

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

HESSEN



Orientierende Messungen gefährlicher Stoffe

Landesweite Untersuchungen auf organische Spurenverunreinigungen in hessischen Fließgewässern, Abwässern und Klärschlämmen

Zusammenfassender Abschlussbericht 1991–2003



HLUG

Orientierende Messungen gefährlicher Stoffe

Landesweite Untersuchungen auf organische Spurenverunreinigungen in hessischen Fließgewässern, Abwässern und Klärschlämmen

Zusammenfassender Abschlussbericht 1991–2003

Autorenkollektiv: Dr. André Leisewitz
Silvia Fengler
Dr. Peter Seel

Vorwort

Das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (vormals Hessische Landesanstalt für Umwelt) hat von Ende der 1980er Jahre bis zum Jahr 2003 Sonderuntersuchungen in hessischen Fließgewässern und in Abwässern durchgeführt. Mit diesen Untersuchungen sollte insbesondere die Belastung mit organisch-chemischen Spurenstoffen festgestellt werden.

In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse dieser landesweiten Untersuchungen aus den Jahren 1991 bis 2003 zusammenfassend dargestellt und bewertet. Dabei werden die untersuchten Stoffe hinsichtlich ihrer möglichen Schadwirkungen und Quellen näher charakterisiert. Die Beprobung erstreckte sich dabei neben den Gewässern auch auf Kläranlagen, um Hinweise auf die Eintragswege der Schadstoffe gewinnen zu können.

Die Bewertung der hessischen Daten erfolgte nach den jeweils relevanten Qualitätszielen und Qualitätsnormen. Zudem wurden, wo dies möglich war, die Messwerte mit denen aus anderen Bundesländern verglichen. Damit liegt nun ein vergleichender Überblick über die Belastung hessischer Flüsse mit diesen Stoffen vor.

Drei Punkte möchte ich als Ergebnis der Untersuchungen besonders hervorheben:

Erstens haben die vielfältigen regulatorischen sowie materiell-technischen Maßnahmen zum Schutz der Oberflächengewässer, zu einer Verbesserung der chemischen und biologischen Qualität geführt. Umweltschutzmaßnahmen lohnen sich also.

Zweitens zeigt sich aber auch, dass die hessischen Oberflächengewässer gegenwärtig mit einer Vielfalt von problematischen und zum Teil neuen Spurenstoffen belastet sind. Diese stammen aus Produktionsprozessen, insbesondere aber aus der Verwendung dieser Chemikalien und gelangen bevorzugt über industrielle und kommunale Kläranlagen in die Oberflächengewässer. Daneben sind auch Altlasten verschiedener Art und belastete Sedimente langfristig wirksame Eintragsquellen.

Ein *dritter* Punkt ergibt sich aus der Besprechung der problematischen Eigenschaften bekannter und neu auftretender Stoffe sowie aus der Verschärfung von Zielvorgaben. Dabei zeigt sich, dass bei der Bewertung des Belastungspotenzials neu erkannte Wirkungen berücksichtigt werden müssen. Diese werden zum Teil bei sehr geringen Konzentrationen gefunden, wie im Bereich der endokrinen Effekte.

Mit den in den letzten beiden Punkten genannten Themen wird sich der Gewässerschutz deshalb auch in Zukunft beschäftigen müssen.

Die hier zusammengefassten Ergebnisse wurden auch schon in der Vergangenheit seitens des Bundeslandes Hessen in die bundesweit geführte Diskussion zur Reduzierung der Schadstoffeinträge in die Fließgewässer eingebracht. Ich freue mich daher, dass sie nun durch diese Publikation auch einer breiteren Fachöffentlichkeit zugänglich gemacht werden.



Dr. Thomas Schmid
Präsident des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie

Inhalt

1. Einleitung

- 1.1 Gliederung der Studie
- 1.2 Untersuchte Stoffgruppen im Zeitverlauf
- 1.4 Literatur

2. Proben

- 2.1 Proben nach Stoffgruppen und Matrices
- 2.2 Probenahme: Technik, Zeiten
- 2.3 Eigenschaften der Feststoffproben
- 2.4 Literatur

3. Analysenverfahren

- 3.1 Untersuchende Institute
- 3.2 Analysen nach Stoffgruppen, Matrices , Probenahmejahren und analytischen Verfahren
- 3.3 Analysenqualität

4. Probenahmestellen

- 4.1 Übersicht
- 4.2 Probenahmestellen
- 4.3 Gewässergüte und Schmutzwasseranteile
- 4.4 Schwebstoffgehalt

5. Bewertungsgrundlagen (Zielwerte)

6. Bewertungen von Stoffen/Stoffgruppen *(die Kapitel sind einzeln als pdf verfügbar)*

- 6.01 AOX/TOC
- 6.02 Polychlorierte Biphenyle (PCB)
- 6. 03 Aromatische Chlorkohlenwasserstoffe und andere CKW
- 6.04 Chlorphenole
- 6.05 Chlorpestizide
- 6.06 Polychlorierte Dibenzodioxine/-furane
- 6.07 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
- 6.08 Zinnorganika

- 6.09 Alkylphenole
- 6.10 Aromatische Kohlenwasserstoffe
- 6.11 Phosphorsäureester
- 6.12 Komplexbildner
- 6.13 Benzotrifluoride
- 6.14 Moschusverbindungen
- 6.15 Aliphatische Halogenkohlenwasserstoffe
- 6.16 Nitroaromaten
- 6.17 Aniline
- 6.18 PBDE
- 6.19 Kurzkettige Chlorparaffine
- 6.20 Diverse Amine
- 6.21 Phthalsäureester
- 6.22 Bisphenole
- 6.23 AOS/IOS
- 6.24 Aromatische Sulfonate
- 6.25 Benzothiazole
- 6.26 Siloxane

7 Schadstoffkonzentrationen im Schwebstoff (Ablauf) und Klärschlamm von kommunalen und industriellen Kläranlagen (*das Kapitel ist einzeln als pdf verfügbar*)

Verzeichnis der Übersichten, Tabellen und Karten

1 Einleitung

Übers. 1.1: Untersuchte Stoffgruppen nach Matrix und Zeitverlauf

2 Proben

Übers. 2.1: Probenahme nach Stoffgruppen, Matrices und Probenahmejahren

Übers. 2.2: Durchschnittlicher Trockenrückstand nach Probenart

3 Analyseverfahren

Übers. 3.1: Analysen nach Stoffgruppen, Matrices und Probenahmejahren

4 Probenahmestellen

Übers. 4.1: Gesamtzahl der Probenahmeorte im Rahmen der Orientierenden Messungen 1991-2003

Übers. 4.2: Orientierende Messungen, Probenahmeorte „Hessische Oberflächengewässer“

Übers. 4.3: Orientierende Messungen, Probenahmeorte Sonderuntersuchungen Schwarzbach/Rodau (Schwebstoff- und Wasserproben)

Übers. 4.4: Orientierende Messungen, Probenahmeorte Sedimentproben

Übers. 4.5: Orientierende Messungen, Probenahmeorte Kommunale Kläranlagen

Übers. 4.6: Orientierende Messungen, Probenahmeorte Industrielle Kläranlagen

Übers. 4.7: Biologische Güteklassen ausgewählter hessischer Oberflächengewässer und Abwasseranteile (incl. der oberliegenden Gewässer) aufgrund kommunaler und industrieller Kläranlagenabläufe

Übers. 4.8: Schwebstoffgehalte im Main/Bischofsheim 1995 – 2003

Übers. 4.9: Schwebstoffgehalte in hessischen Oberflächengewässern (mg/l) 1991 – 2003

Karte 4.1: Übersichtskarte der Probenahmestellen der orientierenden Messungen gefährlicher Stoffe 1991 – 2003

Karte 4.2: Hessen: Biologischer Gewässerzustand 2000

Anhang 4.1: Probenahmeorte und Parameter bei den Schwebstoffuntersuchungen (hessische Oberflächenwässer)

Anhang 4.2: Probenahmeorte und Parameter bei den Wasseruntersuchungen (hessische Oberflächenwässer)

Anhang 4.3: Probenahmeorte und Parameter bei den Schwebstoffuntersuchungen (Schwarzbach und Rodau)

Anhang 4.4: Probenahmeorte und Parameter bei den Wasseruntersuchungen (Schwarzbach und Rodau)

5 Bewertungsgrundlagen

Übers. 5.1: Verfügbarkeit von Zielwerten nach Stoffgruppen und Parametern

6.01 AOX/TOC

Übers. 6.01.1: AOX/TOC – Messdaten 1991-2003

Übers. 6.01.2: AOX/TOC – Bewertungsgrundlagen

Tab. 6.01.1: AOX im Wasser von Main und Landgraben, 1993-2001 (90 Perzentil, µg/L)

Tab. 6.01.2: AOX im Schwebstoff hessischer Oberflächengewässer 1991-2003 (mg/kg TS)

Tab. 6.01.3: AOX im Sediment hessischer Oberflächengewässer 1991-2001 (mg/kg TS)

- Tab. 6.01.4: AOX im Klärschlamm von sechs hessischen industriellen Kläranlagen 1991-2003 (mg/kg TS)
- Tab. 6.01.5: TOC-Befunde aus den Orientierenden Messungen 1991-2003 (Angaben in Prozent, bezogen auf TS)

6.02 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

- Übers. 6.02.1: PCB – Messdaten 1991-2003
- Übers. 6.02.2: DIN-PCB – Bewertungsgrundlagen
- Übers. 6.02.3: Coplanare PCB – Bewertungsgrundlagen
- Tab. 6.02.1: Summe der 6 DIN-PCB (Septemberwerte) im Schwebstoff ausgewählter hessischer Oberflächengewässer (µg/kg TS)
- Tab. 6.02.2: Summe der 6 DIN-PCB (Median) im Schwebstoff des Main bei Bischofsheim 1995 - 2003 (µg/kg TS)
- Tab. 6.02.3: Qualitätszielüberschreitungen bei DIN-PCB im Schwebstoff hessischer Oberflächengewässer 2002/2003 (µg/kg TS)
- Tab. 6.02.4: Häufigkeit der Qualitätszielüberschreitungen bei DIN-PCB im Schwebstoff hessischer Oberflächengewässer 2002/2003 (n=75)
- Tab. 6.02.5: Summe der 12 coplanaren PCB (Septemberwerte) im Schwebstoff ausgewählter hessischer Oberflächengewässer (µg/kg TS)
- Tab. 6.02.6: PCB in Sedimenten hessischer Oberflächengewässer (µg/kg TS)
- Tab. 6.02.7: Summe der DIN- und der WHO-PCB im Ablauf (Schwebstoff) acht hessischer kommunaler KA 2002 (µg/kg TS)
- Tab. 6.02.8: Summe der DIN- und der WHO-PCB im Ablauf (Schwebstoff) fünf hessischer industrieller KA 2002 (µg/kg TS)
- Tab. 6.02.9: Summe der DIN- und der WHO-PCB im Klärschlamm zehn hessischer kommunaler KA 2002 (µg/kg TS)
- Tab. 6.02.10: Summe der 6 DIN-PCB im Klärschlamm der KA Gießen 1994-2002 (µg/kg TS)
- Tab. 6.02.11: Summe der DIN- und der WHO-PCB im Klärschlamm sechs hessischer industrieller KA 2002 (µg/kg TS)

6. 03 Aromatische Chlorkohlenwasserstoffe und andere CKW

- Übers. 6.03.1: Aromatische und andere CKW – Messdaten 1991-2003
- Übers. 6.03.2: Chloraromaten – Bewertungsgrundlagen Wasserphase
- Übers. 6.03.3: Chloraromaten – Bewertungsgrundlagen Kläranlagen
- Übers. 6.03.4: Hexachlorbenzol – Bewertungsgrundlagen
- Übers. 6.03.5: Nichtaromatische CKW – Bewertungsgrundlagen
- Tab. 6.03.1: Chloraromaten in hessischen Oberflächengewässern 1991-1995, 2002/2003 (µg/L)
- Tab. 6.03.2: Di- und Trichlorbenzole im Oberflächenwasser des Main/ Bischofsheim 1999-2002 (µg/L; BG: 0,01 µg/L)
- Tab. 6.03.3: Chloraromaten im Schwebstoff aus hessischen Oberflächengewässern 2002/2003 (µg/kg TS)
- Tab. 6.03.4: Chloraromaten im Schwebstoff aus hessischen Oberflächengewässern 1991-2003 (µg/kg TS)
- Tab. 6.03.5: Chloraromaten im Sediment des Main 1992-2001 (acht Probenahmestellen; µg/kg TS)
- Tab. 6.03.6: Chloraromaten im Ablauf industrieller Kläranlagen in Hessen 1991/92, 1995 und 2002/2003 (µg/L)
- Tab. 6.03.7: Chloraromaten im Schwebstoff kommunaler Kläranlagen in Hessen 2002/2003 (Abfluss; µg/kg TS)
- Tab. 6.03.8: Chloraromaten im Schwebstoff industrieller Kläranlagen in Hessen 2002/2003 (Ablauf; µg/kg TS)

- Tab. 6.03.9: Chloraromaten im Klärschlamm industrieller Kläranlagen in Hessen 2002/2003 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)
- Tab. 6.03.10: Hexachlorbenzol im Schwebstoff aus hessischen Oberflächengewässern 2002/2003 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)
- Tab. 6.03.11: Hexachlorbenzol im Sediment des Main 1992-2001 (acht Probenahmestellen; $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)
- Tab. 6.03.12: Hexachlorbenzol im Klärschlamm industrieller Kläranlagen 1992-2003 (n=3-6; $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)
- Tab. 6.03.13: Nichtaromatische CKW im Schwebstoff aus hessischen Oberflächengewässern 2002/2003 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)

6.04 Chlorphenole

- Übers. 6.04.1: Chlorphenole – Messdaten 1995-2003
- Übers. 6.04.2: Chlorphenole – Bewertungsgrundlagen
- Tab. 6.04.1: Chlorphenole im Schwebstoff aus hessischen Oberflächengewässern 2002/2003 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)
- Tab. 6.04.2: Chlorphenole im Ablauf (Schwebstoff) industrieller Kläranlagen in Hessen 2002/2003 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS) (2002: n=5; 2003: n=4)
- Tab. 6.04.3: Chlorphenole im Klärschlamm industrieller Kläranlagen in Hessen 2002/2003 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS) (2002: n=6; 2003: n=2)

6.05 Chlorpestizide

- Übers. 6.05.1: Chlorpestizide – Messdaten 1991-2003
- Übers. 6.05.2: Hexachlorcyclohexan – Bewertungsgrundlagen
- Übers. 6.05.3: DDX – Bewertungsgrundlagen
- Übers. 6.05.4: Drine – Bewertungsgrundlagen
- Übers. 6.05.5: Endosulfan – Bewertungsgrundlagen
- Tab. 6.05.1: Hexachlorcyclohexan im Schwebstoff aus hessischen Oberflächengewässern 2002 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS) (n=6)
- Tab. 6.05.2: HCH im Schwebstoff industrieller Kläranlagen in Hessen 2002 (Abfluss; $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS) (n=5)
- Tab. 6.05.3: HCH im Klärschlamm industrieller Kläranlagen in Hessen 2002 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS) (n=5)
- Tab. 6.05.4: DDX im Schwebstoff aus hessischen Oberflächengewässern 2002 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS) (n=14)
- Tab. 6.05.5: DDX im Schwebstoff kommunaler und industrieller Kläranlagen in Hessen 2002 (Abfluss; $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)
- Tab. 6.05.6: DDX im Klärschlamm kommunaler und industrieller Kläranlagen in Hessen 2002 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)
- Tab. 6.05.7: Drine im Klärschlamm kommunaler und industrieller Kläranlagen 1995-2002 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)
- Tab. 6.05.8: Bromocyclen im Klärschlamm hessischer kommunaler Kläranlagen 1995-2002 (Mittelwerte, $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)

6.06 Polychlorierte Dibenzodioxine/-furane

- Übers. 6.06.1: PCDD/PCDFund PBDD/PBDF – Messdaten 1992-2003
- Übers. 6.06.2: PCDD/PCDF – Bewertungsgrundlagen
- Tab. 6.06.1: PCDD/PCDF-Toxizitätsäquivalente im Schwebstoff hessischer Oberflächengewässer 1992-1998 (ng I-TEQ/kg TS)
- Tab. 6.06.2: PCDD/PCDF-Toxizitätsäquivalente im Schwebstoff des Main bei Bischofsheim 1992-2003 (ng I-TEQ/kg TS)

- Tab. 6.06.3: PCDD/PCDF-Belastung im Schwebstoff hessischer Oberflächengewässer 1992-1996 (MW/Ort; Toxizitätsäquivalente)
- Tab. 6.06.4: PCDD/PCDF-Belastung im Schwebstoff stark abwasserbelasteter Kleingewässer in Hessen (Schwarzbach/Rodau-Einzugsbiet) 1995-1998 (Toxizitätsäquivalente, ng I-TEQ/kg TS)
- Tab. 6.06.5: PCDD/PCDF im Klärschlamm kommunaler und industrieller Kläranlagen aus Hessen 1992-1998 (Toxizitätsäquivalente)
- Tab. 6.06.6: 2,3,7,8-TCDD-Konzentration in der Gesamtwasserprobe vom Main/Bischofsheim 1992-2003

6.07 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

- Übers. 6.07.1: PAK – Messdaten 1991-2003
- Übers. 6.07.2: PAK – Bewertungsgrundlagen
- Tab. 6.07.1: PAK im Wasser hessischer Oberflächengewässer 2002/2003 ($\mu\text{g/L}$; n = 43 [2002] bzw. 13 [2003])
- Tab. 6.07.3: PAK im Schwebstoff hessischer Oberflächengewässer 2002/2003 (Summe der 16 EPA-PAK, $\mu\text{g/kg TS}$)
- Tab. 6.07.4: Fluoranthen im Schwebstoff hessischer Oberflächengewässer 2002-2003 ($\mu\text{g/kg TS}$)
- Tab. 6.07.5: PAK im Schwebstoff hessischer Oberflächengewässer 1996-2003 (Summe der 16 EPA-PAK, $\mu\text{g/kg TS}$)
- Tab. 6.07.6: PAK im Schwebstoff des Main/Bischofsheim 1996-2003 (Summe der 16 EPA-PAK, Median aus 12 Monatswerten, $\mu\text{g/kg TS}$)
- Tab. 6.07.7: Fluoranthen im Schwebstoff des Main/Bischofsheim 1995-2003: Anzahl der Messwerte (Monate) oberhalb 535 $\mu\text{g/kg TS}$ (n = 12/a) und Median ($\mu\text{g/kg TS}$)
- Tab. 6.07.8: EPA-PAK im Ablauf kommunaler und industrieller Kläranlagen (Schwebstoff) 2003/2003 ($\mu\text{g/kg TS}$)
- Tab. 6.07.9: PAK im Klärschlamm kommunaler und industrieller Kläranlagen 2002/2003 ($\mu\text{g/kg TS}$)
- Tab. 6.07.10: PAK im Klärschlamm kommunaler Kläranlagen 2003 ($\mu\text{g/kg TS}$ und Prozent; n = 9)

6.08 Zinnorganika

- Übers. 6.08.1: Organozinnverbindungen – Messdaten 1994-2003
- Übers. 6.08.2: Zinnorganika – Toxizität: LC_{50} - und EC_{50} -Werte ($\mu\text{g/L}$; EC_{50} -Werte in eckigen Klammern)
- Übers. 6.08.3: Zinnorganika – Bewertungsgrundlagen
- Tab. 6.08.1: Zinnorganika im Schwebstoff hessischer Oberflächengewässer 2002/2003 ($\mu\text{g/kg TS}$)
- Tab. 6.08.2: Zinnorganika im Schwebstoff von sechs hessischen Oberflächengewässern 1995-2003 ($\mu\text{g/kg TS}$) Summenwerte
- Tab. 6.08.3: Summe von fünf Zinnorganika (MBT, DBT, TBT, TPT, DOT) im Schwebstoff von sechs hessischen Oberflächengewässern 1996-2003 ($\mu\text{g/kg TS}$)
- Tab. 6.08.4: Gesamtbelastung hessischer Oberflächengewässer 1996-2003 mit fünf Zinnorganika (MBT, DBT, TBT, TPT, DOT) im Schwebstoff (MW, $\mu\text{g/kg TS}$)
- Tab. 6.08.5: Anteile der einzelnen OZV an der Gesamtbelastung mit Zinnorganika 2003 in acht hessischen Oberflächengewässern und Trend der TPT/TBT-Belastung 1996-2003 (in Prozent)
- Tab. 6.08.6: Belastung des Gerätsbach (Mündung) mit Zinnorganika im Schwebstoff 1996-2000 (in $\mu\text{g/kg TS}$)
- Tab. 6.08.7: Zinnorganika im Schwebstoff 1999-2001: Vergleichswerte ($\mu\text{g/kg TS}$)
- Tab. 6.08.8: Zinnorganika im Schwebstoff und Sediment hessischer Yachthäfen 1998/2000 (in $\mu\text{g/kg TS}$)
- Tab. 6.08.9: Zinnorganika im Kläranlagenablauf (Schwebstoff) hessischer kommunaler Kläranlagen 2002/2003 (in $\mu\text{g/kg TS}$)
- Tab. 6.08.10: Zinnorganika im Kläranlagenablauf (Schwebstoff) hessischer industrieller Kläranlagen 2002/2003 (in $\mu\text{g/kg TS}$; n = 5 [2002] bzw. 6 [2003])
- Tab. 6.08.11: Zinnorganika im Klärschlamm hessischer kommunaler Kläranlagen 2002/2003 (in $\mu\text{g/kg TS}$) (n = 9)

- Tab. 6.08.12: Zinnorganika im Klärschlamm hessischer industrieller Kläranlagen 2002/2003 (in µg/kg TS; n = 6 [2002] bzw. 5 [2003])
- Tab. 6.08.13: Zinnorganika im Klärschlamm hessischer kommunaler Kläranlagen 1995-2003 (MW, in µg/kg TS; n = 9)
- Tab. 6.08.14: Zinnorganika im Klärschlamm der IKA I41 1996-2003 (MW, in µg/kg TS)
- Tab. 6.08.15: Zinnorganika im Klärschlamm der IKA I11 1996-2002 (MW, in µg/kg TS)

6.09 Alkylphenole

- Übers. 6.09.1: Alkylphenole – Messdaten 1992-2003
- Übers. 6.09.2: Alkylphenole – Bewertungsgrundlagen
- Tab. 6.09.1: Ökotoxizität von Nonylphenol – niedrigste Werte lt. Risk Assessment (mg/L)
- Tab. 6.09.2: Ökotoxizität von Octylphenol (OP) – niedrigste Werte (mg/L)
- Tab. 6.09.3: Nonylphenoxyethoxyessigsäure (NP2EC) und Nonylphenoxyessigsäure (NP1EC) in hessischen Oberflächengewässern 2002/2003 (µg/L)
- Tab. 6.09.4: p-Nonylphenole im Schwebstoff hessischer Oberflächengewässer 1994-2003 (mg/kg TS)
- Tab. 6.09.5: p-tert-Octylphenol im Schwebstoff hessischer Oberflächengewässer 1994-2003 (mg/kg TS)
- Tab. 6.09.6: NP, OP, NP1EO und NP2EO im Schwebstoff von Oberflächengewässern – Vergleichsdaten 1997-1999 (µg/kg TS)
- Tab. 6.09.7: Ausgewählte Alkylphenole im Ablauf (Wasser) von neun hessischen kommunalen Kläranlagen 1997/1998 und 2000-2003 (ng/L)
- Tab. 6.09.8: NP, OP, NP1EO, NP2EO und NP1EC im Ablauf (Wasser) kommunaler Kläranlagen – Vergleichsdaten (ng/L)
- Tab. 6.09.9: Nonyl- und Octylphenol im Ablauf (Schwebstoff) hessischer kommunaler Kläranlagen 2002/2003 (mg/kg TS)
- Tab. 6.09.10: Nonyl- und Octylphenol im Ablauf (Schwebstoff) von sechs hessischen industriellen Kläranlagen 2002/2003 (mg/kg TS)
- Tab. 6.09.11: Nonyl- und Octylphenol im Klärschlamm von neun hessischen kommunalen Kläranlagen 2002/2003 (mg/kg TS)
- Tab. 6.09.12: Nonyl- und Octylphenol im Klärschlamm hessischer industrieller Kläranlagen 2002/2003 (mg/kg TS)
- Tab. 6.09.13: Nonylphenol im Klärschlamm von neun hessischen kommunalen Kläranlagen 1994-2003 (mg/kg TS)
- Tab. 6.09.14: Octylphenol im Klärschlamm von neun hessischen kommunalen Kläranlagen 1997-2003 (mg/kg TS)
- Tab. 6.09.15: Nonylphenol im Klärschlamm von sechs hessischen industriellen Kläranlagen 1994-1996 und 2002/2003 (mg/kg TS)

