

dienst binnenwateren/rza

origineel

84.100

QUERPROFILUNTERSUCHUNG BIMMEN-LOBITZ

Jahresfrachten PCB

an der deutsch-niederländischen Grenze (1984)

RIZA-NOTA 84-100

QUERPROFILUNTERSUCHUNG BIMMEN-LOBITH

Jahresfrachten PCB

an der deutsch-niederländischen Grenze (1984)

RIZA-HAOW-DZO

E. Jagtman

november 1984.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Geschwindigkeitsmessungen an der deutsch-niederländischen Grenze
3. Messung der Schwebstoffkonzentrationen
4. Ergebnisse der PCB-Untersuchung
5. PCB-Jahresfracht bei Bimmen-Lobith (an Schwebstoff gebundene PCB)
6. Anteil der wässrigen Phase an der PCB-Fracht
7. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

1. Einleitung

Ende 1981 bat der Vorsitzende der Arbeitsgruppe B den Vorsitzenden der Ständigen Arbeitsgruppe um genauere Informationen über die PCB-Fracht, die im Jahresdurchschnitt die deutsch-niederländische Grenze passiert. In seinem Brief vom 24-11-1982 hat der Vorsitzende der Ständigen Arbeitsgruppe zugesagt, noch 1983 diesbezügliche ergänzende Untersuchungen durchführen zu lassen. In demselben Brief wurde erwähnt dass in diesem Zusammenhang zwei Aspekte der PCB-Problematik berücksichtigt werden müssen: die Analysemethoden und die Konzentrationsverteilung im Querprofil Bimmen-Lobith.

Von den Analysemethoden gilt die gaschromatographische Analyse mit Kapillarsäulen im allgemeinen als die zuverlässigste. In der Untergruppe Biozide der Ständigen Arbeitsgruppe war die Abstimmung der Analysemethoden für PCB in den letzten Jahren eine der wichtigsten Aktivitäten.

Die Untergruppe empfiehlt, die PCB im Schwebstoff zu bestimmen, da die einzelnen PCB im Wasser nur in niedrigen Konzentrationen vorkommen. Inzwischen sind einige PCB-Bestimmungen an abgetrennten Schwebstofffraktionen abgeschlossen (1983). Die Ergebnisse können für eine genauere Schätzung der PCB-Fracht bei Bimmen-Lobith genutzt werden.

Was die Konzentrationsverteilung der Stoffe im Querprofil angeht, bezieht sich der Vorsitzende der Ständige Arbeitsgruppe in seinem Brief auf die 1980 und 1981 an der deutsch-niederländische Grenze durchgeführte Querprofiluntersuchung. Diese Untersuchung zeigte, dass viele Stoffe nicht gleichmässig, sondern unterschiedlich, d.h. nach einem bestimmten Muster, im Querprofil verteilt sind. Auch waren grosse Schwankungen bei Schwebstoff und bei an Schwebstoff adsorbierten Stoffen festzustellen. Aufgrund der Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen lassen sich keine zuverlässigen Aussagen darüber machen, wie repräsentativ die an den Messstationen Bimmen und Lobith ermittelten Werte sind.

Des weiteren lagen über die Geschwindigkeitsverteilung im Querprofil im Zeitraum der Untersuchung (1980-1981) keine Daten vor. Ohne diese Daten ist jedoch eine repräsentative Frachtberechnung aufgrund der Konzentrationsverteilung nicht möglich.

Die obigen Daten zeigen, dass km 861+ und 864+ sehr unterschiedliche Profile vorliegen. Beide lassen eine andere Verteilung in bezug auf Strömungsgeschwindigkeit und Abfluss über das Tiefenprofil erkennen. Angesichts der Lage der Messstationen Lobith (km 863.2) und Bimmen (km 864.95) wurde die für Querprofil km 864+ berechnete Verteilung zugrunde gelegt. Anhand dieser Daten wurde die PCB-Fracht im Rhein berechnet (s. Abschnitt 5).

