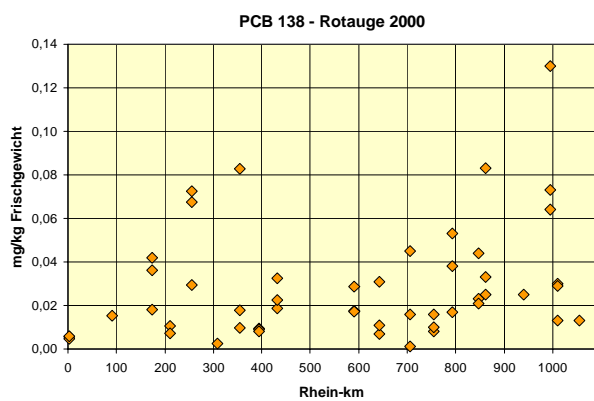
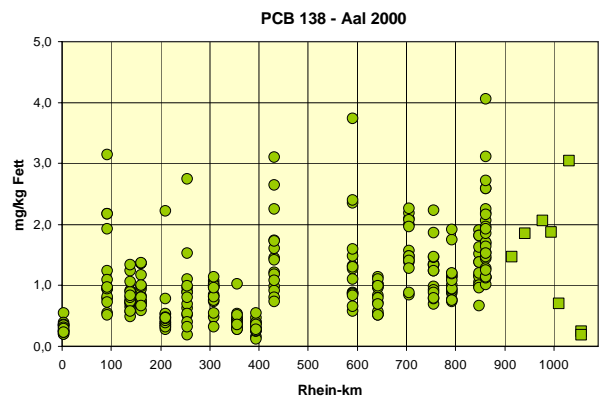
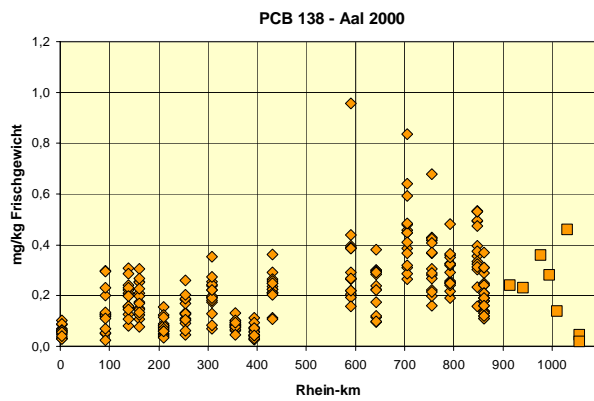


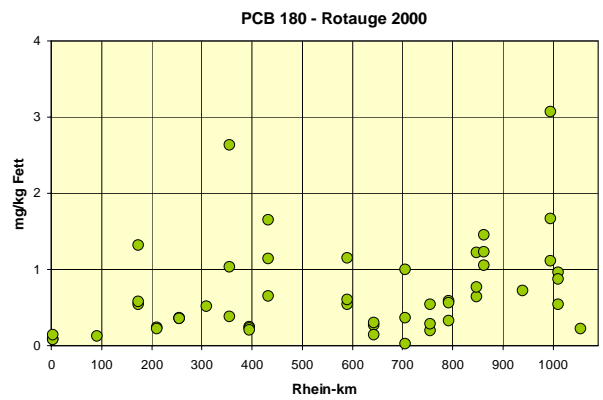
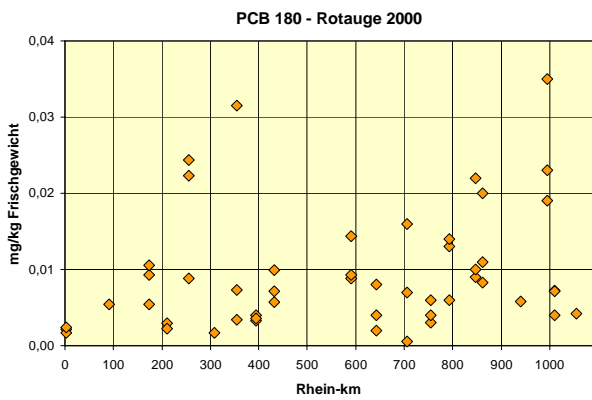
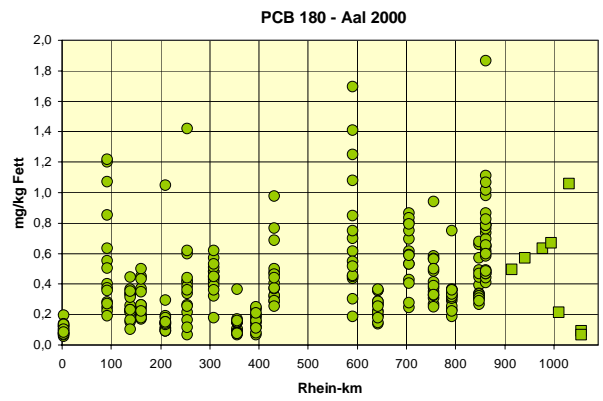
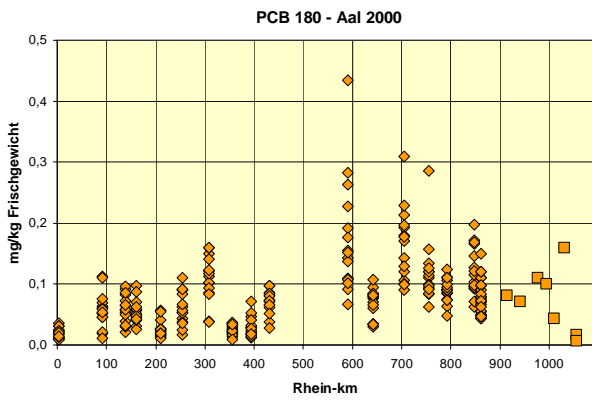
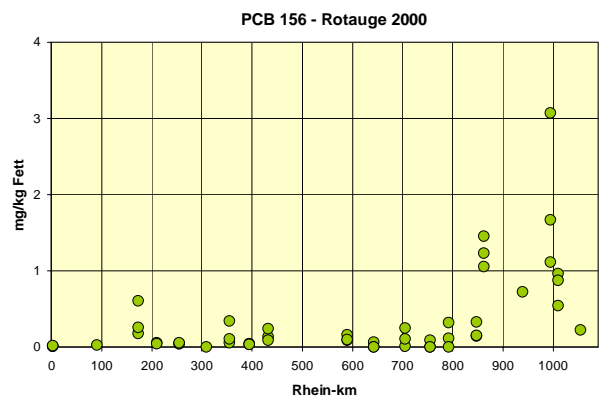
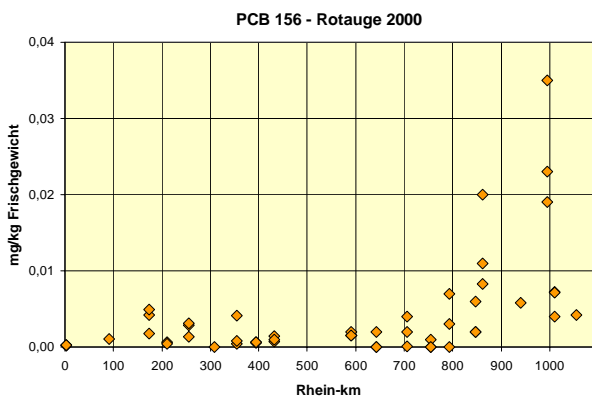
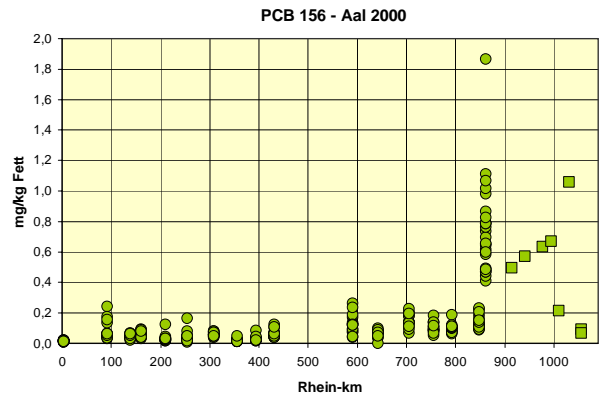
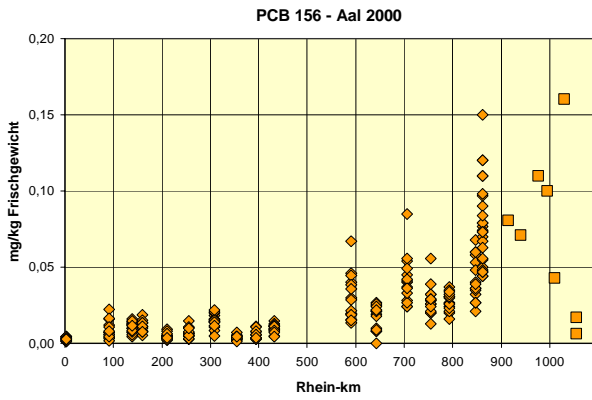
Kontamination von Rheinfischen mit Quecksilber (Angaben in mg/kg Frischgewicht)

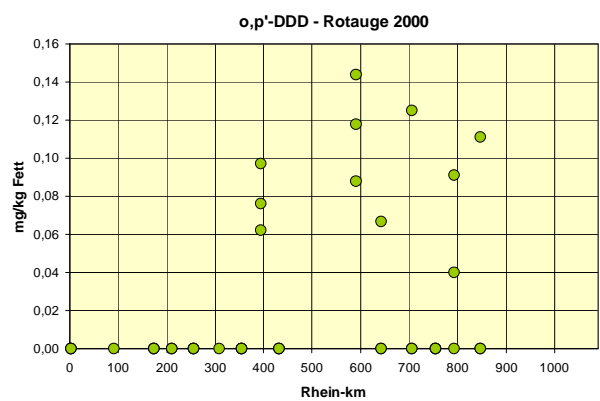
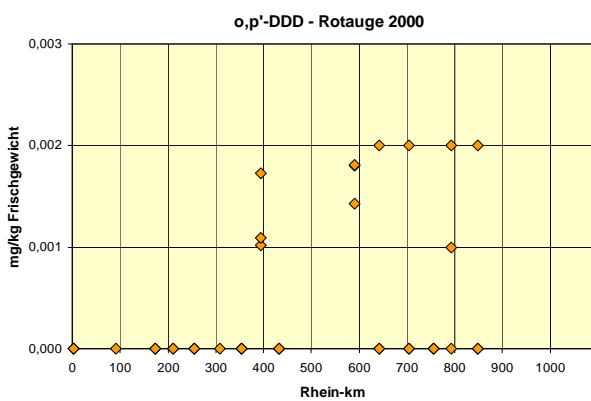
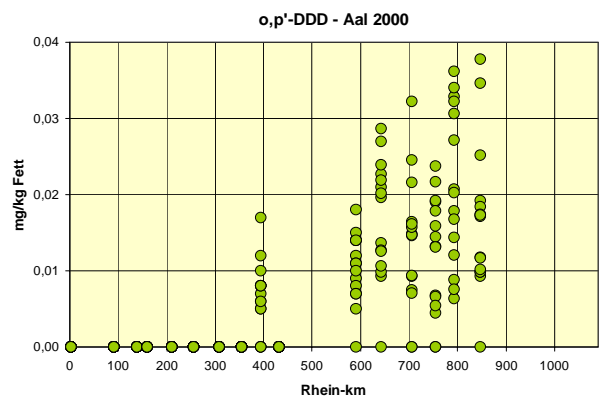
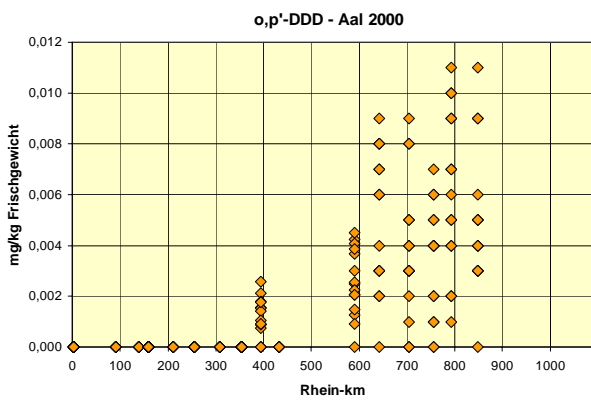
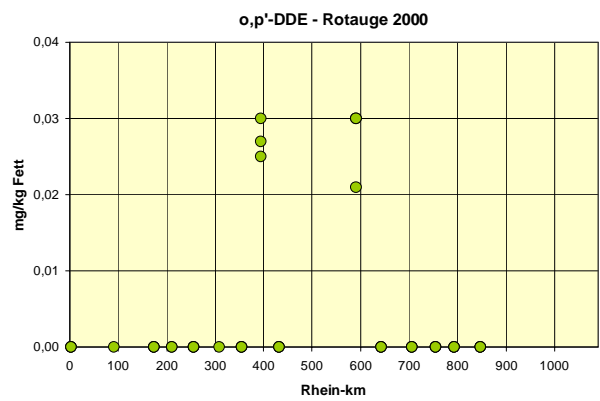
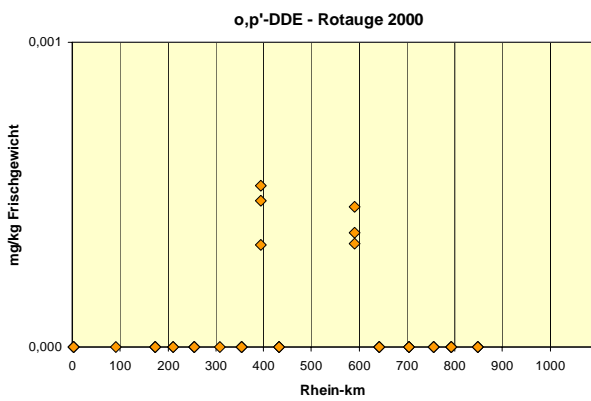
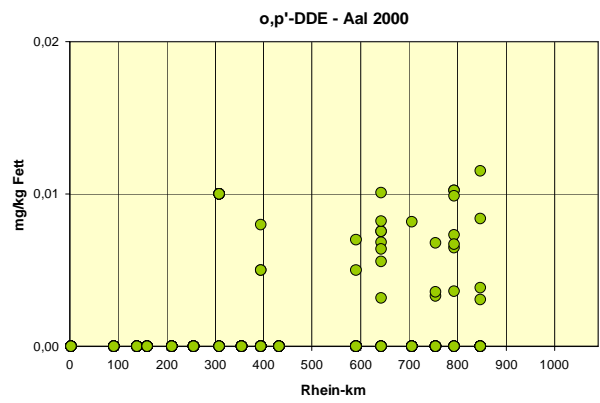
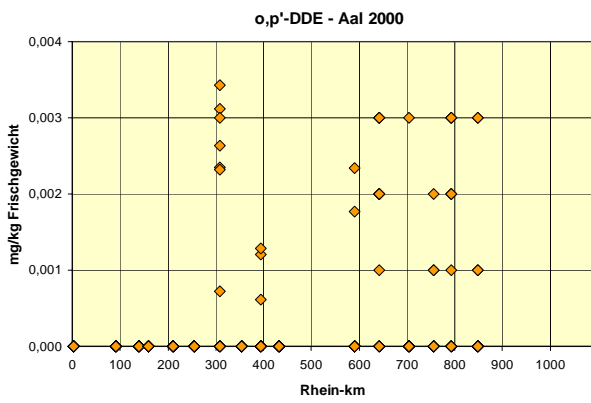
| Fisch-art | Rhein-abschnitt | Anzahl Daten | | | Mittelwert | | | Median | | | Min | Perz. 25 | Perz. 75 | Max |
|-----------|-----------------|--------------|------|------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|
| | | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | 1990 | 1995 | 2000 | | | | |
| Aal | 1 | 21 | 13 | 60 | 0,155 | 0,081 | 0,233 | 0,140 | 0,013 | 0,243 | 0,056 | 0,124 | 0,298 | 0,475 |
| | 2 | 45 | 34 | 60 | 0,373 | 0,296 | 0,307 | 0,370 | 0,218 | 0,306 | 0,110 | 0,217 | 0,402 | 0,550 |
| | 3 | 19 | 47 | 30 | 0,309 | 0,289 | 0,284 | 0,260 | 0,260 | 0,220 | 0,074 | 0,198 | 0,406 | 0,602 |
| | 4 | 7 | 10 | 30 | 0,600 | 0,448 | 0,292 | 0,543 | 0,404 | 0,255 | 0,143 | 0,230 | 0,321 | 0,653 |
| | 5 | 3 | 20 | 85 | 0,300 | 0,215 | 0,209 | 0,210 | 0,215 | 0,196 | 0,096 | 0,169 | 0,243 | 0,438 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,314 | 0,220 | 0,180 | 0,290 | 0,230 | 0,175 | 0,110 | 0,155 | 0,213 | 0,250 |
| Rotaugen | 1 | 19 | 6 | 4 | 0,176 | 0,118 | 0,038 | 0,180 | 0,112 | 0,029 | 0,025 | | | 0,071 |
| | 2 | 43 | 15 | 12 | 0,263 | 0,121 | 0,131 | 0,260 | 0,119 | 0,114 | 0,041 | | | 0,265 |
| | 3 | 26 | 13 | 6 | 0,127 | 0,197 | 0,167 | 0,130 | 0,160 | 0,165 | 0,082 | | | 0,259 |
| | 4 | 6 | 3 | 6 | 0,320 | 0,153 | 0,092 | 0,306 | 0,140 | 0,090 | 0,059 | | | 0,120 |
| | 5 | 2 | 19 | 15 | 0,290 | 0,113 | 0,115 | 0,290 | 0,110 | 0,120 | 0,050 | | | 0,195 |
| | 6 | 8 | 9 | 8 | 0,243 | 0,173 | 0,190 | 0,250 | 0,180 | 0,185 | 0,140 | | | 0,260 |

