

Rheinland-Pfalz



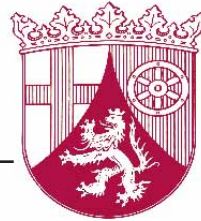
Gewässergüte der Mosel in Rheinland-Pfalz 1964 bis 2000



Moselquelle am Col de Bussang

Mainz, Februar 2002

RheinlandPfalz



Gewässergüte der Mosel in Rheinland-Pfalz 1964 bis 2000

Bearbeiter:

Dipl.-Biol. Dr. Thomas Ehlscheid
RA Margot Meid
RA Ingeborg Thrun

202/02

Mainz, Februar 2002

Vorwort

Die Überwachung und Bewertung der Wasserqualität der Mosel ist seit 35 Jahren ein Arbeitsschwerpunkt der rheinland-pfälzischen Wasserwirtschaftsverwaltung. Die Mosel steht als größter Nebenfluss des Rheins mit einer Besiedlungsdichte von durchschnittlich 160 Einwohnern pro km² im Spannungsfeld vielfältiger konkurrierender Nutzungen.

Das Zusammentreffen kommunaler und industrieller Abwassereinleitungen mit sehr niedrigen Trockenwetterabflüssen der Mosel führt zu zeitweise hohen Nährstoffkonzentrationen. Verschärft wird die dadurch bedingte Eutrophierung des Gewässers durch den Aufstau, der stellenweise zu Fließgeschwindigkeiten unter 0,1m/s führen kann. Andererseits wurden durch den Ausbau von Mosel und Saar zur Schifffahrtsstraße mit ganzjähriger Nutzung auch die baulichen Voraussetzungen für die Einrichtung der Laufwasserkraftwerke geschaffen, die pro Jahr insgesamt 860 Mio. kWh Strom erzeugen, ohne dadurch die Kohlendioxid-Emission zu erhöhen oder problematische Abfälle zu erzeugen.

Zusätzliche Nährstoffeinleitungen resultieren aus den landwirtschaftlichen Nutzungen im Einzugsgebiet. Die in Mosel und Saar gegenüber dem Rhein deutlich erhöhten Gehalte an Pflanzenschutzmittelwirkstoffen sind ebenfalls auf die landwirtschaftlichen Nutzungen zurückzuführen.

Negative Auswirkungen der Eutrophierung auf den Sauerstoffhaushalt und Einträge bioakkumulierender Spurenstoffe (PCB) hatten Auswirkungen auf die fischereiliche Nutzung der Mosel. Die PCB-Gehalte im Schwebstoff zeigen eine abnehmende Tendenz, dennoch ist die Zielvorgabe der Internationalen Kommissionen zum Schutze der Mosel und der Saar gegen Verunreinigung (IKSMS) im Hinblick auf den Fischkonsum noch deutlich überschritten. Die Probleme des Sauerstoffhaushalts sind in der Mosel deutlich geringer geworden; es bleiben die morphologischen Veränderungen, die den Fischbestand auf längere Sicht begrenzen.

Mit der Verabschiedung der EU-Wasserrahmenrichtlinie am 22.12.2000 sind nun neue gesetzliche Rahmenbedingungen für den Gewässerschutz auch an Mosel und Saar maßgebend. Neben dem Stoffhaushalt werden verstärkt biologische Qualitätskomponenten zu betrachten sein.

In der IKSMS arbeiten schon seit 1962 die Fachleute flussgebietsübergreifend zusammen. Insofern sind im Einzugsgebiet von Mosel und Saar bereits Strukturen vorhanden, um das Gewässer auch im Sinne der Richtlinie weiter entwickeln können.

Der vorgelegte Moselbericht dokumentiert den aktuellen Stand im rheinland-pfälzischen Einzugsgebiet.

Den Bearbeitern wird für ihr Engagement gedankt.

Mainz, im Februar 2002



(Sven Lühje)
Direktor des Landesamtes
für Wasserwirtschaft

- Inhalt -

	Seite
1. Einleitung	1
2. Gebietsbeschreibung	2
2.1 Oberirdisches Einzugsgebiet	2
2.2 Geologie	4
2.3 Morphologie	5
2.4 Hydrologie	6
2.4.1 Größe, Höhe und Lage des Einzugsgebietes	6
2.4.2 Klimatische Situation und Niederschläge	6
2.4.3 Abflüsse und Fließzeiten	7
2.5 Nutzungen	9
2.5.1 Überblick	9
2.5.2 Bevölkerung und Flächennutzung	11
2.5.3 Abwasserbehandlung	13
3. Probenahmestellen und Datenherkunft	15
4. Bewertungsgrundsätze	20
5. Chemisch-physikalische Gewässerüberwachung	23
5.1 Abflussverhältnisse	23
5.2 Wassertemperatur und pH-Wert	24
5.3 Sauerstoffhaushalt und sauerstoffzehrende Verbindungen	26
5.3.1 Sauerstoffgehalt	26
5.3.2 Biochemischer Sauerstoffbedarf	32
5.3.3 TOC und DOC	34
5.3.4 Ammonium-Stickstoff	35
5.4 Nährstoffe	40
5.4.1 Nitrat-Stickstoff und Gesamt-Stickstoff	40
5.4.2 Nitrit-Stickstoff	46
5.4.3 Phosphor	47
5.5 Chlorophyll a und Trophie	52
5.6 Chlorid und Sulfat	56
5.7 Schwermetalle und Arsen	62
5.7.1 Übersicht	62
5.7.2 Blei	63
5.7.3 Cadmium	65
5.7.4 Chrom	67
5.7.5 Kupfer	69
5.7.6 Nickel	71
5.7.7 Quecksilber	73
5.7.8 Zink	75
5.7.9 Arsen	77

	Seite
5.8 Organische Spurenstoffe	78
5.8.1 AOX und „Industriechemikalien“	78
5.8.2 Pflanzenschutzmittel	82
5.8.3 PCB und PAK	94
6. Biologische Gewässergüte und Makrozoobenthos	103
7. Zusammenfassung und Ausblick	109
8. Literaturverzeichnis	112
 Verzeichnis der Abkürzungen	 115
Verzeichnis der Abbildungen	116
Verzeichnis der Tabellen	118
 Bildnachweis	

1. Einleitung

Die Mosel ist mit mehr als 520 km Länge und einem Einzugsgebiet von 28.152 km² der größte Nebenfluss des Rheins. Sie durchfließt Rheinland-Pfalz auf einer Strecke von rund 232 km Länge von der Landesgrenze zum Saarland bis zur Mündung in den Rhein im Stadtgebiet von Koblenz. Das rheinland-pfälzische Teileinzugsgebiet der Mosel beträgt rund ein Drittel der Landesfläche.

Ziel dieses Berichtes ist die Beschreibung und Bewertung der Wasserbeschaffenheit und Gewässergüte der Mosel. Dabei stehen neben der Darstellung der aktuellen Situation insbesondere die langjährigen Trends im Vordergrund.

Bereits in den fünfziger Jahren geriet die Wasserqualität der Mosel in den Blick der Öffentlichkeit. Fischsterben infolge der Einleitung von Abwasser (Montan-Industrie) machten Schlagzeilen. Ein Tiefpunkt in der Gewässergüte von Mosel und Saar wurde, wie auch in anderen großen Flüssen Deutschlands und Europas, Anfang bis Mitte der siebziger Jahre erreicht. Die großen Fischsterben in der Mosel zeigten dies überdeutlich. Seitdem haben die Anstrengungen der Anrainerstaaten, der Länder und Kommunen, von Industrie und Gewerbe auf dem Gebiet der Abwasserfernhaltung und Abwasserbehandlung zu großen Fortschritten in der Wasserqualität geführt.

Der vorliegende Bericht stellt die Entwicklung wichtiger Kenngrößen der Wasserbeschaffenheit der Mosel in Rheinland-Pfalz über mehr als 35 Jahre dar. Gleichzeitig wird die aktuelle Situation der Gewässergüte und Wasserqualität der Mosel charakterisiert und bewertet. Wegen der erheblichen Bedeutung der Saar für die Wasserbeschaffenheit der Mosel wird auch die Entwicklung der Saarwasserqualität beschrieben.

2. Gebietsbeschreibung

2.1 Oberirdisches Einzugsgebiet

Das Einzugsgebiet der Mosel liegt in den Staatsgebieten von Frankreich, Luxemburg und Deutschland. Ein geringer Teil des Oberlaufs der Sauer sowie ein Teil des Einzugsgebiets der Our befindet sich in Belgien. Von ihrer Quelle bis zum Grenzzort Apach fließt sie durch Frankreich. Anschließend bildet sie auf 36 km Länge die gemeinschaftliche Grenze (Kondominium) zwischen Luxemburg und Deutschland, bevor sie ab der Einmündung der Sauer bis Koblenz über 206 km auf deutschem Staatsgebiet fließt [1].

Die Mosel entspringt in den westlichen Vogesen und fließt zunächst in nordwestlicher Richtung über Epinal und Toul. Bedeutende Zuflüsse sind in diesem Bereich oberhalb Epinal die Moselotte (352 km²) und die Vologne (369 km²) sowie oberhalb Toul die Madon (1.032 km²). Nördlich Nancy vereinigt sie sich mit der Meurthe (3.085 km²) und setzt ihren Lauf über Metz und Thionville in nördlicher Richtung bis zur französisch-luxemburgisch-deutschen Grenze fort. In diesem Abschnitt fließen unterhalb von Metz die Seille (1.288 km²) und die Orne (1.268 km²) als wichtige Nebenflüsse zu. Im unteren rd. 60 km langen Abschnitt von Metz bis Apach verläuft sie stark mäandrierend in einer im Mittel 5 km breiten Talaue. Ihr Einzugsgebiet beträgt beim Verlassen des französischen Staatsgebietes bei Apach rd. 11.100 km². Der französische Teil von Mosel und Saar mit 16.454 km² beträgt ca. 58% des Gesamtgebietes [1]. Der rheinland-pfälzische Anteil des Moseleinzugsgebietes beträgt rund 6.616 km², also ca. 23,5% der Gesamtfläche [2]. Etwa 9% des Einzugsgebiet der Mosel liegen in Luxemburg und rund 8% im Saarland.

Die linksseitig bei Fluß-km 205,9 zufließende Sauer mit den bedeutenden Nebenflüssen Wiltz, Alzette, Our und Prüm hat ein Einzugsgebiet von rd. 4.280 km². Sie entspringt bei Vauy-les-Rosières in Belgien, fließt in östlicher Richtung nach Luxemburg und entwässert das luxemburgische Ardennenmassiv und einen großen Teil des südluxemburgischen Gutlandes sowie die westliche Eifel [1].

Oberhalb Trier mündet rechtsseitig bei Fluss-km 200,8 die Saar. Sie entspringt, als Zusammenfluss von Roter und Weißer Saar bei Sarrebourg, wie die Mosel in den Vogesen.



Abb. 1: Übersichtskarte des Moselgebietes. Nach [3] verändert.

Nach rd. 120 km mündet die Blies rechtsseitig in die "obere Saar", wodurch sich das Einzugsgebiet auf 3.673 km² verdoppelt. Bei Dillingen-Fremersdorf vergrößern die bedeutenden Nebenflüsse Prims und Nied das Einzugsgebiet auf 6.969 km². Nach einer

Lauflänge von 227 km und mit einem Einzugsgebiet von 7.416 km² mündet die Saar bei Konz in die Mosel. Damit entwässern die Sauer und die Saar als die bedeutendsten Nebenflüsse der Mosel zusammen ein Einzugsgebiet, das in seiner Größenordnung etwa dem der Mosel selbst oberhalb dieser Zuflüsse entspricht [1].

Das Moseltal unterhalb Apach bis Koblenz gliedert sich in 2 Abschnitte. Im oberen rd. 65 km langen Abschnitt bis Schweich verläuft die Mosel in langgezogenen Schleifen in den Triasformationen Keuper, Muschelkalk und Buntsandstein, z.T. in bis zu 2 km breiten Talaufweitungen. Im unteren 180 km langen weiteren Lauf windet sich der Fluss in einem engen, meist 200 bis 300 m tief eingeschnittenen Mäandertal ohne nennenswerte Aufweitungen durch das Devon des Rheinischen Schiefergebirges. Aus den Steillagen des Hunsrück fließen als bedeutende Seitengewässer die Ruwer und die Dhron zu. Auf der linken Moselseite bildet die Eifel mit nahezu dreieckiger Gestalt das Einzugsgebiet. Größere bedeutende Zuflüsse aus der Eifel sind Kyll, Salm, Lieser, Alfbach und Elzbach [1].

2.2 Geologie

In den Vogesen wird das Einzugsgebiet der Mosel von kristallinen Gesteinen (Granite, Gneise) und Buntsandstein (Trias) bestimmt. Das lothringische Schichtstufenland besteht aus den Sedimentgesteinen der Muschelkalk- und Keuperformationen der Trias und den Sand- und Kalksteinen des Jura. Diese mesozoischen Gesteine nehmen auch Teile der Südeifel (Bitburger Land) und Luxemburgs (Gutland) sowie des Saargaus ein. Im Saareinzugsgebiet stehen Buntsandstein (Nordvogesen, Pfälzer Wald, Teile des Saartals), Muschelkalk und Keuper (Westrich, Lothringische Hochfläche) sowie Gesteine des Karbons (im Saarland) und des Devons (Hunsrück, unteres Saartal) an. Teile des Saarlands werden von Rotliegend-Sedimenten und Rotliegend-Magmatiten eingenommen. Rotliegend-Sedimente finden sich auch in der Wittlicher Senke. Der überwiegende Teil des rheinland-pfälzischen Einzugsgebietes der Mosel besteht aus den devonischen Schiefern und Grauwacken des Rheinischen Schiefergebirges, die auch den nördlichen Teil des Einzugsgebietes der Sauer (Ardennen, Eifel) prägen. Lokal sind quartäre Magmatite (westliche Vulkaneifel) sowie devonische Kalksteine (Kalkeifel) und Quarzite (Hochlagen des Hunsrücks und der Eifel) vorhanden.

2.3 Morphologie

Die heutige Gewässergeometrie der staugeregelten Mosel ist gekennzeichnet durch die Profile des Gewässerbettes und der Überschwemmungsgebiete. Die Wasserspiegellbreiten bei Mittelwasser betragen zwischen 70 und 170 m. Die Fahrrinne der Schifffahrtsstraße selbst ist auf 40 m festgelegt und hat Mindesttiefen von 2,80 m. Im Oberwasser der Staustufen betragen die Wassertiefen 5 bis 9 m [4]. Bedingt durch die von den Schiffen verursachten Wellen, ist an der Mosel eine erosionssichere Befestigung der Ufer erforderlich. Aus diesem Grund sind weite Uferstrecken als Schüttsteindeckwerk ausgeführt [5].

Durch 28 Stauanlagen entlang der Strecke zwischen Koblenz und Neuves-Maison (Mosel-km 0 bis 392), mit denen ein Höhenunterschied von ca. 161 m überwunden wird, ist sichergestellt, dass nahezu ganzjährig gute Schifffahrtsbedingungen auf der Mosel gegeben sind (siehe Abb. 5) [6].

Für den Transport von Geschiebe und Schwebstoffen sind eine Reihe von Einflussfaktoren von Bedeutung. Da sind zu nennen das Liefer- und Einzugsgebiet, das Relief bzw. die Geometrie des Gerinnes sowie der Ausbaugrad und die im Gewässerbett integrierten Bauwerke. Die morphodynamischen Prozesse selbst werden wesentlich durch natürliche Strömung und die Schifffahrt beeinflusst [4]. Da die Mosel selbst und auch die größeren Nebenflüsse staugeregelt oder verbaut sind, findet ein natürlicher Geschiebetransport nicht mehr statt. Überschlägige Berechnungen haben ergeben, dass die Sohle weitestgehend stabil ist und Geschiebe erst bei Geschwindigkeiten zwischen 1,5 und 2 m/s bzw. bei kritischen Abflüssen zwischen 1.200 und 2.000 m³/s in Bewegung kommt [4]. Dagegen werden Schwebstoffe in der Mosel sehr intensiv transportiert. Sie kommen zum einen aus Punkteinleitungen großer Kläranlagen der Industrie und den Kommunen, aber auch besonders nach Starkregen in großer Menge aus der Fläche des Einzugsgebietes. Das Material besteht aus Schluff mit sandigen Beimengungen und einem mittleren Korndurchmesser von ca. 30 µm. Mittlere Schwebstoffkonzentrationen liegen zwischen 30 und 35 g je Kubikmeter. Bei Hochwasser wurden auch Konzentrationen bis zu 1.000 g je Kubikmeter beobachtet. Die aus langjährigen Schwebstoffmessungen berechneten Frachten nehmen von ca. 320.000 t/a bei Apach auf 800.000 t/a an der Mündung in den Rhein zu. [4].

2.4 Hydrologie

2.4.1 Größe, Höhe und Lage des Einzugsgebietes

Etwa 13% der Fläche des Moselgebietes werden durch die Vogesen und nahezu die Hälfte durch die Lothringer Stufenlandschaften eingenommen. Je 10% umfassen das Luxemburger Tafelland sowie den Hunsrück und 17% die zur Mosel entwässernden Teile der Ardennen und der Eifel [7].

Die mittlere Erhebung des Moselgebietes erreicht 340 m. 0,2% der Einzugsgebietsfläche liegen über 1.000 m, 1% zwischen 1.000 und 800 m, 2,3% zwischen 800 und 600 m, 20,5 % zwischen 600 und 400 m, 69,6% zwischen 400 und 200 m und 6,4% unter 200 m [5].

Auf 11 km Länge bildet die Wasserscheide die Grenze gegen das Rhônegebiet, auf 480 km gegen das Maasgebiet. Im übrigen trennt sie die Einzugsfläche der Mosel von der anderer Rheinzuflüsse [5].

2.4.2 Klimatische Situation und Niederschläge

Auf Grund der gegen Westen fast völlig freien Lage des Moselgebietes können die vorherrschenden Westwinde in dieses ungehindert eintreten und treffen in fast rechtem Winkel auf die östlichen Randgebirge. Die räumliche Verteilung der Niederschläge entspricht im allgemeinen der Bodenerhebung und der Lage der Beobachtungsorte zu den Hauptgebirgszügen. Die meisten Niederschläge fallen in den Südvogesen, im Jahresdurchschnitt 1.400 mm. In den Nordvogesen beträgt die mittlere Regenhöhe 1.100 mm, in den Ardennen, der Eifel und im Hunsrück 700 bis 800 mm. Als verhältnismäßig niederschlagsarm gilt besonders das untere Moseltal, wo die jährliche Regenhöhe 600 mm nicht mehr überschreitet. Im Gebiet der oberen Mosel und Meurthe fallen durchschnittlich 923 mm, die mittlere Mosel erhält 657 mm, die Saar 763 mm, die Sauer und die untere Mosel weniger als 700 mm, das ganze Moselgebiet 761 mm Niederschlag im Jahr [5].

2.4.3 Abflüsse und Fließgeschwindigkeiten

Entsprechend dem Charakter aller Mittelgebirgsflüsse im Rheineinzugsgebiet weisen Mosel und Saar große Spannweiten zwischen mittlerem Niedrig- und mittlerem Hochwasser (1:35, vgl. Tabelle 1) auf. Ursache hierfür sind die starken jahreszeitlichen Schwankungen im Abflussregime von Saar und Mosel. Langandauernde Niedrigwasserperioden kennzeichnen die Verhältnisse im Sommer. Schnellansteigende Hochwasser im hydrologischen Winterhalbjahr sind gleichermaßen in Saar und Mosel zu beobachten. Im Gegensatz zum Rhein, dessen Abfluss im Sommer auch von den Gletschern und aus der Schneeschmelze der Alpen gespeist wird, entsteht der Abfluss der Mittelgebirgsflüsse nahezu ausschließlich aus dem Regen.

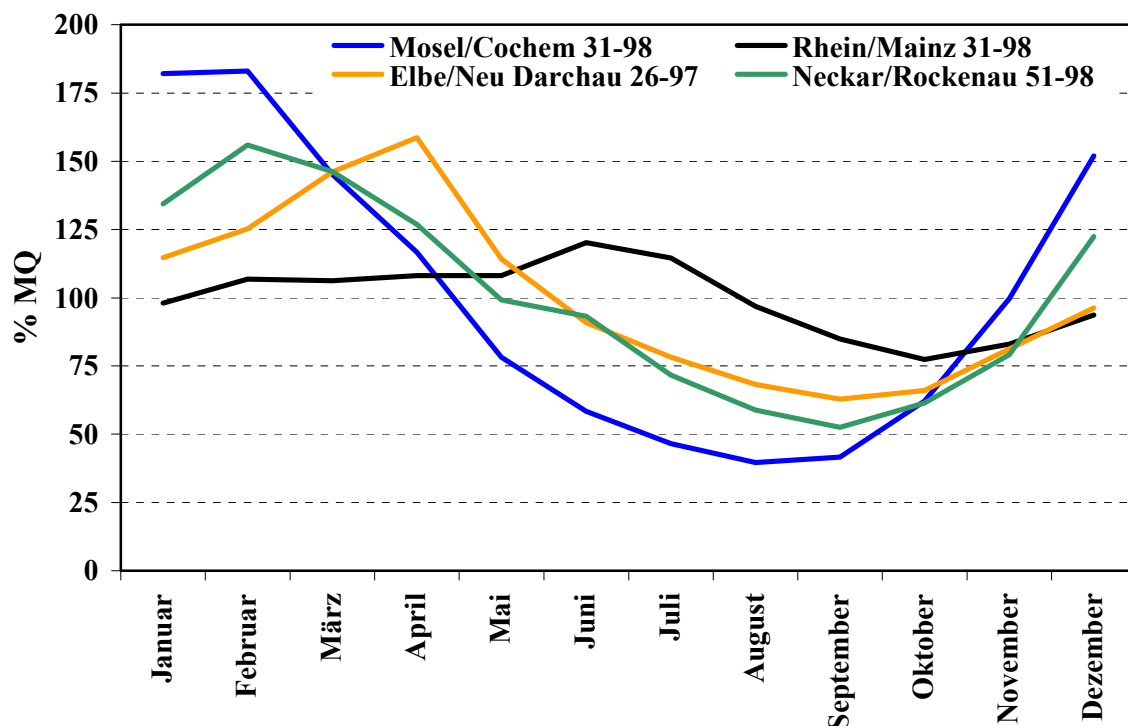


Abb. 2: Langjährige Monatsmittelwerte des Abflusses in % MQ

Bei mittlerem Wasserstand betragen die Fließgeschwindigkeiten in der Mosel etwa 0,35 bis 0,98 m/s. Ursache für diese relativ geringen Werte ist die Stauregelung. Bei ausgeprägtem Hochwasser werden z.B. in der Stauhaltung Koblenz Fließgeschwindigkeiten von 2,5 m/s erreicht. Bei kleinen Abflüssen hingegen sinken die Fließgeschwindigkeiten auf stellenweise

unter 0,1 m/s. Entsprechend groß sind die Fließ- bzw. Aufenthaltszeiten in der stauregulierten Mosel bei Niedrigwasser [5].

Tab. 1: Hauptzahlen der Abflüsse (Kalenderjahre) Mosel, Saar und Sauer [8]							
Gewässer	Pegel	Jahresreihe	NQ	MNQ	MQ	MHQ	HQ
			m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Mosel	Perl	1976/1998	4,00	22,3	162	1230	2290
	Trier	1931/1998	21,0	56,5	277	1960	3930
	Cochern	1931/1998	10,0	59,6	312	2110	4170
Saar	Fremersdorf	1953/1998	9,10	18,4	73,4	648	1280
Sauer	Bollendorf	1973/1998	2,94	6,85	40,9	431	883

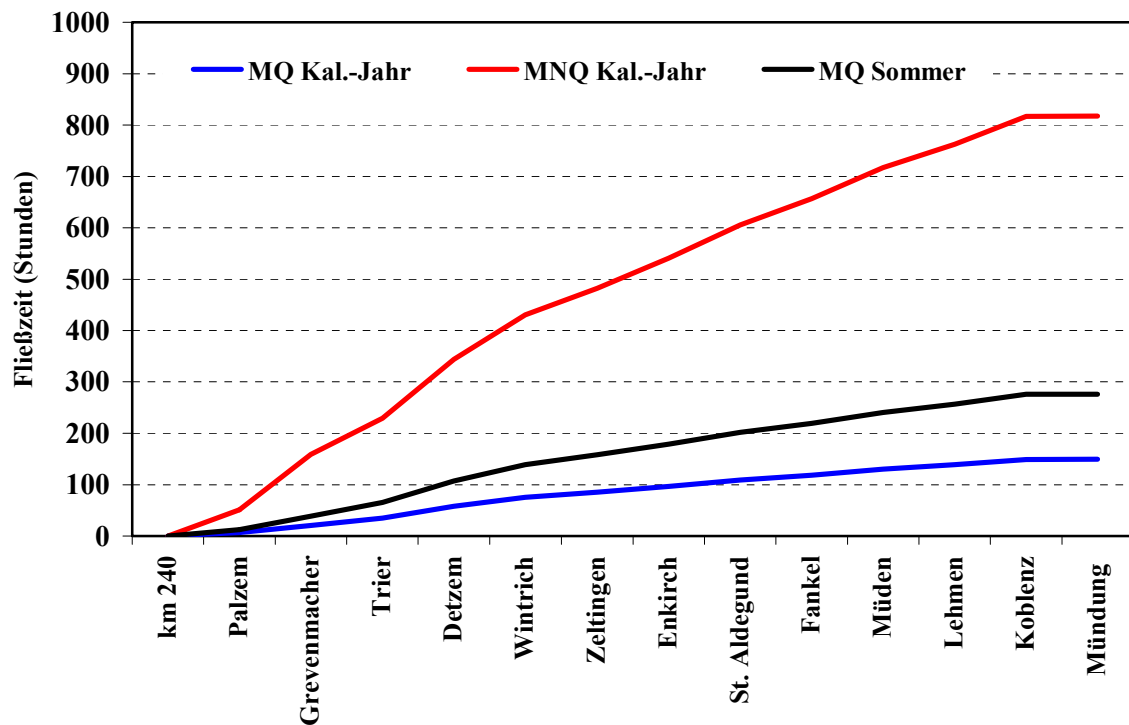


Abb. 3: Fließzeiten in der Mosel (berechnet mit [9])

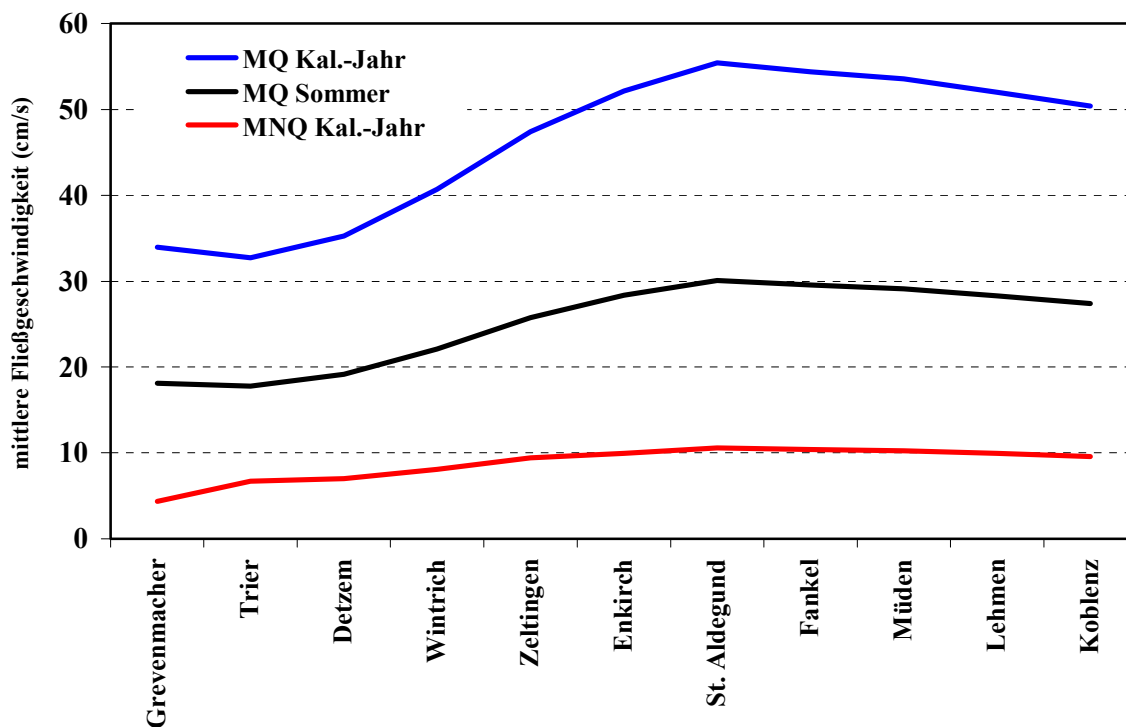


Abb. 4: Durchschnittliche Fließgeschwindigkeiten in den Stauhaltungen der Mosel (berechnet mit [9])

2.5 Nutzungen

2.5.1 Überblick

Die Mosel ist von der Mündung (Fluss-km 0,0) bis Neuves-Maisons (Fluss-km 392) internationale Großschifffahrtsstraße mit 28 Stauanlagen. Seit 1964 ist die deutsche und deutsch-luxemburgische Moselstrecke vollständig staureguliert durch 12 Staustufen mit Wehranlagen, Schleusen und Kraftwerken (Abb. 5). Das jährliche Aufkommen im Frachtschiffs- und Güterverkehr liegt derzeit bei rund 15 Mio. Gütertonnen [10, 11]. Bedeutsame Güter sind Erze und Metallabfälle, Stein-, Braunkohle und Koks, Getreide, Nahrungs- und Futtermittel sowie Eisen, Stahl und Nichteisenmetalle [11].

Die Stauanlagen dienen neben der Schifffahrt auch zur Stromerzeugung in Laufkraftwerken. Die Kraftwerkskette von Palzem bis Koblenz verfügt über eine Gesamtleistung von rund 190.000 kW. Ihre Jahresarbeit beträgt ca. 860 Mio. kWh [12].

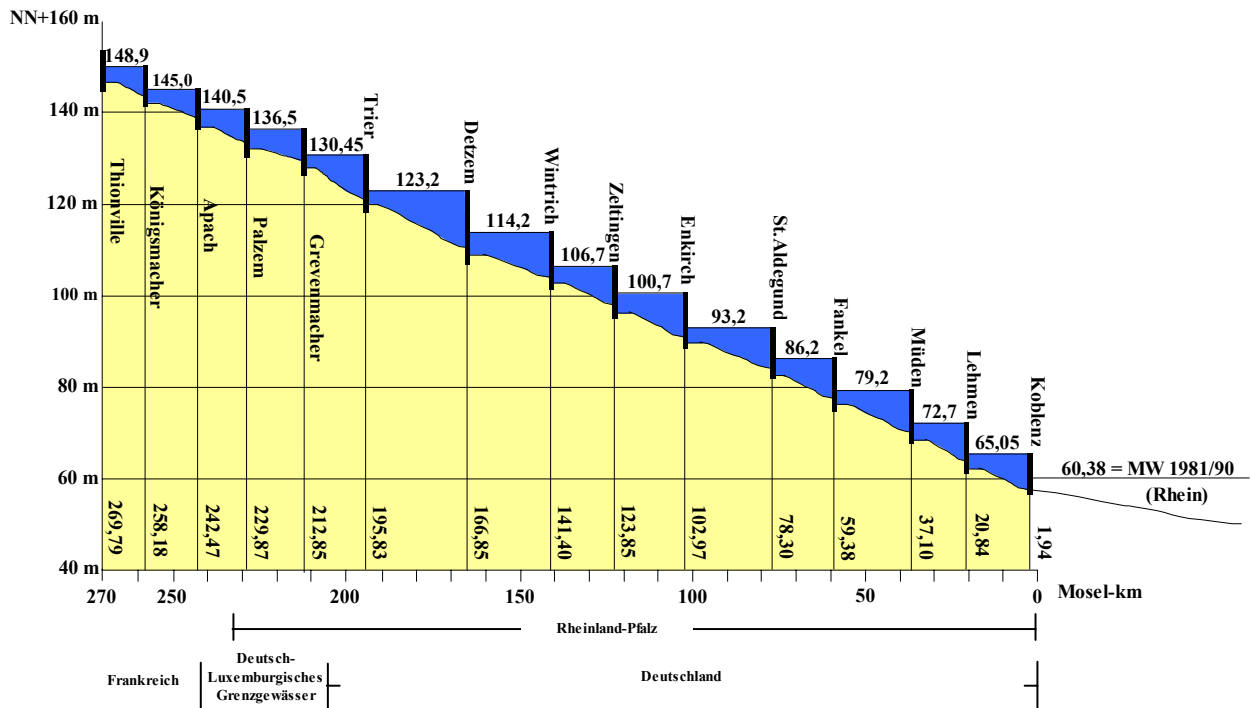


Abb. 5: Längsschnitt der Mosel. Nach [13] verändert.

Die Moselregion ist ein Schwerpunkt des Fremdenverkehrs in Rheinland-Pfalz. An den Ufern befinden sich zahlreiche Campingplätze. Wassersportler nutzen verschiedenste Möglichkeiten: Surfen, Wasserski, Segeln und Motorsportboote. Fahrgastschiffe werden stark frequentiert.

Die Fischerei an der Mosel wird als Berufs- und Freizeitfischerei ausgeübt. Die rheinland-pfälzischen Abschnitte von Mosel und Saar sind Fischgewässer gemäß EU-Fischgewässer-Richtlinie (Süßwasserqualitätsverordnung vom 09. Juli 1997 [14]).

Die Mosel dient in Rheinland-Pfalz nicht zur Trinkwassergewinnung. In den Quartärablagerungen des Moseltals kann aufgrund flächiger Nitratbelastung nur ein Teil des natürlichen Grundwasserdargebotes genutzt werden. Auch die Möglichkeit der Uferfiltratgewinnung ist im Moseltal durch erhöhte Gehalte an Chlorid, Calcium und Nitrat stark eingeschränkt [15].

2.5.2 Bevölkerung und Flächennutzung

Im Einzugsgebiet der Mosel leben rund 4,2 Mio. Menschen, die mittlere Bevölkerungsdichte beträgt rund 160 Einwohner pro Quadratkilometer. Die Bevölkerungsverteilung ist ungleichmäßig [16]:

Frankreich:	1,96 Mio. Einwohner (127 Einwohner/km ²)
Luxemburg:	385.000 Einwohner (152 Einwohner/ km ²)
Deutschland	1,89 Mio. Einwohner (215 Einwohner/ km ²)
davon: Saarland	1,08 Mio. Einwohner (421 Einwohner/ km ²)
Rheinland-Pfalz	810.000 Einwohner (129 Einwohner/ km ²)

Das Einzugsgebiet der Mosel ist im Mittel zu rund 40 % bewaldet. Dabei liegt der Waldanteil in Rheinland-Pfalz und in Luxemburg bei mehr als 40%, im französischen Teileinzugsgebiet bei 35% und im Saarland bei 33%. Die landwirtschaftliche Nutzfläche beträgt im gesamten Moselgebiet ca. 47%. In Frankreich liegt ihr Anteil bei 53%, in Luxemburg 49%, im Saarland 45% und in Rheinland-Pfalz 44% [16]. In Abb. 6 ist die Flächennutzung im rheinland-pfälzischen Teileinzugsgebiet der Mosel auf der Grundlage von ATKIS-Daten dargestellt. Der Waldanteil beträgt ca. 42%, Grünland nimmt rund 20% und Ackerland ca. 24% der Fläche ein. Sonderkulturen (überwiegend Weinbau) werden auf etwa 155 km² angebaut, d.h. auf etwa 2% der Fläche des rheinland-pfälzischen Teileinzugsgebiets der Mosel. Bei den restlichen 12% handelt es sich um Siedlungs- und Gewerbeflächen, Verkehrsflächen, Wasserflächen und militärische Liegenschaften.

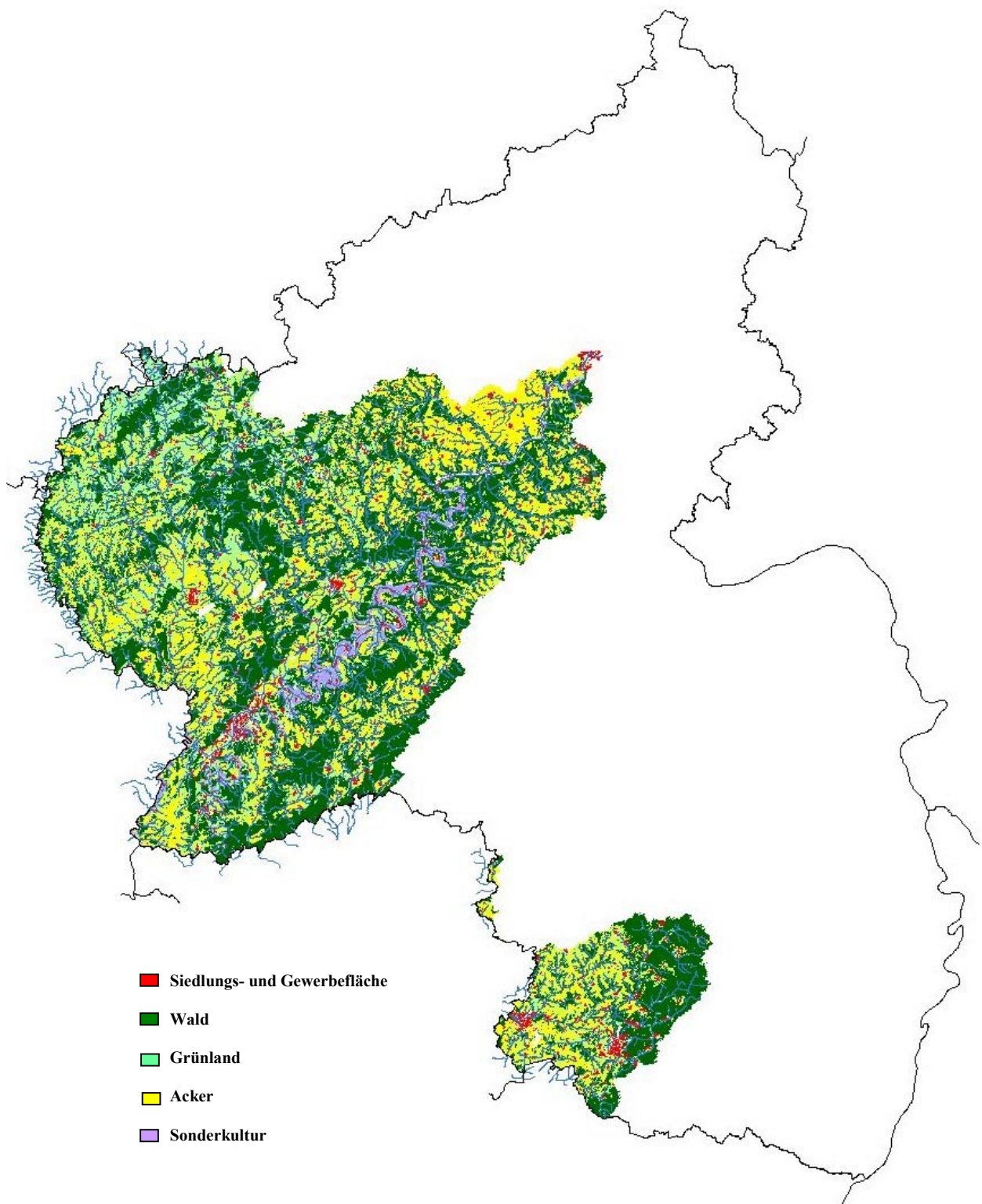


Abb. 6: Flächennutzung im rheinland-pfälzischen Einzugsgebiet der Mosel.
Maßstab ca. 1:1.220.000

2.5.3 Abwasserbehandlung

Im Einzugsgebiet der Mosel leben ca. 4,2 Mio. Menschen, deren Abwässer nach Behandlung von den Bächen und Flüssen des Moseleinzugsgebietes aufgenommen werden. Hinzu kommen die Emissionen durch industrielle und gewerbliche Direkt- oder Indirekteinleiter. In Rheinland-Pfalz beträgt die Gesamtausbaugröße der kommunalen Kläranlagen mehr als 1,7 Mio. EW. Im rheinland-pfälzischen Einzugsgebiet der Mosel wurden im Jahr 2000 insgesamt 340 kommunale Kläranlagen betrieben, davon eine mit einer Ausbaugröße über 100.000 EW, 36 mit einer Ausbaugröße zwischen 10.000 und 100.000 EW, 93 mit einer Ausbaugröße zwischen 2.000 und 10.000 EW sowie 210 mit einer Ausbaugröße kleiner 2.000 EW (Abb. 7). Die Reinigungsleistung der kommunalen Kläranlagen > 2000 EW im Einzugsgebiet von Mosel und Saar ist in Abb. 8 dargestellt.

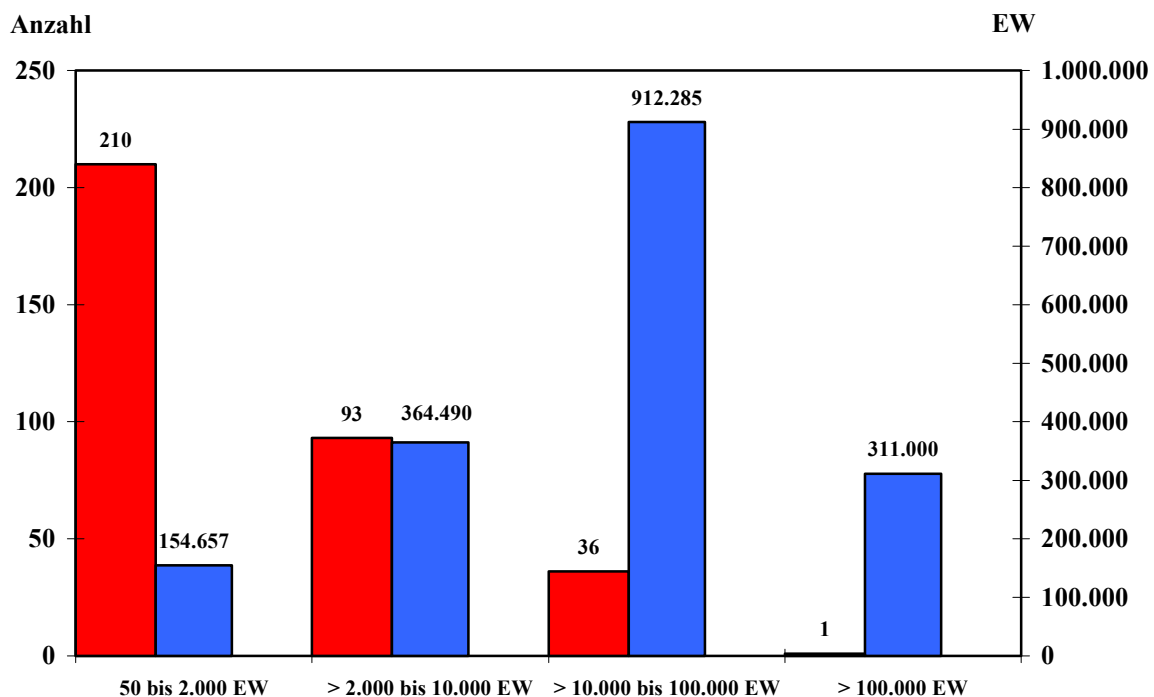


Abb. 7: Anzahl und Ausbaugröße der kommunalen Kläranlagen (> 50 EW) im rheinland-pfälzischen Einzugsgebiet der Mosel. Stand 2000

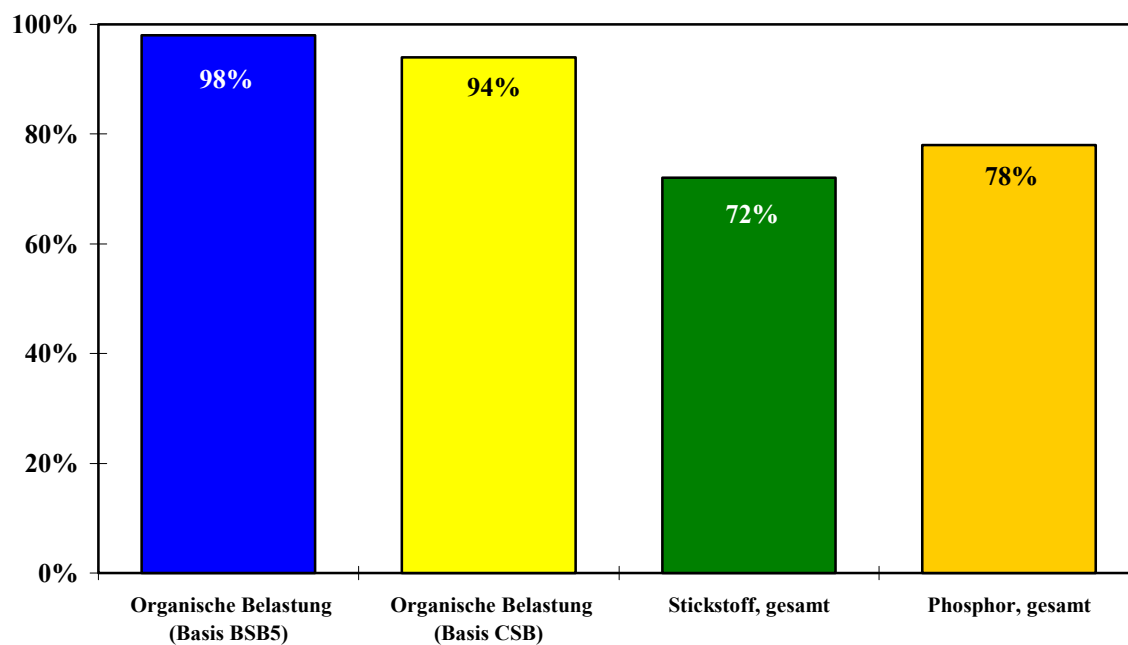


Abb. 8: Reinigungsleistung der Anlagen (> 2000 EW Ausbaugröße) im rheinland-pfälzischen Einzugsgebiet der Mosel. Stand 2000

3. Probenahmestellen und Datenherkunft

In diesem Bericht wird die Gewässergüte der rheinland-pfälzischen Mosel von 1964 bis 2000 dargestellt und bewertet. Der Einfluss der Saar auf die Mosel ist erheblich. Deshalb wird auch die Entwicklung der Gewässerqualität der unteren Saar beschrieben. Berichte über die Wasserbeschaffenheit von Mosel, Saar und Nebenflüssen im gesamten Einzugsgebiet der Mosel werden von den Internationalen Kommissionen zum Schutze der Mosel und der Saar gegen Verunreinigung (IKSMS) veröffentlicht [17,18].

Die chemisch-physikalische Gewässerüberwachung der Mosel und der Saar wird seit mehr als 35 Jahren durchgeführt. Innerhalb dieser Zeitspanne wurden verschiedentlich Probenahmestellen aufgelassen oder verlegt. Für die Darstellungen der langjährigen Trends der Wasserbeschaffenheit der rheinland-pfälzischen Mosel wurden die Messergebnisse der folgenden Probenahmestellen ausgewählt (Tab. 2, Abb. 10).

Tab. 2: Probenahmestellen					
Gewässer	Flussabschnitt	Messstelle	Fluss-km	Daten von	Daten bis
Mosel	Oberhalb Sauermündung	Oberbillig	206,0	1968	1976
		Palzem	229,9	1977	2000
	Unterhalb Saarmündung	Trier	195,0	1964	1976
		Detzem	167,8	1977	2000
	Untere Mosel	Zell	88,5	1968	1991
		Fankel (GUSMoSa)	59,5	1992	2000
	Mündung	Koblenz	2,0	1964	2000
Saar	Mündung	Konz	0,4	1964	1979
		Kanzem	6,7	1980	2000

Die Mosel oberhalb der Mündung der Sauer wird durch die Messstelle Oberbillig und seit 1977 durch die Moselwasser-Untersuchungsstation Palzem unweit der Landesgrenze charakterisiert. Die Untersuchungsstation Palzem wurde 1972 als erste Gütemessstation der

rheinland-pfälzischen Wasserwirtschaftsverwaltung errichtet und wird von der Regionalstelle für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Bodenschutz Trier der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord betrieben. Der Einfluss der Saar, deren Wasserqualität durch die Messstelle Konz bzw. durch die Saarwasser-Untersuchungsstation Kanzem überwacht wird, ist besonders an den Probenahmestellen Trier (bis 1976) und Detzem deutlich. Proben zur Erfassung der Wasserbeschaffenheit der Unteren Mosel wurden bis 1991 in Zell gewonnen. Seit 1992 ist die Gewässer-Untersuchungsstation Mosel-Saar (GUSMoSa) am Kraftwerk Fankel Probenahmestelle im Messprogramm der IKSMS. Die Gewässer-Untersuchungsstation Mosel-Saar des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz wurde 1990 als regionales Zentrum der Gewässerüberwachung von Mosel und Saar in Betrieb genommen [19]. Die Wasserqualität der Mosel 2 Kilometer oberhalb der Mündung in den Rhein wird durch die Probenahmestelle bzw. die Untersuchungsstation Koblenz/Mosel überwacht. Die Untersuchungsstation Koblenz/Mosel wird als Messtelle des Deutschen Untersuchungsprogramms Rhein (DUR) und des Messprogramms der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR) von der Bundesanstalt für Gewässerkunde betrieben.