6.10 Aromatische Kohlenwasserstoffe

- Übers. 6.10.1: Aromatische Kohlenwasserstoffe – Messdaten 1992-2003
- Übers. 6.10.2: Aromatische Kohlenwasserstoffe – Bewertungsgrundlagen
- Tab. 6.10.1: Aromatische Kohlenwasserstoffe im Wasser hessischer Oberflächengewässer 1992-2003 (µg/L)
- Tab. 6.10.2: Aromatische Kohlenwasserstoffe im Wasser hessischer kommunaler und industrieller Kläranlagen 1992-2003 (µg/L)

6.11 Phosphorsäureester

- Übers. 6.11.1: Phosphorsäureester – Messdaten 1992-2000
- Übers. 6.11.2: Phosphorsäureester – Bewertungsgrundlagen
- Tab. 6.11.1: Phosphorsäureester in hessischen Oberflächengewässern 1992-2000 (µg/L)

- Tab. 6.11.2: Phosphorsäureester im Ablauf (Wasser) hessischer kommunaler Kläranlagen 1992-2002 ($\mu\text{g/L}$)
- Tab. 6.11.3: Phosphorsäureester im Ablauf (Wasser) hessischer industrieller Kläranlagen 1992-2002 ($\mu\text{g/L}$)

6.12 Komplexbildner

- Übers. 6.12.1: Komplexbildner – Messdaten 1991-2000
- Übers. 6.12.2: Komplexbildner – Bewertungsgrundlagen
- Tab. 6.12.1: EDTA und NTA im Main bei Bischofsheim 1993-2003, $\mu\text{g/L}$
- Tab. 6.12.2: Komplexbildner: Abbaubarkeit und Elimination in Kläranlagen
- Tab. 6.12.3: Akute Ökotoxizität von Aminopolycarboxylat-Komplexbildnern (Säuren)
- Tab. 6.12.4: NTA und EDTA in hessischen Oberflächengewässern 1991-1996, $\mu\text{g/L}$
- Tab. 6.12.5: Aminopolycarboxylat-Komplexbildner im Ablauf (Wasser) hessischer Kläranlagen 2000, $\mu\text{g/L}$
- Tab. 6.12.6: Aminopolycarboxylat-Komplexbildner im Ablauf (Wasser) kommunaler und industrieller Kläranlagen der Bundesrepublik, $\mu\text{g/L}$

6.13 Benzotrifluoride

- Übers. 6.13.1: Benzotrifluoride – Messdaten 1994-1996

6.14 Moschusverbindungen

- Übers. 6.14.1: Moschusverbindungen – Messdaten 1994-2000
- Tab. 6.14.1: Moschusverbindungen im Schwebstoff hessischer Oberflächengewässer 1994-2000, $\mu\text{g/kg TS}$
- Tab. 6.14.2: HHCb und AHTN im Schwebstoff hessischer Oberflächengewässer: Vergleich 1996-1998 und 1999/2000 ($\mu\text{g/kg TS}$ und Prozent)
- Tab. 6.14.3: Moschusverbindungen im Ablauf (Wasser) hessischer kommunaler Kläranlagen 1999-2000, $\mu\text{g/L}$ (n = 9; BG: 0,02 $\mu\text{g/L}$)
- Tab. 6.14.4: Moschusverbindungen im Klärschlamm hessischer kommunaler Kläranlagen 1994-2000, $\mu\text{g/kg TS}$ (n = 8-11)
- Tab. 6.14.5: Moschusverbindungen im Klärschlamm hessischer kommunaler Kläranlagen 1996, $\mu\text{g/kg TS}$ (n = 6)
- Tab. 6.14.6: Moschusverbindungen im Klärschlamm hessischer industrieller Kläranlagen 1994-1998, $\mu\text{g/kg TS}$ (n = 4-6)
- Tab. 6.14.7: Moschusverbindungen in Fisch (Aalfilet) aus hessischen Oberflächengewässern 1999/2000 (mg/kg Fett ; n=37)
- Tab. 6.14.8: Vergleich von $\text{PNEC}_{\text{aqua}}$ -Werten für Moschusverbindungen und Moschuskonzentrationen im Wasser von Oberflächengewässern und Kläranlagenabläufen ($\mu\text{g/L}$)

6.15 Aliphatische Halogenkohlenwasserstoffe

- Übers. 6.15.1: Aliphatische Halogenkohlenwasserstoffe – Messdaten 1991/92
- Übers. 6.15.2: Aliphatische HKW – ausgewählte Stoffdaten
- Übers. 6.15.3: Aliphatische HKW – Bewertungsgrundlagen
- Tab. 6.15.1: Einträge prioritärer LHKW in den Rhein aus Punktquellen (kg/a)
- Tab. 6.15.2: Aliphatische HKW in hessischen Oberflächengewässern 1991/1992
- Tab. 6.15.3: Aliphatische HKW im Zulauf und Ablauf (Wasser) hessischer kommunaler Kläranlagen 1991/1992 ($\mu\text{g/L}$)

6.16 Nitroaromaten

Übers. 6.16.1: Nitroaromaten – Messdaten 1991/1992; 2002/2003

Übers. 6.16.2: Nitroaromaten – Bewertungsgrundlagen

Tab. 6.16.1: Mengengeraster Nitrobenzole/Nitrotoluole, ca. 1990

Tab. 6.16.1: Nitroaromaten im Ablauf (Wasser) hessischer industrieller und kommunaler Kläranlagen 2002/2003

6.17 Aniline

Übers. 6.17.1: Aniline – Messdaten 1991/1992; 2002

Übers. 6.17.2: Aniline – Bewertungsgrundlagen

Tab. 6.17.1: Anilinderivate – Mengengeraster und Produktionsstandorte 1990/1992

Tab. 6.17.2: Aniline im Kläranlagenablauf hessischer industrieller Kläranlagen 1991/1992 und 2002

6.18 PBDE

Übers. 6.18.1: PBDE – Messdaten 2000-2003

Übers. 6.18.2: PBDE – Bewertungsgrundlagen

Tab. 6.18.1: Zusammensetzung von PBDE-Handelsprodukten Mitte der 90er Jahre

Tab. 6.18.2: Kongeneren-Anteile im „Welt-Mix“ und im „Europa-Mix“ der PBDE 1999

Tab. 6.18.3: Octanol-Wasser-Verteilungskoeffizienten für PBDE

Tab. 6.18.4: PBDE im Schwebstoff aus hessischen Oberflächengewässern 2002/2003 ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$) (n=6)

Tab. 6.18.5: PBDE im Schwebstoff aus hessischen Oberflächengewässern 2000-2003: Konzentrationsspannen und Mediane/Mittelwerte ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$)

Tab. 6.18.6: PBDE-Anteile am PBDE-Gesamtgehalt im Schwebstoff aus hessischen Oberflächengewässern 2000/2001 und 2003 (in Prozent)

Tab. 6.18.7: PBDE 2002/2003 im Ablauf (Wasser) kommunaler und industrieller Kläranlagen ($\mu\text{g}/\text{L}$)

Tab. 6.18.8: PBDE im Ablauf (Schwebstoff) hessischer kommunaler Kläranlagen 2002/2003 ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$; n = 9 bzw. 8)

Tab. 6.18.9: Anteil von Tetra-, Penta- und DecaBDE am PBDE-Gesamtgehalt im Ablauf (Schwebstoff) kommunaler Kläranlagen in Hessen 2002/2003 (in Prozent)

Tab. 6.18.10: PBDE im Ablauf (Schwebstoff) hessischer industrieller Kläranlagen 2002/2003 ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$; n = 6)

Tab. 6.18.11: PBDE-Anteile am PBDE-Gesamtgehalt im Ablauf (Schwebstoff) der IKA I31 2002/2003 und I21 2003 (in Prozent)

Tab. 6.18.12: PBDE im Klärschlamm hessischer kommunaler Kläranlagen 2002/2003 ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$; n = 9 bzw. 8)

Tab. 6.18.13: PBDE-Anteile am PBDE-Gesamtgehalt im Klärschlamm hessischer kommunaler Kläranlagen 2002/2003 (in Prozent; n = 9)

Tab. 6.18.14: PBDE im Klärschlamm hessischer industrieller Kläranlagen 2002/2003 ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$; n = 6 bzw. 5)

Tab. 6.18.15: PBDE-Anteile am PBDE-Gesamtgehalt im Klärschlamm der IKA I21 und I31 2003 (in Prozent)

Tab. 6.18.16: PBDE-Gesamtgehalte im kommunalen Klärschlamm 2000-2003 ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$) (n = 9)

Tab. 6.18.17: PBDE-Anteile am PBDE-Gesamtgehalt im Klärschlamm hessischer kommunaler Kläranlagen 2002/2003 (in Prozent; n = 9)

Tab. 6.18.18: PBDE in zwei Klärschlammproben ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$)

Tab. 6.18.19: PBDE-Gehalte im Klärschlamm von acht kommunalen Kläranlagen Baden-Württembergs 2000 ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$)

6.19 Kurzkettige Chlorparaffine

Übers. 6.19.1: Chlorparaffine C₁₀-C₁₃ – Messdaten 2001-2003

Übers. 6.19.2: C10-C13-Chlorparaffine – Bewertungsgrundlagen

Tab. 6.19.1: C10-C13-Chlorparaffine im Schwebstoff hessischer Oberflächengewässer (Summenwerte, incl. BG) 2001-2003 (µg/kg TS)

Tab. 6.19.2: C10-C13-Chlorparaffine im Ablauf (Schwebstoff) neun hessischer kommunaler Kläranlagen (Summenwerte, incl. BG) 2002-2003 (µg/kg TS)

Tab. 6.19.3: C10-C13-Chlorparaffine im Ablauf (Schwebstoff) sechs hessischer industrieller Kläranlagen (Summenwerte, incl. BG) 2002-2003 (µg/kg TS)

Tab. 6.19.4: C10-C13-Chlorparaffine im Klärschlamm neun hessischer kommunaler Kläranlagen (Summenwerte, incl. BG) 2001-2003 (µg/kg TS)

Tab. 6.19.5: C10-C13-Chlorparaffine im Klärschlamm sechs hessischer industrieller Kläranlagen (Summenwerte, incl. BG) 2001-2003 (µg/kg TS)

Tab. 6.19.6: Vergleich der Chlorparaffin-Belastung von kommunalen und industriellen Kläranlagen (µg/kg TS)

6.20 Diverse Amine

Übers. 6.20.1: Diverse Amine – Messdaten 1992; 2002

Übers. 6.20.2: Diverse Amine – Bewertungsgrundlagen

6.21 Phthalsäureester

Übers. 6.21.1: Phthalsäureester – Messdaten 1992

Übers. 6.21.2: Phthalsäureester – Bewertungsgrundlagen

Tab. 6.21.1: Mittlere Phthalat-Konzentrationen in Fließgewässern und Kläranlagenabläufen der Bundesrepublik (Median)

Tab. 6.21.2: Phthalsäureester in Hessischen Oberflächengewässern 1992 (µg/L; n=25)

6.22 Bisphenole

Übers. 6.22.1: Bisphenole – Messdaten 1999/2000

Tab. 6.22.1: Ökotoxizität von Bisphenol A – niedrigste Werte

Tab. 6.22.2: Bisphenole und Abbauprodukte in hessischen Oberflächengewässern 1999/2000 (µg/L); n=20

Tab. 6.22.3: Bisphenole und Abbauprodukte in hessischen kommunalen Kläranlagenabläufen 1999/2000 (µg/L); n=9

6.23 AOS/IOS

Übers: 6.23.1: AOS und IOS – Messdaten 1992 und 1996-2000

Tab.6.23.1: IOS in hessischen Oberflächengewässern 1996-2000 (µg/L)

6.24 Aromatische Sulfonate

Übers. 6.24.1: Aromatische Sulfonate – Messdaten 1995-2000

Tab. 6.24.1: Benzolsulfonate in hessischen Oberflächengewässern 1995-2000

- Tab. 6.24.2: Naphthalinsulfonate in hessischen Oberflächengewässern 1995-2000 ($\mu\text{g/L}$; BG: 0,02 $\mu\text{g/L}$)
- Tab. 6.24.3: Naphthalinsulfonate in hessischen Oberflächengewässern 1995-2000, in Elbe und Elbenebenflüssen 1998 sowie im Rhein 2000 ($\mu\text{g/L}$; BG: 0,02 $\mu\text{g/L}$)
- Tab. 6.24.4: Naphthalinsulfonate in kommunalen Kläranlagenabläufen 1995-2000 ($\mu\text{g/L}$; BG: 0,02 $\mu\text{g/L}$; n=2-4)
- Tab. 6.24.5: Naphthalinsulfonate in industriellen Kläranlagenabläufen 1995-2000 ($\mu\text{g/L}$; BG: 0,02 $\mu\text{g/L}$; n=1-7)

6.25 Benzothiazole

Übers. 6.25.1: Benzothiazole – Messdaten 1996-2000

6.26 Siloxane

Übers. 6.26.1: Siloxane – Messdaten 1997

7 Schadstoffkonzentrationen im Schwebstoff (Ablauf) und Klärschlamm von kommunalen und industriellen Kläranlagen

- Übers. 7.0.1: Verfügbare Daten aus kommunalen und industriellen Kläranlagen für einen Konzentrationsvergleich Schwebstoff-Klärschlamm 2002/2003
- Übers. 7.0.2: Auswertbare Messwert-Paare für Konzentrationsvergleiche Schwebstoff/Klärschlamm 2002/2003 nach Stoffgruppen
- Übers. 7.3.1: Chloraromaten 2002 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern bei neun kommunalen Kläranlagen
- Übers. 7.3.2: Chloraromaten 2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern¹ bei neun kommunalen Kläranlagen
- Übers. 7.3.3: Chloraromaten 2002 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm nach Parametern bei fünf IKA
- Übers. 7.3.4: Chloraromaten 2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm nach Parametern für fünf IKA
- Übers. 7.4.1: Chlorphenole 2002 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern bei neun kommunalen Kläranlagen
- Übers. 7.4.2: Chlorphenole 2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern bei neun kommunalen Kläranlagen
- Übers. 7.4.3: Chlorphenole 2002 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm nach Parametern bei fünf IKA
- Übers. 7.4.4: Chlorphenole 2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern für zwei IKA
- Übers. 7.5.1: Chlorpestizide 2002¹ – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern bei neun kommunalen Kläranlagen
- Übers. 7.5.2: Chlorpestizide 2002¹ – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm nach Parametern bei fünf IKA
- Übers. 7.7.1: Zinnorganika 2002 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern für neun KKA
- Übers. 7.7.2: Zinnorganika 2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern für neun KKA
- Übers. 7.7.3: Zinnorganika 2002 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern für fünf IKA
- Übers. 7.7.4: Zinnorganika 2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern für fünf IKA
- Übers. 7.9.1: PBDE 2002 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern für neun KKA

- Übers. 7.9.2: PBDE 2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern für acht KKA
- Übers. 7.9.3: PBDE 2002 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern für sechs IKA
- Übers. 7.9.4: PBDE 2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern für fünf IKA
- Übers. 7.10.1: Chlorparaffine 2002 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern für acht KKA¹
- Übers. 7.10.2: Chlorparaffine 2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern für acht KKA¹
- Übers. 7.10.3: Chlorparaffine 2002 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern für sechs IKA
- Übers. 7.10.4: Chlorparaffine 2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm nach Parametern für fünf IKA
- Übers. 7.11.1: Schadstoffkonzentration im Schwebstoff und Klärschlamm von neun kommunalen Kläranlagen 2002/2003
- Übers. 7.11.2: Schadstoffkonzentration im Schwebstoff und Klärschlamm von sechs industriellen Kläranlagen 2002/2003
-
- Tab. 7.1.1: AOX und TOC– verfügbare Schwebstoff-/Klärschlamm-Messdaten aus Kläranlagen für Konzentrationsvergleiche 2002/2003
- Tab. 7.1.2: 2002/2003 TOC– Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für acht KKA (16 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.1.3: 2002/2003 TOC – Verhältnis der Konzentrationen in Schwebstoff und Klärschlamm für acht KKA¹ (Prozent)
- Tab. 7.1.4: AOX 2002/2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm und Verhältnis der Konzentrationen in Schwebstoff und Klärschlamm für sechs IKA
- Tab. 7.1.5: TOC 2002/2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm und Verhältnis der Konzentrationen in Schwebstoff und Klärschlamm für sechs IKA
- Tab. 7.1.6: AOX und TOC 2002/2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für kommunale und industrielle Kläranlagen
- Tab. 7.2.1: PCB – verfügbare Schwebstoff-/Klärschlamm-Messdaten aus Kläranlagen für Konzentrationsvergleiche 2002
- Tab. 7.2.2: Summe der 6 DIN- und der 12 WHO-PCB 2002 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für acht kommunalen Kläranlagen
- Tab. 7.2.3: Summe der 6 DIN- und der 12 WHO-PCB 2002 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für fünf industrielle Kläranlagen
- Tab. 7.2.4: PCB 2002 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für kommunale und industrielle Kläranlagen
- Tab. 7.3.1: Chloraromaten – verfügbare Schwebstoff-/Klärschlamm-Messdaten aus Kläranlagen für Konzentrationsvergleiche 2002/2003
- Tab. 7.3.2: Chloraromaten 2002 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 16 Parameter aus neun KKA (144 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.3.3: Chloraromaten 2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 15 Parameter aus acht KKA (120 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.3.4: Chloraromaten 2002 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 16 Parameter aus fünf IKA (80 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.3.5: Chloraromaten 2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 18 Parameter aus fünf IKA (90 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.3.6: Chloraromaten 2002/2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für kommunale und industrielle Kläranlagen
- Tab. 7.4.1: Chlorphenole – verfügbare Schwebstoff-/Klärschlamm-Messdaten aus Kläranlagen für Konzentrationsvergleiche 2002/2003
- Tab. 7.4.2: Chlorphenole 2002 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 10 Parameter aus neun KKA (90 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.4.3: Chlorphenole 2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 10 Parameter aus acht KKA (80 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.4.4: Konzentrationsdifferenzen Schwebstoff/Klärschlamm bei einigen Chlorphenolen 2002/2003 aus kommunalen Kläranlagen ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$)
- Tab. 7.4.5: Chlorphenole 2002 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 10 Parameter aus fünf IKA (50 Messwertvergleiche)

- Tab. 7.4.6: Chlorphenole 2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 10 Parameter aus zwei IKA (20 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.4.7: Konzentrationsdifferenzen Schwebstoff/Klärschlamm bei einigen Chlorphenolen 2002/2003 aus industriellen Kläranlagen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)
- Tab. 7.4.8: Chlorphenole 2002/2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für kommunale und industrielle Kläranlagen
- Tab. 7.5.1: Chlorpestizide – verfügbare Schwebstoff-/Klärschlamm-Messdaten aus Kläranlagen für Konzentrationsvergleiche 2002
- Tab. 7.5.2: Chlorpestizide 2002 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für kommunale und industrielle Kläranlagen
- Tab. 7.6.1: Summe der 16 EPA-PAK 2002/2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm bei neun kommunalen Kläranlagen
- Tab. 7.6.2: Summe der 16 EPA-PAK 2002/2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm bei sechs industriellen Kläranlagen
- Tab. 7.6.3: 16 EPA-PAK 2002/2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für kommunale und industrielle Kläranlagen
- Tab. 7.7.1: Zinnorganika – verfügbare Schwebstoff-/Klärschlamm-Messdaten aus Kläranlagen für Konzentrationsvergleiche 2002/2003
- Tab. 7.7.2: Zinnorganika 2002 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 8 Parameter aus neun KKA (72 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.7.3: Zinnorganika 2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 8 Parameter aus acht KKA¹ (64 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.7.4: Zinnorganika 2002 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 8 Parameter aus fünf IKA (40 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.7.5: Zinnorganika 2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 8 Parameter aus fünf IKA (40 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.7.6: Zinnorganika 2002/2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für kommunale und industrielle Kläranlagen
- Tab. 7.8.1: Alkylphenole – verfügbare Schwebstoff-/Klärschlamm-Messdaten aus Kläranlagen für Konzentrationsvergleiche 2002/2003
- Tab. 7.8.2: p-Nonylphenole 2002/2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm bei neun kommunalen Kläranlagen
- Tab. 7.8.3: p-tert.-Octylphenol 2002/2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm bei neun kommunalen Kläranlagen
- Tab. 7.8.4: p-Nonylphenole 2002/2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm bei sechs industriellen Kläranlagen
- Tab. 7.8.5: p-tert.-Octylphenol 2002/2003 – Konzentrationsvergleich Schwebstoff/ Klärschlamm bei sechs industriellen Kläranlagen
- Tab. 7.8.6: Alkylphenole 2002/2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für kommunale und industrielle Kläranlagen
- Tab. 7.9.1: PBDE – verfügbare Schwebstoff-/Klärschlamm-Messdaten aus Kläranlagen für Konzentrationsvergleiche 2002/2003
- Tab. 7.9.2: PBDE 2002 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 8 Parameter aus neun KKA (72 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.9.3: PBDE 2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 8 Parameter aus acht KKA¹ (64 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.9.4: PBDE 2002 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 8 Parameter aus sechs IKA (48 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.9.5: PBDE 2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 8 Parameter aus fünf IKA¹ (40 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.9.6: PBDE 2002/2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für kommunale und industrielle Kläranlagen
- Tab. 7.10.1: Chlorparaffine – verfügbare Schwebstoff-/Klärschlamm-Messdaten aus Kläranlagen für Konzentrationsvergleiche 2002/2003
- Tab. 7.10.2: Chlorparaffine 2002 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 8 Parameter aus acht KKA¹ (64 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.10.3: Summe der C10-C13-CP aus neun KKA 2002 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS und Prozent)
- Tab. 7.10.4: Chlorparaffine 2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 8 Parameter aus acht KKA¹ (64 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.10.5: Summe der C10-C13-CP aus neun KKA 2003 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS und Prozent)
- Tab. 7.10.6: Chlorparaffine 2002 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 8 Parameter aus sechs IKA (48 Messwertvergleiche)

- Tab. 7.10.7: Summe der C10-C13-CP aus sechs IKA 2002 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS und Prozent)
- Tab. 7.10.8: Chlorparaffine 2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für 8 Parameter aus fünf IKA¹ (40 Messwertvergleiche)
- Tab. 7.10.9: Summe der C10-C13-CP aus sechs IKA 2003 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS und Prozent)
- Tab. 7.10.10: Chlorparaffine 2002/2003 – Zusammengefasster Konzentrationsvergleich Schwebstoff/Klärschlamm für kommunale und industrielle Kläranlagen
- Tab. 7.11.1: Konsistenz der Messdaten für kommunale und industrielle Kläranlagen 2002/2003
- Tab. 7.11.2: Kommunale Kläranlagen 2003/2003 – Überwiegen der Schadstoffkonzentration in Schwebstoff bzw. Klärschlamm (Zahl der Fälle und Prozent)
- Tab. 7.11.3: Industrielle Kläranlagen 2003/2003 – Überwiegen der Schadstoffkonzentration in Schwebstoff bzw. Klärschlamm (Zahl der Fälle und Prozent)
- Tab. 7.11.4: Kommunale und industrielle Kläranlagen 2002/2003 nach Stoffgruppen – Anteil der Fälle, bei denen die Schadstoffkonzentration im Schwebstoff größer ist als die Schadstoffkonzentration im Klärschlamm (Prozent)
- Tab. 7.11.5: Konzentrationsüberschüsse im Schwebstoff bei KKA und IKA – Staffelung nach Größenordnungen (Fallzahlen und Prozent)

