

**BEIHEFT ZUM
BERICHT
DER
NATURHISTORISCHEN
GESELLSCHAFT
HANNOVER**

Beziehungen zwischen der Diatomeen-
Flora und dem Wasserchemismus in
Fließgewässern des Sauerlandes

von
DIETRICH HARTMANN



Herausgegeben im Auftrag des Vorstandes
von C. H. v. DANIELS

NATURHISTORISCHE GESELLSCHAFT
HANNOVER

Gegründet 1797
Gesellschaft zur Pflege der
Naturwissenschaften

3000 Hannover 51, Stilleweg 2
Postfach 51 01 53

Klaus Wöldecke
zu Weißensee am
Bibliothek der
Fachhochschule
Ostfriesland
(Herrn Poggan)

Vorstand und Beirat
gewählt März 1984

Vorstand:

1. Vorsitzender: Dr. Jens Dieter Becker-Platen
2. Vorsitzender: Dr. Gerhard Boenigk
- Schatzmeister: Dr. Wolfgang Irrlitz
- Redaktion: Dr. Curt H. v. Daniels (Geowissenschaften)
Annemarie Schramm (Biowissenschaften)

Beirat:

- Dr. Bernd Haubitz
Dipl.-Ing. Dietrich Lüderwaldt
Dr. Christian Neumann-Redlin
Prof. Dr. Hannfrit Putzer
Prof. Dr. Heinrich Rexhäuser
Dr. Heinz Schirnig
Klaus Wöldecke

**Beiheft zum Bericht der
Naturhistorischen Gesellschaft Hannover
Nr. 9**

Beiheft zum Bericht der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

Nr. 9

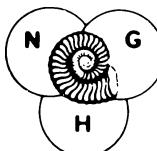
Beziehungen zwischen der Diatomeen-Flora und dem Wasserchemismus in Fließgewässern des Sauerlandes

1. Die Ruhr*
2. Die Lenne
3. Die Volme
4. Ökologische Auswertung der Ergebnisse

von
DIETRICH HARTMANN

mit 14 Abbildungen, 48 Tabellen und 11 Tafeln

Im Auftrag des Vorstandes herausgegeben von
C. H. v. DANIELS



Beih. Ber. naturhist. Ges. Hannover

9

1–179

Hannover 1986

ISSN 0374–6654

*) Nr. 1 „Die Ruhr“ erschien 1983 in Ber. naturhist. Ges. Hannover **126**, 91–135

Die Herausgabe dieses Beiheftes ermöglichen durch finanzielle Zuwendungen:

ALLIANZ VERSICHERUNGS-AG, GENERALDIREKTION MÜNCHEN
ALLIANZ LEBENSVERSICHERUNGS-AG, GENERALDIREKTION STUTTGART
LISELOTTE HEIDRICH, BERLIN
SCHWANKE & SOHN, HAMBURG

Inhaltsverzeichnis/Contents

	Seite/page
Kurzfassung.....	5
Abstract.....	6

2. Die Lenne

mit 3 Abbildungen und 13 Tabellen

2.0 <u>Einleitung: Zielsetzung</u>	7
2.1 <u>Methoden</u>	10
2.1.1 Allgemeines.....	10
2.1.2 Probeentnahme.....	10
2.1.3 Entnahmemarkierungen auf der Fließgewässerkarte.....	10
2.2 <u>Wasserchemische Untersuchungen</u>	13
2.2.1 Allgemeines.....	13
2.2.2 Ergebnisse.....	13
2.2.3 Diskussion.....	15
2.3 <u>Biologische Bestandsaufnahme</u>	17
2.3.1 Allgemeines.....	17
2.3.2 Artenspektrum der beobachteten Diatomeen.....	17
2.3.3 Bewertung.....	22
2.3.4 Diskussion.....	25
2.4 <u>Vergleiche der Untersuchungen zwischen Lenne und Ruhr</u>	32
2.5 <u>Zusammenfassung</u>	36