Abb. 9: Gewässer-Untersuchungsstation Mosel-Saar (rechter Gebäudeteil) in der Zentralwarte Fankel

Für diesen Bericht wurden die Daten des Messprogramms der Internationalen Kommissionen zum Schutze der Mosel und der Saar gegen Verunreinigung (IKSMS), des Deutschen Untersuchungsprogramms Rhein (Kanzem, Palzem und Koblenz/Mosel), der Messprogramme Sauerstoffüberwachung Mosel und Saar sowie die Analysenwerte der Regionalstelle Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, Bodenschutz Trier der SGD Nord für die Stationen Kanzem und Palzem verwendet. Die Messergebnisse von 1964 bis 1978 stammen aus den Veröffentlichungen der IKSMS [20] bzw. den Zahlentafeln der Deutschen Kommission zur Reinhaltung des Rheins [21]. Ab 1979 wurden die Messwerte aus den Analysenprotokollen des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz bzw. aus der Datenbank der rheinland-pfälzischen Wasserwirtschaftsverwaltung entnommen. An der Messstelle Koblenz/Mosel war bis 1993 das LfW zuständig für das Messprogramm der IKSMS und die BfG hatte die Zuständigkeit für das Deutsche Untersuchungsprogramm Rhein und das Messprogramm der IKSr. Diese Parallelmessungen, wenn auch z.T. mit anderen Probearten und unterschiedlichem Probenahmerhythmus, wurden 1994 aufgegeben und die Analytik der Proben von der Mosel bei Koblenz zwischen LfW und BfG aufgeteilt. Die Analytik der Kenngrößen, die im Deutschen Untersuchungsprogramm Rhein bzw. dem Messprogramm der IKSr enthalten sind, wird, wie bisher, von der BfG vorgenommen. Die Ergebnisse finden auch im Messprogramm der IKSMS Verwendung. Vom Zentrallabor des LfW werden seit 1994 an der Messstelle Koblenz/Mosel im wesentlichen die Pflanzenschutzmittelwirkstoffe analysiert.

Die Abflussdaten ab 1964 wurden digital von der Bundesanstalt für Gewässerkunde zur Verfügung gestellt. Die Hauptzahlen entstammen den Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbüchern [8]. Die MQ-Werte (Kalenderjahre) von 1964 bis 1989 wurden aus den von der BfG übermittelten Daten berechnet.

An Schwebstoff adsorbierte Schadstoffe werden vom LfW seit Mai 1994 an den Probenahmestellen Palzem/Mosel und Kanzem/Saar untersucht. Die Analytik der organischen Spurenstoffe (z.B. PCB, PAK) erfolgte bis 1996 in Amtshilfe durch das Staatl. Institut für Gesundheit und Umwelt, Saarbrücken (SIGU), ab 1997 durch das LfW. Die BfG entnimmt und analysiert im Rahmen des DUR seit 1992 Schwebstoffproben aus der Mosel bei Koblenz.

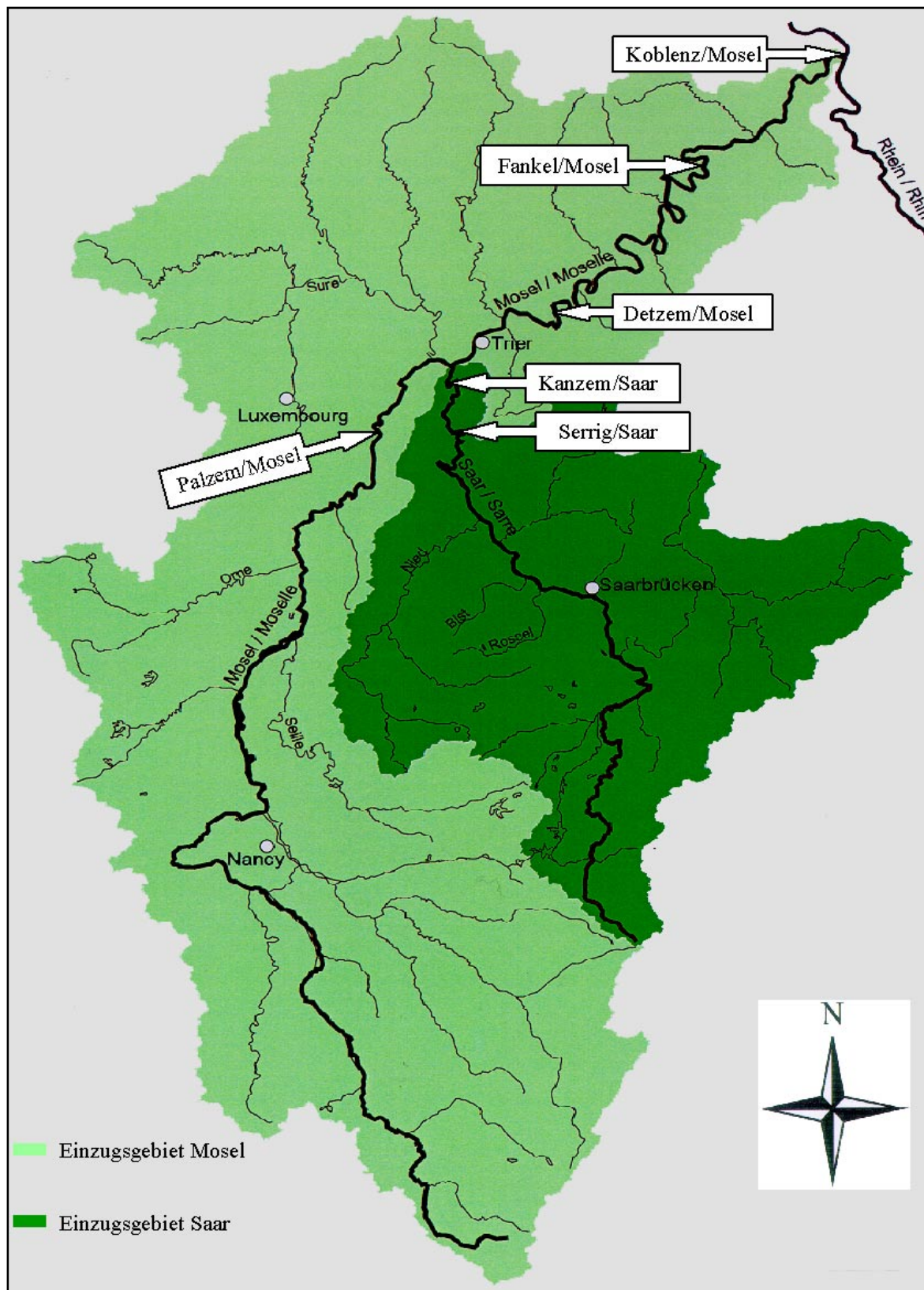


Abb. 10: Einzugsgebiet von Mosel und Saar und Lage der aktuellen Probenahmestellen des Messprogramms der IKSMS in Rheinland-Pfalz (Stand 2001). Aus [22] verändert.

Ziel dieses Berichtes ist die Beschreibung und Bewertung der Wasserbeschaffenheit und Gewässergüte der Mosel. Dabei stehen neben der Darstellung der aktuellen Situation insbesondere die langjährigen Trends im Vordergrund. Um die Daten eines langen Zeitraums nutzen zu können und um einen in Probeart und Probenahmerhythmus aller Messstellen möglichst homogenen Datenpool zu verwenden, werden überwiegend die Analysenergebnisse des Messprogramms der IKSMS ausgewertet. Damit stehen als Datenbasis in der Regel 12 bis 13 Einzelproben pro Jahr und ab 1994 bei den Allgemeinen Kenngrößen sowie den Nährstoffen 26 Einzelproben zur Verfügung. Neben den in Rheinland-Pfalz gelegenen Messstellen an der Mosel wird wegen der herausragenden Bedeutung der Saar für die Wasserbeschaffenheit der Mosel auch die Entwicklung an der Saarmündung (Konz bzw. Kanzem) dargestellt.

4. Bewertungsgrundsätze

Im vorliegenden Bericht wird das Bewertungssystem der LAWA verwendet, da dies zur Zeit einen Vergleich mit den anderen Flüssen in der Bundesrepublik Deutschland ermöglicht. In Tab. 3 sind die Zielvorgaben der LAWA und Zielvorgaben der IKSMS bzw. der IKSRL der Kenngrößen, die in diesem Bericht bewertet werden, dargestellt. Die Beurteilung der Stoffe, für die von der LAWA keine Zielvorgaben festgelegt wurden, erfolgt anhand weiterer Zielvorgaben (z.B. IKSMS, IKSRL) oder Qualitätszielen wie z.B. den Normen der EU-Richtlinie 76/464/EWG [23] (vgl. Tab. 4). Im Hinblick auf Zielvorgaben für weitere Kenngrößen sei auf die entsprechenden Publikationen verwiesen [24, 25, 26, 27].

Tab. 3: chemische Güteklassifikation der LAWA											
Stoffname	Schutzgut	Einheit	Überwachungswert	I	I - II	II (ZV)	II - III	III	III - IV	IV	IKSMS bzw. IKSRL
Farbe											90-Perzentil
Gesamtstickstoff		mg/l	90-Perzentil	≤ 1	≤ 1,5	≤ 3	≤ 6	≤ 12	≤ 24	> 24	
Nitrat-N		mg/l	90-Perzentil	≤ 1	≤ 1,5	≤ 2,5	≤ 5	≤ 10	≤ 20	> 20	2,3#
Nitrit-N		mg/l	90-Perzentil	≤ 0,01	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	> 0,8	
Ammonium-N		mg/l	90-Perzentil	≤ 0,04	≤ 0,1	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	> 2,4	0,2
Gesamtphosphor		mg/l	90-Perzentil	≤ 0,05	≤ 0,08	≤ 0,15	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	> 1,2	0,15#
Ortho-Phosphat-P		mg/l	90-Perzentil	≤ 0,02	≤ 0,04	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	> 0,8	
Sauerstoffgehalt		mg/l	Minimum/10-Perzentil	> 8	> 8	> 6	> 5	> 4	> 2	≤ 2	
Chlorid		mg/l	90-Perzentil	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800	200 (bei Kobl.)
Sulfat		mg/l	90-Perzentil	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800	
TOC		mg/l	90-Perzentil	≤ 2	≤ 3	≤ 5	≤ 10	≤ 20	≤ 40	> 40	
AOX		µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 10	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	> 200	50
Schwermetalle											
Blei (PGS* WRRL)	A/S	mg/kg	50-Perzentil	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800	100
Cadmium (PGS WRRL)	A	mg/kg	50-Perzentil	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 4,8	≤ 9,6	> 9,6	1,0
Chrom	S	mg/kg	50-Perzentil	≤ 80	≤ 90	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800	100
Kupfer	S	mg/kg	50-Perzentil	≤ 20	≤ 40	≤ 60	≤ 120	≤ 240	≤ 480	> 480	50
Nickel (PS WRRL)	S	mg/kg	50-Perzentil	≤ 30	≤ 40	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400	50
Quecksilber (PGS WRRL)	A	mg/kg	50-Perzentil	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	≤ 1,6	≤ 3,2	≤ 6,4	> 6,4	0,5
Zink	S	mg/kg	50-Perzentil	≤ 100	≤ 150	≤ 200	≤ 400	≤ 800	≤ 1600	> 1600	200
(PS WRRL): prioritärer Stoff der EU-WRRL (PGS WRRL): prioritärer gefährlicher Stoff der EU-WRRL Schutzgüter: A: Aquatische Lebensgemeinschaften S: Schwebstoffe/Sedimente F: Fischerei T: Trinkwasserversorgung											
						(PGS* WRRL): zu prüfender prioritärer gefährlicher Stoff					
						# Mittelwert		ZV: Zielvorgabe			

Fortsetzung Tab. 3: chemische Güteklassifikation der LAWA											
Stoffname	Schutz- gut	Einheit	Überwachungs- wert	I	I - II	II (ZV)	II - III	III	III - IV	IV	IKSMS bzw. IKSR
Farbe											90-Perzentil
Industriechemikalien											
1,1,1-Trichlorethan	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	1,0
1,2,3-Trichlorbenzol	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	0,1
1,2,4-Trichlorbenzol (PS WRRL)	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	0,1
1,2-Dichlorethan (PS WRRL)	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	1,0
1,3,5-Trichlorbenzol	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	>0,8	0,1
1,4-Dichlorbenzol	F	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,01	≤ 0,02	≤ 0,04	≤ 0,08	≤ 0,16	>0,16	
2-Chloranilin	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	0,1
3,4-Dichloranilin	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	>0,8	0,1
3-Chloranilin	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	>0,8	0,1
Hexachlorbenzol (PGS WRRL)	F	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,0005	≤ 0,001	≤ 0,002	≤ 0,004	≤ 0,008	>0,008	0,001
Nitrobenzol	A	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	>0,8	
Tetrachlorethen	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	< 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	1,0
Tetrachlormethan	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 1,5	≤ 3	≤ 6	≤ 12	≤ 24	>24	1,0
Trichlorethen	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	1,0
Dichlormethan (PS WRRL)	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	
Hexachlorbutadien	A	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,25	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	>4	0,5
1-Chlor-2-nitrobenzol	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	1,0
1-Chlor-4-nitrobenzol	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	1,0
1,2-Dichlor-4-nitrobenzol	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	
1,2-Dichlor-3-nitrobenzol	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	
1,4-Dichlor-2-nitrobenzol	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	
4-Chlor-2-nitrotoluol	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	
2-Chlor-4-nitrotoluol	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	>8	
4-Chloranilin	A	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,025	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 0,4	>0,4	0,05
4-Nitrotoluol	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 5	≤ 10	≤ 20	≤ 40	≤ 80	>80	
3-Nitrotoluol	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 5	≤ 10	≤ 20	≤ 40	≤ 80	>80	
2-Nitrotoluol	T	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 5	≤ 10	≤ 20	≤ 40	≤ 80	>80	
Trichlormethan (PS WRRL)	A	µg/l	90-Perzentil	"0"	≤ 0,4	≤ 0,8	≤ 1,6	≤ 3,2	≤ 6,4	>6,4	0,6
Pflanzenschutzmittel nach [27]											
Atrazin (PGS* WRRL)	T	µg/l	90-Perzentil			≤ 0,1					0,1
Bentazon	T	µg/l	90-Perzentil			≤ 0,1					0,1
Dichlorprop	T	µg/l	90-Perzentil			≤ 0,1					
Diuron (PGS* WRRL)	A	µg/l	90-Perzentil			≤ 0,05					0,006
Gamma-HCH (Lindan) (PGS WRRL)	T	µg/l	90-Perzentil			≤ 0,1					0,002
Isoproturon (PGS* WRRL)	T	µg/l	90-Perzentil			≤ 0,1					0,1
Metolachlor	T	µg/l	90-Perzentil			≤ 0,1					
Simazin (PGS* WRRL)	A/T	µg/l	90-Perzentil			≤ 0,1					0,06
Trifluralin (PGS* WRRL)	A	µg/l	90-Perzentil			≤ 0,03					0,002
(PS WRRL): prioritärer Stoff der EU-WRRL				(PGS* WRRL): zu prüfender prioritärer gefährlicher Stoff							
(PGS WRRL): prioritärer gefährlicher Stoff der EU-WRRL				ZV: Zielvorgabe							

Tab. 4: Zielvorgaben der IKSMS bzw. IKSRL und Qualitätsziele der Landesverordnung zur Umsetzung der Richtlinie 76/464/EWG [nach 23] für weitere organische Spurenstoffe						
	IKSMS 90- Perzentil		IKSRL 90- Perzentil		Normen nach EU-RL 76/464 Mittelwert	
	Konzentration in der Wasserphase*	Konzentration im Schwebstoff	Konzentration in der Wasserphase*	Konzentration im Schwebstoff	Konzentration in der Wasserphase*	Konzentration im Schwebstoff
Stoffname						
Polychlorierte Biphenyle						
PCB 28	0,1 ng/l		0,1 ng/l			20 µg/kg
PCB 52	0,1 ng/l		0,1 ng/l			20 µg/kg
PCB 101	0,1 ng/l		0,1 ng/l			20 µg/kg
PCB 118	0,1 ng/l		0,1 ng/l			20 µg/kg
PCB 138	0,1 ng/l		0,1 ng/l			20 µg/kg
PCB 153	0,1 ng/l		0,1 ng/l			20 µg/kg
PCB 180	0,1 ng/l		0,1 ng/l			20 µg/kg
Polzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PGS WRRL)						
Fluoranthen (PS WRRL)		1,2 mg/kg**			0,025 µg/l	
Benzo(b)fluoranthen		0,8 mg/kg**			0,025 µg/l	
Benzo(k)fluoranthen (PGS WRRL)		0,8 mg/kg**			0,025 µg/l	
Benzo(a)pyren		0,1 mg/kg**	0,01 µg/l		0,01 µg/l	
Benzo(ghi)perylene (PGS WRRL)		0,2 mg/kg**			0,025 µg/l	
Indeno(1,2,3-cd)pyren (PGS WRRL)		0,2 mg/kg**			0,025 µg/l	
Summe Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(ghi)perylene, Indeno(1,2,3-cd)pyren			0,1 µg/l			
DDT und Abbauprodukte						
DDT, DDE und DDD			je 0,001 µg/l			
* evt. umgerechnet aus Schwebstoffdaten (PS WRRL) : Prioritärer Stoff der EU-WRRL ** vorläufige Zielvorgaben (PGS WRRL) : Prioritärer gefährlicher Stoff der EU-WRRL						

Die Ende 2000 in Kraft getretene Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union [28] legt sogenannte prioritäre Stoffe (PS WRRL) und prioritäre gefährliche Stoffe (PGS WRRL) fest. Diese Stoffe werden in Zukunft europaweit mit einheitlichen Qualitätsnormen belegt. Für einige prioritäre Stoffe liegen Messergebnisse für Mosel und Saar vor. Diese Kenngrößen sind in den Tab. 3 und 4 als prioritäre Stoffe der EU-WRRL gekennzeichnet.

5. Chemisch-physikalische Gewässerüberwachung

5.1 Abflussverhältnisse

Die Jahresmittelwerte des Abflusses ($MQ_{\text{Kalenderjahr}}$) der Mosel am Pegel Cochem schwanken im Zeitraum 1964 bis 2000 von $140 \text{ m}^3/\text{s}$ (1976) bis $475 \text{ m}^3/\text{s}$ (1981) (Abb. 11). Die Ganglinie des Abflusses am Pegel Cochem zeigt Abb. 12.

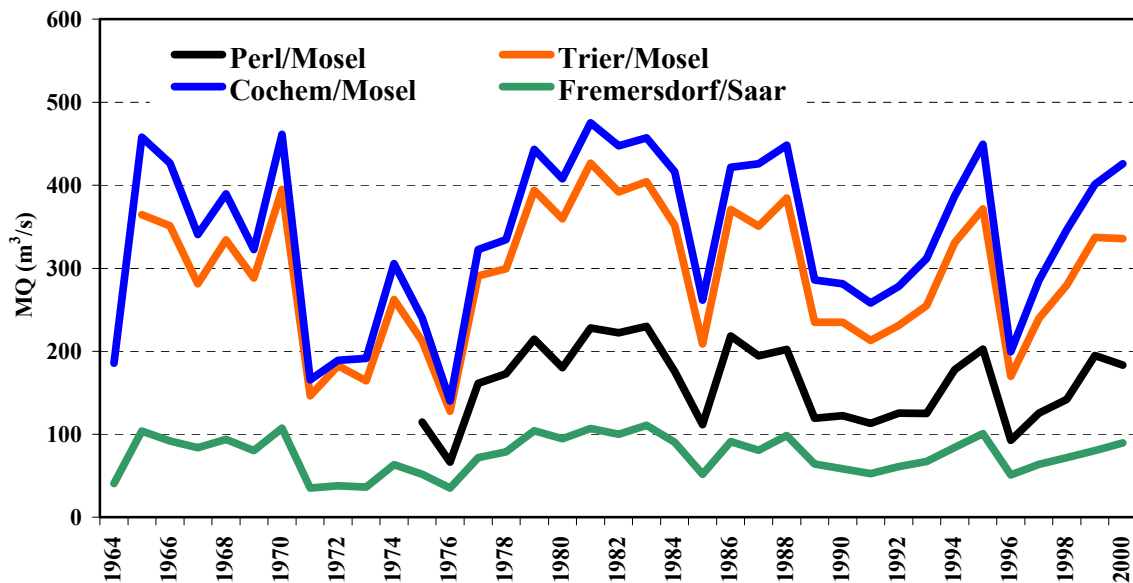


Abb. 11: $MQ_{\text{(Kalenderjahr)}}$ 1964 bis 2000 ausgewählter Pegel an Mosel und Saar

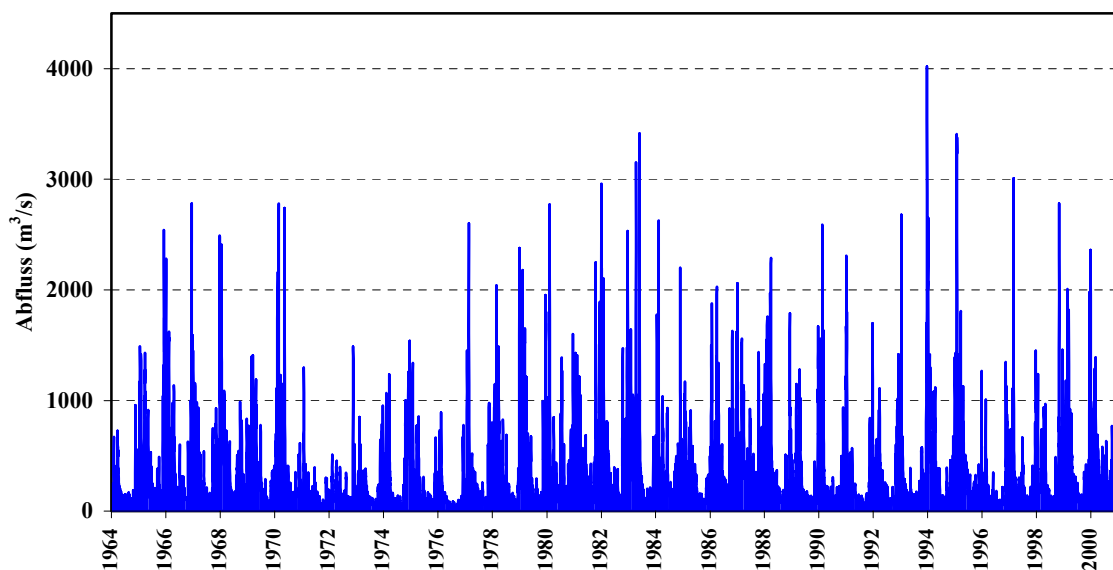


Abb. 12: Ganglinie des Abflusses der Mosel (Tagesmittelwerte) am Pegel Cochem

Ausgeprägte Niedrigwasserperioden waren die Jahre 1971 bis 1976 und 1989 bis 1993. Überdurchschnittliche Abflüsse traten 1965 bis 1970, 1979 bis 1984, 1986/1987, 1994/1995 sowie 1999/2000 auf. Es ist evident, dass derart große Variationen im Abflussgeschehen sich auf die Konzentrationen und Frachten der Wasserinhaltsstoffe und den Stoffhaushalt der Gewässer auswirken (vgl. Tab. 1).

5.2 Wassertemperatur und pH-Wert

Die Wassertemperaturen von Mosel und Saar liegen im Jahresmittel in der letzten Dekade zwischen 12,6 und 14,4 °C. Die Temperaturwerte schwanken zwischen wenig über Null Grad (Eisbedeckung im Winter 1996/1997, Abb. 14) und mehr als 27 °C. Das Maximum (Stundenmittelwert) der Wassertemperatur in der letzten Dekade wurde mit 27,9 °C am 4.7.1994 in der Mosel bei Palzem gemessen.

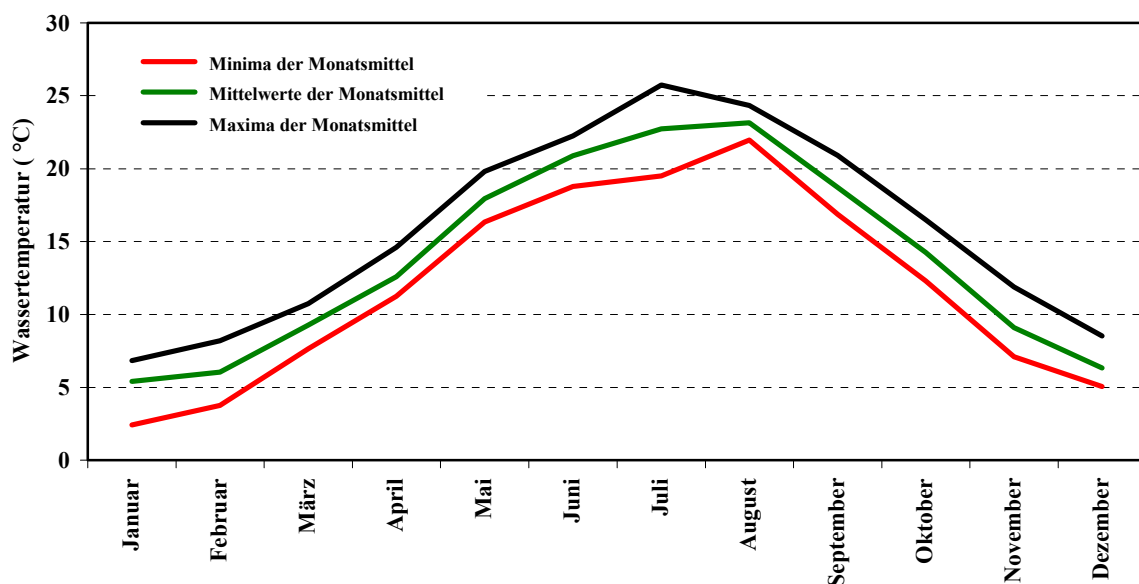


Abb. 13: Langjährige Monatswerte (1990 bis 2000) der Wassertemperatur in der Mosel bei Palzem

Im Jahresdurchschnitt betragen die pH-Werte in der Mosel ca. 7,7 bis 8,0, in der Saar liegen die Jahresmittelwerte etwas niedriger (7,4 bis 7,7). Die Tagesmittelwerte in der Mosel variieren zwischen 7,1 und 9,3. Alkalische pH-Werte werden in Mosel und Saar durch die Fotosynthese insbesondere des Phytoplanktons verursacht, wie Abb. 15. zeigt.



Abb. 14: Mosel bei Beilstein, im Winter 1997 mit Eisgang

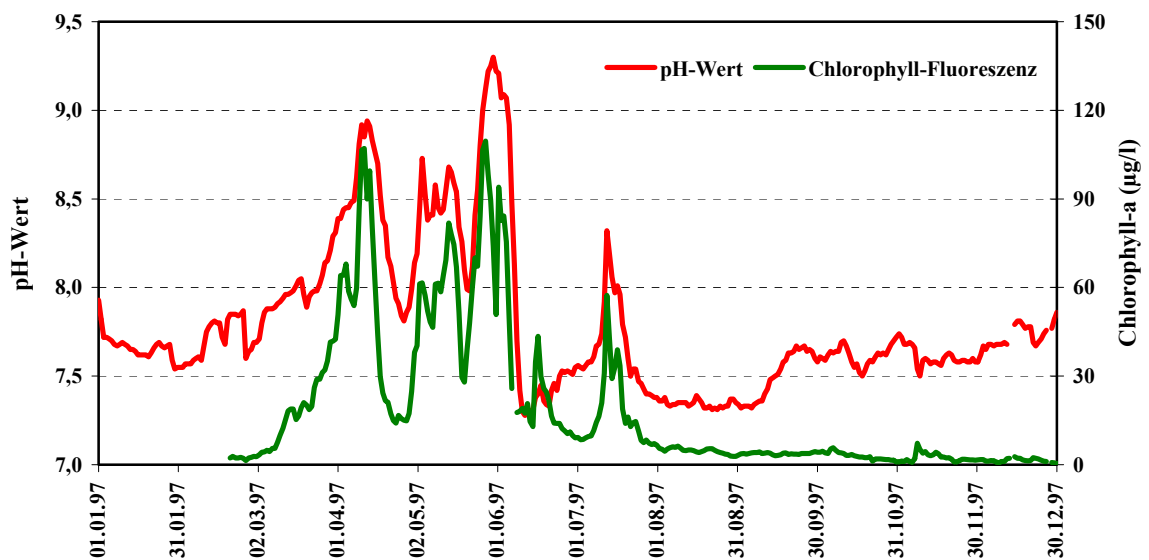


Abb. 15: Tagesmittelwerte des pH-Wertes und der Chlorophyll-Fluoreszenz (umgerechnet auf µg Chlorophyll a pro Liter) der Mosel bei Palzem 1997

5.3 Sauerstoffhaushalt und sauerstoffzehrende Verbindungen

5.3.1 Sauerstoffgehalt

Ausreichende Sauerstoffkonzentrationen sind Grundvoraussetzung für die aquatischen Lebensgemeinschaften, insbesondere für die Fischfauna und das Makrozoobenthos. Die biologische Gewässergüte nach dem Saprobienindex (siehe Kap. 6) hängt unmittelbar mit dem Sauerstoffhaushalt der Gewässer zusammen. Abb. 17 zeigt auf der Basis der Jahresminima von monatlichen bzw. vierwöchigen oder 14-tägigen Einzelproben die chemischen Gewässergüteklassen des Sauerstoffgehaltes von Mosel und Saar. Auf Grund der raschen zeitlichen Veränderung und der Tag/Nachtschwankungen des Sauerstoffgehaltes (Abb. 18 und Abb. 19) liefert dieser Datenpool, der wegen seiner Homogenität über mehr als 35 Jahre verwendet wurde, kein genaues Bild zu akuten Sauerstoffmangelsituationen. Die Abb. 17 gibt vielmehr Auskunft über länger andauernde Zeiträume mit geringen Sauerstoffkonzentrationen.



Abb. 16: Das GS „Oxygenia“ wird bei Sauerstoffmangel in der Saar eingesetzt

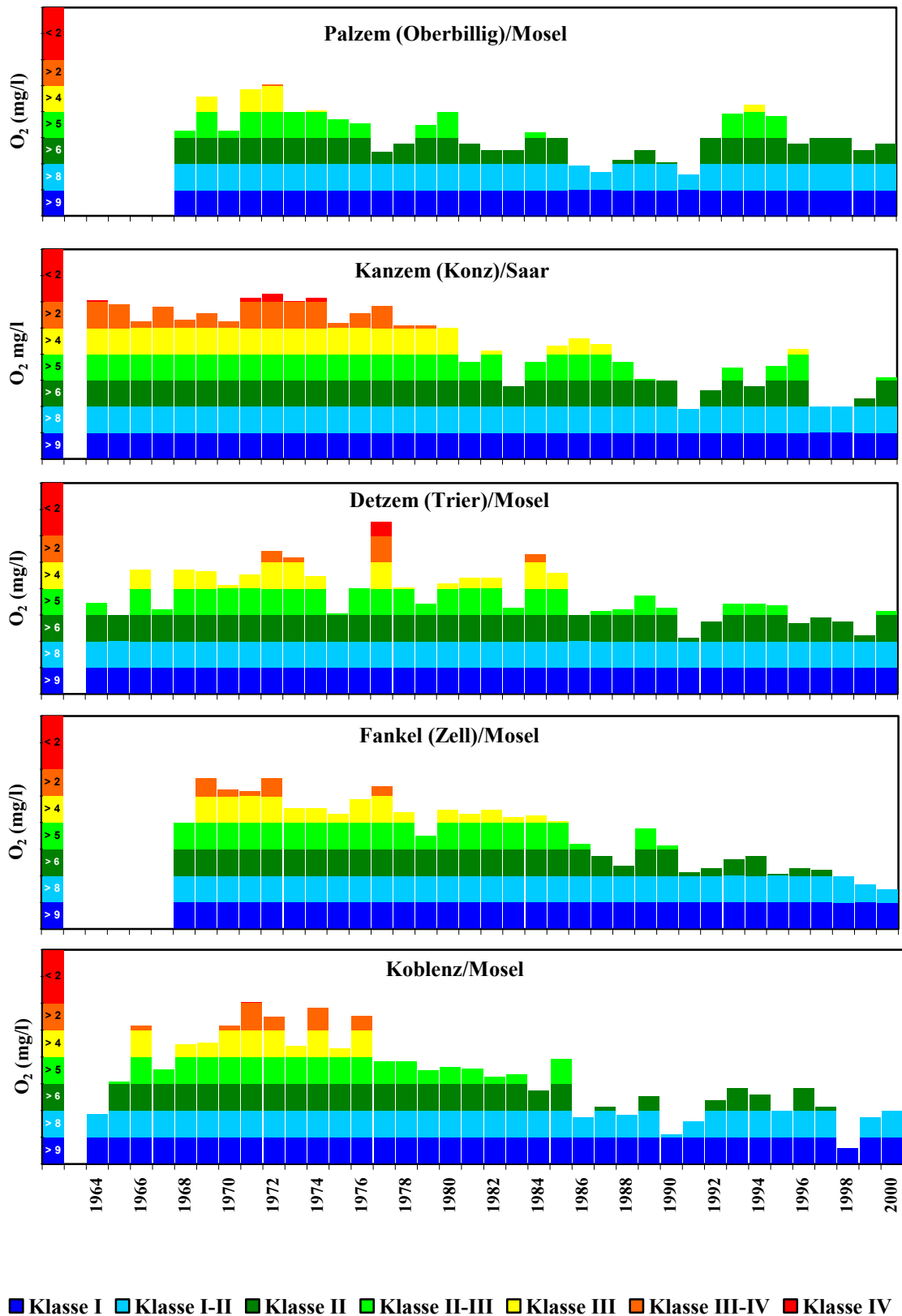


Abb. 17: Chemische Güteklassifikation des Sauerstoffgehaltes (Datenbasis: Einzelproben, Jahresminima)

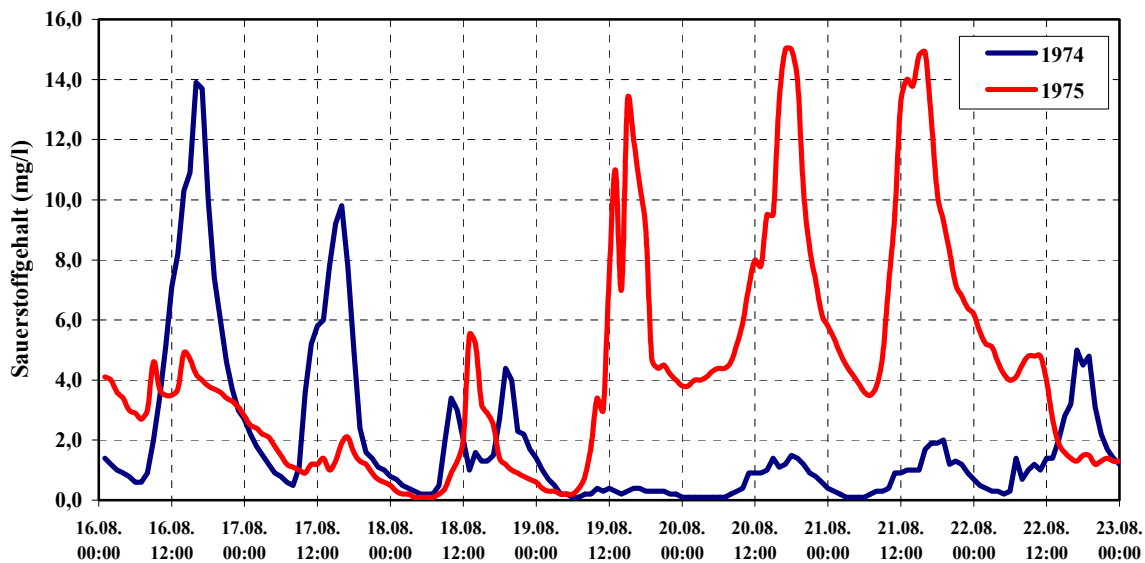


Abb. 18: Ganglinien des Sauerstoffgehaltes der Mosel Oberwasser Enkirch, August 1974 und 1975. Nach [29] verändert.

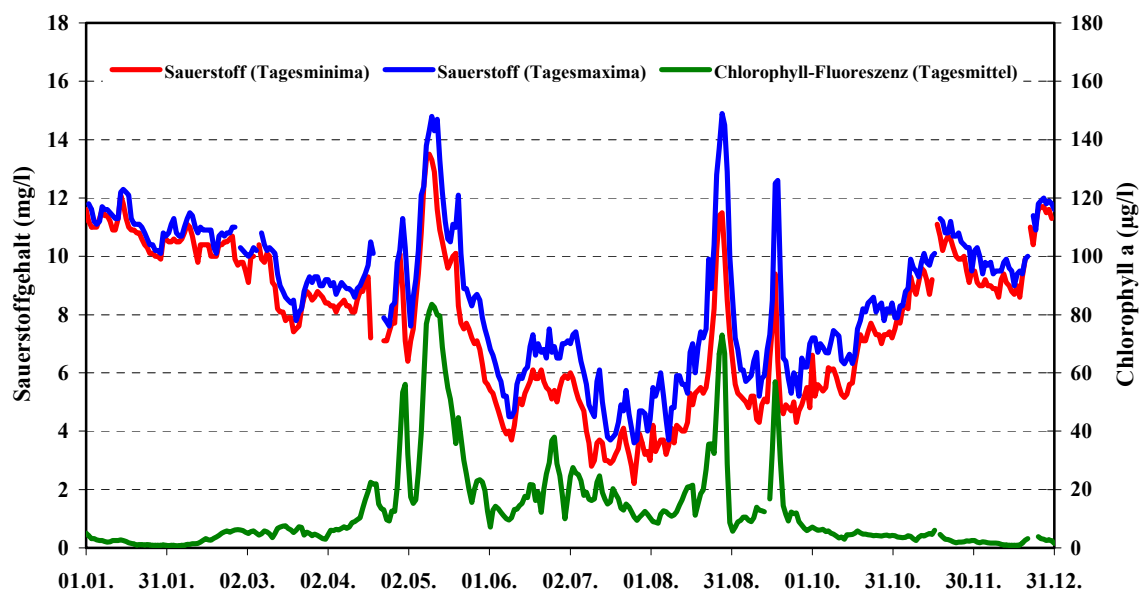


Abb. 19: Ganglinien des Sauerstoffgehaltes und der Phytoplanktonentwicklung in der Mosel bei Palzem 1991

In stauregulierten Gewässern (mit geringem Niedrigwasserabfluss) wird der Sauerstoffhaushalt in besonderem Maße von den biochemischen Stoffumsätzen bestimmt. Auf Grund der fehlenden Turbulenz überwiegt die biogene Sauerstoffproduktion zeitweise den physikalischen Sauerstoffeintrag deutlich (Abb. 19).

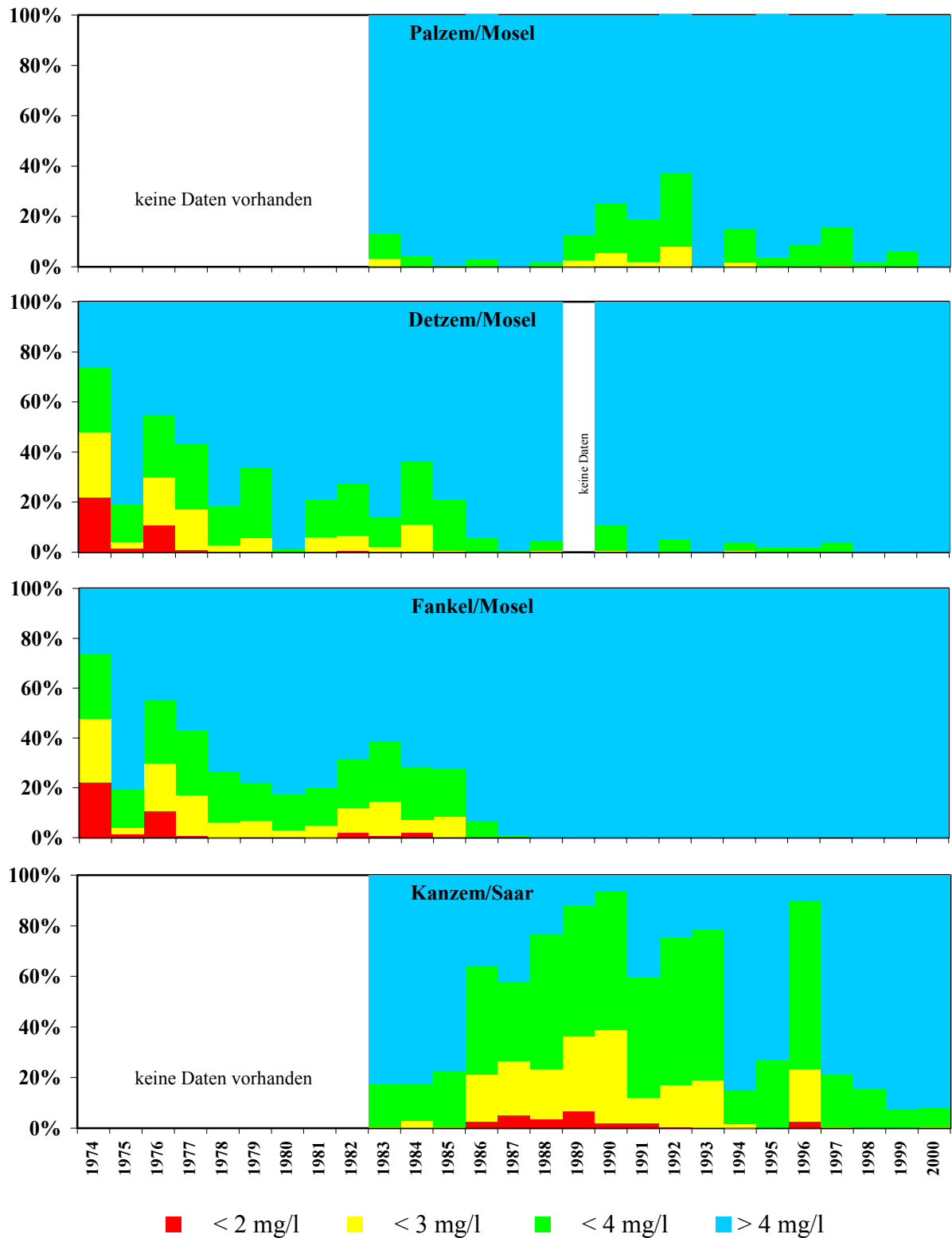


Abb. 20: Sauerstoffüberwachung Mosel/Saar. Anzahl der Messtage (in Prozent der Sommertage) mit Sauerstoffminima < 2, < 3 und < 4 mg O₂/l. Sommerhalbjahre 1974 bis 2000

In den siebziger Jahren traten in der Mosel umfangreiche, durch Sauerstoffmangel ausgelöste Fischsterben auf, denen mittels Sauerstoffanreicherung durch Wehrüberfall an den Staustufen begegnet wurde. Zur Steuerung der Maßnahmen zur Stützung des Sauerstoffgehaltes der Mosel, zur Optimierung der Wehrüberfälle, die eine Einschränkung der Energiegewinnung in den Laufkraftwerken bedeuten, und zur Überwachung und Dokumentation der Konzentrationen wurde 1974 mit kontinuierlichen Messungen des Sauerstoffgehaltes der Mosel u. a. in Detzem und Fankel durch das LfW, damals Landesamt für Gewässerkunde, begonnen. Im Jahr 1978 wurde mit der Implementation der Datenfernübertragung der Beschaffenheitsdaten von der Mosel zum LfW nach Mainz die Steuerung der Sauerstoffstützungsmaßnahmen weiter ausgebaut und verbessert [30]. Wie die Auswertung der kontinuierlichen Messungen zeigt (Abb. 20) hat sich der Sauerstoffgehalt der Mosel zum Beispiel in Fankel seit Mitte der achtziger Jahre erheblich verbessert. Zwar treten insbesondere in der Obermosel im Sommer zeitweise geringe Sauerstoffkonzentrationen (vgl. Abb. 21) auf. Eine akute Gefährdung der Fischfauna ist aber auch in der Obermosel nicht gegeben. Die Erfahrungen von der Mosel führten dazu, dass beim Ausbau der Saar zur Großschifffahrtsstraße ein Messnetz zur Überwachung des Sauerstoffgehaltes installiert und Vereinbarungen zur Stützung des Sauerstoffgehaltes der Saar (vgl. Abb. 16) getroffen wurden [31]. Zwar verringerte sich seit 1990 die Häufigkeit der Sauerstoffmangelsituationen in der Saar erheblich [32]. Die Kosten für die Stützungsmaßnahmen an der gesamten Saar (saarländische und rheinland-pfälzische Strecke) betrugen aber 1996 noch mehr als 1,3 Mio. DM und 2000 noch ca. 700.000 DM. Bei weiterer konsequenter Durchführung der Sauerstoffüberwachung an der Saar und der Stützungsmaßnahmen ist die Gefahr von Fischsterben durch Sauerstoffmangel in der Saar, auch infolge der verbesserten Saarwasserbeschaffenheit, gering. Trotz dieser positiven Entwicklung und der Stützungsmaßnahmen traten im Sommer 1998 im Unterwasser aller 5 Staustufen der Saar an insgesamt 275 Tagen Sauerstoffminima kleiner 4 mg O₂/l (Sommer 1996: an 452 Tagen) auf [32]. Dies zeigt die Labilität des Sauerstoffhaushaltes der Saar. Wehrüberfälle zur Sauerstoffanreicherung der Saar werden daher, wenn auch in geringerem Maße, mittelfristig weiter erforderlich sein.

Insgesamt haben sich die Sauerstoffkonzentrationen in Mosel und Saar seit Mitte der achtziger Jahre deutlich verbessert. Ein differenziertes Bild der Sauerstoffverhältnisse im

Längsverlauf der Mosel ergibt die Auswertung der kontinuierlichen Sauerstoffmessungen. In Abb. 21 und 22 sind die niedrigsten Tagesmittelwerte des Sauerstoffgehaltes von 1990 bis 2000 dargestellt und mit den LAWA-Güteklassen hinterlegt. In der Obermosel und in der Saar liegen die geringsten Tagesmittelwerte überwiegend im Bereich der chemischen Güte-

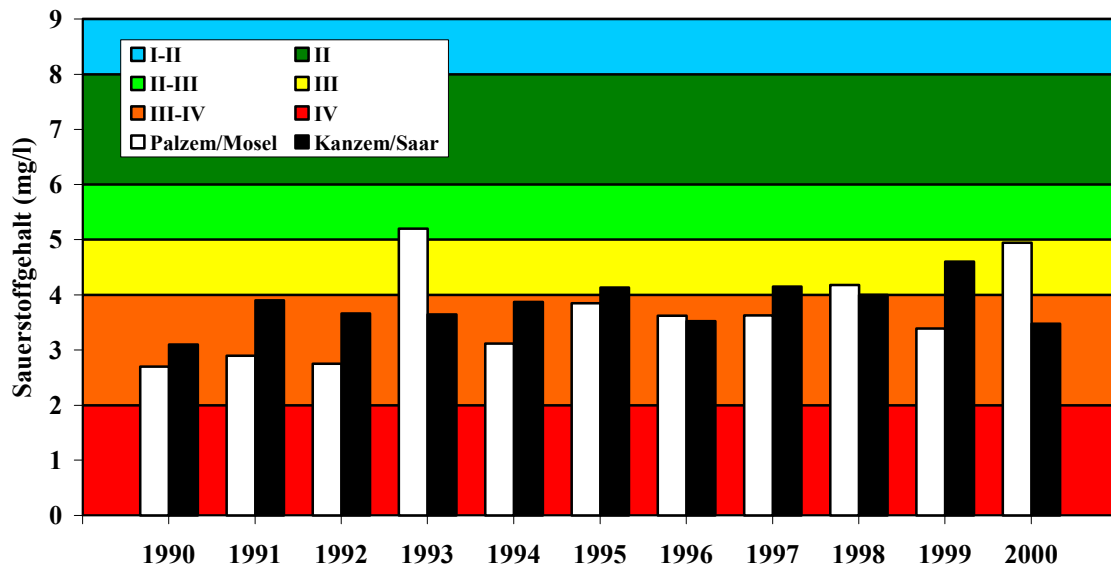


Abb.: 21: Sauerstoffgehalt (niedrigste Tagesmittelwerte) Palzem/Mosel und Kanzem/Saar

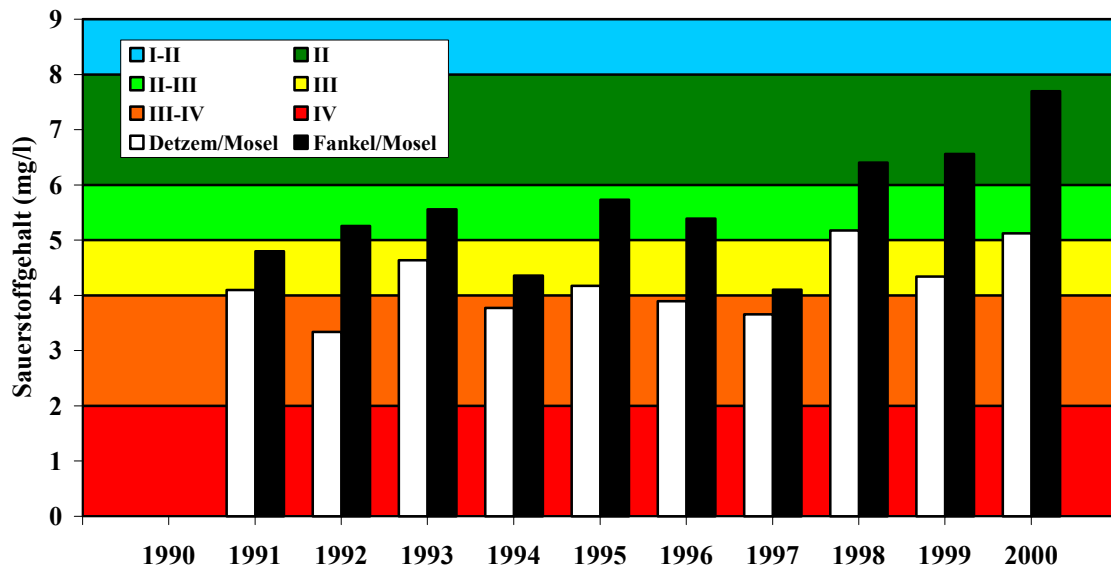


Abb.: 22: Sauerstoffgehalt (niedrigste Tagesmittelwerte) Detzem/Mosel und Fankel/Mosel

klasse III bzw. III-IV. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Stützungsmaßnahmen den O_2 -Gehalt der Saar positiv beeinflussen. Unterhalb der Saarmündung in Detzem sind die Sauerstoffwerte etwas höher als in der Obermosel. Sie werden den chemischen Güteklassen III, III-IV und II-III zugeordnet. In der unteren Mosel bei Fankel lagen die geringsten Tagesmittelwerte des O_2 -Gehaltes bis 1997 im Bereich der chemischen Güteklassen II-III und III. Ab 1998 wurde die chemische Güteklasse II erreicht.