Verzeichnis der Abkürzungen

a	anno (Jahr)
A	Auflage
(A)	Schutzgut Aquatische Lebensgemeinschaften
AbfklärV	Klärschlamm-Verordnung
Abl	Amtsblatt (EU)
ABS	Acrylnitril-Butydien-Styrol-Copolymer
Abschn.	Abschnitt
ADBI	4-Acetyl-1,1-dimethyl-6- <i>tert.</i> -butyldihydroinden (polyzyklische Moschusverbindung)
Ah	Aryl-Hydrocarbon
AHMI	6-Acetyl-1,1,2,3,3,5-hexamethyl-dihydroinden (polyzyklische Moschusverbindung)
AHTN	7-Acetyl-1,1,3,4,4,6-hexamethyltetrahydronaphthalen (polyzyklische Moschusverbindung)
AOS	Adsorbierbarer organischer Schwefel
AOX	Gesamtmenge der an Aktivkohle adsorbierbaren organischen Halogenverbindungen
AP	Alkylphenol(e)
AP1EC	Alkylphenoxyessigsäure
AP2EC	Alkylphenoxyethoxyessigsäure
APEO	Alkylphenolthoxylate
AP1EO	Alkylphenolmonoethoxylat
AP2EO	Alkylphenoldiethoxylat
ARGE Elbe	Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe
Art.	Artikel
ARW	Arbeitsgemeinschaft Rhein-Wasserwerke e.V.
ATII	5-Acetyl-1,1,2,5-tetramethyl-3-isopropyl-dihydroinden (polyzyklische Moschusverbindung)
ATV	Abwassertechnische Vereinigung e.V.
AWBR	Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein
AWWR	Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr
(B)	Schutzgut Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen
β-ADA	β-Alanindiessigsäure
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg
BBA	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig
BCF	Biokonzentrationsfaktor
BDE	Bromierte(r) Diphenylether
ber.	berechnet
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin
BG	Bestimmungsgrenze
BGBI	Bundesgesetzblatt
BgVV	Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, Berlin

BlmSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes- Immissionsschutzgesetzes
BL	Bundesland
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktor- sicherheit, Bonn
BPA	Bisphenol A
BPF	Bisphenol F
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BSB	Biologischer Sauerstoff-Bedarf
BT	Benzothiazol
BTX, BTXE	Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol
BUA	Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe der Gesell- schaft Deutscher Chemiker
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa (zirka)
CAS	Chemical Abstract Service
CEPA	Canadian Environmental Protection Agency
CKW	Chlorierte Kohlenwasserstoffe
CIBT	Chlorbenzothiazol
CMR-Arbeitsgruppe	Gruppe von Sachverständigen der EU-Mitgliedstaaten beim Europäischen Büro für chemische Stoffe (Ispra/I) für die Einstufung chemischer Stoffe als cancerogen, muta- gen, reproduktionstoxisch
CP	Chlorparaffine
CSB	Chemischer Sauerstoff-Bedarf
CSTEE	Comité Scientifique de Toxicologie, Ecotoxicologie et l'En- vironnement (European Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment)
DAD	Diodenarray-Detektion
DBP	Dibutylphthalat
DBT	Dibutylzinn
DCA	Dichloranilin
DCB	Dichlorbenzol(e)
DCBN	Dichlorbenzonnitril
DDD	Dichlordiphenyldichlorethan
DDE	Dichlordiphenyldichlorethen
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
DDX	DDT und seine Metabolite
DEHP	Di(2-ethylhexyl)phthalat
DEP	Diethylphthalat
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DIPN	Diisopropylnaphthalin
Diss.	Dissertation
DMA	Dimethylanilin
DMF	N,N-Dimethylformamid
DMP	Dimethylphthalat
DNS	Desoxyribonucleinsäure
DOT	Diöctylzinn

DPMI	6,7-Dihydro-1,1,2,3,3-pentamethyl-4(5H)indanon (polyzyklische Moschusverbindung)
DT ₅₀	Disappearance Time, Halbwertszeit
DTPA	Diethylentriaminpentaessigsäure
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.
EAF	Expert Advisory Forum on Priority Substances
EAWAG	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Dübendorf/CH
EC	European Commission; Effekt-Konzentration
ECB	European Chemicals Bureau, Ispra/I
ECD	electron capture detection (Elektroneneinfangdetektion)
ED3A	Ethylendiamintriacetat
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA)
EFSA	European Food Safety Authority, Parma/I
EG	Europäische Gemeinschaft
ehem.	ehemalig
entspr.	entsprechend
EPA	US Environmental Protection Agency, Washington, DC
EQS	Environmental Quality Standard (= UQN)
Erg.Ber.	Ergänzungsbericht
ESWE	Institut für Wasserforschung und Wassertechnologie, Wiesbaden
et al.	et alii (und andere)
EU	Europäische Union
EU-GH	Europäischer Gerichtshof, Luxemburg
ev.	eventuell
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
(F)	Schutzgut Fischerei
FE	Forschung und Entwicklung
Ffm	Frankfurt am Main
FID	Flammenionisationsdetektor
g	Gramm
GC/ECD	Gaschromatographie/Elektroneneinfangdetektion
GC/FID	Gaschromatographie/Flammenionisationsdetektion
GC/HRMS	Gaschromatographie/hochauflösende Massenspektrometrie
GC/MS	Gaschromatographie/Massenspektrometrie
GC/MS-NCI	Gaschromatographie/Massenspektrometrie mit negativer chemischer Ionisation
GC/NPD	Gaschromatographie/Stickstoff-Phosphor-Detektion
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
Gem. MBl.	Gemeinsames Ministerialblatt
Gew.	Gewässer
H.	Heft
Hann.	Hannoversch
HAP	4-Hydroxyacetophenon
HCB	Hexachlorbenzol
HCBD	Hexachlorbutadien
HCH	Hexachlorcyclohexan
HGM	Hessisches Gewässergüte-Meßnetz

HGSPGS	Hessisches Gewässerschutzprogramm gefährliche Stoffe (Umsetzung von 76/464/EWG)
HHCB	1,3,4,6,7,8-Hexahydro-4,6,6,7,8,8-hexamethylcyclopenta[g]-2-benzopyran (polyzyklische Moschus- verbindung)
HLfU	Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden
HLUG	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden
hPa	Hekto-Pascal
HPLC/DAD	High-Performance Liquid Chromatography/Diode Array Detector
HPLC/UV	High-Performance Liquid Chromatography/UV Detector
Hrg.	Herausgeber
HRMS	High Resolution Mass Spectrometry
IARC	International Agency for Research on Cancer (WHO, Genf)
IAWR	Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet
ICE/OES	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma)
ICSC	International Chemical Safety Cards
i.d.R.	in der Regel
ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg
IKA	Industrielle Kläranlage(n)
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
IKSR	Internationale Kommission für den Schutz des Rheins
IOS	ionenpaar-extrahierbarer organischer Schwefel
IPCS	International Programme on Chemical Safety (WHO, ILO, UNEP)
i.S.	im Sinne
I-TEQ	Internationale Toxizitätsäquivalente
IUCLID	International Uniform Chemical Information Database
IVA	Industrieverband Agrar e.V.
JD-UQN	Umweltqualitätsnorm (UQN) ausgedrückt als Jahres- durchschnitt (JD)
KA	Kläranlage(n)
k.A.	keine Angabe
Kat.	Kategorie
Kfz	Kraftfahrzeug
kg	Kilogramm
KGW	Körpergewicht
KKA	Kommunale Kläranlage
KOM	Kommission
KPDA	Ketopiperazindiacetat
KS komm.	kommunaler Klärschlamm
L	Liter
L.A.	Lampertheimer Altrhein
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LC ₅₀	(mittlere) letale Konzentration

LCKW	Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz
LHKW	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
LKW	Lastkraftwagen
LOEL	Lowest Observed Effect Level
log K _{oc}	Logarithmus des Verteilungskoeffizienten zwischen dem organischen Kohlenstoff im Boden und Wasser
log K _{ow}	Logarithmus des Octanol/Wasser-Verteilungskoeffizienten
lt.	laut
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt
m	Meter
meta	(1,3-Stellung in aromatischen Ringsystemen)
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
Max	Maximum
max.	maximal
MBT	Monobutylzinn; Mercaptobenzothiazol
MBTS	Dithiobisbenzothiazol
MCF-7	Michigan Cancer Foundation Brustkrebs-Zelllinie
MeBT	Methylbenzothiazol
MeSBT	Methylthiobenzothiazol
Messst.	Messstation(en)
Messw.	Messwert(e)
mg	Milligramm
MGDA	Methylglycindiessigsäure
Min	Minimum
Mitt.	Mitteilung
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss
MOT	Monooctylzinn
MP	Mischprobe
MUNLV	Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
MVA	Müllverbrennungsanlage
MW	Mittelwert(e)
μ	mikro
μg	Mikrogramm
n	Anzahl
N	„umweltgefährlich“ (Einstufungs- und Gefahrensymbol nach 91/155/EG)
NATO-CCMS	Committee on the Challenges of Modern Society der NATO
NCI	negative chemische Ionisation
NDS	Naphthalin-Disulfonat
NE	Nicht-Eisen
ng	Nanogramm
nn	nicht nachweisbar
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level
NOEC	No Observed Effect Concentration
NP	Nonylphenol(e)
NP1EC	Nonylphenoxyessigsäure
NP2EC	Nonylphenoxyethoxyessigsäure

NPEO	Nonylphenoethoxylat(e)
NP1EO	Nonylphenolmonoethoxylat
NP2EO	Nonylphenoldiethoxylat
NPD	Nitrogen-Phosphorus-Detector
Nr.	Nummer
NRW	Nordrhein-Westfalen
NS	Naphthalin-Sulfonat
NTA	Nitrilotriessigsäure
NTS	Naphthalin-Trisulfonat
o ortho	(1,2 Stellung in aromatischen Ringverbindungen)
o.a.	oben angeführt
obh.	oberhalb
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
o.J.	ohne Jahr(esangabe)
OMCTS	Octamethylcyclotetrasiloxan
OP	Octylphenol
OPEO	Octylphenoethoxylat(e)
OPT	Octylphenol PT
OSPAR (Oslo-Paris-)Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-Atlantic
OZV	Organozinnverbindung(en)
p	para(1,4-Stellung in aromatischen Ringsystemen)
Pa	Pascal
PAH, PAK	Polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen
PAS	Polare aromatische Sulfonate
PBDD	Polybromierte Dibenzo(1,4)dioxine
PBDE	Polybromierte Diphenylether
PBDF	Polybromierte Dibenzofurane
PBT	persistent, bioakkumulativ, toxisch
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCP	Pentachlorphenol
PCDD	Polychlorierte Dibenzo(1,4)dioxine
PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane
PDMS	Polydimethylsiloxane
PEC	Predicted Environmental Concentration
Perz.	Perzentil
pg	Picogramm
pH	pondus Hydrogenii (negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration)
PHB	4-Hydroxybenzoesäure
PIC	Prior Informed Consent („vorherige Zustimmung nach Inkenntnissetzung“; Verfahren der Rotterdamer PIC-Konvention von 1998)
PNEC	Predicted No Effect Concentration
POP	Persistent Organic Pollutions
ppm	parts per million
PSE	Phthalsäureester
PSM	Pflanzenschutzmittel
PVC	Polyvinylchlorid
QN	Qualitätsnorm
Qu.	Quartalsbeprobung

QZ	Qualitätsziel
R	R-Satz (Gefährlichkeitsmerkmal nach 91/155/EG)
(r)	rechts
RA	Risk Assessment
RAR	Risk Assessment Report
rd.	rund
resp.	respektive
RHmV	Verordnung über Höchstmengen an Rückständen von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln, Düngemitteln und sonstigen Mitteln in oder auf Lebensmitteln und Tabakerzeugnissen (Rückstands - Höchstmengenverordnung), 1999
RIWA	Vereniging van Rivierwaterbedrijven, Amsterdam
RoHS	Restriction on Hazardous Substances (Richtlinie 2002/95/EG)
RP-18	reversed phase, 18 C-Atome in der Seitenkette (stationäre Phase der Flüssigchromatographie)
S.	Seite(n)
SCCNFP	Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-Food Products der EU-Kommission
schriftl.	schriftlich
sh.	siehe
SHmV	Verordnung über Höchstmengen an Schadstoffen in Lebensmitteln (Schadstoff-Höchstmengenverordnung); 1988/2003
SNFK	Naphthalinsulfonat-Formaldehyd-Kondensationsprodukte
sog.	so genannt
SRU	Rat von Sachverständigen für Umweltfragen
Stoffber.	Stoffbericht
StP	Stichprobe
s.u.	siehe unten
(SuS)	Schutzgut Schwebstoff und Sediment
t	Tonne(n)
(T)	Schutzgut Trinkwasserversorgung
T+	„sehr giftig“ (Einstufungs- und Gefahrensymbol nach 91/155/EG)
Tab.	Tabelle(n)
TBP	Tributylphosphat
TBT	Tributylzinn
TCDD	Tetrachlordibenzodioxin
TCDF	Tetrachlordibenzofuran
TCEP	Tris(2-chlorethyl)phosphat
TcHT	Tricyclohexylzinn
TCMTB	2-(Thiocyanomethylthio)benzothiazol
TCPP	Tris(2-chlorpropyl)phosphat
TEF	Toxizitäts-Equivalent-Faktor (Toxizitäts-Äquivalent-Faktor)
TEGEWA	Verband der Textilhilfsmittel-, Lederhilfsmittel-, Gerbstoff- und Waschrohstoff-Industrie e.V., Frankfurt/M.
TEP	Triethylphosphat
TEQ	Toxizitäts-Equivalent (Toxizitäts-Äquivalent)
TetraCB	Tetrachlorbenzol

TMP	Trimethylphosphat
TOC	Total Organic Carbon, organisch gebundener Kohlenstoff
TPP	Triphenylphosphat
TPT	Triphenylzinn
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe nach GefStoffV
TriCB	Trichlorbenzol(e)
TS	Trockensubstanz
TTBT	Tetrabutylzinn
TVO	Trinkwasserverordnung
TZW	Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe
u.a.	unter anderem
u.ä.	und ähnlich(e)
UBA	Umweltbundesamt, Dessau bzw. Berlin
Übers.	Übersicht
UN-ECE	United Nations Economic Commission for Europe
UNEP	United Nations Environment Programme
Univ.	Universität
unterh.	unterhalb
unveröff.	unveröffentlicht
UQN	Umweltqualitätsnorm (= EQS)
u.U.	unter Umständen
UV	Ultra-Violett
VCI	Verband der Chemischen Industrie e.V., Frankfurt/M.
vgl.	vergleiche
VMS	Volatile Methylsiloxane
VO	Verordnung
vPvB	very persistent, very bioaccumulative
WGK	Wassergefährdungsklasse
WHO	World Health Organization, Genf
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie, 2000/60/EG
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
ZV	Zielvorgabe

1. Einleitung

Das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) hat seit den 1980er Jahren „Orientierende Messungen“ gefährlicher Stoffe in hessischen Fließgewässern, Abwässern und Klärschlämmen durchgeführt. Hierzu zählt – neben Untersuchungen auf Schwermetalle und Pflanzenschutzmittel – insbesondere die qualitative und quantitative Bestimmung des Vorkommens von speziellen organischen Verbindungen. Die Untersuchungen auf solche organischen Spurenverunreinigungen in den Jahren 1991 bis 2003 sind Gegenstand des vorliegenden Berichts. Untersucht wurden die folgenden Matrices: Schwebstoff, Sediment und Wasser von Oberflächengewässern sowie Ablauf (Wasser und Schwebstoff) und Klärschlamm von kommunalen und industriellen Kläranlagen.

Das Ziel der „Orientierenden Messungen“ war es u.a., die Belastung der Gewässer mit in der Umwelt weit verbreiteten Stoffen bzw. Stoffgruppen zu ermitteln, die in den übrigen hessischen Gewässer-Messprogrammen auf Grund des hohen Analysenaufwandes wenig oder gar nicht untersucht wurden und werden. Dabei sollten Informationen über das allgemeine Belastungsniveau und ggf. über Belastungsschwerpunkte gewonnen werden. Die Einbeziehung kommunaler und industrieller Kläranlagen ermöglichte es außerdem, wichtige Hinweise auf Eintragswege in die Gewässer zu erlangen.

In der genannten Untersuchungszeit (1991-2003) wurden die Konzentrationen von 26 organischen Stoffgruppen mit insgesamt 303 Parametern im Wasser dieser Gewässer selbst bzw. in kommunalen und industriellen Kläranlagenabläufen und/oder im Feststoff (Schwebstoff der Gewässer und Kläranlagenabläufe, Sediment, Klärschlamm) bestimmt. Die Proben (Probenahme i.d.R. ein Mal pro Jahr) stammten aus 36 großen wie kleinen Gewässern des Landes sowie von 13 kommunalen und 10 industriellen Kläranlagen, die an diesen Gewässern liegen. Die Gesamtzahl der Probenahmeorte beträgt 134.

Viele der untersuchten Parameter gehören zu den „klassischen“ Problemstoffen wie die Chlororganika, Komplexbildner oder Phthalate; daneben wurden sukzessive Substanzen in die Messungen einbezogen, die erst in jüngerer Vergangenheit verstärkt in die öffentliche Diskussion gelangten wie beispielsweise ab 1994 Alkylphenole, Moschus-Duftstoffe oder Zinnorganika bzw. ab 2000 Polybromierte Diphenylether (Flammschutzmittel).

1.1 Gliederung der Studie

Alle Informationen zu Vorkommen und Konzentrationen der untersuchten Stoffe und Stoffgruppen finden sich in den 26 stoffbezogenen Einzelabschnitten von Kapitel 6. Die Abschnitte enthalten zuerst allgemeine Angaben zu den jeweils untersuchten Stoffen, eine Übersicht zu den verfügbaren Messdaten nach Matrices und Probenahmezeiten, eine Charakterisierung von Herkunft, Umweltverhalten und Toxikologie der jeweiligen Stoffe einschließlich einer Übersicht zu den herangezogenen Bewertungsgrundlagen, eine ausführliche Darstellung und Diskussion der Messdaten und Trends, Vergleichswerte aus anderen Bundesländern – soweit verfügbar – sowie eine abschließende Bewertung der Befunde.

Kapitel 7 gibt eine gesonderte Auswertung der Schadstoffkonzentrationen im Schwebstoff (Ablauf) und im Klärschlamm von kommunalen und industriellen Kläranlagen in den Jahren 2002 und 2003 für zehn der 26 Stoffgruppen mit zusammen 73 Einzel- und Summenparametern, für die solche Daten vorliegen. Das Kapitel ist nach Stoffgruppen unterteilt und enthält einen zusammenfassenden Schlussabschnitt.

Diesen stoffbezogenen Kapiteln 6 und 7 sind – neben dieser Einleitung – die Kapitel 2 bis 5 vorgeschaltet, die allgemeine Angaben enthalten: Kapitel 2 gibt eine Übersicht zu den Proben nach Stoffgruppen und Matrices sowie zu Probenahmetechnik und -zeiten. Kapitel 3 behandelt die Analytik (Analytische Verfahren und Analysenqualität). In Kapitel 4 werden die Probenahmeorte vorgestellt (Gewässer und Messstellen, Charakterisierung der Gewässer nach Gewässergüte, Schmutzwasseranteilen und Schwebstoffgehalten). Kapitel 5 enthält eine Übersicht zu den bewertungsrelevanten Zielwerten (Zielvorgaben, Qualitätsziele und Qualitätsnormen), die in den stoffbezogenen Kapiteln herangezogen werden.

Die Literatur ist den jeweiligen Kapiteln bzw. Unterkapiteln zugeordnet.

1.2 Untersuchte Stoffgruppen im Zeitverlauf

Übersicht 1.1 gibt einen ersten allgemeinen Überblick, welche Stoffgruppen wann und in welchen Matrices (F = Feststoff, W = Wasser) untersucht wurden.

Übersicht 1.1: Untersuchte Stoffgruppen nach Matrix und Zeitverlauf														
Stoffgruppe	Matrix	Probenahmejahre												
		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
01 AOX AOX TOC	F													
	W													
	F													
02 PCB	F													
03 Aromatische und andere CKW	F													
	W													
04 Chlorphenole	F													
	W													
05 Chlorpestizide	F													
	W													
06 PCDD/F	F													
07 PAK	F													
	W													
08 Zinnorganika	F													
	W													
09 Alkylphenole	F													
	W													
10 Aromatische KW	W													
11 Phosphors.ester	W													
12 Komplexbildner	W													
13 Benzotrifluoride	W													
14 Moschus- verbindungen	F													
	W													
15 Aliphat. HKW	W													
16 Nitroaromaten	W													
17 Aniline	W													
18 PBDE	F													
	W													
19 Kurzkettige CP	F													
20 Diverse Amine	W													
21 Phthalsäureester	W													
22 Bisphenole	W													
23 AOS IOS	W													
	W													
24 Arom. Sulfonate	W													
25 Benzothiazole	W													
26 Siloxane	W													

F: Feststoff, dunkelgrau unterlegt; W: Wasser, hellgrau unterlegt

Der Hinweis, dass eine Stoffgruppe in einem bestimmten Jahr untersucht wurde, bedeutet dabei nicht, dass alle Parameter dieser Stoffgruppe analysiert wurden.

Die Übersicht lässt erkennen, dass die zeitliche Untersuchungsintensität bei den verschiedenen Stoffgruppen sehr unterschiedlich war. Stoffgruppen, aus denen einzelne und z.T. wechselnde Vertreter (fast) durchgängig im gesamten Untersuchungszeitraum analysiert wurden (dies gilt besonders für Feststoffuntersuchungen), stehen solche gegenüber, aus denen einzelne Stoffe nur kurzfristig untersucht oder mit mehr oder weniger ausgeprägten zeitlichen Unterbrechungen überprüft wurden. Letzteres trifft stärker auf Parameter zu, die nur im Wasser analysiert wurden.

Dies entspricht gerade dem Charakter von „orientierenden“ Messungen, die – z.T. auch kurzfristig – Aufschluss über das Vorkommen oder Nichtvorkommen von Stoffen in quantitativ bestimmbar Konzentrationen geben sollten. Dazu einige Beispiele:

- Die Messung der Benzotrifluoride (Stoffgruppe 13) wurde z.B. ab 1997 eingestellt, da die Stoffe in den Gewässerproben gar nicht bzw. nur vereinzelt nachgewiesen werden konnten.
- Bei den aromatischen Kohlenwasserstoffen (Stoffgruppe 03), die Feststoffaffinität und Bioakkumulationspotential aufweisen, liegen aus dem Schwebstoff für einzelne Parameter meist längerfristige (z.B. Hexachlorbutadien) oder durchgehende (z.B. Penta- und Hexachlorbenzol) Datenreihen vor, die insgesamt ein relativ niedriges Belastungsniveau zeigen. Im Wasser wurden die Stoffe dagegen nur zeitweilig untersucht: die drei genannten z.B. nur 2002/2003. Monochlortoluole wurden in Oberflächengewässern 1991/92 und 1994/95, im Ablauf kommunaler Kläranlagen 1994/95 und 2002 sowie im Ablauf industrieller Kläranlagen 1991/92, 1995 und 2002 bestimmt. Hier handelte es sich also um stichpunktartige Überprüfungen.
- Die Komplexbildner (Stoffgruppe 12) fanden ab 1997 in den „Orientierenden Messungen“ grundsätzlich keine Berücksichtigung mehr, da sie auch Untersuchungsgegenstand des hessischen Gewässergütemessprogramms sind. Die für 2000 ausgewiesene Beprobung im Wasser betrifft die stichprobenartige Überprüfung des Ablaufs der kommunalen und industriellen Kläranlagen.
- Bei den Summenparametern für schwefelorganische Verbindungen (Stoffgruppe 23) wurde die AOS-Bestimmung (1992) wegen analytischer Probleme nicht weitergeführt und nach Entwicklung eines entsprechenden Verfahrens ab 1996 durch die IOS-Bestimmung ersetzt.

Entsprechende Details über die Probenahmezeiten finden sich in den jeweiligen Stoffabschnitten von Kapitel 6. Die Tabellen 4.1 bis 4.4 im Anhang von Kapitel 4 geben zudem eine genaue Übersicht, welche Proben wann an welchen Probenahmestellen gewonnenen wurden.