3. Die Volme

mit 4 Abbildungen und 8 Tabellen

3.0 <u>Einleitung: Zielsetzung</u>	39
3.1 <u>Methoden</u>	40
3.1.1 Allgemeines.....	40
3.1.2 Probeentnahme.....	40
3.1.3 Entnahmemarkierungen auf der Fließgewässerkarte.....	40
3.2 <u>Wasserchemische Untersuchungen</u>	42
3.2.1 Allgemeines.....	42
3.2.2 Ergebnisse.....	44
3.2.3 Diskussion.....	44

	Seite/page
3.3 <u>Biologische Bestandsaufnahme</u>	45
3.3.1 Allgemeines.....	45
3.3.2 Artenspektrum der beobachteten Diatomeen.....	45
3.3.3 Bewertung.....	50
3.3.4 Diskussion.....	53
3.4 <u>Vergleiche der Untersuchungen zwischen Volme und Lenne</u>	56
3.5 <u>Zusammenfassung</u>	58

4. Ökologische Auswertung der Ergebnisse

mit 7 Abbildungen, 27 Tabellen und 11 Tafeln

4.0 <u>Einleitung</u>	61
4.1 <u>Vergleiche der wasserchemischen Ergebnisse</u>	61
4.1.1 Der Großbiotop Sauerland mit Ruhr, Lenne, Volme.....	61
4.1.2 Wasserchemische Ergebnisse.....	64
4.2 <u>Vergleiche der biologischen Ergebnisse</u>	72
4.3 <u>Vergleiche der chemischen und biologischen Untersuchungen zwischen Ruhr, Lenne und Volme</u>	84
4.4 <u>Auswirkungen der Abwasserbelastungen</u>	107
4.5 <u>Gewässergüte und Gewässergütekarte</u>	127
4.6 <u>Zusammenfassung</u>	131
4.7 <u>Danksagung</u>	138
4.8 <u>Index der gefundenen Diatomeen-Arten von Ruhr, Lenne und Volme</u>	140
4.9 <u>Literatur</u>	146
4.10 <u>Fototafeln</u>	158

Kurzfassung

In einer wasserchemischen und biologischen Untersuchung auf Diatomeen der Fließgewässer des Sauerlandes (Ruhr, Lenne, Volme) wurden insgesamt 306 Diatomeen-Arten festgestellt. Anthropogene Stoffe haben die Wasserchemismen von Ruhr und Lenne in den Quell- und zufließenden Bachgebieten noch wenig beeinflußt, in der Volme hingegen wurden bereits starke Veränderungen darin festgestellt.

Säulendiagramme in Vergleichsdarstellungen zeigen den Grad der Einwirkungen auf den Wasserchemismus für einzelne Parameter, wodurch wiederum die Diatomeenpopulationen beeinflußt werden. In Vergleichsauswertungen wurde untersucht, welche wasserchemischen Parameter das Vorkommen der Diatomeen beeinflussen. Wechselnde Carbonat- und Gesamthärten der Fließgewässer üben eine starke Wirkung aus auf die Artenzusammensetzungen und die Artenhäufigkeiten der Diatomeen. Ebenso verändern höhere Nitrat- und Chloridgehalte das Artenspektrum. Manche Diatomeen-Arten reagieren empfindlich auf wasserchemische Veränderungen und konnten als Indikatoren für einzelne Parameter ermittelt werden. Übereinstimmende wasserchemische Werte wurden für einige Diatomeen-Arten aus den 3 Flüssen, trotz zeitlicher Differenzen bei den Untersuchungen und geographisch unterschiedlicher Gebiete, festgestellt.

Den Beeinflussungen durch anthropogene Belastungen (Abwassereinwirkungen) wurde nachgegangen und die Auswirkungen auf die Diatomeenpopulationen festgestellt, wobei sehr unterschiedliche Reaktionen ermittelt werden konnten. Abwasserbelastete Proben wurden dafür aus dem Untersuchungsmaterial eliminiert, gesondert ausgewertet und in Vergleich gesetzt zu wenig beeinflußten Proben. Diatomeen-Arten reagieren empfindlicher auf wasserchemische Änderungen als bisher angenommen wurde. Zur Ermittlung ihrer Verwendung als Bio-indikatoren müssen weitere ökologische Untersuchungen zur Vervollständigung des Grundlagenwissens durchgeführt werden.