5.3.2 Biochemischer Sauerstoffbedarf

Der BSB_5 (ohne Hemmung der Nitrifikation) umfasst den Sauerstoffverbrauch durch den mikrobiellen Umsatz der leicht abbaubaren organischen Stoffe und durch die Nitrifikation. Die LAWA hat für den BSB_5 keine Güteklassen festgelegt, daher wird hier die Einteilung der LfU Baden-Württemberg verwendet [33]. Aus Abb. 24 werden die sehr hohen BSB_5 -Werte der Mosel in den siebziger Jahren und in der Saar bis etwa 1988 ersichtlich. Seit 1990 wird in der Mosel die Güteklasse II eingehalten. Abb. 23 verdeutlicht den Rückgang der BSB_5 -Werte in der unteren Mosel.

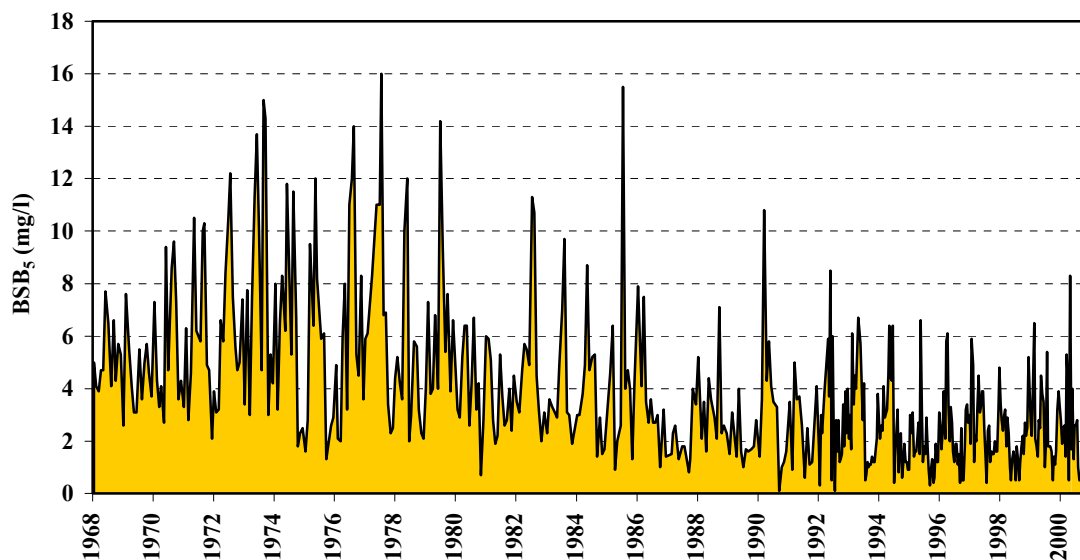


Abb. 23: BSB_5 -Werte (Einzelpunkten) in der Mosel bei Fankel (bis 1991 Zell)

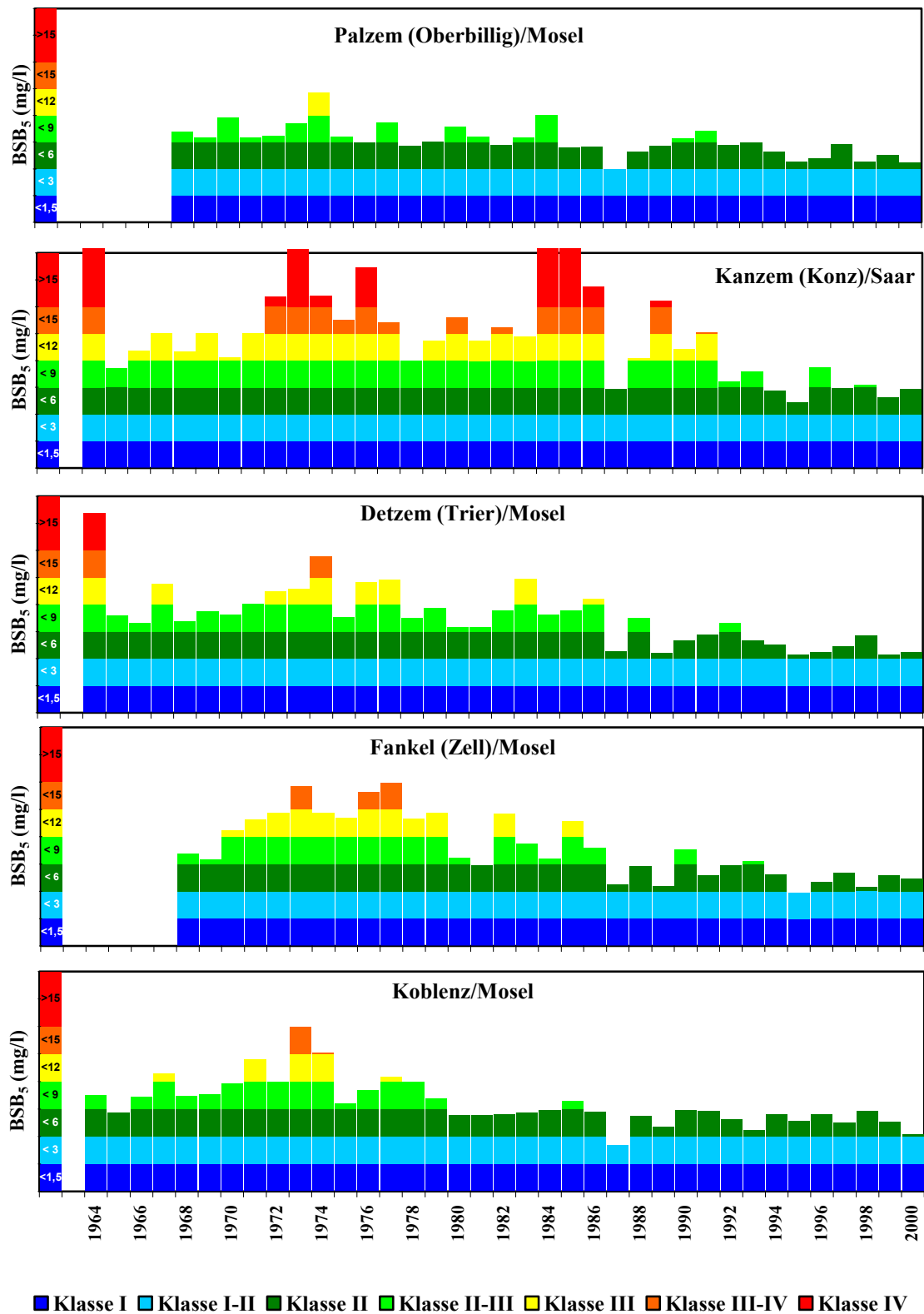


Abb. 24: BSB_5 -Werte (mg O_2 /l) (90-Perzentilwerte)

Die organischen Belastungen bezogen auf den BSB₅ im Einzugsgebiet von Mosel und Saar wurden von 1986 bis 1990 um ca. 35% [34] und von 1990 bis 1998 um mehr als 50% (1990 = 100%) reduziert [35]. Neben den Emissionen leicht abbaubarer organischer Stoffe ist die Produktion von organischer Substanz im Gewässer selbst infolge der Eutrophierung von Bedeutung. Nach Literaturangaben erhöht sich der C-BSB₅ bei einer Algenmenge mit einem Chlorophyll-a-Gehalt von 100 µg/l um mehr als 2,5 mg/l (in [36]). Bei MNQ am Pegel Cochem entspricht dies einer C-BSB₅-Fracht von fast 13 Tonnen pro Tag. Die Korrelationen zwischen Chlorophyll-a-Gehalt und C-BSB₅ ergeben für die Messergebnisse von 1994 bis 2000 eine Zunahme des C-BSB₅ um 3,6 mg/l pro 100 µg Chl. a/l in der Mosel bei Palzem und um 5,2 mg/l pro 100 µg Chl. a/l in der Saar bei Kanzem. Da höhere Algengehalte bevorzugt bei geringen Abflüssen auftreten, bei denen der Anteil des abwasserbürtigen BSB₅ ebenfalls zunimmt, erscheinen die Werte im Vergleich zu der Literaturangabe von 2,5 mg C-BSB₅/l pro 100 µg Chl. a/l plausibel.

5.3.3 DOC und TOC

Die aktuellen Jahresmittelwerte des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC) liegen in der Mosel bei Palzem und Fankel bei 3,5 bis 3,8 mg/l, in der Saar bei Kanzem zwischen 4,0 und 4,5 mg/l. Im Vergleich der Mittelwerte 1985 bis 1990 und 1995 bis 2000 sind die DOC-Konzentrationen in der Mosel um 0,3 mg/l (Palzem) bzw. 0,6 mg/l (Fankel) und in der Saar bei Kanzem um 1,1 mg DOC/l gesunken (Abb. 25).

Analysenergebnisse des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) liegen seit 1992 für die Mosel und die Saar vor. Die 90-Perzentilwerte liegen mit Ausnahme der Jahre 1993 und 1999 in Fankel (4,8 mg TOC/l bzw. 4,9 mg TOC/l, chem. Güteklasse II) über 5,0 mg/l und fallen damit in die chemische LAWA-Güteklasse II-III.

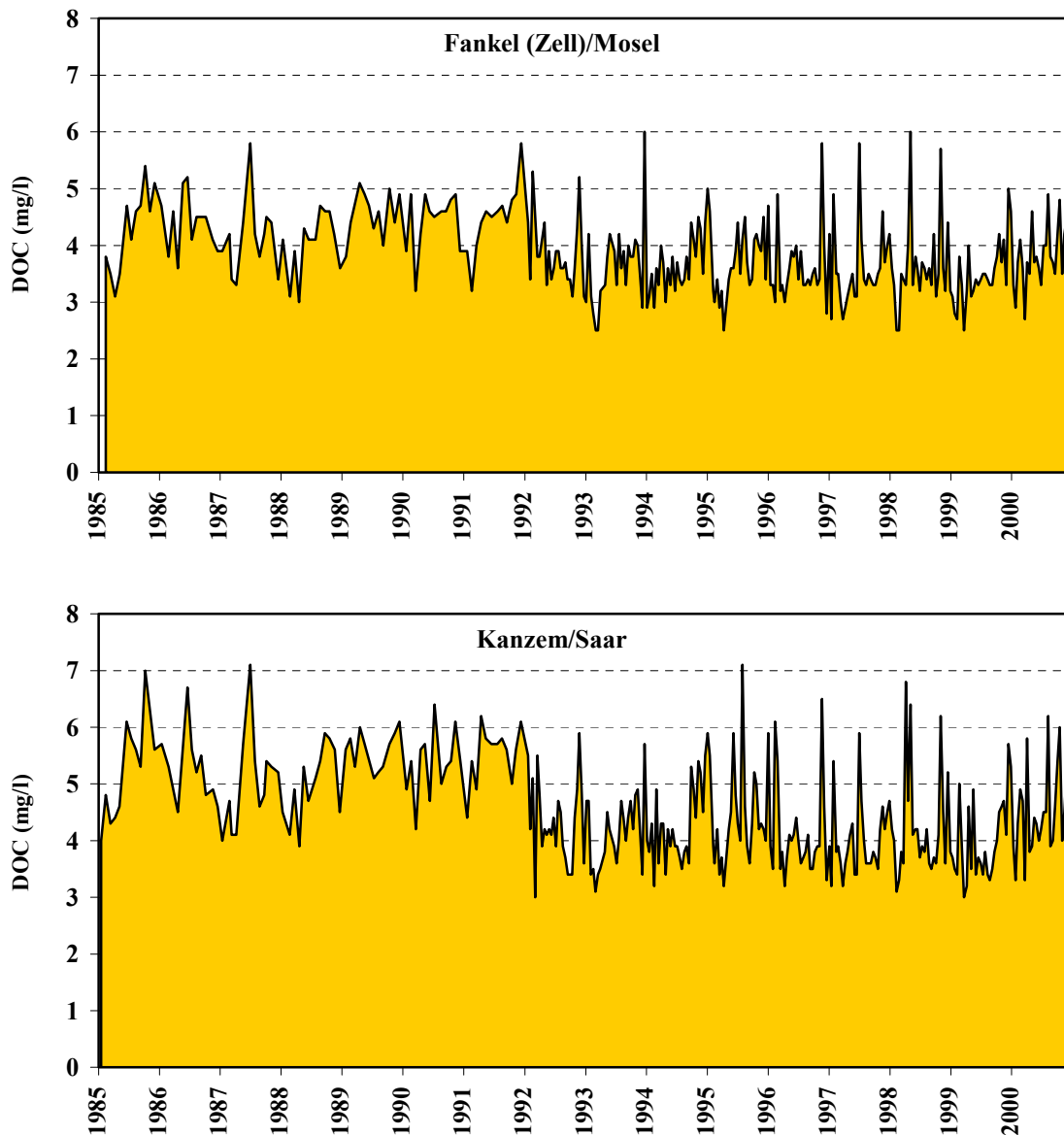


Abb. 25: Ganglinien der DOC-Konzentrationen in der Mosel bei Fankel und der Saar bei Kanzem 1985 bis 2000 (vierwöchige Einzelproben bis 1991, ab 1992 14tägige Probenahme)

5.3.4 Ammonium-Stickstoff

Der Ammonium-Stickstoff war und ist bekanntlich von besonderer Bedeutung für die Wasserqualität der Saar und damit auch der Mosel. Das aus Ammonium-Stickstoff entstehende Ammoniak ist schon in geringen Konzentrationen fischtoxisch und die mikrobielle Umwandlung von Ammonium zu Nitrat belastet erheblich den Sauerstoffgehalt der Gewässer, da für die vollständige Nitrifikation von 1 mg $\text{NH}_4\text{-N}$ rund 4,4 mg Sauerstoff

verbraucht werden. Bis in die achtziger Jahre hinein waren die industriellen Emissionen von Ammonium vor allem im Saareinzugsgebiet durch die saarländische und lothringische Montan-Industrie und die Chemiebetriebe am französischen Abschnitt der Rossel enorm hoch. Die insbesondere im Saarland und in einigen französischen Teileinzugsgebieten der Mosel vergleichsweise hohen Bevölkerungsdichten führten zu einer starken Ammonium-Belastung durch kommunales Abwasser (Abb. 26 und 27).

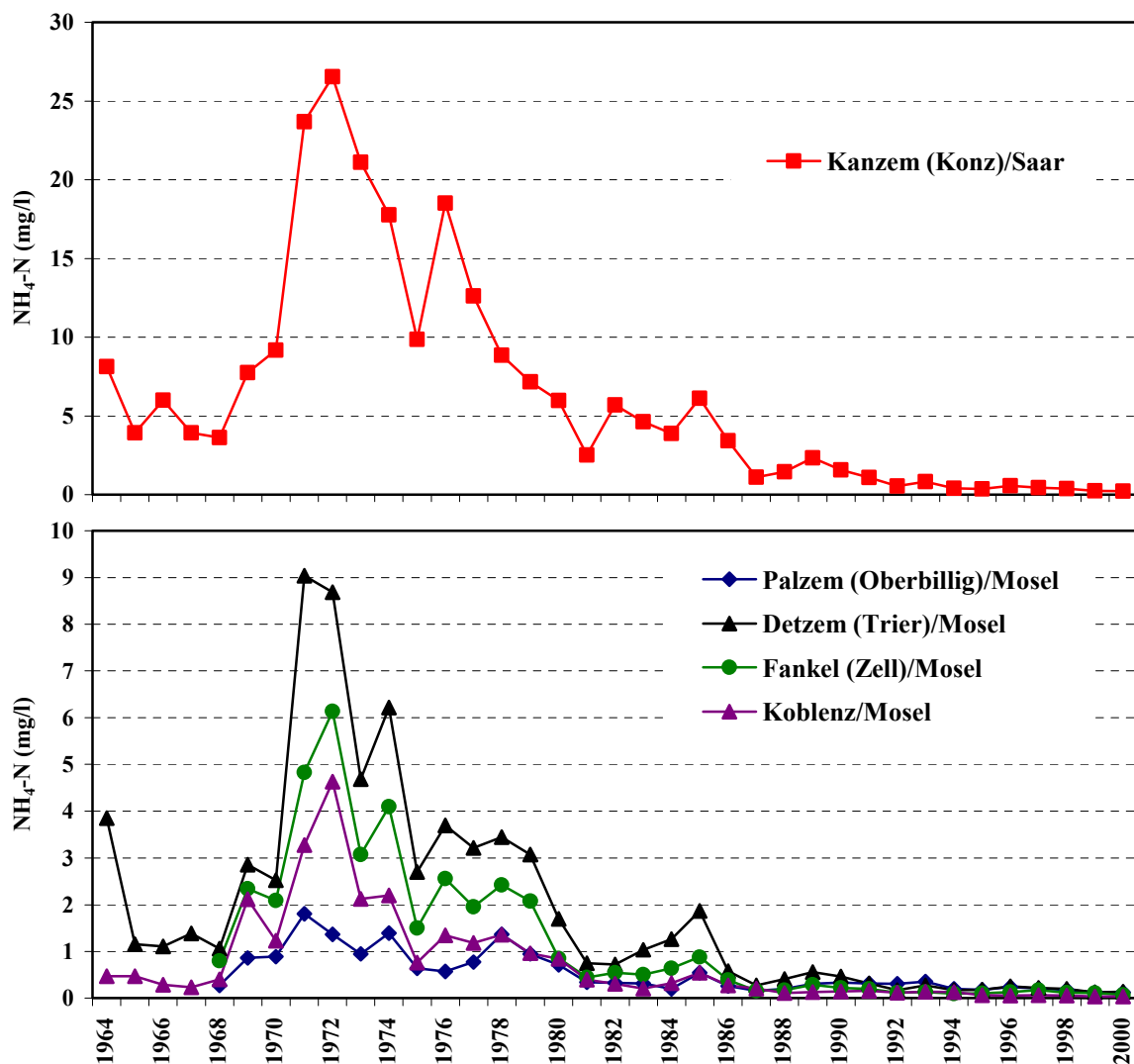


Abb. 26: Jahresmittelwerte der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen in der Saar bei Kanzem und in der Mosel 1964 bis 2000

Tab. 5: Ammonium-Stickstoff mg/l (90-Perzentile)					
Einzelproben chem. Güteklasse II (Zielvorgabe) : $\leq 0,3$ mg/l					
	Mosel	Saar	Mosel		
Jahr	Palzem (Oberbillig)	Kanzem (Konz)	Detzem (Trier)	Fankel (Zell)	Koblenz
1964	-	12,9	6,1	-	1,4
1965	-	6,8	2,9	-	0,94
1966	-	9,8	2,4	-	0,93
1967	-	7,3	3,8	-	0,56
1968	0,57	8,2	2,2	2,1	1,0
1969	1,6	14,5	7,2	6,1	7,0
1970	1,5	19,4	6,2	4,6	2,8
1971	4,4	38,9	18,1	9,5	7,8
1972	2,1	40,2	16,6	9,7	9,0
1973	1,6	42,1	10,7	8,6	6,1
1974	2,7	36,4	15,8	8,7	4,8
1975	0,83	14,3	4,9	2,7	2,0
1976	0,82	33,3	7,5	4,7	3,4
1977	1,5	30,3	6,6	4,6	3,7
1978	3,6	16,8	8,1	6,4	4,0
1979	1,7	11,9	6,9	5,3	1,8
1980	1,2	12,4	3,1	1,4	1,6
1981	0,80	6,1	1,7	1,2	1,1
1982	0,47	11,6	1,7	1,1	0,61
1983	0,59	10,9	2,8	1,1	0,55
1984	0,43	7,1	2,7	1,6	0,61
1985	1,3	13,7	4,1	2,3	1,6
1986	0,55	7,5	1,1	1,2	0,64
1987	0,39	1,7	0,63	0,38	0,41
1988	0,41	3,0	0,74	0,39	0,26
1989	0,78	6,2	1,4	0,98	0,45
1990	0,57	2,6	1,0	0,56	0,38
1991	0,71	3,0	0,69	0,62	0,45
1992	0,51	1,1	0,33	0,27	0,29
1993	0,66	1,4	0,59	0,29	0,27
1994	0,30	0,69	0,32	0,23	0,19
1995	0,29	0,59	0,28	0,26	0,15
1996	0,45	1,1	0,56	0,43	0,22
1997	0,43	1,1	0,54	0,44	0,37
1998	0,36	0,89	0,43	0,30	0,24
1999	0,18	0,47	0,28	0,21	0,16
2000	0,20	0,43	0,20	0,12	0,14
chem. Güteklasse:					
		I	I-II	II	
		II-III	III	III-IV	IV

Der herausragende Einfluss der Saar hinsichtlich der Ammoniumgehalte in der Mosel wird ersichtlich. Unterhalb der Saarmündung nehmen die Konzentrationen durch die Nitrifikation in Fließrichtung ab. In der oberen Mosel bei Palzem lagen die Ammonium-Konzentrationen

bis 1981 in den chem. Güteklassen III, III-IV und IV, bis 1993 wurden überwiegend die Klassen II-III und III festgestellt. Zwischen den chem. Güteklassen II und II-III schwankten die 90-Perzentile von 1994 bis 1998. In den Jahren 1999 und 2000 wurde die gesamte rheinland-pfälzische Mosel in die Güteklasse II eingestuft. Die Saar bei Kanzem wurde bis 1991 mit einer Ausnahme (1987 Klasse III-IV) hinsichtlich der Ammoniumgehalte mit der Klasse IV bewertet. Bis 1998 indizierten die 90-Perzentile überwiegend die Klasse III. In den letzten beiden Jahren befand sich die untere Saar in der chemischen Güteklasse II-III. In der Mosel unterhalb der Saarmündung (Detzem bzw. Trier) ist der Einfluss der Saar deutlich. Bis 1985 wurde mit wenigen Ausnahmen die chem. Güteklasse IV festgestellt. Bis 1991 herrschte die Klasse III vor und in den neunziger Jahren überwog die Klasse II-III. In Fließrichtung nehmen die Ammonium-Konzentrationen ab. Aber auch in der unteren Mosel (Fankel) und an der Mündung (Koblenz) lagen die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalte bis etwa 1979 überwiegend in der schlechtesten Güteklasse. Die achtziger Jahre waren durch die Klassen III-IV, III und II-III gekennzeichnet. Ab 1992 wird in der Mosel bei Fankel und bei Koblenz die Zielvorgabe (Güteklasse II) mit Ausnahme der Jahre 1996 und 1997 eingehalten.

Die immensen Ammoniumfrachten der Saar und der Mosel besonders in den siebziger Jahren mit Jahresmittelwerten von mehr als 50 Tonnen $\text{NH}_4\text{-N}$ pro Tag zeigt Abb. 27. Unterhalb der Saarmündung nehmen in der Regel die Ammoniumtransporte ab. Ab 1980 und vor allem nach 1986 verringerten sich die Frachten erheblich auf meist unter 10 Tonnen pro Tag. Auch von 1990 bis 2000 nehmen die Mittelwerte der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Transporte mit wenigen Ausnahmen unterhalb von Detzem in Fließrichtung ab. Die Fehlerbreite bei der Frachtschätzung erhöht sich in dieser Zeitspanne jedoch durch die vergleichsweise geringen Konzentrationen (mit teilweise Messwerten kleiner Bestimmungsgrenze) in der unteren Mosel bei Fankel und Koblenz. Außerdem sind bei geringeren Ammoniumgehalten auch lokale Besonderheiten und Ereignisse (z.B. Lage der Probenahmestellen zu Kläranlagen und Regenüberläufen) von Bedeutung. In den Jahren 1999 und 2000 betrugen die Jahresmittelwerte der Ammoniumtransporte in der oberen Mosel (Palzem) und der Saar rund 2,0 Tonnen $\text{NH}_4\text{-N}$ pro Tag. In Detzem ergaben die Abschätzungen der mittleren Transporte rund 4 bis 5, in Fankel ca. 3 bis 5 und in Koblenz 2,6 bzw. 1,5 $\text{NH}_4\text{-N}$ Tonnen pro Tag für 1999 und 2000.

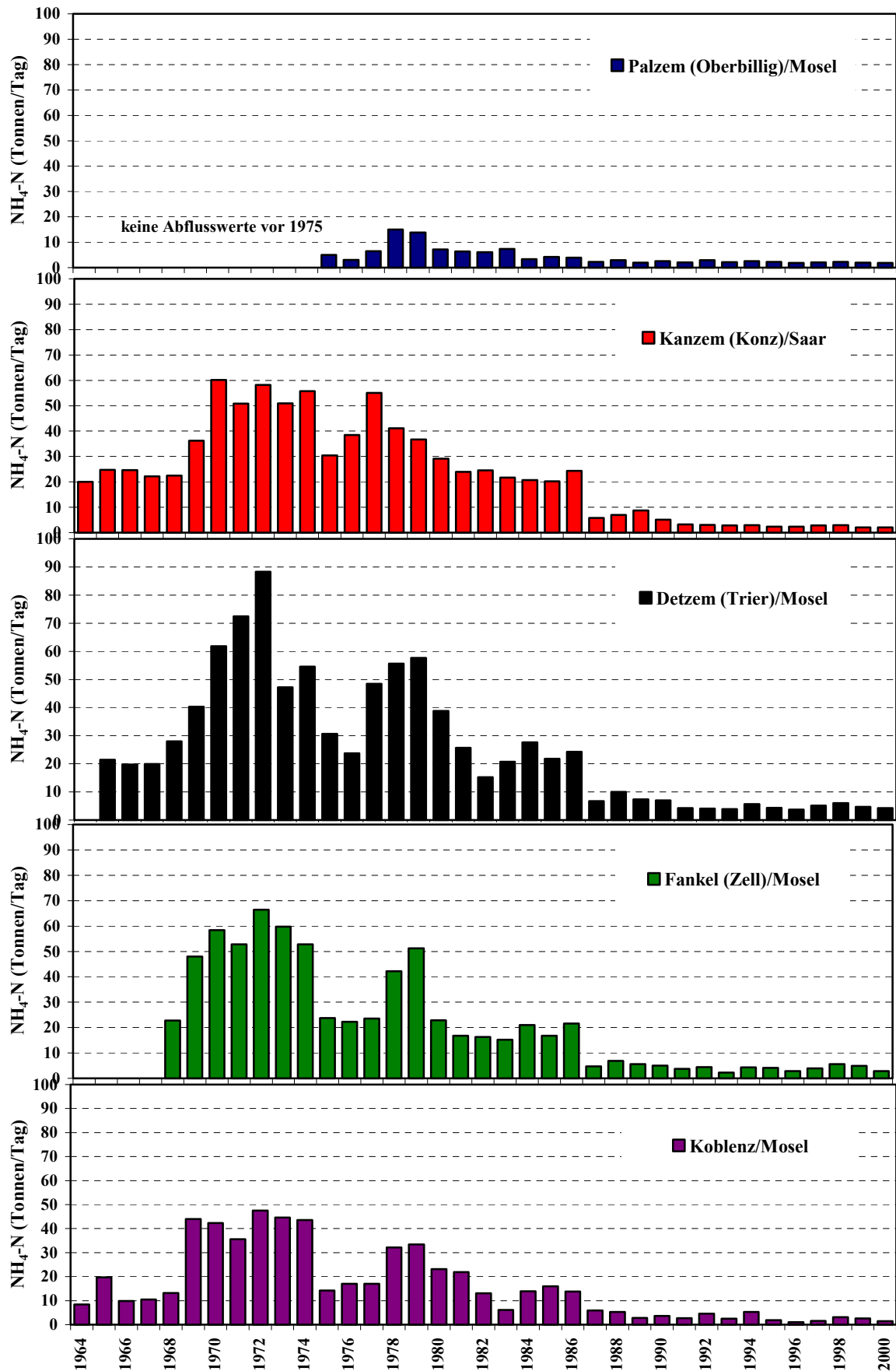


Abb. 27: NH₄-N-Transporte (Jahresmittelwerte) 1964 bis 2000

5.4. Nährstoffe

5.4.1 Nitrat-Stickstoff und Gesamt-Stickstoff

Sieht man von den übergroßen Ammoniumgehalten des Saarwassers bis etwa 1986 ab, liegt Stickstoff in Mosel und Saar überwiegend als Nitrat vor. Die Jahresmittelwerte der Nitrat-N-Konzentrationen betragen zur Zeit in der Mosel bei Palzem rund 2,5 bis 3,0 mg/l und in der Saar ca. 3,3 bis 4,3 mg NO₃-N/l. In der Mosel unterhalb der Saarmündung schwanken die Jahresmittelwerte der letzten 10 Jahre zwischen 3,4 und 4,6 mg NO₃/l (Abb. 28).

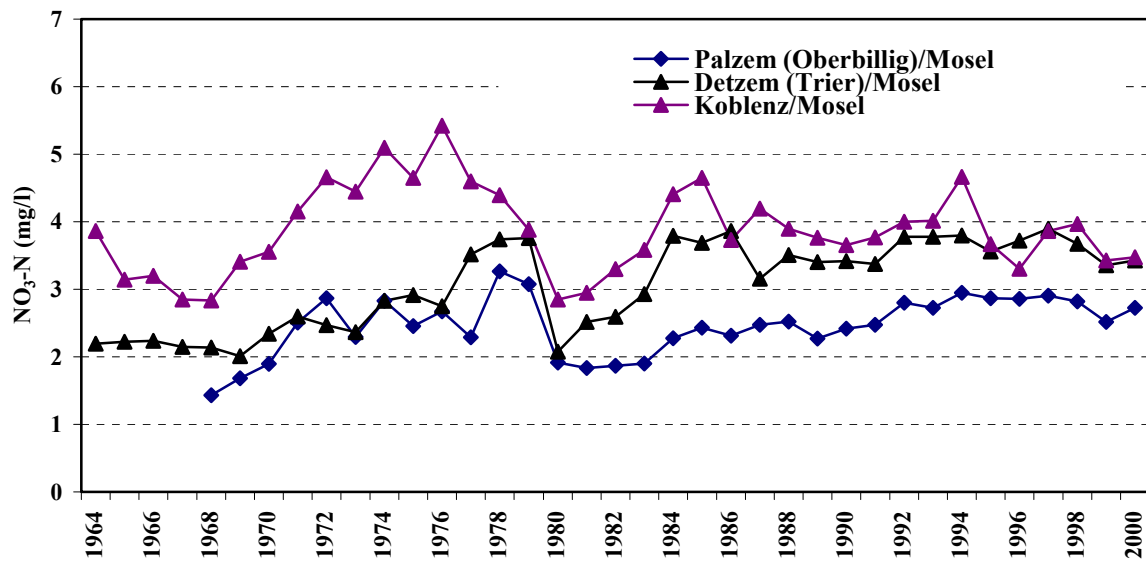


Abb. 28: Jahresmittelwerte des NO₃-N-Gehaltes in der Mosel 1964 bis 2000

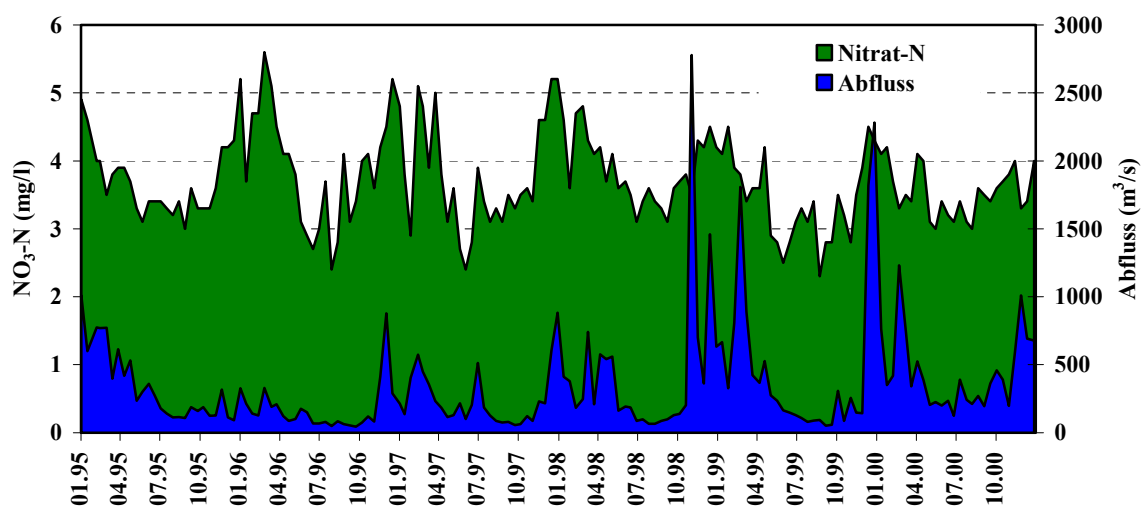


Abb. 29 Ganglinie der NO₃-N-Konzentrationen in der Mosel bei Fankel 1995 bis 2000

Tab. 6: Nitrat-Stickstoff mg/l (90-Perzentile)					
Einzelproben chem. Güteklasse II (Zielvorgabe) : $\leq 2,5$ mg/l					
	Mosel Palzem (Oberbillig)	Saar Kanzem (Konz)	Mosel		
			Detzem (Trier)	Fankel (Zell)	Koblenz
1964	-	3,5	3,1	-	5,3
1965	-	6,8	2,8	-	3,9
1966	-	5,4	2,9	-	4,8
1967	-	3,7	2,8	-	3,7
1968	1,9	3,3	2,9	3,3	4,0
1969	2,1	3,4	2,7	4,1	4,5
1970	2,4	3,4	3,0	4,1	4,8
1971	4,0	3,4	3,6	4,2	7,0
1972	3,8	2,3	3,0	4,3	5,8
1973	3,1	3,4	3,2	4,7	6,5
1974	4,3	3,4	3,7	5,0	8,6
1975	3,0	4,0	3,5	5,1	5,9
1976	3,4	6,3	3,3	6,3	8,0
1977	3,5	4,2	5,6	6,3	6,5
1978	6,1	5,5	5,0	5,2	5,4
1979	4,0	5,8	5,3	5,4	6,2
1980	2,8	3,8	4,0	4,1	4,4
1981	2,7	3,9	3,8	4,9	4,1
1982	2,5	5,1	3,5	3,9	4,4
1983	2,7	4,3	4,1	4,5	4,8
1984	3,7	4,9	4,7	5,1	5,6
1985	3,1	4,5	4,4	5,6	6,1
1986	3,8	4,4	5,8	4,9	5,2
1987	3,4	5,8	4,4	4,8	5,1
1988	3,3	4,4	4,3	4,7	4,6
1989	3,1	4,2	4,2	4,7	4,9
1990	3,5	4,8	4,2	4,8	4,8
1991	3,6	5,1	4,1	4,4	4,7
1992	4,4	5,0	4,8	5,6	5,7
1993	3,9	4,7	4,6	5,0	5,2
1994	4,1	4,5	4,7	4,8	5,3
1995	3,8	4,2	4,2	4,3	4,6
1996	4,1	4,8	4,8	5,2	4,6
1997	4,2	4,6	5,1	5,1	5,1
1998	3,8	4,6	4,5	4,6	4,9
1999	3,4	3,7	4,3	4,3	4,5
2000	3,5	3,8	4,0	4,1	4,0
chem. Güteklasse:					
I I-II II					
II-III III III-IV IV					

Die Nitratgehalte der Mosel zeigen den typischen Jahresgang mit geringeren Konzentrationen im Sommer und höheren Werten im Winter (Abb. 29).

Die 90-Perzentilwerte der Nitrat-Stickstoffkonzentration lagen in den einzelnen Jahren von 1964 bis 2000 in der Mosel zwischen 1,9 und 8,6 mg/l. Aktuell betragen die 90-Perzentile in der Mosel unterhalb der Saar etwa 4 bis knapp über 5 mg $\text{NO}_3\text{-N}$ /l. Die Nitrat-Konzentrationen sind damit in die chemische Güteklasse II-III bzw. III einzustufen (Tab. 6).

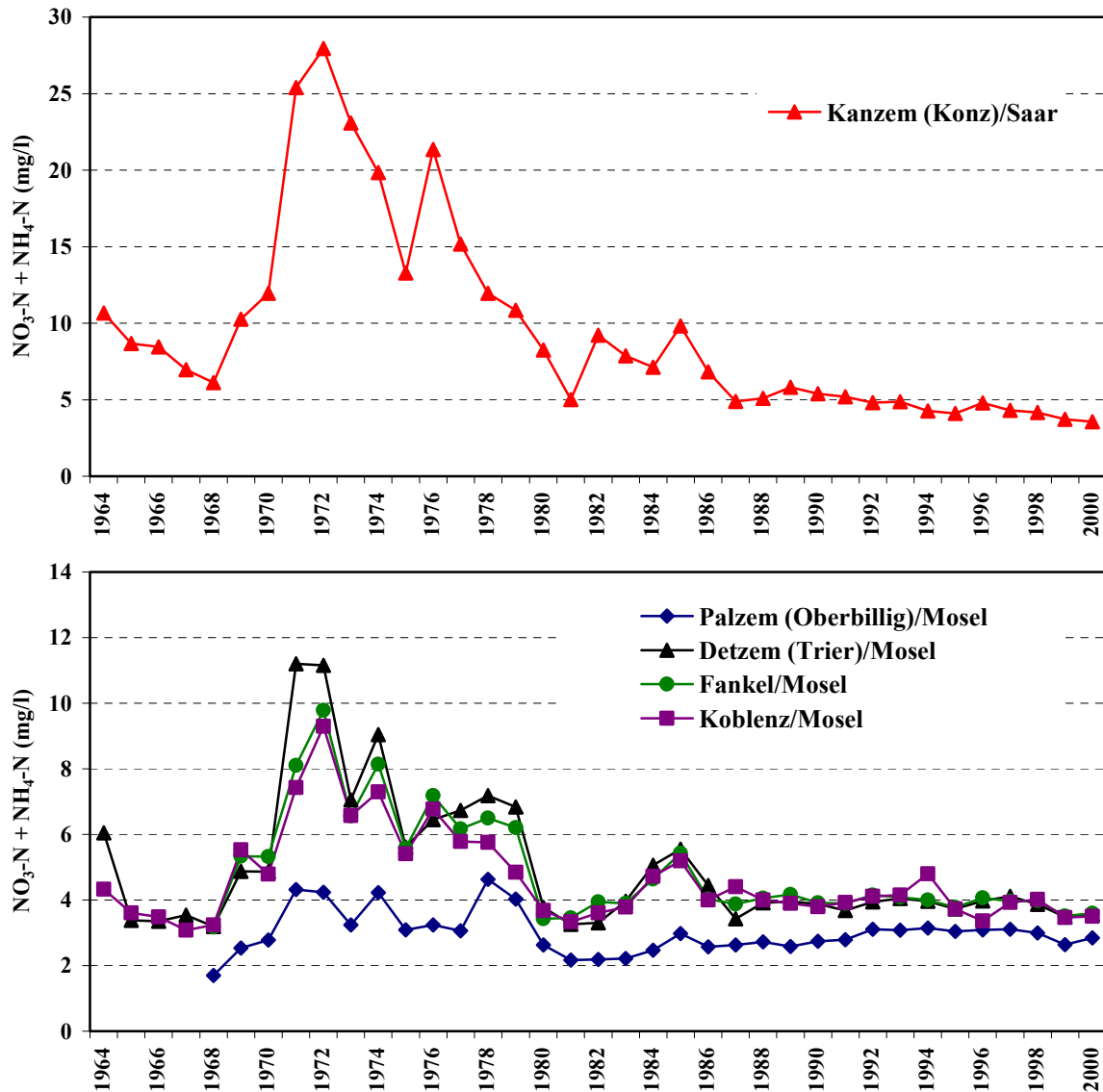


Abb. 30: Jahresmittelwerte der Summe $\text{NO}_3\text{-N}$ und $\text{NH}_4\text{-N}$ in der Mosel (unten) und in der Saar (oben) 1964 bis 2000

In der Saar nimmt die Summe $\text{NO}_3\text{-N}$ und $\text{NH}_4\text{-N}$ im Jahresmittel durch die starke Reduzierung beim Ammonium von 28 mg N/l auf weniger als 4 mg N/l ab. Dies wirkt sich

auch auf die Mosel aus, in der die Konzentrationen im Mittel von mehr als 10 auf rund 4 mg Stickstoff pro Liter zurückgehen (Abb. 30).

Die Konzentrationen des gemessenen Gesamt-Stickstoffs, der auch den organisch gebundenen Stickstoff umfasst, liegen seit 1989 vor. Die 90-Perzentile zeigen die Güteklassen II-III bzw. III für die Mosel und überwiegend Güteklasse III für die Saar (Tab. 7). Im Jahresdurchschnitt liegt der Anteil des organischen gebundenen Stickstoffs bei ca. 15 bis 20 Prozent des Gesamt-Stickstoffs.

Tab. 7: Gesamtstickstoff, gemessen mg/l (90-Perzentile)															
Einzelproben chem. Güteklasse II (Zielvorgabe) : $\leq 3,0$ mg/l															
	Mosel	Saar	Mosel												
	Palzem (Oberbillig)	Kanzem (Konz)	Detzem (Trier)	Fankel (Zell)	Koblenz										
1989	4,4	9,0	6,1	6,2	6,2										
1990	4,4	7,2	5,7	5,5	5,3										
1991	4,7	7,8	5,5	5,3	5,3										
1992	5,4	6,6	6,4	6,4	6,6										
1993	6,2	7,4	5,6	6,4	5,8										
1994	5,4	6,5	5,7	5,9	6,4										
1995	5,1	5,3	5,4	5,2	5,7										
1996	5,9	7,3	6,5	6,7	4,3										
1997	5,8	6,3	6,1	6,0	6,1										
1998	6,0	6,6	6,0	6,3	5,5										
1999	4,7	6,0	5,8	5,6	5,2										
2000	4,7	6,3	5,3	4,9	4,7										
chem. Güteklasse:	<table><tr><td>I</td><td>I-II</td><td>II</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>II-III</td><td>III</td><td>III-IV</td><td>IV</td><td></td></tr></table>					I	I-II	II			II-III	III	III-IV	IV	
	I	I-II	II												
II-III	III	III-IV	IV												

In Fließrichtung nehmen die Stickstofffrachten zu. Die Stickstofftransporte sind in erster Linie durch die Abflussverhältnisse geprägt (Abb. 31 oben). Die Abflussabhängigkeit insbesondere der diffusen Nitratreinträge zeigt sich deutlich z.B. in den Jahren 1991, 1993 und 1996. In der Mosel ist keine Abnahme der Stickstofffrachten von 1964 bis 2000 festzustellen. In den neunziger Jahren schwanken die Transporte (Summe $\text{NO}_3\text{-N}$ + $\text{NH}_4\text{-N}$) im Jahresdurchschnitt zwischen 54 und mehr als 160 Tonnen N pro Tag. In der Saar dagegen verursachte die starke Reduzierung der Ammonium-Emissionen einen Rückgang der

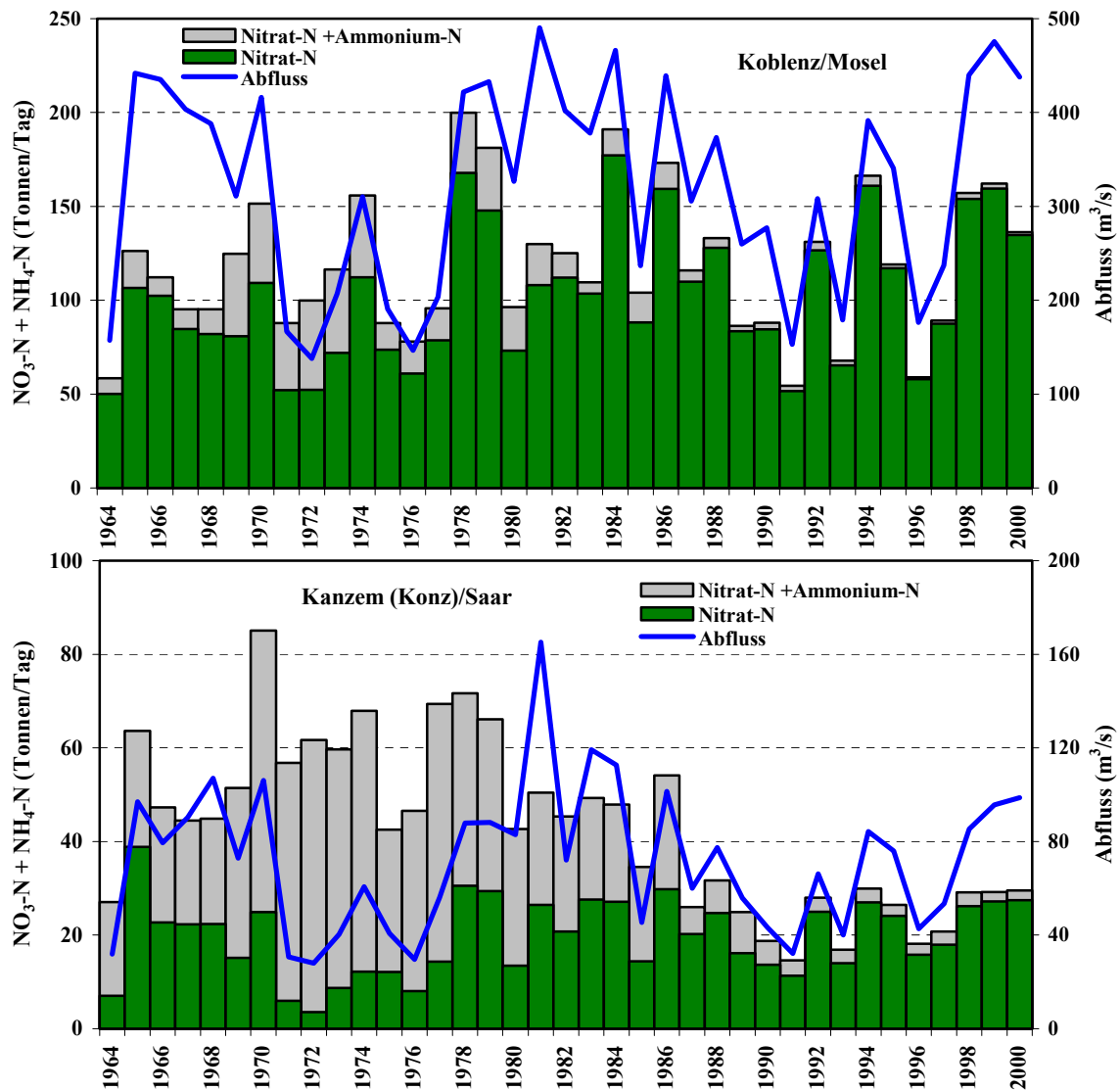


Abb. 31: Jahresmittel der Stickstofftransporte in der Mosel bei Koblenz (oben) und der Saar bei Kanzem (unten) und Mittelwert des Abflusses der Probenahmetage

mittleren Stickstofffrachten von mehr als 60 auf rund 30 Tonnen N pro Tag (Abb. 31 unten).

In Tabelle 8 sind die mit Hilfe von Modellrechnungen (MONERIS) ermittelten Nährstoffeinträge [37] in die Mosel zusammengestellt. Die Gegenüberstellung mit der abflusskorrigierten Stickstofffracht der Mosel bei Koblenz ergibt für den Zeitraum 1993 bis 1997 plausible Ergebnisse.

