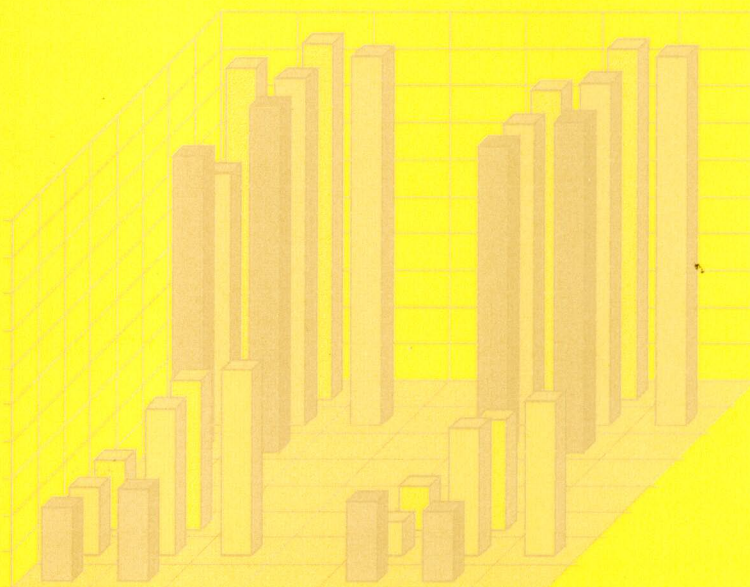




Bericht zum mikrobiologischen Messprogramm der AWBR, ARW und RIWA 1997-1999

September 2001



Bericht zum mikrobiologischen Messprogramm der AWBR, ARW und RIWA 1997-1999

September 2001

Autoren

Dr. Beate Hambsch (DVGW-TZW, Karlsruhe)

Dr. Karin Böckle (DVGW-TZW, Karlsruhe)

Herausgeber

IAWR

Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet

ISBN 90-7671-28-x

1. Veranlassung	3
2. Mikrobiologische Untersuchungsmethoden	3
3. Messstellen	4
4. Auswertung der Messdaten	5
5. Ergebnisse 1997-1999	8
6. Auswertung der Messdaten im Vergleich zur Badegewässerrichtlinie	8
7. Zuordnung zu Gewässergüteklassen	13
8. Einfluss von Niederschlag und Wasserführung auf die bakteriologische Wasserqualität	19
9. Zusammenfassung	23
Literatur	25
10. Anhang	27
Tabellen A 1 bis A 21	29
Abbildungen B 1 bis B 21	50

1 Veranlassung

Im Jahr 1997 hatte die IAWR-Biologengruppe, in der Vertreter der AWBR, ARW und RIWA mitarbeiten, einen Vorschlag für ein mikrobiologisches Messprogramm erarbeitet, das das gesamte Rheineinzugsgebiet umfassen sollte. Das Ziel war es dabei, die mikrobiologische Wasserqualität im Oberflächenwasser quantitativ zu erfassen, obwohl das Rheinwasser im Gegensatz zu den Seen meist nicht als Rohwasser der Wasserwerke dient, sondern hier i.d.R. Uferfiltrat eingesetzt wird. Durch die Uferfiltration wird ein Großteil der Mikroorganismen bereits entfernt und durch die folgende Wasseraufbereitung ist garantiert, dass im aufbereiteten Wasser jederzeit Trinkwasserqualität vorliegt.

Die mikrobiologischen Daten sollten dezentral durch verschiedene interessierte Mitgliedsunternehmen erfasst werden, wobei alle 4 Wochen Stichproben entnommen wurden. Das Programm wurde im Juni 1997 begonnen und über die Jahre 1998 und 1999 fortgesetzt. Im Jahr 1998 waren auch RIWA-Mitgliedsunternehmen mit 3 Messstellen beteiligt. Mittlerweile ist damit ein umfassender Datensatz über das Rheineinzugsgebiet vorhanden, um damit Aussagen über die Gewässergüte im Rheineinzugsgebiet in bakteriologischer Hinsicht zu ermöglichen.

2 Mikrobiologische Untersuchungsmethoden

Die mikrobiologischen Untersuchungsmethoden waren in der IAWR-Biologengruppe abgestimmt worden und umfaßten die quantitative Erfassung von *Escherichia coli* (Fäkalcoliformen), coliformen Bakterien (Gesamtcoliformen) und der Koloniezahl.

Dabei wurde für *Escherichia coli* und coliforme Bakterien die empfohlene Methode für die Untersuchung nach Badegewässer-Richtlinie 76/160/EWG [1] nach Mitteilung des Umweltbundesamtes [2] zur Quantifizierung gewählt. Dabei handelt es sich um die Quantifizierung im MPN-Verfahren mit MUG-Laurylsulfatbouillon, wobei als positiv für fäkalcoliforme Bakterien (*Escherichia coli*) das Merkmal „Gasbildung + Fluoreszenz“, als positiv für gesamtcoliforme Bakterien (Coliforme Bakterien) das Merkmal „Gasbildung“ gewertet wird. Mit der Quantifizierung dieser Fäkalindikatorbakterien erhält man ein Maß für die hygienische Belastung eines Gewässers mit Abwasser und landwirtschaftlichen Abschwemmungen [3].

Bei der Bestimmung der Koloniezahl sollte dagegen eine möglichst vollständige Erfassung der heterotrophen, vermehrungsfähigen Mikroorganismen erfolgen. Nach Popp [3] besteht meist ein direkter Zusammenhang zwischen der Koloniezahl und der organischen Belastung eines Fließgewässers. Zu einer Bakterienvermehrung tragen allerdings nur solche organische Substanzen bei, welche von diesen heterotrophen Mikroorganismen auch abgebaut und verwertet werden können.

Hier wurde vorgeschlagen, die Koloniezahl mit R2A-Agar im Plattengußverfahren nach 7d Bebrütungszeit bei 20°C zu bestimmen. Dieses in der Literatur beschriebene Verfahren [4] ergibt in Trinkwasser aufgrund einer niedrigen Substratkonzentration und langer Bebrütungszeit eine deutlich höhere Erfassungsquote als beispielsweise Plate Count Agar. Da

eine möglichst vollständige Erfassung der vermehrungsfähigen, heterotrophen Mikroorganismen hier angestrebt war, erschien dieses Verfahren daher als gut geeignet.

3 Messstellen

Einen Überblick über die Lage der Messstellen im Einzugsgebiet des Rheins und an den Seen gibt die Abbildung 1.



Abbildung 1: Überblick über die Lage der IAWR-Messstellen

In der Tabelle 1 sind die beprobten Messstellen für die einzelnen Jahre, sowie die durchführenden Labors aufgeführt. Neben Mitgliedsunternehmen war im AWBR-Bereich auch die LfU Baden-Württemberg mit 4 Messstellen am Rhein beteiligt. Im Jahr 1998 war auch die RIWA mit 3 Messstellen vertreten.

Tabelle 1: Probenahmestellen und Untersuchungsstellen im Rahmen des mikrobiologischen Untersuchungsprogrammes

Gebiet	Probenahmestelle	km	Messung durch	97	98	99
AWBR	Zürichsee (Zürichsee Lengg, 30 m)		BWV	+	+	+
	Zürichsee (Ausfluss Zürichsee, 0 m)		BWV	+	+	+
	Limmat		BWV	+	+	+
	Bodensee (Überl. See, 60 m)		BWV	+	+	+
	Bodensee (Überl. See, 0 m)		BWV	+	+	+
	Bodensee (Obersee, 40 m)		BWV	+	+	-
	Bodensee (Obersee , 0m)		BWV	+	+	-
	Rhein, Au Lustenau	-82,6	St. Gallen, Lindau	+	(+)	+
	Rhein, Reckingen	91,0	LfU	-	+	+
	Rhein, Basel	163,9	IW Basel	+	(+)	+
	Rhein, Breisach	225,0	LfU	-	+	+
	Rhein, Karlsruhe	359,3	LfU, TZW	+	+	+
	Rhein, Mannheim	426,0	LfU	-	+	+
ARW	Rhein, Biebesheim	463,6	WV Hess, Ried	+	+	+
	Rhein, Mainz	500,6	SW Mainz	+	+	-
	Rhein, Mainfahne	500,8	SW Mainz	+	+	-
	Rhein, Wiesbaden	507,1	ESWE	+	+	+
	Rhein, Köln	685,8	GEW Köln	+	+	+
	Rhein, Düsseldorf Benrath	722,0	Berg. Wasserlab.	+	+	+
	Rhein, Düsseldorf Flehe	732,1	SW Düsseldorf	+	+	+
	Rhein, Düsseldorf Wittlaer	757,9	SW Duisburg	+	+	+
	Rhein, Wesel	814,0	Gelsenwasser	+	+	+
	Main, Frankfurt	30,3	Mainova	+	+	+
RIWA	Rhein, Lobith			-	+	-
	RUW, Nieuwegein			-	+	-
	Andijk, IJsselmeer			-	+	-

* FC, GC andere Messmethode

4 Auswertung der Messdaten

Für die Fäkalindikatorbakterien (GC, FC), die die hygienische Belastung eines Gewässers mit Fäkalien und damit potentiell mit Krankheitserregern anzeigen, sind in einigen Richtlinien Grenz- und Leitwerte angegeben, wobei die jeweilige Höhe von der geplanten Nutzungsart des Oberflächengewässers abhängt (z. B. Nutzung zum Baden [1], Nutzung zur Gewinnung von Trinkwasser [4]. Nach Badegewässer-Richtlinie [1] liegt der Leitwert (guide value, G) für die Gesamtcoliformen bei 500 Keimen/100 mL, der Grenzwert (imperative value, I) bei 10 000 Keimen/100 mL. Für die Fäkalcoliformen liegen die Werte jeweils um den Faktor 5 niedriger, d. h. der Leitwert beträgt 100 Keime/100 mL, der Grenzwert 2 000 Keime/100 mL. Hierbei wird für Badegewässer die Einhaltung des Leitwertes in 80 % der Proben gefordert, die Einhaltung des Grenzwertes in 95 % der Proben.

Nach der Richtlinie für die Nutzung von Oberflächengewässern zur Trinkwassergewinnung [5] wird je nach Art der Aufbereitungstechnik (A1= einfache physikalische Aufbereitung und Entkeimung , A2 = normale physikalische und chemische Aufbereitung und Entkeimung, A3 = physikalische und verfeinerte chemische Aufbereitung, Oxidation, Adsorption und Entkeimung) die Einhaltung unterschiedlicher Grenzwerte gefordert.

Von Popp [3] wurde ein Bewertungsschema mit 7 hygienisch-bakteriologischen Belastungsstufen vorgeschlagen (siehe Tabelle 2), wobei die 80-Perzentilwerte der Gesamt- und Fäkalcoliformen für die Einstufung zu verwenden sind. Der 80-Perzentilwert gibt dabei an, welche bakterielle Belastung in 80 % aller untersuchten Proben nicht überschritten wird.

Für die Koloniezahl als Maß für die Belastung eines Fließgewässers mit abbaubaren organischen Substanzen führt Popp ebenfalls ein 7-stufiges Schema ein, bei dem jedoch die Zuordnung anhand der 50- und 80-Perzentilwerte erfolgen soll [3].

Die hierbei den Wassergüte-Hauptklassen (I, II, III und IV) zugeordneten Koloniezahlen decken den ganzen Bereich der im Gewässer normalerweise vorkommenden Koloniezahlen in Form der 50-Perzentilwerte ab. Eine Zuordnung zu den Wassergüte-Zwischenklassen (I-II, II-III und III-IV) ist über die 80-Perzentilwerte der zugehörigen Koloniezahl möglich (siehe Tabelle 2). Mit den 80-Perzentilwerten der Koloniezahlen gehen zeitweise höhere Belastungen ebenfalls mit in die mikrobiologische Belastung der Fließgewässer ein [3].

Die Zuordnung der für ein Gewässer ermittelten Koloniezahl-Perzentilwerte zur mikrobiologischen Gewässergüte anhand des nach Popp vorgeschlagenen Schemas erfolgt dabei folgendermaßen:

Zuerst wird anhand des 50-Perzentilwertes der Koloniezahl die Wassergüte-Hauptklasse ermittelt. Danach wird eine Zuordnung anhand der 80-Perzentile vorgenommen. Fällt diese in die gleiche Hauptklasse, so gibt diese die zugeordnete Gewässergüte an, fällt sie in die darüberliegende Hauptklasse, so erfolgt die Gütebewertung anhand der Wassergüte-Zwischenklassen [3].

In Tabelle 2 sind die Anforderungen an Badegewässer, an Oberflächenwasser zur Trinkwassergewinnung und die Wassergüteklassen nach Popp vergleichend zusammengefasst.

Tabelle 2: Vergleich verschiedener Grenz- und Richtwerte bzw. Zuordnung zu Wassergüteklassen

		KBE pro mL	Gesamtcolifome pro 100 mL	Fäkalcolifome pro 100 mL
Badegewässer 76/160/EWG	G	-	500	100
	I	-	10 000	2 000
Oberflächenwasser für Trinkwasser 75/440/EWG	A1	-	50	20
	A2	-	5 000	2 000
	A3	-	50 000	20 000
Gewässergüte nach Popp	I (1)	< 200	< 5	< 1
	I-II (2)	50 – 1 000	5 - 50	1 - 10
	II (3)	> 200 – 5 000	51 - 500	11 - 100
	II-III (4)	> 1 000 - 30 000	501 - 5 000	101 - 1 000
	III (5)	> 5 000 - 200 000	5 001 - 50 000	1 001 – 10 000
	III-IV (6)	> 30 000 - 2 000 000	50 001 - 500 000	10 001 – 100 000
	IV (7)	> 200 000	> 500 000	> 100 000

Für die hier vorliegenden Daten wurde zum einen eine Auswertung im Hinblick auf die Überschreitungshäufigkeit der Grenz- und Leitwerte nach Badegewässerrichtlinie (für Fäkal- und Gesamtcolifome) und zum anderen eine Zuordnung zu den Wassergüteklassen nach Popp (für Fäkal- und Gesamtcolifome sowie die Koloniezahl) vorgenommen.

Letzteres war allerdings nur für die Daten der Jahre 1998 und 1999 möglich, da im Jahr 1997 nur 4 bis 7 Werte pro Messstelle vorlagen. Ab Beginn 1998 wurden jedoch in der Regel monatliche Stichproben untersucht, so dass an fast allen Messstellen für das Jahr 1998 9 bis 13 Messwerte vorlagen und somit eine ausreichende Datenbasis für die Perzentilwertberechnung gegeben ist. Für die Auswertung wurde die Perzentilwertberechnung nach Hazen [6] für die 50- und 75-Perzentile herangezogen. Die Zuordnung zu den Wassergüteklassen nach Popp wurde für die Gesamtcoliformen und Fäkalcoliformen durch Vergleich dieser 75-Perzentile mit der vorgegebenen Einteilung, für die Koloniezahl durch die 50- und 75-Perzentile vorgenommen (50-Perzentil zur Einordnung in die Hauptklassen, siehe Tabelle 2, fettgedruckt, 75-Perzentil zur Zuordnung in die Zwischenklasse, falls dieses in die nächsthöhere Hauptklasse fällt). Weiterhin wurden die Ergebnisse auch im Hinblick auf den Einfluss von Niederschlägen und der Wasserführung auf die bakteriologische Wasserqualität ausgewertet, wobei lediglich für das Jahr 1999 keine Datensätze zu den Niederschlägen vorlagen.

5 Ergebnisse 1997-1999

Die Messergebnisse des mikrobiologischen Untersuchungsprogrammes sind im Anhang in den Tabellen A 1 bis A 9 für alle Messstellen aufgeführt. Die Tabellen A 1 bis A 3 führen die Daten aus dem Jahr 1997 nach Parametern getrennt auf (FC, GC, Koloniezahl), die Tabellen A 4 bis A 6 die Daten aus dem Jahr 1998 und die Tabellen A 7 bis A 9 die Daten aus dem Jahr 1999. In den Abbildungen B 1 bis B 21 im Anhang sind die mikrobiologischen Daten jeweils zusammen mit den Niederschlagsdaten und den Rheinpegelständen für die Rhein-Messstellen im AWBR- und ARW-Bereich und den Bodensee über den Zeitraum 1997 bis 1999 graphisch dargestellt.

6 Auswertung der Messdaten im Vergleich zur Badegewässerrichtlinie

In der Badegewässer-Richtlinie [1] wurden Leit- bzw. Grenzwerte für Gesamtcoliforme von 500 Keimen/100 mL bzw. 10 000 Keimen/ 100 mL und für Fäkalcoliforme von 100 Keimen/100 mL bzw. 2 000 Keimen/100 mL festgelegt. Anhand der vorliegenden Messdaten wurden die Überschreitungshäufigkeiten der Leit- und Grenzwerte für die einzelnen Messstellen jeweils für die Jahre 1997, 1998 und 1999 mit der Methode des Umweltbundesamtes [3] ermittelt. Diese Werte können den Tabellen A 10 bis A 15 im Anhang entnommen werden. In der Abbildung 2 und 3 sind die Überschreitungshäufigkeiten für Fäkalcoliforme und Gesamtcoliforme jeweils für die Jahre 1997, 1998 und 1999 vergleichend graphisch dargestellt.

Die Abbildungen verdeutlichen, dass die Seemessstellen im Vergleich zu Rhein und Main wesentlich geringer mit Fäkalindikatoren belastet waren. Im Bodensee wurden im gesamten Zeitraum weder Grenz- noch Leitwerte überschritten. Im Zürichsee und im IJsselmeer wurden lediglich Leitwert-Überschreitungen für Fäkalcoliforme von < 40 % ermittelt.

Die Limmat wies im Vergleich zum Rhein eine etwas geringere Belastung an Gesamt- und Fäkalcoliformen auf. Die Grenzwerte für Fäkalcoliforme wurden in ≤ 50 % und für Gesamtcoliforme in ≤ 87 % der Fälle überschritten.

Für die Messstellen an Rhein und Main wurden wesentlich häufigere Grenz- und Leitwert-Überschreitungen, sowohl für Fäkalcoliforme als auch für Gesamtcoliforme bestimmt.

An sämtlichen Rhein-Messstellen wurden die Leitwerte im Zeitraum 1997 bis 1999 überschritten. Bei einem Drittel bis der Hälfte der Messstellen war dies in allen untersuchten Proben der Fall. Die übrigen Messstellen wiesen Leitwert-Überschreitungshäufigkeiten für Fäkalcoliforme von > 40 % und für Gesamtcoliforme von > 50 % auf.

Die Grenzwerte wurden für Gesamtcoliforme an rd. 20 bis 30 % der Messstellen und für Fäkalcoliforme an rd. 10 bis 40 % der Messstellen eingehalten. An den übrigen Messstellen erreichten die Grenzwert-Überschreitungshäufigkeiten bis zu 77 % für Gesamtcoliforme und bis zu 86 % für Fäkalcoliforme. Im Rhein-Abschnitt zwischen Düsseldorf und Wesel sind deutliche Zunahmen der Überschreitungshäufigkeiten und damit der bakteriologischen Belastung mit zunehmender Fließstrecke des Rheins zu erkennen und zwar sowohl im Untersuchungszeitraum 1997, 1998 als auch 1999.

Die Anforderungen für Badegewässer, nach denen in 80 % der Proben die Leitwerte und in

95 % der Proben die Grenzwerte nicht überschritten werden dürfen, werden an den Seemessstellen für den Parameter Gesamtcoliforme, und am Bodensee auch für den Parameter Fäkalcoliforme erfüllt. An den meisten Messstellen von Rhein und Main ist dies jedoch nicht der Fall.

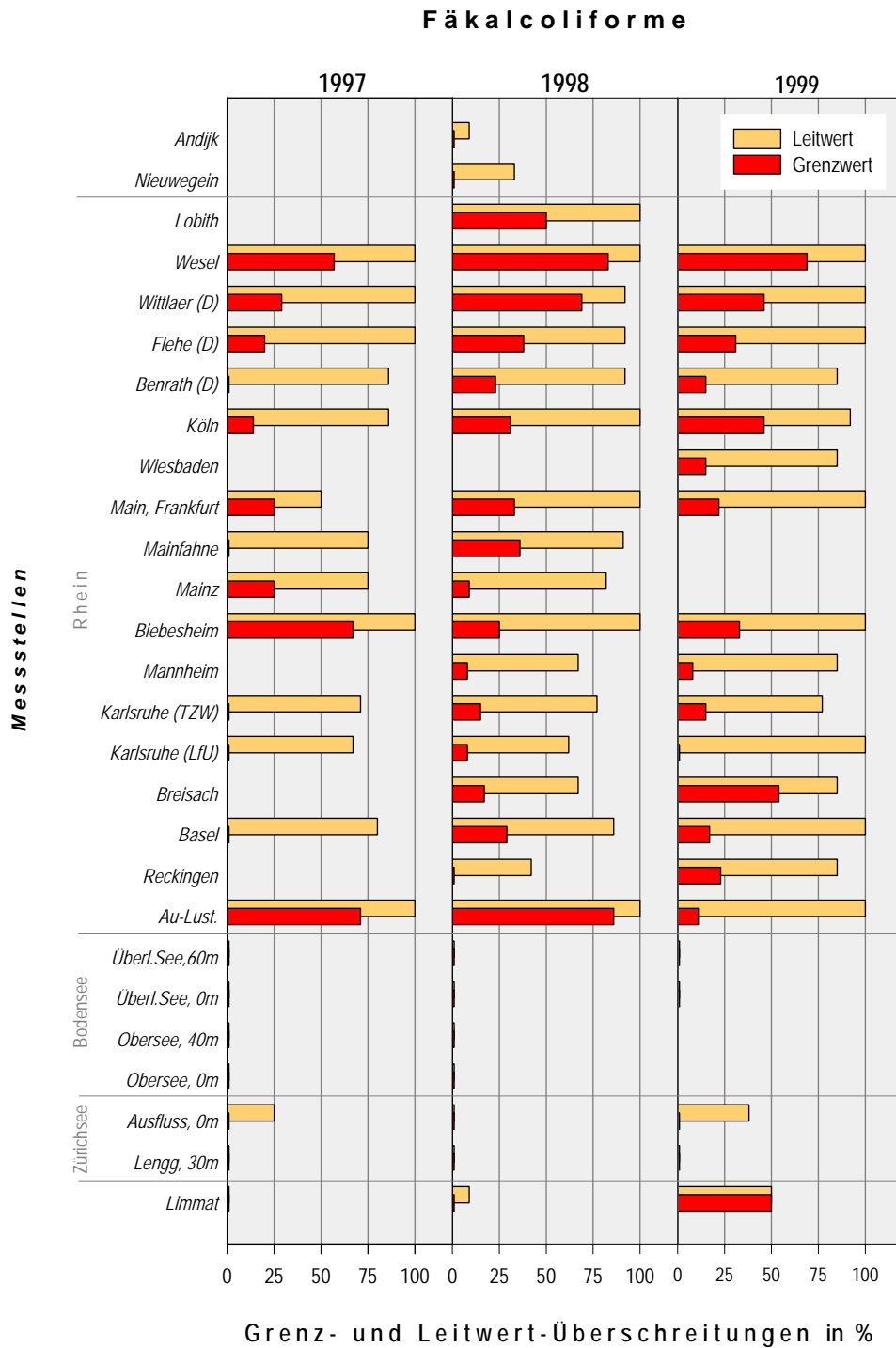


Abbildung 2: Überschreitungshäufigkeiten der Leit- und Grenzwerte nach Badegewässer-Richtlinie für Fäkalcoliforme (1997 bis 1999)

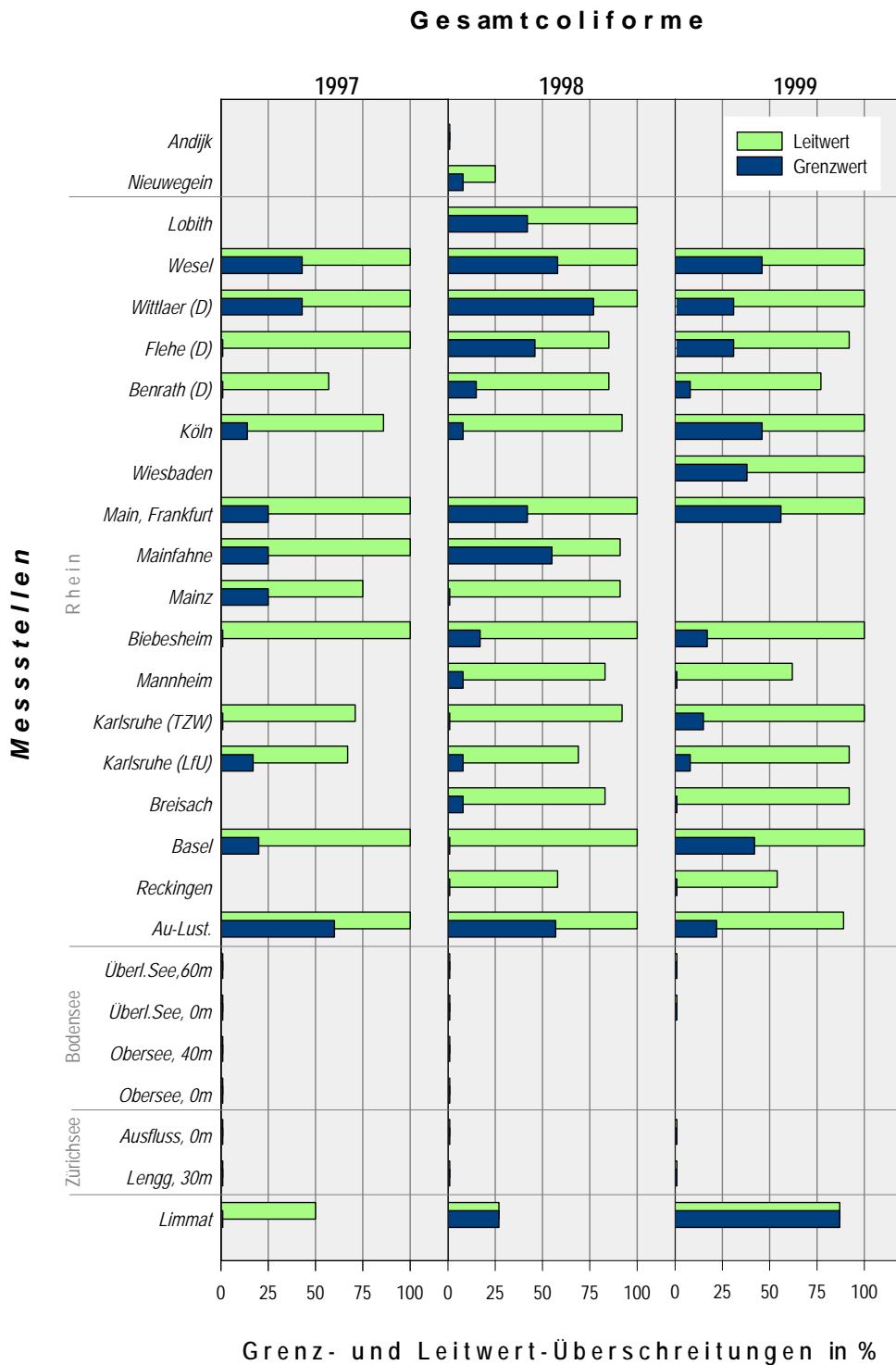


Abbildung 3: Überschreitungshäufigkeiten der Leit- und Grenzwerte nach Badegewässer-Richtlinie für Gesamtcoliforme (1997 bis 1999)

Die Tabellen 3 und 4 geben einen Überblick über die Überschreitungshäufigkeiten der Leit- und Grenzwerte für Fäkal- und Gesamtcoliforme zusammengefasst nach See- und Flussmessstellen.