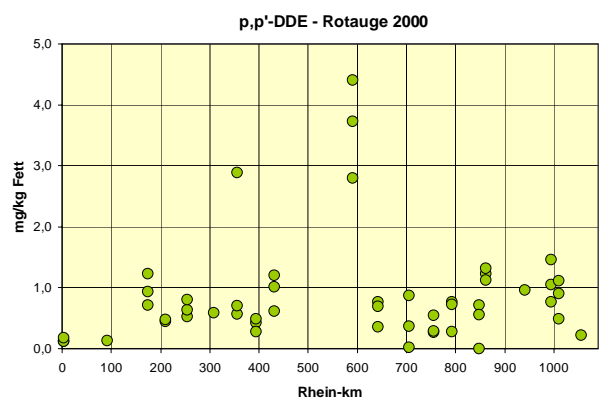
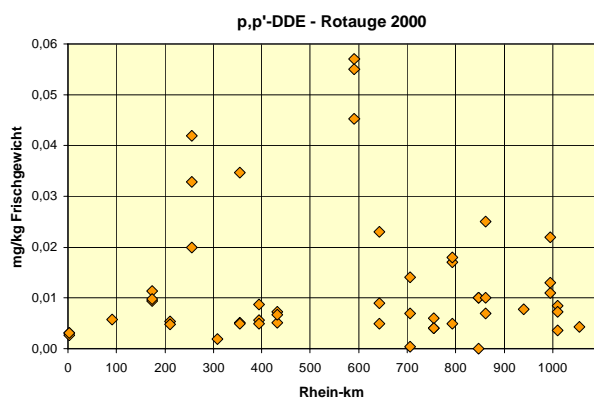
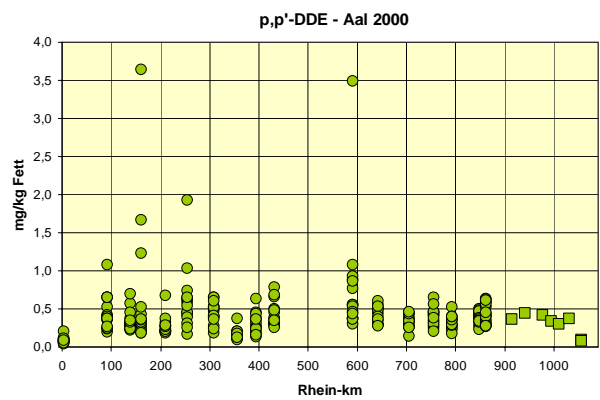
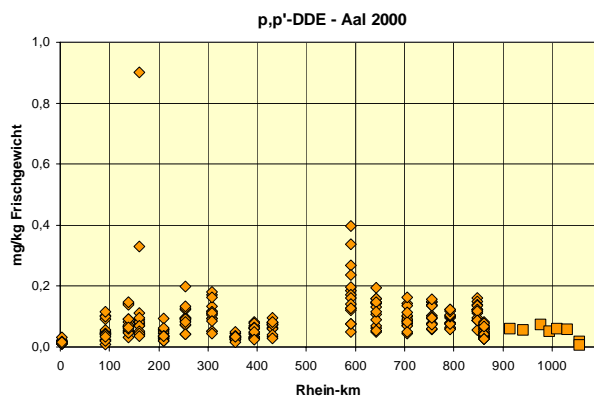
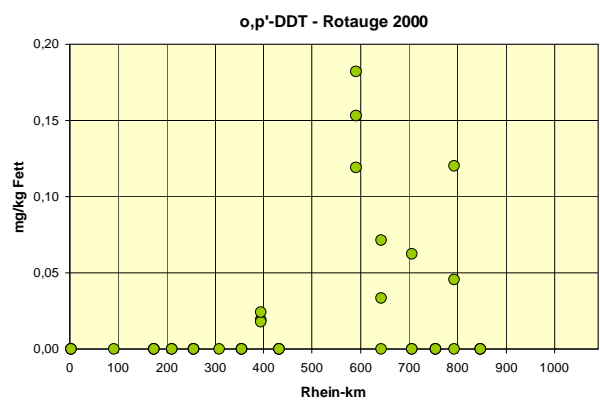
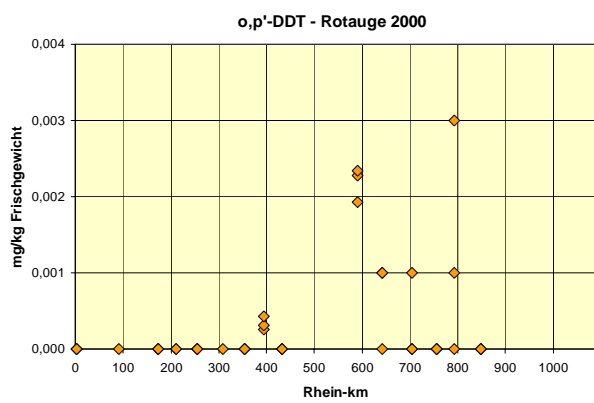
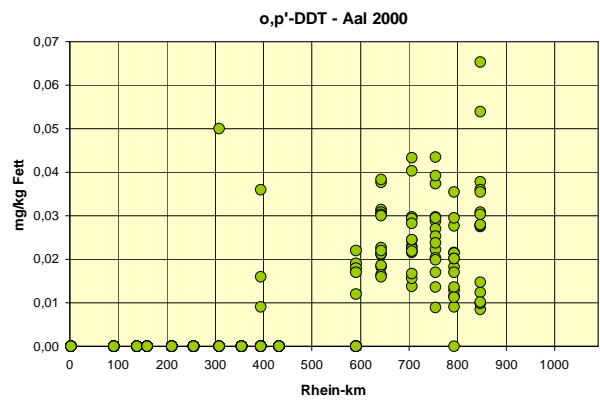
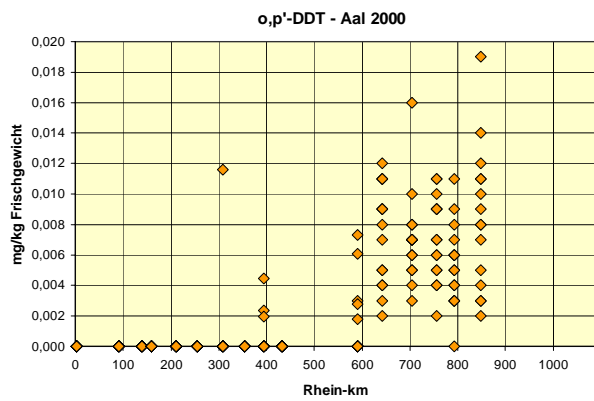


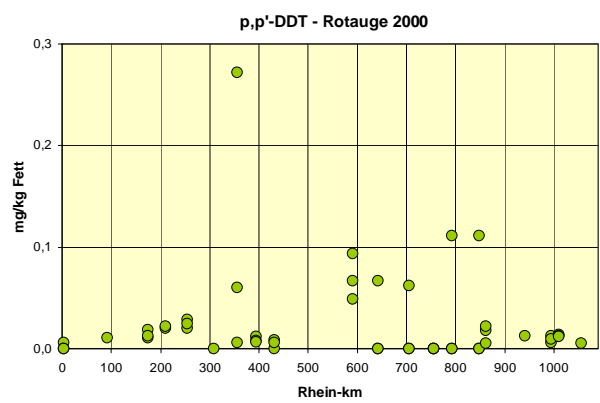
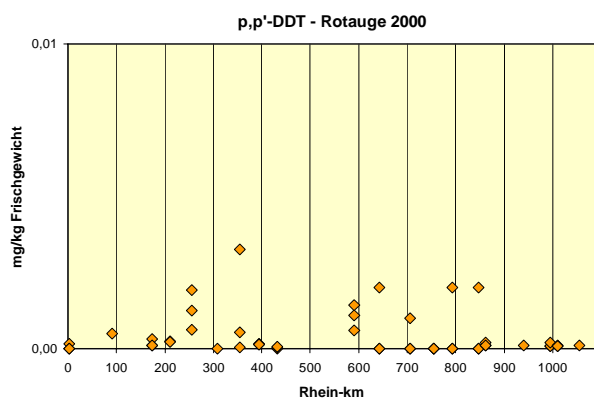
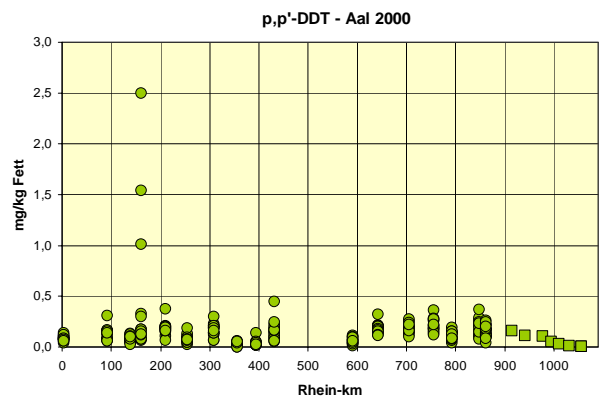
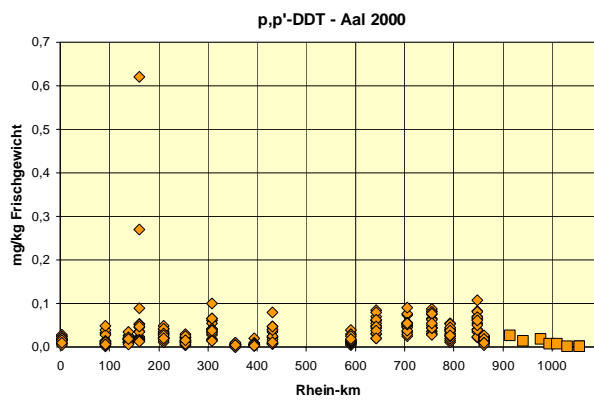
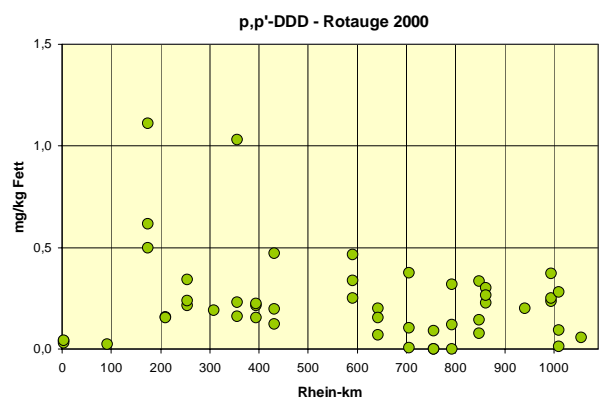
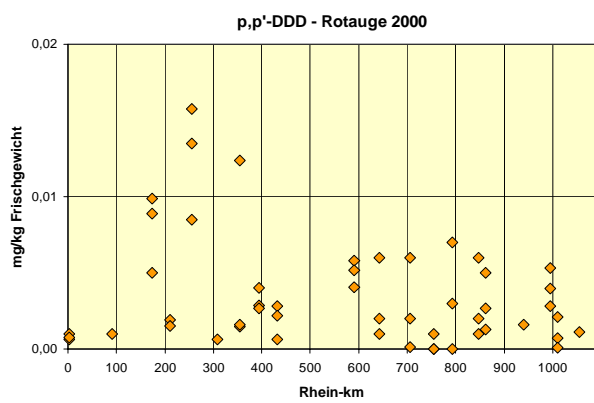
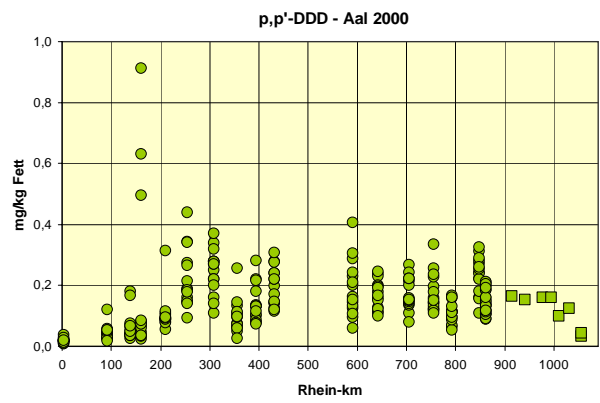
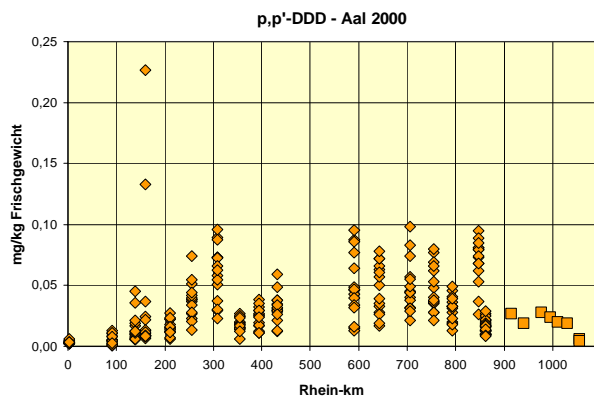


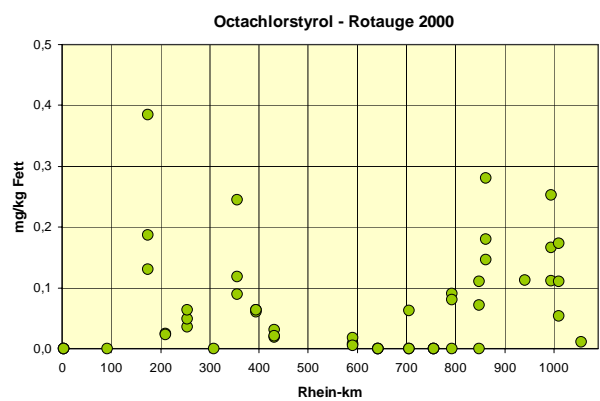
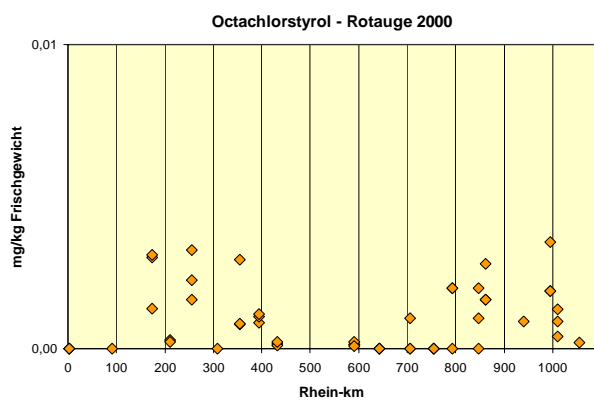
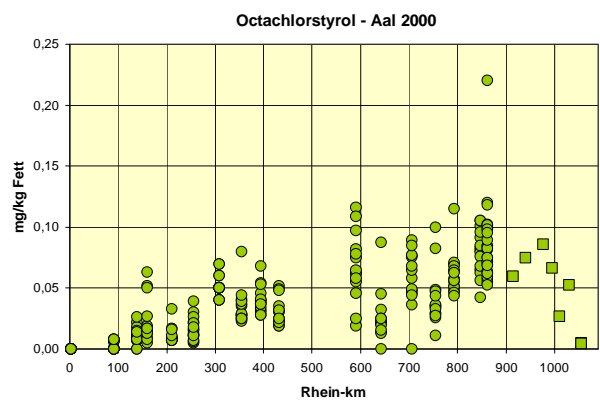
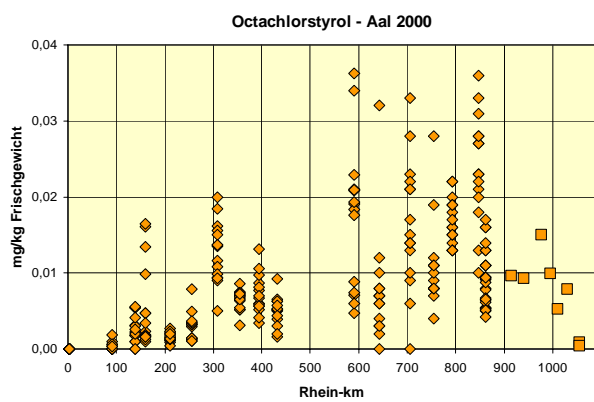
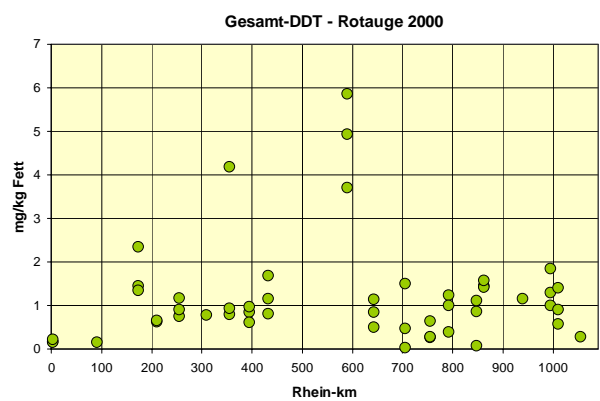
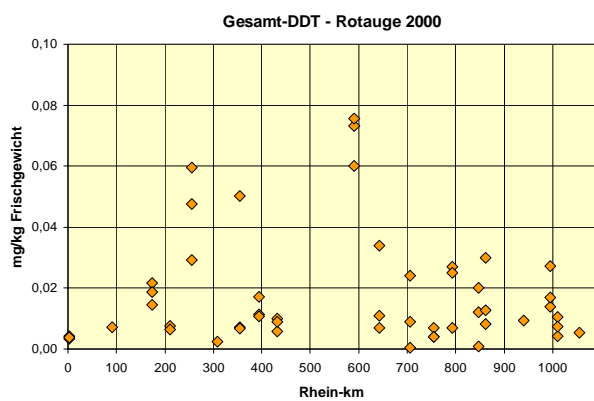
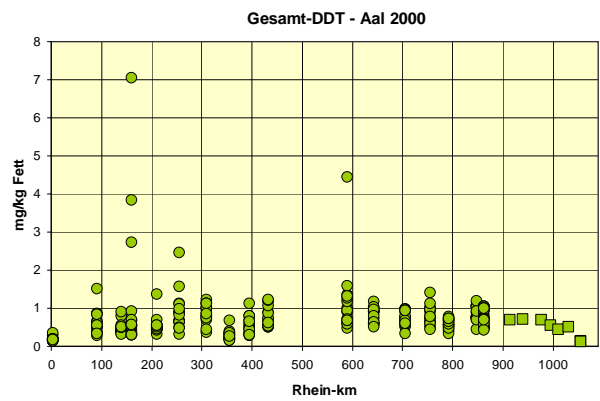
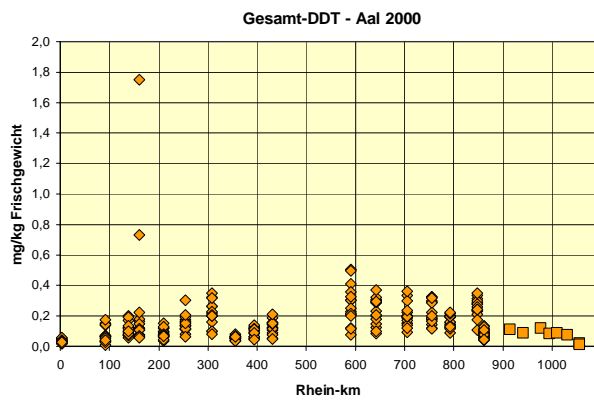