Die Gewässergüte und die Erstellung einer Gewässergüteklassen-Karte wurde in einem Sonderabschnitt (4.5) berücksichtigt.

Abstract

Relations between diatom flora and water chemistry in the rivers and streams of Sauerland:

A total of 306 diatom species were determined in a water chemistry and biological investigation in the rivers and streams of Sauerland (Ruhr, Lenne, Volme). Anthropogenic substances have only slightly influenced the water chemistry of the Ruhr and Lenne rivers in the source and tributary areas whereas for the Volme significant changes have already been established.

Comparisons in column diagram form show the extent of effects on the water chemistry for individual parameters which influence the diatom populations. In comparative evaluations investigations were carried out to find which water chemistry parameters influence the occurrence of the diatoms.

Alternating carbonate and total hardnesses of the rivers act strongly on the diatom species in respect of their composition and frequency. Likewise, high nitrate and chloride contents change the species spectrum. Some diatom species react sensitively to changes in water chemistry and could be determined as indicators for individual parameters. Congruent water chemistry values for the three rivers, were determined for some diatom species, despite temporal differences in the investigations as well as geographically different areas.

Influences due to anthropogenic pollution (effects of waste water) were investigated and effects on the diatom populations were determined. Greatly varying reactions could be established. Samples polluted by waste water were evaluated separately and compared with only slightly effected samples. Diatom species react more sensitively than has been assumed to date to changes in water chemistry. Further ecological investigations must to be undertaken complete the fundamental knowledge about their use as bio-indicators.

A special chapter deals with water quality and a corresponding classification map.

Beih. Ber. naturhist. Ges. Hannover	9	1-179	Hannover 1986
-------------------------------------	---	-------	---------------

2. Die Lenne

2.0 Einleitung: Zielsetzung

In Fortsetzung der Untersuchungen über die Fließgewässer deutscher Mittelgebirge wurden nach der Ruhr (HARTMANN 1983) die Untersuchungsergebnisse der Lenne und der Volme zusammengestellt.

Die Problemstellung ist die gleiche wie bei der Untersuchung der Ruhr.

Wasserchemismus - Veränderungen der Fließgewässer schon im Quell- und Bachgebiet?

- Veränderungen des Wasserchemismus beim Zusammenfließen kleinerer und größerer Bäche und noch mögliche biologische Selbstreinigung?
- Nachweisbare, gelöste chemische Substanzen, mit nachhaltigen oder anhaltenden Wirkungen auf das talwärts transportierte Wasser?

Diatomeen-Flora - Ist sie in den Gewässerbereichen ziemlich konstant oder unterliegt sie erheblichen Veränderungen?

- Benötigt sie unterschiedliche wasserchemische Voraussetzungen?
- Kennzeichnet das Massenauftreten bestimmter Diatomeen-Arten wasserchemische Besonderheiten, die auch durch Abwasserbelastungen auftreten können?
- Können Diatomeen-Arten auch in Fließgewässern ökotypisch und Bioindikatoren sein?

In geschlossenen Gewässern könnten diese Fragen für jedes Biotop einzeln beantwortet werden, aber in Fließgewässern ist die Diatomeenflora Veränderungen ausgesetzt, die durch Mensch, Tier und Industrie verursacht werden, auch spielen wasserbauliche Maßnahmen eine erhebliche Rolle.

Ist dieser Fragenkomplex in Fließgewässern überhaupt erfassbar und untersuchungsmäßig einer Klärung näherzubringen? In den Teilen 2 und 3 werden Vergleichsbetrachtungen zwischen den Ergebnissen von Ruhr und Lenne, sowie von Lenne und Volme durchgeführt. Im 4. Teil werden miteinander alle Ergebnisse von Ruhr, Lenne und Volme gegeneinander verglichen und ökologisch ausgewertet.