Tabelle 3: Überschreitungshäufigkeiten der Grenz- und Leitwerte nach Badegewässer-Richtlinie für Fäkalcoliforme im Zeitraum 1997 bis 1999

Fäkalcoliforme MPN/100mL	Anzahl Messungen			Überschreitungshäufigkeit (%)					
				Leitwert			Grenzwert		
	1997	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999
Zürichsee	8	18	16	13	0	19	0	0	0
Bodensee	23	44	16	0	0	0	0	0	0
Ijsselmeer (Andijk)	-	11	-	-	9	-	-	0	-
Rhein gesamt	69	198	163	88	81	93	23	30	29
AWBR	25	76	86	80	68	90	20	18	19
ARW	44	98	77	93	94	96	25	40	40
RIWA	-	12	-	-	100	-	-	50	-
Limmat	4	11	8	0	9	50	0	0	< 50*
Main	4	12	9	50	100	100	25	33	22
Nieuwegein (Lek-Kanal)	-	12	-	-	33	-	-	0	-

* Grenz- und Leitwerte liegen z.T. außerhalb des jeweiligen Messbereichs

Tabelle 4: Überschreitungshäufigkeiten der Grenz- und Leitwerte nach Badegewässer-Richtlinie für Gesamtcoliforme im Zeitraum 1997 bis 1999

Gesamtcoliforme MPN/100mL	Anzahl Messungen			Überschreitungshäufigkeit (%)					
				Leitwert			Grenzwert		
	1997	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999
Zürichsee	8	18	16	0	0	0	0	0	0
Bodensee	23	44	16	0	0	0	0	0	0
Ijsselmeer (Andijk)	-	11	-	-	0	-	-	0	-
Rhein gesamt	70	198	163	87	85	89	20	21	20
AWBR	23	76	86	83	82	84	22	9	12
ARW	47	98	77	89	93	95	19	35	30
RIWA	-	12	-	-	100	-	-	42	-
Limmat	4	11	8	50	27	< 87*	0	< 27*	< 87*
Main	4	12	9	100	100	100	25	42	56
Nieuwegein (Lek-Kanal)	-	12	-	-	25	-	-	8	-

* Grenz- und Leitwerte liegen z.T. außerhalb des jeweiligen Messbereichs

Die Zusammenfassung der Rheindaten nach Bereichen der AWBR, ARW und RIWA zeigt insbesondere für die Jahre 1998 und 1999 eine Zunahme der Überschreitungshäufigkeiten mit zunehmender Fließstrecke des Rheins. Im Jahr 1998 wurde der Grenzwert für Fäkalcoliforme im Bereich der AWBR in 82 % der untersuchten Proben eingehalten, im Bereich der RIWA war dies nur noch in 50 % der Proben der Fall.

Bei Betrachtung des gesamten Rheins wurden die Grenzwerte nach Badegewässer-Richtlinie sowohl für Gesamt-, als auch Fäkalcoliforme im Mittel in 70 bis 80 % der Fälle und die Leitwerte in 7 bis 19 % aller Untersuchungen eingehalten.

In Anbetracht der Vielzahl der Abwässer, die in den Rhein entsorgt werden, ist diese doch relativ häufige Einhaltung der Grenzwerte als positiv zu betrachten.

Die Main-Messstelle wies mit dem Rhein vergleichbare mikrobiologische Belastungen auf. An den Messstellen der Limmat und des Lek-Kanals wurden deutlich geringere Überschreitungshäufigkeiten ermittelt.

Die Seemesstellen waren, wie bereits aus den Abbildungen 2 und 3 hervorgeht, nicht bzw. nur schwach belastet. Die Leitwerte wurden im Mittel in mehr als 80% der untersuchten Proben eingehalten. Grenzwerte wurden nicht überschritten.

In der Abbildung 4 sind diese Ergebnisse für die verschiedenen Bereiche des Rheins im Untersuchungszeitraum von 1997 bis 1999 noch einmal graphisch dargestellt. Neben der mit zunehmender Fließstrecke des Rheins ansteigenden fäkalen Belastung, verdeutlicht die Graphik auch eine Zunahme von Fäkalkeimen innerhalb des Untersuchungszeitraums.

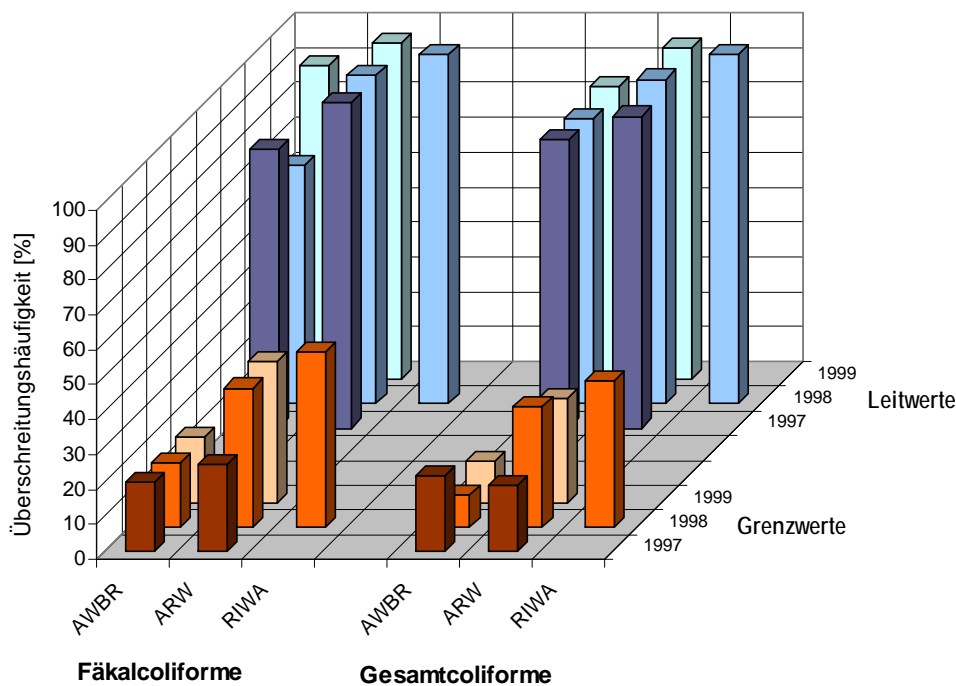


Abbildung 4: Häufigkeiten der Leit- und Grenzwert-Überschreitungen für Fäkal- und Gesamtcoliforme im Rhein (Bereiche des AWBR, ARW und RIWA), Zeitraum 1997 bis 1999

7 Zuordnung zu Gewässergüteklassen

Um eine Zuordnung der einzelnen Messstellen zu Gewässergüteklassen vorzunehmen, wurden für die Parameter Koloniezahl, Fäkalcoliforme und Gesamtcoliforme, die 50- und 75-Perzentile nach Hazen [6] berechnet. Die Einzelwerte dieser Berechnungen bzw. Zuordnung zu den Gewässergüteklassen nach Popp [3] sind jeweils zusammengestellt nach Parameter und Untersuchungszeitraum den Tabellen A 16 bis A 21 im Anhang zu entnehmen.

Die Perzentil-Werte geben jeweils die Bakteriengehalte an, welche in einem gewissen prozentualen Anteil der untersuchten Proben (in diesem Falle 25%, 50%, 75% und 90%) nicht überschritten werden. Aufgrund relativ großer Schwankungen bei derartigen mikrobiologischen Stichprobenuntersuchungen kann anhand der Perzentil-Werte, im Vergleich zu statistischen Mittelwerten, eine bessere Bewertung der Gesamtsituation erfolgen.

Die Abbildungen 5 bis 10 zeigen die für die Rhein-Messstellen für die Jahre 1998 und 1999 ermittelten Perzentil-Werte, sowie die statistischen Minimal-, Mittel- und Maximal-Werte der Parameter Koloniezahl, Fäkalcoliforme und Gesamtcoliforme.

Die Koloniezahlen stellen ein Maß für die Belastung eines Gewässers mit abbaubaren organischen Substanzen dar. Die für den Zeitraum 1998 und 1999 berechneten 50-Perzentile lagen zwischen 2×10^3 und 6×10^4 KBE/mL (siehe Abbildungen 5 und 6). Die höchsten 50-Perzentil-Werte wurden mit $> 3 \times 10^4$ KBE/mL an den Messstellen Breisach, Mannheim, Benrath, Wesel und Lobith bestimmt. Die niedrigsten Werte lagen für den Rhein-Abschnitt zwischen Mainz und Köln vor. Ein Anstieg der Koloniezahlen mit zunehmender Fließstrecke des Rheins war nicht zu verzeichnen. Signifikante Unterschiede zwischen den Jahren 1998 und 1999 traten ebenfalls nicht auf. Verglichen mit dem Rhein wurden für die Seemessstellen deutlich niedrigere Koloniezahl-Werte ermittelt, was auf eine geringere Belastung der Seen mit abbaubaren organischen Substanzen schließen lässt (siehe Tabellen A 16 und A 17 im Anhang). Die 50-Perzentile bewegten sich in einem Bereich $< 5 \times 10^3$ KBE/mL.

In den Abbildungen 7 bis 10 sind die Ergebnisse für die Fäkal- und Gesamtcoliformen dargestellt. Sie stellen ein Maß für die hygienische Belastung eines Gewässers dar und lagen durchschnittlich um den Faktor 10^2 bzw. 10^3 unter den Koloniezahl-Werten.

Die 50-Perzentile der Fäkalcoliformen erreichten im Rhein 10^2 bis 7×10^3 MPN/100 mL (siehe Abbildungen 7 und 8). In beiden Jahren waren im Bereich der ARW mit Maximal-Werten von 7×10^3 MPN/100 mL im Vergleich zur AWBR mit 2×10^3 MPN/100 mL insgesamt nicht nur höhere Belastungen, sondern auch ein deutlicher Anstieg der Zahlenwerte mit zunehmender Fließstrecke des Rheins zu verzeichnen, was auf eine steigende Abwasserbelastung hinweist. Die berechneten 50-Perzentile der Gesamtcoliformen lagen zwischen 10^3 und 2×10^4 MPN/100 mL (siehe Abbildungen 9 und 10). Die Seemessstellen waren deutlich geringer mit Fäkalindikatoren belastet. Die 50-Perzentile der Fäkalcoliformen erreichten ≤ 50 MPN/100 mL. Für die Gesamtcoliformen wurden Werte ≤ 110 MPN/100 mL ermittelt (Tabellen A 18 bis A 21 im Anhang).

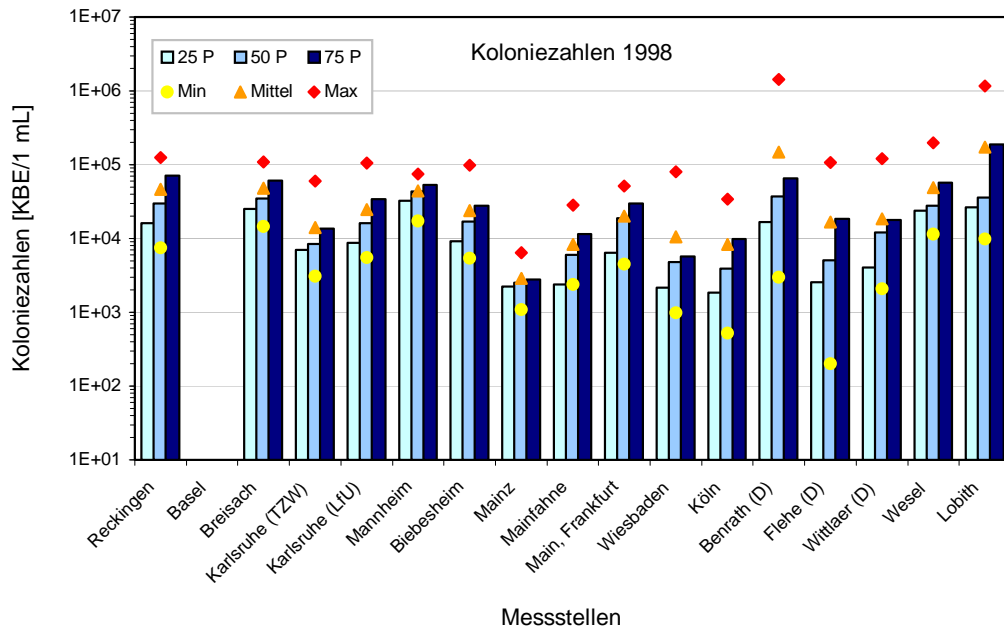


Abbildung 5: Koloniezahlen im Rhein im Jahr 1998 (Minimal-, Mittel-, und Maximal-Werte, sowie die nach Hazen bestimmten 25-, 50- und 75-Perzentile)

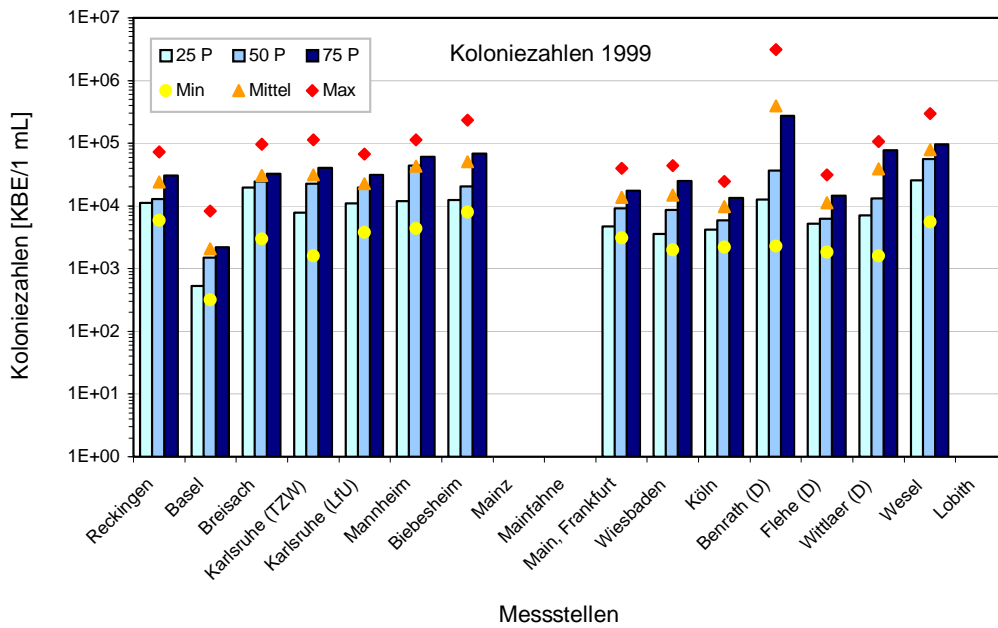


Abbildung 6: Koloniezahlen im Rhein im Jahr 1999 (Minimal-, Mittel-, und Maximal-Werte, sowie die nach Hazen bestimmten 25-, 50- und 75-Perzentile)

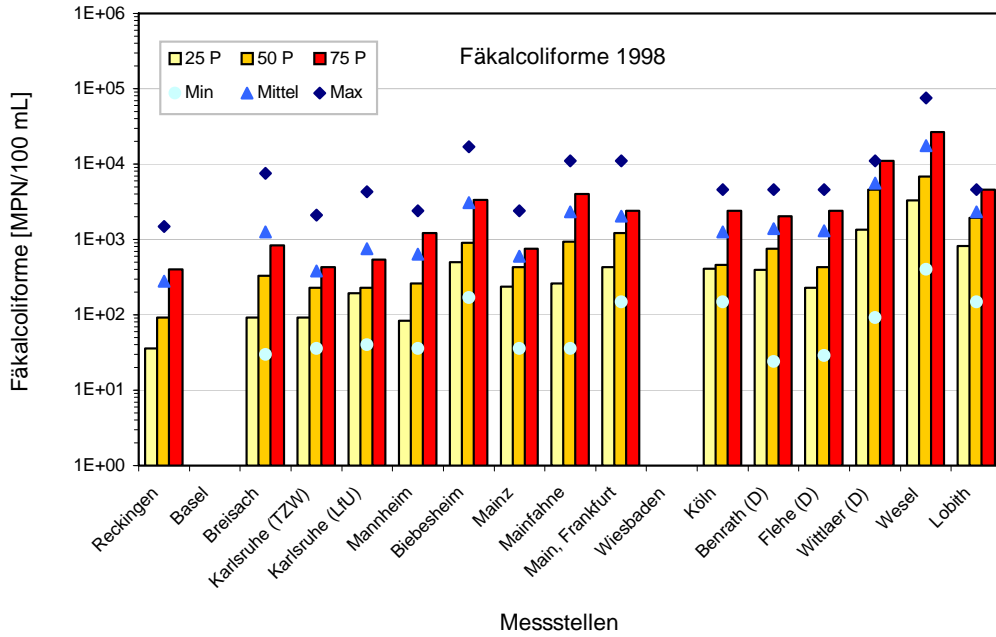


Abbildung 7: Fäkalcoliforme im Rhein im Jahr 1998 (Minimal-, Mittel-, und Maximal-Werte, sowie die nach Hazen bestimmten 25-, 50- und 75-Perzentile)

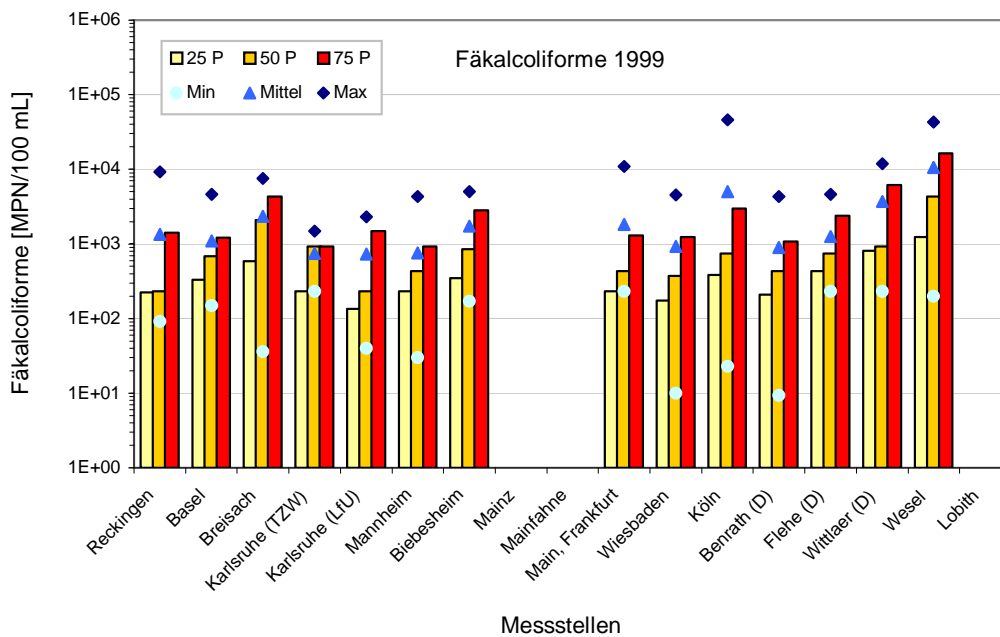


Abbildung 8: Fäkalcoliforme im Rhein im Jahr 1999 (Minimal-, Mittel-, und Maximal-Werte, sowie die nach Hazen bestimmten 25-, 50- und 75-Perzentile)

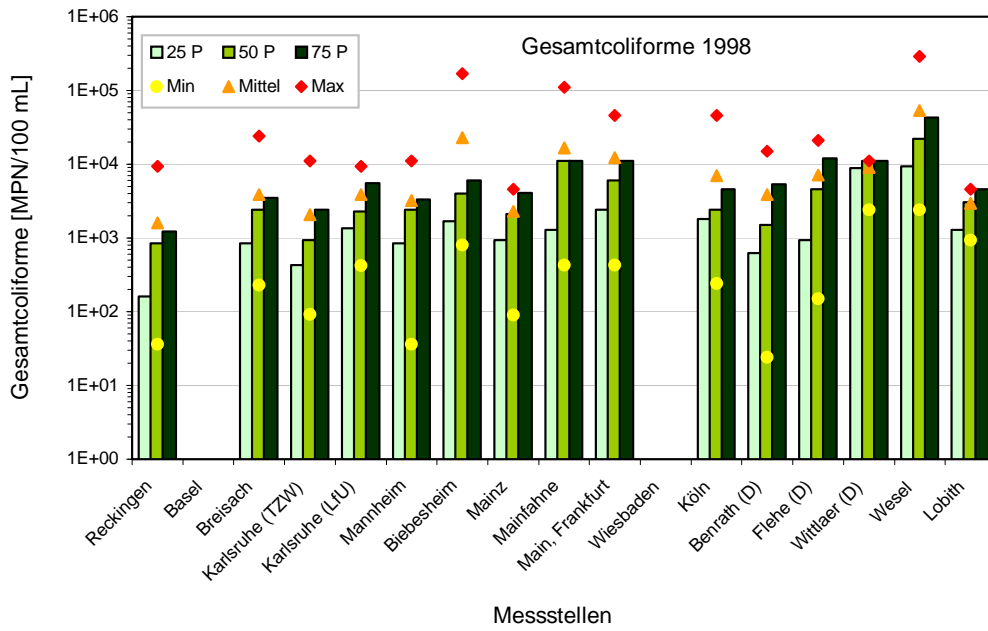


Abbildung 9: Gesamtcoliforme im Rhein im Jahr 1998 (Minimal-, Mittel-, und Maximal-Werte, sowie die nach Hazen bestimmten 25-, 50- und 75-Perzentile)

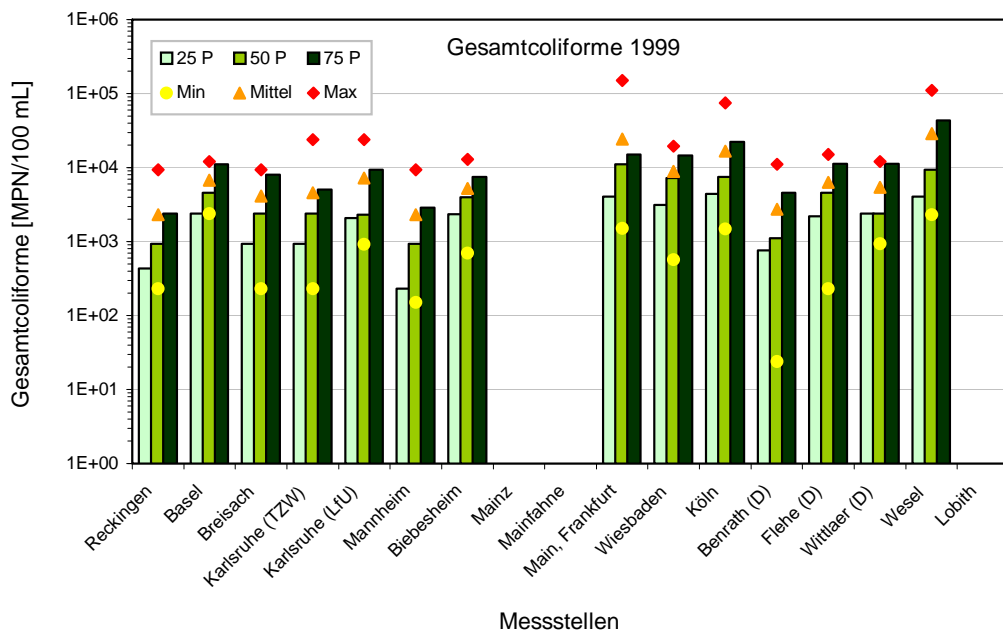


Abbildung 10: Gesamtcoliforme im Rhein im Jahr 1999 (Minimal-, Mittel-, und Maximal-Werte, sowie die nach Hazen bestimmten 25-, 50- und 75-Perzentile)

Anhand der nach Hazen berechneten Perzentil-Werte wurde eine Einstufung in Gewässergüteklassen nach Popp [3] vorgenommen. Für die Parameter Fäkal- und Gesamtcoliforme wurden die 75-Perzentile herangezogen. Für die Koloniezahlen erfolgte die Zuweisung zu den Hauptklassen anhand der 50-Perzentile, und zu den Zwischenklassen anhand der 75-Perzentile (siehe Tabelle 2).