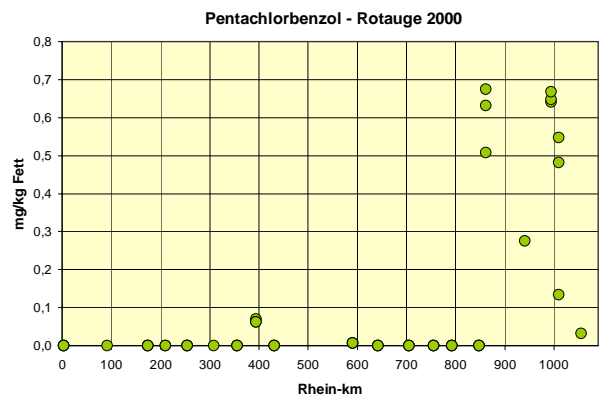
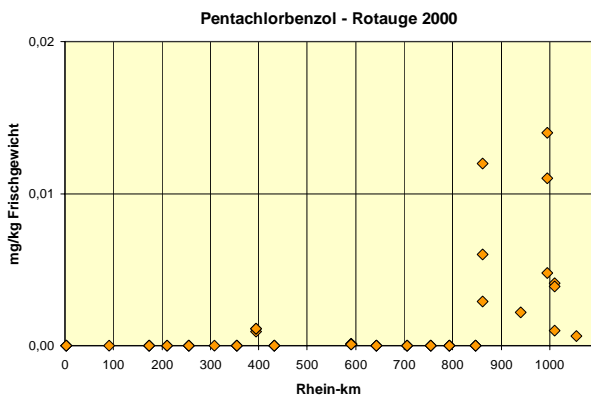
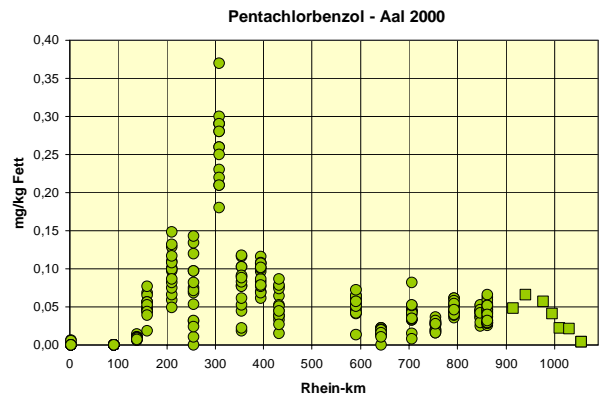
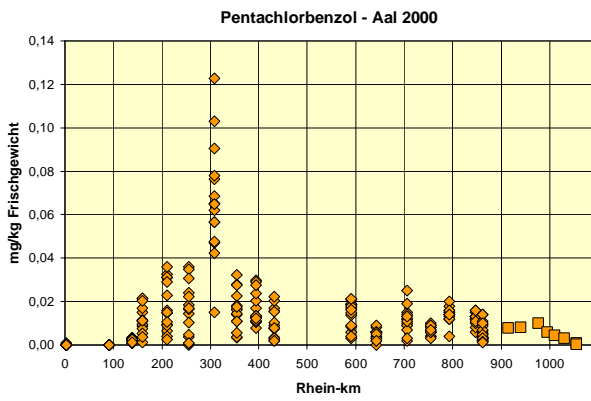
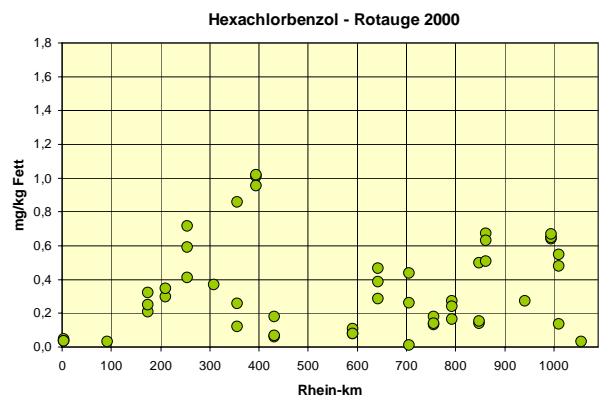
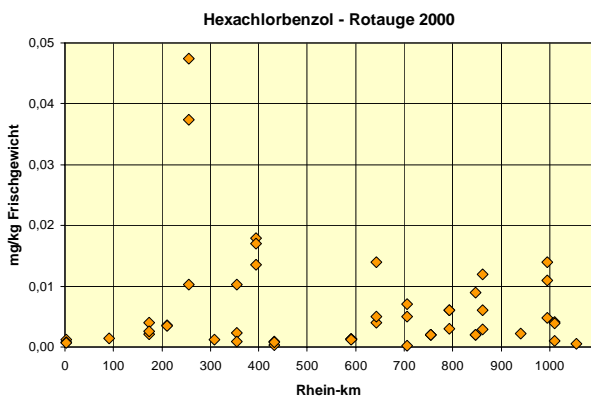
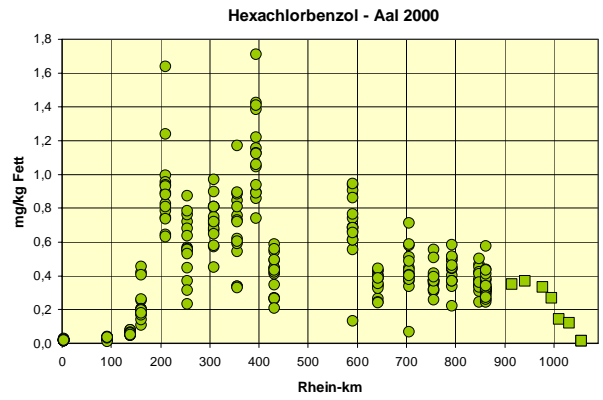
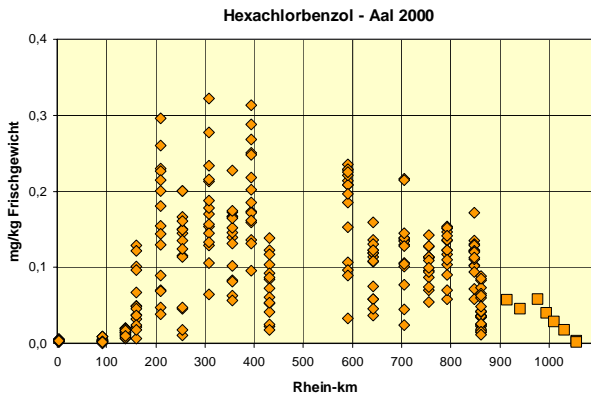


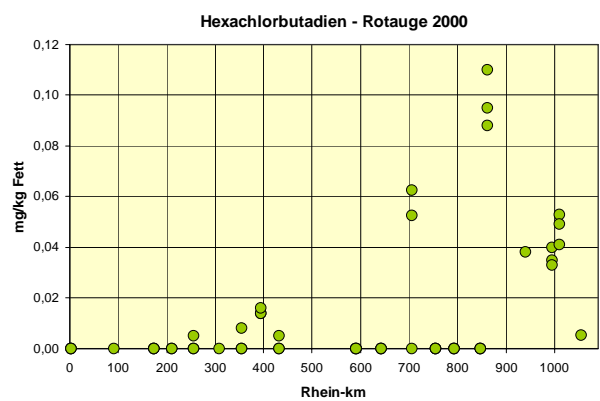
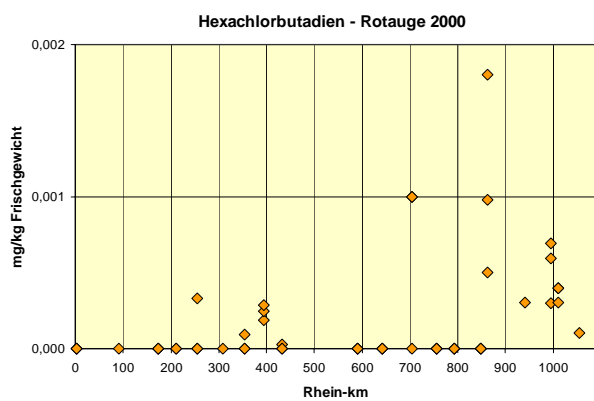
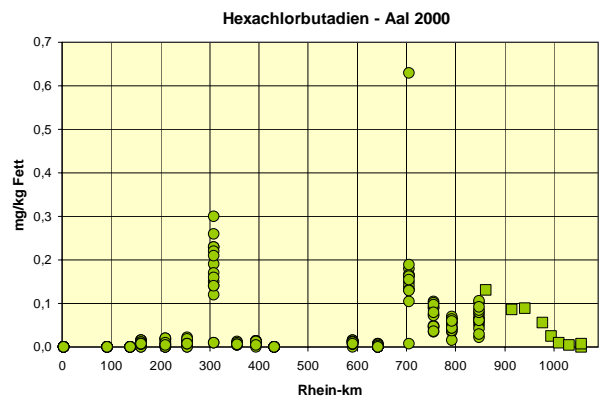
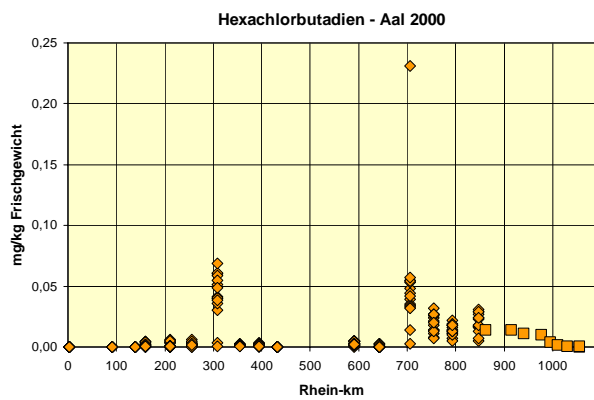
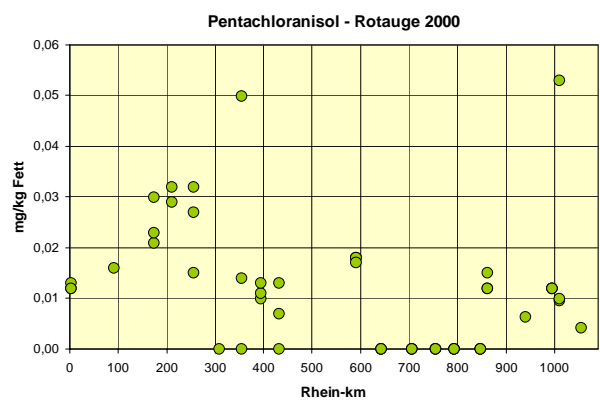
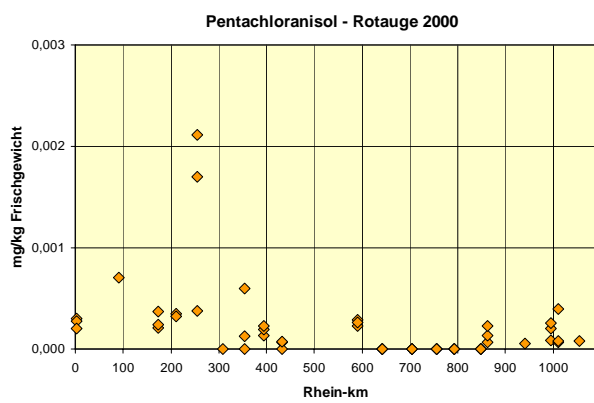
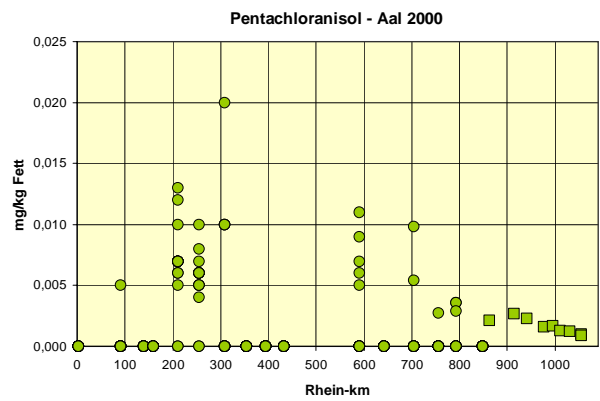
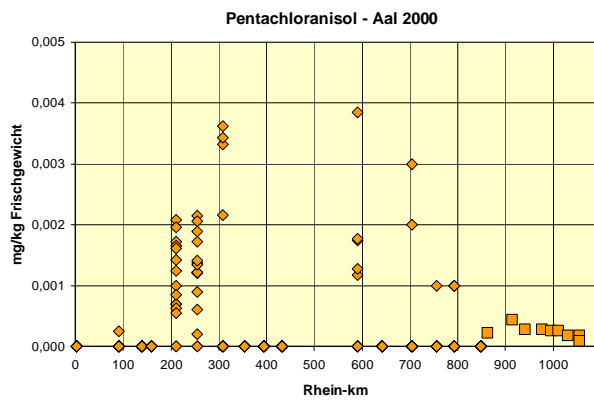