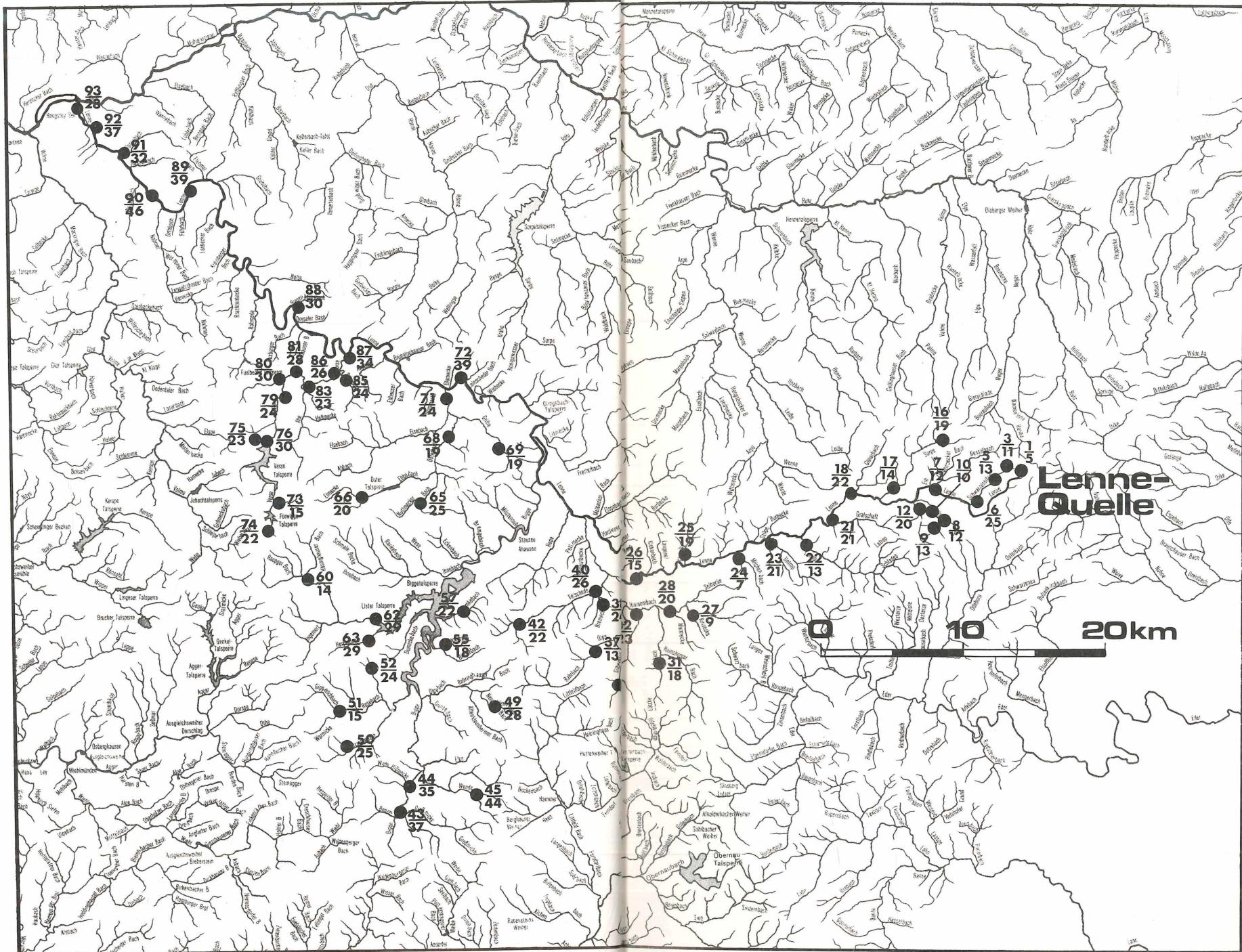


Abb. 2.1: Fließgewässerbiet der Lenne mit den Entnahmepunkten der 62 untersuchten Proben. ● 40 = Probeentnahmestelle.
26

(obere Zahl: Nr. der Probe; untere Zahl: Zahl der Diatomeen-Arten, die in dieser Probe festgestellt wurden).