Tab. 8: Nährstoffeinträge in die Mosel 1993 - 1997. Aus [37] verändert.				
			N (t N/a)	P (t P/a)
	Deutschland	diffus	14.710	530
		punktuell	5.020	460
		Summe	19.730	990
	Ausland	diffus	30.460	860
		punktuell	12.000	1.940
		Summe	42.460	2.800
	Summe	gesamt	62.190	3.790
Änderung (%) gegenüber 1983 - 1987	Deutschland	gesamt	-21,5	-56,3
Änderung (%) gegenüber 1983 - 1987	Ausland	gesamt	-34,5	-40,0
Fracht (abflusskorrigiert) in der Mosel bei Koblenz Mittel 1983 - 1987 Mittel 1993 - 1997 Änderung (%) gegenüber 1983 - 1987			NO ₃ -N + NH ₄ -N	P gesamt (Fankel)
			54.435	3.653
			44.787	2.005
			-17,7	- 54,9

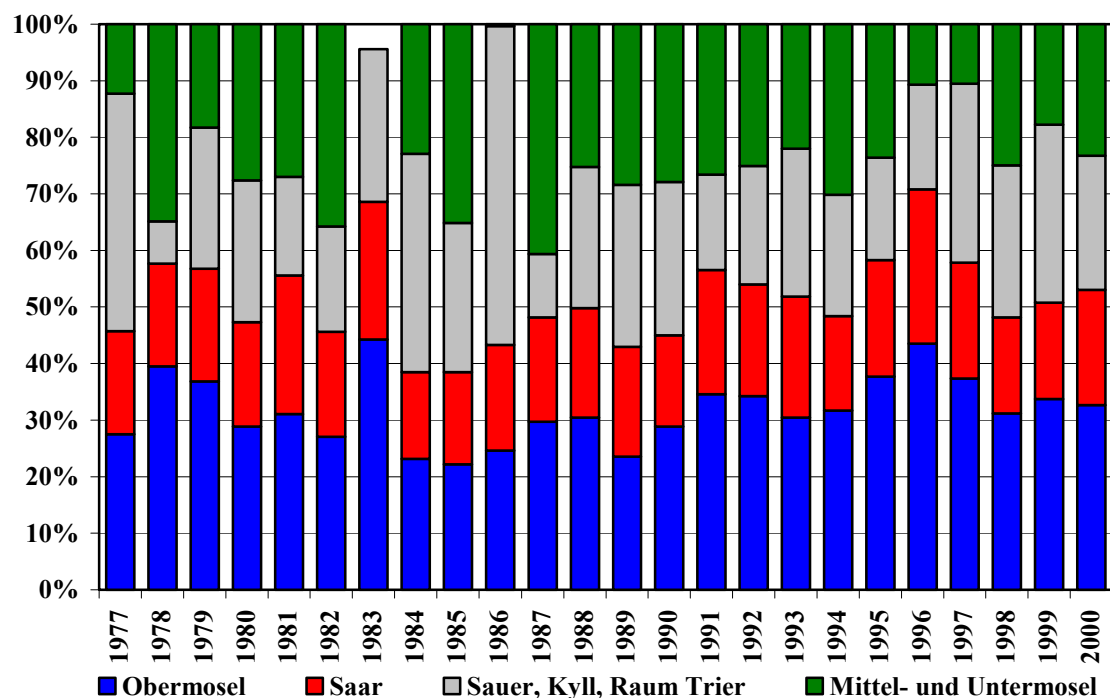


Abb. 32: Anteil der Teileinzugsgebiete an der NO₃-N-Fracht der Mosel bei Koblenz

In Abb. 32 wurde versucht, die Nitrat-Transporte aus den einzelnen Teileinzugsgebieten zu differenzieren. Diese Berechnungen, die auf Grund der Fehlerbreite bei den Frachtabschätzungen mit der gebotenen Vorsicht interpretiert werden sollten, ergeben folgendes Bild: Im Zeitraum 1990 bis 2000 stammt etwa 34% der NO₃-N-Fracht aus der Mosel oberhalb von Rheinland-Pfalz, ca. 20% aus der Saar. Die Sauer und der Großraum Trier einschließlich Kyll und Ruwer (Berechnung: Transport in Detzem minus Summe der Transporte Palzem und Kanzem) tragen rund 24% zu der NO₃-N-Fracht der Mosel in Koblenz bei. Das restliche Einzugsgebiet unterhalb von Detzem hat im Mittel einen Anteil von ca. 22%.

5.4.2 Nitrit-Stickstoff

Die mikrobielle Oxidation von Nitrit zu Nitrat stellt den geschwindigkeitsbestimmenden

Tab. 9: Nitrit-Stickstoff mg/l (90-Perzentile)					
Einzelproben chem. Güteklasse II (Zielvorgabe) : ≤ 0,1 mg/l					
	Mosel Palzem (Oberbillig)	Saar Kanzem (Konz)	Detzem (Trier)	Mosel Fankel (Zell)	Koblenz
1979	0,12	0,24	0,13	0,12	0,13
1980	0,68	0,43	0,47	0,48	0,33
1981	0,59	0,89	0,89	0,24	0,70
1982	0,16	1,30	0,56	0,80	1,63
1983	0,55	1,48	0,36	0,17	0,76
1984	0,58	1,04	0,23	0,30	0,51
1985	0,33	0,82	0,97	0,17	0,33
1986	0,97	1,85	1,19	1,72	0,73
1987	0,64	0,88	1,17	1,03	0,39
1988	0,08	0,47	0,47	0,11	0,05
1989	0,15	0,45	0,20	0,10	0,07
1990	0,11	0,34	0,15	0,10	0,05
1991	0,18	0,37	0,16	0,10	0,07
1992	0,14	0,39	0,08	0,07	0,07
1993	0,16	0,40	0,11	0,07	0,08
1994	0,12	0,42	0,12	0,06	0,06
1995	0,11	0,32	0,10	0,07	0,05
1996	0,11	0,30	0,09	0,07	0,04
1997	0,09	0,22	0,09	0,09	0,07
1998	0,11	0,21	0,11	0,09	0,07
1999	0,07	0,21	0,08	0,07	0,04
2000	0,07	0,16	0,09	0,06	0,06
chem. Güteklasse:					
		I	I-II	II	
		II-III	III	III-IV	IV

Schritt der Nitrifikation dar. Bei großen Ammoniumkonzentrationen und hoher Nitrifikationsrate kommt es daher zu Anreicherung von Nitrit. Die ab 1979 vorliegenden Daten von Mosel und Saar ergeben das erwartete Bild (Tab. 9): Erhöhte bis sehr hohe Nitrit-N-Gehalte in der Saar und in der Mosel bis Ende der achtziger Jahre. Seit 1989 wird die Zielvorgabe (0,1 mg NO₂-N/l) in der unteren Mosel eingehalten.

5.4.3 Phosphor

Ähnlich wie im Rhein [38] stiegen die Phosphorgehalte in Mosel und Saar Anfang der siebziger Jahre an (Abb. 33). Als Folge der Phosphat-Höchstmengen-Verordnung wurden

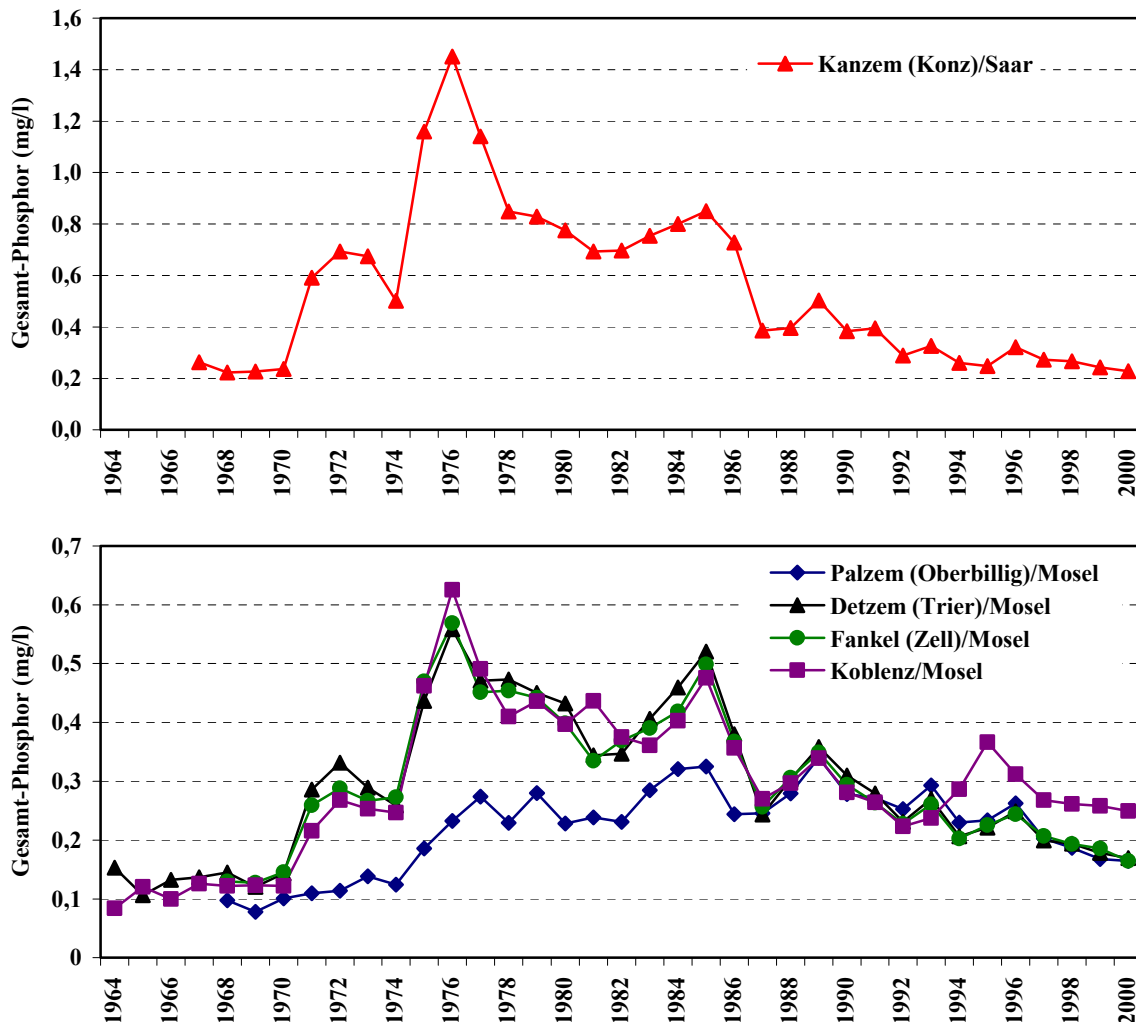


Abb. 33: Jahresmittelwerte der Gesamt-Phosphor-Konzentration in der Mosel (unten) und in der Saar (oben) 1964 bis 2000

ab 1980 phosphatreduzierte und ab 1986 phosphatfreie Waschmittel in der Bundesrepublik Deutschland eingesetzt [39]. Dies und der weitere Ausbau der Kläranlagen (P-Elimination) führten ab Mitte der achtziger Jahre zu einem deutlichen Rückgang der Phosphorgehalte auch in Mosel und Saar. Anhand der 90-Perzentile der Gesamt-Phosphorkonzentrationen war die Mosel von 1975 bis 1986 überwiegend in die chem. Güteklasse III-IV einzustufen. Bis 1997 befand sich die gesamte Mosel in der Güteklasse III (Tab. 10). Auch wenn die Gesamt-P-Konzentrationen sehr stark abgenommen haben, wird die Zielvorgabe noch nicht eingehalten. Aktuell wird für die Mosel hinsichtlich der Gesamt-P-Gehalte die chem. Güteklasse II-III ermittelt (Ausnahme Koblenz siehe unten). In der Saar verbesserte sich die chem. Güteklasse für P_{gesamt} von IV in den siebziger und Anfang der achtziger Jahre auf die Güteklasse III (Tab. 10).

Phosphor zeigt den bekannten Jahresgang mit höheren Konzentrationen im Sommer und geringeren Werten im Winterhalbjahr (Abb. 34).

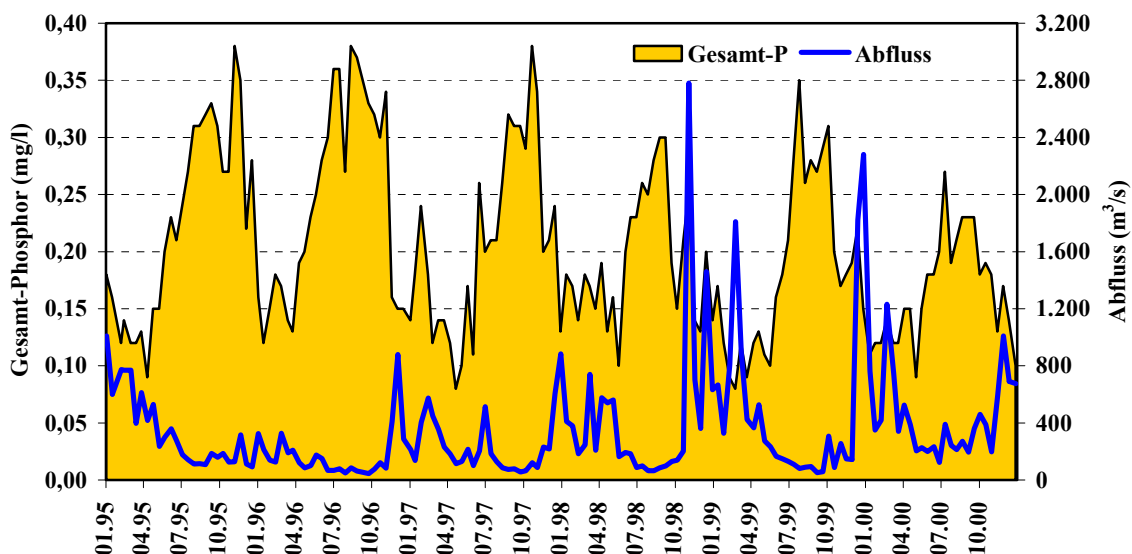


Abb. 34: Ganglinie der Gesamt-Phosphor-Konzentration in der Mosel bei Fankel 1995 bis 2000

Die Phosphorgehalte und -frachten übersteigen in Koblenz/Mosel ab 1994 die Werte bei Fankel deutlich (Abb. 33 und 35). In Anbetracht der vergleichsweise geringen Zunahme des Einzugsgebietes und der Kläranlagenemissionen auf dem Gewässerabschnitt ist diese Erhöhung nicht plausibel. Neben messstellenspezifischen Ursachen (Probenahme in Koblenz

im Stadtgebiet, abweichende Probennahmeterminen) spielt evt. auch der Wechsel des Labors eine Rolle (Analysenverfahren, Probenaufschluss). Bis 1993 wurden die Proben vom LfW gemessen, ab 1994 wurden - um Doppelmessungen zu vermeiden - die Daten der BfG verwendet.

Tab. 10: Gesamt-Phosphor mg P/l (90-Perzentile)					
Einzelproben chem. Güteklasse II (Zielvorgabe) : $\leq 0,15$ mg/l					
	Mosel Palzem (Oberbillig)	Saar Kanzem (Konz)	Mosel		
			Detzem (Trier)	Fankel (Zell)	Koblenz
1964	-	-	0,24	-	0,12
1965	-	-	0,15	-	0,18
1966	-	-	0,27	-	0,15
1967	-	0,39	0,22	-	0,20
1968	0,15	0,33	0,22	0,17	0,15
1969	0,11	0,31	0,16	0,16	0,16
1970	0,18	0,46	0,26	0,23	0,18
1971	0,18	0,90	0,52	0,52	0,34
1972	0,15	1,07	0,55	0,40	0,38
1973	0,26	1,22	0,59	0,39	0,41
1974	0,25	1,01	0,46	0,45	0,39
1975	0,26	1,78	0,76	0,76	0,81
1976	0,51	2,36	1,15	0,97	1,09
1977	0,52	2,04	0,85	0,69	0,87
1978	0,32	1,72	0,92	0,86	0,79
1979	0,38	1,33	0,78	0,67	0,65
1980	0,32	1,10	0,58	0,56	0,56
1981	0,44	1,32	0,56	0,67	0,87
1982	0,34	1,13	0,53	0,60	0,58
1983	0,47	1,30	0,75	0,72	0,61
1984	0,58	1,69	0,95	0,92	0,82
1985	0,56	1,33	0,87	0,78	0,74
1986	0,34	1,20	0,61	0,53	0,53
1987	0,40	0,57	0,42	0,37	0,38
1988	0,46	0,57	0,49	0,55	0,45
1989	0,57	0,73	0,55	0,54	0,54
1990	0,41	0,50	0,42	0,42	0,42
1991	0,39	0,59	0,42	0,38	0,42
1992	0,38	0,41	0,38	0,35	0,37
1993	0,41	0,40	0,40	0,39	0,38
1994	0,36	0,34	0,32	0,33	0,46
1995	0,35	0,35	0,36	0,33	0,58
1996	0,36	0,43	0,34	0,36	0,45
1997	0,30	0,37	0,29	0,32	0,39
1998	0,27	0,38	0,29	0,28	0,34
1999	0,28	0,33	0,26	0,29	0,37
2000	0,22	0,31	0,23	0,23	0,31
chem. Güteklasse:					
I I-II II					
II-III III III-IV IV					

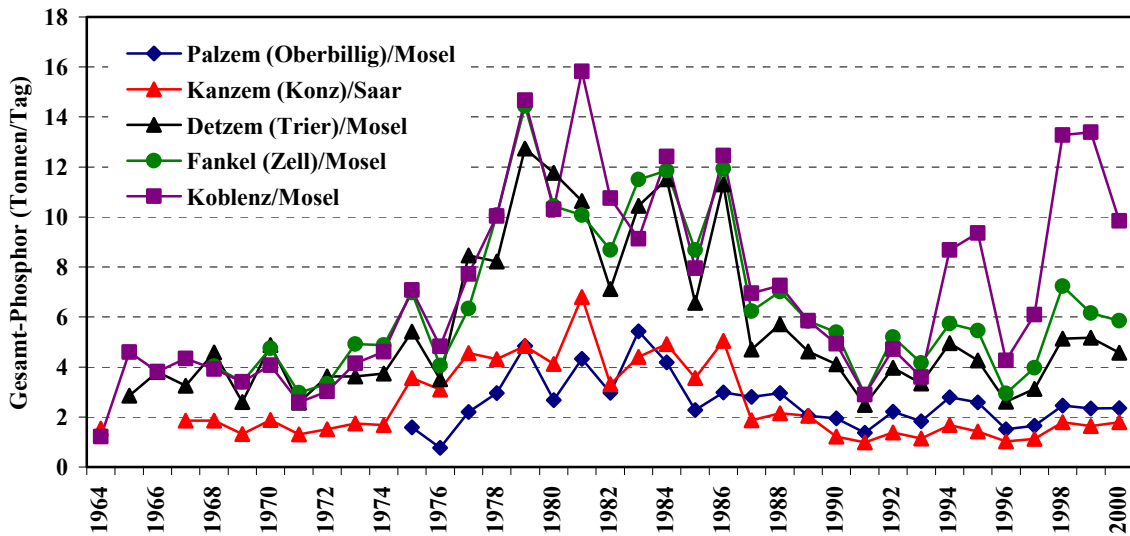


Abb. 35: Jahresmittelwerte des Gesamt-Phosphor-Transportes 1964 bis 2000

Die höchsten Phosphorkonzentrationen treten bei Niedrigwasser auf, was als Hinweis auf Punktquellen (Kläranlagen) als wichtigen Eintragspfad gewertet wird. Die Phosphortransporte werden dagegen wesentlich von höheren Abflüssen beeinflusst, wie Abb. 36 verdeutlicht. Die Reduzierung der gesamten Phosphoremissionen in Mosel und Saar beträgt von 1985 bis 1995 mehr als 20% [40]. Der Anteil der diffusen P-Einträge wird auf rund 40% geschätzt (vgl. Tab. 8) [37, 40].

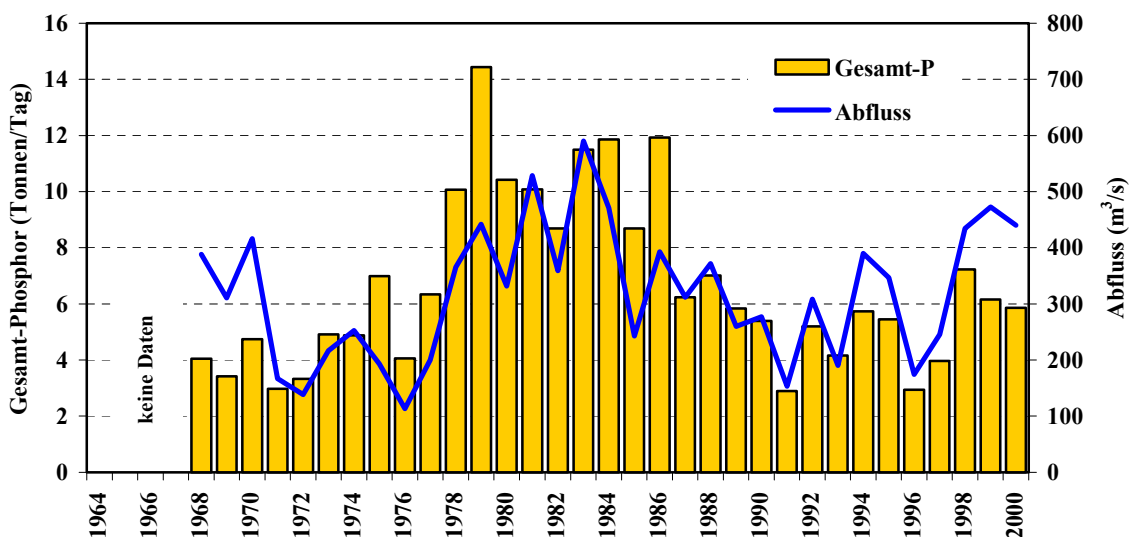


Abb. 36: Jahresmittel der Gesamt-Phosphor-Transporte und des Abflusses in der Mosel bei Fankel

Im Vergleich zum Stickstoff weichen beim Gesamtphosphor die Angaben für die Emissionen und die Schätzungen der Frachten aufgrund von Immissionswerten stärker ab (vgl. Tab. 8). Die ermittelten Frachten betragen beim Phosphor nur rund 50% der geschätzten Emissionen. Dies hängt möglicherweise auch mit der, im Vergleich zum Stickstoff, höheren P-Retention der Flusssysteme zusammen [37].

Die Anteile der einzelnen Teileinzugsgebiete an der Gesamt-Phosphorfracht der Mosel sind in Abb. 37 dargestellt. Im Mittel der Jahre 1990 bis 2000 ergibt sich für die Obermosel eine Phosphorfracht von mehr als 40%. Die Saar trägt rund 28% zu der Gesamtfracht bei. Mit 3 bis 19% (Mittel 9%) ist der Anteil von Sauer, Kyll und dem Großraum Trier stark schwankend. Die Mittelmosele erreicht einen Frachtanteil von durchschnittlich 20%.

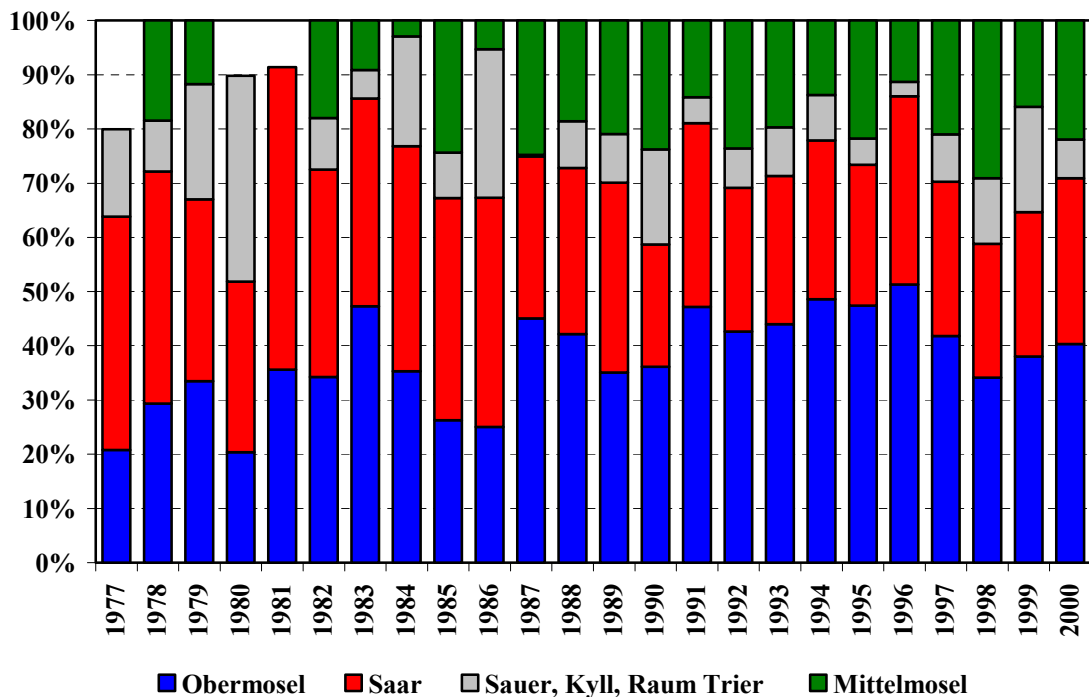


Abb. 37: Anteil der Teileinzugsgebiete an der Gesamt-P-Fracht der Mosel bei Fankel

Hinsichtlich der Ortho-Phosphat-Phosphor-Konzentrationen ergibt sich ein dem Gesamtphosphor vergleichbares Bild. In Mosel und Saar liegt $\text{PO}_4\text{-P}$ überwiegend in der chem.

Gütekategorie III. In den achtziger Jahren trat auch die chem. Gütekategorie III-IV auf. Im Jahr 2000 lagen in der Mosel die 90-Perzentilwerte unter bzw. gleich 0,2 mg PO₄-P/l und damit in der Gütekategorie II-III (Tab. 11).

Tab. 11: Ortho-Phosphat-Phosphor mg P/l (90-Perzentile)					
Einzelproben chem. Gütekategorie II (Zielvorgabe) : ≤ 0,10 mg/l					
	Mosel Palzem	Saar Kanzem (Konz)	Mosel		
			Detzem	Fankel (Zell)	Koblenz
1979	0,24	0,42	0,35	0,31	0,32
1980	0,22	0,47	0,37	0,38	0,40
1981	0,22	0,75	0,40	0,33	0,40
1982	0,23	0,34	0,29	0,30	0,30
1983	0,24	0,32	0,35	0,34	0,40
1984	0,25	0,36	0,25	0,25	0,31
1985	0,42	0,52	0,45	0,48	0,47
1986	0,28	0,53	0,37	0,39	0,42
1987	0,20	0,24	0,24	0,33	0,33
1988	0,37	0,40	0,31	0,40	0,40
1989	0,41	0,40	0,35	0,42	0,48
1990	0,29	0,43	0,34	0,39	0,39
1991	0,25	0,40	0,29	0,30	0,29
1992	0,25	0,30	0,26	0,25	0,25
1993	0,27	0,31	0,27	0,27	0,28
1994	0,25	0,24	0,22	0,22	0,30
1995	0,26	0,25	0,22	0,25	0,36
1996	0,26	0,33	0,26	0,29	0,38
1997	0,23	0,28	0,22	0,25	0,29
1998	0,18	0,28	0,21	0,21	0,29
1999	0,21	0,25	0,20	0,23	0,27
2000	0,16	0,22	0,17	0,17	0,20
chem. Gütekategorie:					
		I	I-II	II	
		II-III	III	III-IV	IV

5.5 Chlorophyll a und Trophie

Mosel und Saar bieten als staureguliert Fließgewässer mit bei Niedrigwasser langen Aufenthaltszeiten und den vergleichsweise hohen Nährstoffgehalten (vgl. Kap. 5.4) die Randbedingungen, die eine starke Planktonentwicklung fördern. Hohe Phytoplanktondichten beeinflussen die Wasserbeschaffenheit u.a. durch Erhöhung des pH-Wertes, ausgeprägte Tag/Nachtgänge des Sauerstoffgehaltes und Sauerstoffverbrauch durch die im Gewässer

selbst gebildete organische Substanz. Zur Klassifizierung des Trophiezustandes von plankton-führenden Fließgewässern verwendet die LAWA ein Verfahren auf der Grundlage von Chlorophyll a-Konzentrationen [41]. Seit 1994 und für Koblenz ab 1996 liegen von Mosel und Saar die Analysen des Chlorophyll-a in der geforderten Häufigkeit vor (14-tägige Proben-nahme während der Vegetationszeit). Die Klassifikation erfolgt anhand der Auswertung dreier Vegetationsperioden. Wie Tab. 12 zeigt, sind Mosel und Saar in die Trophieklasse II (eutroph) einzustufen. Für den Zeitraum 1998 bis 2000 indizieren die Chlorophyll a-Konzentrationen für die Probestellen Palzem, Detzem und Koblenz einen mesotrophen Zustand.

Tab. 12: Trophieklassifikation 1994 bis 2000					
			1994-1996	1997-1999	1998-2000
Palzem	Mittel	Chl. a µg/l	22,3	13,7	7,1
		Trophieklasse	II	II	I-II (II)
	90-Perzentil	Chl. a µg/l	63,7	40,4	15,7
		Trophieklasse	II	II	I-II
Detzem	Mittel	Chl. a µg/l	20,5	10,6	7,3
		Trophieklasse	II	II	I-II (II)
	90-Perzentil	Chl. a µg/l	57,3	21,0	16,1
		Trophieklasse	II	II	I-II
Fankel	Mittel	Chl. a µg/l	20,7	10,8	9,0
		Trophieklasse	II	II	II
	90-Perzentil	Chl. a µg/l	66,4	36,0	27,6
		Trophieklasse	II	II	II
Koblenz	Mittel	Chl. a µg/l		8,9	6,9
		Trophieklasse		II	I-II
	90-Perzentil	Chl. a µg/l		26,2	17,4
		Trophieklasse		II	I-II
Kanzem/Saar	Mittel	Chl. a µg/l	20,1	15,6	10,0
		Trophieklasse	II	II	II
	90-Perzentil	Chl. a µg/l	44,8	33,7	21,4
		Trophieklasse	II	II	II (I-II)

Insbesondere in den Jahren 1994 bis 1997 wurden in Mosel und Saar deutliche Phytoplanktonmassenentwicklungen, mit maximalen Chlorophyll a-Gehalten von zum Teil weit mehr als 100 µg Chlorophyll a pro Liter, beobachtet (Abb. 38). Nährstofflimitierungen (Phosphor als Schlüsselfaktor) sind in Mosel und Saar nicht vorhanden. Der sichtbare Rückgang der Chlorophyll-Konzentrationen seit Beginn der neunziger Jahre (vgl. Abb. 39) ist sehr wahrscheinlich auf andere Ursachen zurückzuführen. Im Jahresverlauf treten die maximalen Algengehalte in der Regel im Frühjahr auf. In Mittelgebirgsflüssen wird die Frühjahrsblüte des Phytoplanktons vor allem durch die hydrologischen und meteoro-

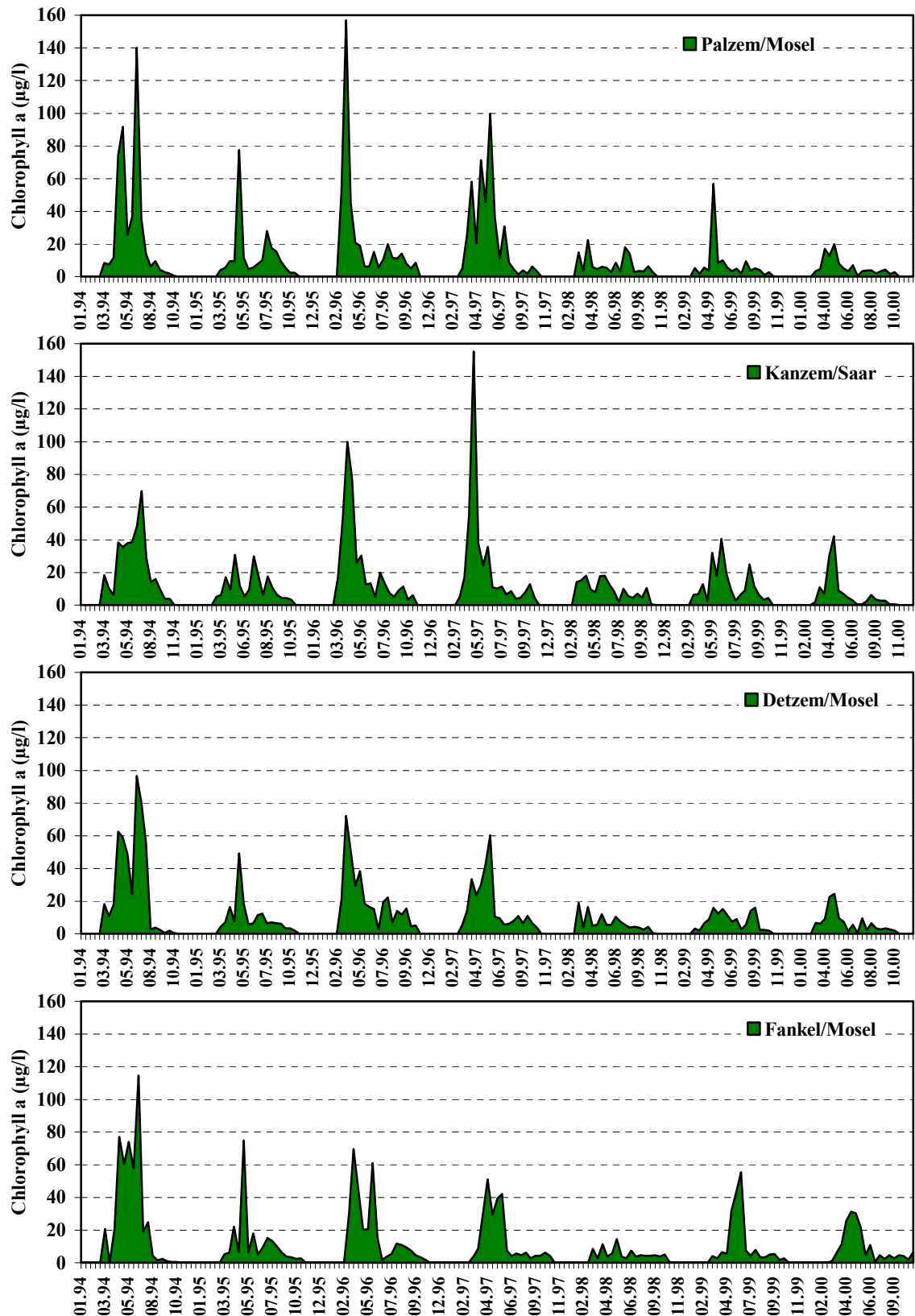


Abb. 38: Chlorophyll a-Konzentrationen 1994 bis 2000

logischen Faktoren gesteuert. Die Planktonentwicklung bei länger andauernden Niedrigwasserphasen im Sommer wird hingegen in erster Linie von biologischen Faktoren (Grazing durch Zooplankton bzw. Zoobenthos) und der Größe der „Startpopulation“ (Animpfung) beeinflusst. In den Jahren 1998 bis 2000 dürften die im Frühjahr bzw. im Frühsommer vergleichsweise geringen Algengehalte durch die für das Planktonwachstum ungünstigen Abfluss- und Witterungsverhältnisse bedingt gewesen sein.

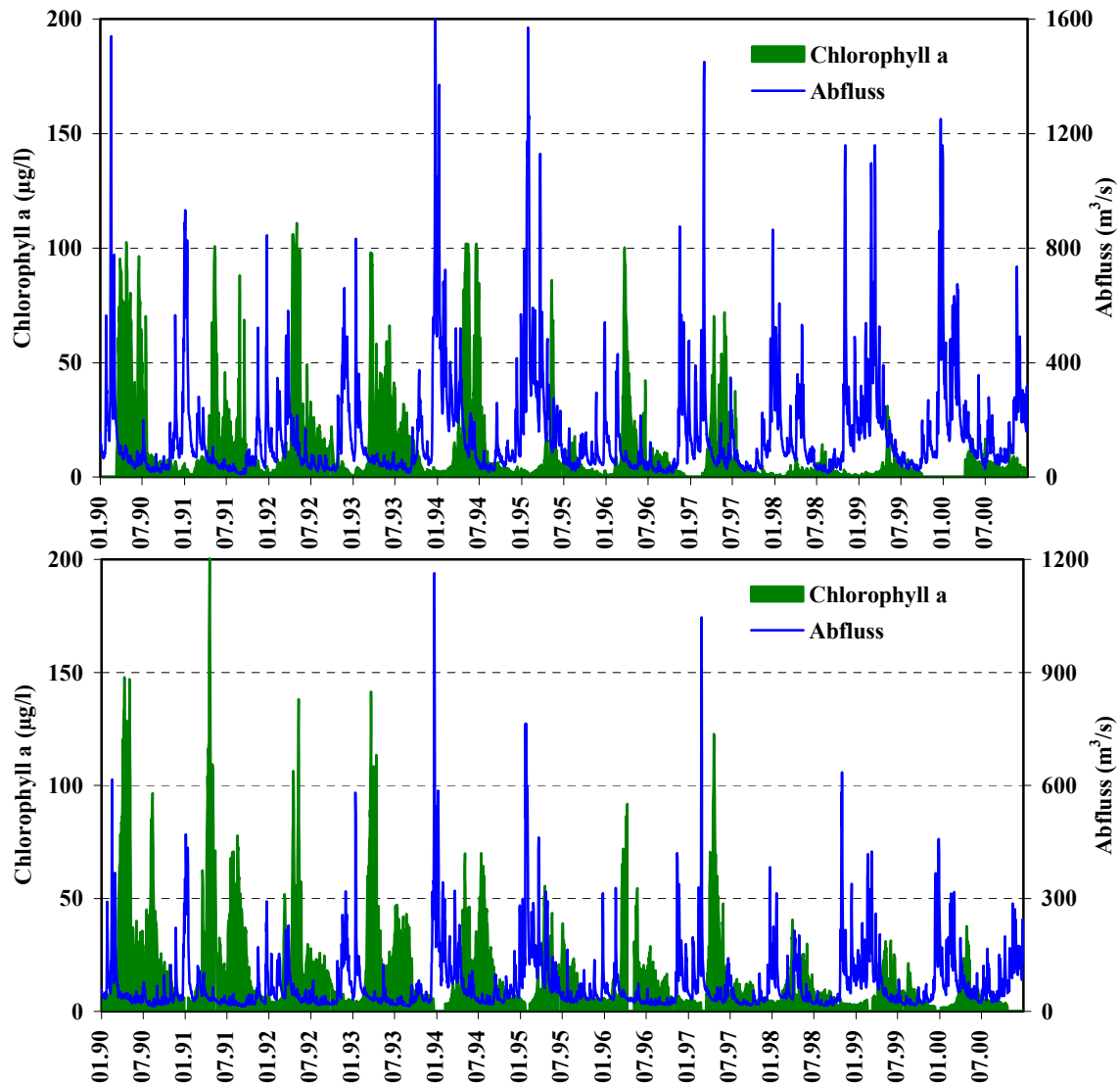


Abb. 39: Ganglinien der Chlorophyll-a-Fluoreszenz (umgerechnet auf µg/l) der Mosel bei Palzem (oben) und der Saar bei Kanzem (unten) 1990 bis 2000

Auch der Vergleich der Sauerstoffganglinien in Mosel und Saar von Anfang der achtziger bis etwa Mitte der neunziger Jahre [36, 42,] mit den aktuellen O₂-Jahresgängen weist auf die in den letzten Jahren geringen Algengehalte hin. Besonders deutlich ist hierbei der Rückgang der Phytoplanktonentwicklung in den (Hoch-) Sommermonaten, wie die gegenüber früheren Jahren seltenen und schwach ausgeprägten O₂-Übersättigungen verdeutlichen. Eine mögliche Erklärung für diese Änderung der jahreszeitlichen Dynamik in der Algenentwicklung könnte in der Steigerung des Grazings („Fraßdruck“) durch das Makrozoobenthos liegen. Vor allem in den nicht zu Großschifffahrtsstraßen ausgebauten Streckenabschnitten (z.B. alter Ausbauzustand der Saar oberhalb Saarbrücken, Wiltinger Saarbogen, französische Mosel zwischen Metz und Thionville) können die Verluste des Phytoplanktons durch benthische Großfiltrierer (Muscheln wie *Dreissena polymorpha*, *Unio* sp., *Corbicula* sp.) bedeutend sein. Da diese Flussabschnitte in den achtziger Jahren noch relativ stark saprobiell und möglicherweise auch durch toxische Stoffe belastet waren, ist denkbar, dass sich erst im letzten Jahrzehnt größere Populationen dieser (Groß-) Muscheln ausgebildet haben. Hinzu kommt, dass die Körbchenmuschel (*Corbicula* sp.), die als Bewohner der Kies- und Sandflächen eine ökologische Nische besiedelt, erst ab etwa Mitte der neunziger Jahre in Mosel und Saar in höheren Dichten auftrat [43]. Zeitgleich scheint ein Rückgang der Zooplanktonentwicklung in Mosel und Saar einzusetzen [42, 44].

Untersuchungen zur Artenzusammensetzung und jahreszeitlichen Sukzession des Planktons von Mosel und Saar werden im Plankton-Monitoring der IKSMS durchgeführt [44]. Das Phytoplankton von Mosel und Saar wird von zentrischen Kieselalgen (Diatomeen) gebildet, subdominant sind Grünalgen und Schlundflagellaten (Cryptophyceen). In der Mosel treten dabei Phytoplankter, die höhere Elektrolytkonzentrationen tolerieren, stärker in Erscheinung als in der Saar.

5.6 Chlorid und Sulfat

Die Chloridkonzentrationen und -frachten in der Mosel werden vor allem aus den Produktionsrückständen der Sodafabriken im Raum Nancy bestimmt. Hohe Chloridkon-

zentrationen werden daher in Rheinland-Pfalz insbesondere in Palzem gemessen. Hier wird überwiegend chemische Güteklasse III-IV festgestellt. Anfang der siebziger Jahre lagen die 90-Perzentile auch in der chemischen Güteklasse IV.

Tab. 13: Chlorid mg/l (90-Perzentile)					
Einzelproben (ab 1990 in Palzem, Kanzem und Koblenz tägl. Werte) chem. Güteklasse II (Zielvorgabe) : ≤ 100 mg/l					
	Mosel Palzem (Oberbillig)	Saar Kanzem (Konz)	Mosel		
			Detzem (Trier)	Fankel (Zell)	Koblenz
1965	-	261	334	-	243
1966	-	257	283	-	252
1967	-	272	385	-	381
1968	474	182	325	236	262
1969	728	227	415	312	334
1970	666	201	388	314	377
1971	1078	308	642	548	527
1972	811	468	522	499	386
1973	782	415	702	548	450
1974	969	375	566	565	543
1975	439	354	386	359	296
1976	602	441	475	404	395
1977	437	347	299	333	289
1978	480	285	309	302	317
1979	462	225	284	268	265
1980	414	241	279	266	258
1981	392	230	222	224	221
1982	382	231	267	249	262
1983	346	185	211	207	209
1984	409	152	235	201	223
1985	401	167	235	232	220
1986	403	138	254	262	259
1987	323	105	200	194	216
1988	375	158	232	213	207
1989	436	184	261	236	218
1990	502	200	274	264	274
1991	553	236	298	317	315
1992	511	189	275	245	246
1993	454	186	269	264	247
1994	403	163	233	223	215
1995	425	135	259	242	232
1996	525	192	308	302	294
1997	475	160	261	245	248
1998	440	163	234	242	227
1999	425	150	252	242	243
2000	369	91	187	196	191
chem. Güteklasse:	I I-II II II-III III III-IV IV				

Infolge der Verdünnung durch die Zuflüsse von Saar und Sauer gehen die Chloridkonzentrationen in der Mosel zurück. Die 90-Perzentile indizieren die chem. Güteklasse III (in den siebziger Jahren zeitweise auch Güteklasse III-IV). Im Jahr 2000 wird die von den IKSMS für die Mosel bei Koblenz festgelegte Zielvorgabe von 200 mg Chlorid pro Liter (90-Perzentilwert) erstmals seit Beginn der Messungen unterschritten. Nach der chemischen Güteklassifikation der LAWA bewegen sich die 90-Perzentile der Chloridkonzentrationen

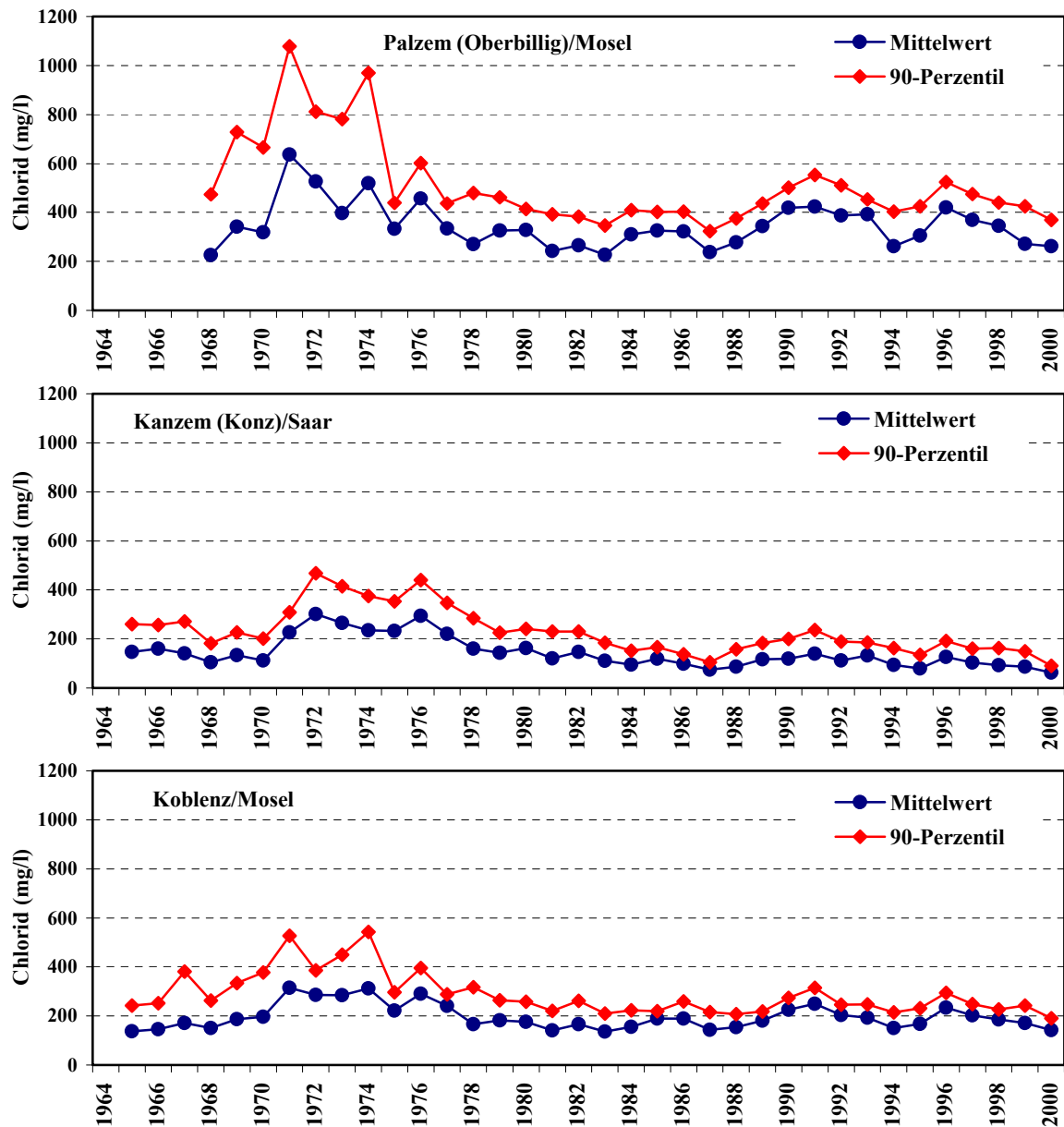


Abb. 40: Chloridkonzentrationen in der Mosel bei Palzem und Koblenz sowie der Saar bei Kanzem

im Jahr 2000 in der Mosel unterhalb der Saar im oberen Bereich der Güteklasse II-III. Abb. 40 zeigt die Wirkung der Inbetriebnahme der Auffangbecken für die Abwässer der Sodafabriken Anfang der siebziger Jahre: Die Spanne zwischen den 90-Perzentilen und den Jahresmittelwerten wird geringer. Gleichzeitig wird der Anstieg der Chloridkonzentrationen insbesondere in der Mosel bei Palzem in Zeiten geringer Wasserführung (z.B. 1989 bis 1993, 1996) deutlich.

In der Saar werden die Chloridgehalte bis 1982 überwiegend in die chem. Güteklasse III (1972, 1973 und 1976 auch in die Klasse III-IV) eingestuft. Von 1983 bis 1999 überwiegt die chem. Güteklasse II-III. Der Rückgang der Chloridkonzentrationen in der Saar hängt wahrscheinlich mit der Reduzierung der Einleitungen von Grubenwässern aus dem Kohlebergbau zusammen. Im Jahr 2000 wird zum ersten Mal in der Saar die Zielvorgabe der LAWA eingehalten.

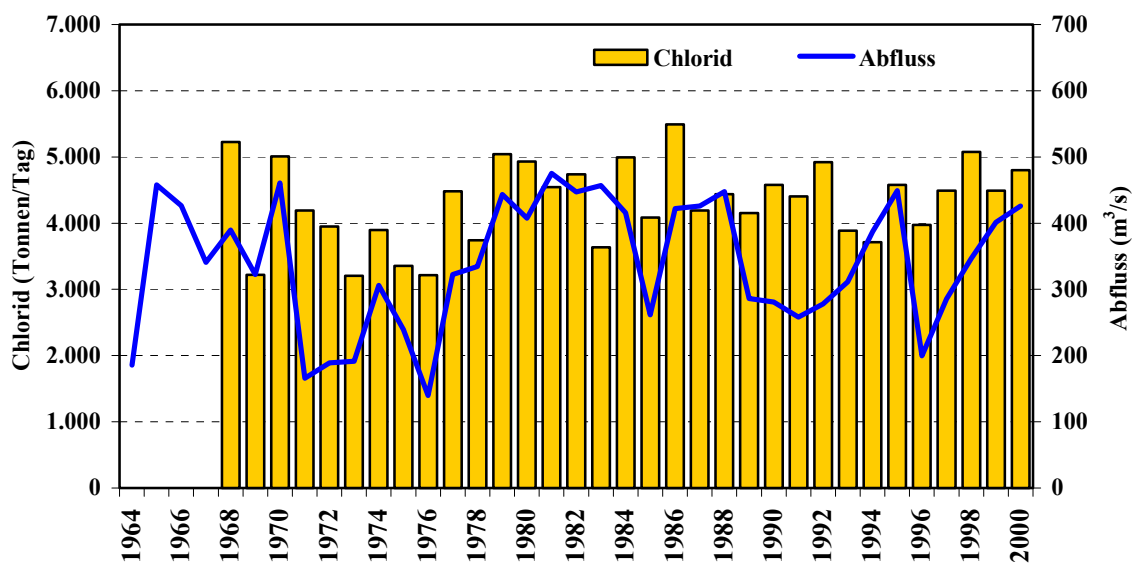


Abb. 41: Jahresmittelwerte der Chloridtransporte und des Abflusses in der Mosel bei Koblenz (Daten: Deutsches Untersuchungsprogramm Rhein, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz)

Die Chloridtransporte der Mosel bei Koblenz schwanken im Jahresmittel zwischen ca. 3.200 Tonnen/Tag und rund 5.500 Tonnen/Tag (Abb. 41). Die auf der Basis von Tagesmischproben aus Palzem und Kanzem, die von der Regionalstelle WAB Trier der SGD Nord analysiert wurden, und den kontinuierlichen Chloridmessungen der BfG in Koblenz/Mosel ermittelten Chloridtransporte der Mosel (Abb. 42) verdeutlichen nochmals die bekannte Tatsache, dass

der weitaus größte Anteil der Chloridfracht aus dem französischen Einzugsgebiet der Mosel stammt. Der Chloridtransport der Saar ist mit durchschnittlich 400 bis 500 Tonnen Chlorid pro Tag konstant und erreicht 10% bis 15% des Transportes der Mosel bei Palzem.