Die Abbildung 11 zeigt die anhand der Perzentil-Werte vorgenommene Zuordnung zu den Wassergüteklassen 1 bis 7 jeweils für die Jahre 1998 und 1999. Die Einzelwerte können den Tabellen A 16 bis A 21 im Anhang entnommen werden.

Unter Berücksichtigung der Koloniezahlen als auch der Fäkalindikatoren wurden für die Flussmessstellen Güteklassen im Bereich zwischen 4 und 6 ermittelt, wobei die Mehrzahl der Messstellen der Klasse 5 zugeordnet werden konnte. Am schlechtesten war die Wasserqualität mit der Güteklasse 6 im Rhein-Abschnitt zwischen Benrath (D) und Wesel.

Auf der Basis der Koloniezahl-Werte wurde im AWBR-Bereich mehrheitlich die Wassergüteklasse 5 ermittelt. Die Einstufung anhand der Fäkalindikatoren ergab hingegen 1998 überwiegend die Wassergüteklasse 4, so dass hier abbaubare organische und nicht hygienische Belastungen zu einer schlechteren Bewertung der Wasserqualität führten.

Im Bereich der ARW waren dagegen meist die hygienischen Parameter für eine Einstufung in schlechtere Wassergüteklassen verantwortlich.

Die Seemessstellen (Zürichsee, Bodensee und Ijsselmeer) zeigten im Vergleich zum Rhein und seinen Zuflüssen (Main und Limmat) insgesamt eine geringere Belastung mit abbaubaren organischen Substanzen und insbesondere auch eine geringere fäkale Belastung. Auf der Basis der Koloniezahl-Werte wurde für die Mehrzahl der Messstellen die Wassergüteklasse 3, auf der Basis der Fäkalindikatoren sogar Wassergüteklassen zwischen 1 und 2 bestimmt.

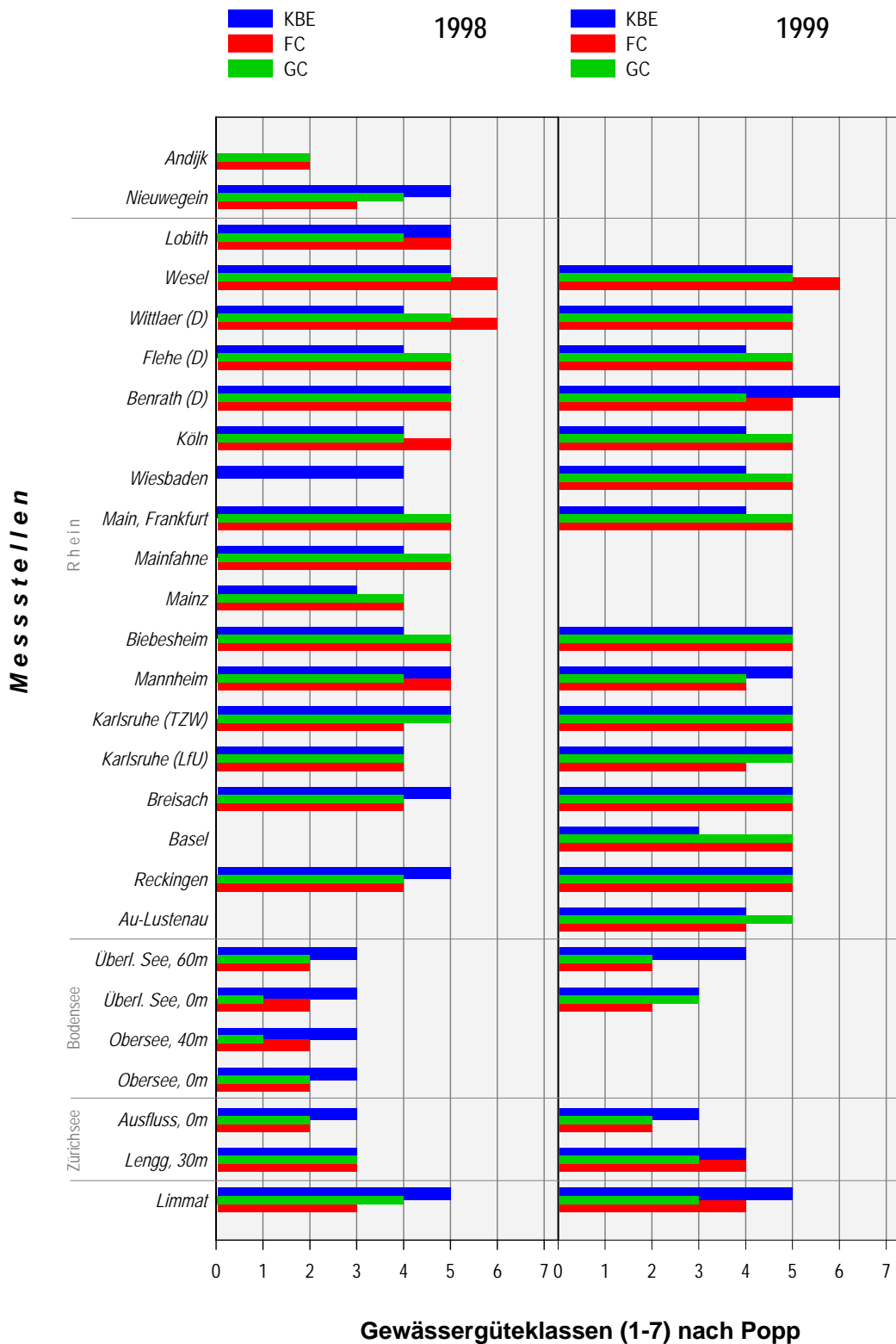


Abbildung 11: Klassifizierung der Messstellen nach Wassergüteklassen (1-7) nach Popp

8 Einfluss von Niederschlag und Wasserführung auf die bakteriologische Wasserqualität

Die Abbildungen B 1 bis B 21 im Anhang zeigen die mikrobiologischen Daten der Bodensee-Messstellen und der Messstellen des Rheins (AWBR und ARW) im Zeitraum Juni 1997 bis Dezember 1999 jeweils zusammen mit den Niederschlagsdaten für 1997 und 1998 (aufgetragen als Tagessumme bzw. aus der Monatssumme ermittelte mittlere Tagessumme) und der Wasserführung (Abfluss in m³/s). Eine Auswertung der Abhängigkeiten erwies sich aufgrund des groben Zeitrasters von einer monatlichen bakteriologischen Stichprobenuntersuchung als schwierig.

Die Seemesstellen (Obersee und Überlinger See, Abbildungen B 1 bis B 4 im Anhang) wiesen insgesamt nur geringe Gehalte an Fäkal- und Gesamtcoliformen auf. Ein Einfluss von Niederschlagsereignissen war z. T. an den oberflächennahen Messstellen erkennbar. Mit ansteigenden Niederschlagsmengen, wie z.B. im Zeitraum September/Oktober 1998, nahmen die Gesamtcoliformen und in geringerem Maße auch die Fäkalcoliformen zu (siehe Abbildungen 12 und 13).

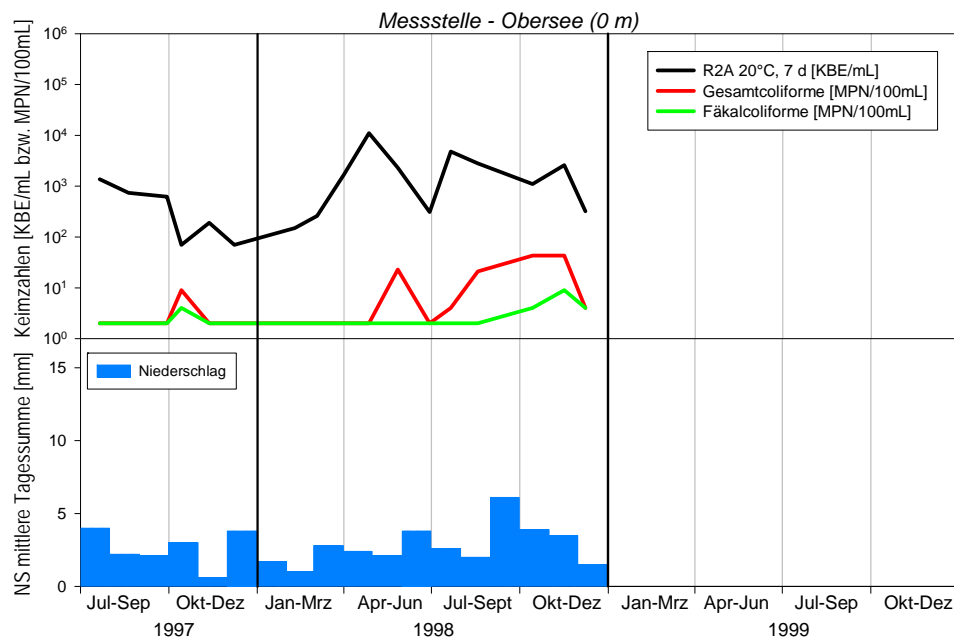


Abbildung 12: Messstelle **Obersee (0 m)** – Mikrobiologische Daten und Niederschlag im Zeitraum 1997 bis 1999

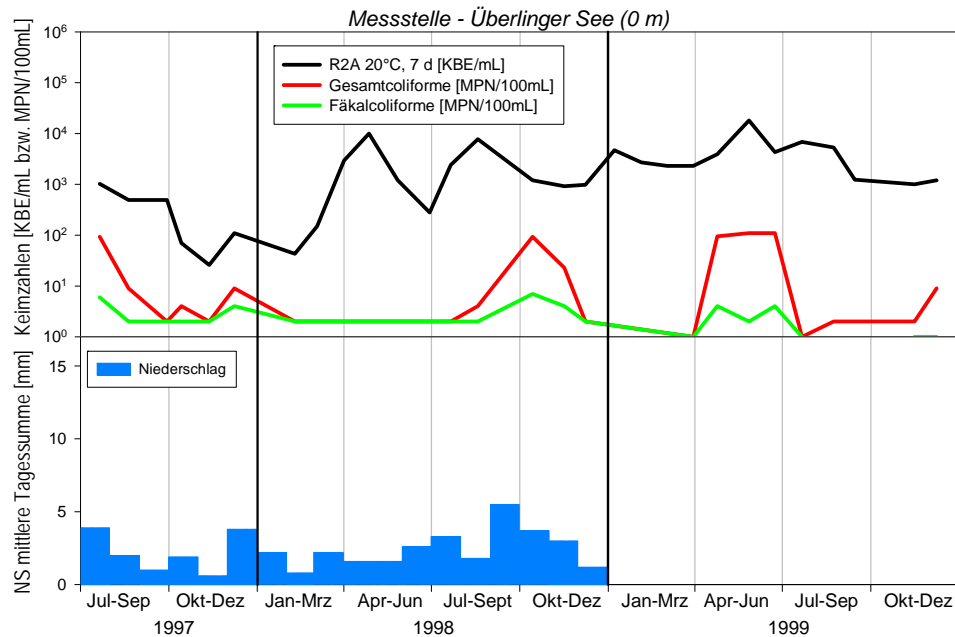


Abbildung 13: Messstelle **Überlinger See (0 m)** – Mikrobiologische Daten und Niederschlag im Zeitraum 1997 bis 1999

Die Daten der Rhein-Messstellen können den Abbildungen B 5 bis B 21 im Anhang entnommen werden. Über die Fließstrecke des Rheins war nur an einigen Abschnitten ein Zusammenhang zwischen der Wasserführung bzw. des Niederschlages und den bakteriologischen Daten festzustellen. An den Messstellen Breisach, Karlsruhe, Mannheim, Biebesheim und Köln lagen in Zeiträumen extremer Hochwasserereignisse z. B. von Oktober 1998 bis Mai 1999 z. T. höhere Bakteriengehalte und zwar insbesondere der Fäkalindikatoren vor (siehe Abbildungen B 8, B 10, B 11, B 12 und B 17 im Anhang).

Am deutlichsten war ein Einfluss der Wasserführung und z. T. auch der Niederschlagsereignisse auf die bakteriologische Belastung an der Messstelle Basel am Oberrhein und an den Messstellen Benrath, Flehe und Wittlaer im Raum Düsseldorf zu erkennen (siehe Abbildungen 14 bis 17).

Die Abbildung 14 zeigt die Daten der Messstelle Basel (Rhein-km 163,8). Auffällig sind die Anstiege fäkalcoliformer Keime, wie auch der Koloniezahlen im Dezember 1997 und im Februar und Mai 1999, welche jeweils mit einer Zunahme der Wasserführung des Rheins und im Dezember 1997 auch mit erhöhten Niederschlägen korrelieren.

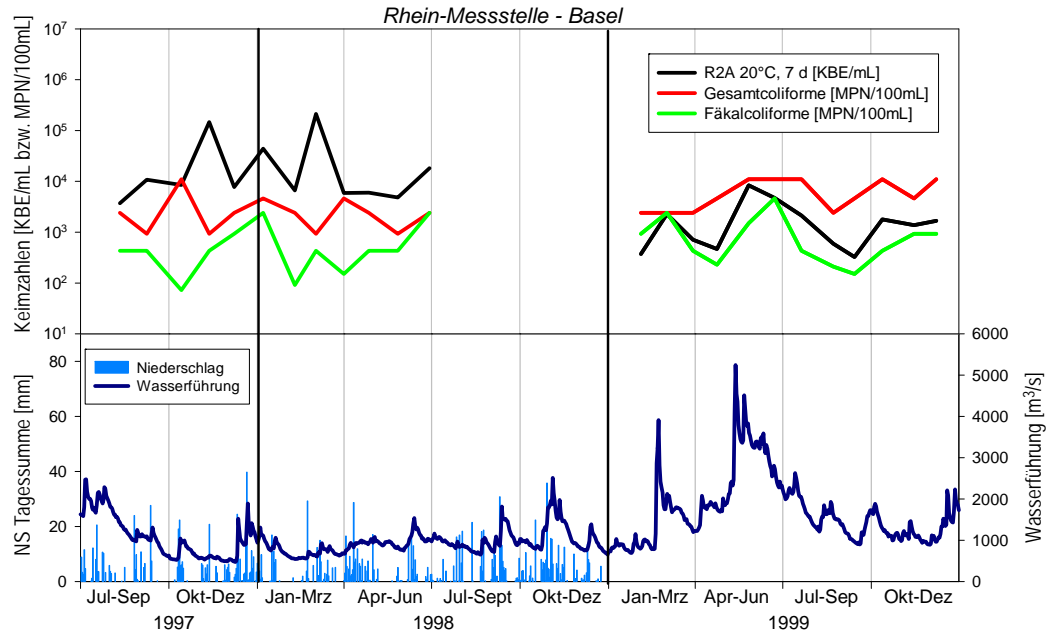


Abbildung 14: Rhein-Messstelle **Basel** – Mikrobiologische Daten, Niederschlag und Wasserführung des Rheins im Zeitraum 1997 bis 1999

Die Daten der Messstellen Benrath, Flehe und Wittlaer (Rhein-km 722 bis 757,9) sind in den Abbildungen 15 bis 17 dargestellt. An allen drei Messstellen wurden zu Zeiten zunehmender Wasserführung des Rheins auch ansteigende Bakterienzahlen nachgewiesen. Dies war im Januar und Oktober 1998 und im Februar und März 1999 der Fall und betraf sowohl die Fäkalindikatoren als auch die Koloniezahlen.

Der Zusammenhang mit den Niederschlagsmengen war an diesen Messstellen auch anhand der Tagessummen-Werte (Messstellen Flehe und Wittlaer Abbildungen 16 und 17) nicht eindeutig. So nahmen z. B. an der Messstelle Flehe die Gesamtcoliformen nach extremen bzw. häufigeren Niederschlägen im September 1997 und September 1998 zu, im Juni 1998 dagegen ab. Ein ähnlicher Verlauf war auch an der Messstelle Wittlaer zu beobachten.

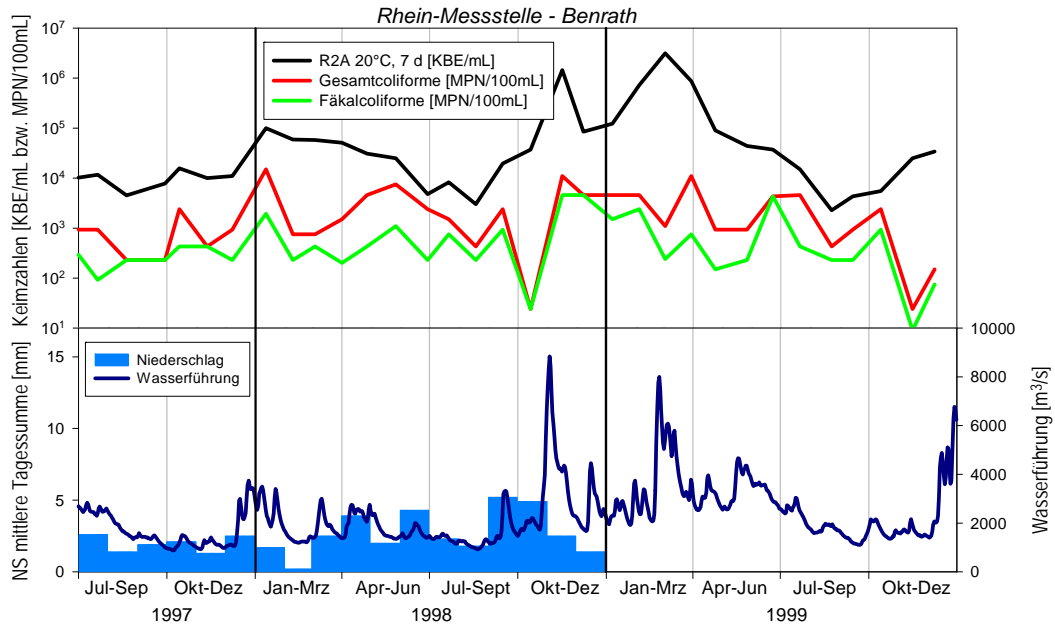


Abbildung 15: Rhein-Messstelle **Benrath** – Mikrobiologische Daten, Niederschlag und Wasserführung des Rheins im Zeitraum 1997 bis 1999

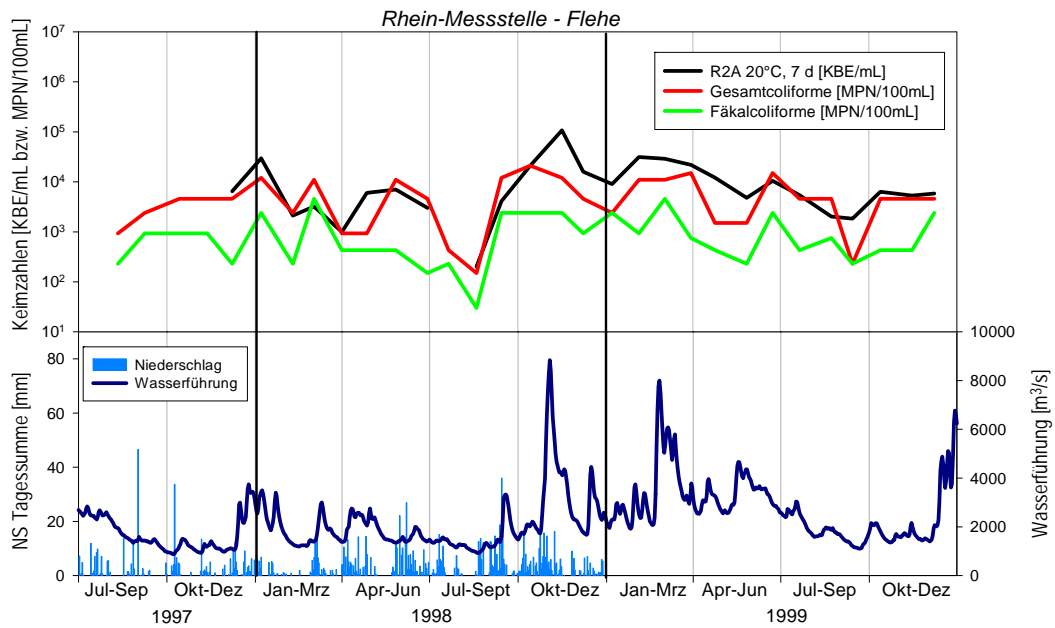


Abbildung 16: Rhein-Messstelle Flehe – Mikrobiologische Daten, Niederschlag und Wasserführung des Rheins im Zeitraum 1997 bis 1999

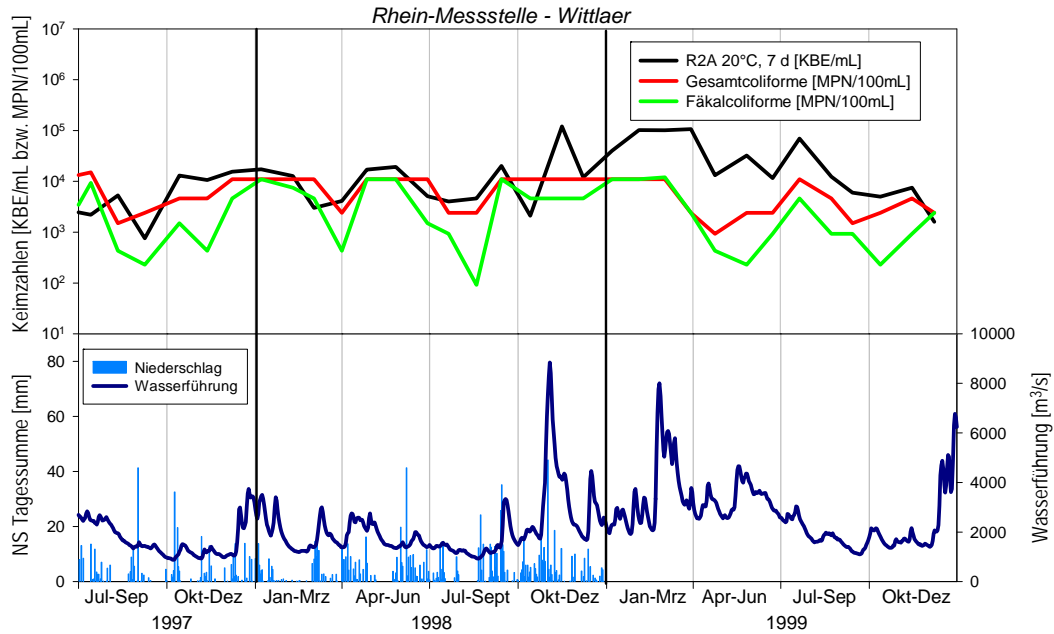


Abbildung 17: Rhein-Messstelle **Wittlaer** – Mikrobiologische Daten, Niederschlag und Wasserführung des Rheins im Zeitraum 1997 bis 1999

9 Zusammenfassung

Zur Ermittlung der abbaubaren organischen Substanzen (Koloniezahl) und der hygienischen (Fäkal- und Gesamtcoliforme) Belastungen im Rheineinzugsgebiet wird seit 1997 von Seiten der AWBR, ARW und teilweise auch der RIWA ein mikrobiologisches Messprogramm durchgeführt. Diese bis einschließlich 1999 vorliegenden Daten wurden im Hinblick auf die bakteriologische Wassergüte, sowohl nach der Badegewässer-Richtlinie [1] ausgewertet, als auch eine Zuordnung zu Wassergüteklassen nach Popp [3] vorgenommen.

Die Anforderungen der Badegewässer-Richtlinie, welche die Einhaltung der Leitwerte in 80 % und der Grenzwerte in 95 % aller untersuchten Proben fordert, waren für die Parameter Fäkal- und Gesamtcoliforme im Bodensee erfüllt. Im Vergleich zu den Seemesstellen lag die Belastung im Rhein insgesamt höher. Die Leitwerte wurden in 10 - 20 % und die Grenzwerte in 70 - 80 % aller Proben eingehalten, wobei die Überschreitungshäufigkeiten mit zunehmender Fließstrecke zunahm.

Für die Trinkwasserqualität hat diese höhere Belastung des Rheinwassers allerdings keine Auswirkungen, da am Rhein, im Gegensatz zu den Seen i.d.R. eine Uferfiltration in die Wasseraufbereitung integriert ist.

Für die Zuordnung zu Wassergüteklassen nach Popp wurden neben den Fäkalindikatoren auch die Koloniezahlen als Maß für die Belastung mit abbaubaren organischen Substanzen berücksichtigt. Setzt man als Zielwert die Wassergütekategorie II, d. h. im siebenstufigen System die Wassergütekategorie 3 an, so wird diese Wasserqualität an den Seemesstellen in

der Regel erreicht. Im Hinblick auf die hygienischen Parameter wurden mehrheitlich sogar bessere Wassergüteklassen zwischen 1 und 2 ermittelt.

Im Rhein wird dieser Zielwert bislang noch nicht erreicht. Die Mehrzahl der Messstellen war in die Wassergüteklasse 5 einzustufen, wobei die hygienische Belastung zumeist überwog. Insgesamt wurden abhängig von den Untersuchungsparametern Wassergüteklassen zwischen 4 und 6 bestimmt. Mit zunehmender Fließstrecke des Rheins war sowohl bezüglich der fäkalen Belastung als auch des Gehaltes an abbaubaren organischen Substanzen eine Verschlechterung der Wasserqualität festzustellen.