Die durchschnittlichen Anteile der einzelnen Abschnitte am Abfluss sind in Tabelle 1 aufgeführt.

km 864+

Links	Halblinks	Mitte	Halbrechts	Rechts
4.25	7.00	7.75	8.00	5.00
5.75	10.00	10.50	11.00	6.75
3.25	5.25	6.00	5.75	4.00

Tabelle 1: Prozentuelle Anteile am Abfluss für 15 Abschnitte bei Bimmen-Lobith.

km 861+

Links	Halblinks	Mitte	Halbrechts	Rechts
4.33	8.00	6.67	6.67	4.00
8.00	12.00	10.00	9.93	5.67
4.00	7.33	5.67	4.67	3.67

Tabelle 2: Prozentuelle Anteile am Abfluss für 15 Abschnitte bei Bimmen-Lobith.

Obwohl ein weiter Bereich von Abflussmengen (1700-2900 m³/s) erfasst wurde, konnte bei der prozentualen Verteilung der Abflüsse auf die Abschnitte kein abflussspezifischer Trend festgestellt werden. Es wurde angenommen, dass diese Verteilung mehr oder weniger konstant ist.

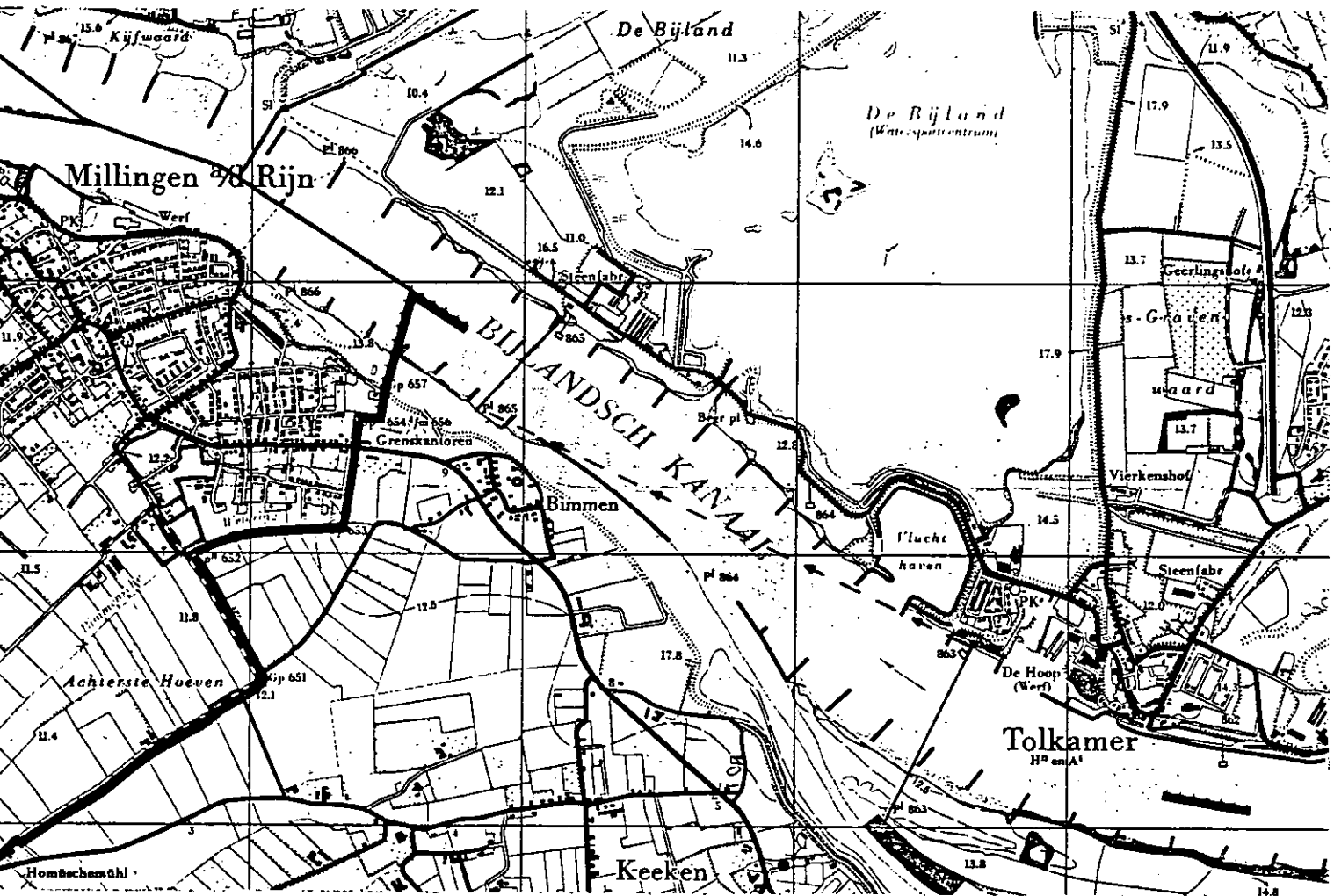
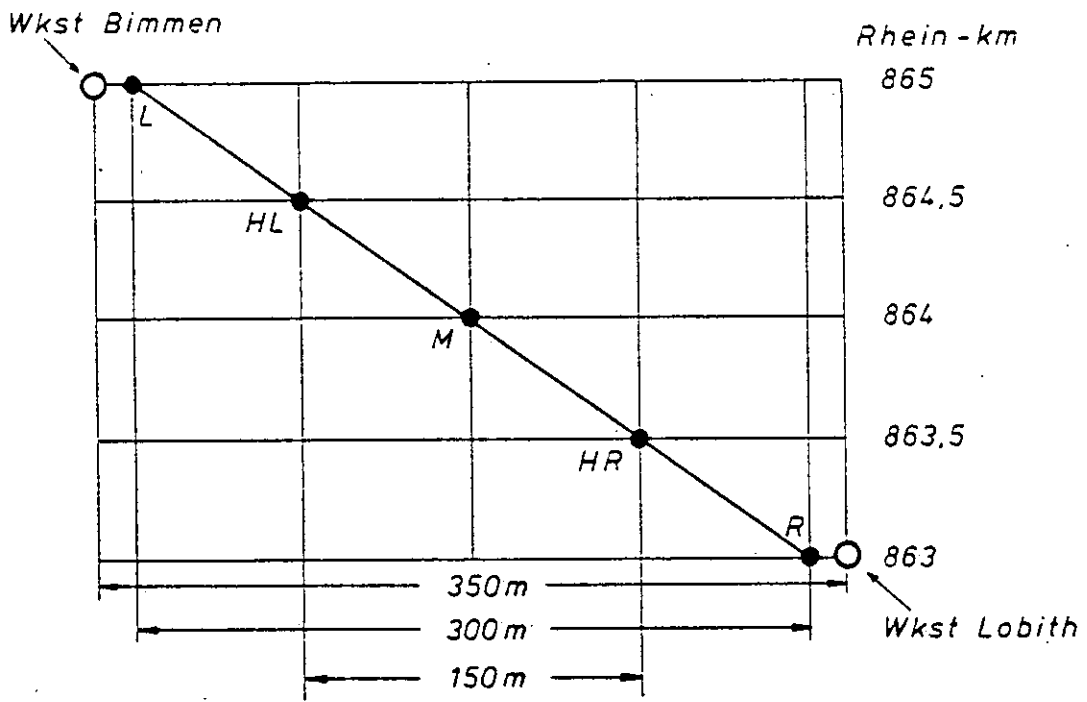