2.1 Methoden

2.1.1 Allgemeines

Die Lenne wurde von der Quelle (Kahler-Asten = 841 m über NN, westlich von Winterberg) bis zum Einfluß in den Hengstey-See (ca. 150 m über NN), in welchen auch die Ruhr und die Volme einfließen, untersucht. Das Gesamtgefälle beträgt etwa 690 m auf der Lennestrecke von 127,7 km. Das Fließgewässergebiet der Lenne, einschließlich aller Nebengewässer, hat eine Länge von ca. 385 km.

2.1.2 Probeentnahme

An 93 Entnahmestellen der Lenne und ihrer Zuflüsse wurden Wasser- und biologische Proben entnommen. 62 Proben wurden zur Auswertung herangezogen (vergleiche Gewässerkarte mit Markierungen, Abbildung 2.1).

Die biologischen Proben wurden bei Entnahme mit Formalin fixiert, die Wasserproben innerhalb von 24 Stunden (Dunkelhaltung in Reisetasche) analysiert. Der zahlenmäßige Unterschied zwischen Entnahmestellen (93) und der zur Auswertung herangezogenen Proben (62) liegt darin begründet, daß unbedingt neben der biologischen Probe eine Wasserprobe entnommen werden muß (anfangs wurden mehr biologische Proben entnommen). Außerdem gingen durch Unfall einige Wasserproben zu Bruch.

2.1.3 Entnahmemarkierungen auf der Fließgewässerkarte (Abbildung 2.1)

In dem Ausschnitt der Gewässerkarte des Landes Nordrhein-Westfalen (Originalmaßstab 1:200 000, Landesanstalt für Wasser und Abfall Düsseldorf 1974) wurden die Entnahmestellen an der Lenne und ihren Zuflüssen mit Punkten markiert, die daneben eingetragene obere Ziffer bezieht sich auf die Probennummer, die untere auf die in der Probe gefundene Zahl der Diatomeen-Arten.

Nr. 1 ist die Lennequelle, Nr. 93 die letzte Probe in der Lenne vor Einfluß in den Hengstey-See. Die untersuchten Proben wurden lenneabwärts in - geographisch bedingt - zusammengehörende Gewässerstrecken (Gewässerbereiche in Tab. 2.1), Lenneabschnitte und zulaufende Bachstrecken zusammengefaßt und waagerecht unterteilt.

Ausgenommen von einer Probeentnahme und Untersuchung blieben vorläufig die Talsperren mit ihren unmittelbaren Zuflüssen (Listertal-, Biggetal-, Östertal-, Fürwiggetal- und Versetalsperre). In Tab. 2.1 ist neben der laufenden Nr. die Entnahmestelle, die Zahl der gefundenen Diatomeen-Arten, auch die Bezeichnung, ob die Entnahmestelle in einem

+	= Quell- oder Quell-/Bachgebiet
*	= Bachgebiet
=	= Bach-/Flußgebiet oder
//	= Flußgebiet

lag, angegeben.

In den weiteren Spalten sind die wasserchemischen Untersuchungswerte der jeweiligen Proben eingetragen worden. Die unterstrichenen Zahlenwerte sollen Abweichungen hervorheben.

T A B E L L E 2.1

Aufstellung der aus der Lenne entnommenen Proben und ihre wasserchemischen Analysenwerte