Die Untersuchung von Schadstoffkonzentrationen im Schwebstoff stellt einen Schwerpunkt des vorliegenden Berichts dar. Die Proben wurden seit Beginn der Untersuchungen mit Hilfe einer mobilen Durchlaufzentrifuge entnommen.

1.3 Datendokumentation und Zwischenberichte

Die Analysenergebnisse zu den organischen Spurenstoffen sind getrennt in tabellarischer Form zusammengestellt und stellen die Grundlage dieses Berichts dar. Die Messdaten der Jahre 1991 – 2001 liegen gedruckt vor (HLUG 2003b); die Daten für die Jahre 1991-2003 insgesamt sind im Internet abrufbar unter www.hlug.de/medien/wasser/gewaesserbelastung/index.htm
Zwischenberichte zu den „Orientierenden Messungen“ erschienen 1989 (HLfU 1989), 1997 (HLfU 1997) und 1999 (HLfU 1999) sowie 2003 (HLUG 2003a). Der vorliegende Bericht baut in wesentlichen Teilen auf den vorhergehenden Berichten auf.

Die in diesem Bericht nicht enthaltenen Ergebnisse anderer Schwerpunktprogramme (z.B. zu Pflanzenschutzmitteln und Bisphenol A) sind ebenfalls auf der homepage des HLUG abrufbar http://www.hlug.de/medien/wasser/wasser_psm/index.htm
http://www.hlug.de/medien/wasser/wasser_psm/psm_main_nidda.htm

1.4 Literatur

- HLfU [Hessische Landesanstalt für Umwelt] 1989: B. Kröber, M. Häckl: Bericht über orientierende Messungen auf gefährliche, organische Stoffe in Abwassereinleitungen, Abwasserbehandlungsanlagen und Gewässern in Hessen. Untersuchungszeitraum: 1985 bis 1988. HLfU, Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz H. 96, Wiesbaden 1989
- HLfU [Hessische Landesanstalt für Umwelt] 1997: C. Fooken, R. Gühr, M. Häckl, P. Seel: Orientierende Messungen gefährlicher Stoffe. Landesweite Untersuchungen auf organische Spurenverunreinigungen in hessischen Fließgewässern, Abwässern und Klärschlämmen 1991-1996. HLfU, Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz H. 233, Wiesbaden 1997
- HLfU (Hessische Landesanstalt für Umwelt) 1999: C. Fooken, R. Gühr, P. Seel: Orientierende Messungen gefährlicher Stoffe. Landesweite Untersuchungen auf organische Spurenverunreinigungen in hessischen Fließgewässern, Abwässern und Klärschlämmen 1991-1998. Ergänzender Bericht zu 1997-1998. HLfU, Wiesbaden o.J. [1999]
- HLUG (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie) 2003a: A. Leisewitz, P. Seel, S. Fengler: Orientierende Messungen gefährlicher Stoffe. Landesweite Untersuchungen auf organische Spurenverunreinigungen in hessischen Fließgewässern, Abwässern und Klärschlämmen 1991-2001, Ergänzender Bericht zu 1999-2001, HLUG [Wiesbaden 2003]
- HLUG (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie) 2003b: S. Fengler, C. Fooken, R. Gühr, P. Seel: Orientierende Messungen gefährlicher Stoffe. Landesweite Untersuchungen auf organische Spurenverunreinigungen in hessischen Fließgewässern, Abwässern und Klärschlämmen 1991-2001, Analysenergebnisse, HLUG [Wiesbaden 2003]

2. Proben

Vorhergehende Berichte: HLFU 1997 (für 1991-1996), S. 2-4; HLFU 1999 (für 1997-1998), S. 2-3.

2.1 Proben nach Stoffgruppen und Matrices

Grundsätzlich wurden aus folgenden Matrices Proben genommen:

Oberflächengewässer	Kommunale/Industrielle Kläranlagen
<ul style="list-style-type: none"> • Wasser • Schwebstoff • Sediment 	<ul style="list-style-type: none"> • Ablauf/Wasser • Ablauf/Schwebstoff • Klärschlamm

Eine genauere Übersicht hinsichtlich der Beprobung nach

- Probenahmeort (Oberflächengewässer, kommunale bzw. industrielle Kläranlagen),
- Stoffgruppe und Parametern,
- Beprobungsjahren,
- Anzahl der beprobten Gewässer bzw. Kläranlagen

wird unter „Verfügbare Messdaten“ jedem Stoffkapitel vorangestellt. Die beprobten Gewässer, Messstellen sowie kommunalen und industriellen Kläranlagen können den Messwerttabellen entnommen werden. Näheres zu den Probenahmeorten s. Kapitel 4.

Wie Übersicht 2.1 erkennen lässt, wurden ausgewählte und z.T. wechselnde Parameter der 26 im Rahmen der Orientierenden Messungen untersuchten Stoffgruppen (insgesamt 303 Parameter) hinsichtlich Matrices und Beprobungsdauer in sehr unterschiedlichem Maße erfasst:

- Acht Stoffgruppen (AOX/TOC, PCB, Aromatische CKW, PAK, Komplexbildner, Aliphatische HKW, Nitroaromaten und Aniline; zusammen 107 Parameter) wurden ab 1991 analysiert,
- acht weitere (Chlorpestizide, PCDD/PCDF, Alkylphenole, Aromatische KW, Phosphorsäureester, diverse Amine, Phthalsäureester, AOS/IOS; zusammen 86 Parameter) ab 1992.
- Noch einmal acht Stoffgruppen (Chlorphenole, Zinnorganika, Benzotrifluoride, Moschusverbindungen, Bisphenole, Aromatische Sulfonate, Benzothiazole und Siloxane; zusammen 69 Parameter) kamen zwischen 1994 und 1999 dazu,
- zwei (PBDE und kurzkettige CP; zusammen 41 Parameter) 2000/2001.

Die Beprobungsintensität hinsichtlich Parameterzahl je Stoffgruppe und Beprobungsdauer war sehr unterschiedlich:

- Maximal vier Jahre, also nur relativ kurzfristig untersucht wurden z.B. die Aliphatischen HKW (1991/92), die Nitroaromaten (1991/92, 2002/03), die Phthalsäureester (1992), die Benzotrifluoride (1994-96), die Siloxane (1997), die Aniline (1991/92 und 2002), die diversen Amine (1992; 2002), die PBDE (2000-03), die kurzkettigen CP (2001-03) sowie die Bisphenole (1999/2000). Auf diese zehn Stoffgruppen entfallen etwas mehr als ein Drittel der Parameter (119).

- Nitroaromaten, Aniline und Amine wurden 1991/1992 im Oberflächenwasser untersucht. 2002, z.T. 2003 wurden Vertreter dieser Stoffgruppen dann im Ablauf (Wasser) kommunaler und industrieller Kläranlagen kontrolliert. U.a. wegen Veränderungen im Belastungsmuster wurden dabei z.T. andere Parameter aus diesen Stoffgruppen analysiert als Anfang der 1990er Jahre.
- Die Mehrzahl der Stoffgruppen und Parameter wurde jedoch über lange Zeit und in verschiedenen Matrices (Wasser und Feststoff, Oberflächengewässer und Kläranlagen) untersucht.

Übersicht 2.1: Probenahme nach Stoffgruppen, Matrices und Probenahmejahren									
Stoffgruppe	Matrix								
	Oberflächengewässer			Kommunale Kläranlagen			Industrielle Kläranlagen		
	Wasser	Schwebstoff	Sediment	Ablauf/Wasser	Ablauf/Schwebstoff	Klärschlamm	Ablauf/Wasser	Ablauf/Schwebstoff	Klärschlamm
01 AOX/TOC	-	91-03	91-01	02	02-03	91-96; 02-03	02	02-03	91-01; 02-03
02 PCB	-	91-03	91-92; 95-00	-	02	94-98; 00;02	-	02	02
03 Aromatische und andere CKW	91-92; 94-95; 02-03	91-03	91-92; 94; 97-99; 01	94-95; 02	02-03	95-98; 00-03	91-92; 95; 02-03	02-03	91-92; 94-96; 00-03
04 Chlorphenole	02-03	95-03	01	02-03	02-03	96; 01-03	02-03	02-03	95-96; 02-03
05 Chlorpestizide	92; 01-03	94-02	-	92; 02-03	02	95-02	92; 02-03	02	02
06 Polychlorierte Dibenzodioxine/-furane	-	94	92; 94; 96-98	-	-	92; 94	-	-	92; 94-98
07 Polyzyklische aromatische KW	02-03	91-03	91-92; 94; 97-98; 01	02-03	02-03	94-98; 03	02-03	02-03	02-03
08 Zinnorganika	-	94-03	98; 00	-	02-03	95-03	03	02-03	95-03
09 Alkylphenole	92; 97-98; 00-03	94-03	-	97-98; 00-03	02-03	94-03	92; 02-03	02-03	94-96; 02-03
10 Aromatische KW	92; 94-96; 00-03	-	-	94-96; 00-03	-	-	92; 95-96; 00-03	-	-
11 Phosphorsäureester	92; 94-02	-	-	92; 94-00; 02	-	-	92; 94-00; 02	-	-
12 Komplexbildner	91-92; 94-96	-	-	00	-	-	00	-	-
13 Benzotrifluoride	94-96	-	-	94-96	-	-	94-96	-	-
14 Moschusverbindungen	99-00	94-00	-	99-00	-	94-98	00	-	94-98
15 Aliphatische HKW	91-92	-	-	91-92 ¹	-	-	-	-	-
16 Nitroaromaten	91-92	-	-	02	-	-	91-92; 02-03	-	-
17 Aniline	91-92	-	-	02	-	-	91-92; 02	-	-
18 PBDE	02-03	00-03	-	02-03	02-03	00-03	02-03	02-03	00-03
19 Kurzkettige Chlorparaffine	-	01-03	-	-	02-03	01-03	-	02-03	01-03
20 Diverse Amine	92	-	-	92; 02	-	-	92; 02	-	-
21 Phthalsäureester	92	-	-	-	-	-	92	-	-
22 Bisphenole	99-00	-	-	99-00	-	-	-	-	-
23 AOS/IOS	92; 96-00	-	-	96-00	-	-	92; 96-00	-	-
24 Aromatische Sulfonate	95-00	-	-	95-00	-	-	95-00	-	-
25 Benzothiazole	96-00	-	-	96-00	-	-	96-00	-	-
26 Siloxane	97	-	-	97	-	-	97	-	-

¹ Aliphatische HKW, Ablauf und Zulauf

- Die Analyse von 14 Stoffgruppen (105 oder ein Drittel der Parameter) erfolgte nur in der Wasserphase (Oberflächengewässer, Abläufe kommunaler Kläranlagen (KKA) und industrieller Kläranlagen IKA)). Dies gilt für Aromatische KW, P-Ester, Komplexbildner, Benzotrifluoride, Aliphatische HKW, Nitroaromaten, Aniline, Amine, Phthalsäureester, Bisphenole, AOS/IOS, Aromatische Sulfonate, Benzothiazole und Siloxane.
- Schwer lösliche PCB, Dioxine und kurzkettige CP (zusammen 73 oder ein Viertel der Parameter) wurden ausnahmslos in Feststoffproben untersucht. Für AOX/TOC und Zinnorganika gilt dies bei den Oberflächengewässern ebenfalls (nur Schwebstoff- und Sedimentproben), während sie bei den Kläranlagen 2002 und z.T. 2003 auch in Wasserproben bestimmt wurden.
- Die Konzentrationswerte für die restlichen neun Stoffgruppen mit etwa 40 Prozent der Parameter (AOX/TOC, Aromatische CKW, Chlorphenole, Chlorpestizide, PAK, Zinnorganika, Alkylphenole, Moschusverbindungen und PBDE, zusammen 125 Parametern) beziehen sich sowohl auf Wasser- wie auf Feststoffproben, wobei bei den Oberflächengewässern die Schwebstoffuntersuchung quantitativ dominiert (Wasserproben nur zeitweilig bestimmt).
- Bei zehn Stoffgruppen wurden 2002/2003 neben anderen Proben auch Schwebstoffproben aus dem Ablauf von Kläranlagen entnommen.

2.2 Probenahme: Technik, Zeiten

Die *Schwebstoffproben* wurden mit einer Durchlauf-Zentrifuge gewonnen (Firma Padberg, Typ Z 61), die den Schwebstoff auf einer Teflonfolie in der Zentrifuge abscheidet. Der Durchsatz lag bei ca. 1.000 l/h. Die Probenahme dauerte je nach benötigter Probenmenge und Schwebstoffgehalt des Gewässers meist mehrere, i.d.R. fünf bis sieben Stunden.

Die *Sedimentbeprobung* erfolgte in den Fließgewässern mit Schlammgreifern, in den Yachthäfen und zeitweilig auch in Rhein und Main mit dem Kran des Laborschiffs „Argus“.

Bei den *Wasserproben* und bei allen *Klärschlammproben* handelte es sich stets um Stichproben, ebenso bei den Proben der *kommunalen Kläranlagenabläufe* ab 1995. Vor 1995 wurden bei den kommunalen Kläranlagenabläufen für die Untersuchung auf leichtflüchtige Komponenten ebenfalls Stichproben verwendet, sonst 24-h-Mischproben. *Industrielle Kläranlagenabläufe*: 2-h-Mischproben bzw. Stichproben für die Messung der leichtflüchtigen Stoffe.

Die Proben wurden normalerweise einmal im Jahr genommen, in der Regel bei Trockenwetter, und zeitlich meist von August/September bis Oktober. Ab 1993 wurde ein Teil der (zeitintensiven) Schwebstoff-Probenahmen aus organisatorischen Gründen in die Sommermonate (Juli/August) vorgezogen. Neben der jährlichen Einmal-Beprobung kamen auch häufigere Beprobungen vor. So liegen u.a. für den Main bei Bischofsheim seit 1995 Monatswerte für PCB und PAK im Schwebstoff vor, für einzelne Stoffe und Jahre auch Quartalswerte (Zinnorganika 2001) oder Halbjahreswerte (Dioxine 1997-2001), für die Fulda (und die Werra mit wenigen Jahren) Quartalswerte. 2000 (und z.T. 2001) wurden die Oberflächengewässer zwei Mal auf Alkylphenole untersucht, ebenso die Abläufe der KKA.

Die Jahreszeit Spätsommer/Herbst wurde gewählt, weil zu dieser Zeit mit Niedrigwasser gerechnet werden kann. So lagen die Abflusswerte während der Probenahmemonate an den beprobten Flüssen z.B. 1991-1996 unter den Abfluss-Medianwerten des jeweiligen Jahres (Ausnahme: Oktober 1996). Vergleicht man für diesen Zeitraum die absoluten Abflusswerte zur Probenahmezeit, so sind – von einigen Ausnahmen abgesehen – keine wesentlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren zu erkennen.

2.3 Eigenschaften der Feststoffproben

Viele Schadstoffe reichern sich bevorzugt an den Oberflächen der im Gewässer vorhandenen Feststoffe (suspendierte Feststoffe, d.h. Schwebstoff; Sediment) an. Insbesondere die lipophilen Stoffe mit erhöhtem $\log K_{OW}$ haben eine geringe Wasserlöslichkeit und die ausgeprägte Neigung, an Feststoffteilchen zu adsorbieren. Dies drückt sich in einem hohen Schwebstoff/Wasser-Verteilungskoeffizienten aus. Schwebstoff ist Transportmedium insbesondere hydrophober Schadstoffe.

Unter Schwebstoff („abfiltrierbare Stoffe“) versteht man dabei die Stoffe, die mit dem Wasser im Gleichgewicht stehen oder durch Turbulenzen in der Schwebe gehalten werden (Symader 1993). Schwebstoff ist sehr heterogen zusammengesetzt; neben sandigen Partikeln und eingetragenen organischen Bestandteilen findet man Kleinstlebewesen und Detritusflocken (Kleinstteilchen pflanzlicher und tierischer Gewebe), also Bestandteile, die im Gewässer selbst entstehen. Schwebstoff wird nach Korngröße unterteilt in einen Anteil $<63 \mu\text{m}$ (Feinschwebstoff) und $>63 \mu\text{m}$ (suspendierter oder Feinsand).

Schwebstoffuntersuchungen: 12 Stoffgruppen mit annähernd zwei Drittel der in den Orientierenden Messungen untersuchten Parameter wurden hauptsächlich im Schwebstoff bestimmt.

Die Untersuchung von Schwebstoff auf Spurenverunreinigungen hat gegenüber der Analyse von Wasserproben mehrere praktische Vorteile:

- In Wasserproben liegen die zu bestimmenden Substanzen oftmals im Bereich der Nachweisgrenze. Deshalb sind sie teilweise gar nicht messbar oder nur mit geringer Genauigkeit anzugeben. Aufgrund des Anreicherungseffekts bewegen sich die zu messenden Schadstoffkonzentrationen im Schwebstoff dagegen in einem deutlich höheren Konzentrationsbereich. Die bei der Analytik von Wasserproben häufig auftretenden Probleme lassen sich durch diesen Anreicherungseffekt bei der Messung von Schwebstoffproben umgehen.
- Schwebstoffproben können aus jedem Gewässer gewonnen werden (bei einem schwebstoffarmen Gewässer muss die Probenahmezeit u.U. verlängert werden).
- Der Schwebstoff stellt ein relativ homogenes Material dar.
- Die Schadstoffgehalte im Schwebstoff spiegeln zudem eher die *aktuelle* Belastung des Gewässers wider.

Sedimentuntersuchungen: Bei einer Reihe von Parametern wurden seit 1991 in einer im Vergleich zu den Schwebstoffuntersuchungen eingeschränkten Zahl von Fließgewässern Sedimentuntersuchungen durchgeführt. Sie wurden aber bald reduziert und nur noch an Belastungsschwerpunkten weitergeführt, da Sedimentproben einige nachteilige Eigenschaften haben:

- Die Sedimentablagerung findet unregelmäßig stark statt; u.U. ist an einzelnen Orten kein geeignetes Probenmaterial vorhanden.
- Die Korngrößenverteilung von Sedimentproben kann ganz unterschiedlich ausfallen (Inhomogenität); sie wirkt sich unmittelbar auf die Höhe der Schadstoffkonzentration in der Probe aus.
- Je nach Tiefe der entnommenen Sedimentprobe kann diese unterschiedlich alt sein, d.h. die gemessene Schadstoffkonzentration kann eine Jahre zurückliegende Belastung des Gewässers wiedergeben.

Bei allen Feststoffproben (Schwebstoff, Sediment, Klärschlamm) sind die Konzentrationsangaben stets auf die Trockensubstanz (TS) bezogene Werte. Die Ergebnisse für den Trockenrückstand bei den einzelnen Probenarten sind in den Messwerte-Tabellen nicht aufgeführt. Übersicht 2.2 fasst die Spannbreiten für 1991-1998 und 2002/2003 zusammen. Unter natürlichen Bedingungen (Oberflächengewässer und deren Sedimente) ist die Bandbreite beim Trockenrückstand der Proben wesentlich größer als unter den künstlichen Bedingungen der Kläranlagen (Ablauf Wasser und Klärschlämme).

Übersicht 2.2: Durchschnittlicher Trockenrückstand¹ nach Probenart		
Probenart	Trockenrückstand in %	
	1991-1998	2002/2003
Schwebstoff Oberflächengewässer	15-50	3-51
Sediment	12-75	21-80
Schwebstoff Ablauf KKA	-	4-14
Schwebstoff Ablauf IKA	-	7-24
Klärschlamm KKA und IKA	1-6	1-7

¹ Anteil der Trockenmasse an der Gesamtmasse des Probenmaterials. Werte gerundet.

Korngröße und TOC bei Feststoffproben: Die organischen Schadstoffe liegen überwiegend an organische Probenbestandteile oder an feinkörniges mineralisches Material gebunden vor (Schubert u.a. 1995; Hellmann 1996). Für das Ausmaß der Schadstoffanreicherung an Feststoffen ist die Verfügbarkeit von Adsorptionsflächen ein wesentlicher Faktor. Damit spielen zwei Eigenschaften von Feststoffpartikeln eine wichtige Rolle: die Korngrößenverteilung und der Gehalt an organischem Kohlenstoff (total organic carbon, TOC). Entsprechend wurde bei Schwebstoff-, Sediment- und Klärschlammproben auf den TOC-Gehalt sowie auf dessen Variation (nach Gewässern und Zeitverlauf) geachtet, bei den Sedimentproben auch auf die Korngrößenverteilung. Die Abhängigkeit des organischen Schadstoffgehalts im Schwebstoff vom TOC bzw. von der Korngröße ist im Übrigen weniger erforscht als die Korrelation zwischen Schwermetallkonzentration und Feinfraktion im Sediment.

Korngrößenbestimmung: In den *Schwebstoffproben* wurde auf eine Bestimmung der Korngrößenverteilung verzichtet. (Bei 14 Proben aus dem Jahr 1994 lag die <63µm-Naßsiefbraktion (Feinschwebstoff) durchgängig bei 95 - 100 %.) Bei den *Sedimentuntersuchungen* wurde dagegen in jeder Probe der <63µm-Anteil mitbestimmt; er wird in den Ergebnistabellen mit angegeben. Die Werte streuten über den gesamten Bereich zwischen <1 und 90 %, was die oben genannte Inhomogenität des Sediments unterstreicht.

TOC-Gehalte: Bei den Feststoffproben wurde der TOC durchgängig gemessen. Die TOC-Gehalte im Schwebstoff der *Oberflächengewässer* lagen 1991-2003 zwischen

3,3% (Nidder, Mündung, 1992; Rhein, km 480, rechts, 1993;) und 27,6% (Werra, Witzenhausen, 1998). Unterschiede traten sowohl zwischen den Werten in den einzelnen Gewässern als auch zwischen denen der einzelnen Jahre auf; auch innerhalb eines Jahres kamen deutliche Abweichungen vor, ein Trend war jedoch nicht zu beobachten. Im Schwebstoff von industriellen und kommunalen *Kläranlagen* (11,6-63,4%) und in deren Klärschlamm (5,6-46,7%) wurden z.T. wesentlich höhere Werte und eine größere Bandbreite gemessen. Im *Sediment* waren die Werte und die Spanne meist niedriger (0,9-10,3%; vgl. im Einzelnen Kap. 6.01, Abschn. 5).

2.4 Literatur

- H. Hellmann: Organische Spurenstoffe in Gewässerschwebstoffen, in: C. Steinberg et al., Handbuch Angewandte Limnologie, Landsberg/Lech [ecomed] 1996, S. 5-46
- B. Schubert et al. 1995: B. Schubert, P. Heiningen, H. Bergmann, Normierung der Konzentrationen organischer Schadstoffe in Sedimenten und Schwebstoffen, in: Abstracts und Folien der Vorträge vom Workshop „Belastung der Elbe und ihrer Nebenflüsse mit organischen Schadstoffen“, GKSS-Forschungszentrum, Geesthacht 1995
- W. Symader: Der Schwebstoff. Vehikel oder Indikator umweltrelevanter Schadstoffe, in: Wasser-Kalender 27, 1993, S. 48-59

3. Analysenverfahren

Vorhergehende Berichte: HLFU 1997 (für 1991-1996), S. 5-14; HLFU 1999 (für 1997-1998), S. 4-7.

3.1 Untersuchende Institute

Die Analysen wurden durchgängig an externe Labors vergeben. Die Feststoff-Analysen führte mit Ausnahme der Jahre 1991/1992¹ die GfA (Gesellschaft für Arbeitsplatz und Umweltanalytik mbH, Münster) durch, die Wasseranalysen stammen von insgesamt sieben Instituten, mehrheitlich von einem Labor (Fresenius, Taunusstein)².

3.2 Analysen nach Stoffgruppen, Matrices , Probenahmejahren und analytischen Verfahren

In Übersicht 3.1 sind die Analyseverfahren stoffgruppen-, matrix- und zeitbezogen nach Laboratorien zusammengestellt. In der Übersicht wird nach Feststoffproben (Schwebstoff, Sediment, Klärschlamm) und Wasserproben (Oberflächengewässer und Kläranlagenabläufe) unterschieden. Details sind den Einzelkapiteln zu entnehmen.