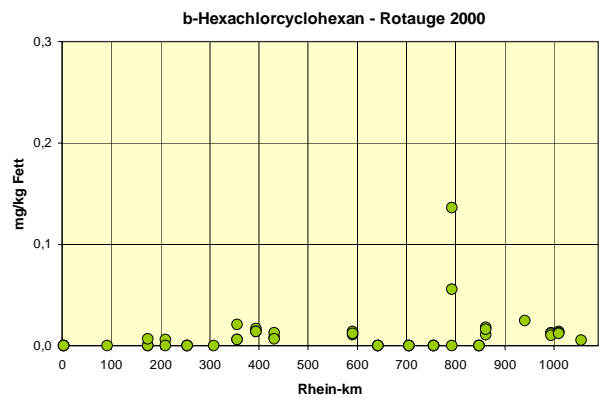
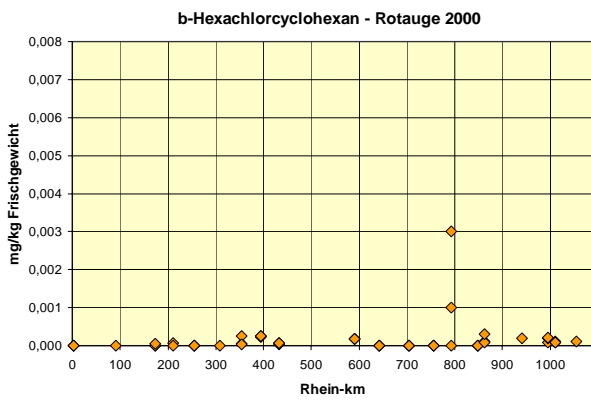
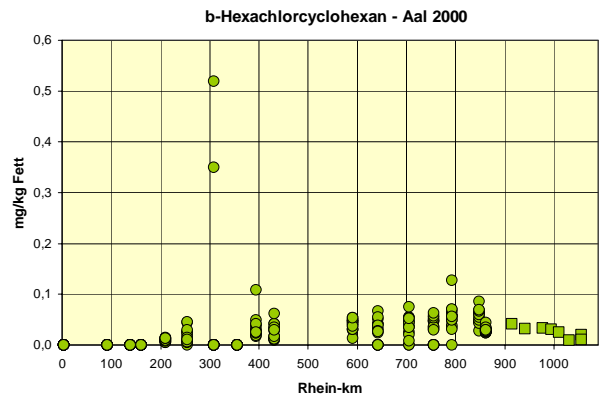
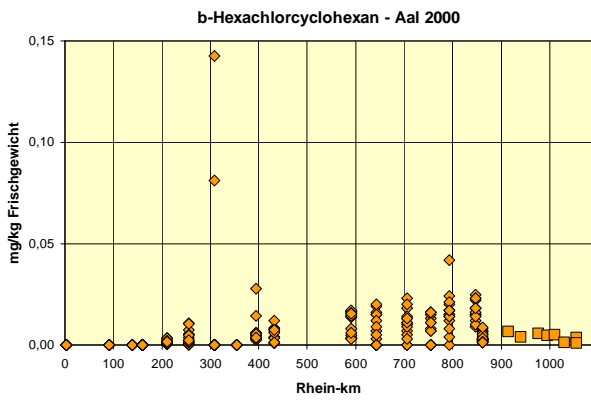
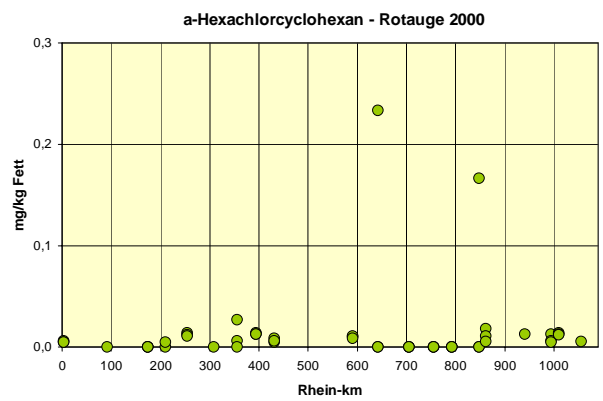
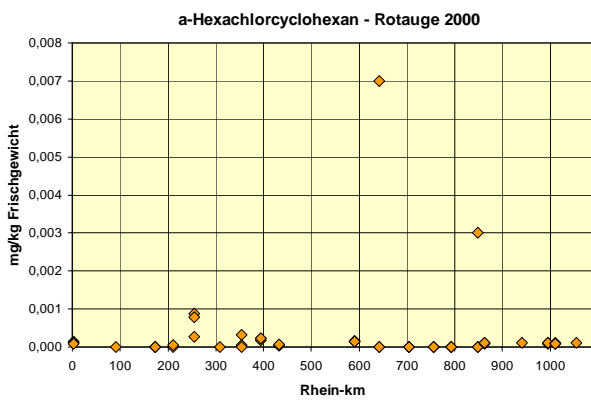
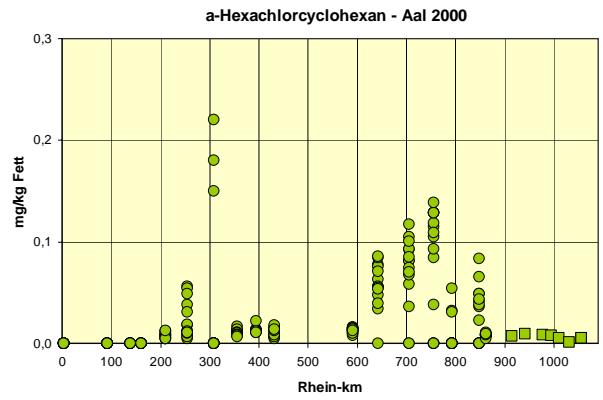
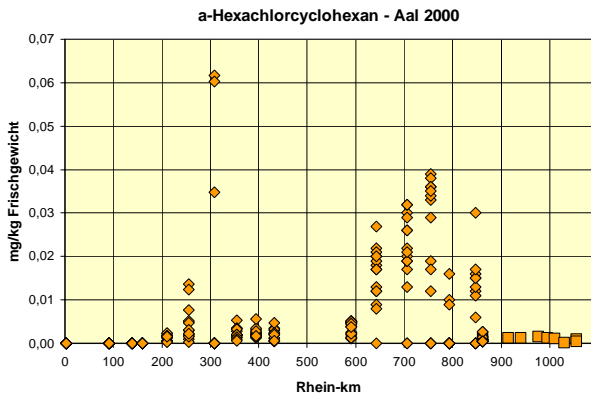


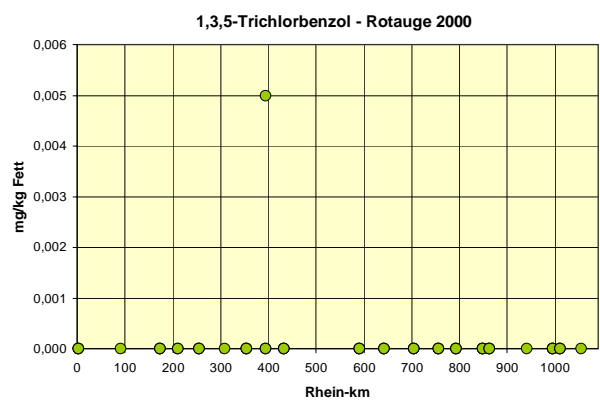
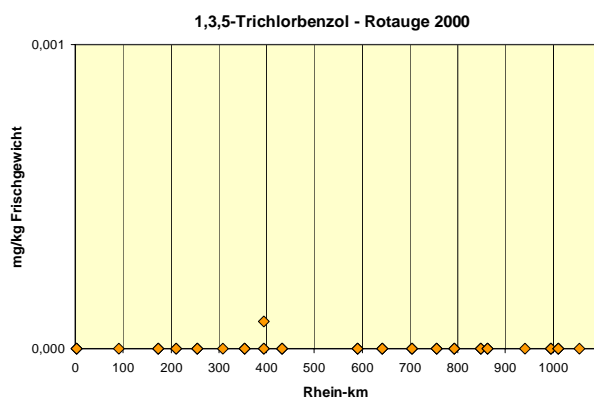
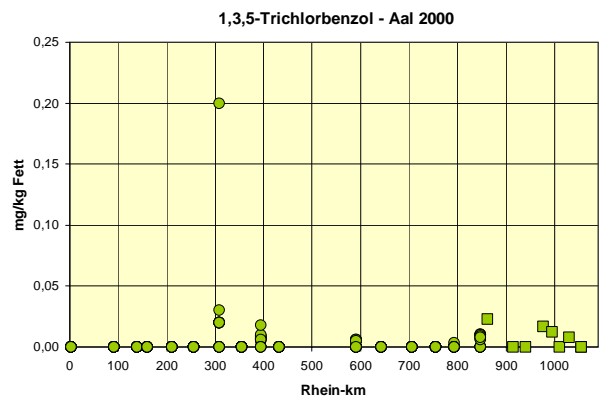
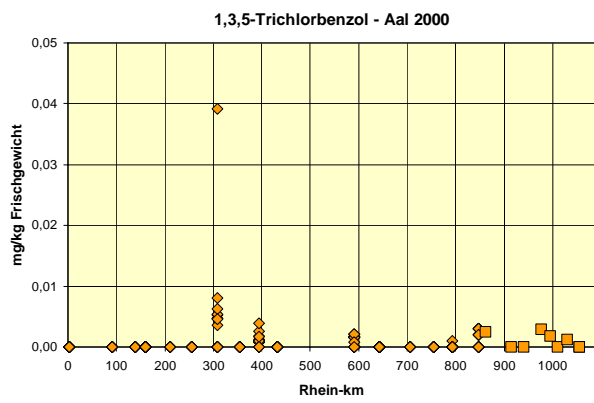
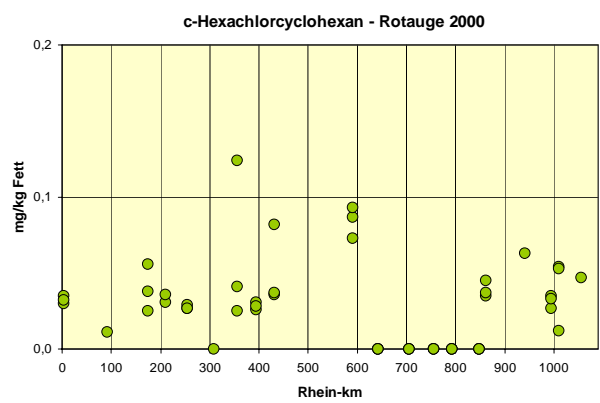
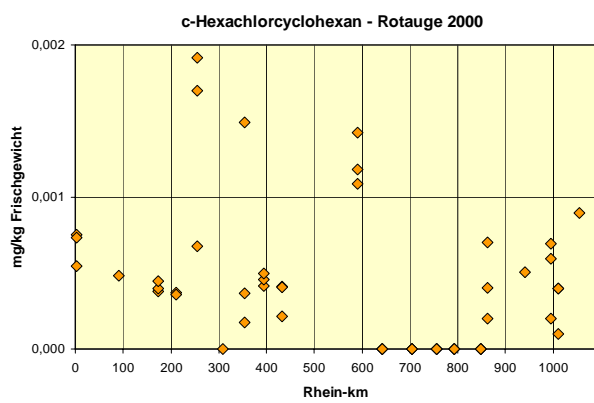
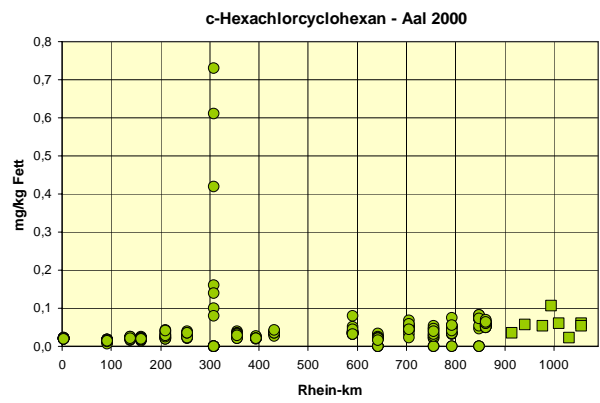
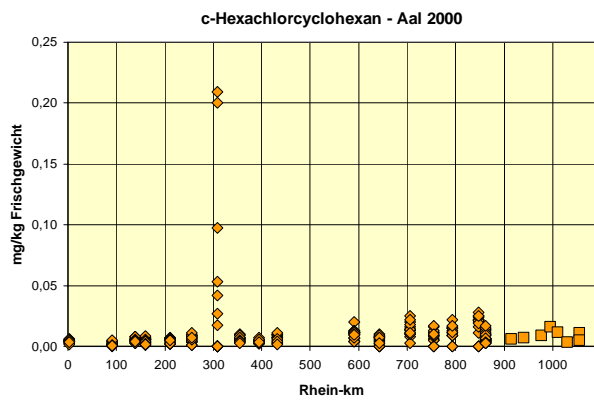


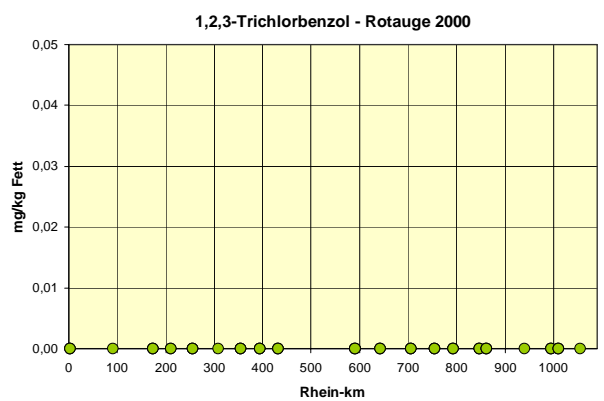
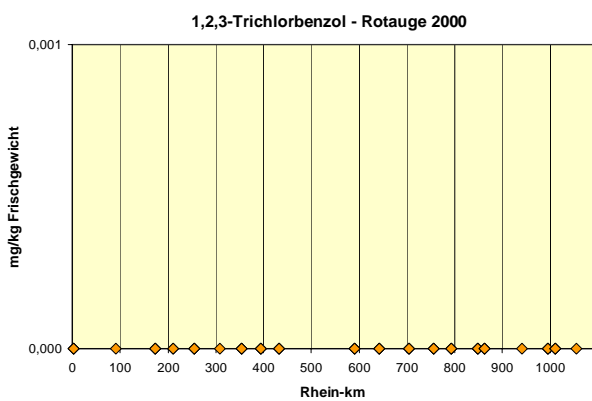
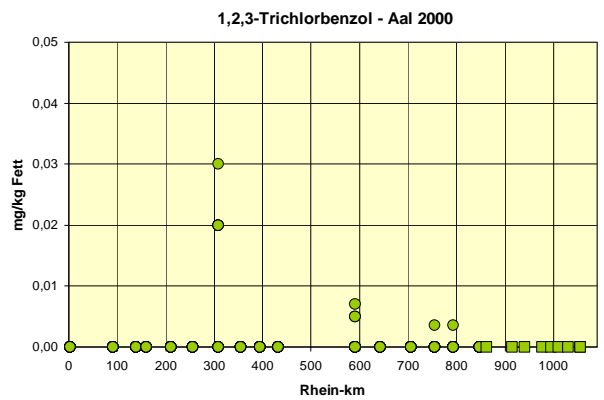
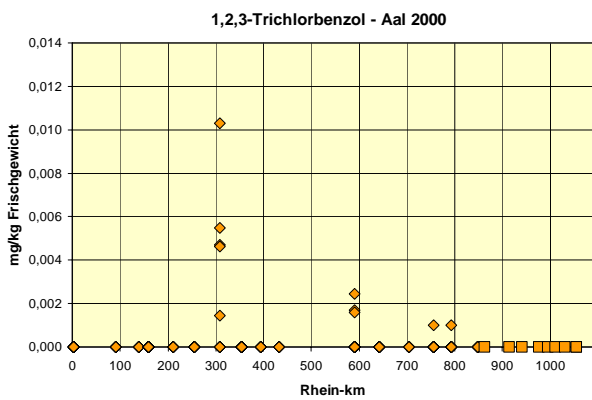
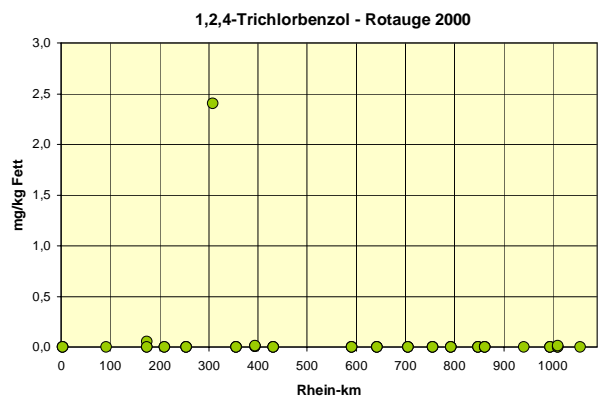
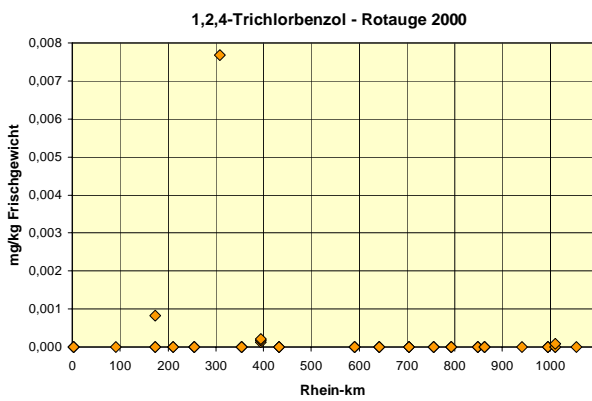
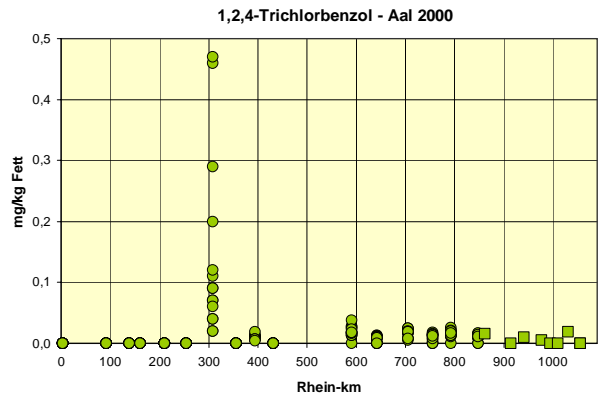
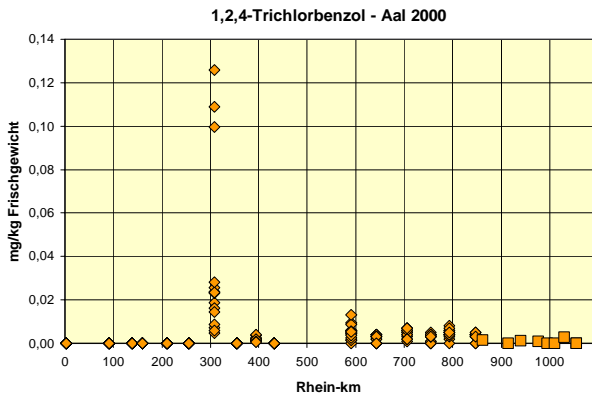