Pr. Nr.	Entnahmestelle	Diat.	*	pH	Carb.	Ges.	NH	NO	SiO	Cl	Gewässer-
		Art.	=	Härtn.	Härtn.	mg	mg	mg	mg	bereich	
				//							
1	Lenne Quelle, Kahler Asten Winterbg.	5	+	6,2	1,5	3,0	0,1	1,0	7,0	1,0	
3	Quellgeb. Ohlenbach 1. Spitzkehre	11	+	<u>6,0</u>	1,5	3,5	0,1	10,0	7,5	3,0	
5	Ohlenbach WHs. Forellenteich	13	+	7,3	4,5	6,0	<u>2,0</u>	19,0	7,5	9,0	
6	Ohlenbach vor Einmünd. in Lenne	25	*	7,2	4,0	7,5	1,0	10,0	6,0	7,5	
7	Lenne oberh. Oberk. Abzw. Nordenau	12	*	7,2	3,5	8,0	0,5	8,5	5,0	6,0	
8	Bach Waldsiepen b. Marxhag.-Vorwald	12	+	7,2	2,5	6,0	0,5	5,0	6,0	<u>20,0</u>	
9	Gut Vorwald, Abfl. n. Forellenteich.	13	+	7,3	2,0	<u>3,0</u>	0,2	2,7	4,3	<u>4,0</u>	
10	Zusammenfl. v. Bach Gut Vorw. u. Marxhagen	10	*	6,7	3,0	7,0	0,5	7,0	4,0	12,0	2
12	Lange Siepen, oberh. Oberkirchen	20	*	8,3	2,0	7,0	0,0	4,0	4,5	2,5	
16	Sorpe-Bach oberh. Rolmecke	19	*	7,6	3,0	6,0	0,3	6,5	9,0	7,0	
17	Sorpe-Bach oberh. Winkhausen	14	*	7,3	3,5	8,0	0,5	<u>18,0</u>	9,0	7,5	
18	Lenne, Abzw. Grafsch. oberh. Schmallenberg.	22	*	7,9	3,5	7,0	0,1	9,0	7,5	9,0	
21	Bach Grafsch. Einfl. Lenne Schmallenberg	21	*	7,3	3,0	5,5	0,1	12,0	8,5	6,0	3
22	Bach Latrop, oberh. Fleckenberg	13	*	7,3	2,5	4,5	0,1	6,0	9,0	2,5	
23	Bach Untrop, Straßenabwz. in Lenne	21	*	7,3	2,1	4,0	0,1	7,0	9,0	3,0	
24	Bach Störmecke v. Lenne, ob.d.Hofes	7	+	7,1	2,5	3,5	0,1	4,5	9,0	3,0	
25	Gleierb. Zul. Forellz. Gleierbrück	19	*	6,9	1,9	4,2	0,1	6,0	8,0	4,5	
26	Lenne, Spitzbogen. unterh. Kickenb.	15	*	7,3	2,0	5,0	0,2	9,0	7,0	6,0	
27	Bach Rinsecke, Br. unterh. Oberhund.	9	+	7,2	2,2	3,5	0,1	<u>30,0</u>	9,5	7,0	
28	Hundem-Bach unterh. Br. v. Selbeck	20	*	6,5	2,5	3,5	0,5	<u>9,0</u>	9,5	5,0	
31	Aab. oberh. Albaum, letztes Haus	18	*	<u>6,3</u>	0,5	<u>1,8</u>	0,1	7,5	9,5	4,0	
32	Vesb. v. Einfl. b. Kirchh. I. Flape	23	*	6,9	1,3	3,4	0,3	<u>18,0</u>	9,5	8,5	
35	Silberb. v. Varste u. Dornbach	21	*	6,3	0,6	<u>2,2</u>	0,1	4,0	7,5	6,0	
37	Rohrbach v. Ort Benolpe	13	*	6,3	0,9	<u>3,0</u>	0,4	<u>15,0</u>	7,0	k.W.	
38	Bremkerb. v. Bilst. Zul.z. Veischede.	24	*	6,7	1,0	<u>3,0</u>	0,1	9,0	9,5	k.W.	
40	Bilstein-Brücke-Veischedebach	26	*	6,8	1,5	3,5	0,1	10,0	8,5	9,0	
42	Oberveischt. Zusammenfl. v. Veischede u. Flamecke	22	*	6,3	1,0	3,5	0,1	14,0	9,0	6,5	
43	Rothenmühle Zusammenfl. v. Bigge u. Großmecke	37	*	6,6	1,5	4,0	0,2	<u>19,0</u>	8,5	<u>15,0</u>	
44	Bigge-Wendenerhütte	35	*	6,5	<u>0,9</u>	4,2	0,1	<u>20,0</u>	9,5	9,0	
45	Bach-Wende b. Girkhausen	44	+	7,0	1,5	<u>2,5</u>	0,5	<u>18,0</u>	9,5	<u>15,0</u>	
49	Bach unterh. v. Neuenkleusheim	28	+	<u>6,3</u>	1,0	<u>2,0</u>	0,7	7,0	7,5	k.W.	
50	Brachtpe v. Iseringhs. n.Zusammenfl. v. Bächen	25	*	<u>6,2</u>	1,5	4,0	0,1	<u>19,0</u>	7,5	10,0	5