Abbildung 1a : Lage des von LWA/RIWA im Zeitraum 1980-1981 untersuchten Querprofils.



Schrägprofil Bimmen/Lobith

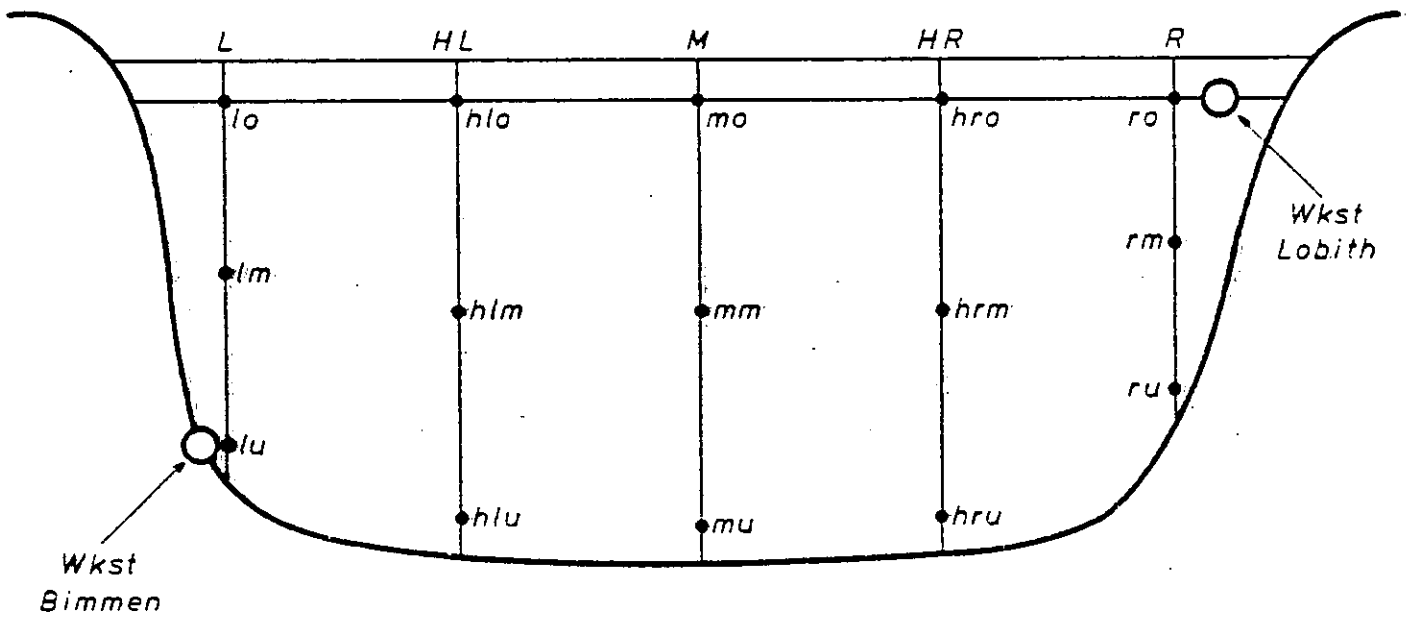


Abbildung 1b : Entnahmepunkte im Querprofil.

3. Messung Schwebstoffkonzentration

In Abbildung 1 ist zu sehen, an welchen Punkten im Zeitraum 1980-1981 im Rhein eine Untersuchung zur Feststellung der Konzentrationsverteilung einer Anzahl von Stoffen durchgeführt wurde. Umfassendere Informationen über die Schwebstoffverteilung und die Verteilung bei anderen Parametern sind dem LWA/RIZA-Bericht 1980/1981 zu entnehmen. In diesem Bericht werden folgende Schlussfolgerungen in bezug auf die Verteilung von Schwebstoffen gezogen:

- 1) Für eine genaue Frachtberechnung für alle Parameter ist eine bessere Kenntnis der Strömungsgeschwindigkeiten in Querprofil erforderlich.
- 2) Bei den Parametern für Schwebstoffe und die an Schwebstoff adsorbierten Stoffe zeigten sich grosse Abweichungen vom Verteilungsmuster. Aussagen darüber, inwieweit die von den Messstationen ermittelten Werte repräsentativ sind, werden dadurch erschwert.

Aus den Einzelergebnissen der Schwebstoffuntersuchungen ergibt sich die folgende prozentuale Verteilung im Profil in bezug auf den Profilmittelwert.

Bimmen	Links	Halblinks	Mitte	Halbrechts	Rechts	Lobith
87±46	96±18	121±36	102±20	95±21	88±17	95±19

Bei 1983 vom RIZA durchgeführten Untersuchungen ergab sich eine ähnliche Verteilung.

Weil die einzelnen Messergebnisse entlang der Vertikalen (s. Anlage 3) nur geringfügig von den hier aufgeführten Profilmittelwerten abweichen, wurde eine einfache Kompartimentierung gewählt. Dies erleichtert die Kopplung mit den Daten der Abflussverteilung.

Bei den Wasserkontrollstationen Lobith und Bimmen wurden Schwebstoffgehalte gemessen, die in bezug auf den Profilmittelwert ein wenig zu niedrig liegen. Trotz der grossen Abweichungen vom Profilmittelwert kann jedoch festgestellt werden, dass diese Messungen einigermaßen repräsentativ sind.

4. Ergebnisse der PCB-Untersuchung

Im Frühjahr 1984 wurde vom RIZA bei der Wasserkontrollstation Lobith eine Untersuchung zur Feststellung der Belastung von Schwebstoff durch Einzel-PCB durchgeführt.