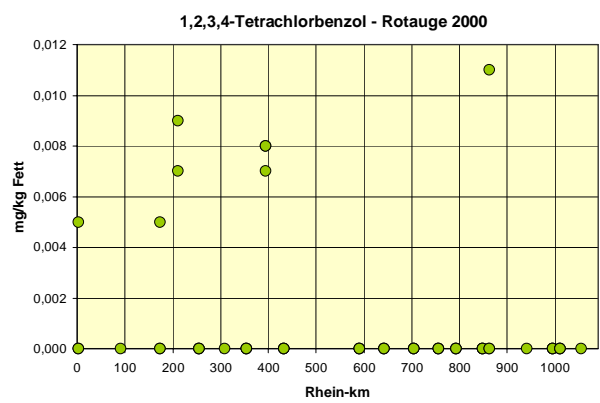
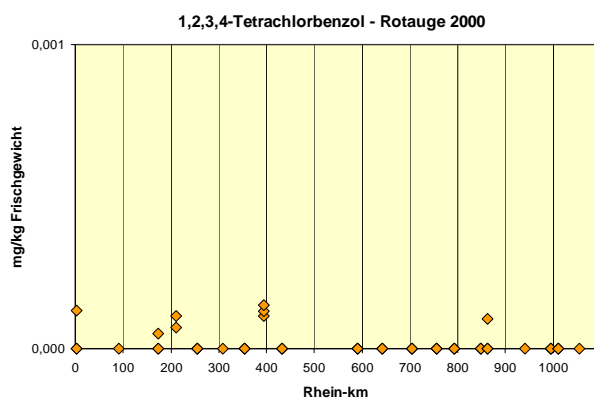
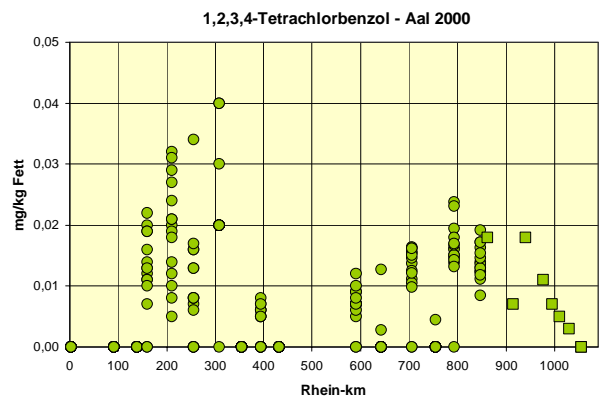
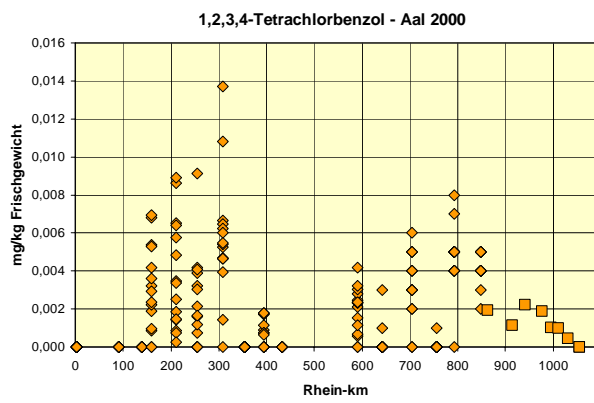
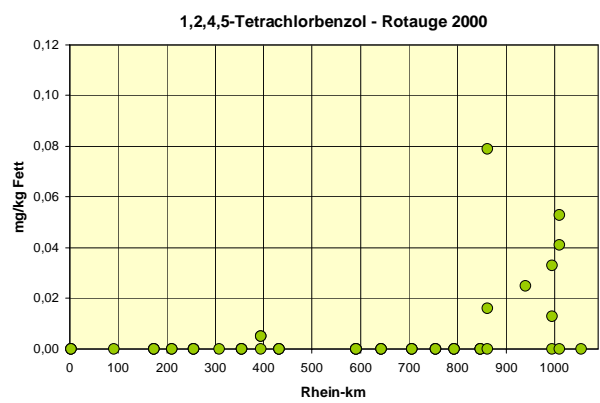
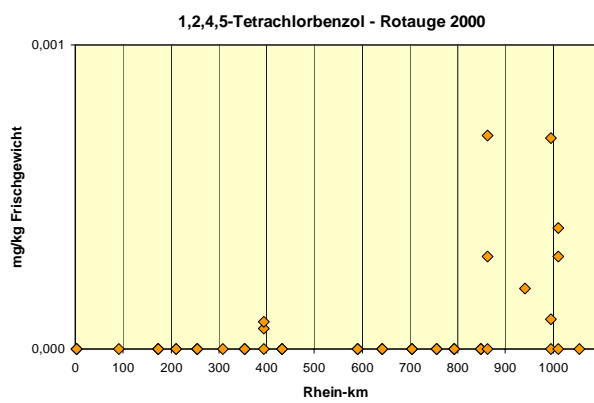
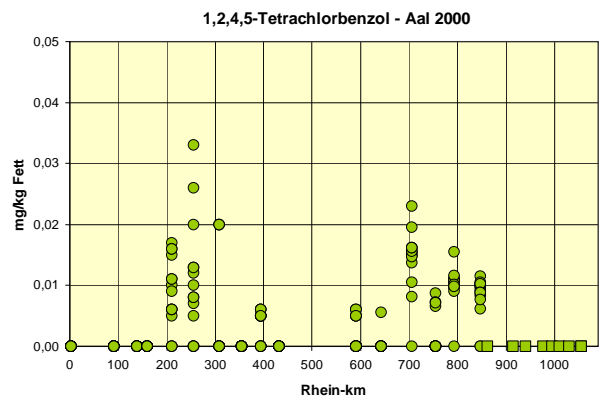
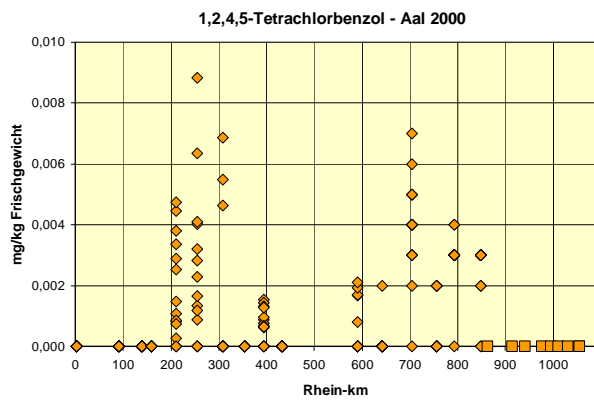


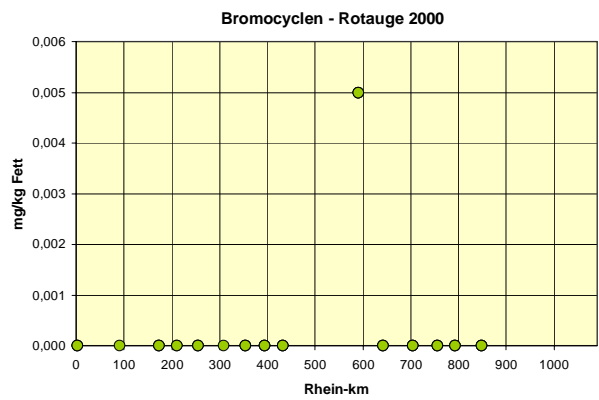
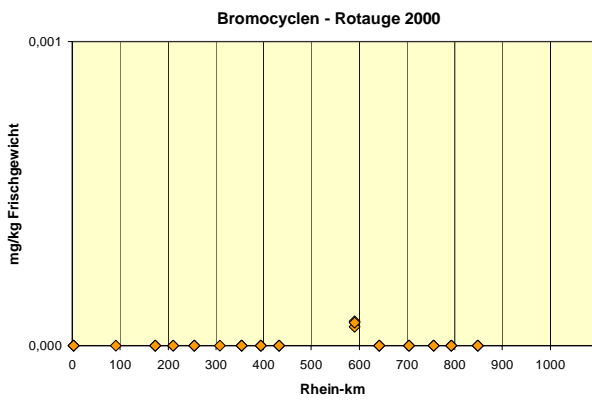
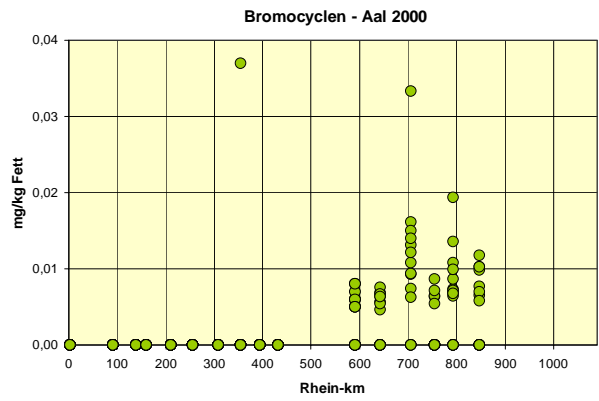
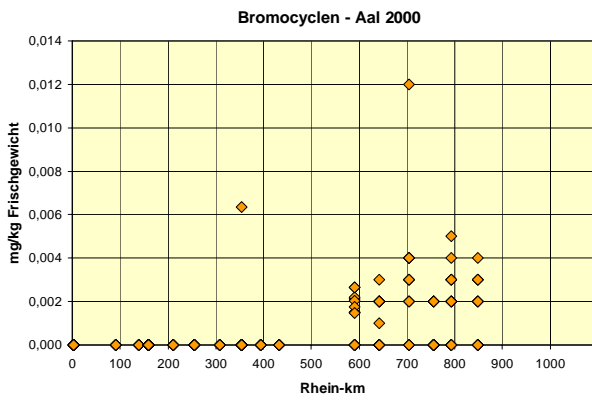
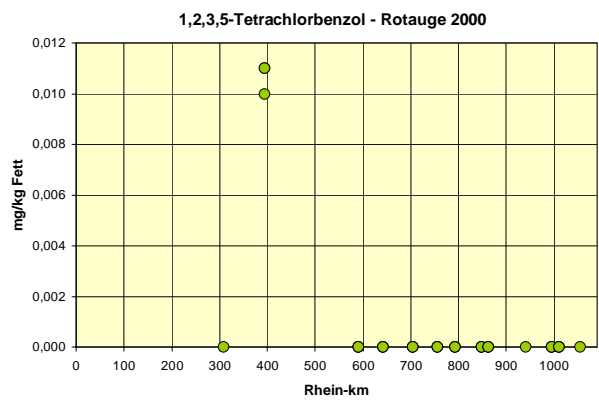
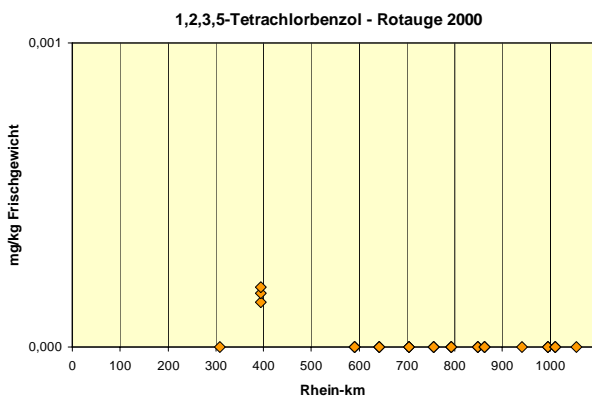
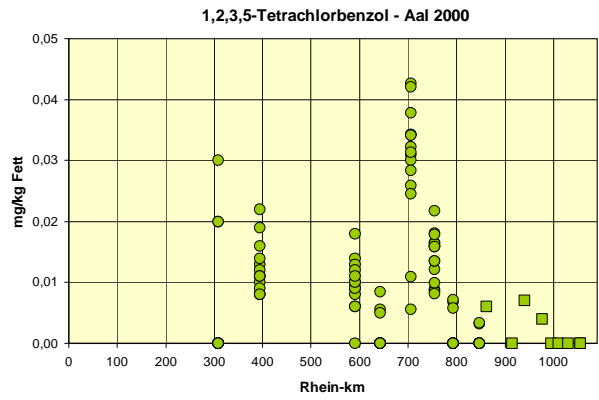
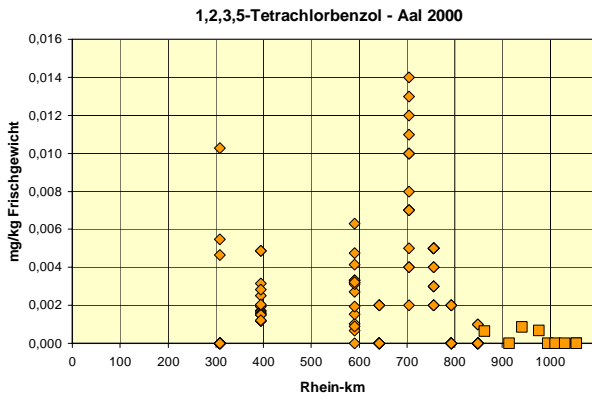


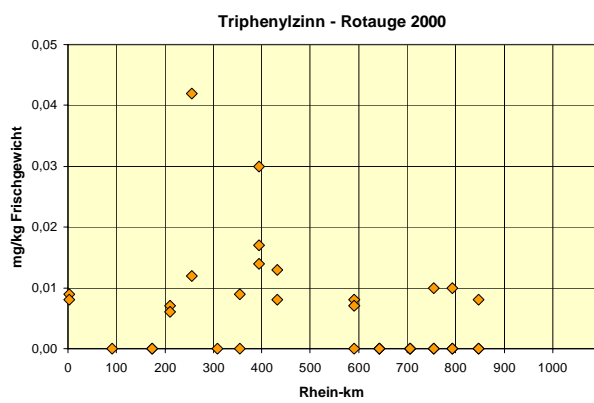
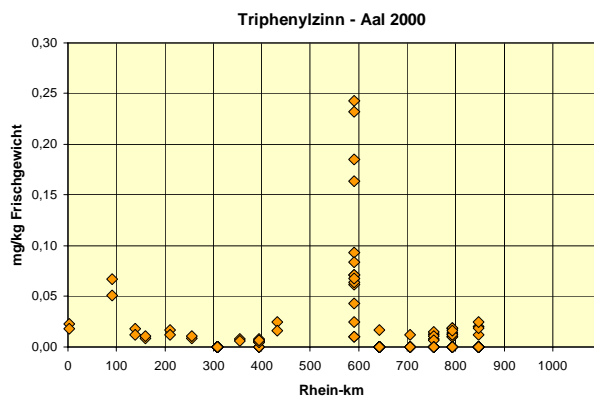
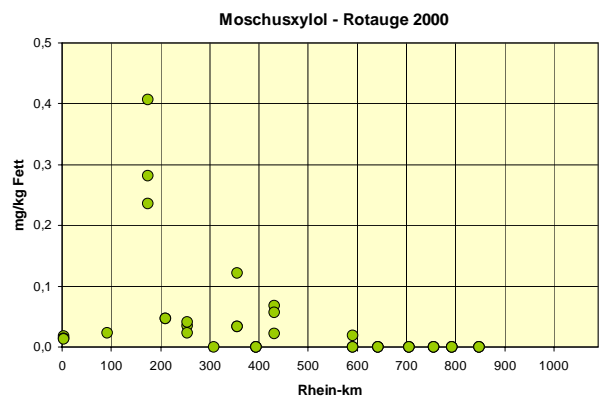
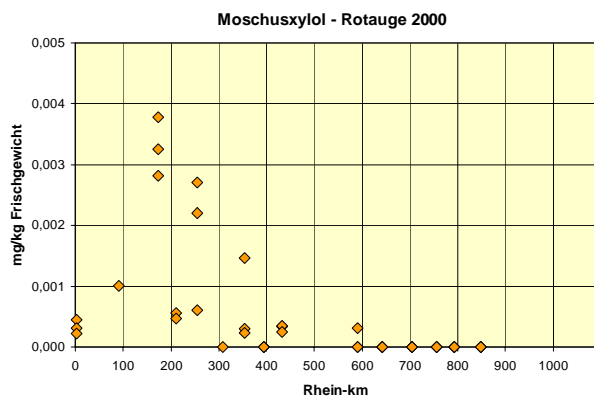
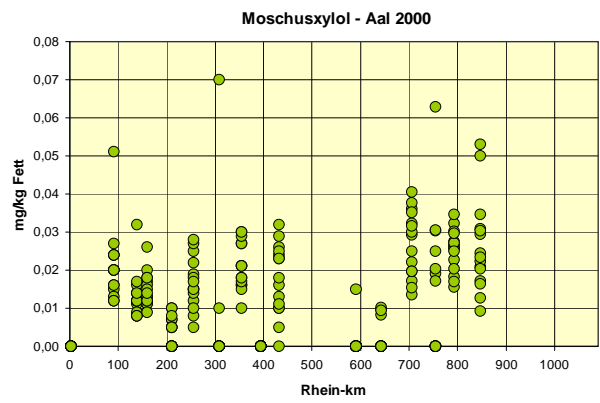
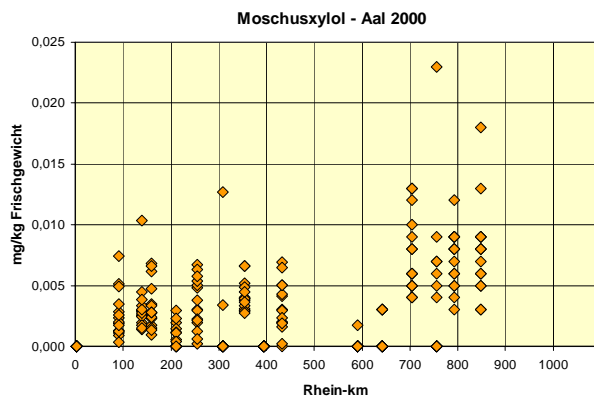