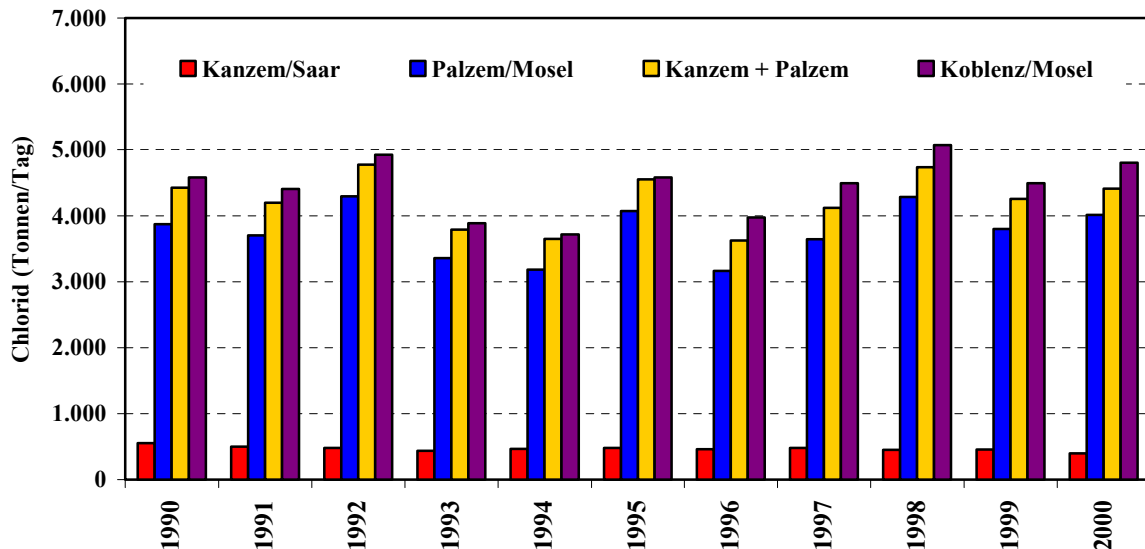


Abb. 42: Jahresmittelwerte des Chloridtransportes von Mosel und Saar (Datenbasis: Tageswerte aus Tagesmischproben bzw. kontinuierlicher Messung)

Die Sulfatkonzentrationen in Mosel und Saar sind auch infolge der Geologie des Einzugsgebietes, Gips- und Anhydridvorkommen in den Kalk- und Keuperformationen besonders des Lothringischen Schichtstufenlandes, erhöht. Auf Grund der 90-Perzentilwerte sind Mosel und Saar überwiegend in die chem. Güteklasse II-III einzustufen (Tab. 14). Weitere mögliche zum Teil früher bedeutsame Quellen für Sulfat sind das Vorkommen in Kunstdünger, die atmosphärische Deposition (Kohlekraftwerke) und die Bergwerksentwässerung. In der Saar ist eine Reduzierung der Sulfatkonzentrationen (90-Perzentile) von etwa 250 mg/l Anfang der siebziger Jahre auf zur Zeit ca. 150 mg/l festzustellen.

Tab. 14: Sulfat mg/l (90-Perzentile)					
Einzelproben chem. Güteklasse II (Zielvorgabe) : ≤ 100 mg/l					
	Mosel Palzem (Oberbillig)	Saar Kanzem (Konz)	Mosel		
			Detzem (Trier)	Fankel (Zell)	Koblenz
1965	-	151	122	-	115
1966	-	144	146	-	111
1967	-	137	132	-	120
1968	140	161	135	121	123
1969	173	165	148	135	139
1970	130	184	137	133	133
1971	211	253	196	190	166
1972	172	280	201	163	153
1973	152	251	172	147	153
1974	169	254	187	164	169
1975	148	178	151	139	165
1976	205	207	196	169	179
1977	186	211	151	149	152
1978	163	187	157	154	141
1979	151	176	149	154	144
1980	124	143	118	106	108
1981	112	144	111	110	108
1982	115	158	116	119	114
1983	166	182	152	141	143
1984	128	154	130	123	111
1985	177	171	153	147	145
1986	130	151	123	118	105
1987	132	126	104	96	100
1988	150	163	129	128	126
1989	150	167	141	129	127
1990	163	150	133	127	126
1991	171	153	141	141	139
1992	161	155	140	134	125
1993	134	148	130	131	121
1994	143	147	129	128	175
1995	132	136	123	124	135
1996	169	149	136	128	203
1997	146	137	126	117	123
1998	152	131	125	123	137
1999	191	139	141	131	149
2000	154	111	119	109	111
chem. Güteklasse:					
		I	I-II	II	
		II-III	III	III-IV	IV

5.7 Schwermetalle und Arsen

5.7.1 Übersicht

Grundlage für die chemische Güteklassifikation der Schwermetalle im Bewertungssystem der LAWA sind die Konzentrationen im Schwebstoff und zwar auf der Basis der 50-Perzentilwerte. Die IKSMS und die IKSRL beziehen ihre Zielvorgaben auf den 90-Perzentilwert (vgl. Tab. 3). Die Schwebstoffanalysen werden an Mosel und Saar seit 1994 (Mosel/Koblenz durch die BFG ab 1992) durchgeführt. Eine tabellarische Zusammenstellung der Mediane und 90-Perzentile der Schwermetallanalysen des Schwebstoffs enthält Tabelle 15.

Untersuchungen der Schwermetallkonzentrationen in der Wasserphase werden vom LfW an Mosel und Saar seit 1977 vorgenommen. Exemplarisch sind hier die Ganglinien ausgewählter Metalle für die Messstelle Koblenz dargestellt. Die Beurteilung der Schwermetallgehalte in der Wasserphase erfolgt nach den von der LAWA publizierten Vergleichswerten [25].

Tab. 15: Schwermetalle und Arsen, Schwebstoffuntersuchungen							
Element (mg/kg)	Jahr	Palzem/Mosel		Koblenz/Mosel		Kanzem/Saar	
		50-Perzentil	90-Perzentil	50-Perzentil	90-Perzentil	50-Perzentil	90-Perzentil
Blei	1992			137,0	179,6		
	1993			121,0	161,1		
	1994	86,9	130,5	110,5	143,3	85,6	120,1
	1995	86,0	101,5	117,5	143,6	87,3	112,3
	1996	79,1	95,4	94,0	132,0	73,5	101,2
	1997	67,1	88,9	93,5	121,7	80,7	115,4
	1998	75,0	96,8	92,0	109,2	76,4	94,8
	1999	82,7	105,1	82,0	143,3	78,8	97,2
	2000	92,4	117,6	84,0	116,7	86,0	101,9
Cadmium	1992			1,25	1,87		
	1993			1,12	1,65		
	1994	0,96	1,38	0,90	1,34	1,36	1,96
	1995	1,03	1,21	1,30	1,83	1,10	1,27
	1996	1,00	1,41	0,71	0,97	0,90	1,14
	1997	0,89	1,16	0,79	1,00	1,02	1,24
	1998	0,81	1,00	0,91	1,17	0,90	1,22
	1999	0,92	1,17	0,84	1,33	1,07	1,34
	2000	0,82	1,29	0,74	1,02	0,98	1,17
Chrom	1992			57,0	70,3		
	1993			69,0	124,0		
	1994	85,6	98,6	89,5	157,0	74,4	97,8
	1995	103,6	119,4	63,5	73,1	95,6	131,4
	1996	95,3	144,5	65,5	89,2	90,1	138,3
	1997	104,5	128,4	76,5	128,2	105,4	141,9
	1998	121,2	143,1	86,5	93,5	116,0	132,6
	1999	129,4	155,5	82,5	97,2	116,0	134,5
	2000	131,0	148,8	93,0	98,0	120,5	135,4
Kupfer	1992			71,0	95,0		
	1993			67,0	151,9		
	1994	67,2	104,0	66,5	142,4	59,0	89,1
	1995	72,0	94,2	60,0	76,3	61,0	71,0
	1996	73,4	101,6	73,0	119,6	50,8	66,9
	1997	53,4	76,5	60,5	132,6	46,4	63,2
	1998	58,0	66,3	60,5	161,2	44,8	65,0
	1999	67,0	76,2	69,0	177,7	56,8	69,0
	2000	61,0	77,9	58,0	67,0	59,4	69,2

Fortsetzung Tab. 15: Schwermetalle und Arsen, Schwebstoffuntersuchungen							
Element mg/kg	Jahr	Palzem/Mosel		Koblenz/Mosel		Kanzem/Saar	
		50-Perzentil	90-Perzentil	50-Perzentil	90-Perzentil	50-Perzentil	90-Perzentil
Nickel	1992			62,0	68,0		
	1993			62,0	86,1		
	1994	41,2	44,9	61,0	100,2	38,8	56,7
	1995	49,5	59,7	65,0	72,7	54,2	59,3
	1996	49,9	70,0	63,0	74,5	53,0	60,4
	1997	52,0	89,2	60,0	94,8	49,2	63,9
	1998	53,0	62,8	64,5	69,2	48,2	57,0
	1999	53,6	58,9	63,0	71,7	54,6	66,8
	2000	52,8	66,1	61,0	68,0	55,2	63,2
Quecksilber	1992			0,12	0,19		
	1993			0,16	0,33		
	1994	0,41	0,77	0,13	0,22	0,38	0,75
	1995	0,26	0,50	0,15	0,27	0,25	0,42
	1996	0,36	0,58	0,21	0,26	0,26	0,43
	1997	0,26	1,01	0,13	0,24	0,27	0,49
	1998	0,31	0,63	0,22	0,28	0,22	0,51
	1999	0,29	0,51	0,16	0,26	0,21	0,43
	2000	0,26	0,32	0,20	0,26	0,23	0,29
Zink	1992			604	694		
	1993			606	704		
	1994	739	928	543	662	477	593
	1995	759	920	581	666	472	611
	1996	842	975	596	716	383	460
	1997	1014	1240	582	679	387	614
	1998	681	1029	595	651	403	545
	1999	464	556	478	549	450	554
	2000	400	545	426	478	424	501
Arsen	1992			14,0	15,7		
	1993			16,5	22,6		
	1994	23,6	26,0	17,0	22,4	18,2	21,9
	1995	23,7	28,0	18,0	20,0	16,7	19,0
	1996	19,4	23,6	16,0	19,0	13,5	18,1
	1997	20,9	24,8	15,0	19,5	17,5	20,6
	1998	21,4	23,5	16,5	20,2	16,6	21,5
	1999	22,9	31,9	18,0	20,5	17,8	23,6
	2000	25,4	27,2	19,0	22,0	22,8	25,3

5.7.2 Blei

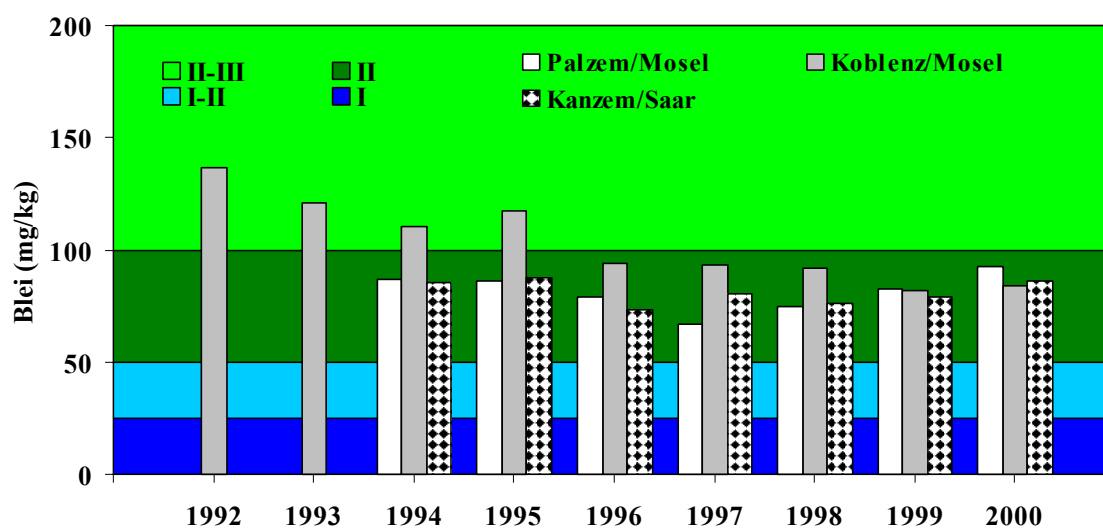


Abb. 43: Bleikonzentration im Schwebstoff (50-Perzentilwerte) hinterlegt mit den LAWA-Güteklassen

Die Bleigehalte der Schwebstoffe aus der Mosel (Palzem und Koblenz) und der Saar sind aktuell in die LAWA-Güteklasse II einzustufen. Die Zielvorgabe wird in Koblenz ab 1996 und in Palzem und Kanzem seit 1994 (Beginn der Messungen) eingehalten. Wie die Ganglinie für die Mosel bei Palzem (Abb. 44) zeigt, ist kein Trend in der Entwicklung der Bleikonzentrationen im Schwebstoff ersichtlich. Höhere Bleigehalte im Schwebstoff sind

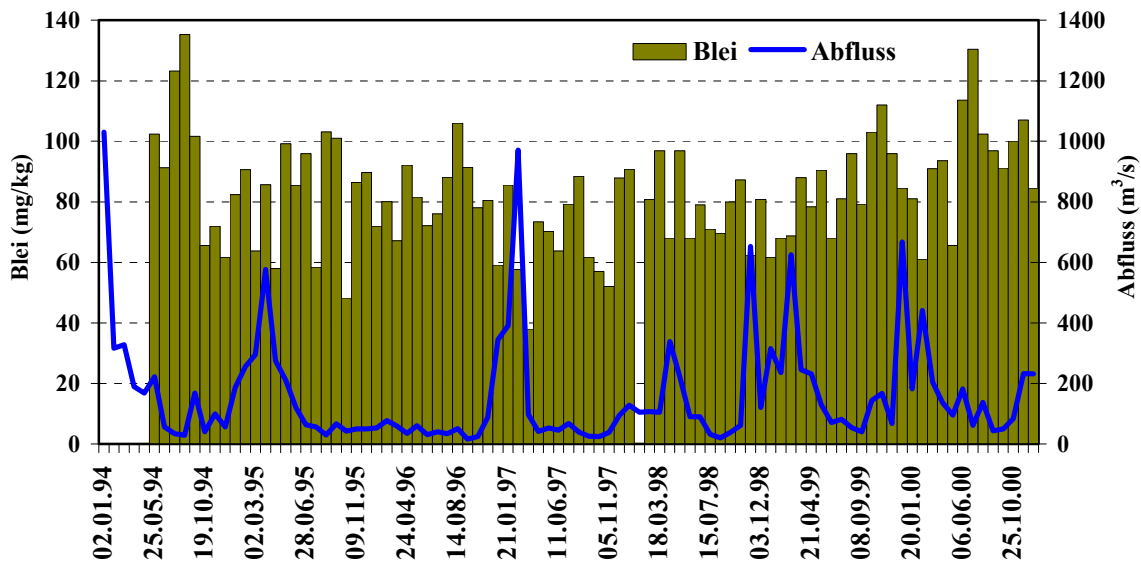


Abb. 44: Blei (mg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem

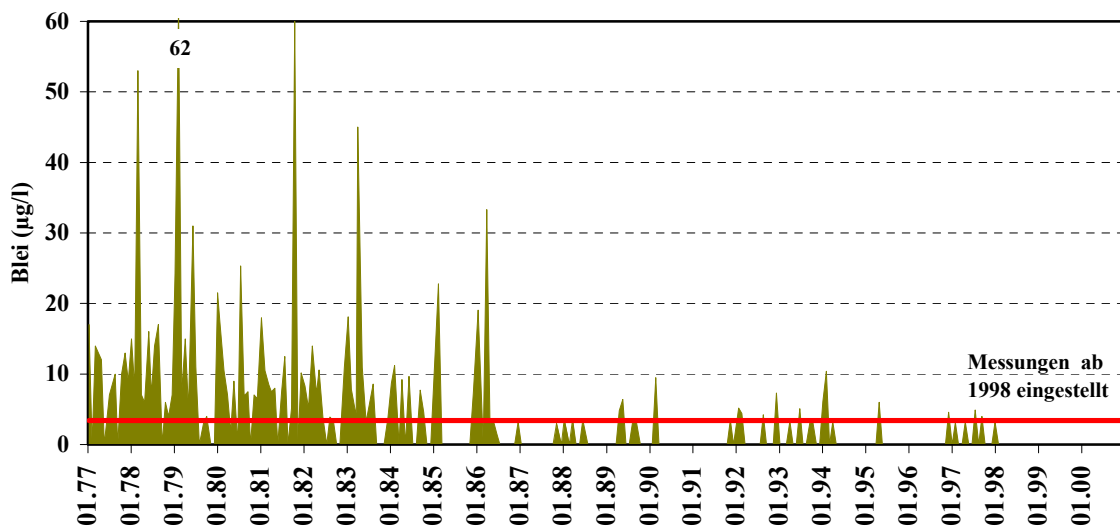


Abb. 45: Blei (µg/l) in der Mosel bei Koblenz. Monatliche bzw. 28-tägige Stichproben. Dargestellt sind nur Werte größer der Bestimmungsgrenze von 3 µg/l. Rote Linie: Zielvorgabe Wasserphase (3,4 µg Pb/l) [25].

tendenziell bei relativ geringen Abflüssen und Schwebstoffgehalten zu beobachten. Deutlich wird der starke Rückgang der Gesamt-Bleigehalte der Mosel ab 1986 (Abb. 45). Die Entwicklung in der Saar verläuft parallel, wobei die Bleikonzentrationen bis Mitte der achtziger Jahre auf einem höheren Niveau liegen als in der Mosel. Die Bleieinleitungen wurden im Einzugsgebiet von Mosel und Saar von 1983 bis 1995 um über 60% reduziert [35]. Für das Jahr 1995 wurden sie auf ca. 10,6 Tonnen geschätzt. Die Wirkung des Benzinbleigesetzes, das 1984 in Kraft trat und eine Verminderung der atmosphärischen Bleiemissionen in Deutschland von bis zu 65% im Zeitraum von 1985 bis 1995 zur Folge hatte [45], sowie der Rückgang belasteter Sedimente sind wahrscheinlich Ursache dieser Entwicklung. Hier könnten auch die infolge des Ausbaus der Saar zur Großschifffahrtsstraße entnommenen bzw. abtransportierten höher belasteten Sedimente in den Stauhaltungen früherer Ausbauzustände eine Rolle gespielt haben.

5.7.3 Cadmium

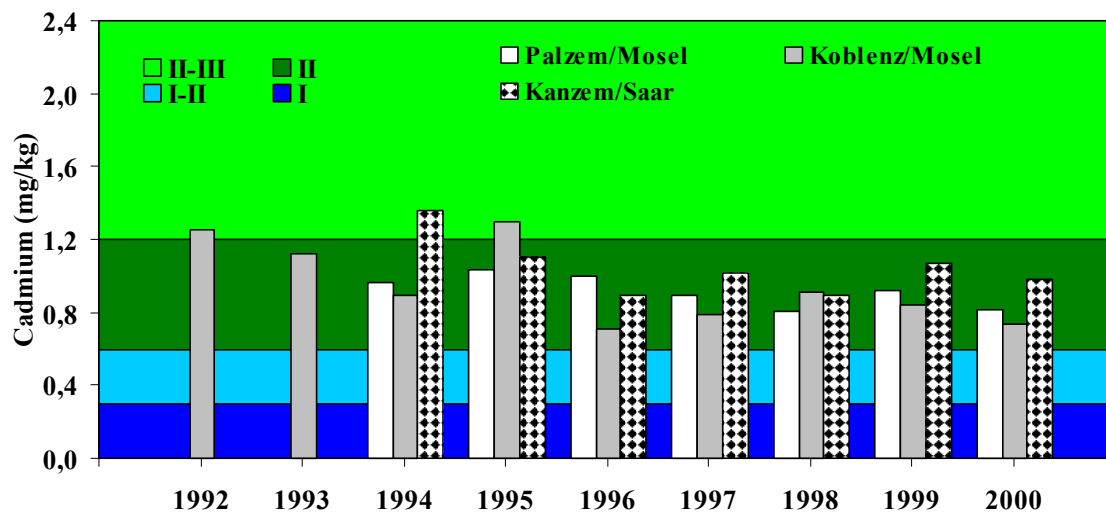


Abb. 46: Cadmiumkonzentration im Schwebstoff (50-Perzentilwerte) hinterlegt mit den LAWA-Güteklassen

Die Cadmiumgehalte im Schwebstoff halten seit 1996 in Mosel und Saar die Zielvorgabe der LAWA ein. Im Jahr 1994 wurde die Saar bei Kanzem in die Güteklasse II-III eingestuft. Die 50-Perzentile der Cadmiumkonzentrationen des Schwebstoffs aus der Mosel bei Koblenz lagen 1992 und 1995 in der LAWA-Güteklasse II-III.

Die starke Verminderung der Cadmiumkonzentrationen in der Wasserphase wird aus Abb. 48 ersichtlich. Von 1990 bis 1997 wurde in Einzelproben aus der Mosel bei Koblenz nur sehr selten die Bestimmungsgrenze für Cadmium (0,3 bzw. 0,1 µg/l) überschritten. Nach [35] wurden die Cadmumeinleitungen von 1983 bis 1995 um rund 64% auf etwa 630 kg pro Jahr reduziert.

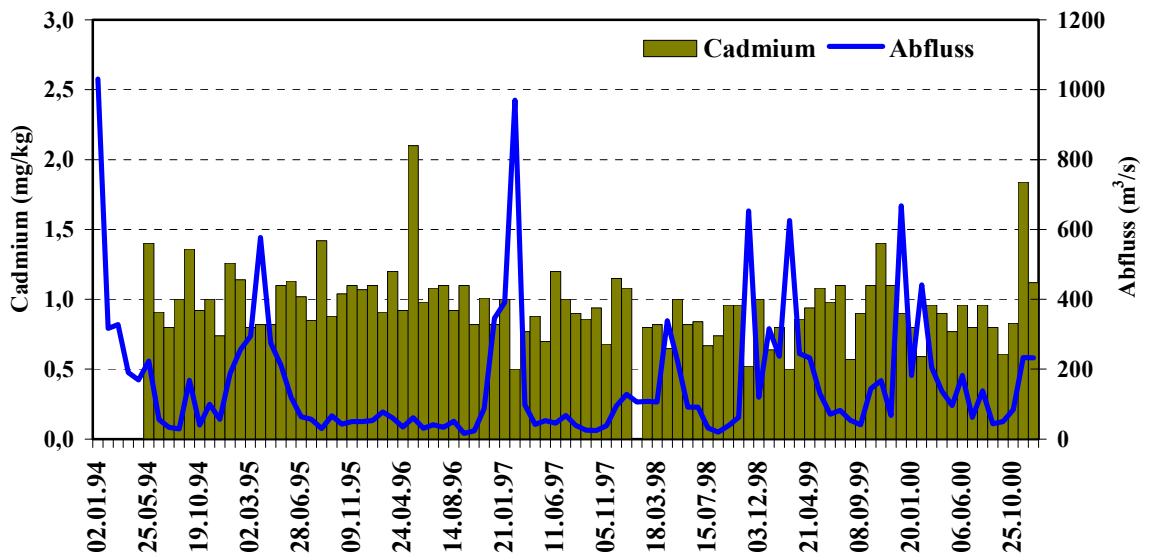


Abb. 47: Cadmium (mg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem

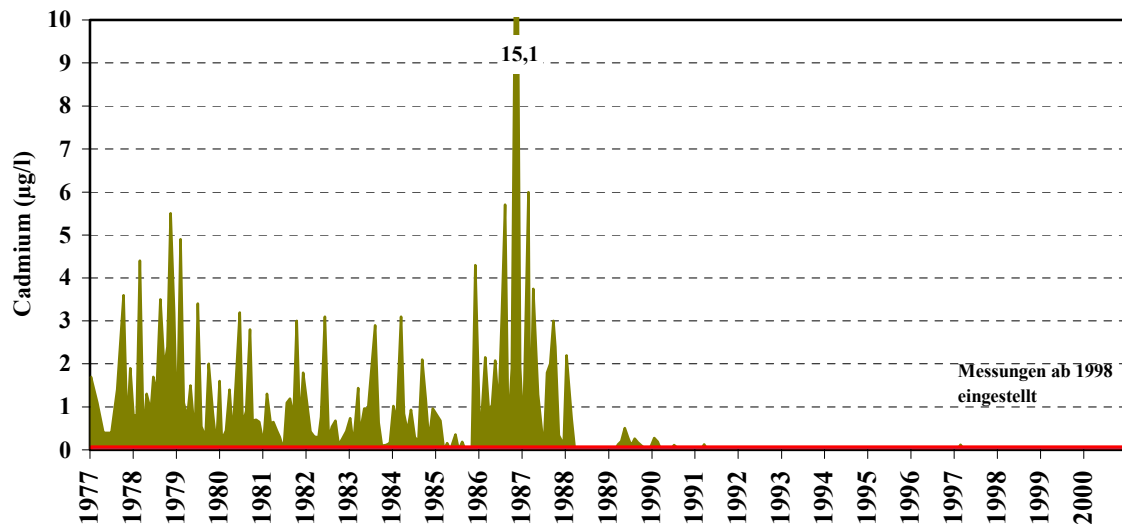


Abb. 48: Cadmium (µg/l) in der Mosel bei Koblenz. Monatliche bzw. 28-tägige Stichproben. Dargestellt sind nur Werte größer Bestimmungsgrenze (0,3 bzw. 0,1 µg/l). Rote Linie: Zielvorgabe Wasserphase (0,072 µg Cd/l) [25].

Cadmium ist ein prioritärer gefährlicher Stoff und Blei ein zu prüfender prioritärer gefährlicher Stoff der EU-WRRL. Gemäß Art. 16 Abs. (7) der WRRL schlägt die EU-Kommission Qualitätsnormen für die Konzentrationen der prioritären Stoffe in Oberflächenwasser, Sedimenten oder Biota vor. Im Projektbericht der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe über die „Ableitung von Qualitätszielen für Kandidatenstoffe der prioritären Liste für die EU- Wasserrahmenrichtlinie“ [46] werden für Blei eine Qualitätsnorm von 3,4 µg/l und für Cadmium eine Qualitätsnorm von 0,07 µg/l vorgeschlagen. Ein Vergleich mit Konzentrationen, die aus den Schwebstoffanalysen berechnet wurden, zeigt, dass die Jahresmittel und Mediane von Mosel und Saar im Zeitraum von 1992 bis 2000 diese Qualitätsnorm-Vorschläge sicher unterschreiten. Die 90-Perzentile sind in einigen Jahren höher als die empfohlenen Qualitätsnormen.

5.7.4 Chrom

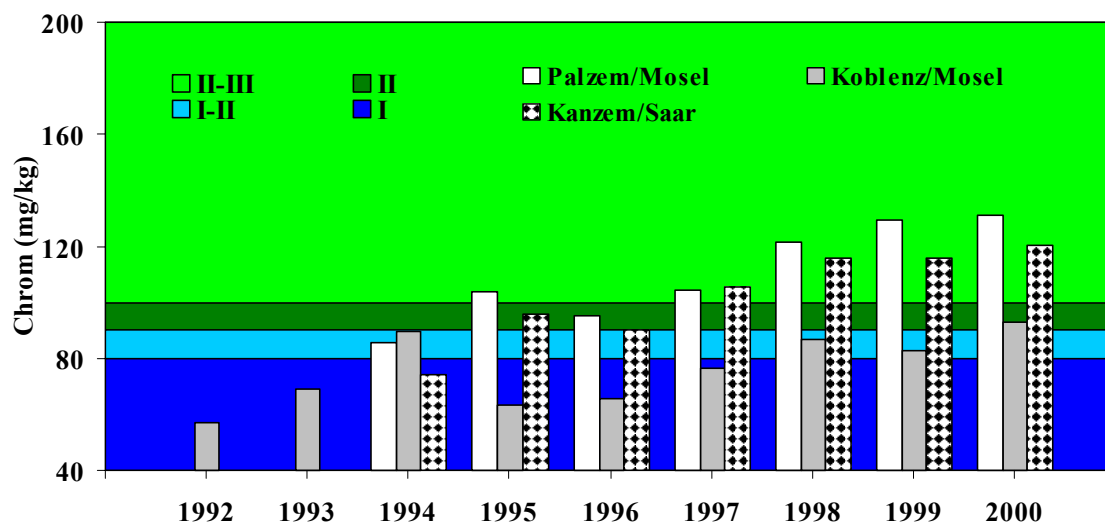


Abb. 49: Chromkonzentration im Schwebstoff (50-Perzentilwerte) hinterlegt mit den LAWA-Güteklassen

Die 50-Perzentilwerte der Chromgehalte im Schwebstoff steigen in Mosel und Saar seit Mitte der neunziger Jahre tendenziell an, während die 90-Perzentilwerte in etwa auf gleichem Niveau stagnieren. Die Zielvorgabe der LAWA von 100 mg Chrom/kg Schwebstoff (50-Perzentil) wird aktuell nur in den Proben aus der Mosel bei Koblenz eingehalten, wobei auch dort die Chromgehalte (im Median) zunehmen. Seit 1997 werden die Mosel bei Palzem und die Saar bei Kanzem in die chem. Güteklasse II-III eingestuft.

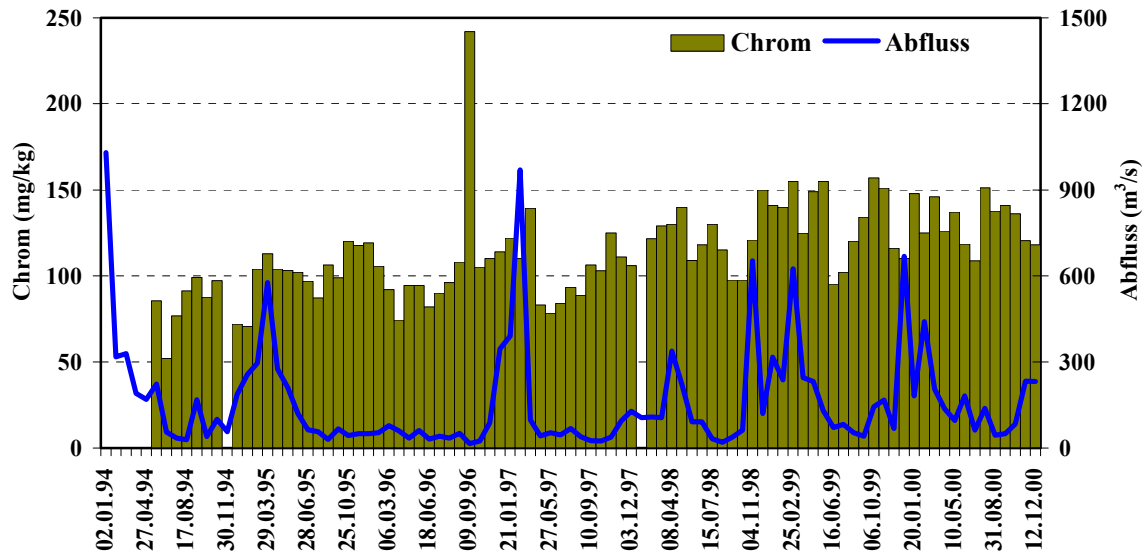


Abb. 50: Chrom (mg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem

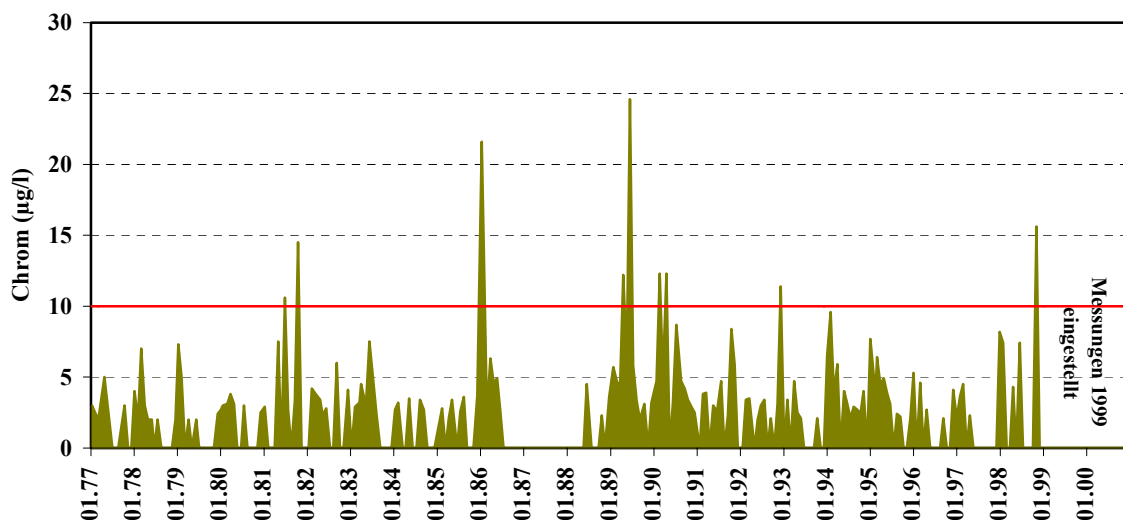


Abb. 51: Chrom ($\mu\text{g/l}$) in der Mosel bei Koblenz. Monatliche bzw. 28-tägige Stichproben. Dargestellt sind nur Werte größer Bestimmungsgrenze ($2,0 \mu\text{g/l}$). Rote Linie: Zielvorgabe Wasserphase ($10,0 \mu\text{g Cr/l}$) [25].

Die Chromkonzentrationen in der Wasserphase (Abb. 51) zeigen keine deutliche Tendenz, obwohl die Chromeinleitungen im Einzugsgebiet von Mosel und Saar von 1983 bis 1995 von rund 56 t/Jahr auf 5,3 t/Jahr reduziert wurden [35]. Die Zielvorgabe der LAWA für die Wasserphase (Überwachung mit dem 50-Perzentil) wird jedoch sicher eingehalten.

Der Anstieg der durchschnittlichen Chromgehalte im Schwebstoff ist möglicherweise auf Effekte der Erosion zurückzuführen, da diese mit einem Anteil von 30 bis 36% an den Gesamtemissionen den wichtigsten Eintragspfad für dieses Schwermetall darstellt [47, 48]. Fast die gleiche Größenordnung an den Gesamtemissionen erreicht die geogene Hintergrundbelastung [48].

5.7.5 Kupfer

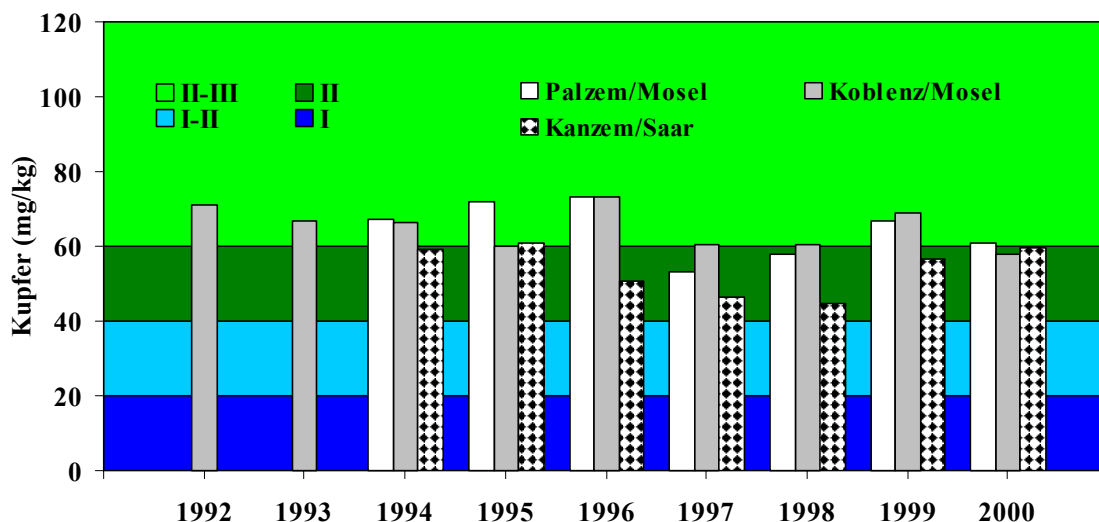


Abb. 52: Kupferkonzentration im Schwebstoff (50-Perzentilwerte) hinterlegt mit den LAWA-Güteklassen

Die Kupfergehalte im Schwebstoff sind in der Mosel in der Regel etwas höher als in der Saar bei Kanzem, wo mit Ausnahme von 1995 die Zielvorgabe eingehalten wird. In der Mosel bei Palzem wird in den Jahren 1997 und 1998 die chemische Güteklasse II erreicht. In Koblenz ist dies 1995 und 2000 der Fall.

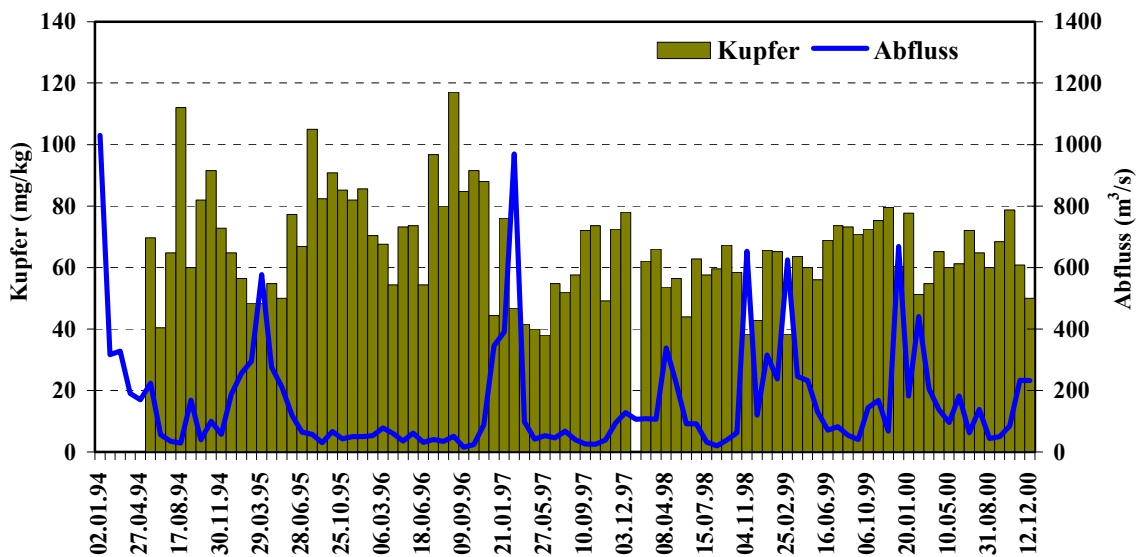


Abb. 53: Kupfer (mg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem

Während die 90-Perzentile der Kupferkonzentrationen im Schwebstoff in der Mosel bei Palzem seit 1997 im Vergleich zu 1994 bis 1996 abgenommen haben, schwanken sie in den Proben aus Koblenz stark (Tab. 15).

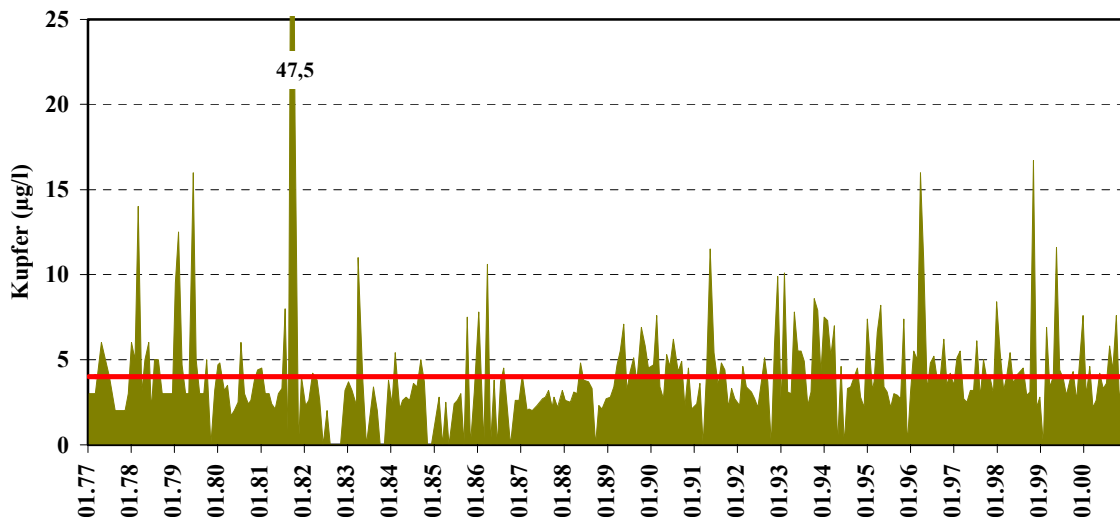


Abb. 54: Kupfer ($\mu\text{g/l}$) in der Mosel bei Koblenz. Monatliche bzw. 28-tägige Stichproben. Dargestellt sind nur Werte größer Bestimmungsgrenze ($2,0 \mu\text{g/l}$). Rote Linie: Zielvorgabe Wasserphase ($4,0 \mu\text{g Cu/l}$) [25].

Die Gesamt-Kupferkonzentrationen (Abb. 54) zeigen in der Mosel seit Ende der siebziger Jahre keine signifikanten Änderungen. Die von der LAWA für die Wasserphase vorgeschlagene Zielvorgabe von $4,0 \mu\text{g Cu/l}$ (Überwachung mit dem 50-Perzentil) wird auch von 1990 bis 2000 in der Mosel bei Palzem und Koblenz nicht in jedem Jahr eingehalten. Nach [35] wurden die Kupfereinleitungen im Einzugsgebiet von Mosel und Saar von 1983 bis 1995 um ca. 32% auf rund 29 t/Jahr reduziert. Die Kupferfrachten der Mosel bei Koblenz liegen in den neunziger Jahren zwischen 21 und 80 Tonnen pro Jahr [21]. Die diffusen Einträge übersteigen nach [47, 48] auch bei Kupfer die Punktemissionen deutlich. Die mengenmäßig wichtigsten Quellen sind urbane Flächen (insbesondere durch Regenüberläufe und Oberflächenabfluss) und Erosion, gefolgt von kommunalen Einträgen und dem geogenen Hintergrund [48].

5.7.6 Nickel

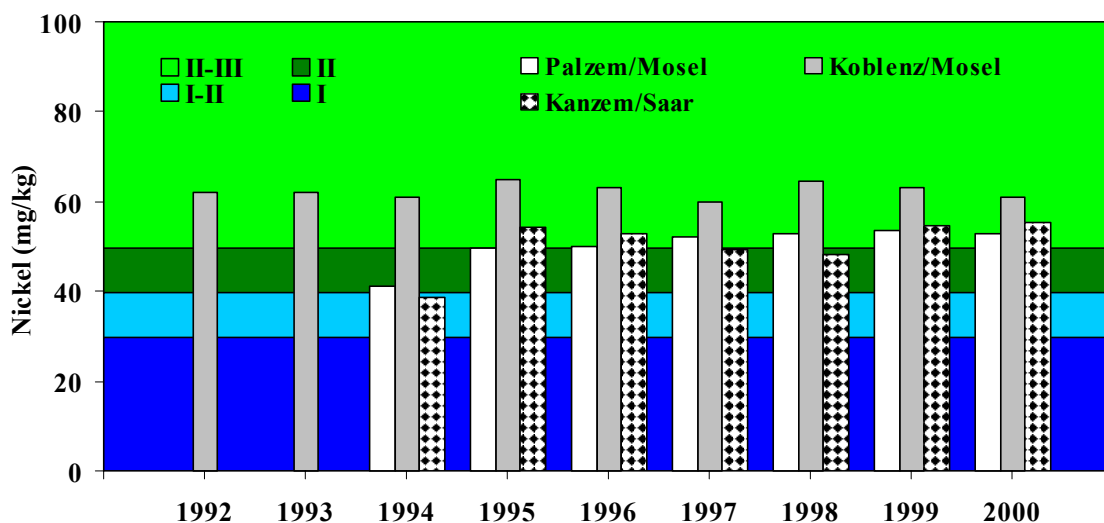


Abb. 55: Nickelkonzentration im Schwebstoff (50-Perzentilwerte) hinterlegt mit den LAWA-Güteklassen

Die Mediane der Nickelkonzentrationen im Schwebstoff liegen in der Mosel bei Palzem und in der Saar bei Kanzem seit 1995 knapp unter- bzw. gering oberhalb von 50 mg Ni/kg Schwebstoff. Die Ergebnisse von diesen beiden Probenahmestellen sind damit teils in die chem. Güteklasse II respektive in die Klasse II-III einzustufen. In der Mosel bei Koblenz

betragen die Nickelgehalte im Schwebstoff 60 bis 65 mg/kg und liegen damit seit 1992 in der LAWA-Güteklasse II-III.

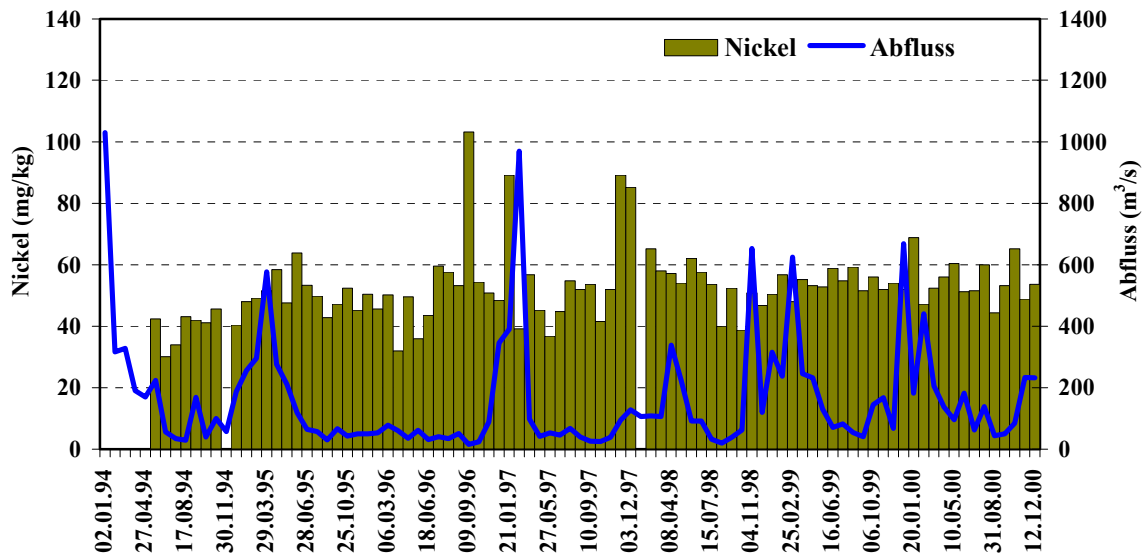


Abb. 56: Nickel (mg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem

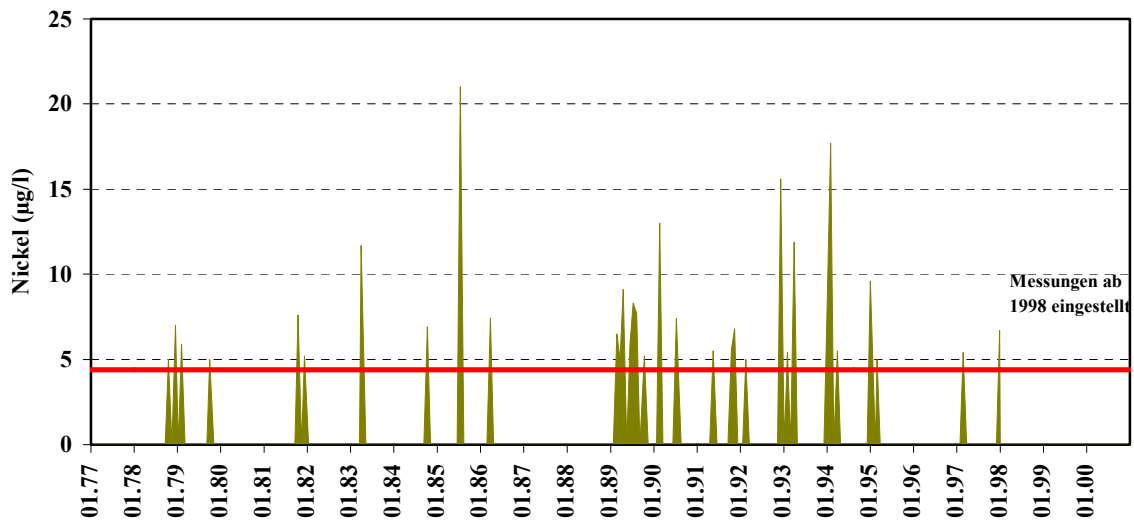


Abb. 57: Nickel (µg/l) in der Mosel bei Koblenz. Monatliche bzw. 28-tägige Stichproben. Dargestellt sind nur Werte größer Bestimmungsgrenze (5,0 µg/l). Rote Linie: Zielvorgabe Wasserphase (4,4 µg Ni/l) [25].