Eine Auswertung der Abhängigkeiten von Niederschlagsereignissen und Wasserführung war aufgrund des groben Zeitrasters der 4-wöchentlichen Stichproben nur begrenzt möglich. Ein engeres Probenahmeraster ließ sich allerdings bei dem Kostendruck der Mitgliedswerke bisher nicht verwirklichen. An den Seemessstellen nahmen die fäkalen Belastungen nach extremen Niederschlagsereignissen in oberflächennahem Wasser zu. Im Rhein war an einigen Messstellen ein Zusammenhang zwischen extremen Hochwasserphasen und ansteigenden Bakterienzahlen erkennbar.

Zusammenfassend ist als positiv festzuhalten, dass während des Untersuchungszeitraums 1997 bis 1999 an den untersuchten Seemessstellen die Anforderungen der Badegewässer-Richtlinie erfüllt waren und auch in den Rheinmessstellen trotz der hohen Abwasserbelastung in 70-80% der Messungen die Grenzwerte der Badegewässer-Richtlinie eingehalten wurden.

Literatur

- [1] *Richtlinie des Rates vom 08. Dezember 1975 über die Qualität der Badegewässer 76/160/EWG*
- [2] *Mitteilung des Umweltbundesamtes: Mikrobiologische Untersuchungsverfahren von Badegewässern nach Badegewässerrichtlinie 76/160/EWG, Bundesgesundheitsblatt 10/95.*
- [3] *Popp, W.: Mikrobiologische Bewertung von Fließgewässern, Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie, Bd. 51, 475-489, 1998*
- [4] *Reasoner D.J., and Geldreich, E.E.: A new Medium for the Enumeration and Subculture of Bacteria from Potable Water, Applied and Environmental Microbiology, Vol. 49, No.1,p.1-7, 1985*
- [5] *Richtlinie des Rates vom 16. Juni 1975 über die Qualitätsanforderungen an Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedsstaaten 75/440/EWG*
- [6] *M. Fleig: Berechnung von Quantilen – Methoden und Vergleich. ARW Jahresbericht 1995, Bd. 52, S. 96*

10 Anhang

Tabellen A 1 bis A 21

Abbildungen B 1 bis B 21

Tabelle A 1: Ergebnisse des mikrobiologischen Untersuchungsprogramms – Koloniezahlen 1997

Koloniezahlen 1997 <i>Angaben in KBE/mL</i>		Probenahmedatum						
		11.6.1997	21.7.1997	20.8.1997	29.9.1997	14.10.1997	12.11.1997	8.12.1997
Meßstelle								
Zürichsee Lengg, 30m		-	-	-	360	36*	120*	350
Ausfluss Zürichsee, 0m		-	-	-	310	370*	2700*	1400
Überl. See, 60m		-	1040	1060*	7200	270*	70*	350
Überl. See, 0m		-	1020	490*	490	70*	26*	110
Obersee, 40m		-	1820	4460*	3600	-	1350*	140
Obersee, 0m		-	1360	740*	620	70*	190*	70
Limmat		-	-	-	12400	2600*	6700*	7900
Rhein-km								
Au-Lust.	-82,6	1080	8200*	51000	28400	21300	3400	100
Reckingen	91,0	-	-	-	-	-	-	-
Basel	163,9	-	-	3720	10800	8500	146000	7700
Breisach	225,0	-	-	-	-	-	-	-
Karlsruhe (LfU)	359,3	3300	35000	21000	12000	81000	5400	16000
Karlsruhe (TZW)	359,3	830	69000	82000	49000	41000	15800	6000
Mannheim	426,0	-	-	-	-	-	-	-
Biebesheim	463,6	-	-	1770	3427*	5200*	6280*	7097*
Mainz	500,6	-	-	-	400	540	43*	800
Mainfahne	500,8	-	-	-	668	220	50*	2104
Wiesbaden	507,1	6100*	3100	2400*	-	-	-	-
Köln	685,8	3870	24000*	5230*	7600*	2070	5500	1390
Benrath (D)	722,0	8900	11700*	4500*	7800*	15700	10000*	11000
Flehe (D)	732,1	-	-	-	-	-	-	5327
Wittlaer (D)	757,9	2900*	2200*	5300*	760*	13000	10600	15500
Wesel	814,0	139000*	2205000	3700	4400	9600	130000	67400
Main, Frankfurt (km 30,3)		-	-	-	1679	16759	9349	10519
Lobith		-	-	-	-	-	-	-
RUW, Nieuwegein		-	-	-	-	-	-	-
Andijk		-	-	-	-	-	-	-

*Abweichung vom vorgegebenen Probenahmedatum

Tabelle A 2: Ergebnisse des mikrobiologischen Untersuchungsprogramms – Fäkalcoliforme 1997

Fäkalcoliforme 1997 <i>Angaben in MPN/100 mL</i>	Probenahmedatum						
	11.6.1997	21.7.1997	20.8.1997	29.9.1997	14.10.1997	12.11.1997	8.12.1997
Meßstelle							
Zürichsee Lengg, 30m	-	-	-	<3	<3*	9*	<3
Ausfluss Zürichsee, 0m	-	-	-	4	43*	93*	150
Überl. See, 60m	-	4	<3*	<3	<3*	<3*	<3
Überl. See, 0m	-	6	<3*	<3	<3*	<3*	4
Obersee, 40m	-	7	<3*	<3	-	4*	<3
Obersee, 0m	-	<3	<3*	<3	4*	<3*	<3
Limmat	-	-	-	27	93*	43*	93
Rhein-km							
Au-Lust. -82,6	1500	4600*	11000	4600	750	2400	2100
Reckingen 91,0	-	-	-	-	-	-	-
Basel 163,9	-	-	430	430	72	430	930
Breisach 225,0	-	-	-	-	-	-	-
Karlsruhe (LfU) 359,3	90	420	90	36	230	420	230
Karlsruhe (TZW) 359,3	-	430	150	110	150	<30	230
Mannheim 426,0	-	-	-	-	-	-	-
Biebesheim 463,6	-	-	-	-	1300*	2300*	2200*
Mainz 500,6	-	-	-	30	4300	150*	430
Mainfahne 500,8	-	-	-	390	1400	230*	91
Wiesbaden 507,1	-	-	-	-	-	-	-
Köln 685,8	430	420*	740*	<30*	1100	230	2400
Benrath (D) 722,0	930	92*	230*	230*	430	430*	230
Flehe (D) 732,1	-	-	230*	930*	930	2400	230
Wittlaer (D) 757,9	750*	9300*	430*	230*	1500	430	4600
Wesel 814,0	15000*	4300	400	2300	1200	1500	4300
Main, Frankfurt (km 30,3)	-	-	-	36	11000	91	430
Lobith	-	-	-	-	-	-	-
RUW, Nieuwegein	-	-	-	-	-	-	-
Andijk	-	-	-	-	-	-	-

*Abweichung vom vorgegebenen Probenahmedatum

Tabelle A 3: Ergebnisse des mikrobiologischen Untersuchungsprogramms – Gesamtcoliforme 1997

Gesamtcoliforme 1997 <i>Angaben in MPN/100 mL</i>	Probenahmedatum						
	11.6.1997	21.7.1997	20.8.1997	29.9.1997	14.10.1997	12.11.1997	8.12.1997
<i>Meßstelle</i>							
Zürichsee Lengg, 30m	-	-	-	4	6*	23*	4
Ausfluss Zürichsee, 0m	-	-	-	23	43*	93*	150
Überl. See, 60m	-	9	<3*	<3	<3*	4*	<3
Überl. See, 0m	-	93	9*	<3	4*	<3*	9
Obersee, 40m	-	93	<3*	<3	-	43*	4
Obersee, 0m	-	<3	<3*	<3	9*	<3*	<3
Limmat	-	-	-	1100	560*	240*	240
Rhein-km							
Au-Lust. -82,6	-	-	11000	11000	750	2400	11000
Reckingen 91,0	-	-	-	-	-	-	-
Basel 163,9	-	-	2400	930	11000	930	2400
Breisach 225,0	-	-	-	-	-	-	-
Karlsruhe (LfU) 359,3	2300	9300	420	420	4300	2300	920
Karlsruhe (TZW) 359,3	-	4600	92	210	>11000	930	1500
Mannheim 426,0	-	-	-	-	-	-	-
Biebesheim 463,6	-	3000	1300	2400*	5000*	3000*	5000*
Mainz 500,6	-	-	-	91	21000	1500*	2100
Mainfahne 500,8	-	-	-	750	3900	750*	11000
Wiesbaden 507,1	-	-	-	-	-	-	-
Köln 685,8	2150	9330*	2110*	430*	4620	9330	11000
Benrath (D) 722,0	930	930*	230*	230*	2400	430*	930
Flehe (D) 732,1	-	-	930*	2400*	4600	4600	2400
Wittlaer (D) 757,9	11000*	15000*	1500*	2400*	4600	4600	11000
Wesel 814,0	21000*	9300	2100	4300	4300	23000	23000
Main, Frankfurt (km 30,3)	-	-	-	930	11000	930	4600
Lobith	-	-	-	-	-	-	-
RUW, Nieuwegein	-	-	-	-	-	-	-
Andijk	-	-	-	-	-	-	-

*Abweichung vom vorgegebenen Probenahmedatum

Tabelle A 4: Ergebnisse des mikrobiologischen Untersuchungsprogramms – Koloniezahlen 1998

Koloniezahlen 1998 <i>Angaben in KBE/mL</i>	Probenahmedatum												
	12.1.1998	9.2.1998	4.3.1998	1.4.1998	27.4.1998	27.5.1998	29.6.1998	21.7.1998	18.8.1998	15.9.1998	14.10.1998	16.11.1998	8.12.1998
Meßstelle													
Zürichsee Lengg, 30m	-	33	60	1100	810	200	-	-	1400	220	690	-	210
Ausfluss Zürichsee, 0m	-	190	400	5800	2900	-	2800	-	4900	1200	-	2000	1150
Überl. See, 60m	-	300	270	2000	8000	1200	730	2500	4200	-	820	9500	3800
Überl. See, 0m	-	43	150	2940	10000	1200	280	2400	7700	-	1200	920	980
Obersee, 40m	-	500	1390	7000	2100	2900	700	1900	630	-	1300	2800	1050
Obersee, 0m	-	150	260	1700	11000	2300	310	4800	2800	-	1100	2600	320
Limmat	-	770	1600	38000	84000	25000	5800	-	68000	5400	21400	21000	7500
Rhein-km													
Au-Lust. -82,6	8200	5900	1810	6400	13100	3900	38600	-	-	-	-	-	-
Reckingen 91,0	35000	124000	112000	47000	13400	17100	26500	85000	7500	12700	66800	24500	30000
Basel 163,9	44000	6600	211700	5900	6000	4800	18100	-	-	-	-	-	-
Breisach 225,0	15800	33500	53000	108000	25600	55000	108000	14500	23000	42700	32100	34500	77000
Karlsruhe (LfU) 359,3	15800	11200	6800	7600	11900	8500	12900	3060	7000	26700	3770	7300	60000
Karlsruhe (TZW) 359,3	41000	34000	8100	13000	19000	16000	8400	5500	8870	16700	10200	104700	34685
Mannheim 426,0	43400	24100	48000	58300	24500	17200	68000	34900	52000	34900	74700	36500	52000
Biebesheim 463,6	22000	19000	15000	12000	27000	-	6300	6500	5400	35000	12000	99000	29000
Mainz 500,6	-	-	2400	2800	2560	1600	2480	2600	2240	1080	4480	6400	-
Mainfahne 500,8	-	-	2400	6400	11400	2400	3620	11920	2400	5520	9120	28160	-
Wiesbaden 507,1	80000	10100	5500	5500	-	1940	975	2400	1700	5900	2400	4600	5000
Köln 685,8	3900	5320	3070	1670	2560	1130	14400	8300	520	1900	6000	34000	25600
Benrath (D) 722,0	100000	59000	58000	51000	31000	25000	4800	8230	3000	19500	37000	1440000	85000
Flehe (D) 732,1	29600	2100	3200	1000	6000	7000	3000	-	200	4100	21000	107000	15900
Wittlaer (D) 757,9	17300	12750	3000	4100	17000	19200	5100	4000	4600	20000	2100	120300	12000
Wesel 814,0	27000	11500	26200	24000	197800	43200	70300	-	11600	28300	37600	87300	24000
Main, Frankfurt (km 30,3)	19300	27100	6720	-	18200	22500	4460	6040	4990	12500	32200	51300	35400
Lobith	-	307333	35800	211000	164000	47400	36100	21700	9870	31100	35300	1160000	20600
RUW, Nieuwegein	-	145000	32300	25400	39500	41500	32300	7330	3930	8930	4390	107000	60600
Andijk	-	62000	147000	33900	78700	80000	-	120667	-	50000	179000	-	-

Tabelle A 5: Ergebnisse des mikrobiologischen Untersuchungsprogramms – Fäkalcoliforme 1998

Fäkalcoliforme 1998 Angaben in MPN/100 mL Meßstelle	Probenahmedatum												
	12.1.1998	9.2.1998	4.3.1998	1.4.1998	27.4.1998	27.5.1998	29.6.1998	21.7.1998	18.8.1998	15.9.1998	14.10.1998	16.11.1998	8.12.1998
Zürichsee Lengg, 30m	-	4	4	<3	<3	<3	-	-	<3	<3	<3	-	<3
Ausfluss Zürichsee, 0m	-	4	9	9	15	-	11	-	75	93	-	43	23
Überl. See, 60m	-	<3	7	4	4	<3	<3	<3	<3	-	<3	4	4
Überl. See, 0m	-	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	-	7	4	<3
Obersee, 40m	-	4	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	-	<3	<3	<3
Obersee, 0m	-	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	-	4	9	4
Limmat	-	23	43	93	23	93	21	-	93	93	93	1100	43
Rhein-km													
Au-Lust. -82,6	11000	930	4600	4600	2900	2900	11000	-	-	-	-	-	-
Reckingen 91,0	380	92	92	-	<30	36	36	230	<30	92	1500	430	430
Basel 163,9	2400	91	430	150	430	430	2400	-	-	-	-	-	-
Breisach 225,0	430	230	430	-	930	92	30	92	74	750	230	4600	4300
Karlsruhe (LfU) 359,3	430	92	<30	92	150	430	430	36	36	230	92	2100	430
Karlsruhe (TZW) 359,3	920	420	90	420	230	230	230	40	230	230	90	4300	2300
Mannheim 426,0	92	36	290	-	1500	74	430	36	150	230	1500	930	2400
Biebesheim 463,6	1300	500	700	500	500	-	170	5000	500	17000	1100	8000	1700
Mainz 500,6	-	250	230	430	360	36	930	750	36	430	750	2400	-
Mainfahne 500,8	-	36	11000	150	2400	430	230	4600	360	4600	930	930	-
Wiesbaden 507,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Köln 685,8	2398	462	240	462	1099	462	1099	215	149	2400	2400	4620	462
Benrath (D) 722,0	1930	230	430	<300	430	1100	230	750	<30	930	24	4600	4600
Flehe (D) 732,1	2400	230	4600	430	430	430	150	230	<30	2400	2400	2400	930
Wittlaer (D) 757,9	11000	7500	4600	430	11000	11000	1500	930	92	11000	4600	4600	4600
Wesel 814,0	9300	4300	4300	38000	75000	43000	15000	-	400	2300	4300	900	15000
Main, Frankfurt (km 30,3)	930	930	430	-	11000	2400	430	230	150	1500	1500	2400	2400
Lobith	-	150	450	4600	900	750	4600	930	4600	2400	4600	1500	2390
RUW, Nieuwegein	-	93	93	93	2	43	42	1100	74	93	240	1100	150
Andijk	10	4	2	0	0	110	20	4	-	8	9	2	-

Tabelle A 6: Ergebnisse des mikrobiologischen Untersuchungsprogramms – Gesamtcoliforme 1998

Gesamtcoliforme 1998 <i>Angaben in MPN/100 mL</i>		Probenahmedatum												
		12.1.1998	9.2.1998	4.3.1998	1.4.1998	27.4.1998	27.5.1998	29.6.1998	21.7.1998	18.8.1998	15.9.1998	14.10.1998	16.11.1998	8.12.1998
Meßstelle														
Zürichsee Lengg, 30m		-	4	9	<3	<3	<3	-	-	<3	15	4	-	4
Ausfluss Zürichsee, 0m		-	15	23	23	93	-	462	-	150	93	-	93	93
Überl. See, 60m		-	9	7	15	7	<3	<3	<3	<3	-	<3	4	9
Überl. See, 0m		-	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	4	-	93	23	<3
Obersee, 40m		-	4	<3	<3	4	<3	4	<3	<3	-	4	39	<3
Obersee, 0m		-	<3	<3	<3	<3	23	<3	4	21	-	43	43	4
Limmat		-	39	>1100	93	240	93	462	-	>1100	462	462	>1100	93
Rhein-km														
Au-Lust.	-82,6	11000	4600	11000	4600	2900	11000	11000	-	-	-	-	-	-
Reckingen	91,0	750	930	930	-	36	36	230	930	92	230	9300	1500	4300
Basel	163,9	4600	2400	930	4600	2400	930	2400	-	-	-	-	-	-
Breisach	225,0	2400	750	2400	-	1500	230	2400	230	930	4600	2400	7500	24000
Karlsruhe (LfU)	359,3	2400	430	430	930	4600	1500	930	430	92	930	930	11000	2400
Karlsruhe (TZW)	359,3	4300	1500	920	9300	2300	9300	2300	420	920	1500	4300	9300	4300
Mannheim	426,0	750	11000	2400	-	2400	2400	930	36	2400	430	4300	2400	9300
Biebesheim	463,6	7000	1300	3000	5000	3000	-	1700	5000	800	170000	1700	70000	5000
Mainz	500,6	-	1600	720	2400	2100	91	2400	1500	750	4600	4600	4600	-
Mainfahne	500,8	-	110000	21000	750	4600	2400	430	11000	930	11000	11000	11000	-
Wiesbaden	507,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Köln	685,8	4622	2047	240	1099	4622	2400	2400	2400	749	4620	4620	46200	14900
Benrath (D)	722,0	15000	750	750	1500	4600	7500	2400	1500	430	2400	24	11000	4600
Flehe (D)	732,1	12000	2400	11000	930	930	11000	4600	430	150	12000	21000	12000	4600
Wittlaer (D)	757,9	11000	11000	11000	2400	11000	11000	11000	2400	2400	11000	11000	11000	11000
Wesel	814,0	9300	4300	23000	38000	290000	150000	43000	-	2400	21000	9300	9300	43000
Main, Frankfurt (km 30,3)		4600	2400	7500	-	46000	2400	930	11000	430	11000	11000	46000	4600
Lobith		-	1100	1100	4600	1500	1500	4600	930	4600	4600	4600	1500	4600
RUW, Nieuwegein		-	150	93	93	3	93	240	1100	460	460	240	11000	1100
Andijk		15	4	9	2	24	110	20	24	-	46	93	23	-

Tabelle A 7: Ergebnisse des mikrobiologischen Untersuchungsprogramms – Koloniezahlen 1999

Koloniezahlen 1999 <i>Angaben in KBE/mL</i>	Probenahmedatum												
	07.01.99*	4.2.1999	3.3.1999	30.3.1999	24.4.1999	27.5.1999	23.6.1999	21.7.1999	23.8.1999	14.9.1999	13.10.1999	15.11.1999	8.12.1999
Meßstelle													
Zürichsee Lengg, 30m	-	-	-	670	560	700	2800	860	2600	210	-	340	80
Ausfluss Zürichsee, 0m	-	-	-	3300	2700	1180	4600	7000	5300	7300	-	2500	3200
Überl. See, 60m	8200	16200	4600	7300	1240	1450	7600	4300	2600	5300	-	3100	3800
Überl. See, 0m	4700	2700	2300	2300	3900	18000	4300	6800	5300	1230	-	1000	1200
Obersee, 40m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Obersee, 0m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Limmat	-	-	-	23000	8800	7700	104000	63000	29000	59000	-	24000	13400
Rhein-km													
Au-Lust. -82,6	-	-	-	-	40000	13000	18000	30000	19000	27000	9000	11000	10000
Reckingen 91,0	12000	20400	34500	73000	11800	12900	16800	9800	29400	70000	6100	12900	5900
Basel 163,9	-	373	2267	713	467	8333	4700	2120	593	323	1790	1367	1667
Breisach 225,0	30500	96000	31800	28400	7700	21400	34500	3000	21300	22200	14300	24400	62000
Karlsruhe (LfU) 359,3	28900	113000	22700	18700	11500	34900	40000	8500	4700	1600	5600	43000	72000
Karlsruhe (TZW) 359,3	19500	67000	26000	31000	14100	31300	16970	12330	6566	3760	6770	32533	28200
Mannheim 426,0	58000	62000	113000	4600	12500	61000	44000	4400	21200	26800	10600	47300	95000
Biebesheim 463,6	19000	41000	74400	235000	-	93500	11600	22000	8000	15000	11000	13000	62000
Mainz 500,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mainfahne 500,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wiesbaden 507,1	3700	22000	8600	35000	38000	44000	2800	4800	3900	3100	1980	9100	16000
Köln 685,8	2200	22000	-	-	14300	24400	5900	5200	3600	11400	3900	5300	8300
Benrath (D) 722,0	122000	720000	3130000	870000	90000	44000	37000	15000	2270	4300	5530	25000	34000
Flehe (D) 732,1	9000	31300	28900	21900	12100	4768	10475	5400	2012	1837	6318	5315	5845
Wittlaer (D) 757,9	40000	102000	101000	106700	13200	32000	11600	69300	12300	6000	5000	7500	1600
Wesel 814,0	71700	56000	190550	73720	109150	46000	91300	5520	17000	32980	28500	12000	296000
Main, Frankfurt (km 30,3)	39800	-	-	33100	-	12200	-	4900	3100	5200	4200	9200	12247
Lobith	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUW, Nieuwegein	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Andijk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*TZW Karlsruhe erst am 25.01.99

Tabelle A 8: Ergebnisse des mikrobiologischen Untersuchungsprogramms – Fäkalcoliforme 1999

Fäkalcoliforme 1999 <i>Angaben in MPN/100 mL</i>	Probenahmedatum												
	07.01.99*	4.2.1999	3.3.1999	30.3.1999	24.4.1999	27.5.1999	23.6.1999	21.7.1999	23.8.1999	14.9.1999	13.10.1999	15.11.1999	8.12.1999
Meßstelle													
Zürichsee Lengg, 30m	-	-	-	2	0,3	9	1	0,4	4	-	-	2	0,4
Ausfluss Zürichsee, 0m	-	-	-	46	2	46	110	110	110	-	-	24	24
Überl. See, 60m	-	-	-	8	0,2	4	4	0,4	0,2	-	-	0,2	1
Überl. See, 0m	-	-	-	0,2	4	2	4	0,2	0,4	-	-	1	1
Obersee, 40m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Obersee, 0m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Limmat	-	-	-	9	46	>110	>110	>110	>110	-	-	46	46
Rhein-km													
Au-Lust. -82,6	-	-	-	-	390	430	430	930	430	930	2400	230	460
Reckingen 91,0	230	2400	210	230	430	230	230	2400	92	9300	92	430	1100
Basel 163,9	-	930	2400	430	230	1500	4600	430	210	150	430	930	930
Breisach 225,0	4300	930	640	4300	2100	7500	2400	92	36	930	930	430	4300
Karlsruhe (LfU) 359,3	930	930	1500	930	230	430	740	230	930	230	930	230	1500
Karlsruhe (TZW) 359,3	420	2300	150	2300	90	1500	420	230	40	40	230	230	1500
Mannheim 426,0	740	930	930	430	430	430	230	36	30	230	230	930	4300
Biebesheim 463,6	5000	2700	5000	3000	-	800	300	900	400	170	220	500	1700
Mainz 500,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mainfahne 500,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wiesbaden 507,1	370	2700	4570	85	10	410	100	520	1439	365	200	200	1155
Köln 685,8	4620	2400	2400	46200	750	2400	4620	462	430	150	240	460	23
Benrath (D) 722,0	1500	2400	240	755	150	230	4300	430	230	230	930	9,3	75
Flehe (D) 732,1	2400	930	4600	750	430	230	2400	430	750	230	430	430	2400
Wittlaer (D) 757,9	11000	11000	12000	2400	430	230	930	4600	930	930	230	930	2400
Wesel 814,0	21000	1500	23000	400	2400	400	15000	9300	15000	2300	200	4300	43000
Main, Frankfurt (km 30,3)	11000	-	-	2400	-	430	-	230	230	230	430	430	930
Lobith	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUW, Nieuwegein	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Andijk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*TZW Karlsruhe erst am 25.01.99

Tabelle A 9: Ergebnisse des mikrobiologischen Untersuchungsprogramms – Gesamtcoliforme 1999