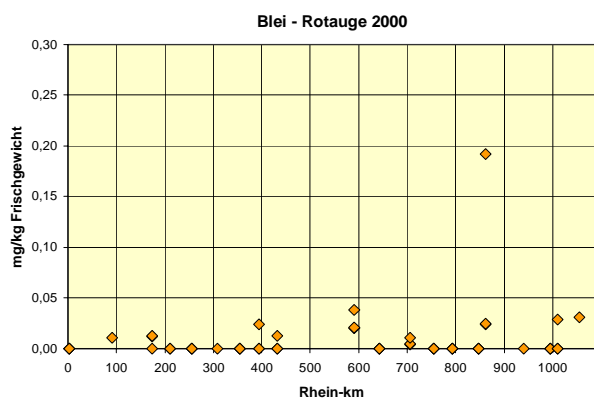
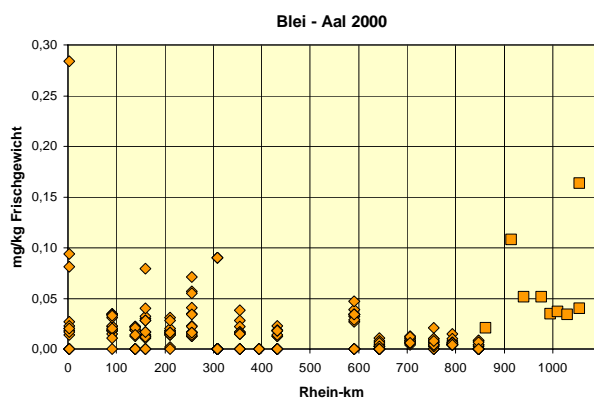
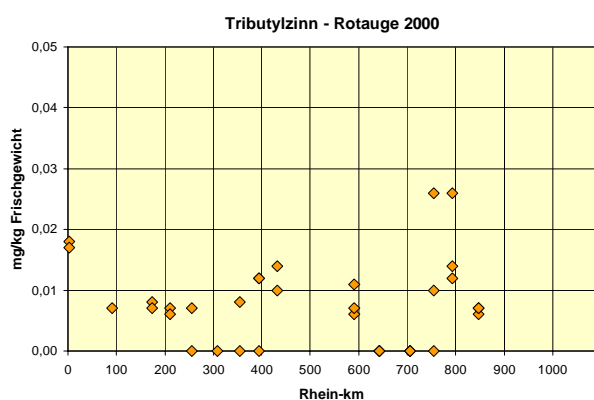
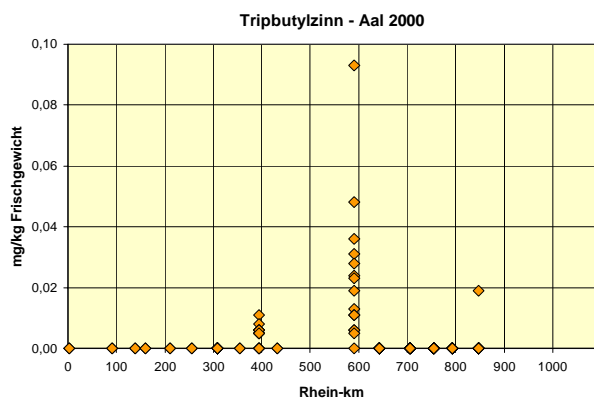


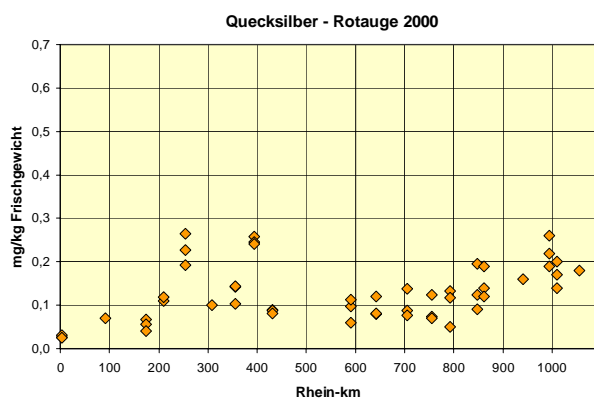
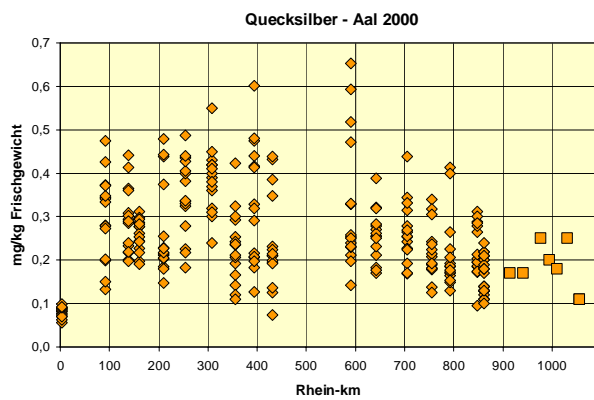
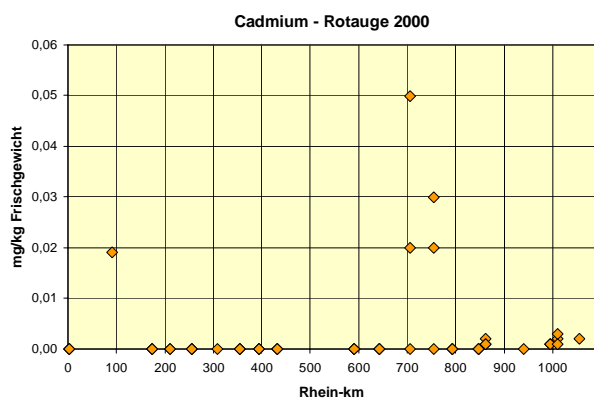
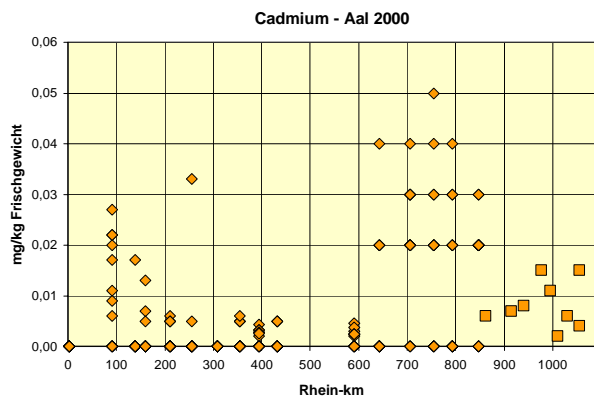












Zusammenhang von Fischeigenschaften und Schadstoffgehalten

Aale

| | Bezugssystem Frischgewicht | | | | Bezugssystem Fett | | | |
|---------------------------|----------------------------|-------|--------------------|-------|---------------------|-------|--------------------|-------|
| | Stoff x Körperlänge | | Stoff x Fettgehalt | | Stoff x Körperlänge | | Stoff x Fettgehalt | |
| | R | p< | R | p< | R | p< | R | p< |
| PCB 28 | 0,17 | 0,006 | 0,64 | 0,000 | 0,05 | 0,456 | 0,24 | 0,000 |
| PCB 52 | -0,02 | 0,752 | 0,55 | 0,000 | -0,34 | 0,000 | 0,03 | 0,589 |
| PCB 101 | -0,02 | 0,750 | 0,56 | 0,000 | -0,32 | 0,000 | 0,05 | 0,385 |
| PCB 118 | 0,03 | 0,568 | 0,58 | 0,000 | -0,34 | 0,000 | -0,21 | 0,001 |
| PCB 138 | -0,05 | 0,430 | 0,54 | 0,000 | -0,43 | 0,000 | -0,29 | 0,000 |
| PCB153 | 0,09 | 0,130 | 0,59 | 0,000 | -0,20 | 0,001 | -0,15 | 0,015 |
| PCB 156 | -0,57 | 0,000 | 0,06 | 0,355 | -0,65 | 0,000 | -0,36 | 0,000 |
| PCB 180 | -0,01 | 0,912 | 0,45 | 0,000 | -0,35 | 0,000 | -0,33 | 0,000 |
| o,p'-DDE | -0,04 | 0,838 | 0,50 | 0,002 | -0,14 | 0,436 | -0,12 | 0,492 |
| o,p'-DDD | -0,31 | 0,002 | 0,55 | 0,000 | -0,21 | 0,038 | 0,27 | 0,008 |
| o,p'-DDT | -0,23 | 0,037 | 0,46 | 0,000 | -0,18 | 0,104 | 0,05 | 0,653 |
| p,p'-DDE | 0,18 | 0,002 | 0,41 | 0,000 | 0,02 | 0,778 | -0,17 | 0,005 |
| p,p'-DDD | 0,16 | 0,009 | 0,55 | 0,000 | -0,02 | 0,742 | 0,01 | 0,866 |
| p,p'-DDT | 0,06 | 0,311 | 0,30 | 0,000 | -0,07 | 0,271 | -0,02 | 0,714 |
| Gesamt-DDT | 0,17 | 0,014 | 0,35 | 0,000 | 0,01 | 0,934 | -0,14 | 0,052 |
| Octachlorstyrol | 0,03 | 0,596 | 0,55 | 0,000 | -0,27 | 0,000 | -0,02 | 0,744 |
| Hexachlorbenzol | 0,43 | 0,000 | 0,52 | 0,000 | 0,32 | 0,000 | 0,03 | 0,678 |
| Pentachlorbenzol | 0,29 | 0,000 | 0,33 | 0,000 | 0,24 | 0,000 | 0,08 | 0,229 |
| Pentachloranisol | 0,28 | 0,081 | 0,43 | 0,005 | 0,62 | 0,000 | 0,20 | 0,120 |
| Hexachlorbutadien | 0,04 | 0,629 | 0,30 | 0,000 | -0,12 | 0,096 | 0,10 | 0,174 |
| α-Hexachlorcyclohexan | 0,10 | 0,176 | 0,54 | 0,000 | 0,13 | 0,096 | 0,43 | 0,000 |
| β-Hexachlorcyclohexan | 0,16 | 0,039 | 0,42 | 0,000 | 0,09 | 0,243 | 0,23 | 0,002 |
| γ-Hexachlorcyclohexan | 0,03 | 0,671 | 0,30 | 0,000 | -0,08 | 0,198 | 0,14 | 0,024 |
| α + β-Hexachlorcyclohexan | 0,15 | 0,043 | 0,50 | 0,000 | 0,09 | 0,223 | 0,31 | 0,000 |
| 1,3,5-Trichlorbenzol | 0,12 | 0,369 | 0,06 | 0,656 | -0,08 | 0,569 | -0,15 | 0,269 |
| 1,2,4-Trichlorbenzol | 0,08 | 0,355 | 0,13 | 0,158 | 0,05 | 0,583 | 0,01 | 0,945 |
| 1,2,3-Trichlorbenzol | -0,09 | 0,803 | 0,25 | 0,488 | -0,30 | 0,394 | -0,31 | 0,376 |
| 1,2,4,5-Tetrachlorbenzol | 0,02 | 0,869 | 0,47 | 0,000 | 0,08 | 0,488 | 0,15 | 0,155 |
| 1,2,3,4-Tetrachlorbenzol | 0,30 | 0,000 | 0,57 | 0,000 | 0,03 | 0,735 | 0,12 | 0,144 |
| 1,2,3,5-Tetrachlorbenzol | 0,25 | 0,021 | 0,50 | 0,000 | 0,29 | 0,007 | 0,29 | 0,006 |
| Trichlorbenzole | 0,08 | 0,390 | 0,10 | 0,256 | 0,00 | 0,957 | -0,05 | 0,544 |
| Tetrachlorbenzole | 0,28 | 0,000 | 0,51 | 0,000 | 0,22 | 0,004 | 0,23 | 0,003 |
| Bromocyclen | -0,10 | 0,469 | 0,08 | 0,559 | -0,08 | 0,585 | -0,33 | 0,016 |
| Moschusxylo | -0,15 | 0,059 | 0,60 | 0,000 | -0,24 | 0,002 | 0,14 | 0,078 |
| Blei | -0,13 | 0,074 | -0,12 | 0,100 | | | | |
| Cadmium | 0,13 | 0,195 | 0,47 | 0,000 | | | | |
| Quecksilber | 0,37 | 0,000 | 0,02 | 0,761 | | | | |
| Triphenylzinn | -0,05 | 0,728 | 0,07 | 0,571 | | | | |
| Tributylzinn | -0,44 | 0,024 | 0,41 | 0,039 | | | | |

Rotaugen

| | Bezugssystem Frischgewicht | | | | Bezugssystem Fett | | | |
|---------------------------|----------------------------|-------|--------------------|-------|---------------------|-------|--------------------|-------|
| | Stoff x Körperlänge | | Stoff x Fettgehalt | | Stoff x Körperlänge | | Stoff x Fettgehalt | |
| | R | p< | R | p< | R | p< | R | p< |
| PCB 28 | -0,21 | 0,185 | 0,16 | 0,306 | -0,34 | 0,021 | -0,23 | 0,126 |
| PCB 52 | 0,03 | 0,854 | 0,19 | 0,201 | -0,16 | 0,249 | -0,23 | 0,102 |
| PCB 101 | 0,37 | 0,008 | 0,15 | 0,305 | 0,15 | 0,294 | -0,31 | 0,027 |
| PCB 118 | 0,13 | 0,363 | 0,42 | 0,002 | -0,15 | 0,287 | -0,29 | 0,036 |
| PCB 138 | 0,29 | 0,042 | 0,32 | 0,023 | 0,04 | 0,764 | -0,30 | 0,032 |
| PCB153 | 0,29 | 0,037 | 0,60 | 0,000 | 0,01 | 0,933 | -0,26 | 0,070 |
| PCB 156 | 0,32 | 0,048 | -0,06 | 0,697 | 0,17 | 0,272 | -0,26 | 0,083 |
| PCB 180 | 0,24 | 0,089 | 0,33 | 0,020 | -0,01 | 0,956 | -0,31 | 0,026 |
| o,p'-DDE | 0,00 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,30 | 0,564 | 0,01 | 0,982 |
| o,p'-DDD | -0,14 | 0,675 | 0,08 | 0,809 | 0,08 | 0,826 | -0,62 | 0,043 |
| o,p'-DDT | 0,01 | 0,973 | -0,01 | 0,978 | -0,28 | 0,407 | -0,27 | 0,417 |
| p,p'-DDE | 0,33 | 0,021 | 0,38 | 0,006 | 0,15 | 0,287 | -0,18 | 0,217 |
| p,p'-DDD | 0,12 | 0,426 | 0,59 | 0,000 | -0,21 | 0,150 | -0,15 | 0,303 |
| p,p'-DDT | -0,53 | 0,075 | 0,04 | 0,905 | -0,23 | 0,172 | -0,02 | 0,892 |
| Gesamt-DDT | 0,30 | 0,071 | 0,40 | 0,016 | 0,06 | 0,747 | -0,18 | 0,296 |
| Octachlorstyrol | -0,07 | 0,738 | 0,00 | 0,109 | -0,28 | 0,092 | -0,25 | 0,144 |
| Hexachlorbenzol | 0,47 | 0,001 | 0,77 | 0,000 | 0,54 | 0,000 | 0,14 | 0,311 |
| Pentachlorbenzol | 0,30 | 0,301 | 0,41 | 0,148 | -0,06 | 0,814 | -0,21 | 0,416 |
| Pentachloranisol | 0,97 | 0,028 | 0,85 | 0,151 | -0,23 | 0,196 | 0,14 | 0,443 |
| Hexachlorbutadien | 0,44 | 0,319 | 0,29 | 0,526 | -0,07 | 0,782 | -0,31 | 0,197 |
| α-Hexachlorcyclohexan | -0,38 | 0,619 | -0,68 | 0,320 | -0,18 | 0,328 | 0,14 | 0,445 |
| β-Hexachlorcyclohexan | -0,01 | 0,989 | 0,00 | 0,000 | -0,26 | 0,194 | 0,41 | 0,032 |
| γ-Hexachlorcyclohexan | 0,27 | 0,329 | 0,96 | 0,000 | -0,12 | 0,490 | -0,29 | 0,094 |
| α + β-Hexachlorcyclohexan | | | -0,22 | 0,628 | -0,17 | 0,316 | 0,11 | 0,518 |
| 1,3,5-Trichlorbenzol | | | | | | | | |
| 1,2,4-Trichlorbenzol | | | | | -0,49 | 0,320 | -0,78 | 0,067 |
| 1,2,3-Trichlorbenzol | | | | | | | | |
| 1,2,4,5-Tetrachlorbenzol | | | | | -0,59 | 0,093 | -0,41 | 0,269 |
| 1,2,3,4-Tetrachlorbenzol | | | | | 0,37 | 0,362 | -0,47 | 0,238 |
| 1,2,3,5-Tetrachlorbenzol | | | | | 0,69 | 0,512 | -0,50 | 0,667 |
| Trichlorbenzole | | | | | -0,49 | 0,321 | -0,78 | 0,068 |
| Tetrachlorbenzole | | | | | 0,03 | 0,912 | -0,33 | 0,244 |
| Bromocyclen | | | | | | | | |
| Moschusxylol | -0,28 | 0,461 | -0,03 | 0,949 | -0,58 | 0,009 | -0,27 | 0,265 |
| Blei | -0,10 | 0,719 | -0,32 | 0,235 | | | | |
| Cadmium | -0,68 | 0,005 | 0,31 | 0,256 | | | | |
| Quecksilber | 0,72 | 0,000 | 0,27 | 0,052 | | | | |
| Triphenylzinn | 0,48 | 0,049 | 0,00 | 0,766 | | | | |
| Tributylzinn | -0,06 | 0,798 | -0,03 | 0,908 | | | | |