Haupteintragspfade für Nickel sind nach [48] der geogene Hintergrund, die Erosion, urbane Flächen und kommunale Punktquellen. Die Gesamtnickelgehalte in der Wasserphase (Abb. 57) liegen meist unterhalb der Bestimmungsgrenze von 5 µg/l. Für die Beurteilung des priori-

tären Stoffes Nickel wurden daher die Schwebstoffanalysen auf die Wasserphase umgerechnet. An allen drei Messstellen wird die Qualitätsnorm-Empfehlung [46] von 4,4 µg/l im Median und Mittelwert sicher eingehalten.

5.7.7 Quecksilber

Die 50-Perzentilwerte der Quecksilberkonzentrationen im Schwebstoff liegen fast ausschließlich unterhalb 0,4 mg Hg/kg. Damit werden die Schwebstoffe von Mosel und Saar hinsichtlich der Quecksilbergehalte in die LAWA-Güteklassen I-II bzw. I eingestuft. Die Quecksilberanalysen in der Wasserphase liegen überwiegend unterhalb der Bestimmungsgrenzen (0,1 bzw. 0,05 und 0,03 µg Hg/l). Um einen Vergleich mit dem Qualitätsnorm-Vorschlag von 0,04 µg/l [46] durchführen zu können, wurden die Schwebstoffanalysen auf die Wasserphase umgerechnet. Die Mediane, Mittelwerte und 90-Perzentile unterschreiten diesen Wert deutlich. Nur die Maxima des Jahres 1999 der Mosel bei Palzem und der Saar bei Kanzem liegen mit 0,09 bzw. 0,11 µg Hg/l über der empfohlenen Qualitätsnorm.

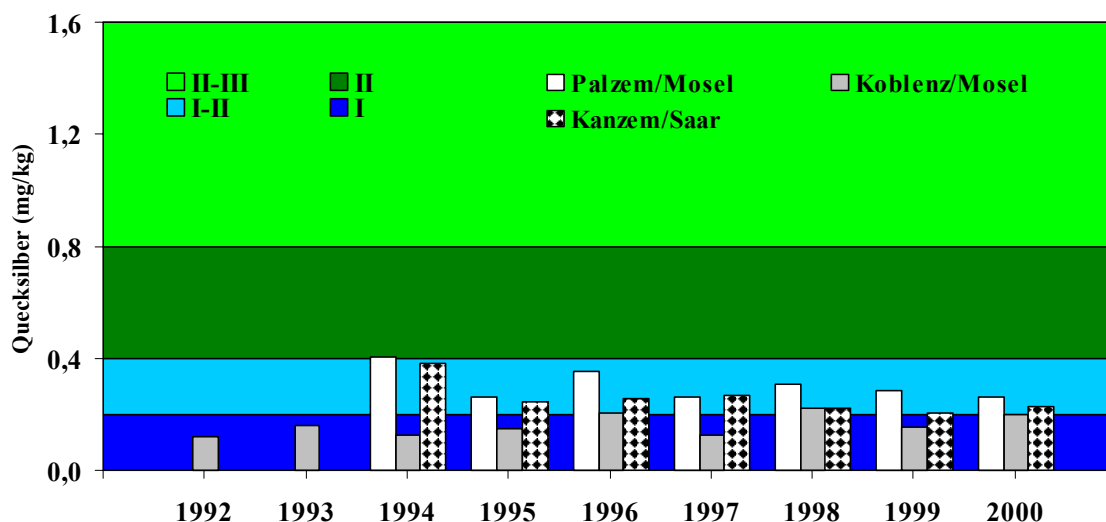


Abb. 58: Quecksilberkonzentration im Schwebstoff (50-Perzentilwerte) hinterlegt mit den LAWA-Güteklassen

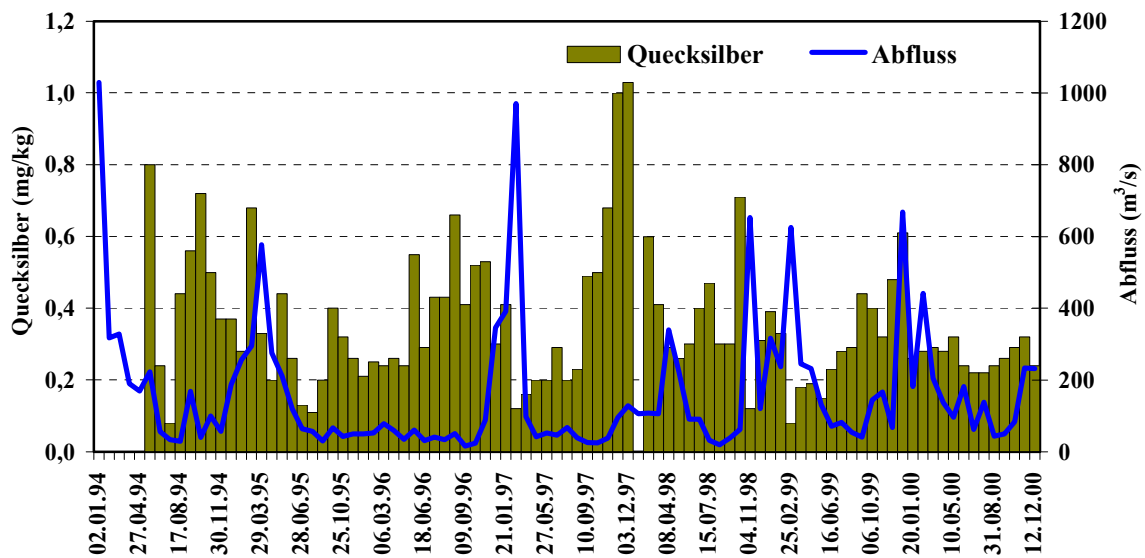


Abb. 59: Quecksilber (mg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem

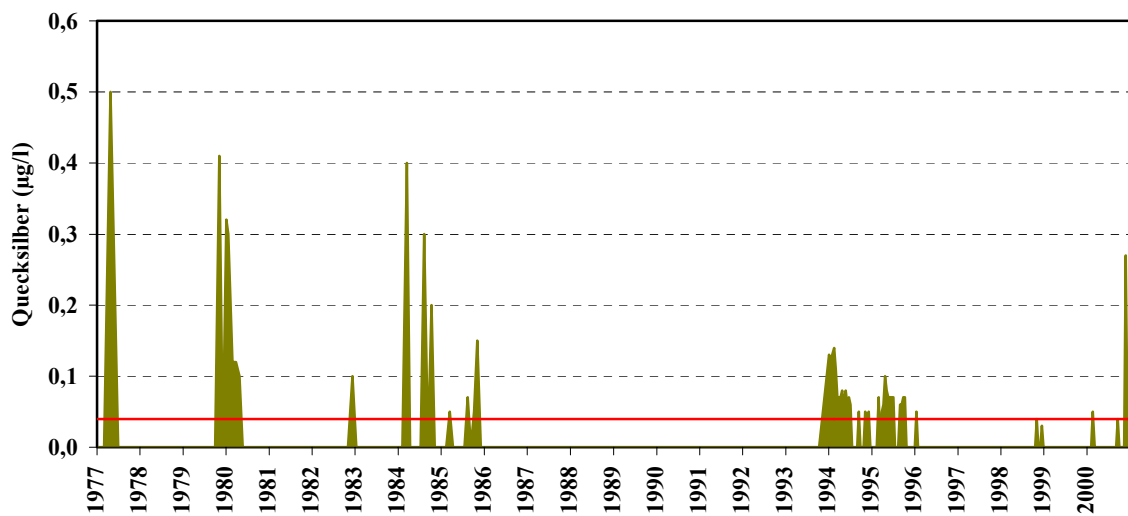


Abb. 60: Quecksilber ($\mu\text{g/l}$) von Stichproben aus der Mosel bei Koblenz. Ab 1994 Daten BfG (Wechsel der Bestimmungsgrenze). Dargestellt sind nur Werte größer Bestimmungsgrenze. Rote Linie: Zielvorgabe Wasserphase ($0,04 \mu\text{g Hg/l}$) [25].

5.7.8 Zink

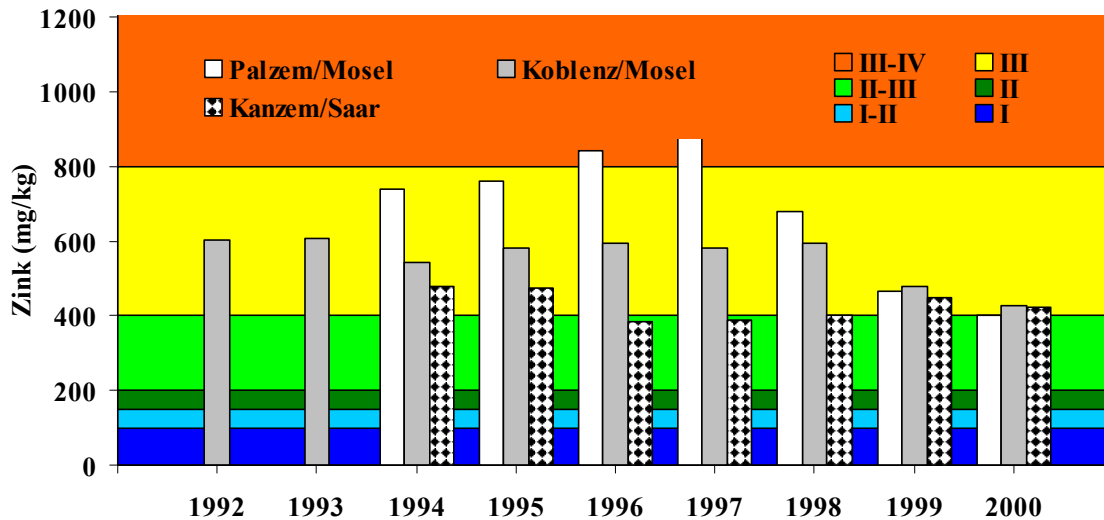


Abb. 61: Zinkkonzentration im Schwebstoff (50-Perzentilwerte) hinterlegt mit den LAWA-Güteklassen

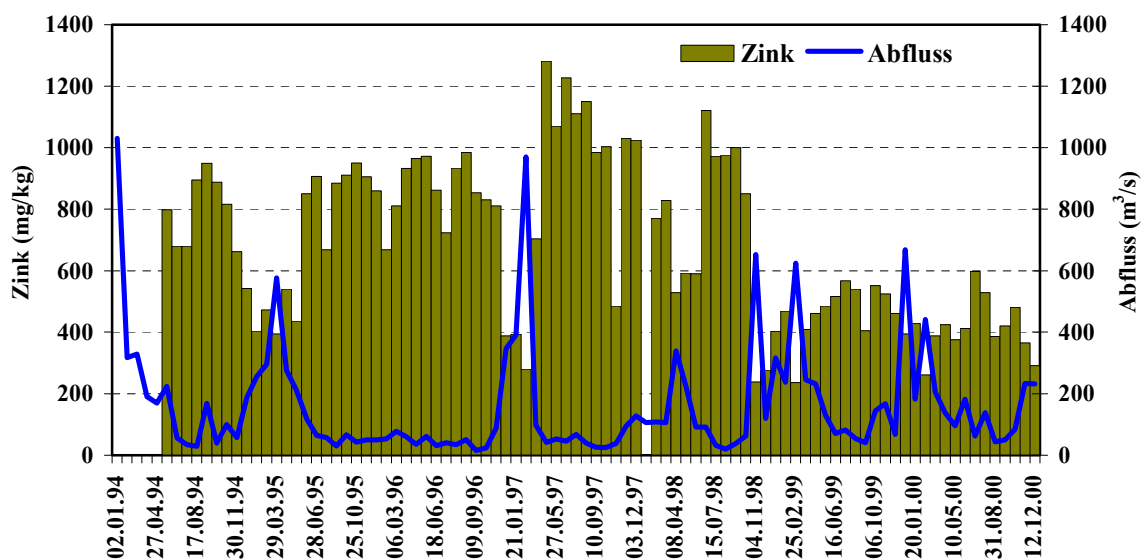


Abb. 62: Zink (mg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem

Die Schwebstoffe von Mosel und Saar sind insbesondere mit Zink belastet. Die Zinkgehalte der Saar bei Kanzem lagen bis 1999 erheblich niedriger als die der Mosel. In der Saar werden die chem. Güteklassen II-III bzw. III indiziert. Die Zinkkonzentrationen der Schwebstoffe aus

der Mosel bei Palzem steigen bis 1997 an (chem. Güteklasse III-IV) und fallen bis zum Jahr 2000 auf das Niveau von Koblenz und Kanzem. Die Zinkgehalte der Schwebstoffe der Mosel bei Koblenz sind in die LAWA-Güteklasse III einzustufen und weisen seit 1998 eine fallende Tendenz auf.

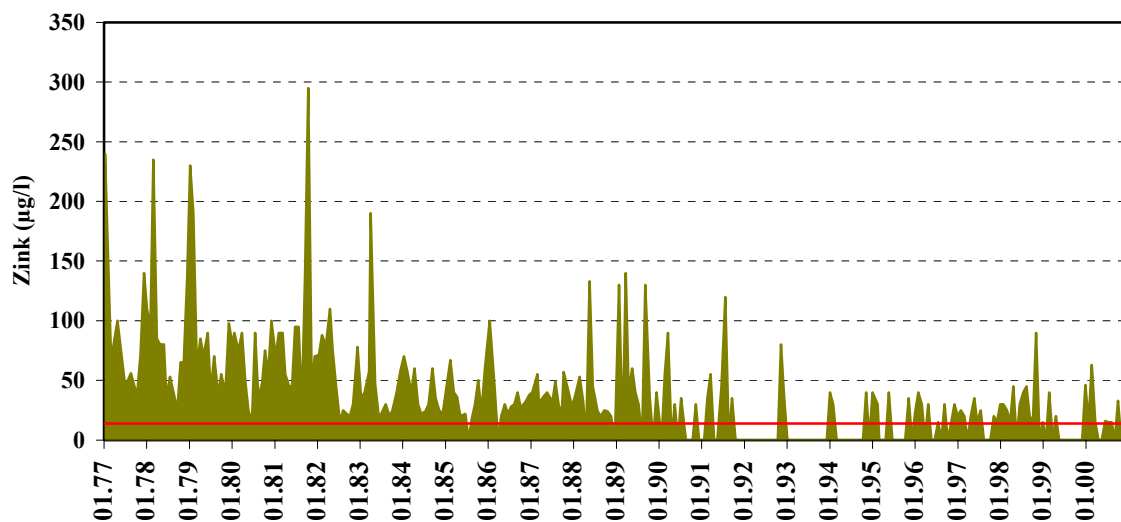


Abb. 63: Zink ($\mu\text{g/l}$) in der Mosel bei Koblenz. Monatliche bzw. 28-tägige Stichproben. Dargestellt sind nur Werte größer Bestimmungsgrenze ($15,0 \mu\text{g/l}$, von 1989 bis 1995 $30 \mu\text{g/l}$). Rote Linie: Zielvorgabe Wasserphase ($14,0 \mu\text{g Zn/l}$) [25].

Die Zinkkonzentrationen in der Wasserphase der Mosel gehen seit Anfang der achtziger Jahre zurück. Ende der neunziger Jahre liegen sie mit 50-Perzentil-Werten von kleiner 15 bis $22,5 \mu\text{g Zn/l}$ im Bereich der LAWA-Zielvorgabe von $14,0 \mu\text{g/l}$.

Die wichtigsten Quellen für Zink sind nach [48] urbane Flächen, die Erosion und die kommunalen Einträge. Im Einzugsgebiet von Mosel und Saar wurden die punktuellen Zinkeinleitungen von 1983 bis 1995 um ca. 45% auf rund 104 t/Jahr reduziert [35]. Verglichen mit der Zielvorgabe ist der Belastungsgrad der Schwebstoffe mit Zink allerdings noch zu hoch.

5.7.9 Arsen

Die Arsenbelastung der Schwebstoffe von Mosel und Saar ist gering. Die Zielvorgabe der IKSR von 40 mg/kg (90-Perzentil) wird an allen Messstellen eingehalten (Tab. 15).

5.8 Organische Spurenstoffe

5.8.1 AOX und Industriechemikalien

Mit Ausnahme der Messstelle Koblenz/Mosel nehmen die AOX-Konzentrationen an Mosel und Saar seit Ende der achtziger Jahre ab (Tab. 16). In der Saar bei Kanzem wird die Zielvorgabe (chem. Güteklasse II) seit 1992 eingehalten. Die obere Mosel bei Palzem ist vergleichsweise höher belastet (chem. Güteklasse II nur 1997 und 2000) als die Mittel- und Untermosel. Die gegenüber der Messstelle Fankel in der Mosel bei Koblenz größeren 90-Perzentilwerte hängen möglicherweise von der Lage der Probestelle im Stadtgebiet von Koblenz, der Änderung der Probenahmefrequenz (bis 1993 vierwöchige Einzelproben, ab 1994 zweiwöchige Einzelproben) und dem Wechsel des Labors ab.

Tab. 16: AOX $\mu\text{g Cl/l}$ (90-Perzentile)					
Einzelproben, LfW; Koblenz ab 1994 BfG chem. Güteklasse II (Zielvorgabe) : $\leq 25,0 \mu\text{g/l}$					
	Mosel	Saar	Mosel		
	Palzem	Kanzem	Detzem	Fankel (Zell)	Koblenz
1985	39,7	53,6	33,6	32,8	28,5
1986	47,2	46,3	41,7	58,5	36,3
1987	31,1	32,3	28,4	27,4	32,7
1988	38,2	29,6	32,7	33,6	29,0
1989	40,0	37,0	33,3	38,3	27,0
1990	49,7	28,0	30,3	26,3	38,0
1991	38,7	21,8	38,3	33,7	31,9
1992	38,9	28,9	36,0	27,2	33,0
1993	33,8	20,8	26,1	23,4	23,7
1994	32,7	24,0	28,9	26,0	33,9
1995	28,9	19,0	24,0	23,9	37,7
1996	28,0	23,9	26,0	25,9	52,8
1997	23,0	19,0	21,8	22,5	51,9
1998	34,0	23,8	27,0	23,0	52,0
1999	28,0	19,9	21,9	20,9	46,0
2000	21,0	18,9	18,0	18,0	45,9
chem. Güteklasse:		I	I-II	II	
		II-III	III	III-IV	IV

Emissionsseitig sind die als „Industriechemikalien“ bezeichneten Stoffe im Einzugsgebiet von Mosel und Saar von untergeordneter Bedeutung. Soweit Daten vorhanden sind, liegen die Messwerte zumindest in den letzten Jahren unterhalb der Zielvorgaben der LAWA (Tab. 17).

Exemplarisch werden daher die Entwicklung der Chloroform-Konzentrationen und die Analysenergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen von Hexachlorbenzol und 1,2,4-Trichlorbenzol dargestellt. Die Qualitätsnorm-Vorschläge [46] für prioritäre Stoffe der EU-WRRL werden bei Dichlormethan und 1,2-Dichlorethan mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit eingehalten, da bisher noch keine Messergebnisse größer Bestimmungsgrenze in Mosel und Saar festgestellt wurden und die Bestimmungsgrenzen nur wenig über den Qualitätsnorm-Vorschlägen liegen. Die Analysenergebnisse bzw. die aus Schwebstoffuntersuchungen ermittelten Konzentrationen von Hexachlorbenzol und 1,2,4-Trichlorbenzol sind deutlich geringer als die empfohlenen Qualitätsnormen. Lediglich bei Trichlormethan ist eine Abschätzung nicht möglich, da der Qualitätsnorm-Vorschlag von 0,02 µg/l kleiner ist als die Bestimmungsgrenze (0,1 bzw. 0,05 µg/l).

Tab. 17: LAWA-Güteklassifikation von "Industriechemikalien" in Mosel und Saar			
Stoffname	LAWA-Zielvorgabe (ZV) eingehalten	Bemerkung	Vorschlag Qualitätsnorm für prioritäre Stoffe der EU-WRRL, Schutzgut "Aquatische Lebensgemeinschaften" [46]
Dichlormethan (PS WRRL)	ja	bis 2000 ZV < BG	8,2 µg/l (BG: 10 µg/l)
Trichlormethan (PS WRRL)	seit 1993		0,02 µg/l (BG: 0,1 µg/l)
Tetrachlormethan	seit 1985	keine Messungen ab 1998	
1,2-Dichlorethan (PS WRRL)	?	ZV < BG	4,0 µg/l (BG: 5 µg/l)
1,1,1-Trichlorethan	seit 1989	keine Messungen ab 1998	
Trichlorethen	seit 1985	keine Messungen ab 1998	
Tetrachlorethen	seit 1990	keine Messungen ab 1998	
Hexachlorbutadien	?	keine Daten vorhanden	
1,4-Dichlorbenzol	?	ZV < BG	
1,2,3-Trichlorbenzol	ja	umgerechnet aus Schwebstoffanalysen	
1,2,4-Trichlorbenzol (PS WRRL)	ja	umgerechnet aus Schwebstoffanalysen	10 µg/l
1,3,5-Trichlorbenzol	ja	meist kleiner als BG im Schwebstoff	
Hexachlorbenzol (PGS WRRL)	ja	umgerechnet aus Schwebstoffanalysen	0,013 µg/l
1-Chlor-2-nitrobenzol	ja	4 Messwerte aus 2001	
1-Chlor-4-nitrobenzol	ja	4 Messwerte aus 2001	
1,2-Dichlor-4-nitrobenzol	ja	4 Messwerte aus 2001	
1,2-Dichlor-3-nitrobenzol	ja	4 Messwerte aus 2001	
1,4-Dichlor-2-nitrobenzol	ja	4 Messwerte aus 2001	
2-Chlor-4-nitrotoluol	ja	4 Messwerte aus 2001	
4-Chlor-2-nitrotoluol	ja	4 Messwerte aus 2001	
2-Chloranilin	ja	4 Messwerte aus 2001	
3-Chloranilin	ja	4 Messwerte aus 2001	
4-Chloranilin	ja	4 Messwerte aus 2001	
3,4-Dichloranilin	ja	4 Messwerte aus 2001	
Nitrobenzol	keine Daten		
4-Nitrotoluol	keine Daten		
3-Nitrotoluol	keine Daten		
2-Nitrotoluol	keine Daten		
PS WRRL: prioritärer Stoff der EU-WRRL			BG: Bestimmungsgrenze
PGS WRRL: prioritärer gefährlicher Stoff der EU-WRRL			

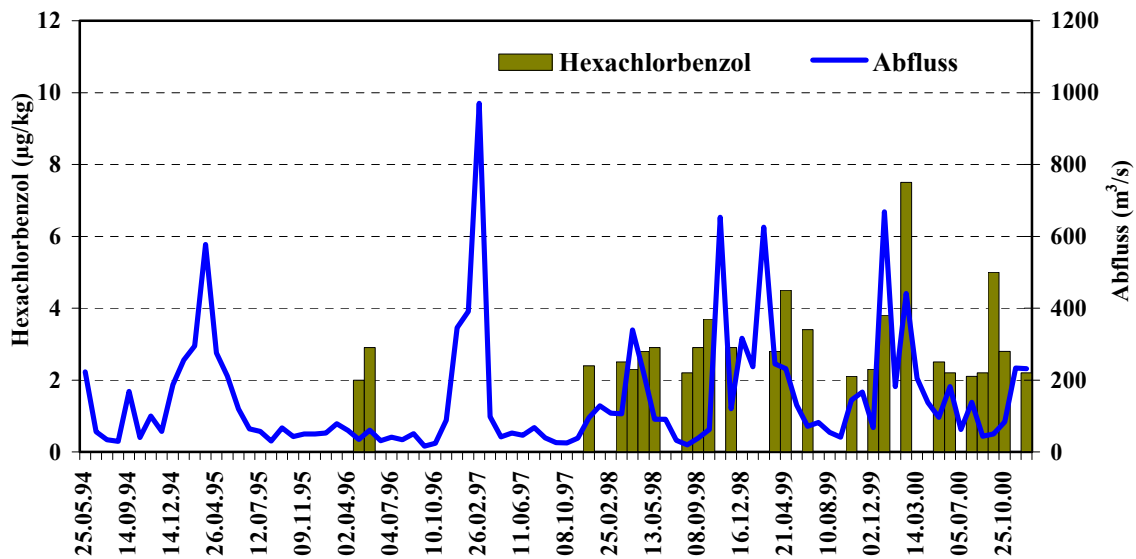


Abb. 64: Hexachlorbenzol im Schwebstoff der Mosel bei Palzem. Dargestellt sind nur Messwerte größer der Bestimmungsgrenze von 2 µg/kg Schwebstoff.

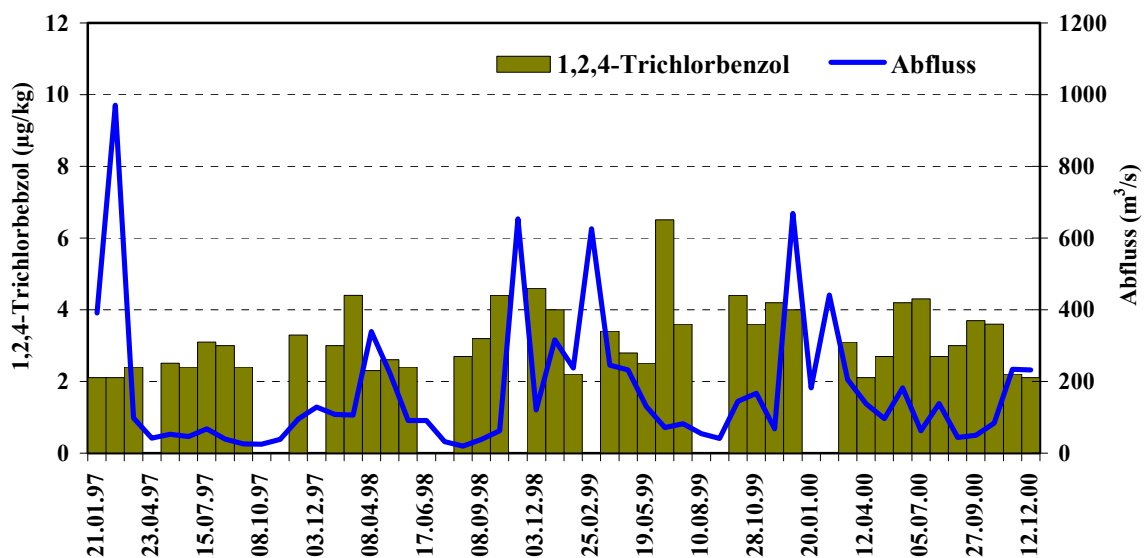


Abb. 65: 1,2,4-Trichlorbenzol im Schwebstoff der Mosel bei Palzem. Dargestellt sind nur Messwerte größer der Bestimmungsgrenze von 2 µg/kg Schwebstoff.

Die Zielvorgabe der LAWA für Chloroform wird in Mosel und Saar seit 1993 eingehalten. Die chemische Gewässergüte für Chloroform verbesserte sich in Palzem von Klasse IV in den Jahren 1987/1988 und in Koblenz und Kanzem von Güteklasse III-IV (1988 bzw. 1987) auf die Klasse I-II. Im Jahr 2000 lagen die 90-Perzentile an allen drei Probenahmestellen unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Tab. 18: Trichlormethan (Chloroform) µg/l (90-Perzentile)				
Einzelproben chem. Güteklasse II (Zielvorgabe) : ≤ 0,8 µg/l				
	Mosel Palzem	Saar Kanzem	Mosel Detzem Koblenz	
1985	0,77	0,80	-	0,66
1986	4,5	1,7	-	1,33
1987	14,7	3,4	-	1,17
1988	7,3	0,90	-	4,4
1989	0,37	0,37	-	0,62
1990	0,37	0,63	-	0,27
1991	0,43	0,37	-	0,43
1992	0,87	0,97	-	1,00
1993	0,27	0,42	-	0,20
1994	0,32	0,50	0,12	0,18
1995	0,11	0,12	0,10	0,20
1996	0,22	0,42	0,22	-
1997	0,69	0,49	0,23	-
1998	0,10	0,10	0,10	-
1999	0,12	0,10	0,10	-
2000	<0,1	<0,1	<0,1	-
chem. Güteklasse:				
	I	I-II	II	
	II-III	III	III-IV	IV

5.8.2 Pflanzenschutzmittel

Seit 1994 werden Pflanzenschutzmittel aus 28-tägigen Einzelproben von der Mosel bei Palzem, Detzem und Koblenz sowie aus der Saar bei Kanzem untersucht. Die Stoffliste umfasst insbesondere Triazine, Phenoxy-carbonsäure-Derivate, Phenylharnstoffe und weitere Herbizide wie Bentazon, Trifluralin und die Acetanilide Metolachlor und Metazachlor.

Die Tabellen 19 und 20 zeigen eine Zusammenstellung der Pflanzenschutzmittelanalysen. Atrazin und das Abbauprodukt Desethylatrazin konnten in fast jeder Probe nachgewiesen werden. In mehr als 50% der untersuchten Proben wurden Diuron und Isoproturon gefunden. Häufig oberhalb der Bestimmungsgrenze lagen die Konzentrationen von Simazin, Chlortoluron, Mecoprop, Dichlorprop, Terbutylazin, Bentazon, MCPA und 2,4-D.

Konzentrationswerte größer 0,1 µg/l traten in absteigender Anzahl insbesondere bei Atrazin, Diuron, Isoproturon, Desethylatrazin, Chlortoluron, Dichlorprop und Mecoprop auf.

Tab. 19: Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (µg/l) 1994 bis 2000 Palzem/Mosel und Kanzem/Saar												
Parameter	Palzem/Mosel						Kanzem/Saar					
	Beginn der Analysen	N	N < BG	N > 0,1 µg/l	90-Perzentil	Maximum	Beginn der Analysen	N	N < BG	N > 0,1 µg/l	90-Perzentil	Maximum
Atrazin *	1994	91	0	43	0,47	2,10	1994	92	2	32	0,43	1,80
Desethylatrazin	1994	91	7	25	0,16	0,33	1994	92	11	15	0,12	0,30
Desisopropylatrazin	1994	91	79	1	0,04	0,11	1994	92	85	1	< BG	0,18
Simazin *	1994	91	45	0	0,05	0,08	1994	92	58	0	0,04	0,07
Terbutylazin	1994	91	67	1	0,03	0,11	1994	92	81	0	0,02	0,05
Trifluralin *	1994	90	88	1	< BG	0,17	1994	92	86	0	< BG	0,10
Metolachlor	1994	91	91	0			1994	92	92	0		
Metazachlor	1994	91	83	3	< BG	0,23	1994	92	84	5	< BG	0,20
2,4-D	1994	89	70	2	0,06	0,25	1994	90	80	0	0,04	0,07
Dichlorprop	1994	89	63	7	0,09	0,50	1994	90	68	12	0,15	0,30
MCPA	1994	89	77	1	0,05	0,15	1994	90	75	8	0,10	0,40
Mecoprop	1994	89	62	6	0,07	0,35	1994	90	53	11	0,11	0,26
Chlortoluron	1995	75	51	18	0,24	0,61	1995	75	49	19	0,32	0,98
Diuron *	1995	74	30	40	0,38	1,50	1995	75	33	33	0,33	0,71
Isoproturon *	1995	74	30	34	0,42	1,14	1995	75	40	31	0,25	1,40
Bentazon	1998	37	31	3	0,07	0,30	1998	38	32	1	0,04	0,20
AIPA	1998	38	38	0			1998	39	38	0	< BG	0,06
2,4,5-T	1999	24	24	0			1999	25	25	0		
* zu prüfender prioritärer gefährlicher Stoff der EU-WRRL												

Tab. 20: Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (µg/l) 1994 bis 2000 Koblenz/Mosel und Detzem/Mosel												
Parameter	Koblenz/Mosel						Detzem/Mosel					
	Beginn der Analysen	N	N < BG	N > 0,1 µg/l	90-Perzentil	Maximum	Beginn der Analysen	N	N < BG	N > 0,1 µg/l	90-Perzentil	Maximum
Atrazin *	1994	91	0	37	0,37	0,99	1994	92	2	34	0,42	1,30
Desethylatrazin	1994	91	10	18	0,13	0,25	1994	92	5	18	0,13	0,25
Desisopropylatrazin	1994	91	81	1	0,04	0,13	1994	92	84	1	< BG	0,12
Simazin *	1994	91	45	4	0,07	1,00	1994	92	50	0	0,05	0,09
Terbutylazin	1994	91	73	0	0,02	0,05	1994	92	75	0	0,03	0,09
Trifluralin *	1994	92	89	1	< BG	0,11	1994	92	89	0	< BG	0,09
Metolachlor	1994	91	91	0			1994	92	92	0		
Metazachlor	1994	91	84	3	< BG	0,14	1994	92	84	4	< BG	0,19
2,4-D	1994	88	81	0	< BG	0,06	1994	90	79	0	0,04	0,08
Dichlorprop	1994	88	62	6	0,09	0,27	1994	90	66	8	0,09	0,44
MCPA	1994	88	78	3	0,04	0,13	1994	90	74	1	0,05	0,23
Mecoprop	1994	88	61	5	0,07	0,29	1994	90	59	6	0,09	0,23
Chlortoluron	Juni 1996	57	38	11	0,17	0,37	März 1996	62	43	12	0,20	0,34
Diuron *	Juni 1996	57	23	27	0,25	0,33	März 1996	62	25	31	0,32	0,56
Isoproturon *	Juni 1996	57	27	18	0,29	0,49	März 1996	62	28	21	0,29	0,62
Bentazon	1998	38	29	2	0,06	0,26	1998	38	30	4	0,09	0,21
AIPA	-						-					
2,4,5-T	1999	25	25	0			1999	25	25	0		
* zu prüfender prioritärer gefährlicher Stoff der EU-WRRL												

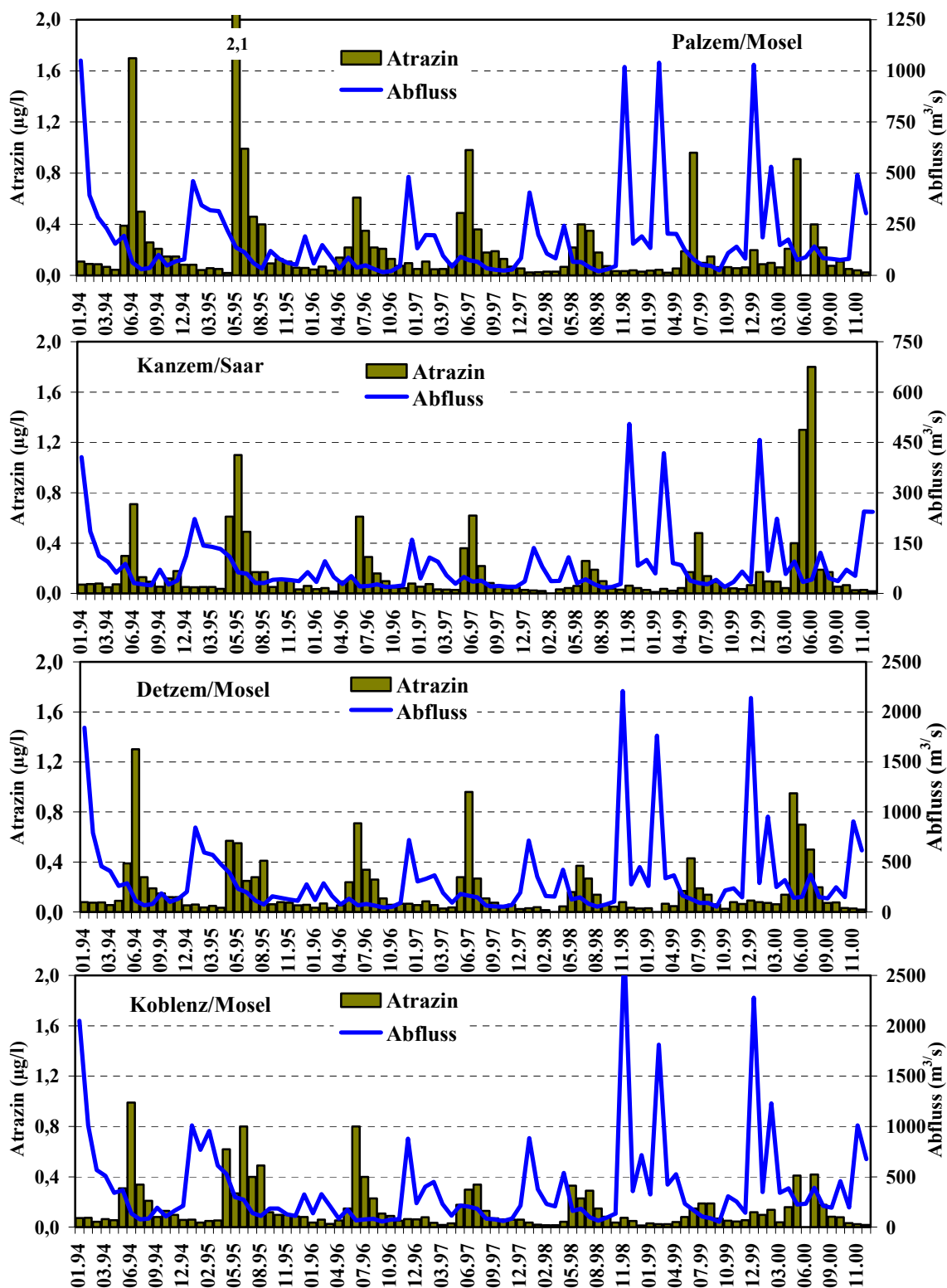


Abb. 66: Atrazinkonzentrationen ($\mu\text{g/l}$) in Mosel und Saar

Atrazin weist in Mosel und Saar die höchsten Konzentrationen eines einzelnen Pflanzenschutzmittelwirkstoffs auf. Die Ganglinien zeigen den typischen saisonalen Verlauf mit Maxima im Mai/Juni (Abb. 66). Die größten Messwerte wurden in der Mosel bei Palzem und in der Saar festgestellt. Die Atrazinkonzentrationen nehmen in Fließrichtung ab, die Transporte bleiben in etwa auf gleichem Niveau bzw. steigen leicht an (Abb. 67). Die Zielvorgabe der LAWA respektive der IKSMS und der IKSRL werden in jedem Jahr und an allen Messstellen meist erheblich überschritten. Für Atrazin wird eine Qualitätsnorm für das Schutzgut aquatische Lebensgemeinschaften von $0,3 \mu\text{g/l}$ vorgeschlagen [46]. Die Jahresmittelwerte liegen mit Ausnahme von 1995 in Palzem und 2000 in Kanzem unterhalb dieser Empfehlung. Die Belastung mit Atrazin ist auch darauf zurückzuführen, dass kein Anwendungsverbot in Frankreich und Luxemburg existiert, wie es in Deutschland seit 1991 besteht.

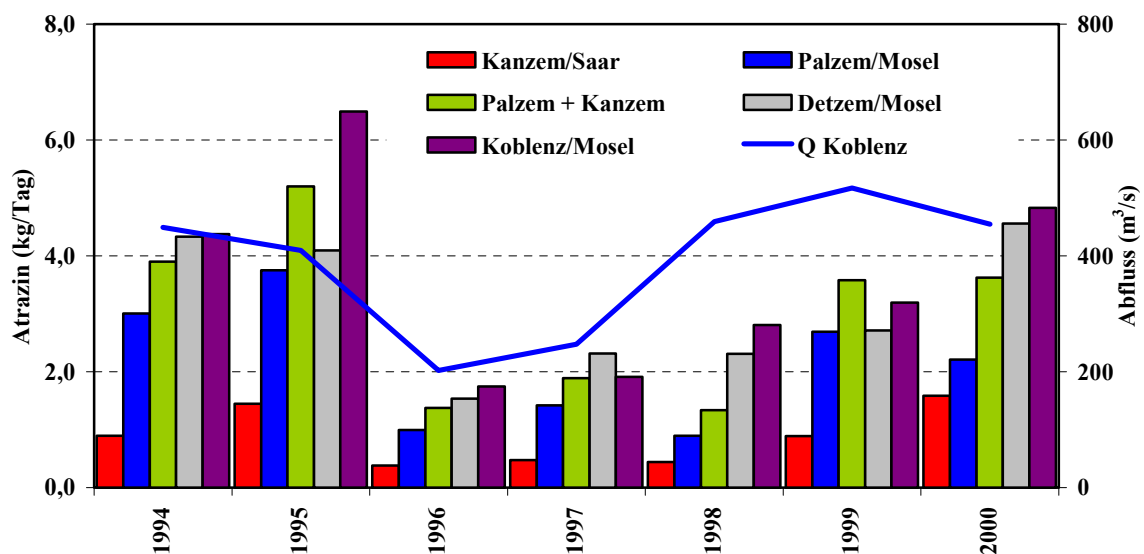


Abb. 67: Jahresmittelwerte des Atrazin-Transports in Mosel und Saar

Ebenso wie Atrazin ist Simazin ein prioritärer Stoff der EU-WRRL, dessen Einstufung als prioritärer gefährlicher Stoff im Jahr 2002 überprüft wird. Die IKSMS bzw. die IKSRL haben für Simazin eine Zielvorgabe von $0,06 \mu\text{g/l}$ verabschiedet (vgl. Tab. 3). Der Qualitätsnorm-Vorschlag des Engler-Bunte-Instituts lautet auf $0,0008 \mu\text{g/l}$ [46]. Hohe Simazinkonzentrationen konnten an Mosel und Saar insbesondere in Proben aus der Mosel

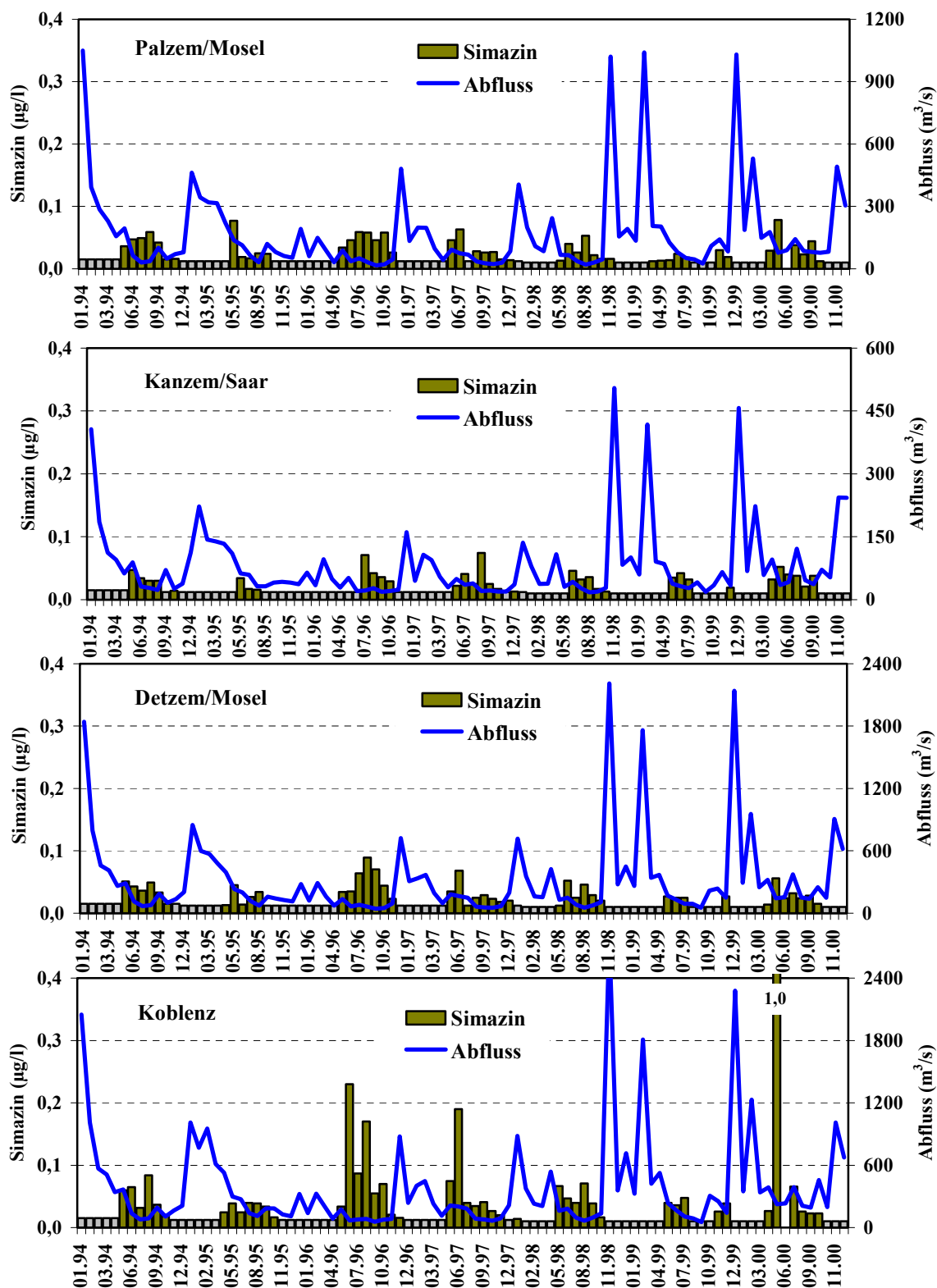


Abb. 68: Simazinkonzentrationen (µg/l) in Mosel und Saar. Graue Säulen: Messwerte kleiner Bestimmungsgrenze.

bei Koblenz nachgewiesen werden. Dort wurden die Zielvorgaben der IKSMS und der LAWA in fast allen Jahren überschritten. An den übrigen Messstellen liegen die 90-Perzentilwerte im Bereich der Zielvorgabe der IKSMS.

Für die Gruppe der Phenoxy-carbonsäure-Derivate wird hier beispielhaft der Konzentrationsverlauf von Dichlorprop dargestellt (Abb. 69). Die Phenoxy-carbonsäuren sind meist im Frühjahr und Sommer nachweisbar. Vergleichsweise hohe Spitzenkonzentrationen wurden vor allem für Dichlorprop und Mecoprop festgestellt.

Neben Atrazin stellen die Phenylharnstoffherbizide Diuron, Chlortoluron und Isoproturon die bedeutendste Belastung von Mosel und Saar mit Pflanzenschutzmitteln dar. In Palzem wurde 1995 die maximale Konzentration mit 1,5 µg Diuron/l gemessen (Abb. 70). Der Spitzenwert des Chlortolurons betrug 0,98 µg/l (Kanzem/Saar 1996). Die maximalen Gehalte an Isoproturon lagen 1996 in Palzem bei 1,14 µg/l und in Kanzem bei 1,4 µg/l. Insgesamt wurden seit 1995 (Kanzem und Palzem) bzw. 1996 (Detzem und Koblenz) rund 270 Proben aus Mosel und Saar auf Phenylharnstoffe untersucht (Tab. 19 und 20). Diuron wurde in rund 60% aller Proben gefunden. In fast 50% aller Proben lag die Diuron-Konzentration über 0,1 µg/l. Chlortoluron konnte in etwa 1/3 der Proben und Isoproturon in mehr als der Hälfte der Proben nachgewiesen werden. Bei Chlortoluron wurden in mehr als 20% und bei Isoproturon in rund 40% aller Proben 0,1 µg/l überschritten. Die höchsten Diuronkonzentrationen traten von Juni bis August auf. Isoproturon und Chlortoluron sind dagegen fast ausschließlich im Winterhalbjahr (November bis Februar) relevant. Die Zielvorgaben der LAWA bzw. der IKSMS für Diuron und Isoproturon wurden an allen Messstellen und in jedem Untersuchungsjahr erheblich überschritten.

Die Frachten der Phenylharnstoffe sind entsprechend ihrer vergleichsweise hohen Konzentrationen und ihrem Auftreten während der abflussstarken Wintermonate bedeutend. Die Jahresfrachten dieser Stoffgruppe in der Mosel bei Koblenz schwanken in der Zeit von 1997 bis 2000 zwischen ca. 2,5 und mehr als 7 Tonnen. Sie liegen damit zwei- bis dreimal höher als die Frachten der Triazine.