Übersicht 3.1: Analysen nach Stoffgruppen, Matrices und Probenahmejahren			
Stoffgruppe	Matrix/Jahre	Institut	Methode
01 AOX/TOC	Feststoff: AOX: 1991-2003	ISEGA (1991), Fresenius (1992), GfA (1993ff).	DIN 38414-S18
	Wasser: AOX: 2002/2003	TZW	DIN EN 1485
	Feststoff: TOC: 1991-2003	ISEGA (1991), Fresenius (1992), GfA (1993ff).	DIN 38414-S18
02 PCB	Feststoff: 1991-2003	ISEGA (1991), Fresenius (1992), GfA (1993ff).	- getrocknete oder gefriergetrocknete Probe; - Extraktion mit Hexan (1991), Aceton (1992), Toluol (1993), Toluol/Aceton oder Toluol (1994ff); - GC/ECD, ab 1994 GC/MS
03 Aromatische und andere CKW	Feststoff: 1991-2003	ISEGA (1991), Fresenius (1992), GfA (1993ff).	- getrocknete oder gefriergetrocknete (1991), gefriergetrocknete (1992/93), ungetrocknete Originalprobe (1994ff); - Extraktion mit Hexan (1991), Aceton (1992), Toluol (93), Dichlormethan (1994ff) - GC/MS (1991; 1994ff), GC/ECD (1992, 1993)
	Wasser: 1991/1992, 1994/1995, 2002/2003	Fresenius (1991, 1995), Engler-Bunte (1992), Wessling (1994), GfA (2002/2003)	- Extraktion mit Toluol (1991); Ausblasverfahren nach Grob (1992); Extraktion mit Pentan (1994); Purge & Trap (1995); Extraktion mit Dichlormethan (2002/2003) - GC/ECD (1991); GC/MS (1992, 1994/1995, 2002/2003)
04 Chlorphenole	Feststoff: 1995-2003	GfA	- ungetrocknete Originalprobe; - Extraktion mit wässriger Kalilauge; - Derivatisierung mit Acetanhydrid; - GC/MS
	Wasser: 2002/2003	TZW	- Festphasenanreicherung auf RP-18; - Elution mit Aceton; - GC-MS

¹ 1991: ISEGA Forschungs- und Untersuchungsgesellschaft mbH, Aschaffenburg; 1992: Institut Fresenius GmbH, Taunusstein (seit 2004: SGS Institut Fresenius).

² Sonstige Institute: Engler-Bunte-Institut, Universität Karlsruhe; GC-Analysen GmbH, Pöcking; ISEGA; DVGW – Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe; Wessling, Altenberge.

Stoffgruppe	Matrix/Jahre	Institut	Methode
05 Chlorpestizide	Feststoff: 1994-2003	GfA	- ungetrocknete Originalprobe; - Extraktion mit Aceton; - GC/MS
	Wasser: 1991/1992, 2001-2003	Fresenius (1991/1992), TZW (2001-2003)	- Extraktion mit Dichlormethan; - GC/NPD bzw. GC/ECD (1992), GC/MS (2002/2003)
06 Polychlorierte Dibenzodioxine/- furane	Feststoff: 1992-2003	Fresenius (1992), GfA (1993-2003)	- gefriergetrocknete Probe; - Extraktion mit Toluol (1992), Toluol/Aceton (1993ff); - GC/HRMS
07 Polyzyklische aromatische KW	Feststoff: 1991-2003	ISEGA (1991), Fresenius (1992), GfA (1993ff)	- getrocknete oder gefriergetrocknete Probe (1991); - Extraktion mit Hexan (1991), Cyclohexan (1992), Toluol/Aceton oder Toluol (1993ff); - GC/MS (1991, 1995-2003), HPLC/Fluoreszenz (1992, 1994), GC/FID (1993)
	Wasser: 2002/2003	TZW	DIN 38407 F18
08 Zinnorganika	Feststoff: 1994-2003	GfA	- ungetrocknete Originalprobe; - Extraktion mit Methanol/Tropolon bei pH 2 (1994) bzw. mit Hexan/Tropolon bei pH 1 (1995-1998), bzw. mit Hexan/Aceton (2002/2003); - Derivatisierung mit Pentylmagnesiumbromid - GC/MS
	Wasser: 2003	TZW	- Ethylierung mit NaBEt ₄ ; - Extraktion mit Hexan; - GC-MS
09 Alkylphenole	Feststoff: 1994-2003	GfA	- ungetrocknete Originalprobe; - Extraktion mit Hexan/Aceton oder Aceton; - Derivatisierung mit Heptafluorbuttersäureanhydrid; - GC/MS
	Wasser: 1992, 1994- 1996, 1997/1998, 2000-2003	Fresenius (1992), GC Analysen (1997/1998), ESWE (2000-2003)	Fresenius 1992: - saure Probe; - Extraktion mit iso-Octan; - GC/MS a) Nonylphenol, -ethoxylate, Octylphenol (1997/98): - Extraktion mit Toluol - GC/MS b) Nonylphenoxyessigsäure (1997/98) - saure Probe; - Anreicherung auf RP-18, Elution mit Aceton; - HPLC/DAD bzw. c) 2002-2003 Festphasenanreicherung pH2 Festphasenmaterial: C18-Material Elution mit 5*2 mL MeOH Messung LC/MS
10 Aromatische KW	Wasser: 1992, 1994- 1996, 2000- 2003	Engler-Bunte (1992), Wessling (1994), Frese- nius (1995/1996), TZW (2000-2003)	Aromatische KW; Benzol: - Ausblaserfahren nach Grob (1992); Extraktion mit Pentan (1994), Purge & Trap (1995, 2000-2003); - GC/MS Biphenyl (1995/1996): - Extraktion mit Dichlormethan; - GC/MS
11 Phosphorsäure- ester	Wasser: 1992, 1994- 2000, 2002	Fresenius (1992, 1995- 1998), Wessling (1994), Fresenius (1999/2000), TZW (2002)	- Extraktion mit Dichlormethan; - GC/NPD bzw. GC/ECD (1992), GC/MS (1994-1998) Festphasenanreicherung pH 2 unter Verwendung C13- markierter Anreicherungsstandards Festphasenmaterial Anionenaustauschermaterial Elution mit 16 M Ameisensäure Veresterung mit einer Acetylchlorid/ Isopropanolmischung zu den Isopropylestern Messung GC/MS (1999/2000) - Festphasenanreicherung auf RP-C18, Elution mit Aceton, GC-MS (2002)
12 Komplexbildner	Wasser: 1991/1992, 1994-1996, 2000	Fresenius (1991/1992, 1995/1996), Wessling (1994), ESWE (2000)	- saure Probe; - Anreicherung auf Ionenaustauscher, Elution mit Ameisensäure; - Derivatisierung mit Butanol/Acetylchlorid (Fresenius) bzw. Isopropanol/Acetylchlorid (Wessling); - GC/NPD (Fresenius) bzw. GC/MS (Wessling)
13 Benzotrifluoride	Wasser: 1994-1996	Fresenius	- Purge & Trap; - GC/MS

Stoffgruppe	Matrix/Jahre	Institut	Methode
14 Moschus- verbindungen	Feststoff: 1994-2000	GfA	- ungetrocknete Originalprobe; - Extraktion mit Aceton und Aceton/Hexan; - GC/MS
	Wasser: 1999/2000	TZW	- Festphasenanreicherung auf RP-18; - Elution mit Aceton; - GC-MS
15 Aliphatische HKW	Wasser: 1991/1992	ISEGA (1991), Engler- Bunte (1992)	- Headspace (1991), Extraktion mit Pentan (1992); - GC/ECD
16 Nitroaromaten	Wasser: 1991/1992, 2002/2003	Fresenius (1991); Engler- Bunte (1992), TZW (2002/2003)	Fresenius (1991): - Extraktion mit Toluol; - GC/ECD Engler-Bunte (1992), TZW (2002/2003): - Alkalische Probe; - Anreicherung auf RP-18, Elution mit Dichlormethan (1992) bzw. Aceton (2002/2003); - GC/MS
17 Aniline	Wasser: 1991/1992, 2002	Fresenius (1991), Engler- Bunte (1992), TZW (2002)	- alkalische Probe; - Extraktion mit Dichlormethan (1991) bzw. Anreiche- rung auf RP-18, Elution mit Dichlormethan (1992) bzw. Aceton (2002); - GC/MS
18 PBDE	Feststoff: 2000-2003	GfA	- gefriergetrocknete Probe; - Extraktion mit Toluol/Hexan; - GC/MS
	Wasser: 2002/2003	TZW	- Festphasenanreicherung auf RP-18; - Elution mit Aceton; - GC-MS
19 Kurzkettige Chlorparaffine	Feststoff: 2001-2003	GfA	- gefriergetrocknete Probe; - Extraktion mit Toluol - GC/MS-NCI
20 Diverse Amine	Wasser: 1992; 2002	Fresenius (1992), TZW (2002)	- alkalische Probe; - Extraktion mit Dichlormethan; - GC/MS - Festphasenanreicherung auf RP-C18, Elution mit Aceton, GC-MS (2002)
21 Phthalsäureester	Wasser: 1992, 2003	Fresenius (1992), tzw (2003)	Fresenius (1992): - Extraktion mit Hexan - GC/FID TZW (2003): - Festphasenanreicherung auf RP-18; - Elution mit Aceton; - GC-MS
22 Bisphenole	Wasser: 1999/2000	TZW	- Festphasenextraktion; - Derivatisierung mit N-Methyl-N-trimethylsilyltrifluoracetamid - GC-MS
23 AOS/IOS	Wasser: AOS 1992	Engler-Bunte	- Anreicherung auf Aktivkohle - Verbrennung zu SO ₂ ; - Oxidation zu Sulfat; - Ionenchromatographie
	Wasser: IOS 1996-2000	TZW	- Zugabe von Ionenpaarreagenz; - Anreicherung RP-18, Elution mit Methanol; - ICP/OES
24 Aromatische Sulfonate	Wasser: 1995-2000	TZW	- Online-Ionenpaar-Extraktion - HPLC/DAD bzw. HPLC/Fluoreszenz
25 Benzothiazole	Wasser: 1996-2000	Fresenius (1996-2000)	- Extraktion mit Ethylacetat bei pH 8,5 (1996); basische Probe (pH 8,5) und Festphasenextraktion (1997/1998) - GC/MS
26 Siloxane	Wasser: 1997	Fresenius (1997)	- Purge & Trap; - GC/MS

¹ Aliphatische HKW, Ablauf und Zulauf

3.3 Analysenqualität

In früheren Jahren traten in einzelnen Fällen Unstimmigkeiten bei Analyseergebnissen auf (unwahrscheinlich hohe oder niedrige Werte, Differenzen zwischen Vergleichsmessungen von zwei Labors). Zur Verbesserung der Analysenqualität und zur Qualitätssicherung legte die HLFU ab 1994 in ihren Untersuchungsvorgaben für die Orientierenden Messungen verschiedene methodenbezogene Regelungen fest. Zu den darin aufgeführten Qualitätsanforderungen zählten u.a.:

- Messung/Stoffidentifizierung möglichst mit Gaschromatographie/ Massenspektrometrie (GC/MS);
- Zusatz von Internem Standard und Angabe der Wiederfindungsraten;
- Aufstockexperimente;
- verdeckte Doppelproben;
- ausführliche Dokumentation.

Die Zugabe eines definierten, kommerziell erhältlichen Internen Standards zu einer Analysenprobe ermöglicht anhand der Wiederfindungsrate die Bewertung der Qualität des Nachweisverfahrens. Bei den für jeden Parameter in jeder untersuchten Matrix vorgeschriebenen Aufstockexperimenten wird eine bereits analysierte Probe mit einer definierten Menge der zu identifizierenden Substanz ergänzt („aufgestockt“) und anschließend neu vermessen; das Resultat zeigt, ob die zugesetzte Stoffmenge tatsächlich gefunden wurde und das Gesamtergebnis mithin richtig ist. Bei sog. verdeckten Doppelproben werden identische, aber als unterschiedlich ausgewiesene Analyseproben gemessen. Die Ergebnisse können anschließend verglichen werden. Auch diese Maßnahme ermöglicht eine kritische Beurteilung der Analysenqualität.

Die vom Auftraggeber (HLfU, HLUG) durchgeführten Validitätsprüfungen der Analyseenergebnisse zeigten,

- dass die überwiegende Mehrheit der Analyseenergebnisse glaubwürdig und plausibel ist;
- dass einige Analysendaten von der Auswertung der Orientierenden Messungen für diesen Bericht sicherheitshalber ausgeschlossen werden mussten, da sie mit zu großen Unsicherheiten behaftet waren.

Analytische Probleme, die Veranlassung dazu waren, die Messergebnisse im Rahmen dieses Berichts *nicht* zu berücksichtigen (Messdaten in Tabellen nicht aufgeführt), traten bei folgenden Parametern auf:

- Phthalate (Wasser): Die Stoffgruppe wurde im Rahmen der Orientierenden Messungen schon ab 1989 untersucht, doch wurden die Messungen nach 1992 wegen analytischer Probleme nicht fortgesetzt. Es werden nur die Werte für ein Jahr wiedergegeben (1992), da die anderen in nicht plausibler Weise systematisch höher lagen. Zu den analytischen Problemen sh. Kap. 21. In 2003 wurde DEHP als prioritärer Stoff der WRRL untersucht.
- AOS (Wasser): AOS wurde im Rahmen der Orientierenden Messungen schon ab 1987 untersucht, wobei ab 1991 ein Methodenwechsel stattfand. Zu analytischen Problemen vgl. Kap. 23. Es werden nur Ergebnisse für 1992 berichtet, da die Messergebnisse eines weiteren Jahres sich als nicht plausibel erwiesen.
- Diverse Amine (Wasser) und Nonylphenol (Wasser): In einem Jahr wurden die Ergebnisse für beide Analyten(gruppen) mithilfe von HPLC/UV erhalten; die Sicherheit der Identifizierung musste als zu gering bewertet werden.
- Komplexbildner (Wasser): Die Analytik der Komplexbildner ist für die 1990er Jahre prinzipiell als schwierig und störanfällig zu bezeichnen (vgl. Kap. 12). Die Werte für die Oberflächengewässer erscheinen brauchbar. Hingegen wichen die Werte für die (kommunalen und industriellen) Kläranlagenabläufe in dieser Zeit zwischen den Jahren und in verdeckten Doppelproben teilweise sehr stark voneinander ab; daher wurden sie nicht in den Bericht aufgenommen (für 2000 dagegen berichtet).

- Zinnorganika (Schwebstoff): Die Werte eines Jahres lagen in einer unplausibel hohen Größenordnung.
- PAK (Schwebstoff): Die Ergebnisse für einige PAK-Verbindungen (Naphthalin, Acenaphthen, Fluoren; Summe der 16 EPA-PAK) konnten 1995 wegen Blindwertproblemen nicht verwendet werden.
- Coffein und Bisphenol A (Wasser): Die 1998 erhaltenen Messwerte waren nicht plausibel.
- Der hohe Salzgehalt der Werra trug möglicherweise zur Verfälschung von Analyseergebnissen bei: So bei EDTA (Oberflächengewässer) 1991-1992 und 1994, bei AOX (Schwebstoff) 1991-1993 (ab 1994 nicht mehr gemessen).

Bei einigen Parametern treten methodenbedingte systematische Abweichungen auf (zu hohe oder zu niedrige Werte, Unsicherheiten); die Werte werden in den entsprechenden Tabellen bzw. Kapiteln angeführt, jedoch mit entsprechenden Anmerkungen:

- Minderbefunde bei den aromatischen Halogenkohlenwasserstoffen (1991, Sediment, Klärschlamm) nach Gefriertrocknung der Feststoffprobe;
- Minderbefunde bei PCBs (1991, Sediment) und bei PAK (1991, Schwebstoff) in Feststoffproben, wenn als Extraktionsmittel Hexan anstelle von Toluol verwendet wurde (in den Tabellen als methodenbedingte Minderbefunde ausgewiesen). Ebenso 2000 methodenbedingter Minderbefund bei Benzo(ghi)perylen.
- „Maximalwerte“: In einzelnen Fällen war bei chromatographischen Verfahren die gleichzeitige Elution von zwei oder mehreren Verbindungen (Coelution) nicht auszuschließen, so dass die Werte als Maximalwerte ausgewiesen werden: So bei PBDD/PBDF 1994 (Schwebstoff) und bei Benz(a)anthracen 1994 (Sediment).
- Schwebstoff- und Klärschlammwerte (KKA) für Moschus-Keton waren 1994-1996 ev. um den Faktor 2 zu hoch; gleiches gilt für die Schwebstoffwerte von Moschus-Keton und -Xylol 1995-2000 (Sonderuntersuchung Schwarzbach).
- Bei den Alkylphenolen (Oberflächengewässer 1997-1998; Abläufe KKA 1997-1998 und 2000-2001) stehen in den genannten Jahren die Werte wegen großer Unsicherheit bei der Analytik unter Vorbehalt; bei NP2EC in Oberflächengewässern wird für 2000-2001 ein Fehlerbereich von 15-20%, bei stark kontaminierten Gewässern von 30% angenommen, ebenso für NP1EC und NP2EC bei stark kontaminierten Abläufen KKA bis zu 30%.
- Komplexbildner (Oberflächengewässer): Wegen der o.a. Unsicherheit der Analytik stehen die Werte 1991-1996 unter Vorbehalt.

Um Probleme dieser Art zu vermeiden und vergleichbare Analysenergebnisse zu gewinnen, ist es neben den genannten Maßnahmen zur Qualitätssicherung auch sinnvoll, die jeweiligen Parameter möglichst kontinuierlich vom gleichen Labor mit einer bewährten Methode analysieren zu lassen. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Parameter, für deren Bestimmung keine DIN-Verfahren existieren. Aber auch bei Anwendung vorhandener DIN-Normen können unterschiedliche Labors durchaus zu nicht vergleichbaren Ergebnissen gelangen. Übersicht 3.2. ist zu entnehmen, dass die Feststoffanalysen 1991 und 1992 von zwei verschiedenen Labors untersucht wurden, um dann ab 1993 ganz von der GfA ausgeführt zu werden. Bei diesen Untersuchungen ist seit 1993/1994 eine hohe Stetigkeit bei den Analyseverfahren zu beobachten. Bei den Wasseranalysen waren – auch wegen deren Spezialisierung auf Stoffgruppen – die Zahl der beteiligten Institute und die Häufigkeit des Labor

wechsels dagegen größer. Dies drückt sich auch in häufigeren Verfahrensunterschieden bei den einzelnen Stoffgruppen aus.

Die angeführten Unsicherheiten weisen im Übrigen darauf hin, dass man Messwertangaben nicht blindlings als feststehenden Größen vertrauen sollte, sondern stets bedenken muss, dass es sich um erarbeitete Daten handelt, für deren Konstituierung auch die angewandten Arbeitsmethoden von Bedeutung sind. Dies betrifft die Probenahme ebenso wie die Analytik.

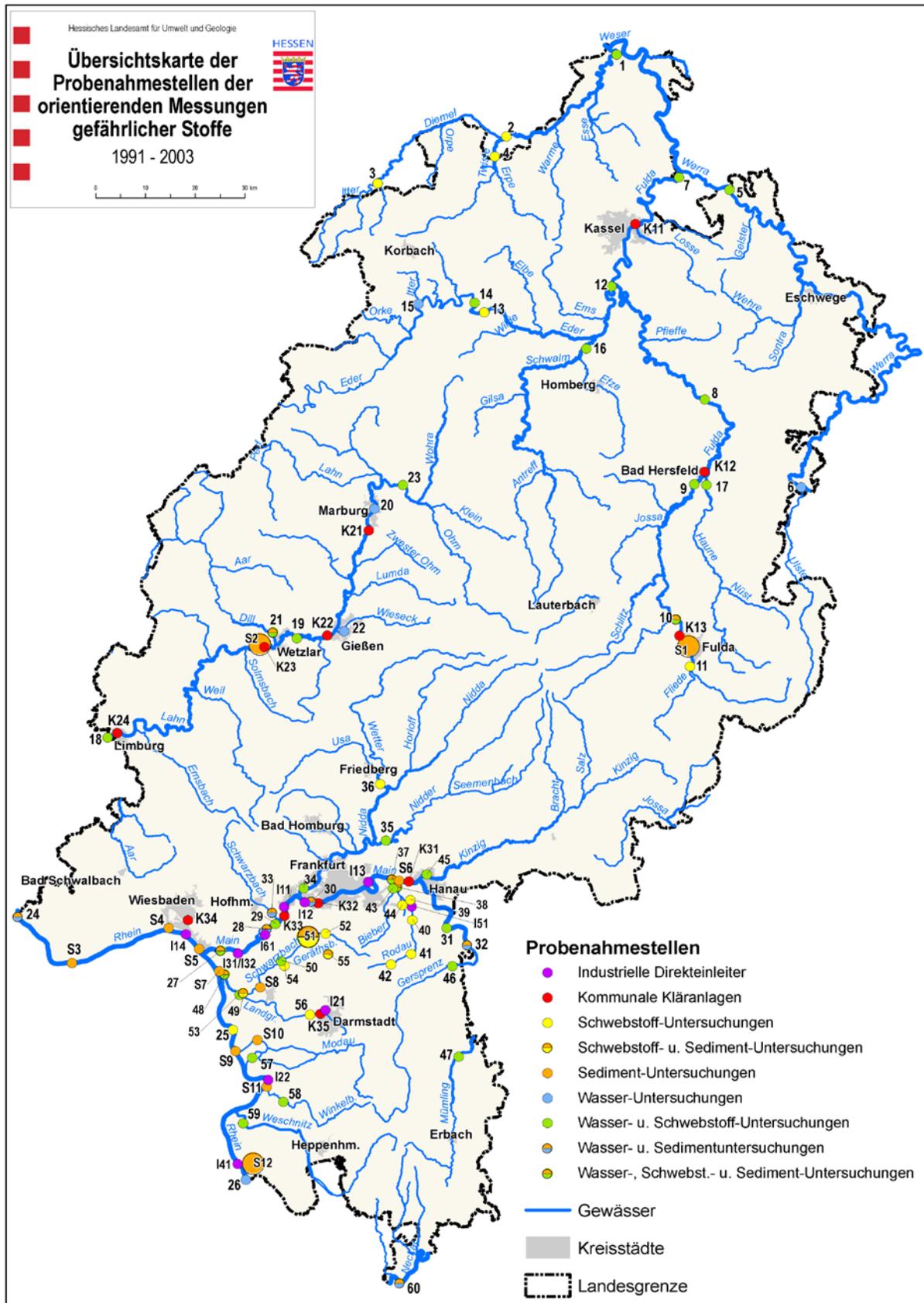
4. Probenahmestellen

Vorhergehende Berichte: HLfU 1997 (für 1991-1996), S. 15-23; HLfU 1999 (für 1997-1998), S. 8-13.

4.1 Übersicht

Mit den Orientierenden Messungen sollen die Belastungen der Oberflächengewässer stichpunktartig überprüft und ggfs. über längere Zeiträume zur Trendermittlung erfasst werden. Daher steht die *Probenahme im Gewässer* (Wasser- und Schwebstoffproben, Sedimentproben) an ausgewählten Probenahmestellen in ganz Hessen auch quantitativ im Vordergrund (Immissionsbetrachtung). Die Beprobung des *Abflusses von Kommunalen und Industriellen Kläranlagen* (Wasser und Schwebstoff) als Punktquellen der Gewässerbelastung gibt Aufschluss über die jeweiligen Gewässer-einträge, d.h. über die in den gereinigten häuslichen bzw. gewerblichen sowie industriellen Abwässern noch enthaltenen Schadstoffkonzentrationen (Emissionsaspekt). Die *Klärschlammbeprobungen* liefern Informationen über die Klärschlammbelastungen und sind darüber hinaus ein weiteres Indiz für die Schadstoffeinträge in die Kläranlagen. Der Vergleich der Belastung von Klärschlämmen mit der Belastung von Schwebstoff im Kläranlagenabfluss erlaubt zudem Rückschlüsse auf den Rückhaltegrad von Kläranlagen bei den jeweiligen Parametern (vgl. dazu speziell das Kapitel 7, Konzentrationsvergleich Schwebstoff-Klärschlamm bei Kläranlagen).