Pr. Nr.	Entnahmestelle	Diat. Art. je Pr.	*	pH	Carb. DH°	Ges. DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg	Gewässer- bereich
51	Zusammenfl. v. 3 Bächen v. Drolshag.	15	*	6,5	1,5	4,0	0,1	19,0	8,0	13,0	
52	Bach-Quellgeb. Sengenau	24	+	5,0	0,1	9,0	0,3	50,0	18,0	70,0	
55	Bach Neger, Zusammenfl. m. Bicke	18	*	7,3	1,4	5,0	0,1	25,0	8,5	10,0	
	Zufl. z. Biggetalsperre b. Siedenst.										
57	Bremker-Bach b. Bremge, Zul. Bigge	22	*	6,9	1,3	5,0	0,1	12,0	4,0	k.W.	
60	Hösinghauser-Bach oberh. Osterfeld	14	+	5,8	0,5	3,0	1,5	4,0	7,0	4,0	
62	Lister-Vorb. Brücke Windebruch	29	*	8,7	1,5	3,5	0,1	45,0	0,5	15,0	5
63	Herpelb. b. Herpel, Zufl. z. Lister	29	*	6,0	2,5	4,5	0,1	18,0	8,0	20,0	
65	Neuenhof-Berneb. Gasth. Wiesengrund	25	*	6,3	1,3	2,5	0,7	7,0	9,0	3,0	
66	Ebbel. ostl. Kiesbert Zufl. Öster- talsperre	20	*	6,8	2,0	3,5	0,1	15,0	7,5	6,0	
68	Bach Öster nördl. Oesterau, Brücke b. Fa.	19	*	7,8	2,5	4,0	2,4	19,5	9,5	60,0	
69	Bach Grüne b. Lademert	19	*	7,5	4,5	7,0	0,1	19,5	9,0	30,0	
71	Else b. Plettenbg. v. Einfl. Lenne	24	=	7,2	3,5	6,5	1,5	60,0	9,5	70,0	
72	Lenne in Plettenbg., Hauptbrücke	39	//	7,3	3,5	9,0	0,1	14,0	6,5	15,0	
73	Bach Zul. Versebach u. Talsp.	15	+	5,8	0,5	3,0	0,1	4,0	5,0	3,0	
74	Quellb. Zul. Vorbecken Versetalsp.	22	+	6,2	0,5	2,0	0,0	9,0	6,5	3,0	
75	Bachzul. unterh. Staumauer Versetal- sperre	23	*	7,3	2,5	6,0	0,1	19,0	4,5	40,0	6
76	Versetalsp. Abl. an der Mauer	30	*	6,0	1,0	4,0	0,1	7,5	6,0	4,5	
79	Hauptbach Verse Brüningh. Fa. Pfaff	24	*	6,8	3,0	7,0	0,8	10,0	7,0	30,0	
80	Verseb. Augustenthal h. Klärbecken	30	*	6,8	6,0	9,5	25,0	0,5	8,5	90,0	
81	Versebach oberh. Ekek. v. Einfl. v. schwarzer Ahe	28	*	6,9	7,2	17,0	20,0	18,0	7,0	40,0	
83	Ahe v. Einfl. in Verse, Altemühle	23	*	7,4	3,5	5,0	0,5	12,0	6,5	7,0	
85	Solmbecke Zul. Verse oberh. v. Kleinh.	24	*	8,1	5,0	7,0	1,5	8,5	9,0	7,0	
86	Verse b. Kleinh. v. Zul. v. Solmbecke	26	*	7,0	5,0	14,0	6,5	110,0	9,0	40,0	
87	Verse v. Einfl. Lenne b. Werdohl	34	*	6,8	2,5	28,0	3,5	190,0	8,0	30,0	
88	Lenne oberh. Altena v. Stauwehr	30	//	7,3	3,0	7,0	0,1	20,0	6,5	15,0	
89	Lenne unterh. Letmathe oberh. v. Oege	39	//	7,5	5,0	15,5	0,0	20,0	7,0	20,0	
90	Lenne Hohenlimbg. oberh. Hauptbrücke	46	//	7,3	5,5	7,0	0,2	20,0	7,5	13,0	
91	Wannebach b. Berchum Zul. Lenne	32	*	8,0	9,0	13,0	0,0	9,5	10,0	30,0	
92	Lenne b. Hagen-Kabel, Seitenarm	37	//	7,0	5,5	7,5	0,2	20,0	7,0	18,0	
93	Lenne v. Einfl. Hengsteysée	28	//	6,8	5,0	8,0	0,2	18,0	7,0	22,0	8