Vergleich der Analyseergebnisse von Umweltbundesamt (UBA) und IKSR

Biometrische Daten der Fische aus dem Bereich Weil/Kembs (Rh-km 174) und Grißheim (Rh-km 210)

| Probe | UBA Brachsen (Rh-km 174) | | IKSR Aal (Rh-km 210) | | IKSR Rotauge (Rh-km 174) | | IKSR Rotauge (Rh-km 210) | |
|--------------------|--------------------------|-------------|----------------------|------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|-----------|
| | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 |
| Anzahl Tiere/Probe | 29 | 18 | 2 * 1 | 15 * 1 | 2 * 1 | 3 * 6 | | 3 / 4 |
| Alter der Fische | 6-12 Jahre | 10-17 Jahre | | | | 1 Jahr | | 2-4 Jahre |
| Fettgehalt [%] | 4,1 | 7,2 | Md. = 31,1 | Md. = 16,5 | 1,0 / 2,2 | 1,0 / 1,6 / 0,8 | | 1,2 / 1,0 |
| Wassergehalt [%] | 78 | 75 | | | | | | |

(Md. = Median)

Schadstoffkontaminationen aus dem Bereich Weil/Kembs (Rh-km 174) und Grißheim (Rh-km 210)

(Angaben in mg/kg Frischgewicht)

| Probe | UBA Brachsen (Rh-km 174) | | IKSR Aal (Rh-km 210) | | IKSR Rotauge (Rh-km 174) | | IKSR Rotauge (Rh-km 210) | |
|------------------|--------------------------|--------|----------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|--------|
| | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 |
| PCB 28 | 0,0049 | 0,0045 | 0,0030 | 0,0020 | 0,0017 | 0,0174 | | 0,0009 |
| PCB 52 | 0,0050 | 0,0116 | 0,0223 | 0,0116 | 0,0027 | 0,0334 | | 0,0023 |
| PCB 101 | 0,0069 | 0,0311 | 0,0380 | 0,0125 | 0,0066 | 0,0238 | | 0,0032 |
| PCB 118 | nb | 0,0240 | 0,0410 | 0,0285 | 0,0054 | 0,0270 | | 0,0050 |
| PCB 138 | 0,0179 | 0,0641 | 0,0968 | 0,0687 | 0,0110 | 0,0363 | | 0,0090 |
| PCB 153 | 0,0142 | 0,0581 | 0,1279 | 0,0655 | 0,0149 | 0,0294 | | 0,0079 |
| PCB 180 | 0,0124 | 0,0260 | 0,0331 | 0,0233 | 0,0045 | 0,0093 | | 0,0026 |
| o,p-DDT | nb | 0,0012 | | 0,0004 | | 0,0000 | | 0,0000 |
| p,p-DDE | 0,0116 | 0,0360 | | 0,0365 | | 0,0098 | | 0,0051 |
| p,p-DDD | 0,0057 | 0,0111 | | 0,0149 | | 0,0089 | | 0,0017 |
| p,p-DDT | nb | 0,0002 | | 0,0271 | | 0,0001 | | 0,0002 |
| Octachlorstyrol | 0,0039 | 0,0036 | 0,0076 | 0,0015 | 0,0004 | 0,0030 | | 0,0003 |
| Hexachlorbenzol | 0,0136 | 0,0148 | 0,2855 | 0,1551 | 0,0035 | 0,0026 | | 0,0035 |
| Pentachlorbenzol | 0,0047 | 0,0055 | 0,0413 | 0,0150 | 0,0035 | 0,0000 | | 0,0000 |
| α-HCH | 0,0006 | 0,0005 | | 0,0016 | | 0,0000 | | 0,0000 |
| β-HCH | 0,0005 | 0,0002 | | 0,0017 | | 0,0000 | | 0,0000 |
| γ-HCH | 0,0022 | 0,0013 | 0,0196 | 0,0052 | 0,0006 | 0,0004 | | 0,0004 |
| Blei | 0,0063 | | 0,0225 | 0,0160 | 0,0210 | 0,0120 | | 0,0040 |
| Cadmium | nb | | 0,0025 | 0,0025 | 0,0025 | 0,0025 | | 0,0025 |
| Quecksilber | 0,1698 | 0,2290 | 0,0570 | 0,2170 | 0,0500 | 0,0570 | | 0,1140 |

Schadstoffkontaminationen aus dem Bereich Weil/Kembs (Rh-km 174) und Grißheim (Rh-km 210)

(Angaben in mg/kg Fett)

| Probe | UBA Brachsen (Rh-km 174) | | IKSR Aal (Rh-km 210) | | IKSR Rotauge (Rh-km 174) | | IKSR Rotauge (Rh-km 210) | |
|------------------|--------------------------|--------|----------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|--------|
| | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 |
| PCB 28 | 0,1190 | 0,0625 | 0,0100 | 0,0110 | 0,1065 | 1,6200 | | 0,0850 |
| PCB 52 | 0,1227 | 0,1611 | 0,0715 | 0,0760 | 0,1690 | 2,2200 | | 0,2105 |
| PCB 101 | 0,1673 | 0,4319 | 0,1215 | 0,0890 | 0,4015 | 1,5300 | | 0,2885 |
| PCB 118 | nb | 0,3333 | 0,1310 | 0,1920 | 0,3180 | 1,8300 | | 0,4520 |
| PCB 138 | 0,4368 | 0,8903 | 0,3115 | 0,4190 | 0,6605 | 2,6100 | | 0,8125 |
| PCB 153 | 0,3461 | 0,8069 | 0,4105 | 0,3940 | 0,8975 | 2,0500 | | 0,7090 |
| PCB 180 | 0,3022 | 0,3611 | 0,1070 | 0,1410 | 0,2590 | 0,5800 | | 0,2320 |
| o,p-DDT | nb | 0,0167 | | 0,0025 | | 0,0025 | | 0,0025 |
| p,p-DDE | 0,2817 | 0,5000 | | 0,2320 | | 0,9370 | | 0,4660 |
| p,p-DDD | 0,1398 | 0,1542 | | 0,0920 | | 0,6170 | | 0,1560 |
| p,p-DDT | nb | 0,0028 | | 0,1780 | | 0,0130 | | 0,0210 |
| Octachlorstyrol | 0,0944 | 0,0500 | 0,0245 | 0,0080 | 0,0275 | 1,4500 | | 0,6430 |
| Hexachlorbenzol | 0,3327 | 0,2056 | 0,9210 | 0,8810 | 0,2415 | 0,1870 | | 0,0240 |
| Pentachlorbenzol | 0,1146 | 0,0764 | 0,1320 | 0,0990 | 0,0410 | 0,2510 | | 0,3220 |
| α-HCH | 0,0151 | 0,0069 | | 0,0080 | | 0,0025 | | 0,0025 |
| β-HCH | 0,0129 | 0,0028 | | 0,0100 | | 0,0025 | | 0,0038 |
| γ-HCH | 0,0541 | 0,0181 | 0,0630 | 0,0280 | 0,0405 | 0,0025 | | 0,0043 |

Vergleich der Analysenergebnisse von Umweltbundesamt (UBA) und IKSR (Fortsetzung 1)

Biometrische Daten der Fische aus dem Bereich Iffezheim (Rh-km 334) und Neuburgweier (Rh-km 355)

| Probe | UBA Brachsen (Rh-km 334) | | IKSR Aal (Rh-km 355) | | IKSR Rotaugen (Rh-km 355) | |
|--------------------|--------------------------|------------|----------------------|------------|---------------------------|-----------------|
| | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 |
| Anzahl Tiere/Probe | 40 | 20 | 3 * 1 | 15 * 1 | | 3 * 5 |
| Alter der Fische | 5-12 Jahre | 7-17 Jahre | | | | 1-3 Jahre |
| Fettgehalt [%] | 4,1 | 5,1 | Md. = 23,4 | Md. = 18,6 | | 0,9 / 1,2 / 0,7 |
| Wassergehalt [%] | 79 | 79 | | | | |

(Md. = Median)

Schadstoffkontaminationen aus dem Bereich Iffezheim (Rh-km 334) und Neuburgweier (Rh-km 355)
(Angaben in mg/kg Frischgewicht)

| Probe | UBA Brachsen (Rh-km 334) | | IKSR Aal (Rh-km 355) | | IKSR Rotaugen (Rh-km 355) | |
|------------------|--------------------------|--------|----------------------|--------|---------------------------|--------|
| | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 |
| PCB 28 | 0,0062 | 0,0055 | 0,0010 | 0,0056 | | 0,0007 |
| PCB 52 | 0,0080 | 0,0149 | 0,0140 | 0,0171 | | 0,0021 |
| PCB 101 | 0,0115 | 0,0322 | 0,0234 | 0,0168 | | 0,0056 |
| PCB 118 | nb | 0,0190 | | 0,0220 | | 0,0047 |
| PCB 138 | 0,0313 | 0,0566 | 0,0538 | 0,0841 | | 0,0178 |
| PCB 153 | 0,0279 | 0,0622 | 0,0468 | 0,0760 | | 0,0193 |
| PCB 180 | 0,0279 | 0,0264 | 0,0211 | 0,0237 | | 0,0073 |
| o,p-DDT | nb | 0,0010 | | 0,0005 | | 0,0000 |
| p,p-DDE | 0,0177 | 0,0235 | | 0,0316 | | 0,0051 |
| p,p-DDD | 0,0058 | 0,0075 | | 0,0180 | | 0,0016 |
| p,p-DDT | nb | 0,0002 | | 0,0059 | | 0,0005 |
| Octachlorstyrol | 0,0068 | 0,0038 | 0,0023 | 0,0069 | | 0,0008 |
| Hexachlorbenzol | 0,0285 | 0,0501 | 0,1076 | 0,1457 | | 0,0023 |
| Pentachlorbenzol | 0,0033 | 0,0052 | 0,0070 | 0,0162 | | 0,0000 |
| α-HCH | 0,0009 | 0,0004 | | 0,0020 | | 0,0001 |
| β-HCH | 0,0016 | 0,0004 | | 0,0005 | | 0,0001 |
| γ-HCH | 0,0038 | 0,0011 | 0,0094 | 0,0060 | | 0,0004 |
| Blei | 0,0147 | | 0,0150 | 0,0150 | | 0,0040 |
| Cadmium | nb | | 0,0015 | 0,0025 | | 0,0025 |
| Quecksilber | 0,2533 | 0,2150 | 0,2500 | 0,2350 | | 0,1420 |

Schadstoffkontaminationen aus dem Bereich Iffezheim (Rh-km 334) und Neuburgweier (Rh-km 355)
(Angaben in mg/kg Fett)

| Probe | UBA Brachsen (Rh-km 334) | | IKSR Aal (Rh-km 355) | | IKSR Rotaugen (Rh-km 355) | |
|------------------|--------------------------|--------|----------------------|--------|---------------------------|--------|
| | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 |
| PCB 28 | 0,1502 | 0,1078 | 0,0050 | 0,0300 | | 0,0970 |
| PCB 52 | 0,1941 | 0,2922 | 0,0600 | 0,0800 | | 0,2990 |
| PCB 101 | 0,2798 | 0,6314 | 0,1000 | 0,0740 | | 0,8050 |
| PCB 118 | nb | 0,3725 | | 0,1150 | | 0,6720 |
| PCB 138 | 0,7637 | 1,1098 | 0,2300 | 0,4140 | | 2,5400 |
| PCB 153 | 0,6812 | 1,2196 | 0,2000 | 0,3460 | | 2,7500 |
| PCB 180 | 0,6800 | 0,5176 | 0,0900 | 0,1060 | | 1,0400 |
| o,p-DDT | nb | 0,0196 | | 0,0025 | | 0,0025 |
| p,p-DDE | 0,4312 | 0,4608 | | 0,1480 | | 0,7080 |
| p,p-DDD | 0,1412 | 0,1471 | | 0,0970 | | 0,2300 |
| p,p-DDT | nb | 0,0029 | | 0,0250 | | 0,0600 |
| Octachlorstyrol | 0,1656 | 0,0745 | 0,0100 | 0,0280 | | 0,9440 |
| Hexachlorbenzol | 0,6954 | 0,9824 | 0,3900 | 0,7210 | | 0,1190 |
| Pentachlorbenzol | 0,0805 | 0,1020 | 0,0300 | 0,0830 | | 0,2570 |
| α-HCH | 0,0215 | 0,0078 | | 0,0100 | | 0,0025 |
| β-HCH | 0,0395 | 0,0078 | | 0,0025 | | 0,0060 |
| γ-HCH | 0,0924 | 0,0216 | 0,0400 | 0,0300 | | 0,0060 |

Vergleich der Analysenergebnisse von Umweltbundesamt (UBA) und IKSR (Fortsetzung 2)

Biometrische Daten der Fische aus dem Bereich Koblenz (Rh-km 590)

| Probe | UBA Brachsen (Rh-km 590,3) | | IKSR Aal (Rh-km 590) | | IKSR Rotaugen (Rh-km 590) | |
|--------------------|----------------------------|-----------|----------------------|------------|---------------------------|-----------------|
| | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 |
| Anzahl Tiere/Probe | 34 | 44 | 5 * 1 | 15 * 1 | 3 * 1 | 3 * 5 |
| Alter der Fische | 6-9 Jahre | 3-7 Jahre | | | | |
| Fettgehalt [%] | 1,8 | 1,7 | Md. = 30,9 | Md. = 30,2 | Md. = 1,4 | 1,6 / 1,3 / 1,5 |
| Wassergehalt [%] | 81 | 80 | | | | |

(Md. = Median)

Schadstoffkontaminationen aus dem Bereich Koblenz (Rh-km 590)

(Angaben in mg/kg Frischgewicht)

| Probe | UBA Brachsen (Rh-km 590,3) | | IKSR Aal (Rh-km 590) | | IKSR Rotaugen (Rh-km 590) | |
|------------------|----------------------------|--------|----------------------|--------|---------------------------|--------|
| | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 |
| PCB 28 | 0,0018 | 0,0022 | 0,0031 | 0,0091 | 0,0008 | 0,0009 |
| PCB 52 | 0,0059 | 0,0041 | 0,0129 | 0,0520 | 0,0019 | 0,0031 |
| PCB 101 | 0,0107 | 0,0082 | 0,0691 | 0,1215 | 0,0062 | 0,0157 |
| PCB 118 | nb | 0,0045 | | 0,1135 | | 0,0075 |
| PCB 138 | 0,0255 | 0,0160 | 0,2836 | 0,2687 | 0,0149 | 0,0174 |
| PCB 153 | 0,0249 | 0,0161 | 0,2492 | 0,4447 | 0,0160 | 0,0324 |
| PCB 180 | 0,0156 | 0,0073 | 0,1087 | 0,1517 | 0,0075 | 0,0093 |
| o,p-DDT | 0,0002 | 0,0002 | | 0,0008 | | 0,0023 |
| p,p-DDE | 0,0142 | 0,0082 | | 0,1618 | | 0,0551 |
| p,p-DDD | 0,0036 | 0,0021 | | 0,0464 | | 0,0052 |
| p,p-DDT | 0,0022 | 0,0001 | | 0,0122 | | 0,0011 |
| Octachlorstyrol | 0,0026 | 0,0008 | 0,0132 | 0,0190 | 0,0004 | 0,0001 |
| Hexachlorbenzol | 0,0118 | 0,0080 | 0,0222 | 0,2082 | 0,0048 | 0,0013 |
| Pentachlorbenzol | 0,0017 | 0,0009 | 0,0029 | 0,0164 | 0,0048 | 0,0001 |
| α-HCH | 0,0001 | 0,0018 | | 0,0039 | | 0,0001 |
| β-HCH | 0,0011 | 0,0009 | | 0,0143 | | 0,0002 |
| γ-HCH | 0,0013 | 0,0005 | 0,0182 | 0,0110 | 0,0010 | 0,0012 |
| Blei | 0,0132 | | 0,0100 | 0,0270 | 0,0100 | 0,0210 |
| Cadmium | nb | | 0,0024 | 0,0010 | 0,0010 | 0,0010 |
| Quecksilber | 0,1669 | 0,0956 | 0,4200 | 0,2540 | 0,1400 | 0,0970 |

Schadstoffkontaminationen aus dem Bereich Koblenz (Rh-km 590)