Eine detaillierte Zusammenstellung aller Probenahmestellen nach Parametern und Jahren (Schwebstoff- und Wasserproben) findet sich im Anhang des Kapitels 4.



Karte 4.1: Übersichtskarte der Probenahmestellen der orientierenden Messungen gefährlicher Stoffe 1991 – 2003

Übersicht 4.1: Gesamtzahl der Probenahmestellen im Rahmen der Orientierenden Messungen 1991-2003					
	Probenahmeorte				
	„Hessische Oberflächengewässer“ (Wasser, Schwebstoff)	„Sonderunters. Schwarzbach-Rodau“ (Wasser, Schwebst.)	Sedimentbeprobungen	Kommunale Kläranlagen (Wasser, Schwebstoff, Klärschlamm)	Industrielle Kläranlagen (Wasser, Schwebstoff, Klärschlamm)
insgesamt	54	17 ²	51 ⁵	13	11 ⁸
Gewässer/Vorfluter	29	9 ³	14 ⁶	5 ⁷	4 ⁷
Zeitraumen ¹	1991-2003	1995-2000/2001 ⁴	1991-1992, 1994, 1996-2001	1991-1992; 1994-2003	1991-1992; 1994-2003

¹ Innerhalb des Zeitrahmens wechselnde Zahl von Probenahmeorten, Parametern und Beprobungsjahren; ² davon 3 auch unter „Hess. Oberflächengewässer“; ³ davon 5 auch unter „Hess. Oberflächengewässer“; ⁴ 2001 (Januar): Alkylphenole; ⁵ darunter 16 Probenahmeorte, die auch unter „Hess. Oberflächengewässer“ bzw. „Sonderuntersuchung Schwarzbach-Rodau“ angeführt werden; ⁶ davon 12 auch unter „Hess. Oberflächengewässer“ bzw. „Sonderuntersuchung Schwarzbach-Rodau“; ⁷ alle bereits angeführt; ⁸ darunter ein Großbetrieb mit zwei Probenahmestellen.

Insgesamt wurden an 127 Probenahmeorten Proben gewonnen und analysiert. An 68 Probenahmestellen waren dies Wasser- und/oder Schwebstoffproben aus Oberflächengewässern (einschl. der 1995 beginnenden Sonderuntersuchung im Schwarzbach-Rodau-Einzugsgebiet), an 51 Probenahmestellen Sedimentproben (darunter 16 Probenahmeorte, an denen auch Wasser- bzw. Schwebstoffproben aus den jeweiligen Oberflächengewässern gewonnen wurden). Dazu kommen 24 Probenahmestellen an 13 kommunalen und 10 industriellen Kläranlagen (Wasser- und Schwebstoffproben aus dem Ablauf; Klärschlammproben). Bei einigen Probenahmeorten wechselten die Bezeichnungen im Laufe der Jahre; wo sie identisch sind, ist dies ausgewiesen. In einzelnen Fällen (Main, Bischofsheim; Gundbach) wird neben der Oberbezeichnung des Probenahmeortes gelegentlich auch eine Angabe mit genauer Lokalisierung verwendet.

Die Gesamtzahl der beprobten Gewässer, die in den nachstehenden Übersichten 4.2 – 4.4 aufgeführt werden, beträgt 35. 29 Gewässer wurden unter „Hessische Oberflächengewässer“, 9 im Rahmen der „Sonderuntersuchung Schwarzbach-Rodau“ erfasst, wobei fünf der in der Sonderuntersuchung beprobten Gewässer auch unter „Hessische Oberflächengewässer“ fallen. Die Karte 1 zeigt, dass alle größeren hessischen Fließgewässer durch die Untersuchungen abgedeckt wurden. Daneben sind auch einige kleinere Gewässer aufgrund ihrer Belastung mit in die Auswahl einbezogen worden; dies gilt insbesondere für die Sonderuntersuchung Schwarzbach-Rodau. In vielen Fällen ist der Probenahmeort die Mündung oder auch die hessische Landesgrenze.

Die Messstellen sind i.d.R. so gewählt, dass sie nicht direkt in der Abwasserfahne einer Einleitung liegen. Einige sind jedoch stark von Kläranlagen-Einleitungen beeinflusst. Dies gilt insbesondere für die Fulda bei Fulda-Gläserzell, für den Rhein an der südlichen Landesgrenze und für den Main bei Griesheim, Okriftel und Eddersheim.

Die Sediment-Probenahmestellen lagen durchweg an auch sonst untersuchten Gewässern, mit Ausnahme des Ginsheimer und des Lampertheimer Altrheins, die hier als eigenständige Gewässer gerechnet werden.

Die in den Übersicht 4.5 und 4.6 angeführten Kläranlagen-Vorfluter (Rhein, Main, Rodau, Darmbach, Lahn und Fulda) waren auch in die anderen Untersuchungen einbezogen.

Übersicht 4.1 gibt für die verschiedenen Typen von Probenahmestellen auch den jeweiligen Zeitrahmen an, innerhalb dessen i.d.R. einmal pro Jahr Proben an einer mehr oder weniger großen Zahl dieser Messstellen gewonnen wurden. Von KKA und IKA liegen für 1993 keine Daten vor. In den Jahren 1993, 1996-1996 sowie 2002/2003 wurde auf Sedimentbeprobungen verzichtet. Aus der im Zeitverlauf sehr unterschiedlichen Beprobungsintensität der verschiedenen Probenahmestellen und der unterschiedlichen Zahl von Parametern, die bestimmt wurden, ergibt sich auch eine sehr unterschiedliche Zahl an Messwerten/Probenahmeort.

In den nachfolgenden Übersichten zu den Probenahmeorten an Oberflächengewässern (Übersicht 4-2) werden die auch in den Tabellen (vgl. HLOG 2003b) so ausgewiesenen Probenahmestellen an den „hessischen Oberflächengewässern“, die Probenahmestellen „Sonderuntersuchungen von Schwarzbach und Rodau“ und die Probenahmestellen für „Sedimente hessischer Oberflächengewässer“ getrennt aufgeführt.

4.2 Probenahmestellen

Hessische Oberflächengewässer

Die 61 Probenahmestellen an den hessischen Oberflächengewässern sind in Übersicht 4.2 zusammengestellt (ohne die „Sonderuntersuchung Schwarzbach-Rodau“ und die Probenahmestellen, an denen Sedimentproben gewonnen wurden).

Übers. 4.2: Orientierende Messungen, Probenahmeorte „Hessische Oberflächengewässer“			
Gewässer	Messstation/Messstelle	Nr. in Karte 1	Beprobungszeitraum
Rhein	Rhein, km 440 (rechts)	26	1991-1992, 1994
	Rhein, km 440 (links) ¹	26	1991-1992
	Rhein, km 540 (rechts) ¹	24	1991-1992, 1994
	Rhein, km 480 (rechts) ¹	25	1991-1994, 1997-2001
Neckar	Neckar, Hirschhorn	60	1991-1992
Weschnitz	Weschnitz, Biblis-Wattenheim, Mündung	59	1991- 2003
Modau	Modau, Mündung	57	1991-2001
Gundbach	Gundbach, obh. Geräthsbach	50	1994-1996
Schwarzbach/Ried	Schwarzbach, obh. Landgraben	49	1991-1992, 1994-1998
	Schwarzbach, Mündung (= Trebur-Astheim)	48	1991-2003
Landgraben	Landgraben, Mündung	53	1997-2001
Geräthsbach	Geräthsbach, Mündung	54	1999
Winkelbach	Winkelbach, Bensheim	58	1994
Main	Main, Kleinostheim	32	1991-1992
	Main, Seligenstadt ²	31	1991-2001
	Main, Griesheim	30	1991-1992
	Main, Okriftel (rechts)	29	1991-1992, 1994

Gewässer	Messtation/Messstelle	Nr. in Karte 1	Beprobungszeitraum
	Main, Eddersheim	28	1991-1992, 1994, 1997-2000
	Main, Bischofsheim (nicht als eigenst. Probenahmestelle gezählt) ²	27	1991-2003
	Main, Bischofsheim (rechts und links) ²	27	1992, 1994
	Main, Bischofsheim (rechts) ²	27	1991-1992, 1994-2001
	Main, Bischofsheim (links) ²	27	1991-1992
Schwarzbach/Taunus	Schwarzbach/Taunus	33	1991-1992
Nidda	Nidda, Nied, Mündung	34	1991-2003
Wetter	Wetter, Mündung	36	1991-1994
Nidder	Nidder, Mündung	35	1991-1994
Rodau	Rodau, Mündung	37	1991-2003
Kinzig	Kinzig, Hanau, Mündung	45	1991-2003
Gersprenz	Gersprenz, Babenhausen	46	1991-1994, 1999-2001
Mümling	Mümling, Breuberg	47	1991-1994, 1999-2001
Lahn	Lahn, unterh. Marburg	20	1991-1992
	Lahn, Wetzlar-Dorlar	19	1991-1994, 2001
	Lahn, Limburg-Staffel	18	1991-2003
	Lahn, Lahnau-Atzbach/Heuchelheim	19	2001-2003
Ohm	Ohm, Mündung	23	1991-1994, 1999-2000
Dill	Dill, Mündung	21	1991-2001
Wieseck	Wieseck, Gießen	22	1994
Fulda	Fulda, Fulda (= Fulda, Bronzell)	11	1992
	Fulda, Fulda-Gläserzell	10	1991-1994, 1996
	Fulda, Hann. Münden (= Fulda, Wahnhausen)	7	1991-2003
	Fulda, Bad-Hersfeld	9	1991-1994
	Fulda, Rotenburg	8	2001-2003
Haune	Haune, Mündung	17	1991-1994, 1999-2000
Eder/Edersee	Eder/Edersee, Herzhausen	15	1991-1992
	Eder, Edertal-Affoldern	13	1991-1992, 1994
	Eder, Mündung	12	1991-1994
	Eder, [Ablauf] Edersee	14	2001-2003
Werra	Werra, Philippsthal	6	1991-1992
	Werra, Witzenhausen/Letzter Heller	5	1991-2003
Diemel	Diemel, Helmarshausen, Mündung	1	1991-2003
	Diemel, Warburg	2	1996-1998
	Diemelsee, Ablauf	3	1997-1998
Twiste	Twiste, Welda	4	1996
Schwalm	Schwalm, Felsberg-Altenburg, Mündung	16	1999-2003

¹ Rhein km 440: Mündung Lampertheimer Altrhein; km 480: bei Oppenheim; km 540: Lorch/Wisper-Mündung. ² Bei den Probenahmestellen Main, Seligenstadt, und Main, Bischofsheim wurden die Schwebstoffproben 1991-1993 jeweils auf der rechten und der linken Uferseite genommen. Da die Schwebstoffbelastungen beider Seiten keine nennenswerten Unterschiede aufwiesen, wurden jeweils die Mittelwerte aus beiden Proben gebildet.

Es handelt sich um insgesamt 54 Probenahmeorte an 29 Gewässern, davon 30 mit Schwebstoff- und Wasserproben, 14 nur mit Wasser- und 11 nur mit Schwebstoffproben. Die Beprobung erfolgte i.d.R. einmal/Jahr (vgl. Kap. E2). Ab 1995 wurden im Rahmen von Messungen für das Deutsche Untersuchungsprogramm Rhein (DUR) und für die ARGE Weser einige Gewässer mehrfach pro Jahr auf Schwebstoff beprobt: monatlich am Main, Bischofsheim (1995-2002), quartalsweise an der Fulda, Hann. Münden/Wahnhausen (1995-2002) und an der Werra, Witzenhausen/Letzter Heller (1995-1997, 2002).

Sonderuntersuchungen von Schwarzbach und Rodau

Das Schwarzbach-Rodau-Gebiet zeichnet sich durch besonders stark belastete Gewässer aus. Der kleine Darmbach z.B. ist als Vorfluter für die IKA I21 und die KKA K35 ein Zufluss des Ginsheimer Landgrabens, der seinerseits in den Schwarzbach/Ried übergeht (Vorfluter mehrerer Kommunen und der KA Air Base). Der Schwarzbach mündet schließlich in den Ginsheimer Altrheinarm. Im Schwarzbach-Rodau-Gebiet wurden von 1995 bis 2001 Sonderuntersuchungen mit insgesamt 17 Probenahmeorten (Schwebstoff- und z.T. Wasserproben, Probenahme Spätsommer/Herbst) durchgeführt. Die hier genannten Gewässer sind jene, die im Rahmen der Orientierenden Messungen zusammen mit dem Gundbach den mit Abstand höchsten Anteil an Kläranlagenablauf (Schmutzwasser) aufwiesen: Auf Basis des mittleren Jahresabflusses waren dies beim Gundbach 58%, beim Schwarzbach 56%, bei der Rodau 71% und beim Landgraben 70%; bei Niedrigwasserabfluss im Falle aller vier Gewässer über 90% (vgl. Übersicht 4.7).

Übersicht 4.3: Orientierende Messungen, Probenahmeorte Sonderuntersuchungen Schwarzbach/Rodau (Wasser- und Schwebstoffproben)			
Gewässer	Messstation/Messstelle	Nr. in Karte 1	Beprobungszeitraum
Hengstbach	Hengstbach, Zeppelinheim	52	1996-2000
Gundbach	Ablauf KA Air Base	51	1996-2000
	Gundbach, obh. Geräthsbach	50	1995-2000
Geräthsbach	Geräthsbach, nach KA Langen	55	1996
	Geräthsbach, Mündung	54	1995-2000
Schwarzbach/Ried	Schwarzbach/Ried, obh. Landgraben	49	1995-1998
	Schwarzbach/Ried, Mündung (= Schwarz- bach/Ried, Trebur-Astheim	48	1995-2001
Darmbach	Darmbach, nach KA Darmstadt ²	56	1997-1998
Landgraben	Landgraben, Mündung	53	1995-2001
Rodau	Rodau, Ober-Roden	42	1995
	Rodau, Nieder-Roden	41	1995, 1998
	Rodau, obh. Weiskirchen	40	1995-1998
	Rodau, obh. Bauerbach	39	1995-1998
Bauerbach	Bauerbach, Mündung	44	1995-1996
Rodau	Rodau, obh. Bieber	38	1995-1998
Bieber	Bieber, Mündung	43	1995-1998
Rodau	Rodau, Mündung	37	1995-2001

¹ Wasserproben: Alkylphenole, Schwefelorganische Verbindungen, IOS. ² Nur 1997 und 1998.

Sedimentbeprobungen

Die Entnahmestellen für Sedimentproben (Übersicht 4.4) entsprachen Anfang der 1990er Jahre (1991, 1992, punktuell am Main auch 1994) weitgehend jenen der Wasserproben (Hessische Oberflächengewässer). Hohe Belastungen im Schwarzbach-Einzugsgebiet einschließlich des Umfelds der Frankfurter Air Base waren Veranlassung für eine intensivere Probenahme in dieser Region 1997-2000, im Rodau-Gebiet 1996. Die in HLUG 2003b, Tab. 2, dem Gundbach zugeordneten Probenahmeorte „Schlammbecken“ und „Altes Regenüberlaufbecken“ von 1997 lagen direkt auf dem Gelände der Air Base. Im Main bei Eddersheim als einem weiteren Belastungsschwerpunkt wurden auch 1997-1999 und 2001 Proben genommen (Bestimmung von AOX, TOC, aromatischen HKW, PCDD/F, PAK). 1998 und 2000 wurden Zinnorganika im Sediment von Bootshäfen am Rhein sowie am Lampertheimer und Ginsheimer Altrheinarm bestimmt.

Von den insgesamt 50 Probenahmeorten entfallen auf die „Hessischen Oberflächengewässer“ 21, auf die „Sonderuntersuchungen Schwarzbach/Rodau“ 7 und auf Bootshäfen und Altrheinarme 17.

Übersicht 4.4: Orientierende Messungen, Probenahmeorte Sedimentproben			
Gewässer	Messstation/Messstelle	Nr. in Karte 1	Beprobungszeitraum
Hessische Oberflächengewässer			
Rhein ¹	Rhein, km 526 (rechts)	S3	1992
	Rhein, km 540 (rechts)	24	1992
Neckar	Neckar, Hirschhorn	60	1991
Main	Main, Kleinostheim	32	1991, 1994
	Main, Offenbach	S6	1994
	Main, Griesheim - km 26, rechts; - km 28, rechts - km 28, rechtes Inselufer	30	1991/1992, 1994
	Main, Eddersheim - rechts - Mitte	28	1991/1992, 1994, 1997-1999, 2001
	Main, Bischofsheim	27	1991/1992, 1994
Schwarzbach/Ts.	Schwarzbach (Taunus)	33	1991
Lahn	Lahn, Wetzlar-Altenberg - rechts - Mitte - links	S2	1991
Dill	Dill, Mündung	21	1991
Fulda	Fulda, Fulda-Bronzell	11	1992
	Fulda, Fulda an der Brücke B 254	S1	1992
	Fulda, Fulda (obh. Hornungsbrücke)	S1	1992
	Fulda, Fulda (obh. Horas-Brücke)	S1	1992
	Fulda, Fulda (obh. Brücke d. L3139)	S1	1992
	Fulda, Fulda-Gläserzell (obh. KA)	10	1991, 1992
	Fulda, Fulda-Gläserzell (unterh. KA)	10	1991
Sonderuntersuchungen Schwarzbach/Rodau			
Gundbach	Gundbach (= Gundbach, nach Air Base)	51	auch: 1992, 1998
	Ablauf KA Air Base		1998
	Schlammbecken (Ölunfall), Air Base		1997
	altes Regenüberlaufbecken, Air Base		1997
Geräthsbach	Geräthsbach, nach KA Langen	55	1996-2000
Schwarzbach/Ried	Schwarzbach, obh. Hegbach	S8	1991
	Schwarzbach, obh. Landgraben	49	1991, 1992
	Schwarzbach, Mündung	48	1991, 1992
Rodau	Rodau, obh. Bieber	38	1996
	Rodau, Mündung	37	1996
Hessische Yachthäfen (Bootshäfen und Altrheinarme)			
Rhein	Knoblochsau	S9	2000
	Schiersteiner Hafenbecken	S4	1998
	Gernsheimer Fährhafen	S11	1998
	Ehrfelder Yachthafen	S10	1998
	Floßhafen Mainz-Kostheim	S5	1998
Ginsheimer Althrein	Ginsheimer Altrheinarm	S7	1998

Gewässer	Messstation/Messstelle	Nr. in Karte 1	Beprobungszeitraum
Lampertheimer Altrhein	Lampertheimer Altrhein	S12	1998
	Am Hegwasser km 4,6		2000
	Am Bachgrund Süd km 4,59		2000
	km 4,2		2000
	Oberlacher Graben km 3,67		2000
	Bootsclub Lampertheim km 3,25		2000
	km 2,83		2000
	Bootshaus Kern km 2,77		2000
	Fretterloch/Westseite Insel		2000
	Hafenstraße km 2,37		2000
	Altrheinmündung km 0,1		2000

¹ Rhein km 526: Rhein bei Rüdesheim; km 540: Lorch/Wispermündung

Kommunale Kläranlagen

Bei insgesamt 13 kommunalen KA wurden Klärschlämme und der Ablauf (Wasser; 2002/2003 auch Schwebstoff) beprobt (Übersicht 4.5). Dies gilt für neun KKA seit 1991 mehr oder weniger durchgehend. Dagegen liegen von den KKA Bad Hersfeld, Marburg-Cappel und Wetzlar nur für 1992 und 1994 Daten vor, und zwar zu Chlorpestiziden, aromatischen HKW und Phosphorsäureestern im Ablauf sowie zu Alkylphenolen im Klärschlamm, von der KKA Bad Hersfeld auch zu PCDD/F im Klärschlamm. Von der Seligenstädter KKA sind Klärschlamm Daten für 1996 verfügbar (AOX, Aromatische HKW, Chlorphenole, Chlorpestizide).

Übersicht 4.5: Orientierende Messungen, Probenahmeorte Kommunale Kläranlagen					
Kommunale Kläranlage	Nr. in Karte 1	Einwohnerwert (EW)		Vorfluter	Anmerkungen
		1996	2003		
Kassel	K 11	340.000	340.000	Fulda	Klärschlamm-trocknung ab 1998; Erweiterung Biol. Stufe ab 2003
Bad Hersfeld	K 12	56.000	56.600	Fulda	Probenahmen nur 1992 und 1994
Fulda-Gläserzell	K 13	150.000	150.000	Fulda	90er Jahre: Modernisierung (Nitrifikation/Denitrifikation)
Marburg-Cappel	K 21	155.000	155.000	Lahn	Probenahmen nur 1992 und 1994
Gießen	K 22	207.000	230.000	Lahn	Ab 1990 Modernisierung der biologischen Stufe; Denitrifikation ab 1993
Wetzlar	K 23	80.000	80.000	Lahn	Probenahmen nur 1992, 1994 und 2002
Limburg	K 24	55.000	60.000	Lahn	Erweiterung der Denitrifikation ab 2000
Hanau	K 31	270.000	270.000	Main	ab 1998 Modernisierung (Nitrifikation/Denitrifikation, Phosphat-Fällung)
Frankfurt/M.-Niederrad	K 32	1.350.000	1.350.000	Main	Ab Ende 1998 nachgeschaltete Denitrifikation
Frankfurt/M.-Sindlingen	K 33	450.000	470.000	Main	Ab 1997 Denitrifikation
Wiesbaden	K 34	350.000	325.000	Rhein	Modernisierung 1995-2003: Biol. Phosphorelimination, Denitrifikation
Darmstadt	K 35	240.000	240.000	Dar-mbach	Neubau ab 12/1995 in Betrieb. Wesentliche Veränderung: Denitrifikation.

Angaben: HLFU 1997; Kläranlagenbetreiber.

Die Schwebstoff- und Klärschlammdaten für 2002/2003 werden gesondert in Kap. 7 (Konzentrationsvergleich Schwebstoff-Klärschlamm bei Kläranlagen) ausgewertet. Bei den Klärschlämmen handelt es sich i.d.R. um Faulschlammproben, bei den beiden Frankfurter Kläranlagen Sindlingen und Niederrad dagegen um unausgefaulte Klärschlammproben. Die Größenordnung der KKA wird durch die Angabe der Einwohnerwerte (EW) charakterisiert. Sie liegen bei den KKA Bad Hersfeld, Wetzlar, Limburg und Seligenstadt unter 100.000, im Fall der meisten anderen KKA zwischen 150.000 und 470.000 und bei der KKA Frankfurt/M. Niederrad bei 1.350.000. Im Laufe der Untersuchungszeit sind viele KKA modernisiert worden. Die Modernisierung betraf im Wesentlichen die Nährstoffelimination (Nitrifikations-/Denitrifikationsstufen, Phosphorelimination).

Industrielle Kläranlagen

Beprobt wurden seit 1991 die Klärschlämme und der Ablauf (Wasser, 2002/2003 auch Schwebstoff) der Kläranlagen von insgesamt zehn Großbetrieben (zusammen elf Probenahmestellen; vgl. Übersicht 4.6).