Die Gehalte der 6 addierten Einzelkomponenten schwankten zwischen 120 und 210 µg PCB/kg Trockensubstanz (TS).

Zur Bestimmung der Gesamt-PCB müsste die Summe der 6 Einzelkomponenten mit einem Faktor 3 bis 5 multipliziert werden.

Datum	24-12	21-2	23-2	25-2	27-2	29-2	2-3
PCB-28	27	28	40	28	43	37	33
PCB-52	44	41	62	46	66	62	48
PCB-101	16	20	28	16	28	23	19
PCB-138	13	17	22	11	21	16	14
PCB-153	12	20	25	12	24	18	16
PCB-180	10	22	29	17	27	18	17
Summe	122	148	206	130	209	174	147
% org.stof	11.9	12.7	8.6	11.9	14.7	11.9	12.6

Tabelle 3: PCB Gehalten in µg/kg T.s. in Schwebstoffproben aus dem Rhein (Dezember 1983-März 1984).

Abflussklasse in m ³ /s	Schwebstoff konzentrationen in g/m ³	Zahl der Messungen	% (kumulativ)
500	-	0	0
501-1000	64 \pm 75	18	3.6
1001-1500	40 \pm 14	110	25.3
1501-2000	39 \pm 23	137	52.3
2001-2500	34 \pm 14	92	70.4
2501-3000	36 \pm 15	66	83.4
3001-3500	39 \pm 20	28	88.9
3501-4000	36 \pm 22	16	92.1
4001-4500	46 \pm 38	14	94.9
4501-5000	87 \pm 36	5	95.9
5000	110 \pm 89	21	100.0

n=507

Tabelle 4: Durchschnittliche Schwebstoffkonzentration bei Lobith im Zeitraum von 1973 bis 1983. Mittelwerte pro Abflussklasse.

5. PCB-Jahresfracht bei Bimmen-Lobith (an Schwebstoff gebundene PCB)

Die Daten vom Rijkswaterstaat -über 4000 Messergebnisse- zeigen, dass der Median der Wasserführung bei Lobith im Zeitraum 1973-1983 2039 m³/s betrug. Im gleichen Zeitraum wurden bei Lobith 507 Schwebstoffbestimmungen vorgenommen. Die Ergebnisse weisen aus, dass die Konzentrationen auf einer grossen Abflussstrecke konstant sind.

Bei etwa 90% aller Messungen (Tabelle 4) wurden durchschnittliche Schwebstoffkonzentrationen zwischen 34 und 40 mg/l festgestellt. Aus praktischen Ueberlegungen wurde eine durchschnittliche Schwebstoffkonzentration von 40 mg/l zurgrunde gelegt. Für die Berechnung der jährlichen PCB-Fracht bei Lobith ist dieser Wert ein wenig zu hoch. In bezug auf die Repräsentanz der von der Messstation Lobith ermittelten Werte wurde von der Formel: 95% \pm 19% vom Profilmittelwert ausgegangen. Aufgrund eines Messergebnisses für Schwebstoff von 40 mg/l (g/m³) ergibt sich somit ein Profilmittelwert zwischen 35 und 53 g/m³. Diese gehalte gelten als niedrigster bzw. höchster Profilmittelwert der Schwebstoffkonzentrationen.

Berechnung der Mindestschwebstoff- und PCB-Frachten

- Profilmittelwert der Schwebstoffkonzentrationen: 35 g/m^3
- Abfluss: $2039 \text{ m}^3/\text{s}$
- Verteilung des Schwebstoffs (in g/m^3) im Querprofil:

Links	Halblinks	Mitte	Halbrechts	Rechts
34 ± 6	42 ± 13	36 ± 7	33 ± 6	31 ± 6

Anhand der gegebenen Abflussverteilung bei km 864+ (s.Tabelle 1) ergeben sich für die jährliche Schwebstofffracht folgende Werte (in 10^5t):

Links	Halblinks	Mitte	Halbrechts	Rechts
0.93 ± 0.16	1.89 ± 0.59	1.79 ± 0.35	1.70 ± 0.31	1.00 ± 0.19
1.26 ± 0.22	2.70 ± 0.84	2.43 ± 0.47	2.33 ± 0.42	1.35 ± 0.26
0.71 ± 0.13	1.42 ± 0.44	1.39 ± 0.27	1.22 ± 0.22	0.80 ± 0.15

Der jährliche Gesamtfracht an Schwebstoff im Querprofil beträgt $2.29 \pm 0.15 \times 10^6 \text{t}$.