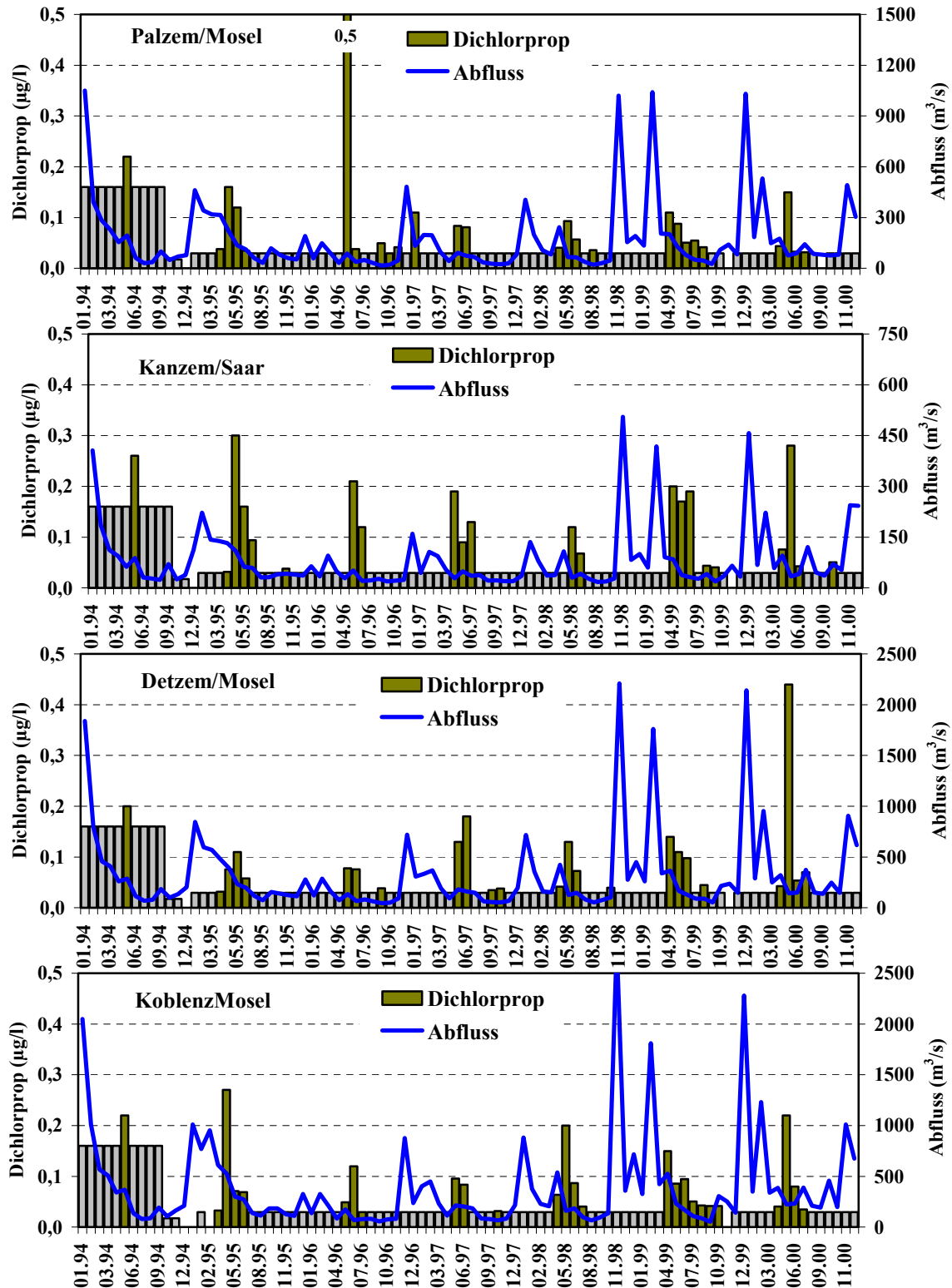


Abb. 69: Dichlorpropkonzentrationen ($\mu\text{g/l}$) in Mosel und Saar. Graue Säulen: Messwerte kleiner Bestimmungsgrenze.

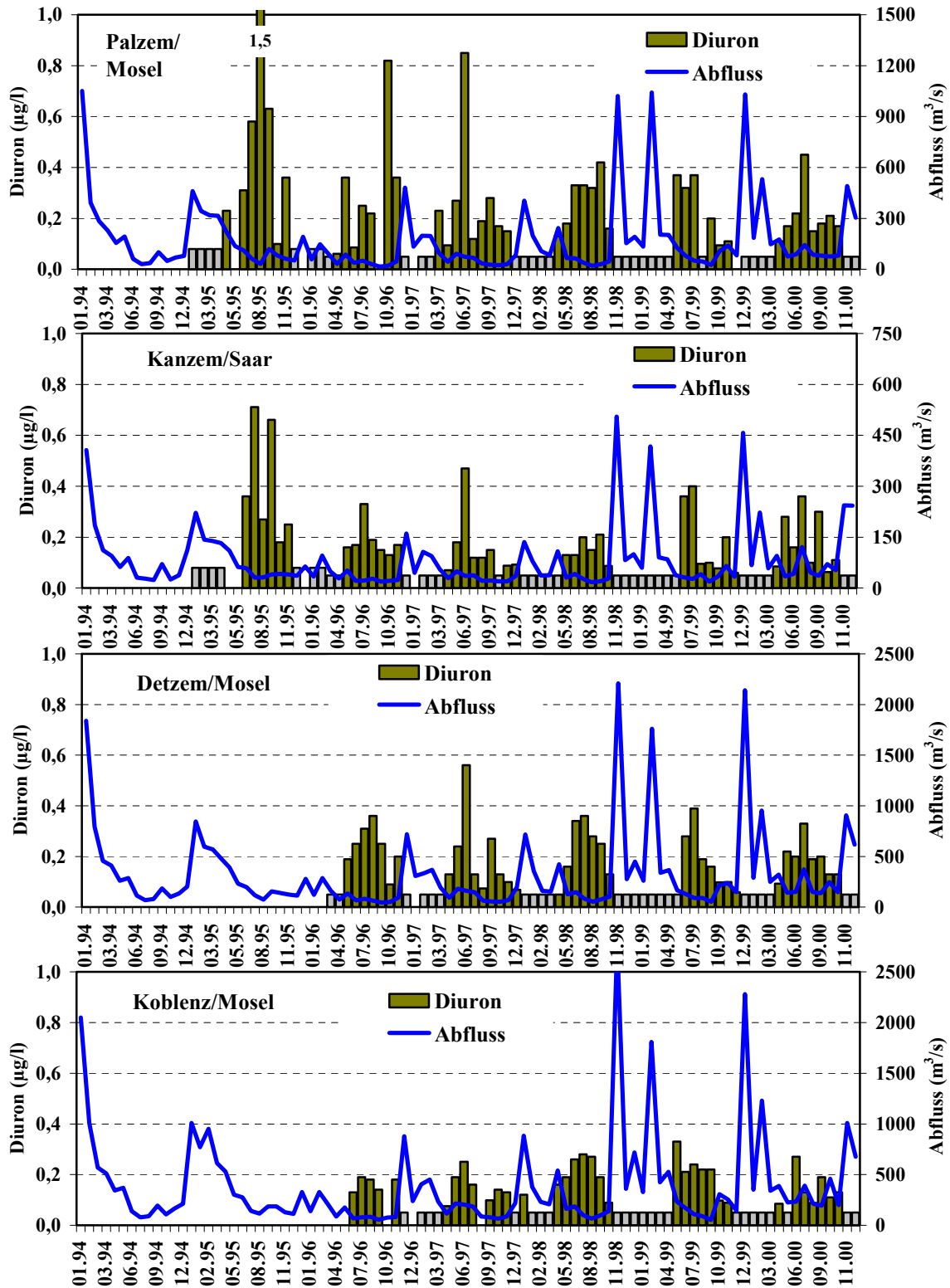


Abb. 70: Diuronkonzentrationen (µg/l) in Mosel und Saar. Graue Säulen: Messwerte kleiner Bestimmungsgrenze.

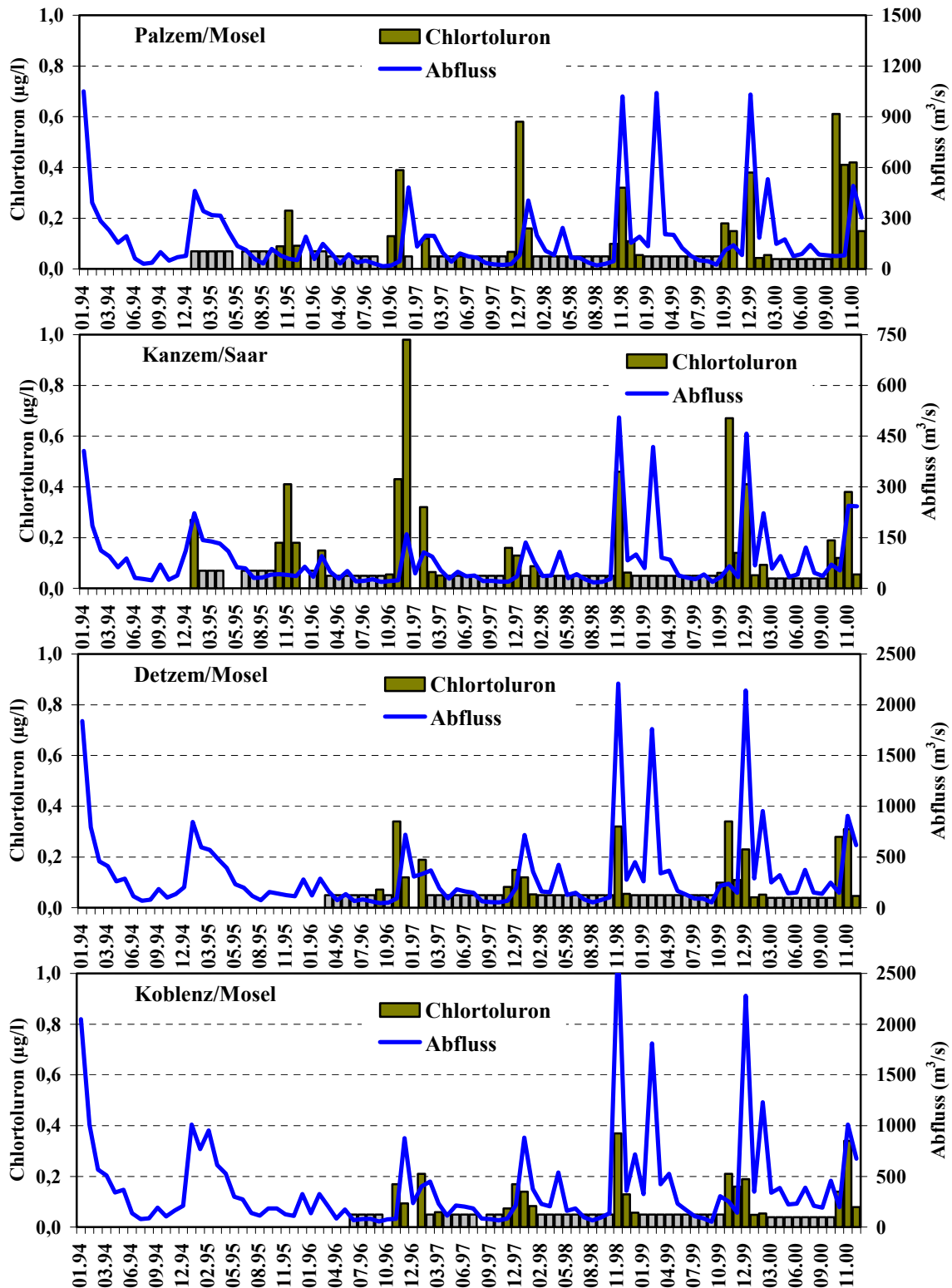


Abb. 71: Chlortoluronkonzentrationen (µg/l) in Mosel und Saar. Graue Säulen: Messwerte kleiner Bestimmungsgrenze.

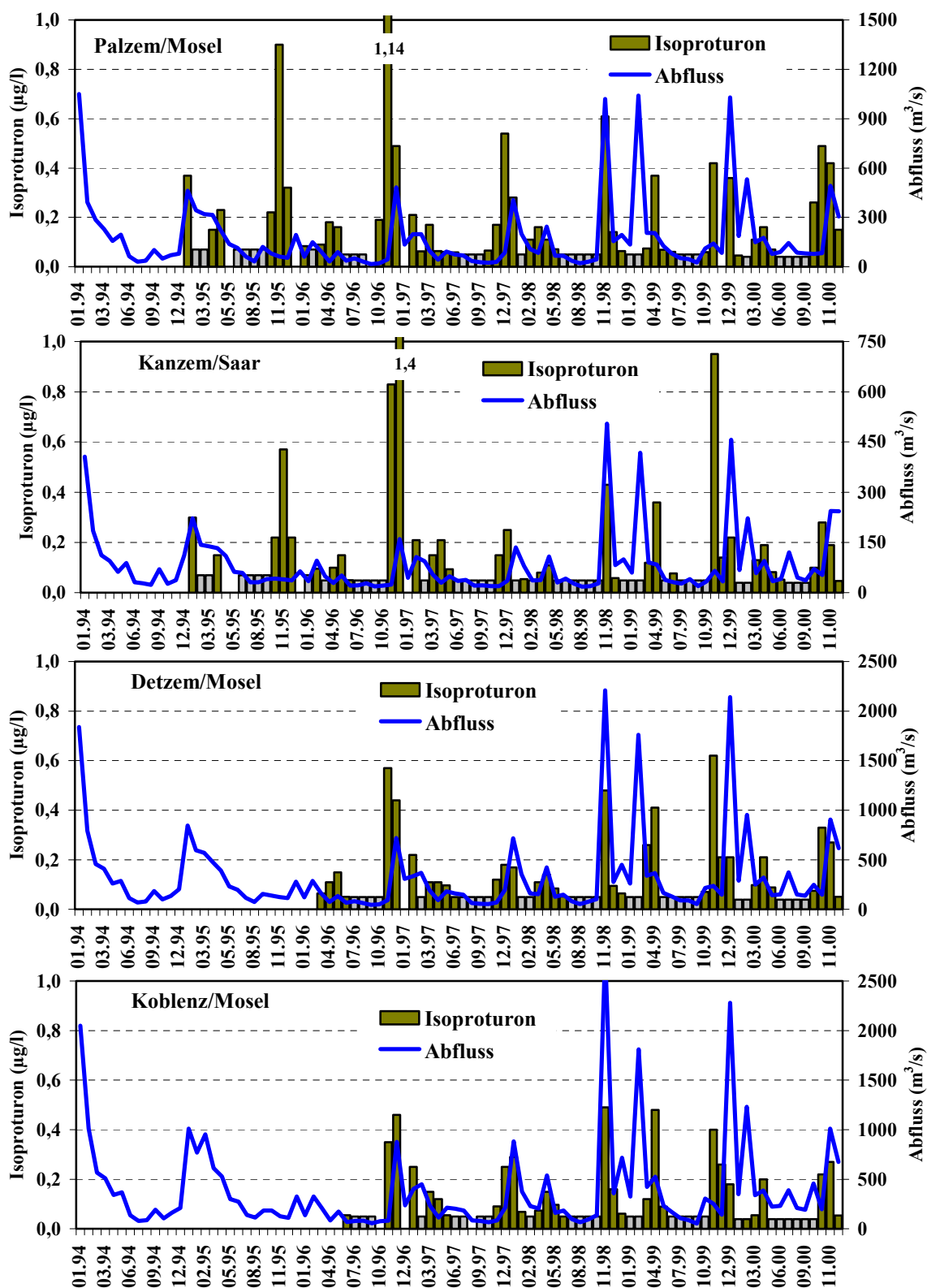


Abb. 72: Isoproturonkonzentrationen (µg/l) in Mosel und Saar. Graue Säulen: Messwerte kleiner Bestimmungsgrenze.

In Mosel und Saar werden gegenüber dem Rhein [27] deutlich höhere Gehalte vor allem an Herbiziden beobachtet. Diuron und Isoproturon wurden in vergleichbaren Konzentrationen z.B. in Neckar, Main, Aller und Weser festgestellt [27, 49].

Sehr selten wird in Schwebstoffen aus Mosel und Saar DDT und vereinzelt der Metabolit DDE, der keine insektizide Wirkung mehr besitzt, nachgewiesen (Abb. 73). Die aus den Schwebstoffanalysen errechneten Gesamt-Konzentrationen des DDT, DDE und DDD unterschreiten in jedem Fall die Zielvorgaben der IKS.

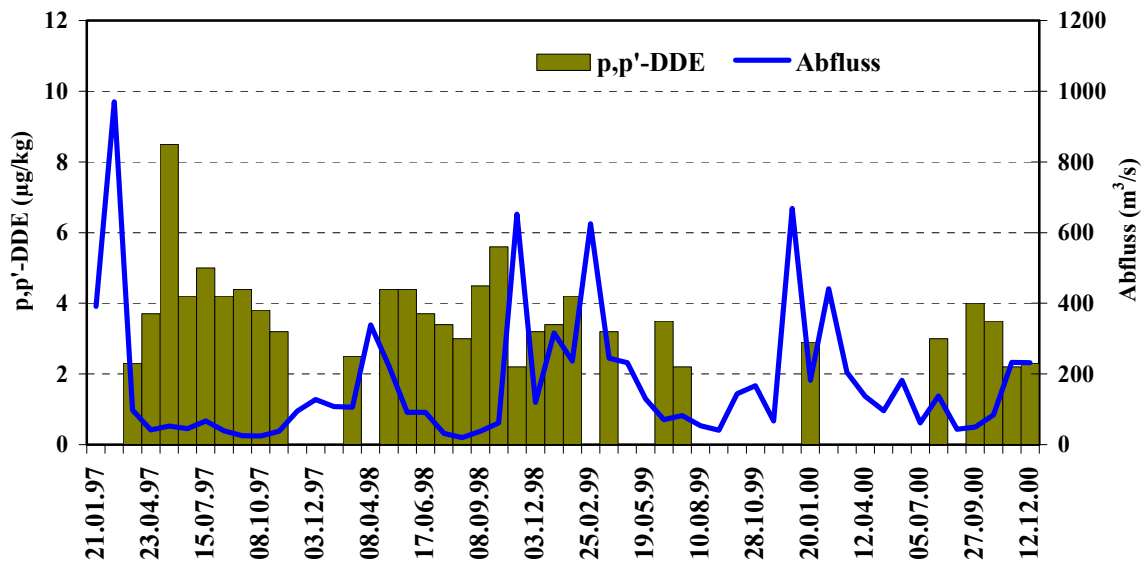


Abb. 73: p,p'-DDE (µg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem

γ-Hexachlorcyclohexan (Lindan) ist ein hochwirksames Breitbandinsektizid. Die Anwendung von technischem HCH (mit 14-15% Lindan) ist in der Bundesrepublik seit Mitte der siebziger Jahre untersagt [49]. Hexachlorcyclohexan (HCH) ist als prioritärer gefährlicher Stoff der EU-WRRL eingestuft. Das Gamma-Isomer (Lindan) ist der Indikatorparameter.

In Mosel und Saar traten in den achtziger Jahren Spitzenwerte von mehr als 100 ng Lindan pro Liter auf. In den neunziger Jahren gehen die Konzentrationen zurück, parallel nimmt die Anzahl der Messwerte kleiner Bestimmungsgrenze zu (Abb. 74). Die Zielvorgabe der LAWA (0,1 µg/l) und der Qualitätsnorm-Vorschlag (0,016 µg/l) des Engler-Bunte-Instituts [46]

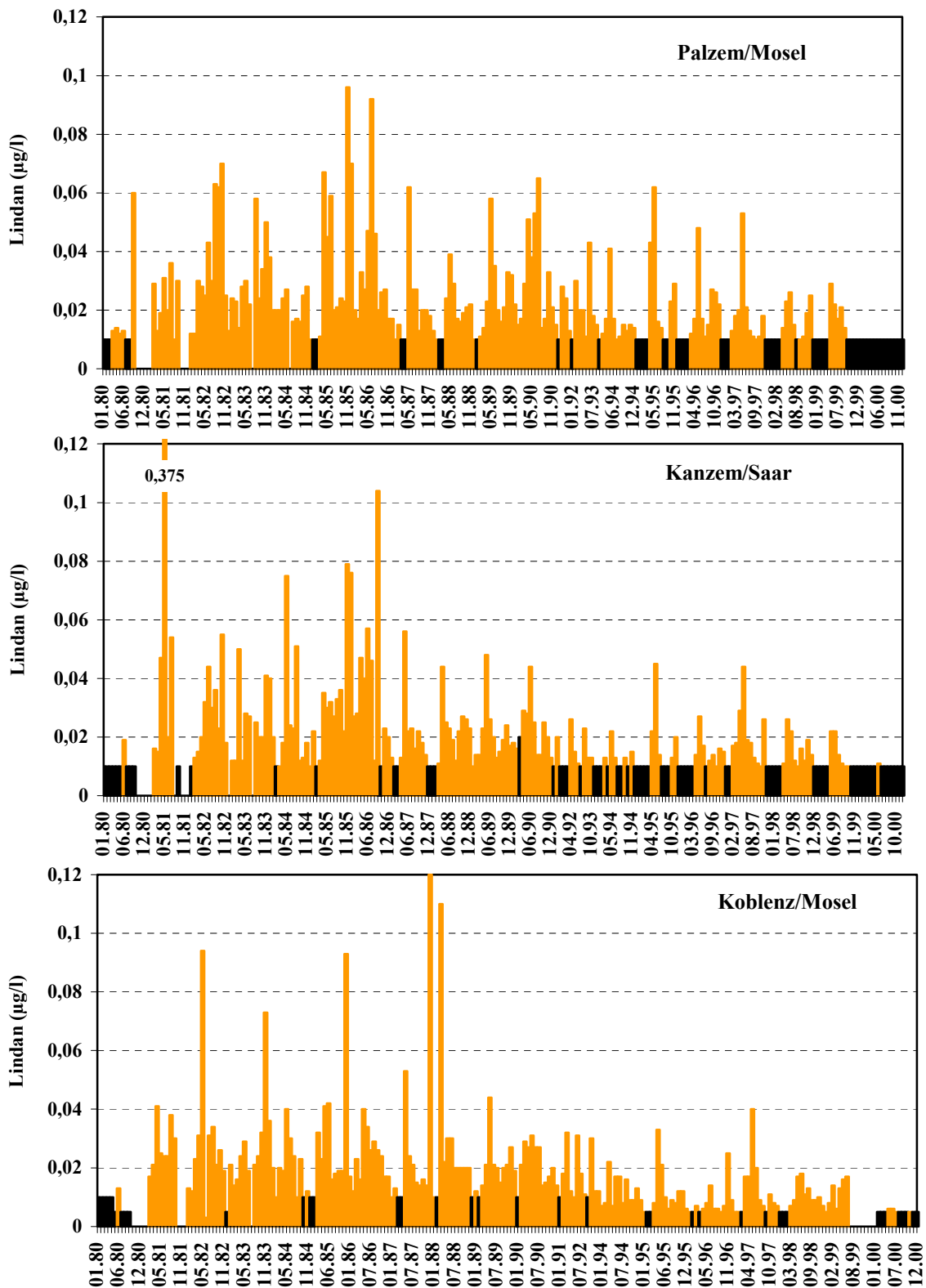


Abb. 74: Lindan-Konzentration (µg/l) in der Mosel bei Palzem, Koblenz und in der Saar bei Kanzem. Schwarz: Werte kleiner Bestimmungsgrenze.

werden sicher eingehalten. Die Zielvorgabe (90-Perzentil) der IKSRL liegt mit 2 ng/l unter der Bestimmungsgrenze, so dass für die letzten Jahre keine sichere Überprüfung möglich ist.

5.8.3 PCB und PAK

Die ursprünglichen Verunreinigungen mit polychlorierten Biphenylen (PCB) im Einzugsgebiet von Mosel und Saar waren auf Störfälle im Bergbau (frühere Verwendung von PCB als Hydraulikflüssigkeit) sowie auf Auswaschungen kontaminierter Flächen (ehemalige Transformatorfabrikation) im Großraum Metz [18, 40] zurückzuführen und konnten in den letzten Jahren weitgehend unterbunden werden. Die PCB-Konzentrationen im Schwebstoff zeigen in Mosel und Saar eine abnehmende Tendenz, wie in den Abbildungen 75 und 76 beispielhaft für das PCB 52 und das PCB 153 dargestellt.

Tab. 21: Polychlorierte Biphenyle (PCB) in Mosel und Saar													
		Mosel								Saar			
		Palzem				Koblenz				Kanzem			
Jahr		Mittel	90-Perz.	Mittel	90-Perz.	Mittel	90-Perz.	Mittel	90-Perz.	Mittel	90-Perz.	Mittel	90-Perz.
		µg/kg	µg/kg	ng/l *	ng/l *	µg/kg	µg/kg	ng/l *	ng/l *	µg/kg	µg/kg	ng/l *	ng/l *
PCB 28	1992					3,5	6,0	0,05	0,16				
	1993					2,0	3,0	0,02	0,06				
	1994	6,2	8,3	0,15	0,24	2,4	4,0	0,07	0,19	9,6	11,2	0,11	0,21
	1995	6,3	8,5	0,12	0,21	1,5	2,0	0,03	0,06	11,1	14,1	0,10	0,14
	1996	6,5	9,4	0,08	0,14	1,9	2,0	0,02	0,06	10,0	13,2	0,07	0,11
	1997	3,5	5,3	0,07	0,18	1,3	2,3	0,03	0,02	6,6	10,5	0,06	0,11
	1998	5,0	9,0	0,07	0,12	1,6	2,0	0,03	0,04	8,6	16,5	0,14	0,33
	1999	2,7	5,1	0,12	0,35	0,8	2,0	0,02	0,04	5,0	7,8	0,17	0,53
	2000	3,9	5,9	0,06	0,14	1,3	2,0	0,03	0,06	5,0	7,2	0,08	0,16
PCB 52	1992					8,0	17,6	0,11	0,32				
	1993					4,0	8,0	0,05	0,11				
	1994	10,2	12,6	0,25	0,45	3,9	6,5	0,10	0,22	14,0	17,5	0,16	0,29
	1995	11,1	14,7	0,21	0,35	2,5	3,0	0,06	0,16	14,3	20,2	0,13	0,18
	1996	9,8	15,7	0,12	0,25	2,7	4,0	0,03	0,07	11,7	15,6	0,08	0,14
	1997	5,8	8,8	0,10	0,24	2,5	4,3	0,05	0,17	8,2	11,8	0,08	0,16
	1998	4,9	8,2	0,08	0,16	1,8	2,2	0,03	0,08	7,5	12,5	0,11	0,23
	1999	3,6	6,3	0,12	0,41	1,1	1,2	0,04	0,14	7,7	13,1	0,23	0,63
	2000	5,0	8,4	0,08	0,18	1,6	2,0	0,04	0,10	7,8	11,0	0,12	0,23
PCB 101	1992					15,3	30,6	0,21	0,60				
	1993					7,6	13,0	0,09	0,22				
	1994	17,6	22,7	0,44	0,86	7,0	12,0	0,16	0,36	15,6	20,5	0,17	0,30
	1995	16,6	22,7	0,31	0,58	5,9	7,0	0,13	0,33	15,8	23,7	0,14	0,18
	1996	15,8	22,9	0,19	0,34	7,5	11,7	0,09	0,21	11,7	15,3	0,09	0,15
	1997	11,8	19,2	0,28	0,72	6,4	10,0	0,11	0,32	10,5	16,0	0,11	0,21
	1998	6,9	9,6	0,11	0,24	5,1	7,5	0,07	0,19	6,9	10,0	0,11	0,29
	1999	8,7	13,2	0,26	0,78	4,5	5,5	0,09	0,25	11,2	23,1	0,44	1,24
	2000	8,2	10,7	0,13	0,25	4,2	5,9	0,09	0,19	11,0	17,0	0,17	0,31

Fortsetzung Tab. 21: Polychlorierte Biphenyle (PCB) in Mosel und Saar													
Jahr		Mosel								Saar			
		Palzem				Koblenz				Kanzem			
		Mittel	90-Perz.	Mittel	90-Perz.	Mittel	90-Perz.	Mittel	90-Perz.	Mittel	90-Perz.	Mittel	90-Perz.
		µg/kg	µg/kg	ng/l *	ng/l *	µg/kg	µg/kg	ng/l *	ng/l *	µg/kg	µg/kg	ng/l *	ng/l *
PCB 118	1992					10,9	21,5	0,12	0,28				
	1993					6,0	10,1	0,14	0,29	11,0	16,3	0,12	0,20
	1994	9,8	12,8	0,24	0,42	4,7	6,2	0,11	0,27	10,2	14,8	0,09	0,13
	1995	9,0	12,5	0,11	0,21	5,8	9,4	0,07	0,16	17,4	26,9	0,12	0,22
	1996	8,0	19,5	0,17	0,40	4,1	7,3	0,07	0,21	8,6	17,5	0,08	0,17
	1997	5,2	7,3	0,08	0,18	3,5	4,2	0,06	0,17	5,9	9,3	0,10	0,25
	1998	4,9	6,9	0,15	0,42	3,1	4,0	0,06	0,16	6,9	13,7	0,28	0,84
	2000	5,6	8,2	0,09	0,20	2,7	4,0	0,06	0,15	8,3	14,0	0,13	0,27
PCB 138	1992					34,5	70,5	0,41	1,09				
	1993					18,2	25,0	0,21	0,51				
	1994	26,9	37,6	0,68	1,36	13,6	21,5	0,29	0,51	14,6	19,0	0,17	0,32
	1995	26,8	37,9	0,51	0,96	10,5	13,7	0,23	0,52	16,1	21,0	0,16	0,22
	1996	25,7	33,5	0,31	0,52	13,5	18,7	0,15	0,35	14,0	16,7	0,10	0,18
	1997	24,4	47,6	0,63	1,86	10,5	18,3	0,17	0,52	15,5	28,4	0,16	0,30
	1998	18,1	25,2	0,26	0,58	9,4	11,5	0,15	0,43	11,5	16,5	0,19	0,48
	1999	22,5	39,2	0,63	1,78	8,9	12,2	0,20	0,70	17,6	34,2	0,70	2,01
PCB 153	2000	16,1	25,0	0,23	0,48	6,1	8,9	0,14	0,38	15,4	21,0	0,24	0,44
	1992					30,1	55,9	0,42	1,25				
	1993					20,1	26,2	0,22	0,50				
	1994	34,8	43,1	0,87	1,65	18,7	30,5	0,39	0,66	24,3	38,2	0,25	0,38
	1995	31,2	44,3	0,57	1,03	15,9	21,7	0,33	0,74	20,1	32,2	0,18	0,24
	1996	30,0	40,7	0,36	0,62	17,5	24,7	0,20	0,49	19,7	23,9	0,14	0,24
	1997	23,4	44,9	0,54	1,39	14,2	24,3	0,24	0,72	11,2	18,4	0,11	0,20
	1998	16,0	21,0	0,23	0,53	12,6	16,0	0,19	0,54	8,6	12,2	0,14	0,34
PCB 180	1999	19,8	32,7	0,56	1,58	11,5	15,0	0,30	1,03	11,8	24,7	0,51	1,49
	2000	14,8	20,5	0,22	0,49	9,6	10,0	0,21	0,50	12,0	16,7	0,18	0,30
	1992					19,8	40,6	0,26	0,74				
	1993					10,0	13,0	0,10	0,24				
	1994	25,5	32,4	0,63	1,10	8,6	12,0	0,18	0,32	9,6	12,7	0,11	0,19
	1995	23,1	32,3	0,42	0,79	8,4	11,4	0,18	0,43	9,7	12,6	0,09	0,13
	1996	19,0	24,3	0,23	0,39	8,4	11,5	0,09	0,24	7,1	8,9	0,05	0,09
	1997	14,8	26,3	0,37	1,07	6,3	10,3	0,12	0,37	7,5	11,5	0,08	0,20
PCB 180	1998	12,8	17,0	0,18	0,37	5,5	7,0	0,09	0,27	6,0	9,8	0,10	0,22
	1999	14,6	23,2	0,39	1,01	5,3	8,0	0,15	0,46	7,6	14,5	0,31	0,96
	2000	10,9	16,0	0,16	0,35	4,7	6,0	0,10	0,21	7,3	10,2	0,12	0,27
* Konzentrationen pro Liter umgerechnet aus Schwebstoffdaten													

Zur Umsetzung der EU-Richtlinie 76/464/EWG wird für die PCB von den Bundesländern eine Qualitätsnorm von 20 µg/kg (Mittelwert) verwendet (Tab. 4). Diese Norm wird von den niederchlorierten PCB seit Beginn der Messungen, von den höherchlorierten PCB seit Mitte der neunziger Jahre in der Saar und in der Mosel bei Koblenz unterschritten. In Schwebstoffen der Mosel bei Palzem lag nach 1997 nur beim PCB 138 der Jahresmittelwert 1999 über 20 µg/kg Schwebstoff. Die abnehmenden PCB-Konzentrationen in den Schwebstoffen von Mosel und Saar sind ein Hinweis für die Wirksamkeit der durchgeführten Maßnahmen. Die Zielvorgabe der IKSMS für die Gesamtkonzentrationen (je 0,1 ng PCB pro Liter), die im Hinblick auf den Fischkonsum festgelegt wurde, ist abhängig vom Schwebstoffgehalt und wird meist um ein Vielfaches überschritten (Tab. 21).

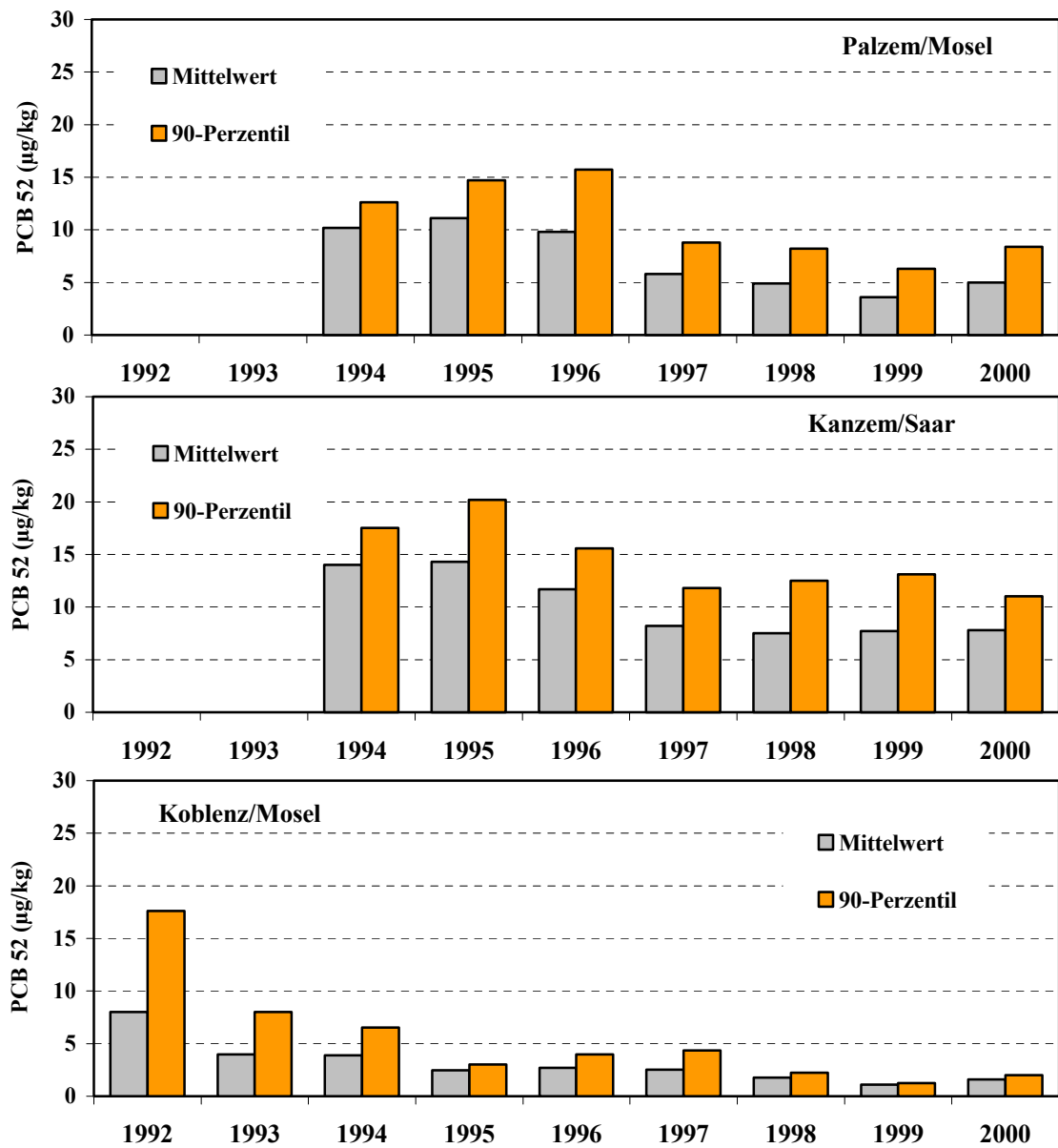


Abb. 75: PCB 52 (µg/kg) in Schwebstoffen aus Mosel und Saar

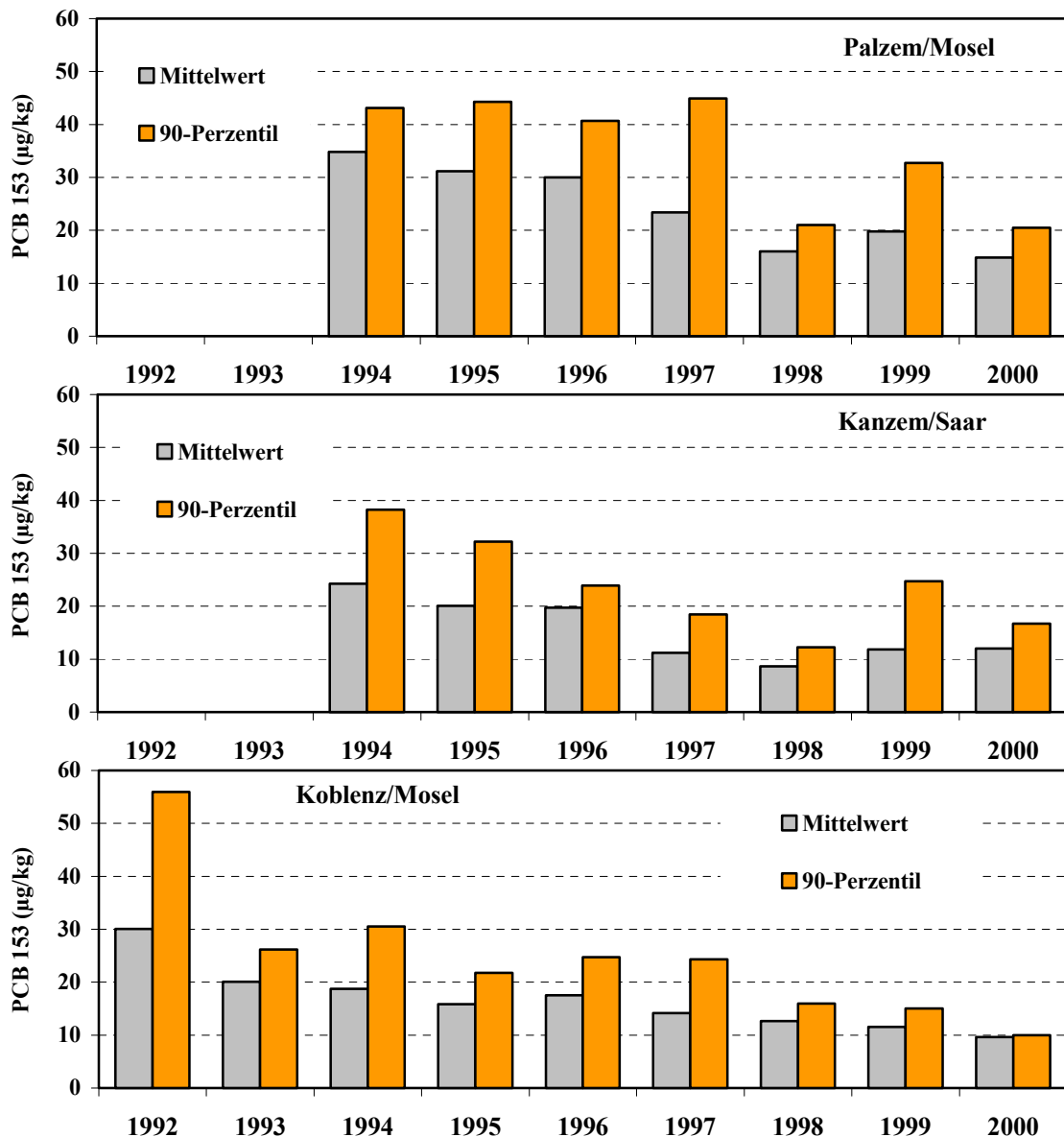


Abb. 76: PCB 153 (µg/kg) in Schwebstoffen aus Mosel und Saar

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind eine Stoffgruppe mit einer Vielzahl von aromatischen Verbindungen mit kondensierten Ringsystemen. PAK sind u.a. in Erdöl, Kohle und Tabaktee enthalten. Im Gegensatz zu den PCB, die durch gezielte Produktionsprozesse entstanden, werden PAK bei unvollständiger Verbrennung von organischen Stoffen gebildet, beispielsweise durch Waldbrände, Großfeuerungsanlagen, Hausbrand, Verbrennungsmotoren, Grillen, Räuchern und Rauchen [49]. Aus der großen

Anzahl der Verbindungen werden im Rahmen der Gewässerüberwachung die sechs PAK nach der Trinkwasserverordnung bestimmt. Eine Zusammenstellung der Mittelwerte und 90-Perzentile zeigt Tab. 22.

Tab. 22: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Mosel und Saar													
		Mosel								Saar			
		Palzem				Koblenz				Kanzem			
Jahr		90-		90-		90-		90-		90-		90-	
		Mittel	Perzentil	Mittel	Perzentil	Mittel	Perzentil	Mittel	Perzentil	Mittel	Perzentil	Mittel	Perzentil
		mg/kg	mg/kg	µg/l *	µg/l *	mg/kg	mg/kg	µg/l *	µg/l *	mg/kg	mg/kg	µg/l *	µg/l *
Fluoranthen	1992					1,70	2,56	0,029	0,092				
	1993					2,27	4,82	0,020	0,068				
	1994	1,29	1,80	0,031	0,049	1,62	2,48	0,038	0,119	1,13	1,49	0,012	0,021
	1995	1,18	1,68	0,028	0,075	1,71	1,98	0,040	0,107	1,29	1,83	0,013	0,028
	1996	1,07	1,43	0,015	0,037	1,61	2,39	0,019	0,054	1,31	1,74	0,010	0,016
	1997	0,88	1,18	0,040	0,153	1,30	1,88	0,028	0,093	1,29	1,67	0,018	0,064
	1998	1,04	1,45	0,020	0,066	1,40	1,72	0,036	0,115	1,27	1,60	0,027	0,083
	1999	1,04	1,37	0,036	0,094	1,25	1,65	0,047	0,186	1,20	1,62	0,039	0,155
	2000	0,92	1,12	0,013	0,025	1,18	1,50	0,026	0,055	0,91	1,10	0,014	0,026
Benzo(b)-fluoranthen	1992					0,90	1,23	0,014	0,049				
	1993					1,37	2,53	0,013	0,034				
	1994	0,72	0,93	0,017	0,024	1,07	1,55	0,023	0,067	0,60	0,83	0,006	0,011
	1995	0,63	0,80	0,014	0,033	1,09	1,27	0,025	0,067	0,58	0,73	0,006	0,013
	1996	0,57	0,72	0,007	0,014	1,10	1,61	0,012	0,033	0,47	0,66	0,003	0,005
	1997	0,58	0,73	0,022	0,079	0,98	1,39	0,022	0,072	0,77	0,98	0,010	0,033
	1998	0,70	0,97	0,012	0,031	0,88	1,07	0,019	0,060	0,77	0,92	0,013	0,036
	1999	0,68	0,86	0,020	0,049	0,83	1,04	0,029	0,115	0,75	0,92	0,020	0,070
	2000	0,58	0,84	0,008	0,011	0,79	0,99	0,018	0,036	0,57	0,75	0,008	0,015
Benzo(k)-fluoranthen	1992					0,46	0,61	0,007	0,021				
	1993					0,66	1,33	0,006	0,019				
	1994	0,41	0,56	0,010	0,013	0,49	0,72	0,011	0,033	0,35	0,48	0,004	0,007
	1995	0,35	0,45	0,008	0,020	0,54	0,62	0,013	0,034	0,34	0,44	0,004	0,008
	1996	0,33	0,42	0,004	0,007	0,52	0,77	0,006	0,016	0,29	0,42	0,002	0,003
	1997	0,26	0,32	0,010	0,038	0,45	0,63	0,010	0,033	0,35	0,46	0,005	0,015
	1998	0,31	0,42	0,006	0,014	0,46	0,55	0,010	0,033	0,34	0,39	0,006	0,018
	1999	0,31	0,40	0,009	0,021	0,41	0,52	0,015	0,058	0,35	0,42	0,009	0,033
	2000	0,26	0,38	0,003	0,005	0,40	0,50	0,009	0,018	0,27	0,34	0,004	0,007
Benzo(a)-pyren	1992					0,74	1,02	0,011	0,032				
	1993					1,24	2,51	0,011	0,035				
	1994	0,67	0,99	0,016	0,022	0,95	1,36	0,021	0,064	0,68	0,96	0,007	0,014
	1995	0,64	0,84	0,015	0,038	1,22	1,47	0,026	0,073	0,67	0,88	0,007	0,016
	1996	0,53	0,74	0,006	0,009	1,16	2,13	0,012	0,034	0,56	0,81	0,004	0,005
	1997	0,37	0,50	0,013	0,048	0,68	1,07	0,015	0,052	0,58	0,78	0,007	0,023
	1998	0,43	0,67	0,007	0,018	0,65	0,79	0,016	0,050	0,58	0,73	0,010	0,029
	1999	0,49	0,62	0,013	0,031	0,60	0,74	0,022	0,086	0,64	0,83	0,017	0,062
	2000	0,40	0,60	0,005	0,007	0,67	0,83	0,015	0,030	0,44	0,59	0,007	0,011
Benzo(ghi)-perylene	1992					0,55	0,76	0,008	0,024				
	1993					0,86	1,58	0,009	0,022				
	1994	0,69	0,98	0,017	0,025	0,57	0,96	0,012	0,039	0,70	1,01	0,008	0,015
	1995	0,58	0,82	0,014	0,031	0,92	1,10	0,020	0,051	0,70	0,95	0,008	0,018
	1996	0,64	0,99	0,007	0,010	0,84	1,20	0,009	0,023	0,61	0,80	0,004	0,006
	1997	0,37	0,51	0,013	0,048	0,67	1,00	0,015	0,050	0,51	0,72	0,007	0,022
	1998	0,39	0,56	0,007	0,016	0,62	0,72	0,013	0,040	0,49	0,63	0,008	0,022
	1999	0,46	0,62	0,014	0,033	0,68	0,82	0,024	0,093	0,54	0,67	0,015	0,054
	2000	0,25	0,37	0,003	0,005	0,66	0,80	0,015	0,029	0,30	0,40	0,004	0,008
Indeno-pyren	1992					0,57	0,78	0,008	0,025				
	1993					0,87	1,68	0,008	0,022				
	1994	0,68	1,03	0,016	0,023	0,77	1,26	0,016	0,048	0,64	0,92	0,007	0,013
	1995	0,57	0,77	0,013	0,032	0,82	0,95	0,018	0,044	0,59	0,74	0,006	0,014
	1996	0,53	0,75	0,006	0,009	0,98	1,74	0,010	0,026	0,48	0,68	0,003	0,004
	1997	0,39	0,51	0,015	0,054	0,69	1,00	0,015	0,051	0,56	0,74	0,007	0,023
	1998	0,43	0,59	0,008	0,018	0,87	0,97	0,020	0,061	0,51	0,61	0,008	0,021
	1999	0,48	0,63	0,013	0,027	0,66	0,80	0,023	0,090	0,57	0,71	0,013	0,049
	2000	0,40	0,66	0,005	0,008	0,67	0,82	0,015	0,030	0,46	0,64	0,007	0,013
* Konzentrationen pro Liter umgerechnet aus Schwebstoffdaten													

Die PAK-Konzentrationen im Schwebstoff sind beispielhaft für das im allgemeinen in den höchsten Konzentrationen vorkommende Fluoranthren und das stark cancerogene Benzo(a)pyren dargestellt (Abb. 77 und 78).