Übersicht 4.6: Orientierende Messungen, Probenahmeorte Industrielle Kläranlagen			
Nr.	Betrieb/Industriepark ¹	Vorfluter	Produktpalette 1991-2003
I11	(Ehem.) Stammwerk eines großen Chemie- und Pharmakonzerns; ab 1997 Industriepark; Beschäftigte: 1990 ca. 28.000, 2003 ca. 22.000.	Main	Grund- und Feinchemikalien, Pharmaka, Pestizide, Kunststoffe, Additive, Farbstoffe und Pigmente
I12	(Ehem.) Zweigwerk eines großen Chemie- und Pharmakonzerns; ab 2003 Industriepark; Beschäftigte: 1990 2.700, 2003 ca. 1.500.	Main	Organische Syntheseprodukte (Aromaten), Pharma und Pestizid-Vorprodukte, Spezialchemikalien; Carbon-/Graphit-Industrie
I13	Zwei (ehem.) Standorte mit Beteiligungsunternehmen eines großen Chemie- und Pharmakonzerns; ab 2001 Industriepark; Beschäftigte: 1990 ca. 3.000, 2003 ca. 2.100.	Main	Farbstoffe, Kosmetika, Kunstharze, Pharma- und Feinchemikalien; Produktionsumstrukturierung und -einstellung bes. im Farbstoff- und Kosmetikbereich ab 1997.
I14	(Ehem.) Zweigwerk eines großen Chemie- und Pharmakonzerns; ab 1997 Industriepark; Beschäftigte: 1990 ca. 8.000, 2003 ca. 5.000.	Rhein	Spezialchemikalien, Textil- und Kunststoff-Additive, Elektronik-Chemikalien, Kunststoffe, Druckplatten, Wursthüllen
I21	Stammwerk eines mittleren Chemie- und Pharmaunternehmens; Beschäftigte 1990 und 2003 ca. 2.300	Darmbach	Pharmazeutika und deren Vorstufen; Pigmente; Wirkstoffe; analytische Reagenzien
I22	Zweigwerk des vorgenannten Chemie- und Pharmaunternehmens; Beschäftigte 1990: ca. 600, 2003: ca. 900	Rhein	Vorstufen für Pigmente u.a. Chemikalien
I31	Großes Automobilwerk. Beschäftigte 1990: 31.700; 2003: 18.000	Main	Kraftfahrzeuge; hier: Öltrennanlage zur Behandlung von Emulsionen
I32	Großes Automobilwerk. Beschäftigte 1990: 31.700; 2003: 18.000	Main	Kraftfahrzeuge; hier: Metallfällanlage zur Behandlung von Abwässern aus Galvanik, Lackierereien u.ä.
I41	Produktionsstandort eines Chemiekonzerns; Beschäftigte: 1990 ca. 770, 2003 ca. 820	Rhein	Additive für Kunststoffe, Lacke, Kosmetika
I51	Zulieferbetrieb der Automobilindustrie, 1998 Werksschließung. Beschäftigte 1992: ca. 2000	Rodau	Automobilzulieferteile aus Kunststoff- und Metall (nur 1992 beprobt)
I61	Hauptwerk eines Kunststoffherstellers. Beschäftigte 1996: ca. 450	Main	Technische Kunststoffe (nur 1996 beprobt)

¹ Industrieparks mit mehreren rechtlich selbständigen Betrieben bei gemeinsamer Nutzung einer zentralen Abwasseranlage.

Bei den (anonymisierten) Industriellen Kläranlagen (IKA) werden zu ihrer Charakterisierung knappe Angaben zur Größe des Standortes und zur Produktpalette beigefügt. Im Laufe des Untersuchungszeitraums haben sich Größe, Struktur, Produktion und Produktionsverfahren der Betriebe an den jeweiligen Produktionsstandorten z.T. deutlich verändert. Dies kommt u.a. auch in veränderten Belegschaftszahlen zum Ausdruck, die hier nur als Hinweis auf die Betriebsgrößen angeführt werden. Mit der Auflösung eines großen Chemiekonzerns blieben die weiter als Industrieparks betriebenen Chemiestandorte erhalten, änderten jedoch z.T. deutlich ihre Produktpalette. So verlor z.B. die ehemals am Main ansässige klassische Industrie synthetischer Farbstoffe seit den 1990er Jahren weitgehend ihre Bedeutung, was nicht ohne Rückwirkung auf die Kläranlagen- und Gewässerbelastung blieb. Solche Veränderungen werden im Einzelnen in den jeweiligen Stoffkapiteln thematisiert.

Die beiden in Übersicht 4.6 letztgenannten Probenahmestellen (I51 und I61) haben im Rahmen der orientierenden Messungen keine große Bedeutung, da von ihnen nur Daten für wenige Parameter aus den Jahren 1992 (I51: Diverse Amine und Phthalsäureester) bzw. 1996 (I61: Aromatische Sulfonate und AOS/IOS) vorliegen.

Im Fall des „großen Automobilherstellers“ wurden an zwei Stellen Proben genommen: einmal beim Auslauf der sog. Öltrennanlage (Auftrennung von im Werk anfallenden Emulsionen), vor der Biologischen Kläranlage; zweitens bei der sog. „Metallfällanlage“ (Reinigung von Abwässern aus Galvanik, Lackiererei und verwandten Betriebsteilen), die zusammen mit dem Ablauf der Biologie (= Haupteinleitung des Werks) in den Vorfluter eingeleitet werden. 2002/2003 wurden beim gleichen Werk Schwebstoffproben beim Ablauf der biologischen Kläranlage genommen, die hier nicht als gesonderter Probenahmeort aufgeführt werden.

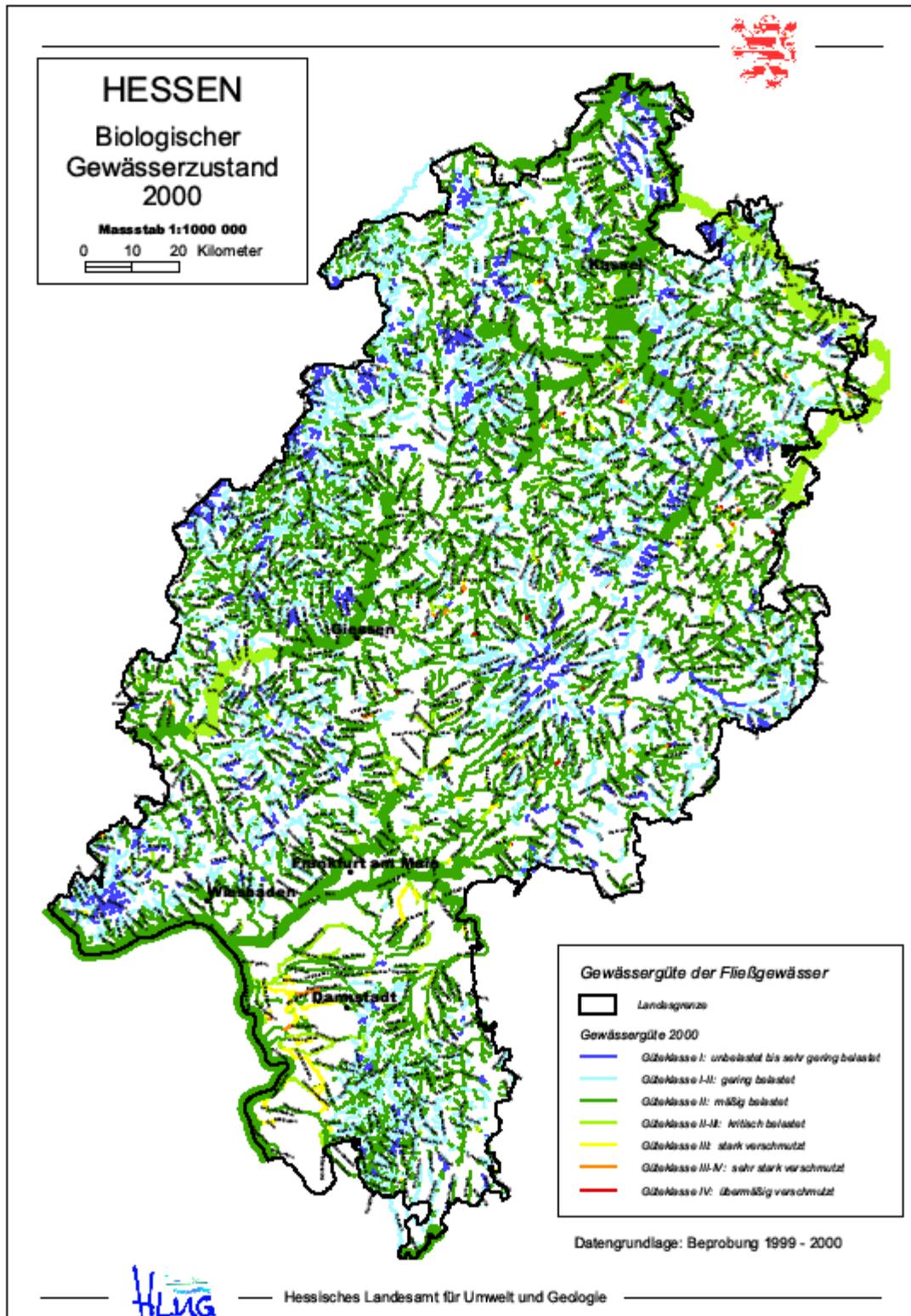
4.3 Gewässergüte und Schmutzwasseranteile

Die Übersicht 4.3 vermittelt einen Eindruck von der Qualität der beprobten Fließgewässer in den Jahren 1991 bis 2000. Zur Charakterisierung werden die Gewässergütekategorie sowie der Schmutzwasseranteil bei mittlerem Jahresabfluss und bei mittlerem Niedrigwasserabfluss herangezogen. Es handelt sich um eine Auswahl der Gewässer (25) und der Probenahmestellen (35), da nicht in allen Fällen die notwendigen Berechnungsdaten verfügbar waren. Daten für die Jahre 1997-1999 liegen nicht vor.

Die Einteilung in *Gewässergüteklassen* stellt eine rein biologische Klassifizierung dar. Kriterien sind u.a. Artenvielfalt und Individuendichte, Saprobienindex und Sauerstoffgehalt der Gewässer. Die Ergebnisse wurden im Rahmen des hessischen Gütemessprogramms für oberirdische Gewässer gewonnen.

Vergleicht man die Jahre 1992, 1996 und 2000, für die Daten von 31 Probenahmestellen vorliegen, so zeigt sich im Schnitt eine relative Verbesserung der Gewässergüte: Der Anteil der Gewässergütekategorie 2 („mäßig belastet“) steigt von 31% 1992 über 42% 1996 auf mehr als 64% 2000; der Anteil der anderen Gütekategorien geht zurück: Kategorie 3-4 („sehr stark verschmutzt“) macht 1992 noch 6,5% und 1996 über 3% aus, tritt 2000 in diesem Sample aber nicht mehr auf. Gütekategorie 3 („stark verschmutzt“) ist relativ stabil (1992 und 1996 knapp 10%, 2000 über 6%), Gütekategorie 2-3 („kritisch belastet“) vermindert sich deutlich (von über 51% Anteil 1992 auf 29% 2000). 2000 wies aber noch ein gutes Drittel der Probenahmeorte Gewässergüten von 2-3

und schlechter auf. Dies waren Rhein, Modau, Schwarzbach, Winkelbach, Rodau, Werra, Wetter (alle 2-3) sowie Weschnitz und Landgraben (3). Der Main bei Eddersheim und bei Bischofsheim gehörte 2000 jedoch nicht mehr (wie noch 1991-1996) in diese Kategorie.



Karte 4.2: Hessen: Biologischer Gewässerzustand 2000

Der *Schmutzwasser-Anteil* aufgrund kommunaler Kläranlagenabläufe wird berechnet als Verhältnis der Schmutzwassermenge, die von allen an einem Gewässer liegenden Kläranlagen eingeleitet wird (Kaskadenrechnung), zum Gesamtabfluss des jeweiligen Fließgewässers. Bei den Kläranlageneinträgen wurden die Jahresschmutzwassermengen für 2000 zugrunde gelegt.. Bei den Abflussdaten wurden langjährige Mittelwerte verwendet (ca. 30 Jahre). Die Hochrechnung von Pegeln, die z.T. weit vor der Mündung liegen, auf den Mündungsabfluss stellt eine Unsicherheitsquelle dar.

Übersicht 4.7: Biologische Güteklassen ausgewählter hessischer Oberflächengewässer und Abwasseranteile (incl. der oberliegenden Gewässer) aufgrund kommunaler und industrieller Kläranlagenabläufe

Gewässer, Ort	Güteklasse							Schmutzwasser-Anteil (%)	
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	2000	MQ*	MNQ**
Rhein, km 440 (rechts)	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	8	17
Rhein, km 440 (links)	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3		
Rhein, km 540 (rechts)	2	2	2	2	2	2	2	11	24
Neckar, Hirschhorn	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2		
Weschnitz, Mündung	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	3	27	75
Modau, Mündung	3	3	3	3	2-3	2-3	2-3	28	83
Gundbach								58	90
Schwarzbach, Mündung	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3	2-3	56	>90
Winkelbach, Bensheim	3	3	3	3	2-3	2-3	2-3	33	90
Main, Eddersheim	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2		
Main, Bischofsheim (re.+li.)	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2	31	>90
Schwarzbach (Taunus)								24	90
Nidda, Mündung	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2	26	90
Rodau, Mündung	3-4	3	3	3	3	3	2-3	71	>90
Kinzig, Mündung	2-3	2	2-3	2	2-3	2	2	13	54
Gersprenz, Babenhausen	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2	2	22	90
Mümling, Breuberg	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2	2	12	33
Lahn, Wetzlar-Dorlar	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2	14	67
Lahn, Limburg-Staffel	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2	16	77
Ohm, Mündung	2-3	2	2	2	2	2	2	9	34
Dill, Mündung	2	2	2-3	2	2	2	2	15	>90
Fulda, Fd.-Gläserzell		2	2	2	2	2	2	12	56
Fulda, Hann.Münden		2	2	2	2-3	2	2	12	43
Fulda, Bad Hersfeld								12	49
Haune, Mündung		2-3	2-3	2	2	2	2		
Eder/Edersee, Herzhausen		2	2	2	2	2-3	2		
Eder, Mündung		2	2	2	2	2	2	5	58
Werra, Philippsthal		2-3	2-3	2	2-3	2-3	2-3	4	18
Werra, Witzenhausen		2-3	3-4	2-3	3-4	3-4	2-3	5	19
Diemel, Mündung		2	2	2	2	2	2	7	23
Wetter, Mündung	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	14	49
Nidder, Mündung	2-3	2-3	2	2	2	2	2	6	90
Eder, Edertal-Affoldern		2	2	2	2	2	2	5	64
Sonderunters. Schwarzbach/Rodau									
Landgraben, Mündung	3	3-4	3-4	3-4	3	3	3	70	>90

* MQ = mittlerer Jahresabfluss; ** MNQ = mittlerer Niedrigwasserabfluss

Beim Abfluss wird zwischen dem mittleren Abfluss und dem mittleren *Niedrigwasserabfluss* unterschieden. Bei Niedrigwasser sind die Abwasseranteile i.d.R. 2-5fach höher als im Jahresmittel, in einzelnen Fällen noch höher. Große Flüsse wie Rhein, Main, Neckar und Werra führen bereits beachtliche Schmutzwasser-Anteile aus anderen Bundesländern mit sich, wenn sie hessisches Territorium erreichen.

Es wurde bereits erwähnt, dass bei mittlerem Abfluss Schwarzbach, Gundbach, Rodau und Landgraben die mit Abstand höchsten Anteile an Abwasser aufweisen (56-71%). Dies ist bei solch kleinen Gewässern in stärker besiedelten Regionen nicht überraschend. Jedoch transportieren auch große Flüsse beachtliche Abwassermengen: der Rhein bei MQ annähernd 10%, der Main ca. 30%. Bei Niedrigwasser erhöhte sich dieser Anteil bei 14 von 24 Gewässern der Übersicht 4.7 auf 75% und mehr, bei einigen (darunter auch der Main bei Bischofsheim) auf über 90%.

Von den 35 Messstationen mit Angaben zum Schmutzwasseranteil bei MQ wiesen 8 Werte unter 10% auf (betroffene Gewässer: Rhein, Ohm, Eder, Werra, Diemel, Nidder, Eder), 11 Werte zwischen 10 und 20% (Gewässer: Rhein, Kinzig, Mümling, Lahn, Dill, Fulda, Wetter). 20 bis <50%: 7 Messsorte (gelegen an Weschnitz, Modau, Winkelbach, Main, Schwarzbach [Taurus], Nidda und Gersprenz).

Die Proben wurden, wie in Kap. E2 beschrieben, meist im Spätsommer/Herbst gewonnen, wenn ein niedrigerer Wasserstand und damit auch ein relativ höherer Anteil an Schmutzwasser und ein geringerer Verdünnungseffekt durch Niederschlags- und Schmelzwässer zu erwarten ist. In den Jahren 2002 und 2003 wurden im Rahmen der Umsetzung der Richtlinie 76/464/EG (jetzt: 2006/11/EG) jeweils vier äquidistante Proben entnommen.

4.4 Schwebstoffgehalt

In den Übersichten 4.8 und 4.9 sind die Schwebstoffgehalte der beprobten Fließgewässer zum Zeitpunkt der Schwebstoffprobenahme für die Jahre 1991-2003 zusammengestellt. Die Werte wurden aus dem Nassgewicht der Schwebstoffprobe, ihrem Trockenrückstand und dem Wasserdurchsatz durch die Zentrifuge berechnet.

Vom Main bei Bischofsheim liegen monatliche Angaben zum Schwebstoffgehalt vor (Übersicht 4.8); man sieht eine erhebliche Schwankungsbreite der über das Jahr erhaltenen Werte und absolute Spitzenwerte bei Hochwasser. Übersicht 4.9 enthält die Schwebstoffgehalte aller übrigen (einmal pro Jahr beprobten) Gewässer. Auch hier sind deutliche Unterschiede im Schwebstoffgehalt sowohl innerhalb eines Gewässers zwischen den einzelnen Jahren als auch zwischen den verschiedenen Fließgewässern zu erkennen.

Die aktuellen Schwebstoffgehalte zum Zeitpunkt der Probenahme werden benötigt, wenn man ausgehend von der Schadstoffkonzentration im Schwebstoff Aussagen über die Schadstoffkonzentration in der Gesamtwasserprobe machen will. Rechenbeispiel: Bei einer Schadstoffkonzentration von 40 µg/kg TS und einem Schwebstoffgehalt von 25 mg/L ergibt sich eine Schadstoffkonzentration im Wasser von 1 ng/L. Das resultierende Ergebnis stellt den schwebstoffgebundenen Anteil an der Gesamtkonzentration im Wasser dar. Dieser Anteil entspricht der Gesamtkonzentration, wenn der Schadstoff zum größten Teil am Schwebstoff adsorbiert vorliegt (hoher Feststoff-Wasser-Verteilungskoeffizient). Bei niedrigen Verteilungskoeffizienten kommt zur Gesamtkonzentration im Wasser noch der gelöste Schadstoffanteil hinzu.

Übersicht 4.8: Schwebstoffgehalte im Main/Bischofsheim 1995 - 2003					
<i>Datum</i>	<i>mg/l</i>	<i>Datum</i>	<i>mg/l</i>	<i>Datum</i>	<i>mg/l</i>
11.1.1995	46,8	7.9.1998	17,1	11.04.2002	26,2
3.2.1995	325,4*	8.10.1998	457	8.5.2002	28,0
15.3.1995	24,1	10.11.1998	71,6	12.6.2002	27,3
23.4.1995	39,9	3.12.1998	26,5	4.7.2002	22,5
29.5.1995	74	21.1.1999	25,5	28.8.2002	8,6
27.6.1995	17,2	25.2.1999	96,2	18./19.09.2002	7,6
12.7.1995	18,8	17.3.1999	40,5	24.10.2002	45,1
11.8.1995	34,2	14.4.1999	14,7	20.11.2002	41,8
19.9.1995	16,5	12.5.1999	22,3	19.12.2002	19,4
19.10.1995	k.A.	16.6.1999	17,1	23.1.2003	21,4
15.12.1995	3,4	28.7.1999	14,0	13.2.2003	21,0
9.1.1996	6,8	25.8.1999	16,2	13.3.2003	21,7
2.2.1996	11,5	8.9.1999	15,6	15.4.2003	19,9
28.2.1996	45,2	14.10.1999	5,6	30.4.2003	9,0
29.3.1996	23,3	10.11.1999	7,8	3.6.2003	35,2
24.4.1996	20,4	24.11.1999	11,3	1.7.2003	7,5
29.5.1996	10,5	16.12.1999	56,7	29.7.2003	7,1
30.7.1996	24	20.1.2000	31,4	28.8.2003	3,8
20.8.1996	21,5	24.2.2000	29,5	24.9.2003	4,4
3.9.1996	14,3	15.3.2000	40,1	29.10.2003	3,1
2.10.1996	16	6.4.2000	47,8	19.11.2003	4,5
5.11.1996	23	11.5.2000	10,3	18.12.2003	10,7
4.12.1996	47,8	15.6.2000	9,4		
30.1.1997	16,6	24.7.2000	9,7		
1.3.1997	1030,9*	9.8.2000	13,5		
21.3.1997	85	4.9.2000	10,6		
24.4.1997	19	10.10.2000	8,2		* = Hochwasser
22.5.1997	15,5	7.11.2000	13,3		
10.6.1997	28	30.11.2000	19,0		
22.7.1997	7,6	12.12.2000	10,9		
12.8.1997	8,7	29.1.2001	76,5		
9.9.1997	11	27.2.2001	17,6		
2.10.1997	7,6	26.3.2001	61,3		
29.10.1997	k.A.	26.4.2001	25,3		
20.11.1997	5,5	31.5.2001	25,1		
17.12.1997	41,9	13.6.2001	26,8		
6.1.1998	26,2	5.7.2001	25,9		
29.1.1998	18,9	16.8.2001	10,6		
26.2.1998	12,5	13.9.2001	8,4		
26.3.1998	8,1	18.10.2001	11,2		
29.4.1998	25,8	29.11.2001	77,1		
26.5.1998	9,2	18.12.2001	22,8		
16.6.1998	13,1	24.1.2002	117,2		
16.7.1998	12	27.2.2002	85,9		
13.8.1998	14,4	21.3.2002	57,3		

Übersicht 4.9: Schwebstoffgehalte in hessischen Oberflächengewässern (mg/l) 1991 - 2003													
Gewässer, Ort	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Rhein, km 480 (rechts)	7,2	13,0	27,5	24,2			14,0	12,5	6,9				
Weschnitz, Mündung	6,1	9,8	7,0	9,3	8,6	4,1	3,3	7,2	9,2	21,0	5,7	23 *	13,3 *
Modau, Mündung	47,9	6,1	12,3	8,5	4,1	11,1	2,3	6,2	11,2	36,5			
Schwarzbach, obh. Landgr.				8,2	20,1	4,0	1,7	1,5					
Schwarzbach, Mün- dung	7,6	15,2	2,5	7,5	7,2	5,5	3,6	5,3	2,8	21,6	10,3	19 *	13,2 *
Winkelbach, Bens- heim				3,2									
Main, Seligenstadt	12,0	39,8	4,0	42,1	27,6	22,4	13,4	4,9	12,3				
Main, Okriftel (rechts)	9,9	18,3		17,3									
Nidda, Mündung	6,1	17,9	16,5	7,0	12,8	8,4	11,3	7,0	8,5	21,8	7,6	11 *	11,3 *
Wetter, Mündung	2,5	10,0	6,4	16,2									
Nidder, Mündung	11,5	51,6	14,4	16,8									
Rodau, Mündung	10,6	18,2	4,7	15,0	20,8	14,9	8,0	8,5		12,9	25,5	19 *	8,2 *
Kinzig, Mündung	8,7	11,9	9,7	13,0	10,8	17,8	2,5	16,5	3,8	7,2	6,2	7 *	
Gersprenz, Babenhausen	5,4	15,5	24,6	12,4					2,7	36,5			
Mümling, Breuberg	6,5	10,8	5,2	41,7					8,9	4,5			
Lahn, Wetzlar-Dorlar	2,8	13,2	6,9	9,0									
Lahn, Lahnau/ Heuchelheim											4,1	8 *	4,2 *
Lahn, Limburg-Staffel	16,0	8,6	20,6	14,5	19,2	7,0	9,7	7,6	9,9	16,7	10,6 *	8 *	9,6 *
Ohm, Mündung	2,4	3,8	2,4	6,9					1,4	5,5			
Dill, Mündung	2,1	6,9	2,3	11,8		10,3	5,5	4,3	4,3	6,6			
Fulda, Fd-Gläserzell	7,8	8,2	5,2	5,6		13,6							
Fulda, Bad Hersfeld	2,7	8,7	12,7	12,1									
Fulda, Hann.Münden *	5,5	15,4	19,9	40,1	27,4	8,8	7,8	17,5				25,3	10,4
Fulda, Rotenburg												12,9 *	5,7 *
Schwalm, Mündung									4,7	6,4		9 *	6,2 *
Haune, Mündung	4,0	9,6	19,0	10,8					4,8	12,5			
Eder, Edertal- Affoldern	0,7	6,7	-	2,3									
Eder, Mündung	1,8	5,8	6,4	5,1									
Eder/Edersee, Ablauf												1,8 *	2,7 *
Werra, Witzenhausen	10,1	29,1	26,8	45,3	36,0	10,6	39,5	19,7	15,8	13,6	18,0	21 *	24,8 *
Diemel, Mündung	1,5	6,9	42,7	7,0	5,3	3,8	10,9	16,1		22,0	11,8	9,8 *	3,9 *

Übersicht 4.9 (Forts.): Schwebstoffgehalte in hessischen Oberflächengewässern (mg/l) 1991 - 2003													
Sonderuntersuchungen Schwarzbach/Rodau													
Gewässer, Ort	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Hengstbach.						8,6	10,0	4,1		10,0			
Ablauf KA Air Base						7,0	1,0	1,7		3,2			
Gundbach, obh. Geräthsbach					29,1	1,9	1,4	5,7		8,8			
Geräthsbach, nach KA Langen						2,6				6,0			
Geräthsbach, Mündung					34,1	3,2	2,0	4,2					
Schwarzbach, obh. Landgr.					20,1	4,0	1,7	1,5					
Darmbach, nach KA Darmstadt							16,7	15,5					
Landgraben, Mündung					29,3	16,2	19,0	15,4		27,8			
Schwarzbach, Mündung					42,1	5,5	3,6	5,3					
Rodau, Nieder-Roden								10,3					
Rodau, obh. Weiskirchen						13,2	26,3	16,7					
Rodau, obh_ Bauerbach					12,1	7,5	20,8	12,4					
Bauerbach, Mündung					1,6	1,6							
Rodau, obh. Bieber					13,0	33,4	4,1	15,5					
Bieber, Mündung					3,3	6,2	8,9	3,1					
Rodau, Mündung					8,1	14,9	8,0	8,5					

* bei mehreren Messungen pro Jahr ist der Mittelwert angegeben; Einzelwerte sind in den Datensammlungen enthalten

5 Bewertungsgrundlagen (Zielwerte)

Vorhergehende Berichte: HLfU 1997 (für 1991-1996), S. 24-25; HLfU 1999 (für 1997-1998), S. 14-15.