Gesamtcoliforme 1999 <i>Angaben in MPN/100 mL</i>		Probenahmedatum												
		07.01.99*	4.2.1999	3.3.1999	30.3.1999	24.4.1999	27.5.1999	23.6.1999	21.7.1999	23.8.1999	14.9.1999	13.10.1999	15.11.1999	8.12.1999
Meßstelle														
Zürichsee Lengg, 30m		-	-	-	2	1	46	46	1	15	-	-	4	4
Ausfluss Zürichsee, 0m		-	-	-	46	9	>110	>110	110	>110	-	-	110	24
Überl. See, 60m		-	-	-	8	64	46	4	4	0,4	-	-	1	2
Überl. See, 0m		-	-	-	<0,3	95	>110	110	<0,3	2	-	-	2	9
Obersee, 40m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Obersee, 0m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Limmat		-	-	-	>110	110	>110	>110	>110	>110	-	-	>110	>110
Rhein-km														
Au-Lust	-82,6	-	-	-	-	1500	2400	2400	11000	4600	2400	11000	930	930
Reckingen	91,0	230	2400	930	430	2400	430	430	2400	930	9300	230	430	9300
Basel	163,9	-	2400	2400	2400	4600	11000	>11000	11000	2400	4600	11000	4600	>11000
Breisach	225,0	9300	2400	640	9300	9300	7500	4300	230	930	2400	2400	2400	4300
Karlsruhe (LFU)	359,3	7400	24000	2400	4300	930	2400	9300	230	930	930	1500	930	4300
Karlsruhe (TZW)	359,3	2300	4300	9300	24000	2300	2300	9300	2300	1500	920	1500	9300	24000
Mannheim	426,0	2400	9300	7500	2300	930	930	430	230	150	230	230	930	4300
Biebesheim	463,6	5000	8000	13000	13000	-	3000	800	7000	700	2400	2300	3000	5000
Mainz	500,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mainfahne	500,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wiesbaden	507,1	3155	15000	14830	573	3076	4500	2180	6010	14136	7195	9880	14550	19365
Köln	685,8	4620	14900	4620	74900	1490	24000	10990	7492	21500	38500	2400	3850	7498
Benrath (D)	722,0	4600	4600	1100	11000	930	930	4300	4600	430	930	2400	24	150
Flehe (D)	732,1	2400	>11000	11000	15000	1500	1500	15000	4600	4600	230	4600	4600	4600
Wittlaer (D)	757,9	11000	>11000	>11000	2400	930	2400	2400	>11000	4600	1500	2400	4600	2400
Wesel	814,0	43000	9300	23000	2300	23000	2300	43000	9300	110000	2300	4600	9300	93000
Main, Frankfurt (km 30,3)		15000	-	-	2400	-	15000	-	15000	4600	150000	4600	1500	11000
Lobith		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUW, Nieuwegein		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Andijk		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*TZW Karlsruhe erst am 25.01.99

Tabelle A 10: Überschreitungshäufigkeiten der Leit- und Grenzwerte nach Badegewässerrichtlinie – Fäkalcoliforme 1997

Fäkalcoliforme 1997	Anzahl Messungen	Überschreitung Leitwert (G)	Überschreitung Grenzwert (I)
<i>Meßstelle</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
Zürichsee Lengg, 30m	4	0	0
Ausfluss Zürichsee, 0m	4	25	0
Überl. See, 60m	6	0	0
Überl. See, 0m	6	0	0
Obersee, 40m	5	0	0
Obersee, 0m	6	0	0
Limmat	4	0	0
Rhein-km			
Au-Lust. -82,6	7	100	71
Reckingen 91,0	0	-	-
Basel 163,9	5	80	0
Breisach 225,0	0	-	-
Karlsruhe (LfU) 359,3	6	67	0
Karlsruhe (TZW) 359,3	7	71	0
Mannheim 426,0	0	-	-
Biebesheim 463,6	3	100	67
Mainz 500,6	4	75	25
Mainfahne 500,8	4	75	0
Wiesbaden 507,1	0	-	-
Köln 685,8	7	86	14
Benrath (D) 722,0	7	86	0
Flehe (D) 732,1	5	100	20
Wittlaer (D) 757,9	7	100	29
Wesel 814,0	7	100	57
Main, Frankfurt (km 30,3)	4	50	25
Lobith	0	-	-
RUW, Nieuwegein	0	-	-
Andijk	0	-	-

G (Guide value) 100/100 mL

I (Imperative value) 2000/100 mL

Tabelle A 11: Überschreitungshäufigkeiten der Leit- und Grenzwerte nach Badegewässerrichtlinie – Gesamtcoliforme 1997

Gesamtcoliforme 1997	Anzahl Messungen	Überschreitung Leitwert (G)	Überschreitung Grenzwert (I)
<i>Meßstelle</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
Zürichsee Lengg, 30m	4	0	0
Ausfluss Zürichsee, 0m	4	0	0
Überl.See,60m	6	0	0
Überl.See, 0m	6	0	0
Obersee, 40m	5	0	0
Obersee, 0m	6	0	0
Limmat	4	50	0
Rhein-km			
Au-Lust. -82,6	5	100	60
Reckingen 91,0	0	-	-
Basel 163,9	5	100	20
Breisach 225,0	0	-	-
Karlsruhe (LfU) 359,3	6	67	17
Karlsruhe (TZW) 359,3	7	71	0
Mannheim 426,0	0	-	-
Biebesheim 463,6	6	100	0
Mainz 500,6	4	75	25
Mainfahne 500,8	4	100	25
Wiesbaden 507,1	0	-	-
Köln 685,8	7	86	14
Benrath (D) 722,0	7	57	0
Flehe (D) 732,1	5	100	0
Wittlaer (D) 757,9	7	100	43
Wesel 814,0	7	100	43
Main, Frankfurt (km 30,3)	4	100	25
Lobith	0	-	-
RUW, Nieuwegein	0	-	-
Andijk	0	-	-

G (Guide value) 500/100 mL

I (Imperative value) 10000/100 mL

Tabelle A 12: Überschreitungshäufigkeiten der Leit- und Grenzwerte nach Badegewässerrichtlinie – Fäkalcoliforme 1998

Fäkalcoliforme 1998	Anzahl Messungen	Überschreitung Leitwert (G)	Überschreitung Grenzwert (I)
<i>Meßstelle</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
Zürichsee Lengg, 30m	9	0	0
Ausfluss Zürichsee, 0m	9	0	0
Überl.See,60m	11	0	0
Überl.See, 0m	11	0	0
Obersee, 40m	11	0	0
Obersee, 0m	11	0	0
Limmat	11	9	0
Rhein-km			
Au-Lust. -82,6	7	100	86
Reckingen 91,0	12	42	0
Basel 163,9	7	86	29
Breisach 225,0	12	67	17
Karlsruhe (LfU) 359,3	13	62	8
Karlsruhe (TZW) 359,3	13	77	15
Mannheim 426,0	12	67	8
Biebesheim 463,6	12	100	25
Mainz 500,6	11	82	9
Mainfahne 500,8	11	91	36
Wiesbaden 507,1	0	-	-
Köln 685,8	13	100	31
Benrath (D) 722,0	13	92	23
Flehe (D) 732,1	13	92	38
Wittlaer (D) 757,9	13	92	69
Wesel 814,0	12	100	83
Main, Frankfurt (km 30,3)	12	100	33
Lobith	12	100	50
RUW; Nieuwegein	12	33	0
Andijk	11	9	0

G (Guide value) 100/100 mL

I (Imperative value) 2000/100 mL

Tabelle A 13: Überschreitungshäufigkeiten der Leit- und Grenzwerte nach Badegewässerrichtlinie – Gesamtcoliforme 1998

Gesamtcoliforme1998	Anzahl Messungen	Überschreitung Leitwert (G)	Überschreitung Grenzwert (I)
<i>Meßstelle</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
Zürichsee Lengg, 30m	9	0	0
Ausfluss Zürichsee, 0m	9	0	0
Überl.See,60m	11	0	0
Überl.See, 0m	11	0	0
Obersee, 40m	11	0	0
Obersee, 0m	11	0	0
Limmat	11	27	< 27*
Rhein-km			
Au-Lust. -82,6	7	100	57
Reckingen 91,0	12	58	0
Basel 163,9	7	100	0
Breisach 225,0	12	83	8
Karlsruhe (LfU) 359,3	13	69	8
Karlsruhe (TZW) 359,3	13	92	0
Mannheim 426,0	12	83	8
Biebesheim 463,6	12	100	17
Mainz 500,6	11	91	0
Mainfahne 500,8	11	91	55
Wiesbaden 507,1	0	-	-
Köln 685,8	13	92	8
Benrath (D) 722,0	13	85	15
Flehe (D) 732,1	13	85	46
Wittlaer (D) 757,9	13	100	77
Wesel 814,0	12	100	58
Main, Frankfurt (km 30,3)	12	100	42
Lobith	12	100	42
RUW, Nieuwegein	12	25	8
Andijk	11	0	0

G (Guide value) 500/100 mL
I (Imperative value) 10000/100 mL

* Grenz- und Leitwerte liegen z.T. außerhalb des jeweiligen Messbereichs

Tabelle A 14: Überschreitungshäufigkeiten der Leit- und Grenzwerte nach Badegewässerrichtlinie – Fäkalcoliforme 1999

Fäkalcoliforme 1999	Anzahl Messungen	Überschreitung Leitwert (G)	Überschreitung Grenzwert (I)
<i>Meßstelle</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
Zürichsee Lengg, 30m	8	0	0
Ausfluss Zürichsee, 0m	8	38	0
Überl.See,60m	8	0	0
Überl.See, 0m	8	0	0
Obersee, 40m	0	-	-
Obersee, 0m	0	-	-
Limmat	8	50	< 50*
Rhein-km			
Au-Lust. -82,6	9	100	11
Reckingen 91,0	13	85	23
Basel 163,9	12	100	17
Breisach 225,0	13	85	54
Karlsruhe (LfU) 359,3	13	100	0
Karlsruhe (TZW) 359,3	13	77	15
Mannheim 426,0	13	85	7,7
Biebesheim 463,6	12	100	33
Mainz 500,6	0	-	-
Mainfahne 500,8	0	-	-
Wiesbaden* 507,1	13	85	15
Köln 685,8	13	92	46
Benrath (D) 722,0	13	85	15
Flehe (D) 732,1	13	100	31
Wittlaer (D) 757,9	13	100	46
Wesel 814,0	13	100	69
Main, Frankfurt (km 30,3)	9	100	22
Lobith	0	-	-
RUW, Nieuwegein	0	-	-
Andijk	0	-	-

G (Guide value) 100/100 mL
I (Imperative value) 2000/100 mL

* Grenz- und Leitwerte liegen z.T. außerhalb des jeweiligen Messbereichs

Tabelle A 15: Überschreitungshäufigkeiten der Leit- und Grenzwerte nach Badegewässerrichtlinie – Gesamtcoliforme 1999

Gesamtcoliforme 1999	Anzahl Messungen	Überschreitung Leitwert (G)	Überschreitung Grenzwert (I)
<i>Meßstelle</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
Zürichsee Lengg, 30m	8	0	0
Ausfluss Zürichsee, 0m	8	0	0
Überl.See,60m	8	0	0
Überl.See, 0m	8	0	0
Obersee, 40m	0	-	-
Obersee, 0m	0	-	-
Limmat	8	< 87*	< 87*
Rhein-km			
Au-Lust. -82,6	9	89	22
Reckingen 91,0	13	54	0
Basel 163,9	12	100	42
Breisach 225,0	13	92	0
Karlsruhe (LfU) 359,3	13	92	8
Karlsruhe (TZW) 359,3	13	100	15
Mannheim 426,0	13	62	0
Biebesheim 463,6	12	100	17
Mainz 500,6	0	-	-
Mainfahne 500,8	0	-	-
Wiesbaden* 507,1	13	100	38
Köln 685,8	13	100	46
Benrath (D) 722,0	13	77	8
Flehe (D) 732,1	13	92	31
Wittlaer (D) 757,9	13	100	31
Wesel 814,0	13	100	46
Main, Frankfurt (km 30,3)	9	100	56
Lobith	0	-	-
RUW, Nieuwegein	0	-	-
Andijk	0	-	-

G (Guide value) 500/100 mL
I (Imperative value) 10000/100 mL

* Grenz- und Leitwerte liegen z.T. außerhalb des jeweiligen Messbereichs

Tabelle A 16: Perzentilwertberechnungen und Gewässergüteklassen nach Popp – Koloniezahlen 1998

Koloniezahl 1998 <i>Meßstelle</i>	Perzentilwerte nach Hazen				Wassergüteklasse nach Popp
	25%	50%	75%	90%	
Zürichsee Lengg, 30m	165	220	883	1280	3
Ausfluss Zürichsee, 0m	963	2000	3400	5440	3
Überl. See, 60m	753	2000	4100	8600	3
Überl. See, 0m	440	1200	2805	8620	3
Obersee, 40m	788	1390	2625	4540	3
Obersee, 0m	313	1700	2750	7280	3
Limmat	5500	21000	34750	74400	5
Rhein-km					
Au-Lust. -82,6	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-
Reckingen 91,0	16175	30000	71350	114400	5
Basel 163,9	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-
Breisach 225,0	24950	34500	60500	108000	5
Karlsruhe (LfU) 359,3	6950	8500	13625	33360	4
Karlsruhe (TZW) 359,3	8753	16000	34171	53740	5
Mannheim 426,0	32300	43400	53575	69340	5
Biebesheim 463,6	9250	17000	28000	54200	4
Mainz 500,6	2240	2520	2800	5440	3
Mainfahne 500,8	2400	5960	11400	20040	4
Wiesbaden 507,1	2170	4800	5700	31070	4
Köln 685,8	1843	3900	9825	27280	4
Benrath (D) 722,0	16683	37000	65500	368000	5
Flehe (D) 732,1	2550	5050	18450	52820	4
Wittlaer (D) 757,9	4075	12000	17775	40060	4
Wesel 814,0	24000	27650	56750	120450	5
Main, Frankfurt (km 30,3)	6380	18750	29650	40170	4
Lobith	26400	35967	187667	563133	5
RUW, Nieuwegein	8133	32267	51067	118067	5
Andijk	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-

n.b. = nicht berechenbar

Tabelle A 17: Perzentilwertberechnungen und Gewässergüteklassen nach Popp – Koloniezahlen 1999

Koloniezahl 1999		Perzentilwerte nach Hazen				Wassergüteklasse nach Popp
Meßstelle		25%	50%	75%	90%	
Zürichsee Lengg, 30m		308	670	1295	2720	3
Ausfluss Zürichsee, 0m		2650	3300	5725	7180	4
Überl.See,60m		2850	4450	7450	10600	4
Überl.See, 0m		1765	3300	5000	10160	3
Obersee, 40m		-	-	-	-	-
Obersee, 0m		-	-	-	-	-
Limmat		12250	24000	60000	87600	5
Rhein-km						
Au-Lust.	-82,6	10750	18000	27750	36000	4
Reckingen	91,0	11300	12900	30675	70600	5
Basel	163,9	530	1517	2194	5790	3
Breisach	225,0	19550	24400	32475	68800	5
Karlsruhe (LfU)	359,3	7775	22700	40750	80200	5
Karlsruhe (TZW)	359,3	10940	19500	31075	39426	5
Mannheim	426,0	12025	44000	61250	98600	5
Biebesheim	463,6	12300	20500	68200	135950	5
Mainz	500,6	-	-	-	-	-
Mainfahne	500,8	-	-	-	-	-
Wiesbaden	507,1	3550	8600	25250	39200	4
Köln	685,8	4225	5900	13575	22960	4
Benrath (D)	722,0	12633	37000	271500	1322000	6
Flehe (D)	732,1	5178	6318	14550	29380	4
Wittlaer (D)	757,9	7125	13200	77225	102940	5
Wesel	814,0	25625	56000	95763	211640	5
Main, Frankfurt (km 30,3)		4725	9200	17460	37120	4
Lobith		-	-	-	-	-
RUW, Nieuwegein		-	-	-	-	-
Andijk		-	-	-	-	-

Tabelle A 18: Perzentilwertberechnungen und Gewässergüteklassen nach Popp – Fäkalcoliforme 1998

Fäkalcoliforme 1998		Perzentilwerte nach Hazen				Wassergüteklasse nach Popp
		25%	50%	75%	90%	
Meßstelle						
Zürichsee Lengg, 30m		<3	<3	<3	4	2
Ausfluss Zürichsee, 0m		9	15	51	86	3
Überl. See, 60m		<3	<3	4	5	2
Überl. See, 0m		<3	<3	<3	5	2
Obersee, 40m		<3	<3	<3	<3	2
Obersee, 0m		<3	<3	3	6	2
Limmat		28	93	93	496	3
	Rhein-km					
Au-Lust.	-82,6	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-
Reckingen	91,0	36	92	405	751	4
Basel	163,9	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-
Breisach	225,0	92	330	840	5260	4
Karlsruhe (LfU)	359,3	92	230	430	764	4
Karlsruhe (TZW)	359,3	195	230	545	2700	4
Mannheim	426,0	83	260	1215	1770	5
Biebesheim	463,6	500	900	3350	10700	5
Mainz	500,6	235	430	750	1518	4
Mainfahne	500,8	263	930	4050	7160	5
Wiesbaden	507,1	-	-	-	-	-
Köln	685,8	407	462	2399	2844	5
Benrath (D)	722,0	397	750	2048	4600	5
Flehe (D)	732,1	230	430	2400	2840	5
Wittlaer (D)	757,9	1358	4600	11000	11000	6
Wesel	814,0	3300	6800	26500	52600	6
Main, Frankfurt (km 30,3)		430	1215	2400	4980	5
Lobith		825	1945	4600	4600	5
RUW, Nieuwegein		59	93	195	1100	3
Andijk		2	4	9	56	2

n.b. = nicht berechenbar

Tabelle A 19: Perzentilwertberechnungen und Gewässergüteklassen nach Popp – Fäkalcoliforme 1999

Fäkalcoliforme 1999 <i>Meßstelle</i>	Perzentilwerte nach Hazen				Wassergüteklasse nach Popp
	25%	50%	75%	90%	
Zürichsee Lengg, 30m	0	2	3	8	2
Ausfluss Zürichsee, 0m	24	46	110	110	4
Überl. See, 60m	0	1	4	7	2
Überl. See, 0m	0	1	3	4	2
Obersee, 40m	-	-	-	-	-
Obersee, 0m	-	-	-	-	-
Limmat	46	83	120	120	4
Rhein-km					
Au-Lust. -82,6	420	430	930	1812	4
Reckingen 91,0	225	230	1425	3780	5
Basel 163,9	330	680	1215	3060	5
Breisach 225,0	588	2100	4300	4940	5
Karlsruhe (LfU) 359,3	230	930	930	1500	4
Karlsruhe (TZW) 359,3	135	230	1500	2300	5
Mannheim 426,0	230	430	930	1604	4
Biebesheim 463,6	350	850	2850	5000	5
Mainz 500,6	-	-	-	-	-
Mainfahne 500,8	-	-	-	-	-
Wiesbaden 507,1	175	370	1226	3074	5
Köln 685,8	383	750	2955	12936	5
Benrath (D) 722,0	210	430	1073	2780	5
Flehe (D) 732,1	430	750	2400	2840	5
Wittlaer (D) 757,9	805	930	6200	11200	5
Wesel 814,0	1225	4300	16500	27000	6
Main, Frankfurt (km 30,3)	230	430	1298	7560	5
Lobith	-	-	-	-	-
RUW, Nieuwegein	-	-	-	-	-
Andijk	-	-	-	-	-

Tabelle A 20: Perzentilwertberechnungen und Gewässergüteklassen nach Popp – Gesamtcoliforme 1998

Gesamtcoliforme 1998 <i>Meßstelle</i>	Perzentilwerte nach Hazen				Wassergüteklasse nach Popp
	25%	50%	75%	90%	
Zürichsee Lengg, 30m	<3	4	5	13	2
Ausfluss Zürichsee, 0m	23	93	107	337	3
Überl. See, 60m	<3	4	9	11	2
Überl. See, 0m	<3	<3	3	51	1
Obersee, 40m	<3	<3	4	18	1
Obersee, 0m	<3	4	23	43	2
Limmat	93	462	1016	1200	4
Rhein-km					
Au-Lust. -82,6	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-
Reckingen 91,0	161	840	1215	5800	4
Basel 163,9	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-
Breisach 225,0	840	2400	3500	10420	4
Karlsruhe (LfU) 359,3	430	930	2400	5880	4
Karlsruhe (TZW) 359,3	1355	2300	5550	9300	5
Mannheim 426,0	840	2400	3350	9810	4
Biebesheim 463,6	1700	4000	6000	100000	5
Mainz 500,6	938	2100	4050	4600	4
Mainfahne 500,8	1298	11000	11000	56600	5
Wiesbaden 507,1	-	-	-	-	-
Köln 685,8	1810	2400	4622	21160	4
Benrath (D) 722,0	620	1500	5325	11800	5
Flehe (D) 732,1	930	4600	12000	13800	5
Wittlaer (D) 757,9	8850	11000	11000	11000	5
Wesel 814,0	9300	22000	43000	192000	5
Main, Frankfurt (km 30,3)	2400	6050	11000	46000	5
Lobith	1300	3050	4600	4600	4
RUW, Nieuwegein	93	240	780	4070	4
Andijk	11	23	41	100	2

n.b. = nicht berechenbar

Köln	685,8	4428	7498	22125	45780	5
Benrath (D)	722,0	755	1100	4600	5880	4
Flehe (D)	732,1	2175	4600	11250	15000	5
Wittlaer (D)	757,9	2400	2400	11250	12000	5
Wesel	814,0	4025	9300	43000	96400	5
Main, Frankfurt (km 30,3)		4050	11000	15000	96000	5
Tabelle A 21: Perzentilwertberechnungen und Gewässergüteklassen nach Popp – Gesamtcoliforme						
Lobith		-	-	-	-	-
RUW, Nieuwegein		-	-	-	-	-
Andijk		-	-	-	-	-

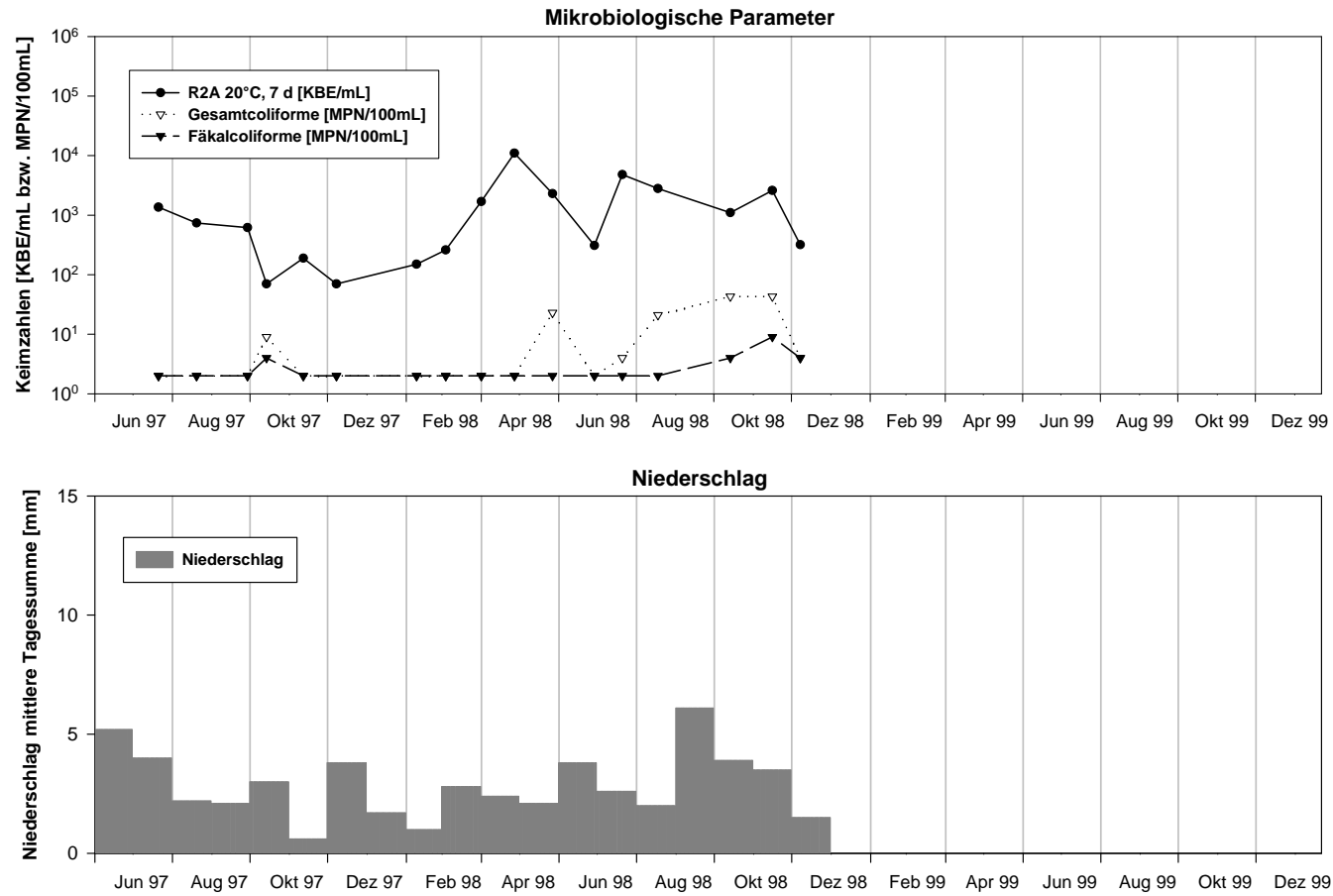


Abbildung B 1: **Obersee (0 m)** - mikrobiologische Parameter und Niederschlagsdaten im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