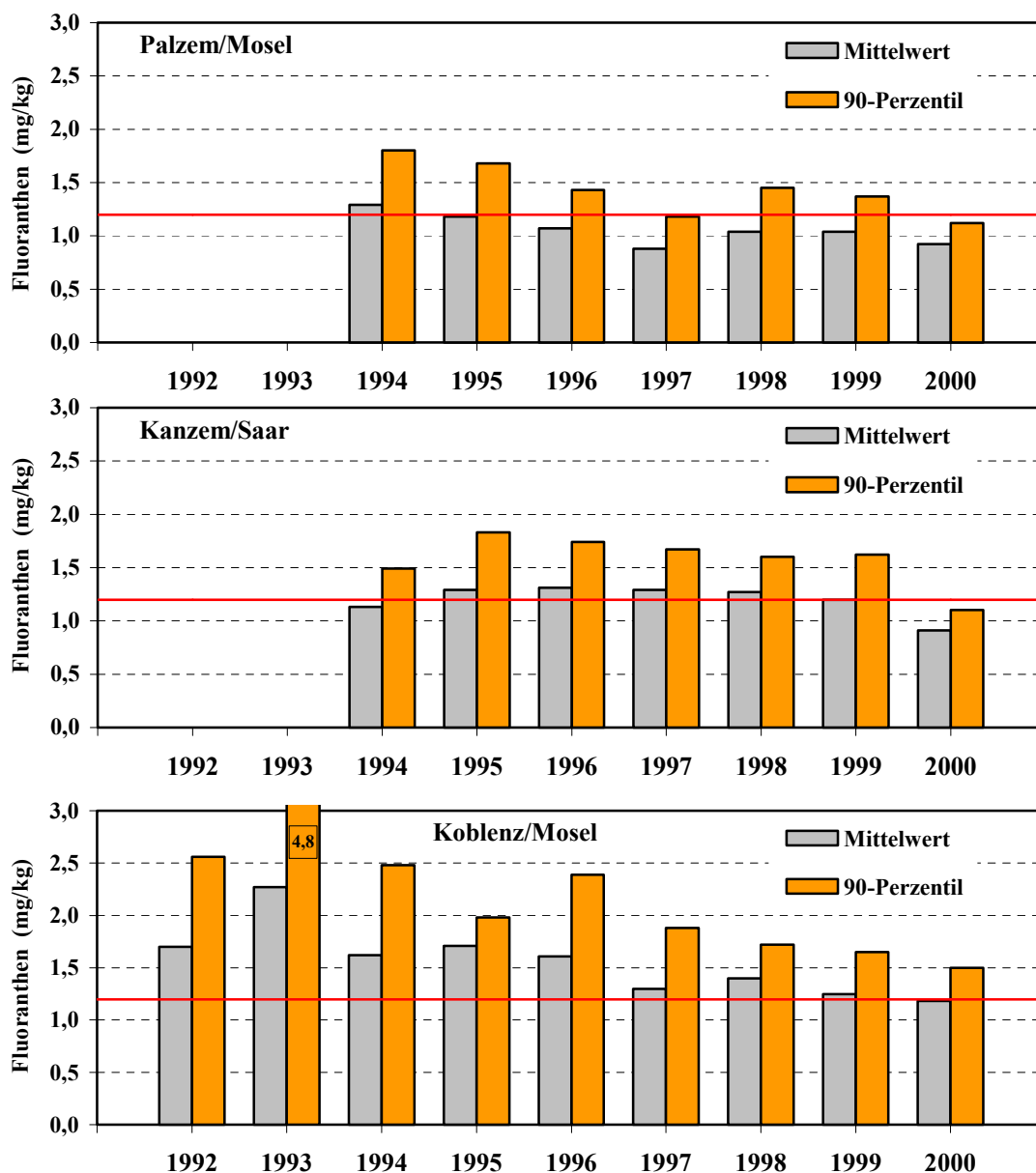


Abb. 77: Fluoranthren (mg/kg) in Schwebstoffen aus Mosel und Saar. Rote Linie: vorläufige Zielvorgabe der IKSMS

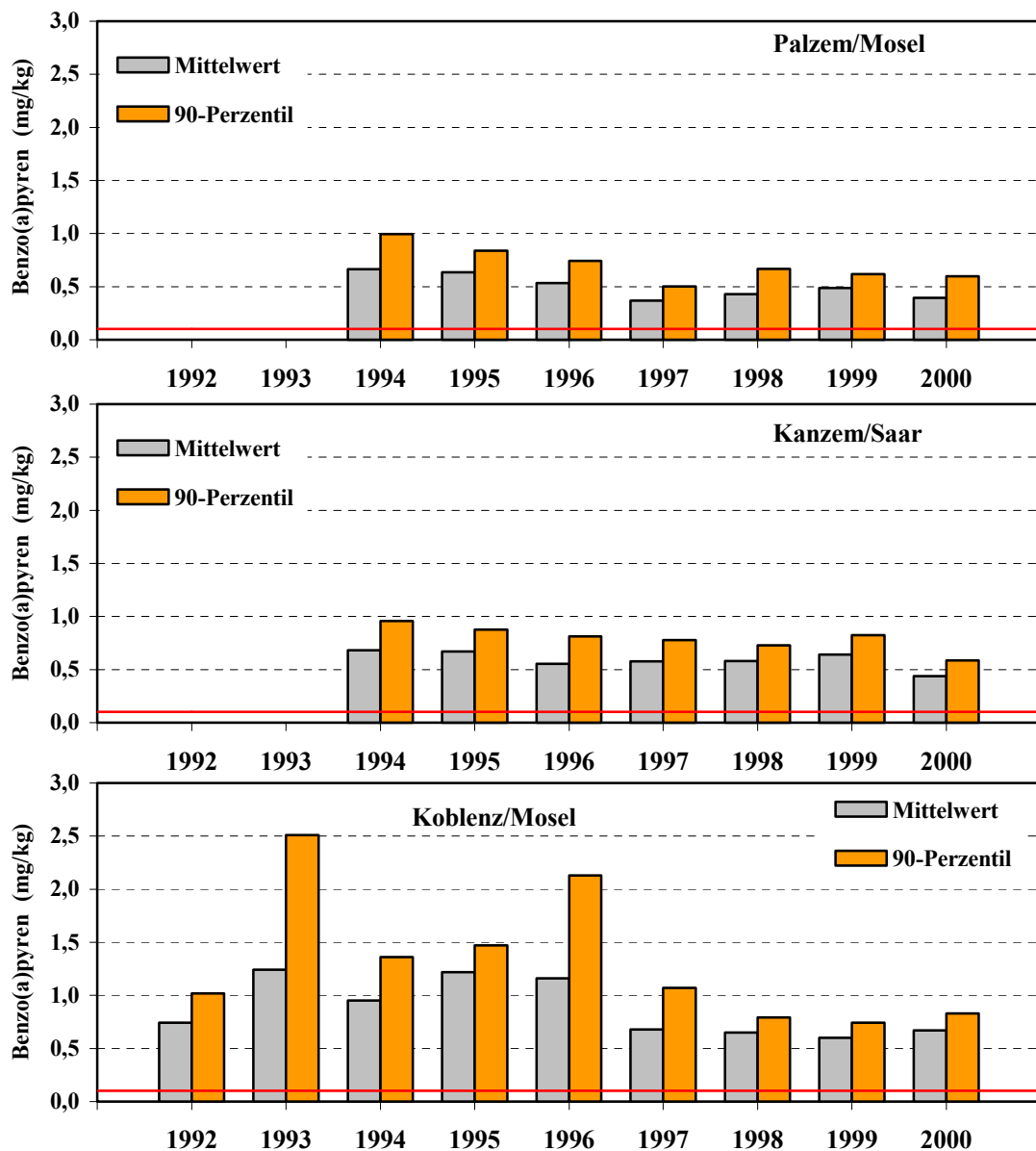


Abb. 78: Benzo(a)pyren (mg/kg) in Schwebstoffen aus Mosel und Saar. Rote Linie: vorläufige Zielvorgabe der IKSMS

Im Vergleich mit den (vorläufigen) Zielvorgaben der IKSMS sind die Schwebstoffe aus Mosel und Saar stark mit PAK belastet. Nur die 90-Perzentile des Benzo(k)fluoranthens liegen unterhalb der Zielvorgabe von 0,8 mg/kg. Bei Benzo(a)pyren wird dagegen die

Zielvorgabe um das Fünf- bis Zwanzigfache überschritten (Tab. 22, Abb. 78). Eindeutige zeitliche Trends in der spezifischen PAK-Belastung der Schwebstoffe sind nicht feststellen. Während beispielsweise im Falle des Fluoranthens in Koblenz die Konzentrationen zurückgehen, verbleiben sie bei anderen PAK in etwa auf gleichem Niveau oder zeigen mehrfache Schwankungen (Tab. 22).

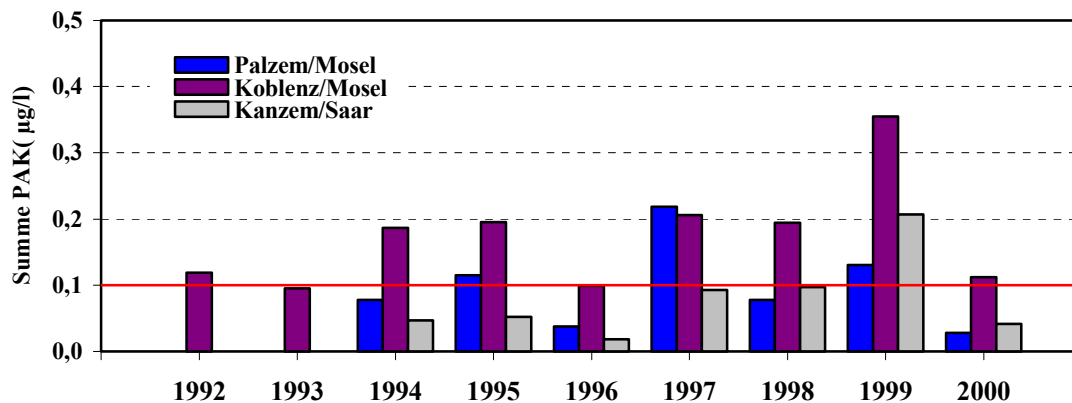


Abb. 79: 90-Perzentile der Summe Benzo(b)-, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(ghi)perylene, Indenopyren (µg/l). Umgerechnet aus Schwebstoffdaten. Rote Linie: Zielvorgabe der IKSR

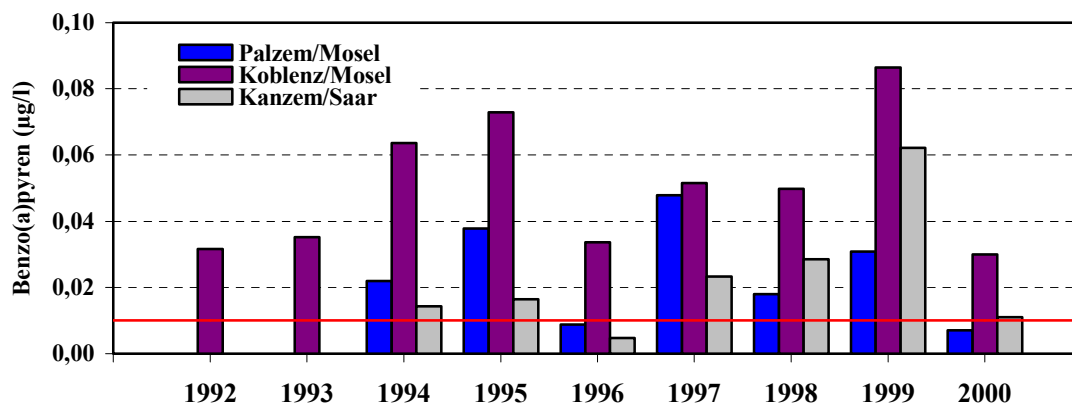


Abb. 80: Benzo(a)pyren (µg/l) 90-Perzentile. Umgerechnet aus Schwebstoffdaten. Rote Linie: Zielvorgabe der IKSR

Werden die PAK-Gehalte auf die Wasserphase umgerechnet, so treten Belastungen insbesondere mit Benzo(a)pyren an allen Messstellen auf. Die Summe der PAK überschreitet die Zielvorgabe der IKSR vor allem in der Mosel bei Koblenz. In der Mosel bei Palzem und der Saar bei Kanzem liegen die 90-Perzentilwerte der Summe PAK 1999 bzw. 1995 und 1997 (nur Palzem) über der Zielvorgabe der IKSR. Von [46] werden zum Schutz der aquatischen

Lebensgemeinschaften Qualitätsnormen für Fluoranthen von 0,032 µg/l und für Benzo(a)pyren von 0,1 µg/l vorgeschlagen. Bei Benzo(a)pyren unterschreiten die Mittel- und 90-Perzentilwerte diesen Qualitätsnormvorschlag, die Mittelwerte des Fluoranthens liegen in Koblenz 1994, 1995, 1998 und 1999, in Palzem 1997 und 1999 und in Kanzem 1999 über dieser Empfehlung (Tab. 22). Für die übrigen PAK konnten auf Grund der unzureichenden Datenlage [46] keine Qualitätsnorm-Vorschläge erarbeitet werden.

6. Biologische Gewässergüte und Makrozoobenthos

Die biologische Qualität der Mosel und anderer staugeregelter Flüsse in Rheinland-Pfalz wie Saar und Lahn kann mittels Saprobienindex, basierend auf dem Makrozoobenthos, nicht ganz zufriedenstellend beschrieben werden, da die Methode nur für Fließgewässer gilt und die staugeregelten Flüsse eine gewisse Zwitterstellung zwischen Fließgewässern und stehenden Gewässern einnehmen. Auch erschweren die trophischen Prozesse mit z.T. fließgewässer-untypischen Algenmassenentwicklungen und die Einwanderung neuer, dominanter Arten die Gütebestimmung mit dem Saprobienindex [50]. Aufgrund der biologischen Gütebestimmung kann die Mosel derzeit überwiegend in die Güteklasse II (mäßig belastet) eingestuft werden, je nach Lage der Probestelle werden auch Bereiche mit der Gewässergüteklasse II-III (kritisch belastet) vorgefunden (Abb. 81). Nach den rheinland-pfälzischen Gewässergütekarten 1972 (Abb. 82) und 1977 befand sich die Mosel fast durchgehend in der Güteklasse II-III, Teile der Saar und einzelne Probestellen der Mosel unterhalb der Saarmündung wurden in der Gütekarte 1977 als stark verschmutzt (Güteklasse III) ausgewiesen.

Daten über die Artenzusammensetzung des Makrozoobenthos der Mosel liegen im LfW seit Beginn der achtziger Jahre vor. Aktuell wird das Makrozoobenthos der Mosel (Abb. 83) geprägt von Ubiquisten wie z.B. den Schnecken *Ancylus fluviatilis*, *Bithynia tentaculata*, *Acroloxus lacustris*, Schwämmen, Moostierchen und den Neozoen *Dreissena polymorpha*, *Potamopyrgus antipodarum*, *Corbicula* sp., *Corophium curvispinum*, *Dikerogammarus villosus*, *Jaera istri*, *Gammarus tigrinus* und *Hypania invalida*. Je nach Probestelle und Jahreszeit treten begleitend Strudelwürmer, Egel, weitere Schneckenarten und Köcherfliegen wie *Tinodes waeneri* und Hydroptiliden auf. Im Jahr 1982 waren dagegen, neben *Bithynia tentaculata*, die gegen organische Belastungen unempfindlichen Egel und Wasserasseln (*Asellus aquaticus*) dominant (Abb. 83). Der einheimische Flohkrebs *Gammarus pulex* wurde etwa Anfang der neunziger Jahre vermutlich durch den eingewanderten Tigerflohkrebs (*Gammarus tigrinus*) verdrängt.

Gewässergütekarte Rheinland-Pfalz Stand 1972

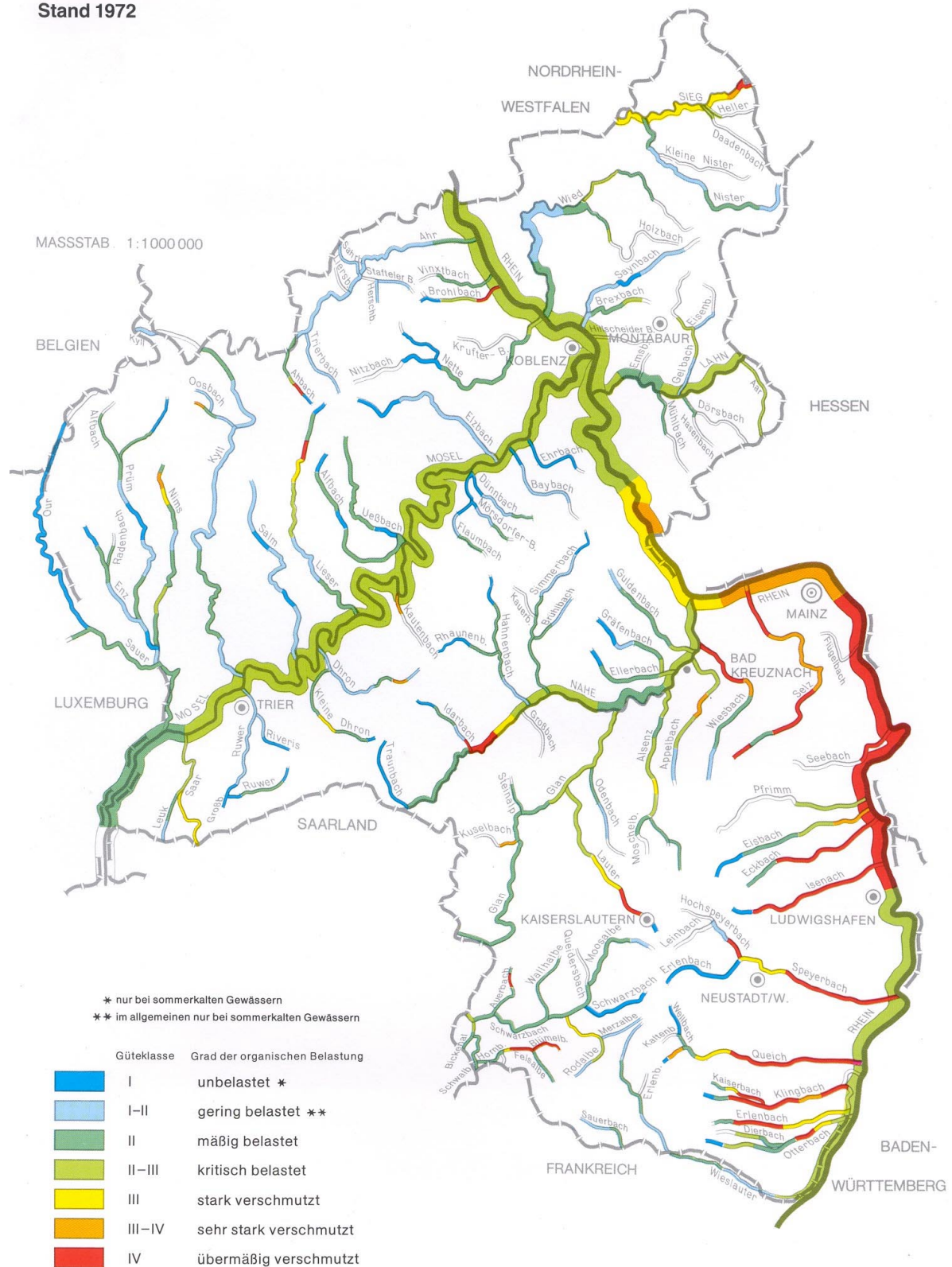


Abb. 82: Gewässergütekarte 1972

Im Rahmen der Vertiefung der Mosel wurden von der Bundesanstalt für Gewässerkunde umfangreiche Untersuchungen des Makrozoobenthos durchgeführt [51]. Hierbei wurden zwar für die Moselstrecke von der deutsch-französischen Grenze bis Koblenz 133 Arten bzw. Taxa, darunter auch einige flusstypische Arten, gefunden. Diese sind jedoch vergleichsweise selten und eher auf kleine Abschnitte beschränkt. Bei den Routineaufnahmen zur biologischen Gewässergüteermittlung werden - trotz der Verbesserung der Wasserbeschaffenheit in den letzten 25 Jahren - pro Probenahmestelle meist weniger als 15 Arten, oft weniger als 10 Arten vorgefunden. Die vergleichsweise geringen Artenzahlen machen deutlich, dass die Wiederbesiedlung der Mosel mit Makrozoobenthosorganismen noch nicht abgeschlossen ist. Außerdem können sie als Hinweis gewertet werden, dass die Bedingungen der stauregulierten Schifffahrtsstraße Mosel einen deutlichen Einfluss auf die Lebensgemeinschaft des Makrozoobenthos ausüben. Mauch untersuchte das Makrozoobenthos der Mosel vor dem Ausbau zur Großschifffahrtsstraße 1958/59 und zwanzig Jahre später 1978/79 [52, 53]. Auch das Makrozoobenthos der Mosel von 1958/59 kann nicht als Referenzbiozönose angesehen werden, da bereits Ausfälle an flusstypischen Arten auftraten und die Abundanz der damals noch vorhandenen potamaltypischen Arten vergleichsweise gering war. Dies ist vor dem Hintergrund der bereits in den fünfziger Jahren vorhandenen saprobiellen und toxischen Belastung (Montan-Industrie) erklärbar. Die Stauregulierung führte darüber hinaus zu einem weitgehenden Verlust der strömungsliebenden Arten wie z.B. *Potamanthus luteus*, *Heptagenia sulphurea*, *Baetis* sp., *Aphelocheirus aestivalis* und der „Moselsteinfliege“ *Marthamea selysii*, die mit dem Erlöschen der Moselpopulation in Mitteleuropa ausgestorben ist. Die Untersuchungen nach dem Ausbau wurden in der Phase der stärksten saprobiellen Belastung der Mosel durchgeführt, mittlerweile konnten einige der 1978/79 verschwundenen flusstypischen Arten wieder in der Mosel nachgewiesen werden [51]. Die Dominanzverhältnisse des Makrozoobenthos haben sich aber nicht grundlegend geändert, flusstypische Arten, insbesondere aus den Gruppen der Eintags-, Stein-, Köcherfliegen und Wasserkäfer, sind in der deutschen Moselstrecke nur selten und mit sehr geringen Abundanzen vertreten.



Die Entwicklung der Lebensgemeinschaften in der Mosel stellt einen noch nicht abgeschlossenen, dynamischen Prozess dar. Dieser wird einerseits durch die Einwanderung weiterer Neozoen und die stetige Verbesserung der Wasserbeschaffenheit der Mosel beeinflusst werden, andererseits schafft die Nutzung der Mosel als Schifffahrtsstraße Randbedingungen, die den Lebensraum Mosel entscheidend prägen. Es bleibt abzuwarten, ob und welche flusstypischen Makrozoobenthosorganismen, die auch heute im Einzugsgebiet der Mosel (z.B. Kyll, Sauer, franz. Mosel) vorkommen, in Zukunft stabile Populationen ausbilden werden [22]. In den letzten Jahren wurde die Flusskahnschnecke *Theodoxus fluviatilis*, die vor dem Ausbau häufig vorkam, in Einzelexemplaren in der staugeregelten Mosel gefunden. Eine weitere Ausbreitung dieser Art wäre positiv zu bewerten. Bemerkenswert ist auch das erneute Auftreten der Gemeinen Keiljungfer *Gomphus vulgatissimus*.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Die systematische Gewässerüberwachung von Mosel und Saar besteht seit mehr als 35 Jahren. Wichtige Kenngrößen der Wasserbeschaffenheit werden seit Mitte der sechziger Jahre analysiert und die Ergebnisse dokumentiert. Die Entwicklung der Wasserqualität der Mosel in Rheinland-Pfalz wird in dem vorliegenden Bericht beschrieben und ausgewählte Kenngrößen werden nach den Kriterien der LAWA-Güteklassifikation bewertet.

Schon aus den fünfziger Jahren sind Güteprobleme in der Mosel bekannt. Abwässer aus der Montan-Industrie führten zu Fischsterben. Der Tiefpunkt der Wasserqualität wurde in der Mosel, wie auch in anderen großen Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland und in Europa in den siebziger Jahren erreicht. Kommunale und industrielle Abwässer belasteten die Mosel sehr stark. Der Sauerstoffgehalt war zeitweise so gering, und die Konzentrationen des biochemischen Sauerstoffbedarfs (BSB₅) und Ammonium-Stickstoffs waren so hoch, dass diese Kenngrößen nach dem heutigen Bewertungssystem der LAWA-Güteklassifikation in die „schlechtesten“ Güteklassen (III-IV bzw. IV) gehörten. Ausgedehnte Fischsterben Mitte der siebziger Jahre waren die Folge der starken Verunreinigungen.

Seitdem haben die Anstrengungen der Anrainerstaaten, der Länder und Kommunen, von Industrie und Gewerbe auf dem Gebiet der Abwasserfernhaltung und Abwasserbehandlung zu großen Fortschritten in der Wasserqualität geführt. Die rheinland-pfälzische Mosel befindet sich derzeit fast ausschließlich in der Gewässergüteklasse II. Das umweltpolitische Ziel ist damit für die Mosel weitgehend erreicht. Die Sauerstoffverhältnisse haben sich seit etwa Mitte der achtziger Jahre stabilisiert, wenn auch noch nicht an allen Flussabschnitten die strengen Zielvorgaben der LAWA eingehalten werden. Fischsterben durch Sauerstoffmangel sind heute in der Mosel aber nicht zu besorgen.

Eindrucksvoll sind die Verringerung der leichtabbaubaren organischen Verbindungen und insbesondere die Reduzierung beim Ammonium-Stickstoff, dessen übergroße Konzentrationen und Frachten über fast zwei Jahrzehnte die Mosel und die Saar stark belasteten. Allerdings sind in der Saar und der oberen Mosel noch weitere Verbesserungen bezüglich der Ammoniumkonzentrationen möglich und nötig, um auf diesen Gewässerstrecken den

Sauerstoffhaushalt weiter zu verbessern. Auch die Phosphor-Konzentrationen und –frachten sind im Vergleich mit den siebziger und achtziger Jahren um mehr als 50% zurückgegangen, die Zielvorgabe wird aber, wie auch im Falle des Nitrat-Stickstoffs, noch nicht eingehalten. Die weitere Reduzierungen dieser Nährstoffe zur Bekämpfung der Eutrophierung und zum Schutz der Nordsee bleibt ein zentraler Punkt.

Im Vergleich zu den LAWA-Gütekriterien ist die Chloridkonzentration insbesondere in der oberen Mosel zu hoch.

Weitere große Erfolge im Gewässerschutz konnten bei einigen gefährlichen anorganischen und organischen Spurenstoffen erzielt werden. Die Blei- und Cadmiumkonzentrationen wurden erheblich reduziert. Diese beiden Stoffe sowie Quecksilber halten die Zielvorgaben der LAWA ein und liegen teilweise nur noch im Bereich des geogenen Backgrounds. Die Verunreinigung mit leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen ist in Mosel und Saar mittlerweile ohne Bedeutung, die Maßnahmen zur Reduzierung der Belastung mit polychlorierten Biphenylen (PCB) zeigen erste Erfolge.

Von den an Schwebstoffen adsorbierten Schadstoffen liegen einige Schwermetalle, insbesondere Zink, oberhalb der Zielvorgaben, obwohl in den letzten Jahren z.T. eine deutliche Reduzierung der Konzentrationen gemessen wurde. Die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) weisen flächige Belastungen im gesamten Einzugsgebiet auf. Die Beurteilung dieser Stoffgruppe ist schwierig, da die Verfahren zur Bewertung auch vor dem Hintergrund der EU-Wasserrahmenrichtlinie überarbeitet werden und die Ursachen der Einträge und die Vorgänge in den Gewässern mit Sedimentation und Resuspension sehr komplex sind. Als nach wie vor erheblich muss die Belastung der Mosel mit Pflanzenschutzmitteln, insbesondere mit Atrazin und Phenylharnstoffderivaten, angesehen werden. Hier wird, ebenso wie im Falle der Nährstoffe, eine verstärkte Kooperation mit der Landwirtschaft notwendig sein, um die Einträge dieser Stoffe weiter zu minimieren.

In Zukunft wird der Gewässerschutz in Europa maßgeblich von der Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL) geprägt sein. Die WRRL zeichnet sich vor allem durch zwei Aspekte aus: sie setzt zum einen konsequent den Gedanken um, ein Flusseinzugsgebiet als Ganzes zu

betrachten, und sie fordert zum zweiten Instrumente einer integrativen Beurteilung und Bewirtschaftung. Sie setzt verbindliche Umweltziele fest, die innerhalb fester Fristen erreicht werden müssen. Ein Schwerpunkt der EU-Wasserrahmenrichtlinie ist die integrative Bewertung der Gewässer mittels biologischer Indikatoren auf der Grundlage der gewässertyp-spezifischen Referenzzustände. Von entscheidender Bedeutung für die Bewertung der anthro-pogen stark überformten Gewässer Mosel und Saar wird die Definition des sehr guten ökologischen Zustandes bzw. des ökologischen Potentials sein.

Nur ein Teilaspekt der Wasserrahmenrichtlinie sind die Vorgaben für die Erfassung des Gewässerzustandes. In 15 Jahren ist der gute Zustand der Gewässer zu erreichen. Das setzt das Erreichen des guten ökologischen und des guten chemischen Zustandes voraus. Der gute chemische Zustand ist dann erreicht, wenn die von der EU-Kommission noch festzulegenden Qualitätsnormen für prioritäre und prioritäre gefährliche Stoffe nach WRRL eingehalten werden. Die Stoffe sind dann zu überwachen, wenn sie im Flusseinzugsgebiet eingeleitet werden. Weitere spezifische synthetische und nichtsynthetische Stoffe, die in signifikanten Mengen in ein Flussgebiet bzw. einen Wasserkörper eingeleitet werden, müssen so begrenzt werden, dass das Ziel des guten ökologischen Zustandes erreicht wird. Hierzu sind Qualitätsnormen für die flussgebietsspezifisch relevanten Stoffe nach einem vorgeschriebenen Verfahren festzulegen. Diese müssen überwacht und bewertet werden. Die Vorgaben und Verfahren der EU-Wasserrahmenrichtlinie werden Auswirkungen auf die Programme der Gewässerüberwachung haben. Die Analytik einzelner Kenngrößen wird entfallen können, andere Stoffe werden nach der Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie aufgenommen werden müssen. Einige der prioritären und prioritären gefährlichen Stoffe der EU-Wasserrahmen-richtlinie werden regelmäßig in Mosel und Saar nachgewiesen. Nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand werden zahlreiche Stoffe auch in Mosel und Saar die Kriterien für den guten chemischen Zustand erfüllen. Für weitere Kenngrößen sind zur Zeit auf Grund unzu-reichender Messdaten oder fehlender Qualitätsnormen noch keine Aussagen möglich.

8. Literatur

- [1] Internationale Kommissionen zum Schutze der Mosel und der Saar gegen Verunreinigung (IKSMS): Internetseite: <http://www.iksms-cipms.org/ms/ezgd.htm>
- [2] Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz: Internetseite: <http://www.wasser.rlp.de/gewaesser/rlp-gewaesser.html>
- [3] Westermann-Atlas für Schule und Haus – Georg Westermann Verlag, Braunschweig 1961
- [4] Dröge, B.: Morphologie und Feststoffregime – Bundesanstalt für Gewässerkunde Mitteilung 12 (1996) S. 28 - 30
- [5] Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG): Internetseite: <http://www.bafg.de/html/projekte/fis/mosel>
- [6] Busch, N.: Niederschläge und Abflußsituation im Moselgebiet – Bundesanstalt für Gewässerkunde Mitteilung 12 (1996) S. 10 - 23
- [7] Honsell, M.: Untersuchungen der Hochwasserverhältnisse im Deutschen Rheingebiet. VII. Heft: Das Moselgebiet, Karlsruhe 1905, zitiert in [5]
- [8] Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Deutsches gewässerkundliches Jahrbuch 1998, Rheingebiet, Teil III
- [9] Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG): PC-Programm zur Berechnung von Fließzeiten der Mosel
- [10] Stenglein, J.: Die Verkehrspolitische Zukunft der Mosel – Bundesanstalt für Gewässerkunde Mitteilung 12 (1996) S. 84 - 88
- [11] Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes: Internetseite: <http://www.elwis.bafg.de>
- [12] RWE Energie: Moselkraftwerke (o. J. a.)
- [13] Wasser- und Schifffahrtsamt Koblenz und Wasser- und Schifffahrtsamt Trier (Hrsg.) Kurzinformation über die Mosel. 3. Auflage (1994)
- [14] Süßwasserqualitätsverordnung vom 09. Juli.1997 - Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Rheinland-Pfalz vom 29. Juli. 1997, Nr.14
- [15] Ministerium für Umwelt und Forsten (Hrsg.): Wasserversorgungsplan Teilgebiet 3 (2000)
- [16] Internationale Kommissionen zum Schutze der Mosel und der Saar gegen Verunreinigung (IKSMS): Internetseite <http://www.iksms-cipms.org/emi/politikd.htm>
- [17] Internationale Kommissionen zum Schutze der Mosel und der Saar gegen Verunreinigung (IKSMS): Wasserbeschaffenheit von Mosel, Saar und Nebenflüssen. Jährliche erscheinende Berichte von 1985 bis 1997
- [18] Internationale Kommissionen zum Schutze der Mosel und der Saar gegen Verunreinigung (IKSMS): Bilanz der Wasserqualität von Mosel und Saar 1990 bis 1999 (im Druck)
- [19] Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz: 10 Jahre Gewässer-Untersuchungsstation Mosel-Saar. - LfW-Bericht 214/00 (2000)
- [20] Internationale Kommissionen zum Schutze der Mosel und der Saar gegen Verunreinigung (IKSMS): Analysenergebnisse 1964 bis 1978
- [21] Deutsche Kommission zur Reinhaltung des Rheins: Zahlentafeln der chemisch-physikalischen Untersuchungen. Jährliche erscheinende Berichte von 1980 bis 1998

- [22] Internationale Kommissionen zum Schutze der Mosel und der Saar gegen Verunreinigung (IKSMS): Das Makrozoobenthos von Mosel und Saar 1957-1997, Bestandsaufnahme (2000)
- [23] Landesverordnung über Qualitätsziele für bestimmte gefährliche Stoffe und zur Verringerung der Gewässerverschmutzung durch Programme (Gewässerprogramm- und Qualitätsziel-Verordnung) vom 13. Februar 2001 - Gesetz und Verordnungsblatt für das Land Rheinland-Pfalz 6 (2001)
- [24] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer Band 1, Teil I: Konzeption zur Ableitung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer vor gefährlichen Stoffen, Teil II: Erprobung der Zielvorgaben von 28 gefährlichen Wasserinhaltsstoffen in Fließgewässern. Kulturbuchverlag Berlin GmbH, 1998
- [25] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer Bd. II 1. Auflage, Kulturbuchverlag Berlin GmbH, 1998
- [26] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland, 1. Auflage, Kulturbuchverlag Berlin GmbH, 1998
- [27] Deutsche Kommission zur Reinhaltung des Rheins (DK-Rhein) (Hrsg.): Rheingütebericht 2000, Düsseldorf, Juli 2001
- [28] Richtlinie 2000/06/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik - Amtsblatt der europäischen Gemeinschaft L 327
- [29] Lindemann, Gundolf: Sauerstoffanreicherung der kanalisierten Mosel. In: Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Umweltschutz (Hrsg.): 25 Jahre Landesamt für Gewässerkunde 1951 bis 1976, (1976) S. 24-25
- [30] Kalweit, H. und Krauß-Kalweit, I.: Fernübertragung von Beschaffenheitsdaten der Mosel – DVWK Schriften 45 (1981) S. 19-38
- [31] Arbeitsgruppe Sauerstoffsicherung Saar: Stützungsmaßnahmen des Sauerstoffgehaltes der Saar, Jahresbericht 1989
- [32] Landesamt für Wasserwirtschaft: Stützungsmaßnahmen des Sauerstoffgehaltes der Saar, Bericht 1998 und 1999 und Auswertung für den Zeitraum 1990 bis 1999 - LfW-Bericht 207/00 (2000)
- [33] Landesamt für Umweltschutz (LfU) Baden-Württemberg: Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 64, Beschaffenheit der Fließgewässer, Jahresdatenkatalog 1999 Karlsruhe, Juli 2001
- [34] Internationale Kommission zum Schutze der Mosel und der Saar (IKSMS): Inventar der Einleitung organisch belasteter Abwässer 1986 bis 1990 (1990)
- [35] Internationale Kommission zum Schutze der Mosel und der Saar (IKSMS): Aktionsprogramm Mosel-Saar, Bilanz der Reduzierung der Einleitung 1990-1998 (unveröffentlicht)
- [36] Landesamt für Wasserwirtschaft (LfW): Entwicklung des Sauerstoffhaushaltes der Saar in Abhängigkeit zur Nitrifizierung und Algenentwicklung, Bericht Sommer 1989 - LfW-Bericht 201/91 (1991)
- [37] Behrendt, H., Huber, P., Opitz, D., Schmoll, O., Scholz, G., und Uebe, R.: Nährstoffbilanzierung der Flußgebiete Deutschlands, UBA Texte 75/99 (1999)
- [38] Ministerium für Umwelt und Forsten: Der Rhein gestern, heute, morgen 1947-1997, Gustav Schmidt GmbH, Ginsheim-Gustavsburg, 1997

- [39] Lozàn, J. L. und Kausch, H. (Hrsg.): Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren, Wissenschaftliche Fakten, Parey Buchverlag, Berlin 1996
- [40] Internationale Kommission zum Schutze der Mosel und der Saar (IKSMS): Inventar der prioritären Stoffe 1985, 1990, 1995 (1998)
- [41] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) Arbeitskreis „Gewässerbewertung Fließgewässer“: Klassifizierungssystem zur Bewertung der Trophie planktondominierter Fließgewässer, Entwurf Januar 1996
- [42] Landesamt für Wasserwirtschaft (LfW): Sauerstoffhaushalt der Saar, Bericht 1996 - LfW-Bericht 220/97 (1997)
- [43] Tittizer, T., Schöll, F., Banning, M., Heybach, A. und Schleuter, M.: Aquatische Neozoen im Makrozoobenthos der Binnenwasserstraßen Deutschlands - Lauterbornia 39 (2000) S. 1 – 72
- [44] Internationale Kommission zum Schutze der Mosel und der Saar (IKSMS): Plankton in Mosel und Saar 1997 bis 1999 (unveröffentlicht)
- [45] Umweltbundesamt: Internetseite:
<http://www.umweltbundesamt.de/umweltproben/upb62.htm>
- [46] Ohlenbusch, G., Münch, C., Jähnel, J. und Abbt-Braun, G.: Ableitung von Qualitätszielen für Kandidatenstoffe der prioritären Liste für die EU-Wasserrahmenrichtlinie, Projektbericht zum Forschungsvorhaben (Entwurf), DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut (2001)
- [47] Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR): Bestandsaufnahme der Einträge der prioritären Stoffe 1996 (1999)
- [48] Böhm, E., Hillenbrand, T., Marscheider-Weidemann, F. und Schempp, C.: Emissionsinventar Wasser für die Bundesrepublik Deutschland – UBA-Texte 53/00 (2000)
- [49] Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Weser: Wesergütebericht 1999
- [50] Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz (Hrsg.): Gütebericht 2000
- [51] Schleuter, M.: Das Makrozoobenthos der Mosel als Indikator für die ökologische Situation - Bundesanstalt für Gewässerkunde Mitteilung 12 (1996) S. 38 - 43
- [52] Mauch, E.: Untersuchungen über das Benthos der deutschen Mosel unter besonderer Berücksichtigung der Wassergüte – Diss. Frankfurt/M. (1963)
- [53] Mauch, E.: Der Einfluß des Aufstaus und des Ausbaus der deutschen Mosel auf das biologische Bild und den Gütezustand – DVWK Schriften 45 (1981) S. 39 – 137

Verzeichnis der Abkürzungen

2,4,5-T:	2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure (Pflanzenschutzmittel)
2,4-D:	2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (Pflanzenschutzmittel)
AIPA:	Anthranilsäureisopropylamid
AOX:	absorbierbare organisch gebundener Halogene
ATKIS:	Amtliches Topographisch - Kartographisches Informationssystem
BfG:	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BG:	Bestimmungsgrenze
BSB ₅ :	Biochemischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen
Chl. a:	Chlorophyll-a
DDD:	Dichlordiphenyldichlorethan (Abbauprodukt des DDT)
DDT:	Dichlordiphenyltrichlorethan (Organochlorinsektizid)
DOC:	gelöster organischer Kohlenstoff
DUR:	Deutsches Untersuchungsprogramm Rhein
DVGW:	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.
EU-WRRL:	Wasserrahmen-Richtlinie der EU
EW:	Einwohnerwert(e)
GS:	Gütermotorschiff
GUSMoSa:	Gewässer-Untersuchungsstation Mosel-Saar
HCH:	Hexachlorcyclohexan (Organochlorinsektizid)
HQ:	Höchster Abfluss
IKSMS :	Internationale Kommissionen zum Schutze der Mosel und der Saar gegen Verunreinigung
IKSR:	Internationale Kommission zum Schutze des Rheins
LAWA:	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LfU :	Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg
LfW:	Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz
MCPA:	(4-Chlor-2-methylphenoxy)essigsäure (Pflanzenschutzmittel)
MHQ:	Mittlerer höchster Abfluss
MNQ:	Mittlerer niedrigster Abfluss
MONERIS:	Modelling Nutrient Emissions in Rivers Systems (Modell zur Ermittlung der Nährstoffeinträge)
MQ:	Mittlerer Abfluss
NH ₄ -N:	Ammonium-Stickstoff
NO ₂ -N:	Nitrit-Stickstoff
NO ₃ -N:	Nitrat-Stickstoff
NQ:	Niedrigster Abfluss
O ₂ -Gehalt:	Sauerstoffgehalt
P gesamt:	Gesamt-Phosphor
p,p'-DDE:	para, para'-Dichlordiphenyldichlorethylen (Abbauprodukt des DDT)
PAK:	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB:	polychlorierte Biphenyle
PGS WRRL:	prioritärer gefährlicher Stoff der EU-WRRL
PO ₄ -P:	Ortho-Phosphat-Phosphor
PS WRRL:	prioritärer Stoff der EU-WRRL
SGD Nord:	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord
SIGU:	Staatliches Institut für Gesundheit und Umwelt, Saarbrücken
TOC:	gesamter organischer Kohlenstoff

Verzeichnis der Abbildungen

- Abb. 1: Übersichtskarte des Moselgebietes
Abb. 2: Langjährige Monatsmittelwerte des Abflusses
Abb. 3: Fließzeiten in der Mosel
Abb. 4: Durchschnittliche Fließgeschwindigkeiten in den Stauhaltungen der Mosel
Abb. 5: Längsschnitt der Mosel
Abb. 6: Flächennutzung im rheinland-pfälzischen Einzugsgebiet der Mosel
Abb. 7: Anzahl und Ausbaugröße der kommunalen Kläranlagen
Abb. 8: Reinigungsleistung der Anlagen
Abb. 9: Gewässer-Untersuchungsstation Mosel-Saar
Abb. 10: Einzugsgebiet von Mosel und Saar
Abb. 11: MQ 1964 bis 2000 ausgewählter Pegel an Mosel und Saar
Abb. 12: Ganglinie des Abflusses der Mosel am Pegel Cochem
Abb. 13: Langjährige Monatswerte der Wassertemperatur in der Mosel bei Palzem
Abb. 14: Eisgang der Mosel im Winter 1997
Abb. 15: Tagesmittelwerte des pH-Wertes und der Chlorophyll-Fluoreszenz der Mosel bei Palzem 1997
Abb. 16: GS „Oxygenia“
Abb. 17: Chemische Güteklassifizierung: Sauerstoffgehalt
Abb. 18: Ganglinien des Sauerstoffgehaltes der Mosel Oberwasser Enkirch, August 1974 und 1975
Abb. 19: Ganglinien des Sauerstoffgehaltes und der Phytoplanktonentwicklung in der Mosel bei Palzem 1991
Abb. 20: Sauerstoffüberwachung Mosel/Saar. Anzahl der Messtage mit Sauerstoffminima 1974 bis 2000
Abb. 21: Sauerstoffgehalt (niedrigste Tagesmittelwerte) Palzem/Mosel und Kanzem/Saar
Abb. 22: Sauerstoffgehalt (niedrigste Tagesmittelwerte) Detzem/Mosel und Fankel/Mosel
Abb. 23: BSB₅-Werte (mg O₂/l) in der Mosel bei Fankel (bis 1991 Zell)
Abb. 24: BSB₅-Werte (mg O₂/l) (90-Perzentilwerte)
Abb. 25: Ganglinie der DOC-Konzentrationen in der Mosel bei Fankel, der Saar bei Kanzem 1985-2000
Abb. 26: Jahresmittelwerte der NH₄-N-Konzentrationen 1964-2000
Abb. 27: NH₄-N-Transporte (Jahresmittelwerte) 1964 bis 2000
Abb. 28: Jahresmittelwerte des NO₃-N-Gehaltes in der Mosel 1964 bis 2000
Abb. 29: Ganglinien der NO₃-N-Konzentrationen in der Mosel bei Fankel 1995 bis 2000
Abb. 30: Jahresmittelwerte der Summe NO₃-N und NH₄-N 1964 bis 2000
Abb. 31: Jahresmittel der Stickstofftransporte Koblenz/Mosel und Kanzem/Saar
Abb. 32: Anteil der Teileinzugsgebiete an der NO₃-N-Fracht an der Mosel bei Koblenz
Abb. 33: Jahresmittelwerte der Gesamt-Phosphor-Konzentration 1964 bis 2000
Abb. 34: Ganglinie der Gesamt-Phosphor-Konzentration in der Mosel bei Fankel 1995 bis 2000
Abb. 35: Jahresmittelwerte des Gesamt-Phosphor-Transportes 1964 bis 2000
Abb. 36: Jahresmittel der Gesamt-Phosphor-Transporte in der Mosel bei Fankel
Abb. 37: Anteil der Teileinzugsgebiete an der Gesamt-P-Fracht der Mosel bei Fankel
Abb. 38: Chlorophyll a-Konzentrationen 1994 bis 2000
Abb. 39: Ganglinien der Chlorophyll-a-Fluoreszenz der Mosel (Palzem) und der Saar (Kanzem) 1990 bis 2000
Abb. 40: Chloridkonzentrationen in der Mosel bei Koblenz und Palzem sowie in der Saar bei Kanzem
Abb. 41: Jahresmittelwerte der Chloridtransporte in der Mosel bei Koblenz
Abb. 42: Jahresmittelwerte der Chloridtransporte von Mosel und Saar

- Abb. 43: Bleikonzentration im Schwebstoff (50-Perzentilwerte)
Abb. 44: Blei (mg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem
Abb. 45: Blei ($\mu\text{g/l}$) Mosel bei Koblenz
Abb. 46: Cadmiumkonzentration im Schwebstoff (50-Perzentilwerte)
Abb. 47: Cadmium (mg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem
Abb. 48: Cadmium ($\mu\text{g/l}$) Mosel bei Koblenz
Abb. 49: Chromkonzentration im Schwebstoff (50-Perzentilwerte)
Abb. 50: Chrom (mg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem
Abb. 51: Chrom ($\mu\text{g/l}$) Mosel bei Koblenz
Abb. 52: Kupferkonzentration im Schwebstoff (50-Perzentilwerte)
Abb. 53: Kupfer (mg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem
Abb. 54: Kupfer ($\mu\text{g/l}$) Mosel bei Koblenz
Abb. 55: Nickelkonzentration im Schwebstoff (50-Perzentilwerte)
Abb. 56: Nickel (mg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem
Abb. 57: Nickel ($\mu\text{g/l}$) Mosel bei Koblenz
Abb. 58: Quecksilberkonzentration im Schwebstoff (50-Perzentilwerte)
Abb. 59: Quecksilber (mg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem
Abb. 60: Quecksilber ($\mu\text{g/l}$) Mosel bei Koblenz
Abb. 61: Zinkkonzentration im Schwebstoff (50-Perzentilwerte)
Abb. 62: Zink (mg/kg) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem
Abb. 63: Zink ($\mu\text{g/l}$) Mosel bei Koblenz
Abb. 64: Hexachlorbenzol im Schwebstoff der Mosel bei Palzem
Abb. 65: 1,2,4-Trichlorbenzol im Schwebstoff der Mosel bei Palzem
Abb. 66: Atrazinkonzentrationen ($\mu\text{g/l}$) in Mosel und Saar
Abb. 67: Jahresmittelwerte des Atrazin-Transports in Mosel und Saar
Abb. 68: Simazinkonzentrationen ($\mu\text{g/l}$) in Mosel und Saar
Abb. 69: Dichlorpropkonzentrationen ($\mu\text{g/l}$) in Mosel und Saar
Abb. 70: Diuronkonzentrationen ($\mu\text{g/l}$) in Mosel und Saar
Abb. 71: Chlortoluronkonzentrationen ($\mu\text{g/l}$) in Mosel und Saar
Abb. 72: Isoproturonkonzentrationen ($\mu\text{g/l}$) in Mosel und Saar
Abb. 73: p,p'-DDE ($\mu\text{g/kg}$) im Schwebstoff der Mosel bei Palzem
Abb. 74: Lindankonzentrationen ($\mu\text{g/l}$)
Abb. 75: PCB 52 ($\mu\text{g/kg}$) in Schwebstoffen aus Mosel und Saar
Abb. 76: PCB 153 ($\mu\text{g/kg}$) in Schwebstoffen aus Mosel und Saar
Abb. 77: Fluoranthen (mg/kg) in Schwebstoffen aus Mosel und Saar
Abb. 78: Benzo(a)pyren (mg/kg) in Schwebstoffen aus Mosel und Saar
Abb. 79: 90-Perzentile der Summe Benzo(b)-, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(ghi)perylen,
Indenopyren ($\mu\text{g/l}$)
Abb. 80: Benzo(a)pyren ($\mu\text{g/l}$) 90-Perzentile
Abb. 81: Gewässergütekarte 1998
Abb. 82: Gewässergütekarte 1972
Abb. 83: Makrozoobenthons der rheinland-pfälzischen Mosel 1982 und 1999

Verzeichnis der Tabellen

- Tab.1: Hauptzahlen der Abflüsse Mosel, Saar und Sauer
- Tab.2: Probenahmestellen
- Tab.3: chemische Güteklassifikation der LAWA
- Tab.4: Zielvorgaben der IKSMS / IKSr und Qualitätsziele der Richtlinie 76/464/EWG
- Tab.5: Ammonium-Stickstoff mg/l (90-Perzentile)
- Tab.6: Nitrat-Stickstoff mg/l (90-Perzentile)
- Tab.7: Gesamtstickstoff, gemessen mg/l (90-Perzentile)
- Tab.8: Nährstoffeinträge in der Mosel 1993 – 1997
- Tab.9: Nitrit-Stickstoff mg/l (90-Perzentile)
- Tab.10: Gesamt-Phosphor mg P/l (90-Perzentile)
- Tab.11: Ortho-Phosphat-Phosphor mg/l (90-Perzentile)
- Tab.12: Trophieklassifikation 1994 bis 2000
- Tab.13: Chlorid mg/l (90-Perzentile)
- Tab.14: Sulfat mg/l (90-Perzentile)
- Tab.15: Schwermetalle und Arsen, Schwebstoffuntersuchungen
- Tab.16: AOX µg Cl/l (90-Perzentile)
- Tab.17: LAWA-Güteklassifikation von „Industriechemikalien“ in Mosel und Saar
- Tab.18: Trichlormethan (Chloroform) µg/l (90-Perzentile)
- Tab.19: Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (µg/l) 1994 bis 2000 Palzem/Mosel und
Kanzem/Saar
- Tab.20: Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (µg/l) 1994 bis 2000 Koblenz/Mosel und
Detzem/Mosel
- Tab.21: Polychlorierte Biphenyle (PCB) in Mosel und Saar
- Tab.22: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Mosel und Saar

Bildnachweis

- Titelbild: mit freundlicher Genehmigung von Herrn Dr. Ralf Kohl, Saarbrücken
- Abb. 9, Abb. 14: Dr. Thomas Ehlscheid, Mainz
- Abb. 20: mit freundlicher Genehmigung des Wasser- und Schifffahrtsamtes Saarbrücken