- Gesamtgehalt an 6 Einzelkomponenten PCB: $120 \mu\text{g/kg TS}$ (Mindestwert), das entspricht $0,12 \text{ g/t TS}$.

Jahresfracht in kg PCB pro Abschnitt:

Links	Halblinks	Mitte	Halbrechts	Rechts
11 ± 2	23 ± 7	21 ± 4	20 ± 4	12 ± 2
15 ± 3	32 ± 10	29 ± 6	28 ± 5	16 ± 3
9 ± 2	17 ± 5	17 ± 3	15 ± 3	10 ± 2

Die jährliche Mindestfracht an den 6 PCB Einzelkomponenten Bimmen-Lobith beträgt $275 \pm 18 \text{ kg}$.

Berechnung der Höchstwerte der Schwebstoff- und PCB-Frachten

- Profilmittelwert der Schwebstoffkonzentration: 53 g/m^3
- Abfluss: $2039 \text{ m}^3/\text{s}$
- Verteilung des Schwebstoffs im Querprofil (in g/m^3):

Links	Halblinks	Mitte	Halbrechts	Rechts
51 ± 10	64 ± 19	54 ± 11	50 ± 11	47 ± 9

Aufgrund der bei km 864+ gegebenen Abflussverteilung (s. Tabelle 1) ergeben sich für jährliche Schwebstofffracht folgende Werte (in 10^5t):

Links	Halblinks	Mitte	Halbrechts	Rechts
1.39 ± 0.27	2.88 ± 0.86	2.69 ± 0.55	2.57 ± 0.57	1.51 ± 0.29
1.89 ± 0.37	4.11 ± 1.22	3.65 ± 0.74	3.54 ± 0.78	2.04 ± 0.39
1.07 ± 0.21	2.16 ± 0.64	2.08 ± 0.42	1.85 ± 0.41	1.21 ± 0.23

Der jährliche Gesamtfracht an Schwebstoff im Querprofil beträgt $3.46 \pm 0.23 \times 10^6 \text{t}$.

- Gesamtgehalt an 6 Einzelkomponenten PCB: $210 \text{ } \mu\text{g/kg TS}$ (Höchstwert), das entspricht 0.21 g/t TS .

Jahresfrachten in kg PCB pro Abschnitt:

Links	Halblinks	Mitte	Halbrechts	Rechts
29 ± 6	60 ± 18	56 ± 12	54 ± 12	32 ± 6
40 ± 8	86 ± 26	77 ± 16	74 ± 16	43 ± 8
22 ± 4	45 ± 13	44 ± 9	39 ± 9	25 ± 5

Die jährliche Höchstfracht an den 6 PCB Einzelkomponenten im Querprofil Bimmen-Lobith beträgt 726 ± 48 .

6. Gesamtfracht der 6 Einzelkomponenten (Schwebstoff und wässrige Phase)

Die in diesem Bericht beschriebene Berechnungen ergeben, dass durchschnittlich pro Jahr (ca. $0.3-0.7 \text{t}$) an Schwebstoff adsorbierte PCB (6 Einzelkomponenten) die deutsch-niederländischen Grenze passieren.

Die in der wässrigen Phase enthaltene Fraktion ist relativ klein. Die beim Sedimenttransport in der Nähe der Flusssohle passierenden PCB sind nicht berücksichtigt. Für den Transport von PCB in gelöster Form lässt sich aufgrund des Interimberichts der Arbeitsgruppe PCB's in het Nederlands aquatisch milieu eine Schätzung vornehmen (s. Anlage 2). Wie sich aus diesen Daten ergibt, beträgt der Anteil der in gelöster Form im Wasser enthaltenen PCB bei einer durchschnittlichen Schwebstoffkonzentration von 40 mg/l höchstens etwa 25% der Schwebstofffracht. Für die durchschnittliche PCB-Jahresfracht im Rhein ergibt sich somit 0.4-0.9 t (6 Einzelkomponenten); Schwebstoff + wässrige Phase. Wie schon erwähnt müsste ein Faktor 3 bis 5 einkalkuliert werden zur Bestimmung der Gesamt-PCB. Eine Ueberprüfung dieses Werts anhand der Ergebnisse monatlicher PCB-Bestimmungen bei Lobith zeigt, dass die obige Schätzung die heutige Situation gut wiedergibt (s. Anlage 4).

7. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In diesem Bericht wird eine Schätzung der PCB-Mengen vorgenommen, die jährlich die deutsch-niederländische Grenze passieren. Zugrundegelegt wurden die Schwebstoffmengen. Weiterhin wurden die in der wässrigen Phase gelösten PCB berücksichtigt.

Als verlässliches Analyseverfahren für PCB gilt bisher nur die gaschromatographische Analyse mit Kapillarsäulen. Anhand der mit diesem Verfahren ermittelten Werte lässt sich die durchschnittliche PCB-Jahresfracht (6 Einzelkomponenten) an der deutsch-niederländischen Grenze auf 0.4-0.9 t pro Jahr schätzen.

Frühere Schätzungen bis zu 25 t (Gesamt-PCB), die auf dem Perchlorierungsverfahren basierten, dürfen heute nicht mehr als realistische gelten.

Literatur

LWA-Düsseldorf & RIZA-Lelystad, 1981 Bericht über die Untersuchung des Rhein Querprofils an der deutsch-niederländischen Grenze 1980-1981.

RIZA-RIVO-RIVM-DGMH: Interimbericht der Arbeitsgruppe PCB's in het Nederlands aquatisch milieu. Interim Bericht, (Mai 1984).

Anlage 1: Ergebnisse Strömungsgeschwindigkeits Untersuchung im Rhein bei Bimmen-Lobith

Geschwindigkeit in m/s:

kmr 864.590, 1702 m³/s, 28 maart 1984

	L	HL	M	HR	R
o	0,80	0,95	1,10	1,13	0,78
m	0,83	1,00	0,98	1,03	0,90
u	0,60	0,88	0,75	0,90	0,78

kmr 864.590, 1719 m³/s, 29 maart 1984

	L	HL	M	HR	R
o	0,82	0,95	1,10	1,05	1,02
m	0,87	0,87	1,08	1,22	0,70
u	0,75	0,90	0,98	0,82	0,65

kmr 861.715, 1745 m³/s, 28 maart 1984

	L	HL	M	HR	R
o	1,00	1,15	0,95	0,95	0,73
m	1,10	1,25	1,03	0,80	0,77
u	0,75	1,08	1,08	0,77	0,70

kmr 861.715, 1737 m³/s, 29 maart 1984

	L	HL	M	HR	R
o	0,80	1,25	0,98	0,83	0,70
m	0,93	1,25	1,10	1,00	0,65
u	0,78	1,10	0,85	0,68	0,65

Theoretisch Querprofil: 5.5 * 350 = 1925 m²,
Verteilung in m²:

1.6 m	100	120	120	120	100
2.3 m	145	172	172	172	145
1.6 m	100	120	120	120	100
	62.5	75	75	75	62.5

Länge in meter

Geschwindigkeit in m/s:

kmr 864.590, 2680 m³/s,

	L	HL	M	HR	R
o	0,82	1,30	1,32	1,37	1,02
m	0,73	1,25	1,25	1,27	1,00
u	0,70	0,75	1,05	0,98	0,82

kmr 864.535, 2914 m³/s,

	L	HL	M	HR	R
o	0,67	1,41	1,44	1,63	1,11
m	0,65	1,35	1,37	1,40	1,02
u	0,60	0,85	1,03	1,18	0,84

kmr 861.715, 2504 m³/s,

	L	HL	M	HR	R
o	0,96	1,55	1,29	1,27	0,90
m	0,97	1,40	1,15	1,24	0,87
u	0,93	1,50	0,77	0,96	0,65

Theoretisch Querprofil: 7.0 * 350 = 2450 m²,
Verteilung in m²:

125	150	150	150	125	2 m Höhe
187,5	225	225	225	187,5	3 m meter
125	150	150	150	125	2 m
62.5	75	75	75	62.5	