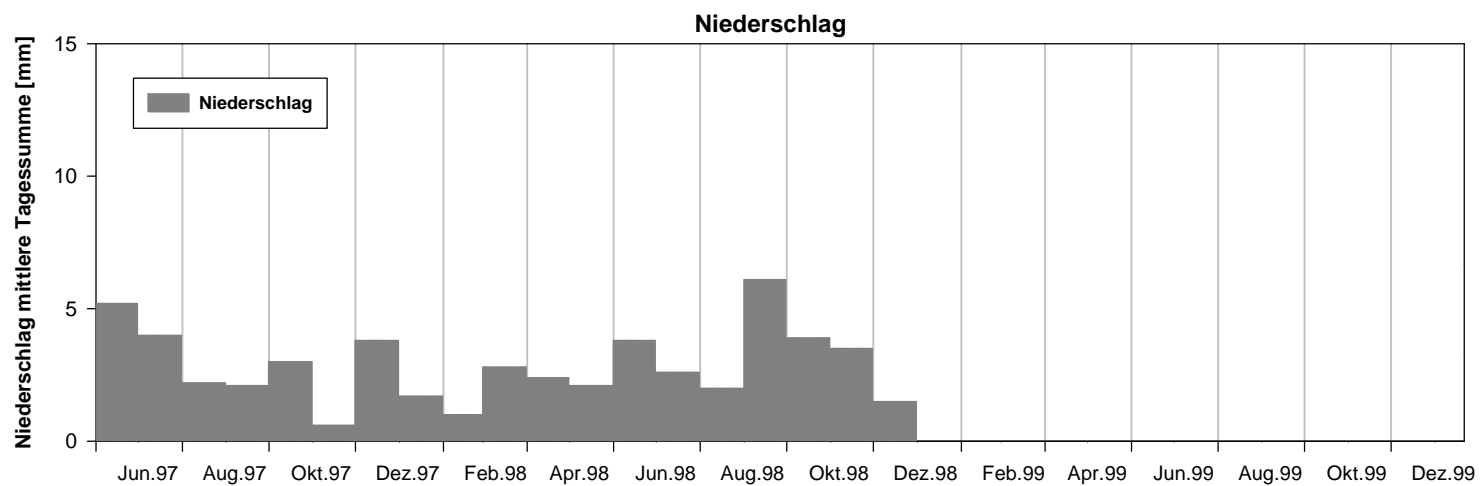
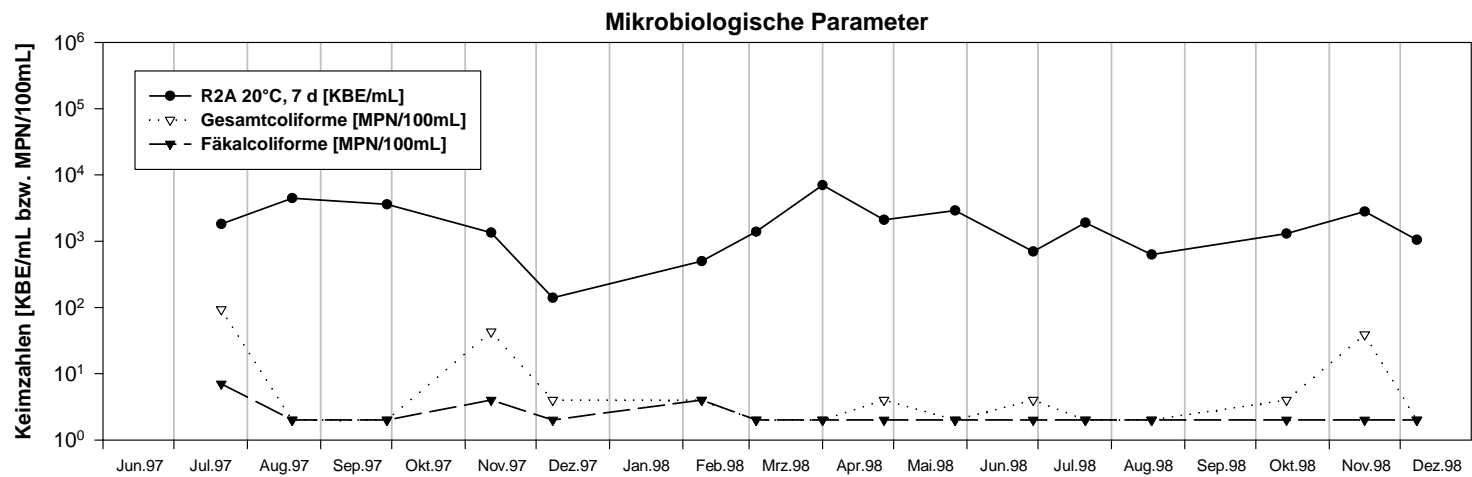


Abbildung B 2: **Obersee (40 m)** - mikrobiologische Parameter und Niederschlagsdaten im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

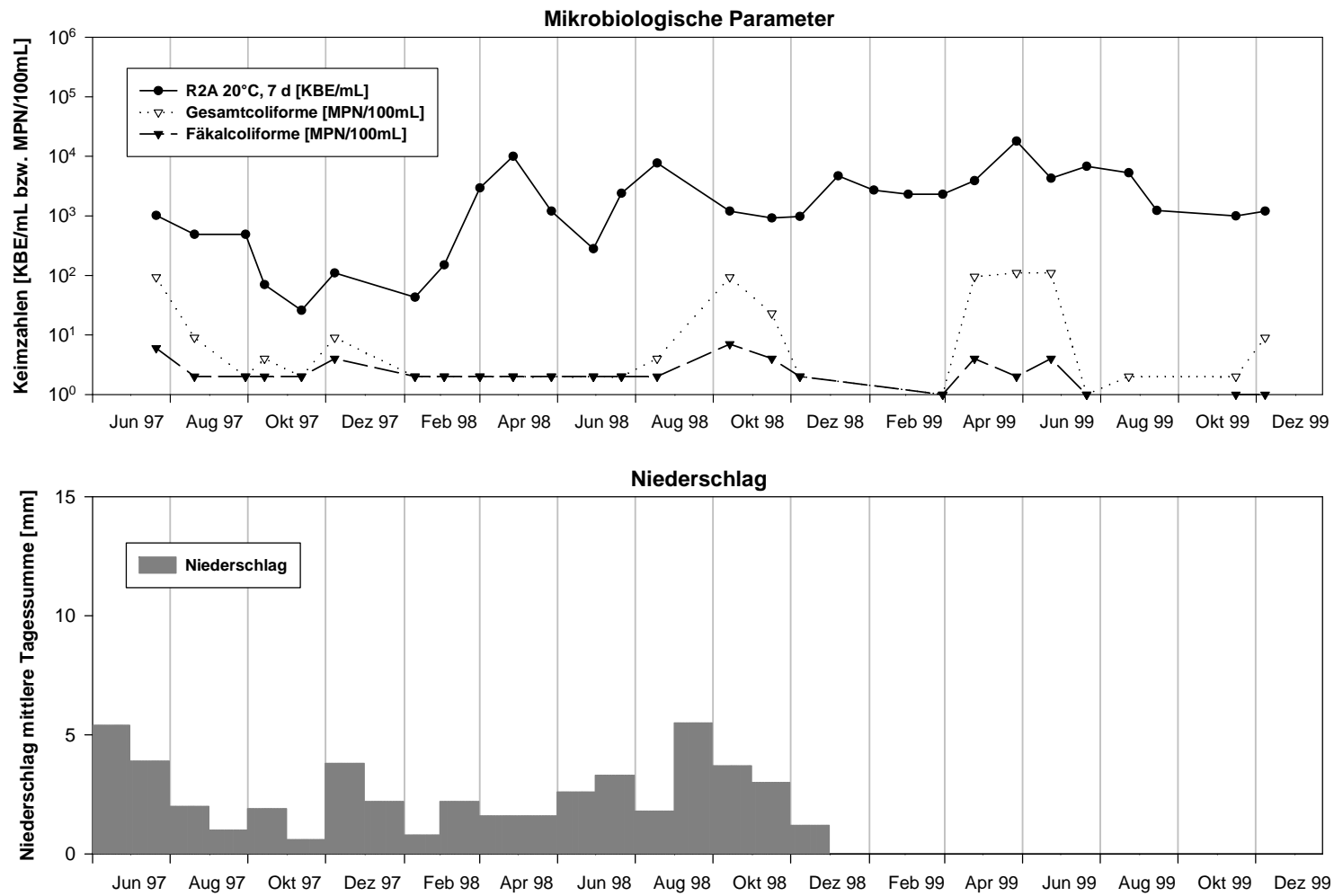


Abbildung B 3: **Überlinger See (0 m)** - mikrobiol. Parameter und Niederschlagsdaten im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

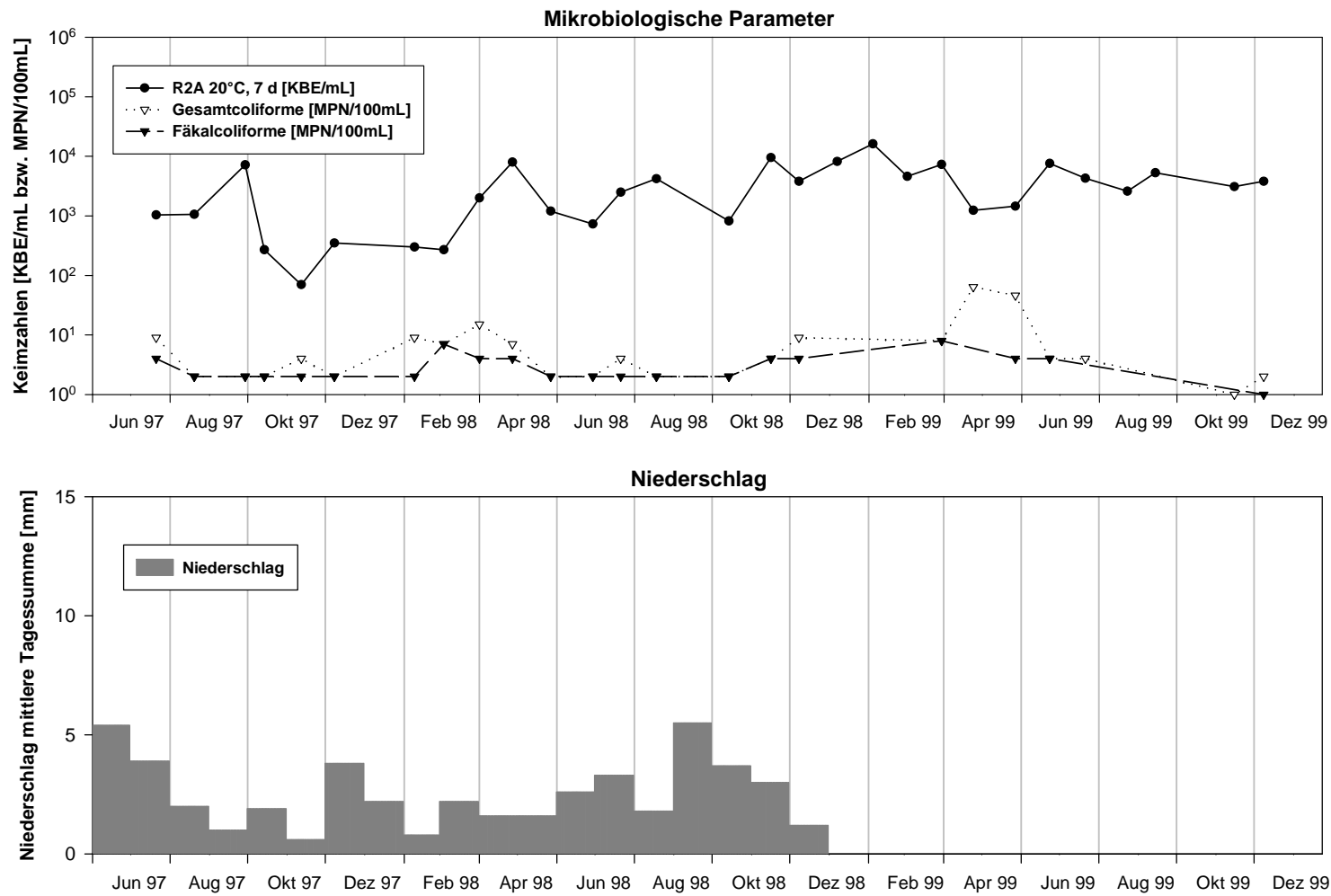


Abbildung B 4: **Überlinger See (60 m)** - mikrobiol. Parameter und Niederschlagsdaten im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

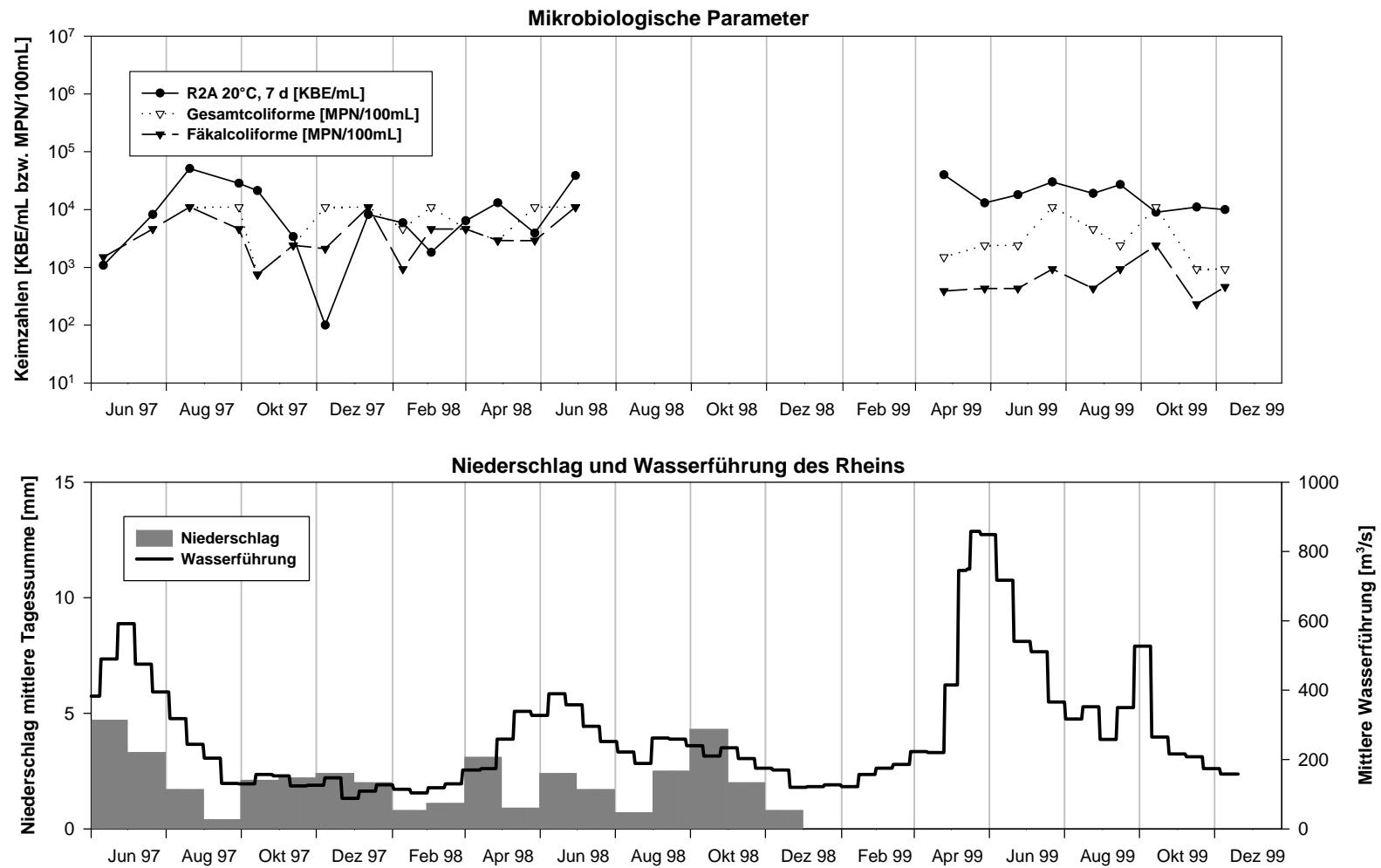


Abbildung B 5: Au-Lustenau - mikrob. Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

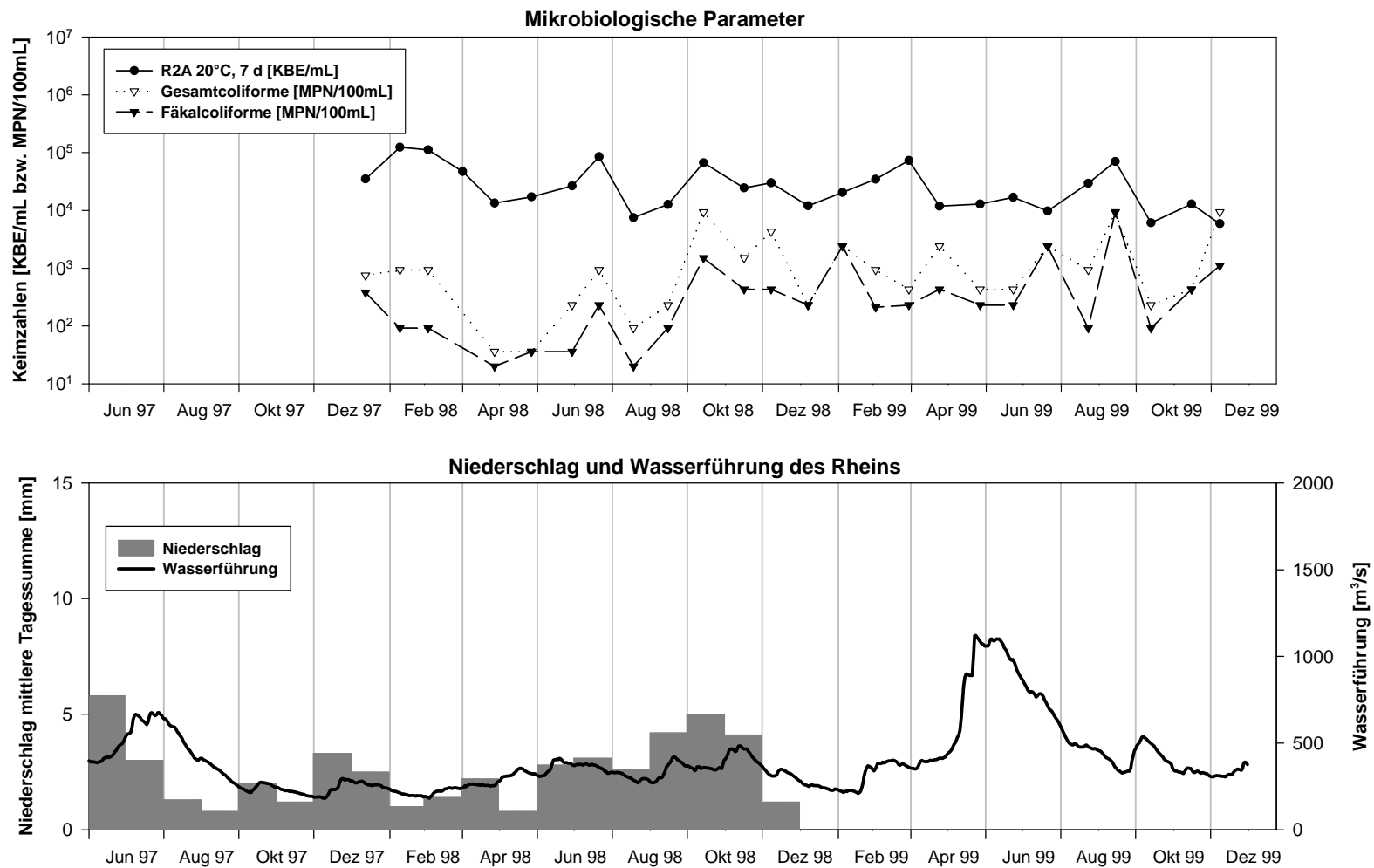


Abbildung B 6: **Reckingen** - mikrobiol. Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

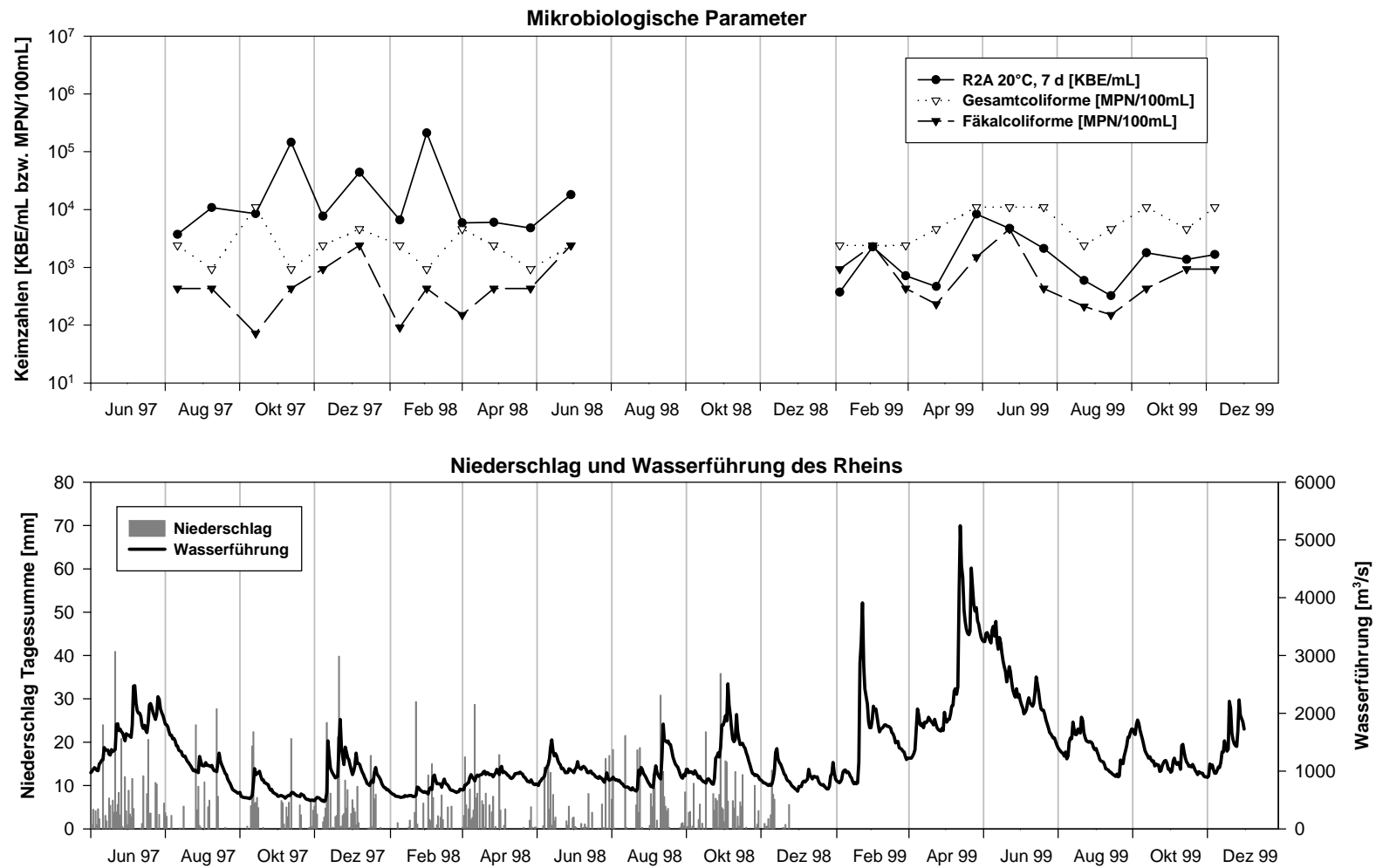


Abbildung B 7: **Basel** - mikrobiologische Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

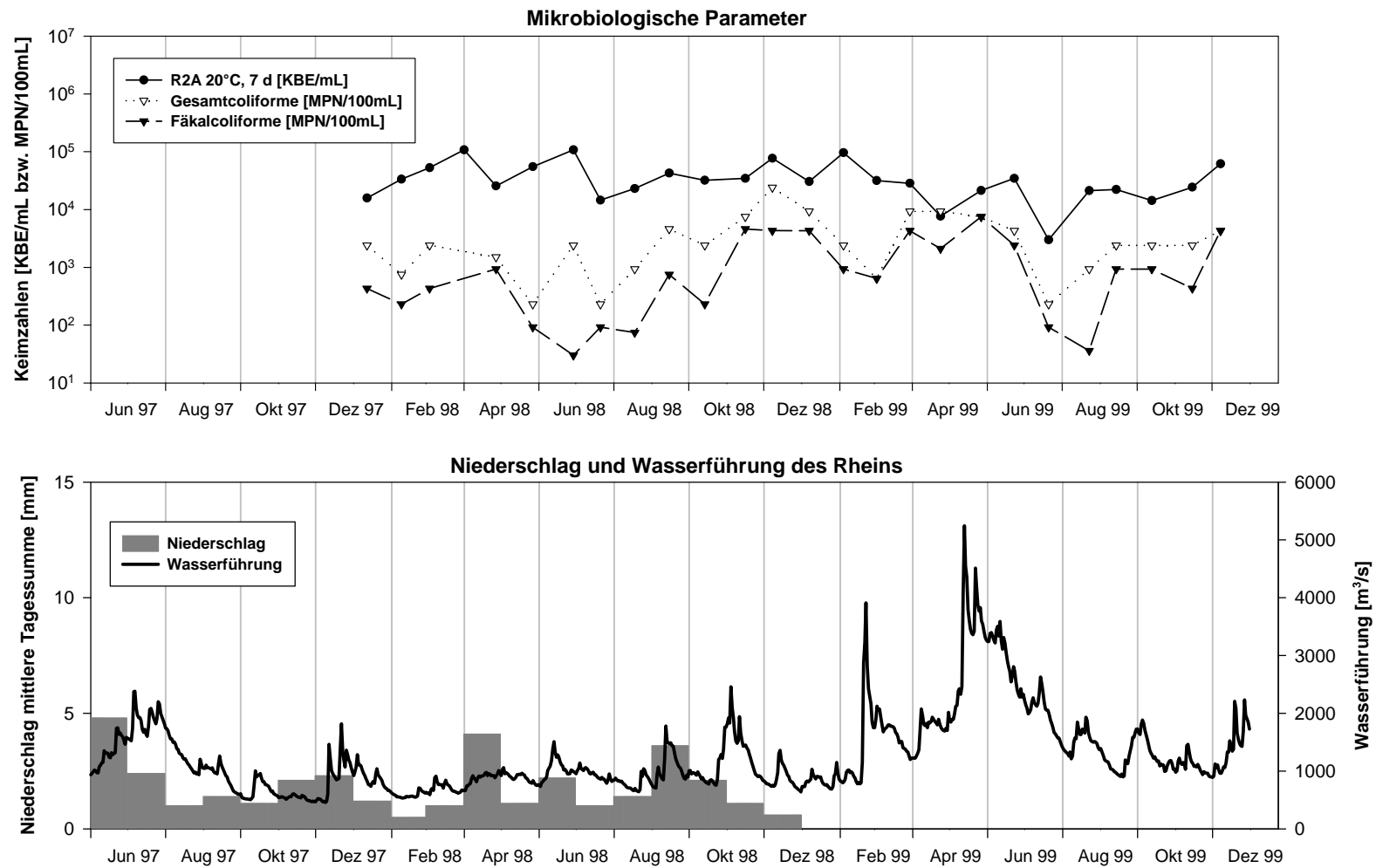


Abbildung B 8: **Breisach** - mikrobiol. Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