(Angaben in mg/kg Fett)

| Probe | UBA Brachsen (Rh-km 590,3) | | IKSR Aal (Rh-km 590) | | IKSR Rotaugen (Rh-km 590) | |
|------------------|----------------------------|--------|----------------------|--------|---------------------------|--------|
| | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 |
| PCB 28 | 0,1000 | 0,1294 | 0,0300 | 0,0350 | 0,0870 | 0,0560 |
| PCB 52 | 0,3256 | 0,2412 | 0,2430 | 0,2120 | 0,1790 | 0,2050 |
| PCB 101 | 0,5928 | 0,4824 | 0,4060 | 0,4230 | 0,4790 | 1,0270 |
| PCB 118 | nb | 0,2647 | | 0,3580 | | 0,4930 |
| PCB 138 | 1,4156 | 0,9412 | 1,9420 | 1,2700 | 0,8050 | 1,1270 |
| PCB 153 | 1,3828 | 0,9471 | 2,1310 | 1,6230 | 0,9590 | 2,1170 |
| PCB 180 | 0,8678 | 0,4294 | 0,9220 | 0,6140 | 0,4990 | 0,6090 |
| o,p-DDT | 0,0111 | 0,0118 | | 0,0025 | | 0,1530 |
| p,p-DDE | 0,7894 | 0,4824 | | 0,5540 | | 3,7280 |
| p,p-DDD | 0,2006 | 0,1235 | | 0,1630 | | 0,3380 |
| p,p-DDT | 0,1222 | 0,0059 | | 0,0620 | | 0,0670 |
| Octachlorstyrol | 0,1456 | 0,0471 | 0,1270 | 0,0630 | 0,0310 | 4,9407 |
| Hexachlorbenzol | 0,6533 | 0,4706 | 0,4190 | 0,6850 | 0,2460 | 0,0080 |
| Pentachlorbenzol | 0,0944 | 0,0529 | 0,0550 | 0,0560 | 0,0390 | 0,0820 |
| α-HCH | 0,0056 | 0,1059 | | 0,0130 | | 0,0070 |
| β-HCH | 0,0633 | 0,0529 | | 0,0420 | | 0,0100 |
| γ-HCH | 0,0706 | 0,0294 | 0,0810 | 0,0360 | 0,0700 | 0,0120 |

Vergleich der Analysenergebnisse von Umweltbundesamt (UBA) und IKSR (Fortsetzung 3)

Biometrische Daten der Fische aus dem Bereich Bimmen (Rh-km 865) und Rhijn (Lobith) (Rh-km 862)

| Probe | UBA Brachsen (Rh-km 865) | | IKSR Aal (Rh-km 862) | | IKSR Rotauge (Rh-km 862) | |
|--------------------|--------------------------|------------|----------------------|------|--------------------------|-----------------|
| | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 |
| Anzahl Tiere/Probe | 32 | 20 | 25 | 25 | 15 | 10 / 7 / 9 |
| Alter der Fische | 10-14 Jahre | 8-16 Jahre | | | | |
| Fettgehalt [%] | 1,7 | 2,8 | 15,4 | 10,7 | 1,4 | 0,6 / 0,9 / 1,9 |
| Wassergehalt [%] | 80 | 80 | | | | |

Schadstoffkontaminationen aus dem Bereich Bimmen (Rh-km 865) und Rhijn (Lobith) (Rh-km 862)
(Angaben in mg/kg Frischgewicht)

| Probe | UBA Brachsen (Rh-km 865) | | IKSR Aal (Rh-km 862) | | IKSR Rotauge (Rh-km 862) | |
|------------------|--------------------------|--------|----------------------|--------|--------------------------|--------|
| | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 |
| PCB 28 | 0,0034 | 0,0031 | 0,0062 | 0,0032 | 0,0021 | 0,0028 |
| PCB 52 | 0,0126 | 0,0155 | 0,0724 | 0,0330 | 0,0008 | 0,0092 |
| PCB 101 | 0,0285 | 0,0476 | 0,1201 | 0,0649 | 0,0137 | 0,0220 |
| PCB 118 | nb | 0,0260 | 0,1401 | 0,0560 | 0,0090 | 0,0110 |
| PCB 138 | 0,0485 | 0,0942 | 0,3080 | 0,1800 | 0,0151 | 0,0330 |
| PCB 153 | 0,0571 | 0,0988 | 0,3850 | 0,1400 | 0,0233 | 0,0250 |
| PCB 180 | 0,0322 | 0,0396 | 0,1694 | 0,0700 | 0,0075 | 0,0110 |
| o,p-DDT | 0,0002 | 0,0006 | | | | |
| p,p-DDE | 0,0169 | 0,0251 | | 0,0470 | | 0,0100 |
| p,p-DDD | 0,0032 | 0,0056 | | 0,0160 | | 0,0027 |
| p,p-DDT | nb | 0,0001 | | 0,0140 | | 0,0001 |
| Octachlorstyrol | 0,0071 | 0,0044 | 0,0220 | 0,0080 | 0,0017 | 0,0016 |
| Hexachlorbenzol | 0,0049 | 0,0104 | 0,0630 | 0,0350 | 0,0028 | 0,0060 |
| Pentachlorbenzol | 0,0007 | 0,0010 | 0,0077 | 0,0067 | 0,0028 | 0,0060 |
| α-HCH | nb | 0,0014 | | 0,0009 | | 0,0001 |
| β-HCH | nb | 0,0007 | | 0,0031 | | 0,0001 |
| γ-HCH | 0,0010 | 0,0007 | 0,0240 | 0,0057 | 0,0012 | 0,0004 |
| Blei | 0,0372 | | 0,0190 | 0,0210 | 0,0270 | 0,0250 |
| Cadmium | nb | | 0,0170 | 0,0060 | 0,0024 | 0,0010 |
| Quecksilber | 0,2782 | 0,2530 | 0,2400 | 0,1700 | 0,1500 | 0,1400 |

Schadstoffkontaminationen aus dem Bereich Bimmen (Rh-km 865) und Rhijn (Lobith) (Rh-km 862)
(Angaben in mg/kg Fett)

| Probe | UBA Brachsen (Rh-km 865) | | IKSR Aal (Rh-km 862) | | IKSR Rotauge (Rh-km 862) | |
|------------------|--------------------------|--------|----------------------|--------|--------------------------|--------|
| | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 | 1995 | 2000 |
| PCB 28 | 0,2024 | 0,1107 | 0,0400 | 0,0300 | 0,1500 | 0,2460 |
| PCB 52 | 0,7394 | 0,5536 | 0,4700 | 0,3080 | 0,0570 | 1,0180 |
| PCB 101 | 1,6776 | 1,7000 | 0,7800 | 0,6070 | 1,0000 | 2,6840 |
| PCB 118 | nb | 0,9286 | 0,9100 | 0,5230 | 0,6600 | 1,3160 |
| PCB 138 | 2,8541 | 3,3643 | 2,0000 | 1,6820 | 1,1000 | 4,3680 |
| PCB 153 | 3,3612 | 3,5286 | 2,5000 | 1,3080 | 1,7000 | 2,9470 |
| PCB 180 | 1,8924 | 1,4143 | 1,1000 | 0,6540 | 0,5500 | 1,2360 |
| o,p-DDT | 0,0118 | 0,0214 | | | | |
| p,p-DDE | 0,9941 | 0,8964 | | 0,4393 | | 1,2280 |
| p,p-DDD | 0,1894 | 0,2000 | | 0,1495 | | 0,2630 |
| p,p-DDT | nb | 0,0036 | | 0,1308 | | 0,0180 |
| Octachlorstyrol | 0,4194 | 0,1571 | 0,1430 | 0,0748 | 0,1240 | 1,4560 |
| Hexachlorbenzol | 0,2865 | 0,3714 | 0,4090 | 0,3271 | 0,2040 | 0,1800 |
| Pentachlorbenzol | 0,0412 | 0,0357 | 0,0500 | 0,0626 | 0,0280 | 0,6320 |
| α-HCH | nb | 0,0500 | | 0,0084 | | 0,6320 |
| β-HCH | nb | 0,0250 | | 0,0290 | | 0,0110 |
| γ-HCH | 0,0588 | 0,0250 | 0,1560 | 0,0533 | 0,0870 | 0,0160 |

Prüfverfahren der Laboratorien mit laborspezifischen Bestimmungsgrenzen

| Laboratorium | Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg (D) | Centre d'Analyses et de Recherches Departement Hydrologie et Environnement Illkirch-Graffenstaden (F) | Landesuntersuchungsamt Institut für Lebensmittelchemie Speyer (D) | Staatliche Veterinäruntersuchungsämter Krefeld (Schwermetalle und Organozinnverbindungen) und Arnsberg (D) | Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek, Ijmuiden (NL) | | |
|---|---|--|---|---|--|------------------------------|--------|
| Analysenmethode: Organochlorverbindungen, Moschusxylyl und Bromocyclen | Soxtherm-Fettextraktion mit Petrolether; Celite-H ₂ SO ₄ -Säule mit Petrolether, Gelchromatographie an Bio-Beads S-X3 mit Essigester/Cyclohexan; Kapillar-Gaschromatographie mit ECD auf 2 Säulen unterschiedlicher Polarität; Auswertung über ISTD | Soxhlet-Fettextraktion, mit n-Hexan, Reinigung durch Celite-Säule und Gelchromatographie an Bio-Beads; Bestimmung durch Gaschromatographie – Massenspektrometrie (GC/MS) | Kalt-Fettextraktion; 1. Aufreinigung durch Gelchromatographie, 2. Aufreinigung durch Chromatographie an Celite-Schwefelsäure; Bestimmung durch GC-HRMS – Hochauflösende Massenspektrometrie im SIR-Modus; Auswertung über interne Standards | modifizierte „Multimethode“ S 19 der Deutschen Forschungsgemeinschaft; Gaschromatographie mit Massenspezifischem Detektor im selected-ion-modus (SIM) | Soxhlet-Fettextraktion, Al ₂ O ₃ -Chromatographie, SiO ₂ -Säule Kapillar-Gaschromatographie mit ECD | | |
| Verbindung | Bestimmungsgrenze mg/kg Fett | Bestimmungsgrenze mg/kg Fett | | Bestimmungsgrenze mg/kg Fett | Bestimmungsgrenze mg/kg Fett | Bestimmungsgrenze mg/kg Fett | |
| | | Aal | Rotaug | | | Aal | Rotaug |
| PCB 28 | 0,005 | 0,01 | 0,098 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| PCB 52 | 0,005 | 0,01 | 0,024 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| PCB 101 | 0,005 | 0,01 | 0,01 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| PCB 118 | 0,005 | 0,01 | 0,07 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| PCB 138 | 0,005 | 0,01 | 0,045 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| PCB 153 | 0,005 | 0,01 | 0,037 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| PCB 156 | 0,005 | 0,01 | 0,173 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| PCB 180 | 0,005 | 0,01 | 0,089 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| o.p'-DDE | 0,005 | 0,01 | 0,218 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| o.p'-DDD | 0,005 | 0,01 | 0,172 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| o.p'-DDT | 0,005 | 0,02 | 0,223 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| p.p'-DDE | 0,005 | 0,01 | 0,192 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| p.p'-DDD | 0,005 | 0,01 | 0,155 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| p.p'-DDT | 0,005 | 0,02 | 0,168 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| Octachlorstyrol | 0,005 | 0,01 | 0,249 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |

Prüfverfahren der Laboratorien mit laborspezifischen Bestimmungsgrenzen (Fortsetzung 1)

| Laboratorium | Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg (D) | Centre d'Analyses et de Recherches Departement Hydrologie et Environnement Illkirch-Graffenstaden (F) | | Landesuntersuchungsamt Institut für Lebensmittelchemie Speyer (D) | Staatliche Veterinäruntersuchungsämter Krefeld (Schwermetalle und Organozinnverbindungen) und Arnsberg (D) | Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek, Ijmuiden (NL) | |
|--------------------------|---|---|-------|---|--|--|---------------|
| Verbindung | Bestimmungsgrenze mg/kg Fett | Bestimmungsgrenze mg/kg Fett | | Bestimmungsgrenze mg/kg Fett | Bestimmungsgrenze mg/kg Fett | Bestimmungsgrenze mg/kg Fett | |
| Hexachlorbenzol | 0,005 | 0,02 | 0,186 | 0,005 | 0,005 | 0,002 | 0,01 |
| Pentachlorbenzol | 0,005 | 0,02 | 0,299 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| Pentachloranisol | 0,005 | 0,01 | 0,313 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| Hexachlorbutadien | 0,005 | 0,01 | 0,554 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,01 |
| α-HCH | 0,005 | 0,01 | 0,293 | 0,005 | 0,01 | 0,001 | 0,01 |
| β-HCH | 0,005 | 0,01 | 0,344 | 0,005 | 0,01 | 0,001 | 0,01 |
| γ-HCH (Lindan) | 0,005 | 0,01 | 0,224 | 0,005 | 0,01 | 0,001 | 0,01 |
| 1,3,5-Trichlorbenzol | 0,005 | 0,02 | 0,57 | 0,005 | 0,005 | 0,004 – 0,012 | 0,005 – 0,04 |
| 1,2,4-Trichlorbenzol | 0,005 | 0,02 | 0,049 | 0,005 | 0,005 | 0,006 – 0,025 | 0,01 – 0,1 |
| 1,2,3-Trichlorbenzol | 0,005 | 0,02 | 0,544 | 0,005 | 0,005 | 0,002 – 0,016 | - |
| 1,2,4,5-Tetrachlorbenzol | 0,005 | 0,02 | 0,47 | 0,005 | 0,005 | - | 0,005 – 0,035 |
| 1,2,3,4-Tetrachlorbenzol | 0,005 | 0,02 | 0,523 | 0,005 | 0,005 | 0,002 | 0,005 – 0,03 |
| 1,2,3,5-Tetrachlorbenzol | 0,005 | 0,02 | 0,47 | 0,005 | 0,005 | 0,002 – 0,006 | 0,005 – 0,02 |
| Bromocyclen | 0,005 | 0,01 | 0,304 | 0,005 | 0,005 | nicht untersucht | |
| Moschusxylol | 0,005 | 0,01 | 0,268 | 0,01 | 0,005 | nicht untersucht | |

Prüfverfahren der Laboratorien mit laborspezifischen Bestimmungsgrenzen (Fortsetzung 2)

| Laboratorium | Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg (D) | Centre d'Analyses et de Recherches Departement Hydrologie et Environnement Illkirch-Graffenstaden (F) | Landesuntersuchungsamt Institut für Lebensmittelchemie Speyer (D) | Staatliche Veterinäruntersuchungsämter Krefeld (Schwermetalle und Organozinnverbindungen) und Arnsberg (D) | Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek, Ijmuiden (NL) |
|--|---|---|---|--|--|
| Analysenmethode: Organozinnverbindungen | Aufschluß mit Tetramethylammoniumhydroxid, Extraktion nach Zugabe von Methanol und Acetatpuffer mit 1.) Dichlormethan und 2.) 0,1% Tropolon in Dichlormethan, Derivatisierung des Extraktes mit Natriumtetraethylborat in Acetatpuffer unter gleichzeitiger Extraktion mit n-Hexan, Reinigung des Hexan-Extraktes über Florisil/Aluminiumoxid/-Natriumsulfat, Messung mit GC-FPD (Sn-Filter) und GC-MSD; Auswertung über ISTD | Zerkleinerung der Filets und Zugabe eines internen Standards; Aufschluss ,mit einer Lösung aus Methanol, Essigsäure und Tropolon; Zentrifugation und anschließende Ethylierung (Natriumacetat, Essigsäure, Natriumtetraethylborat) Extraktion mit Hexan, Reinigung über Florisil. Bestimmung durch Gaschromatographie - Massenspektrometrie (GC/MS) | Aufschluss mit Tetraethylammonium-Hydroxid; Einstellen auf pH 4; Derivatisierung mit Natriumtetraethylborat; Bestimmung durch GC - HRMS im SIR - Modus; Auswertung über Internen Standard | unbekannt | nicht untersucht |
| Verbindung | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix |
| Triphenylzinn | 0,005 | - 0,182 | 0,005 | 0,005 | - |
| Tributylzinn | 0,005 | - 0,151 | 0,005 | 0,005 | - |

Prüfverfahren der Laboratorien mit laborspezifischen Bestimmungsgrenzen (Fortsetzung 3)

| Laboratorium | Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg (D) | Centre d'Analyses et de Recherches Departement Hydrologie et Environnement Illkirch-Graffenstaden (F) | Landesuntersuchungsamt Institut für Lebensmittelchemie Speyer (D) | Staatliche Veterinäruntersuchungsämter Krefeld (Schwermetalle und Organozinnverbindungen) und Arnsberg (D) | Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek, Ijmuiden (NL) |
|-----------------------------------|---|--|---|--|---|
| Analysenmethode: Blei, Cadmium | Mikrowellenaufschluss mit Salpetersäure, Bestimmung mittels ICP-MS | Aufschluss mit HNO ₃ und HCl; Bestimmung über Absorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisation | Aufschluss mit Salpetersäure im Hochdruckverascher (HPA) bei 300 °C, Bestimmung mit Zeeman-Graphitrohröfen-Atomabsorptionsspektrometrie | Graphitrohr AAS | Square Wave Stripping Voltammetrie nach Mikrowellenaufschluss, FIAS 200 (Flow-Injection System Analysis: flameless AAS |
| Element | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix |
| Blei | 0,008 | 0,08 | 0,02 | 0,014 | 0,02 |
| Cadmium | 0,005 | 0,03 | 0,002 | 0,003 | 0,001 |
| Analysenmethode: Quecksilber | Mikrowellenaufschluss mit Salpetersäure, Bestimmung mittels Kaltdampf-AAS | Aufschluss mit HNO ₃ und HCl; Bestimmung mit Atomabsorptionsspektrometrie | Aufschluss mit Salpetersäure im Hochdruckverascher (HPA) bei 300 °C, Bestimmung mit Atomabsorptionsspektrometrie mit Hydridtechnik | Kaltdampf-AAS | Mikrowellenaufschluss, Aufschluß mit 65%-iger HNO ₃ bei 160 °C in der Hochdruckbombe, Kaltdampf-AAS nach Reduktion mit SnCl ₂ |
| Element | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix | Bestimmungsgrenze mg/kg Fischmatrix |
| Quecksilber | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,002 | 0,01 |