Länge in meter

Anlage 2

Konzentrationsfaktoren für an Schwebstoff adsorbierte PCB*

PCB Nr.	Ks
28	0.05×10^6
52	0.05×10^6
101	0.10×10^6
138	0.10×10^6
153	0.15×10^6
180	1.00×10^6 (sehr variabel)

Beispiel: 1 ng PCB-28/Liter \approx 5.10^4 ng PCB/kg TS

Bei 40 mg Schwebstoff pro liter vorhanden:

- Gelöst : 1 ng/l
 - Adsorbiert: 5.10^4 ng/kg TS = 2 ng/40 mg TS = 2 ng/l
- Verteilung: 2 Teile adsorbiert: 1 Teil gelöst

Bei einer gegebenen Menge PCB, adsorbiert an Schwebstoff, gilt bei einer Schwebstoffkonzentration von 40 mg/l folgende Verteilung:

adsorbiert: gelöst

PCB- 28	2:1	PCB-138	4:1
PCB- 52	2:1	PCB-153	6:1
PCB-101	4:1	PCB-180	40:1

* Daten nach dem Interimbericht der Arbeitsgruppe PCB's in het Nederlands aquatisch milieu.

Anlage 3

Rheinquerprofil Bimmen/Lobith: Konzentrationen in % relativ zum ProfilmittelwertParameter: abfiltrierbare Stoffe

Datum	Mes- sung Nr.	Profil- MW(mg/l)	Breite Tiefe	Bimmen Ende	links	halb- links	mitte	halb- rechts	rechts	Lobith Anfang	Abfluss Lobith in m ³ /s	
27-02	1	27,88	oben		83	90	115	68	90	97	2384	
27-03	2											
22-04	3	26,88				74	93	93	93	74	86	1952
22-05	4	20,71				111	126	116	97	77	130	1930
10-06	5	28,40				70	74	95	81	102	92	2061
19-08	6	41,87				93	98	86	84	67	72	2611
10-09	7											
09-10	8	41,90				91	110	72	105	91	93	1304
	1		mitte		93	118	75	72/79	93/97			
	2											
	3					104	130	101	74/93	89/97		
	4					121	126	77	106	48		
	5					74	120	92	92	99		
	6					91	107	96	100	67		
	7											
	8					86	105	117	96	100		
	1		unten	154	86	215	119	111	97			
	2											
	3				86	123	-	156	101	104		
	4				15	126	101	101	68	-		
	5				63	81	204	99	99	120		
	6				98	98	146	122	160	86		
	7											
	8				105	124	98	98	110	98		

Anlage 4

Übersicht PCB Messungen Messstation-Lobith

Ziffer 1983 (Ohne 2^e Vierteljahr)

Datum	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 153	PCB 138	PCB 180	
							$\Sigma +6$
5-1	0.004	0.005	0.002	0.001	0.001	0.001	
2-2	0.008	0.024	0.004	0.000	0.002	0.001	
2-3	0.002	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	
30-3	0.003	0.004	0.002	0.001	0.001	0.001	
Mittelwert	0.004	0.008	0.003	0.001	0.001	0.001	0.018

Datum	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 153	PCB 138	PCB 180	
20-7	0.002	0.006	0.002	0.001	0.001	0.001	
17-8	0.003	0.004	0.001	0.000	0.001	0.000	
14-9	0.000	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	
Mittelwert	0.002	0.004	0.002	0.001	0.001	0.001	0.011

Datum	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 153	PCB 138	PCB 180	
12-10	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	
9-11	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	
7-12	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	
Mittelwert	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.007

Gehalten (aufgelöst + adsorbiert) in $\mu\text{g}/\text{l}$

Nimmt man der durchschnittliche PCB Gehalt (C) der 6 Komponenten als 10 ng/l dann bekommt die Jahrfracht:

$$C * Q_{\text{Lobith}} = 10 * 2039 = 20390 \mu\text{g}/\text{s} = 643 \text{ kg}/\text{Jahr}$$

Ebenso, wenn C = 15 ng/l

$$C * Q_{\text{Lobith}} = 15 * 2039 = 30585 \mu\text{g}/\text{s} = 965 \text{ kg}/\text{Jahr}$$

Aus: Kwartaalberichten Routine onderzoek waterkwaliteit

Rijkswaterstaat, 1983.