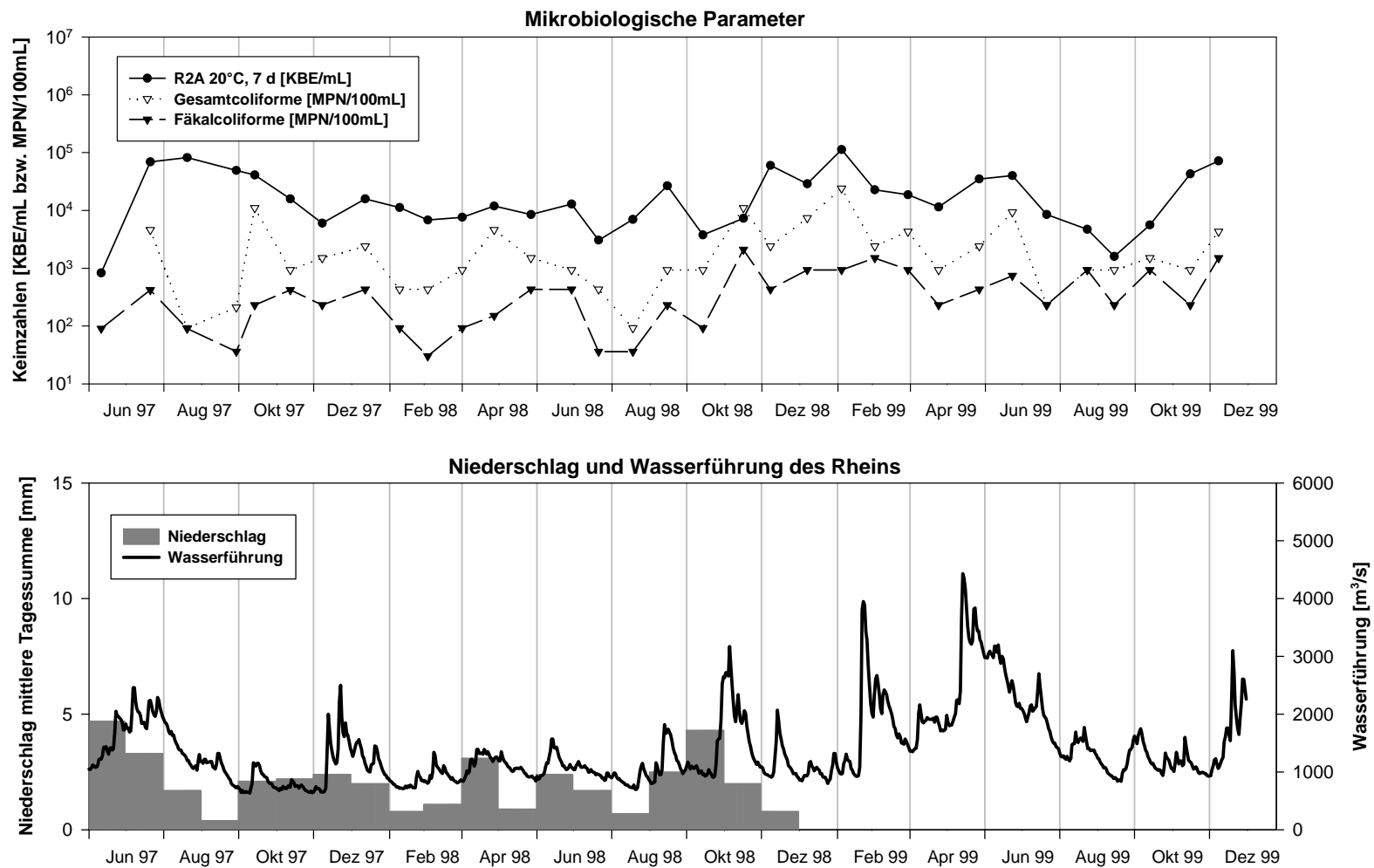


Abbildung B 9: Karlsruhe (LfU) - mikrobiol. Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

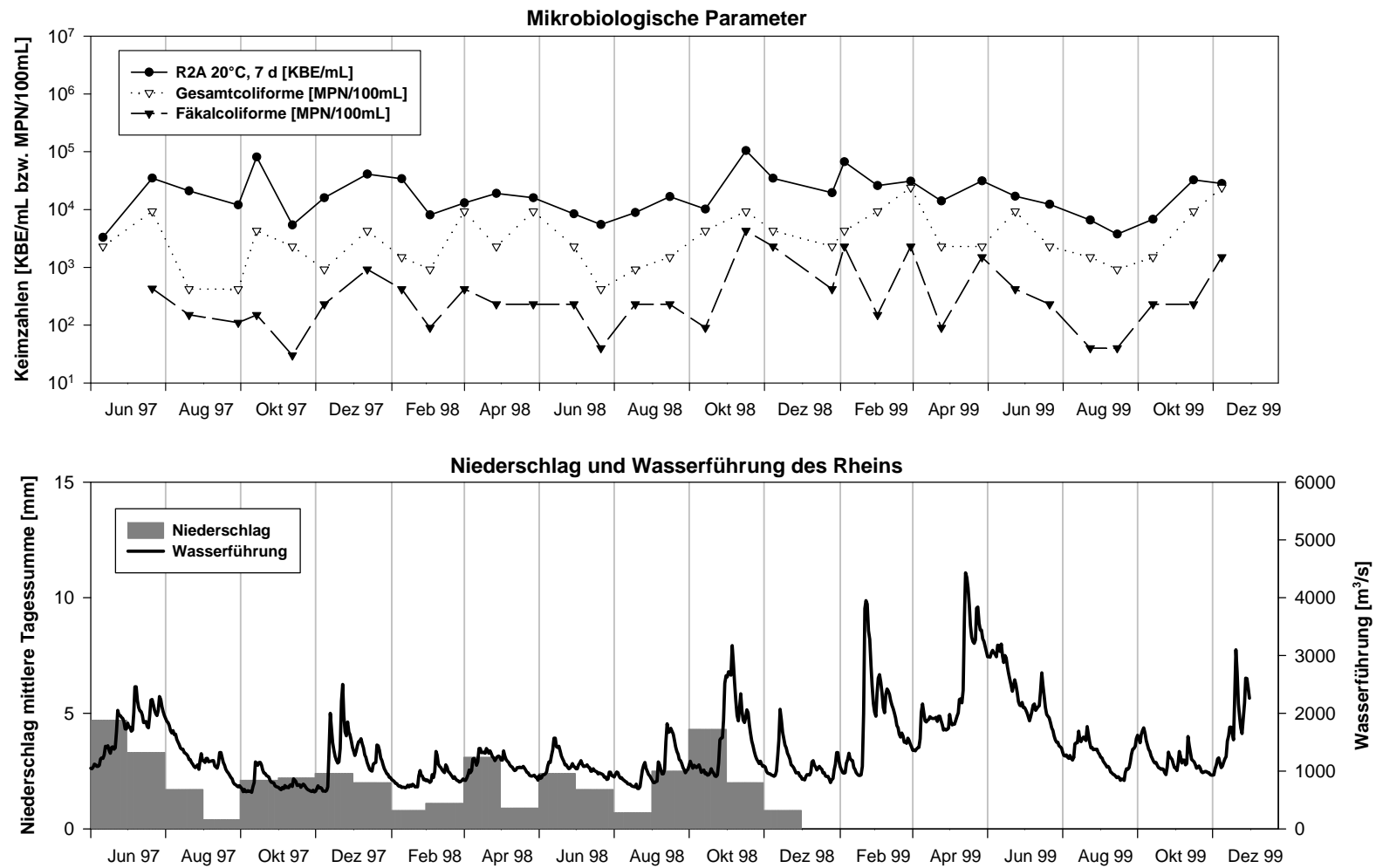


Abbildung B 10: Karlsruhe (TZW) - mikrob. Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

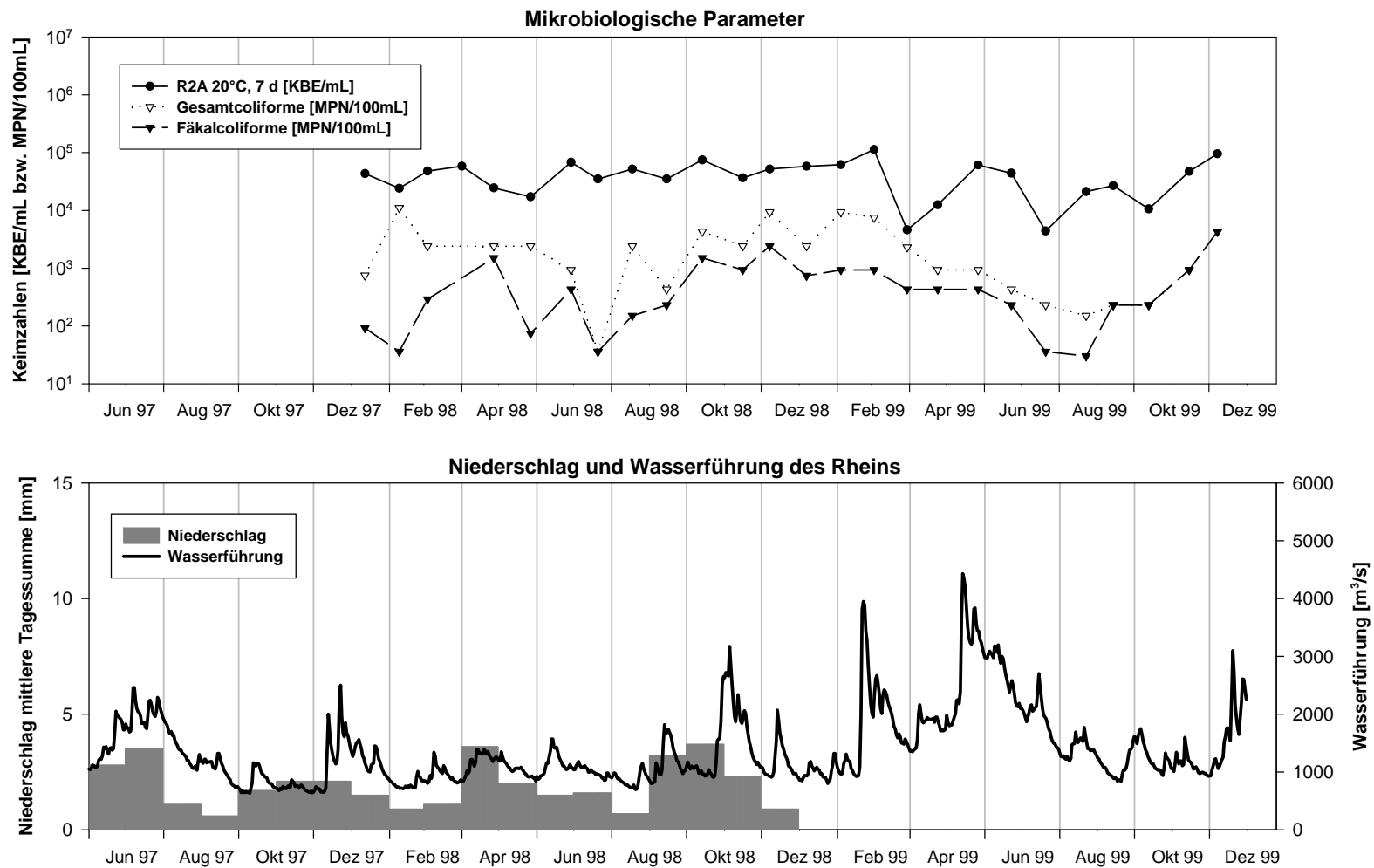


Abbildung B 11: **Mannheim** - mikrobiol. Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

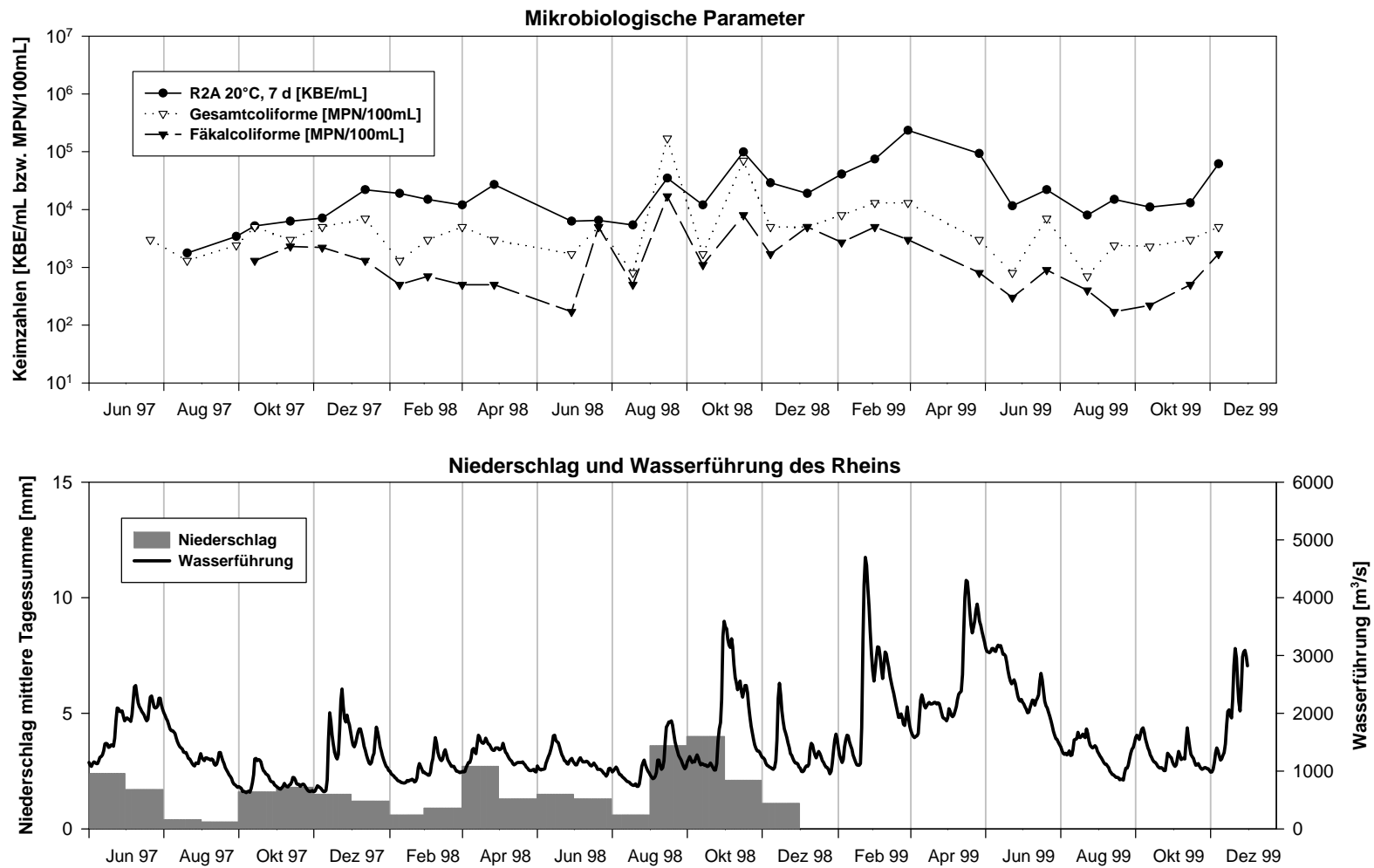


Abbildung B 12: **Biebesheim** - mikrobiol. Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

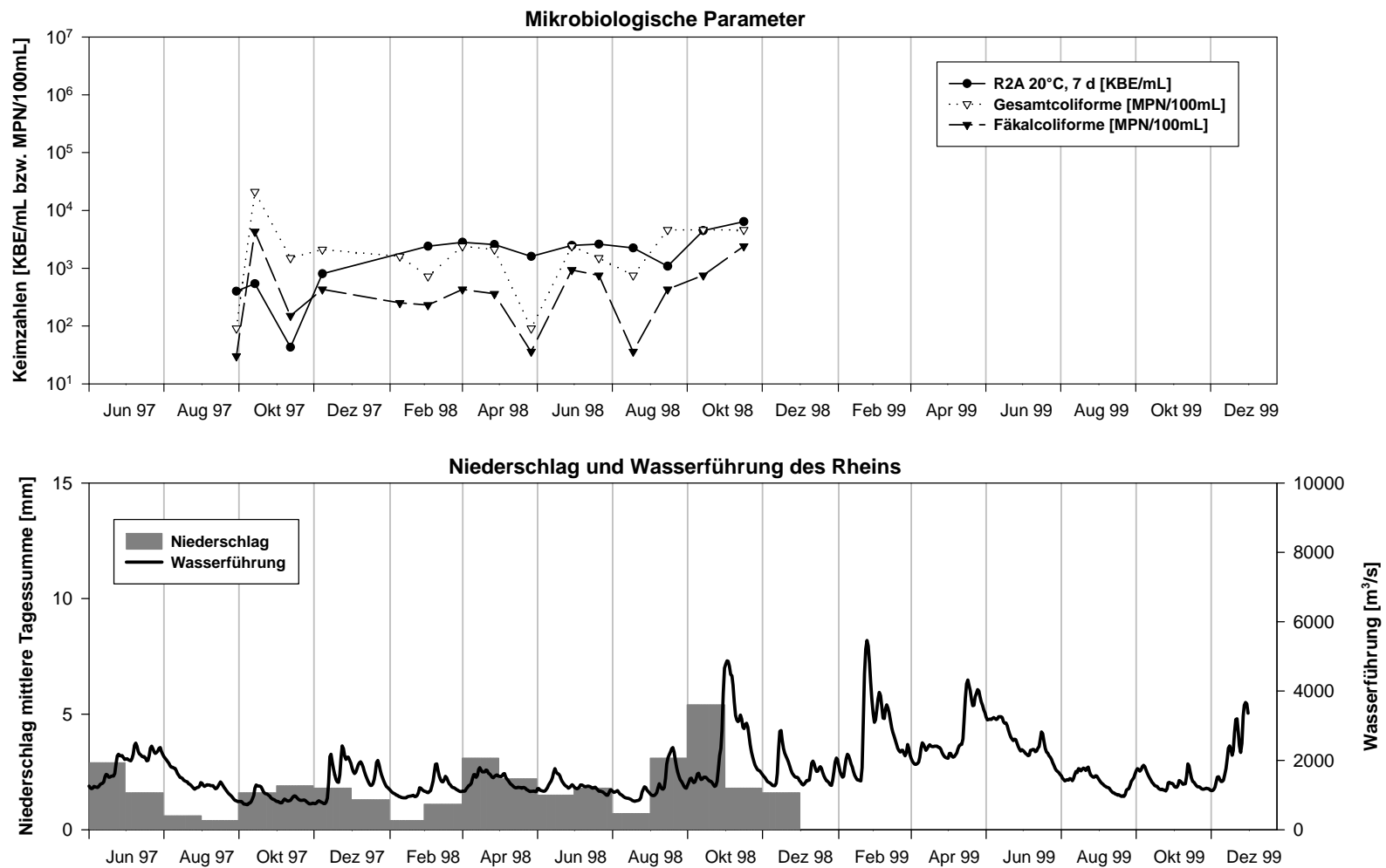


Abbildung B 13: **Mainz** - mikrobiologische Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

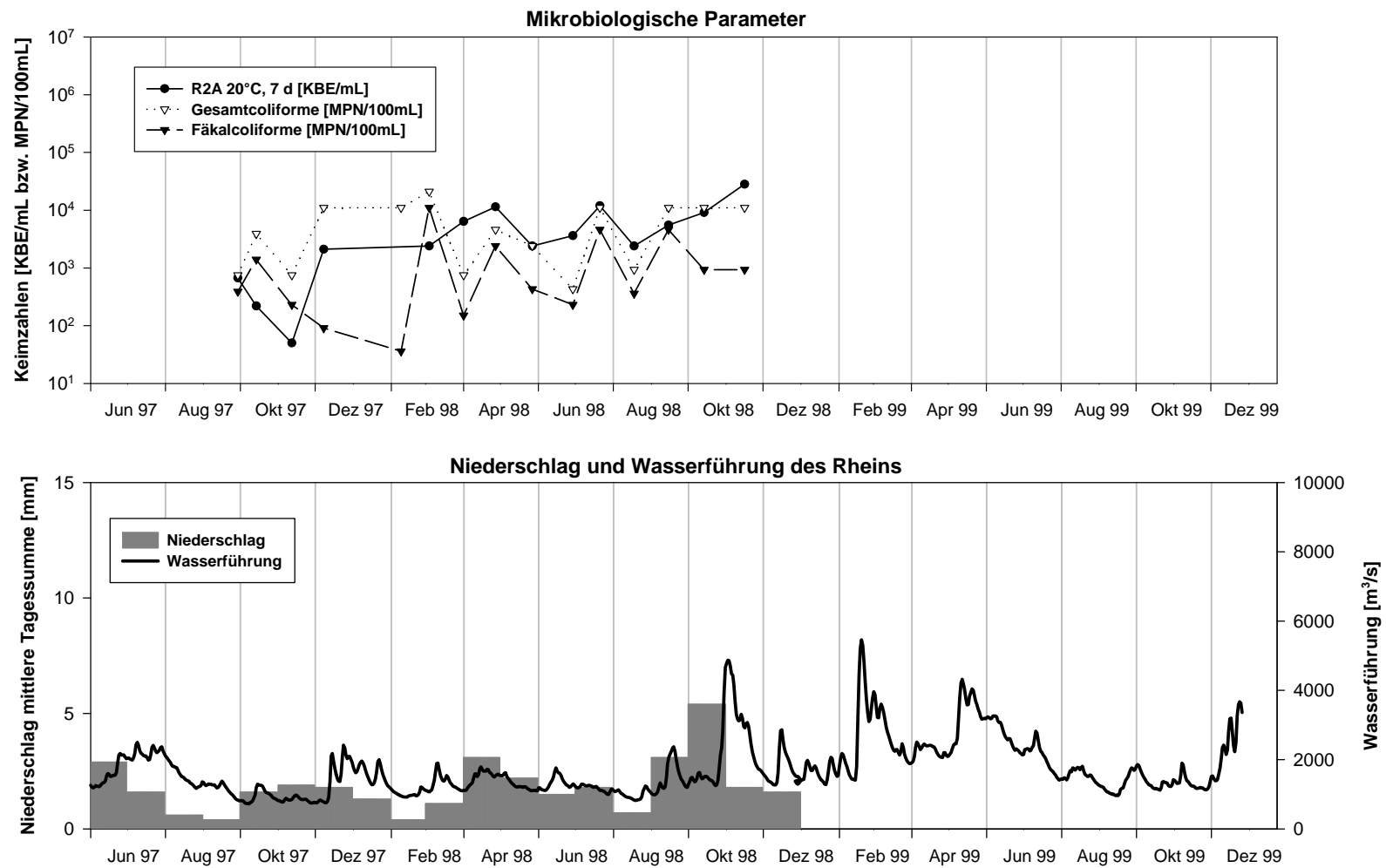


Abbildung B 14: **Mainfahne** - mikrobiol. Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