Übersicht zu den bewertungsrelevanten Zielwerten

Die für die Bewertung der Stoffkonzentrationen in den Oberflächengewässern zugrunde gelegten Zielwerte für die einzelnen Stoffe (Qualitätsziele [QZ], Qualitätsnormen [QN] und Umweltqualitätsnormen [UQN], Zielvorgaben [ZV]) werden in jedem Kapitel in einer Übersicht aufgeführt. Sie beziehen sich direkt (Wasserphase, Schwebstoff und Sediment, Biota/Fisch) oder indirekt (Klärschlamm) auf die Gewässer und lassen insofern Rückschlüsse auf deren Belastung oder die der Kläranlagen zu.

Dabei ist zu beachten, dass es nur für 21 der 26 in den Orientierenden Messungen untersuchten Stoffgruppen Zielwerte für einen oder mehrere Vertreter der Gruppe gibt, die für die Bewertung herangezogen werden konnten (vgl. Übers. 5.1). Im Fall von zwei Stoffgruppen – Moschusverbindungen und Bisphenole – sind dies rechtlich nicht verbindliche QN-Vorschläge. Für Benzotrifluoride, AOS/IOS, Aromatische Sulfonate, Benzothiazole und Siloxane waren keine von LAWA, Flussgebietsgemeinschaften oder EG verabschiedeten Zielwerte oder sonstige Zielwertvorschläge verfügbar. Die Bewertung erfolgt hier auf der Basis von – soweit vorhanden – ökotoxikologisch aussagefähigen gewässerrelevanten Daten.

Wo entsprechende Zielwerte vorhanden sind, betreffen sie fast immer die Wasserphase (19 Stoffgruppen); in zwei Fällen lagen ausschließlich Zielwerte für Feststoff vor (PCB: Schwebstoff, Klärschlamm, Biota; PCDD/PCDF: Klärschlamm). Schwebstoff-Zielwerte konnten bei sechs Stoffgruppen, solche für Sediment bei zwei, für Klärschlamm bei acht sowie für Biota bei zwei Stoffgruppen als Bewertungsmaßstab dienen.

Übersicht 5.1: Verfügbarkeit von Zielwerten nach Stoffgruppen und Parametern					
Stoffgruppe	Parameter mit Zielwerten ¹ nach Matrix				
	Wasser	Schwebstoff	Sediment	Klärschlamm	Biota
01 AOX/TOC	AOX, TOC	AOX	AOX	AOX	
02 PCB		DIN-PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180; PCB 118 (coplanar)		DIN-PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180	DIN-PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180
03 Aromatische und andere CKW	Chlorbenzol; 1,2-, 1,3-, 1,4-Dichlorbenzol; 1,2,3-, 1,3,5-, 1,2,4-Trichlorbenzol; 1,2,4,5-Tetrachlorbenzol; Pentachlorbenzol; Hexachlorbenzol; 2-, 3-, 4-Chlortoluol; ; Hexachlorethan; Hexachlorbutadien	Hexachlorbenzol		1,2-, 1,3-, Dichlorbenzol; 1,2,3-, 1,2,4-Trichlorbenzol; Hexachlorbenzol	Hexachlorbenzol; Hexachlorbutadien
04 Chlorphenole	2-, 3-, 4-Chlorphenol; 2,4,5-, 2,4,6-, 2,3,4-, 2,3,5-, 2,3,6-, 3,4,5-Trichlorphenol; Pentachlorphenol				

Fortsetzung					
Übersicht 5.1: Verfügbarkeit von Zielwerten nach Stoffgruppen und Parametern					
Stoffgruppe	Parameter mit Zielwerten¹ nach Matrix				
	Wasser	Schwebstoff	Sediment	Klärschlamm	Biota
05 Chlorpestizide	Hexachlorcyclohexan (HCH); DDT, DDD, DDE; Aldrin, Dieldrin, Endrin, Isodrin; Endosulfan; Heptachlor	Hexachlorcyclohexan (HCH); DDT, DDD, DDE	Lindan (γ -HCH) ²	Lindan (γ -HCH); DDT, DDD, DDE	
06 Polychlorierte Dibenzodioxine/furane				PCDD/PCDF	
07 Polyzyklische aromatische KW	6 TVO-PAK; Naphthalin; Anthracen	Fluoranthen		16 EPA-PAK; Summe 9 bzw. 11 PAK	
08 Zinnorganika	DBT, TBT, TTBT, TPT	Organozinnverbindungen insgesamt	TBT	TBT	
09 Alkylphenole	Nonylphenol, Octylphenol			Nonylphenol	
10 Aromatische KW	Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol, Biphenyl				
11 Phosphorsäureester	Tributylphosphat, Triphenylphosphat, Parathionmethyl, Parathionethyl				
12 Komplexbildner	EDTA, NTA, DTPA, MGDA, β -ADA				
13 Benzotrifluoride					
14 Moschusverbindungen	[AHTN, HHCB]				
15 Aliphatische HKW	Di-, Tri-, Tetrachlormethan; 1,2-Dichlorethan; 1,1,1-Trichlorethan; Tri-, Tetrachlorethen				
16 Nitroaromaten	Nitrobenzol; 1-Chlor-2-, 1-Chlor-3-, 1-Chlor-4-nitrobenzol; 1-Chlor-2,4-dinitrobenzol; 1,2-, 1,3-Dichlor-4-nitrobenzol; 1,4-Dichlor-2-nitrobenzol; 1,2-Dichlor-3-nitrobenzol; 2-, 3-, 4-Nitrotoluol; 2-, 3-Chlor-4-nitrotoluol; 3-Chlor-4-nitrotoluol; 4-, 5-Chlor-2-nitrotoluol				
17 Aniline	2-, 3-, 4-Chloranilin; 2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,6-, 3,4-, 3,5-Dichloranilin; 2-Chlor-p-, 3-Chlor-o-, 3-Chlor-p-, 5-Chlor-o-toluidin				
18 PBDE	PentaBDE				
19 Kurzkettige Chlorparaffine	C10-C13-Chloralkane				
20 Diverse Amine	Dimethylamin; Diethylamin				
21 Phthalsäureester	DEHP				
22 Bisphenole	[BPA]				
23 AOS/IOS					
24 Aromatische Sulfonate					
25 Benzothiazole					
26 Siloxane					

¹ QZ und QN/UQN der EU sowie ZV der LAWA und der Flussgebietsgemeinschaften einschl. rechtlich nicht verbindlicher UQN-Vorschläge für die Wasserphase (in []Klammern) sowie „sonstiger Zielwerte“ für Klärschlamm und Biota. Erläuterungen und Quellen im Text und in den Einzelkapiteln. ² Nicht im Sediment gemessen.

Zielvorgaben, Qualitätsziele und Qualitätsnormen

Bei den für die verschiedenen Stoffe und Matrices vorliegenden Zielvorgaben, Qualitätszielen und Qualitätsnormen handelt sich durchgehend um fachlich begründete, stoffbezogene Zielwerte, die direkt oder indirekt für die Beurteilung der Gewässergüte von Belang sind.

Sie unterscheiden sich u.a. hinsichtlich ihrer rechtlichen Verbindlichkeit:

- Zielvorgaben der LAWA und der Flussgebietsgemeinschaften stellen keine rechtlich verbindlichen Grenzwerte dar, sondern sind Orientierungswerte, die nach Möglichkeit nicht überschritten werden sollten. Sie können sich auf unterschiedliche Schutzgüter beziehen. Beim Schutzgut „Aquatische Lebensgemeinschaften“ (A) werden auf der Grundlage toxikologischer Daten die Zielvorgaben so abgeleitet, dass keine Schädigungen für Wasserlebewesen zu erwarten sind. Beim Schutzgut „Trinkwasserversorgung“ (T) steht die Einhaltung von Grenzwerten im Trinkwasser im Vordergrund, beim Schutzgut „Fischerei“ (F) diejenige von Richt- und Grenzwerten in Fischen, beim Schutzgut „Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen“ Pflanzenwachstum und Qualität der Böden. Letzteres gilt u.a. auch für Sedimente, die landwirtschaftlich genutzt werden.
- Im Unterschied zu den ZV der LAWA und der Flussgebietsgemeinschaften sind die Qualitätsziele der EG-Gewässerschutzrichtlinie 76/464/EWG (neu: 2006/11/EG)³ sowie die Umweltqualitätsnormen (UQN) der Richtlinie 2008/105/EG (Tochterrichtlinie der Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG) mit ihrer Übernahme in deutsches Recht verbindlich und müssen eingehalten werden.

Zielvorgaben der LAWA und der Flussgebietsgemeinschaften

Die rechtlich nicht verbindlichen Zielvorgaben der LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) gehen ursprünglich auf die Bemühungen des 1986 gegründeten Bund/Länder-Arbeitskreises „Gefährliche Stoffe – Qualitätsziele für oberirdische Gewässer“ (BLAK QZ) zurück. 2006 lagen für 31 organische Umweltchemikalien und 39 Pestizide LAWA-ZV für die Schutzgüter „Aquatische Lebensgemeinschaften“ bzw. „Trinkwasserversorgung“ vor, in einzelnen Fällen auch für die Schutzgüter „Berufs- und Sportfischerei“ bzw. Schwebstoff. Diese Werte beziehen sich fast ausnahmslos auf die Wasserphase. Dazu kommen ZV für sieben Schwermetalle (Schwebstoff- und Wasserphase).

Von Seiten der internationalen Flussgebietsgemeinschaften (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, IKSR; Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, IKSE) sind für einen Teil dieser Stoffe eigene Zielvorgaben für die Schutzgüter „Aquatische Lebensgemeinschaften“, „Trinkwasserversorgung“, „Fischerei“ sowie „Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen“ entwickelt worden, die z.T. strenger als jene der LAWA sind (19 organische Umweltchemikalien und 31 Pestizide, fast ausnahmslos Wasserphase; ferner acht Schwermetalle in Wasser- und Schwebstoffphase). Diese ZV haben ebenfalls Orientierungscharakter und sind rechtlich nicht verbindlich.

³ Die Richtlinie 76/464/EWG (und deren spätere Änderungen) wurde 2006 durch die Richtlinie 2006/11/EG aus Gründen der Übersichtlichkeit kodifiziert und ersetzt. Diese Richtlinie wird am 22.12.2013 durch die WRRL außer Kraft gesetzt (vgl. <http://europa.eu/scadplus/leg/de/lvb/l28017a.htm>).

Die LAWA-ZV sind hauptsächlich auf die Schutzgüter aquatische Lebensgemeinschaften und Trinkwasserversorgung ausgerichtet; den Bundesländern ist es hier überlassen, welche Schutzgüter sie jeweils anwenden. IKSE und IKSR berücksichtigen stärker die Schutzgüter „Fischerei“ und (IKSE) „Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen“. Die ZV für Schwebstoff und Sediment der ARGE Elbe haben vornehmlich den Schutz der Verzehrbarkeit von Fisch zum Ziel und beziehen sich auf eine Reihe zusätzlicher, bioakkumulierender Stoffe (AOX, DDT-Abbauprodukte, HCH-Isomere, PCB-Kongenere, Organozinnverbindungen).

Vergleicht man bei den organischen Schadstoffen die LAWA-ZV (A) mit jenen von IKSE und IKSR, kann man z. T. von recht guter Übereinstimmung der Werte sprechen, doch liegen bei einer ganzen Reihe von Parametern die Vorgaben der Flussgebietsgemeinschaften um bis zu einer Zehnerpotenz tiefer. Rechnet man die ARGE Elbe-Werte in fiktive Wasservorgaben um, liegen diese i.d.R. ebenfalls in der gleichen Größenordnung wie die von LAWA und Flussgebietsgemeinschaften.⁴

Qualitätsziele und Qualitätsnormen der EG-Richtlinien

Im Gegensatz dazu haben die im europäischen Rahmen auf der Grundlage der Richtlinie 76/464/EWG betreffend die Verschmutzung infolge der Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe in die Gewässer der Gemeinschaft (Gewässerschutzrichtlinie) entwickelten Qualitätsziele sowie die Qualitätsnormen der Richtlinie 2008/105/EG nach Umsetzung in deutsches Recht rechtsverbindlichen Charakter. Im Fall der älteren Gewässerschutzrichtlinie 76/464/EWG gilt dies für 99 Stoffe (QZ für die Wasserphase bzw. Schwebstoff). Qualitätsnormen für Stoffe der Anhänge II und V der WRRL liegen für 138 Stoffe bzw. Stoffgruppen vor⁵, Umweltqualitätsnormen (UQN) für prioritäre und bestimmte andere Schadstoffe nach Tochterrichtlinie Prioritäre Stoffe für 33 prioritäre Stoffe bzw. Stoffgruppen und fünf andere Stoffe.

Diese rechtlich verbindlichen Werte weichen z.T. deutlich von den Zielvorgaben der LAWA und der Flussgebietsgemeinschaften ab. Sie sind, wo dies der Fall ist, zu meist schwächer, d.h. höher angesetzt. Die rechtlich verbindlichen Qualitätsziele und Qualitätsnormen fallen auch insofern grundsätzlich schwächer aus als die Zielvorgaben, als sie nicht mit dem 90-Perzentilwerten, sondern mit dem Jahresdurchschnitt (Jahresmittelwert) der Schadstoffkonzentrationen in den Oberflächengewässern verglichen werden.

Der Umstand, dass für einen Stoff für die gleiche Matrix (d.h. Wasserphase, Schwebstoff, Sediment, Klärschlamm, Biota) verschiedene Zielwerte vorliegen können, die voneinander abweichen, hängt also u.a. mit der historischen Entwicklung der Zielwertfestlegung zusammen. Die zukünftige Umsetzung der EG-Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe in deutsches Recht (in Hessen: Novellie-

⁴ Annahme: Schwebstoffgehalt von 25 mg/L Wasser und weitgehende Schwebstoffbindung des Schadstoffs. (Bei TBT sind die LAWA- und IKSE-Werte etwas niedriger, bei Lindan ist dies der ARGE-Elbe-Wert.)

⁵ Die offizielle Bezeichnung lautet „Chemische Qualitätskomponenten für Umweltqualitätsnormen (QN) zur Einstufung des ökologischen Zustands“ (115 Stoffe/Stoffgruppen) bzw. „Chemische Qualitätskomponenten für Umweltqualitätsnormen (QN) zur Einstufung des chemischen Zustands“ (23 Stoffe/Stoffgruppen). Vgl. Anhang 4, Tab. 5, sowie Anhang 5 der hessischen Verordnung zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (VO-WRRL) vom 17.5.2005 (GVBl I, S. 382) bzw. http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/oberflaechengewaesser/ow_s2_2.htm#1

zung der VO-WRRL) wird hier einen weiteren Schritt zu einer Vereinheitlichung darstellen.

Die Gesamtheit der gegenwärtig vorliegenden Zielwerte mit orientierendem oder rechtlich verbindlichem Charakter wird für die Beurteilung der Gewässerkonzentrationen der einzelnen Stoffe herangezogen. Da eine Gesamttabelle hier den Rahmen sprengen würde, werden die jeweils relevanten Zielwerte in den entsprechenden Stoffkapiteln zusammengestellt.

Aus den Orientierenden Messungen in Hessen liegt pro Jahr i.d.R. nur ein Messwert aus einer Niedrigwasserphase vor. Daher kann für die Bewertung nicht auf 90-Perzentilwerte bzw. Mittelwerte zurückgegriffen werden, wie dies für den Vergleich mit den Zielvorgaben bzw. Qualitätszielen und Qualitätsnormen eigentlich erforderlich wäre. Trotzdem ist es für eine Bewertung durchaus sinnvoll, die Jahreseinzelergebnisse mit den Zielwerten zu konfrontieren und zu prüfen, ob und inwieweit die entsprechenden Zielwerte unter- oder überschritten werden.

Quellen und Zitierweise bei Zielvorgaben, Qualitätszielen und -normen

Die Zielwerte werden nach folgenden Quellen angeführt und wie folgt zitiert:

1. Die Qualitätsziele (QZ) der Gewässerschutzrichtlinie 76/464/EWG sind in den Bundesländern einheitlich durch Verordnungen als rechtsverbindlich festgelegt worden (99 Stoffe). In Hessen erfolgte dies mit der „Verordnung über Qualitätsziele für bestimmte gefährliche Stoffe und zur Verringerung der Gewässerverschmutzung durch Programme (Qualitätszielverordnung)“ vom 26. Juli 2001, in: GVBl. I, 333 ff.⁶ In den jeweiligen Kapitelübersichten zitiert als „76/464/EWG“.
2. Die Qualitätsnormen (QN) für Stoffe der Anhänge II und V der EG-WRRL 2000/60/EG (durch die Mitgliedsstaaten festgelegte Zielwerte für insgesamt 138 Stoffe bzw. Stoffgruppen) sind in der Bundesrepublik auf der Grundlage einer LAWA-Musterverordnung einheitlich in den Bundesländer durch Verordnung als rechtsverbindlich festgelegt worden. In Hessen ist dies die „Verordnung zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (VO-WRRL)“ vom 17. Mai 2005, GVBl. I, 382 ff. In den jeweiligen Kapitelübersichten zitiert als „VO-WRRL“.
3. Die Umweltqualitätsnormen (UQN) für prioritäre Stoffe entsprechend der Tochterrichtlinie Prioritäre Stoffe nach Artikel 16 der EG-WRRL 2000/60/EG sind zukünftig nach Umsetzung in Landesrecht rechtlich verbindlich. Die entsprechenden Zielwerte⁷ für insgesamt 38 Stoffe/Stoffgruppen (33 prioritäre Stoffe sowie 5 bestimmte andere Schadstoffe) sind enthalten in der Richtlinie 2008/105/EG. In den jeweiligen Kapitelübersichten zitiert als „UQN Prioritäre Stoffe WRRL 2008“.

⁶ Die Neufassung der hessischen Qualitätszielverordnung vom 2. Oktober 2006, GVBl. I, S. 526ff., übernimmt in §2 zwecks Umsetzung der Richtlinie 2006/11/EG aus der hessischen VO-WRRL (GVBl. I, S. 382) die dort festgelegten Umweltqualitätsnormen für sämtliche Stoffe aus Anhang IV, Tabelle 5, sowie für die Stoffe mit den EG-Nr. 3, 7, 62, 96 und (99) aus Anhang V; dies betrifft insgesamt 120 Stoffe/Stoffgruppen.

⁷ Angeführt wird, sofern nicht anders angegeben, die jeweilige Umweltqualitätsnorm (UQN) ausgedrückt als Jahresdurchschnitt (JD-UQN).

4. Für Hexachlorbenzol und Fluoranthen im Feststoff (Schwebstoff) liegen zwei rechtlich nicht verbindliche, nicht in die Tochterrichtlinie nach Art. 16 WRRL übernommene Vorschläge für Umweltqualitätsnormen vor. Diese im „Expert Advisory Forum on Priority Substances and Pollution Control“ der EU-Kommission (EAF) 2003 diskutierten Werte wurden als fachlich begründete Zielwert-Vorschläge hilfsweise für die Stoffkonzentrationsbeurteilung in der Schwebstoffphase herangezogen. In den jeweiligen Kapitelübersichten zitiert als „EQS 2003“.
5. Die rechtlich nicht verbindlichen Zielvorgaben der LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) und der internationalen Flussgebietsgemeinschaften (IKSE, IKSR) sind enthalten in „Umweltbundesamt: Wasser, Trinkwasser und Gewässerschutz. Qualitätsanforderungen. Letzte Änderung: 26.10.2006: Übersicht über Qualitätsanforderungen der EG, der internationalen Flussgebietsgemeinschaften und der LAWA“.⁸ Die Zielvorgaben der ARGE Elbe für Schwebstoff und Sediment werden nach einer schriftlichen Mitteilung der Wassergütestelle Elbe vom 8.10.2002 angeführt. In den jeweiligen Kapitelübersichten zitiert als „LAWA“; „IKSE“; „IKSR“ sowie „ARGE Elbe“.

Sonstige Zielwerte

Sonstige in Einzelfällen herangezogene Zielwerte für Biota (Lebensmittel) und Klärschlämme, die z.T. ebenfalls rechtlich verbindlich sind, werden in den Übersichten im Einzelnen nachgewiesen. Quellen sind im Fall von Klärschlämmen die Klärschlammverordnung (AbfKlärV) von 1992 und der 3. Entwurf zur Novellierung der EU-Klärschlammrichtlinie (2000) sowie die unverbindlichen Normvorschläge von Schnaak (1995) und der LUFA Hameln (1997). Für Biota (Lebensmittel) werden Zielwerte der Verordnung über Höchstmengen an Schadstoffen in Lebensmitteln (Schadstoff-Höchstmengenverordnung, SHmV) von 1988/2003 sowie der Verordnung über Höchstmengen an Rückständen von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln, Düngemitteln und sonstigen Mitteln in oder auf Lebensmitteln und Tabakerzeugnissen (Rückstands-Höchstmengenverordnung, RHmV) von 1999 verwendet. Wo keine Zielwerte vorliegen, werden für die Bewertung relevante Wirkwerte aus der Fachliteratur mit entsprechenden Nachweisen zugrunde gelegt.

Es liegt auf der Hand, dass die Ableitung von Zielwerten für Biota oder für Klärschlämme nach anderen Kriterien erfolgt als jene für unmittelbar gewässerbezogene Matrices wie Wasserphase oder Schwebstoff, d.h. z.B. nach ökotoxikologischen Daten aus dem terrestrischen Bereich (Klärschlamm) oder unter humantoxikologischen Gesichtspunkten (Schadstoffgehalte in Biota zum Verzehr). Die Einhaltung von Klärschlamm-Richtwerten garantiert deshalb nicht automatisch die Einhaltung von Zielwerten im Gewässer, insbesondere nicht bei stark abwasserbelasteten Flüssen, in denen ein Teil der Schwebstoffbelastung auf die im gereinigten Abwasser enthaltenen und die durch Regenüberläufe freigesetzten Feststoffe zurückgeht. Die Biota-Belastungen stellen einen wichtigen Indikator für anreicherbare Gewässerschadstoffe dar.

⁸ http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/oberflaechengewaesser/ow_s2_2.htm#1. Diese Übersicht enthält auch die in Landesrecht umgesetzten QZ nach 76/464/EWG und QN der EG-WRRL.