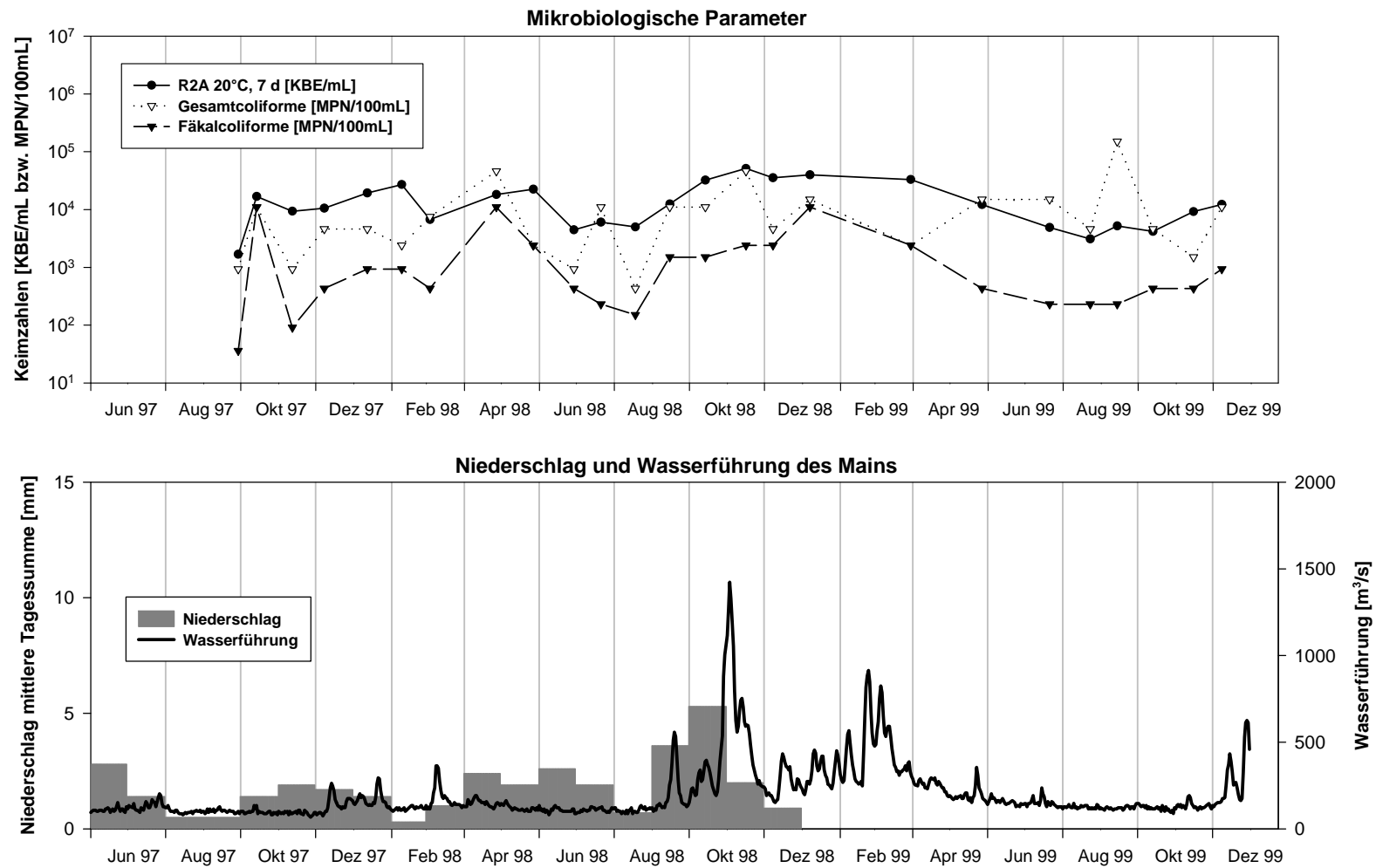


Abbildung B 15: Main/Frankf. - mikrob. Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Mains im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

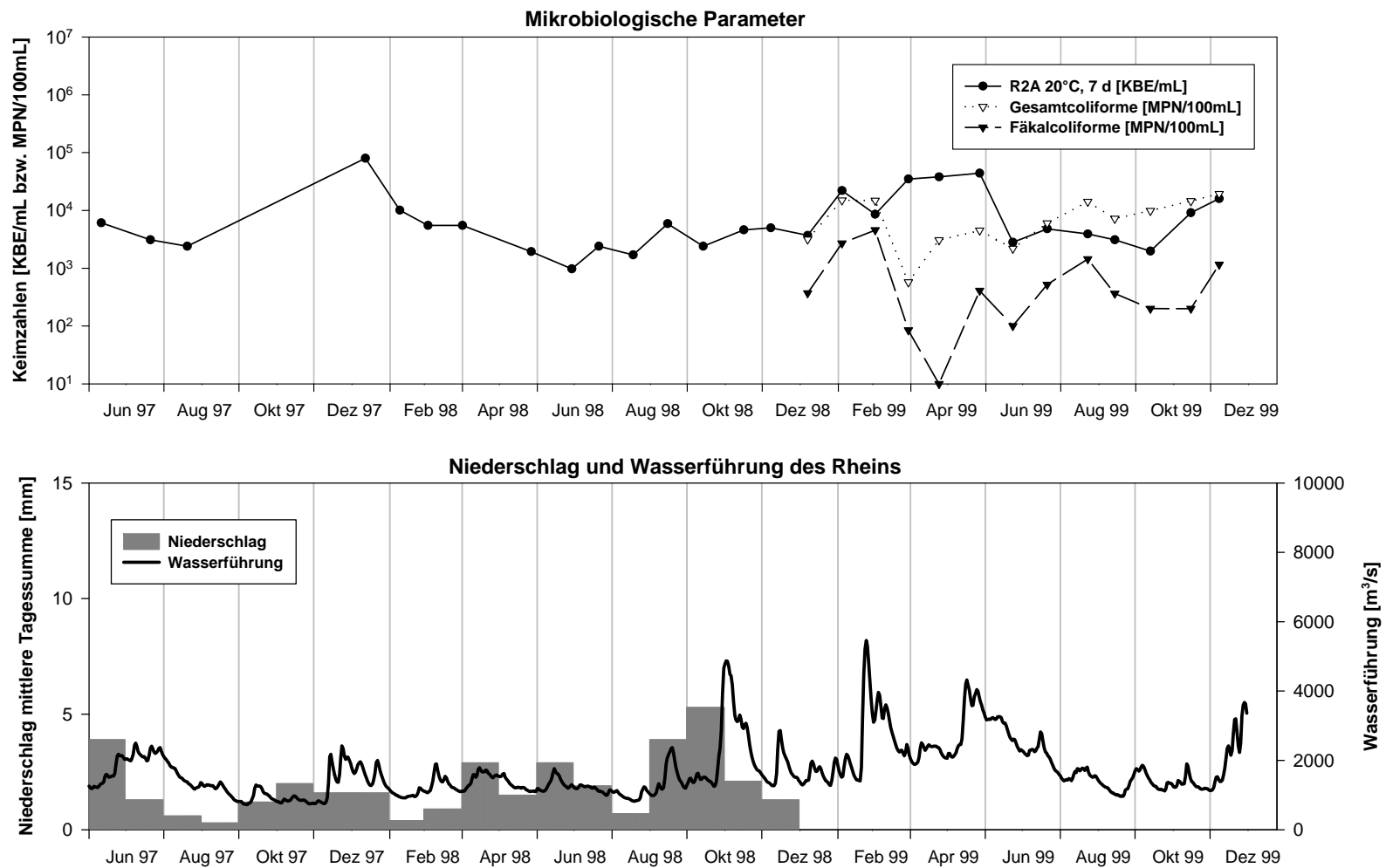


Abbildung B 16: Wiesbaden - mikrob. Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

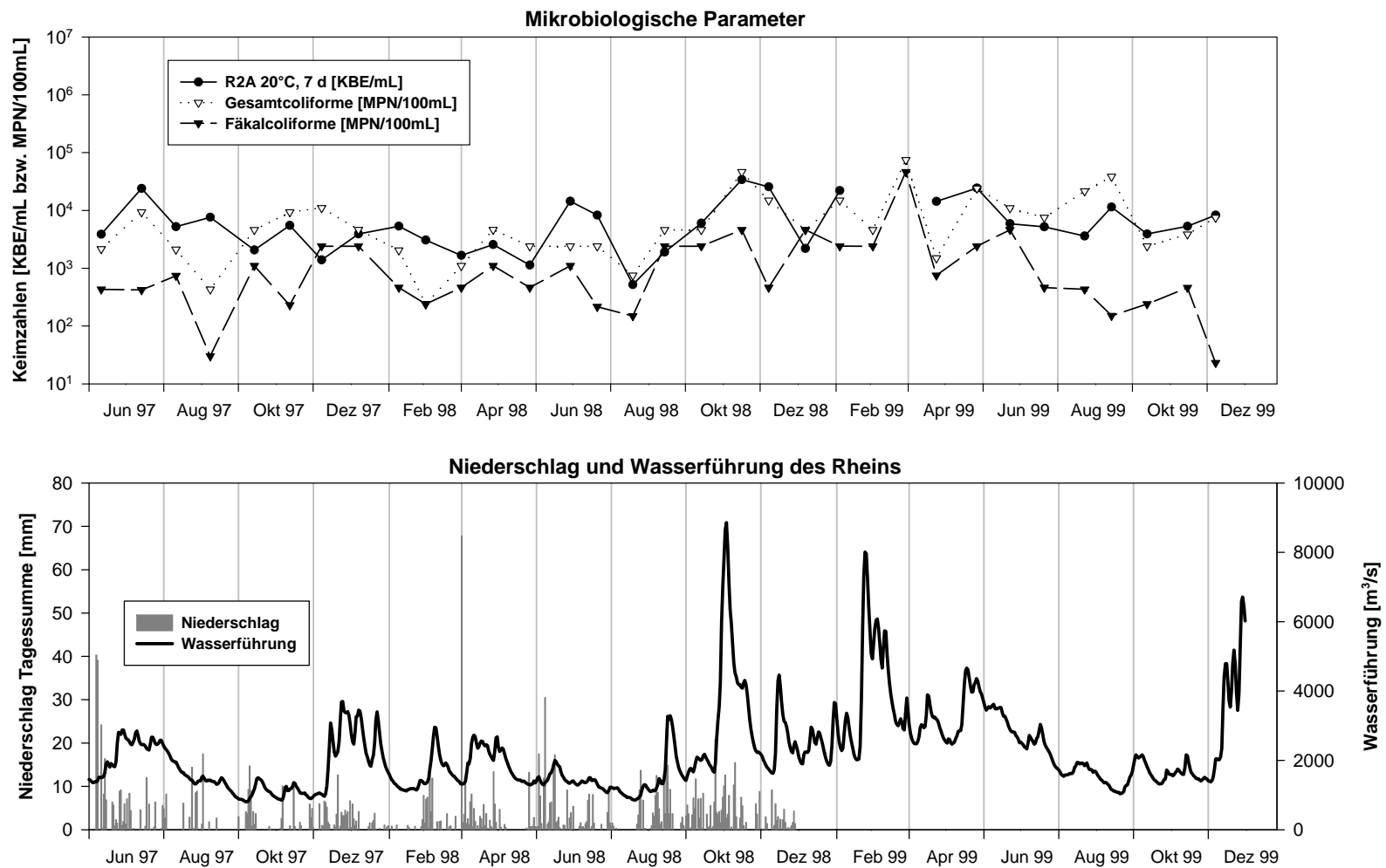


Abbildung B 17: Köln - mikrobiologische Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

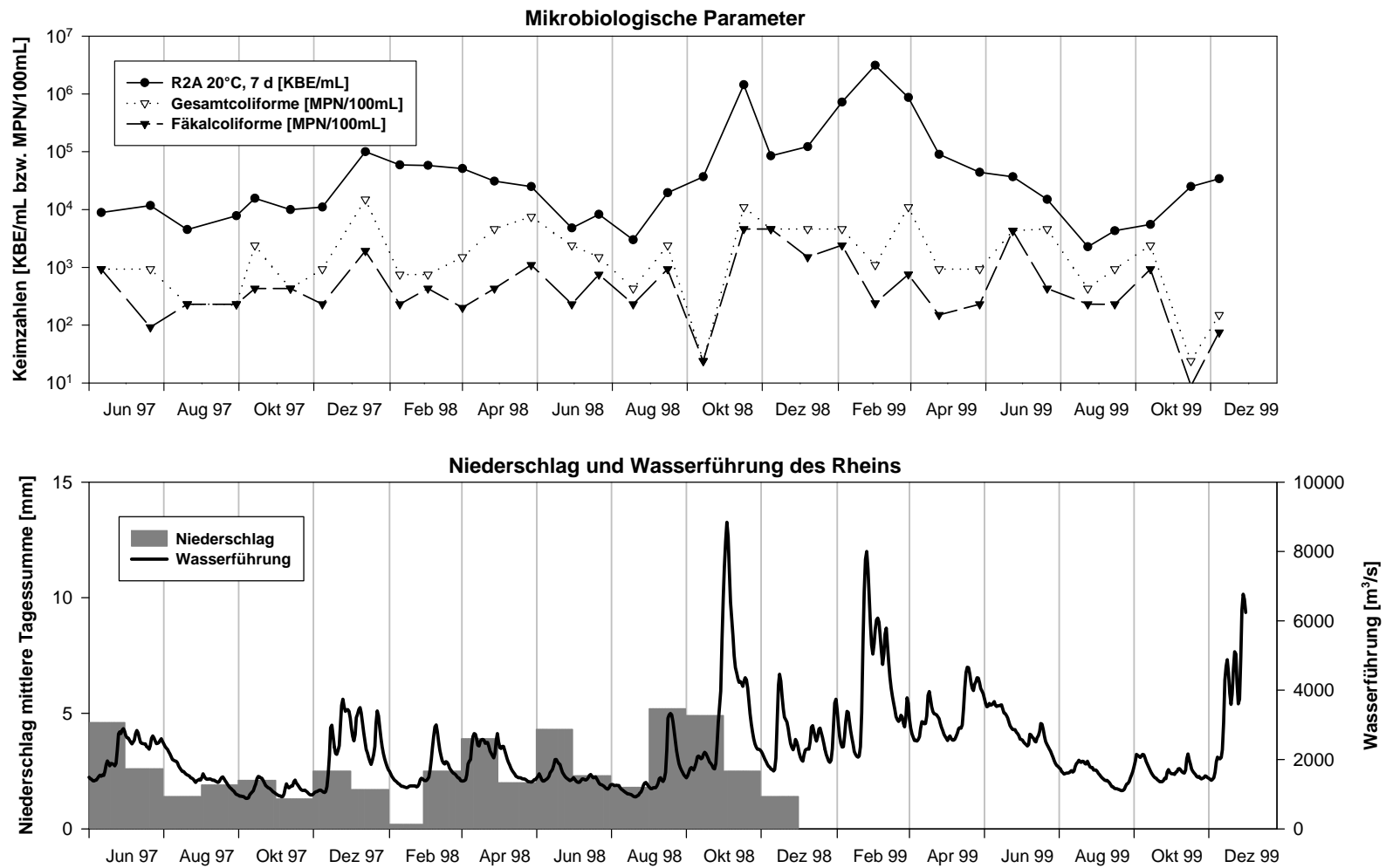


Abbildung B 18: **Benrath (D)** - mikrobiol. Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

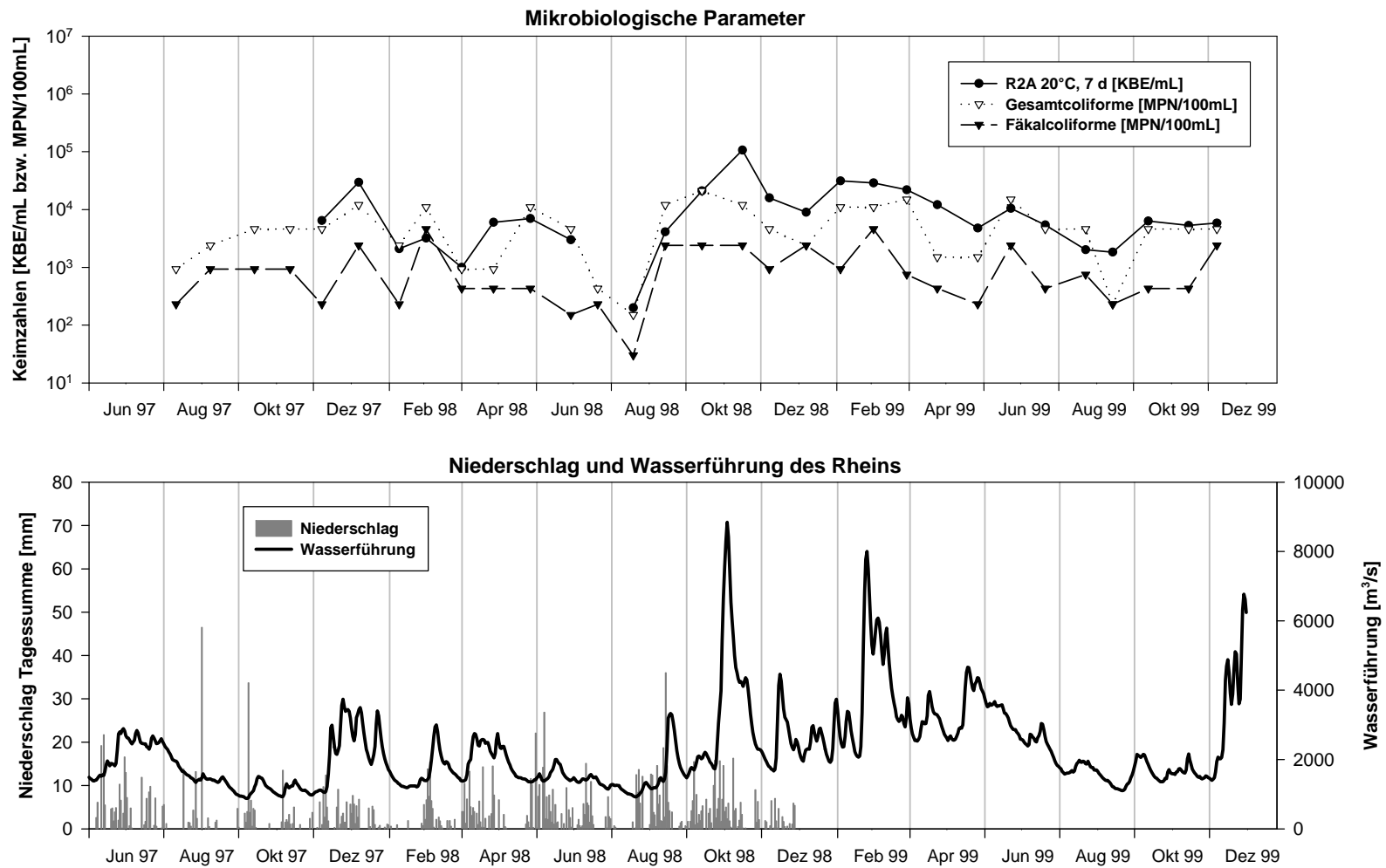


Abbildung B19: **Flehe** - mikrobiologische Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

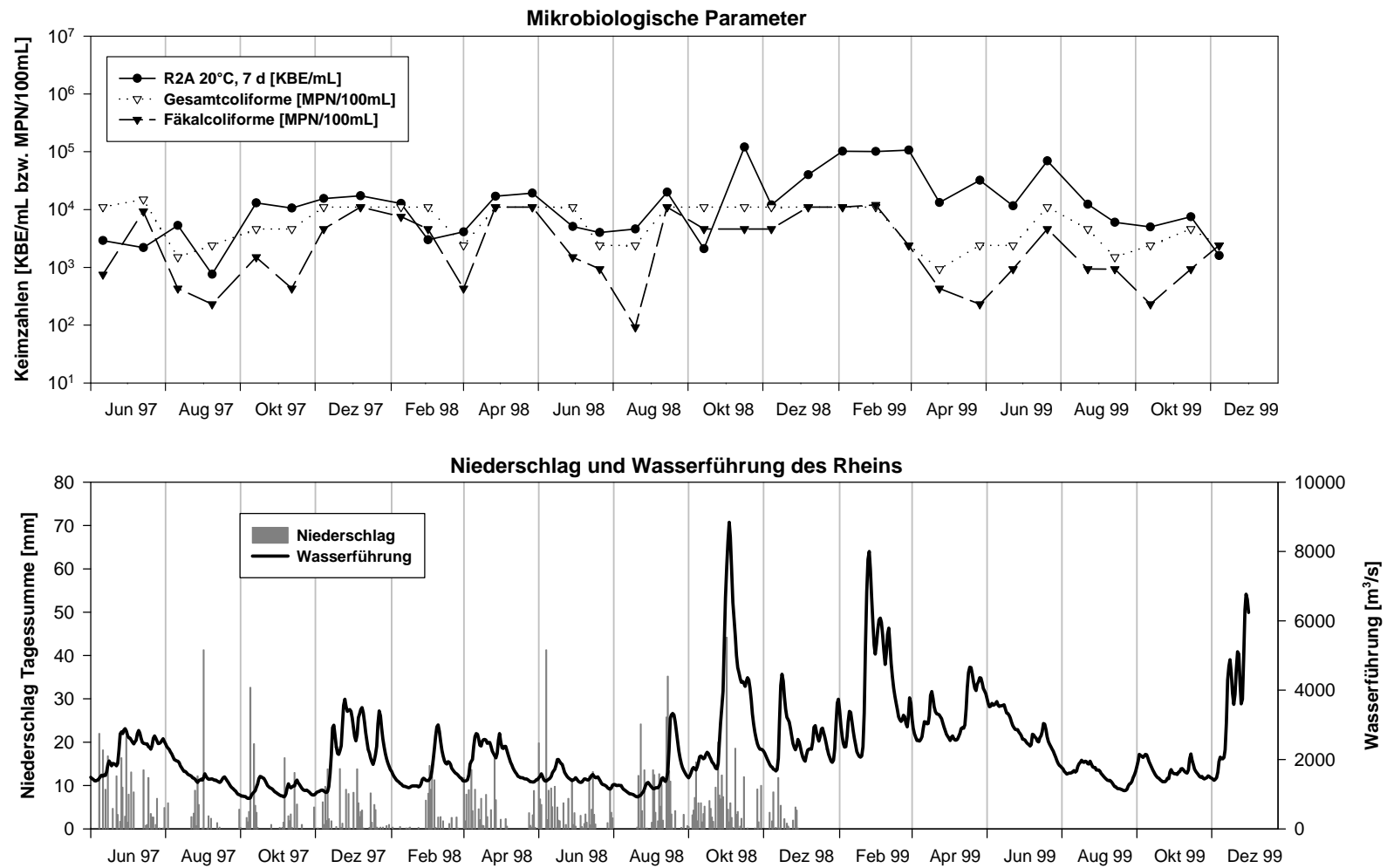


Abbildung B 20: **Wittlaer** - mikrobiologische Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

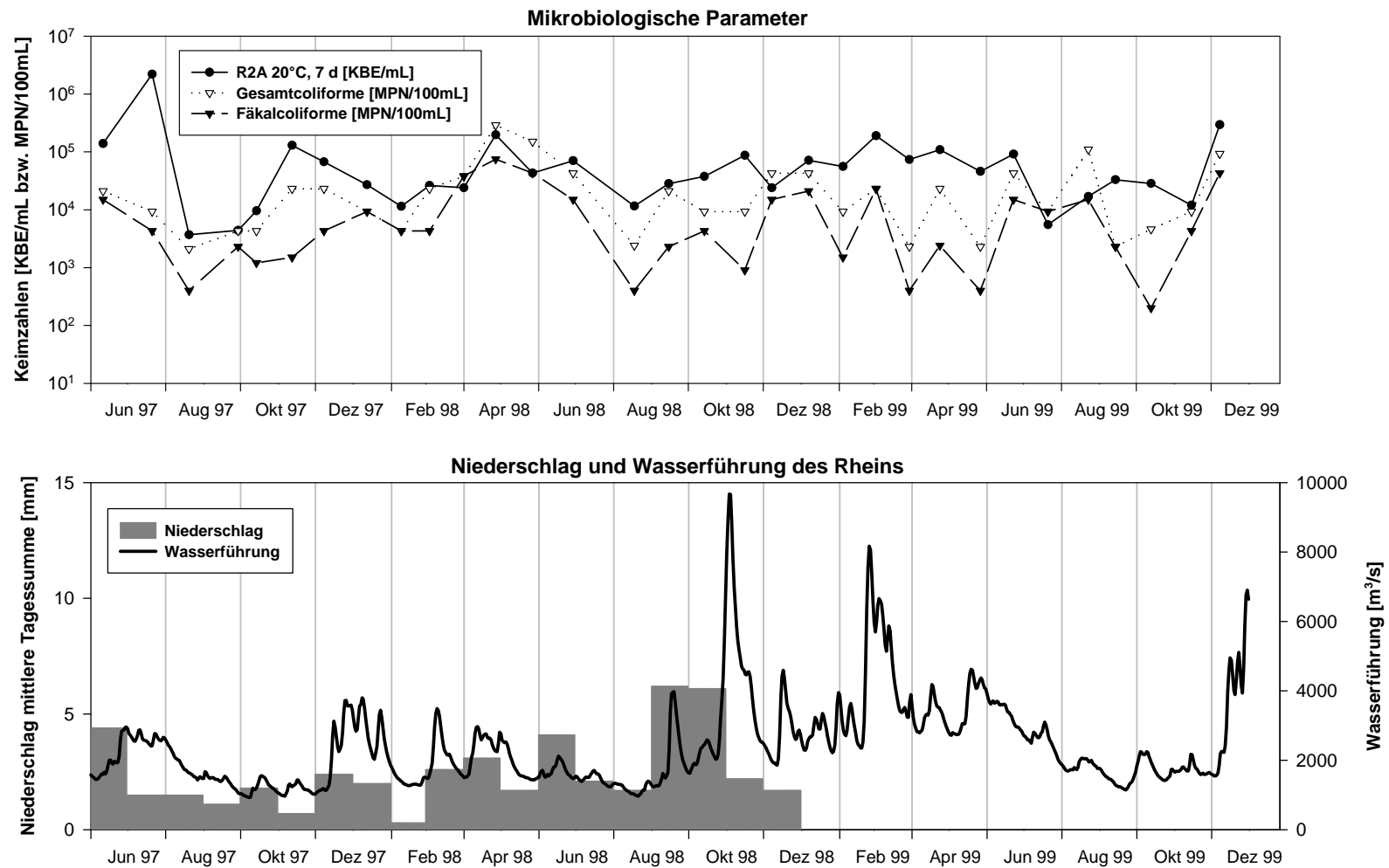


Abbildung B 21: **Wesel** - mikrobiologische Parameter, Niederschlagsdaten und Wasserführung des Rheins im Zeitraum Jun 1997 bis Dez 1999

Impressum

Herausgeber IAWR
Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet
Umschlag und Druck B.V. Drukkerij De Eendracht, Schiedam

Postfach 57212
NL-1040 BC Amsterdam