Abkürzungen

- k.W. = keine Werte vorhanden
- Zul. = Zulauf
- Abl. = Ablauf
- Br. = Brücke
- v. Einfl. = vor Einfluß

Unterstreichungen bei den Analysenwerten markieren Abweichungen:

Niedrige Werte

- pH = 6,3 und weniger
- Carb.-Härte 1,0 DH° und weniger
- Ges.-Härte 3,0 DH° und weniger

Hohe Werte

- pH 8,7 und mehr
- Carb.-Härte 8,0 DH° und mehr
- Ges.-Härte 9,0 DH° und mehr
- NH₄ 2,0 mg und mehr
- NO₃ 15,0 mg und mehr
- SiO₂ 10,0 mg und mehr
- Cl 15,0 mg und mehr

2.2 Wasserchemische Untersuchungen

2.2.1 Allgemeines

Die während der Monate Juli/August 1977 bei guter und konstanter Wetterlage entnommenen Wasserproben wurden wasserchemisch mit colorimetrischen Analysen-Methoden untersucht, weil diese für die Problemstellung ausreichend genau sind (Gebrüder HEYL KG, KLUT & OLSZEWSKI 1946, CZENSNY 1960).

Untersucht wurden die Wasserproben auf: pH-Wert, Carbonathärte, Gesamthärte, NH_4^+ , NO_3^- , SiO_2 und Cl^- . Die Fragestellung der Arbeit verlangte es auch, Abwasserbelastungen in der Lenne und Zuflüssen zu ermitteln, um Veränderungen oder Beeinflussungen der Diatomeen-Populationen herauszufinden.

An der Lennequelle selbst, unweit westlich des "Kahlen-Asten" gelegen, tropft zwischen Steinplatten Wasser heraus und verschwindet im Unterholz des Waldes als kleines Rinnal und ist nach ca. 1 km als "Quellbach Lenne" existent. Westwärts fließend kommen viele Zuläufe von Süden, weil nordwärts die Wasserscheide zur Ruhr verläuft.

2.2.2 Ergebnisse

Es war zu erwarten, daß im Quell-Bachgebiet der Lenne und den höheren Quellbächen die wasserchemischen Analysenwerte im Bereich der Carbonat- und Gesamthärteten niedrig und schwankend sein würden, fernerhin, daß Hausbereiche, Weiden und landwirtschaftlich genutzte Flächen die kleine Lenne beeinflussen werden im Bereich von NH_4^+ , NO_3^- und Cl^- .

In den Gewässerbereichen 1 - 3 (Probe 5, 8, 17), Tabelle 2.1, wurden größere abweichende Ergebnisse unterstrichen. In diesem Bereich ist schon die Natürlichkeit beeinflußt. Aus dem Vergleich der Analysenwerte von den Gewässerbereichen 1 - 3 ist eine noch vorhandene, natürliche Reinigungskraft feststellbar, auch sind in diesen Bach-Quellgebieten wasserbauliche Veränderungen kaum vorhanden.

Vom Gewässerbereich 4 ab weisen die Analysenwerte sehr geringe Carbonathärten (in 5 von 9 Ergebnissen liegen sie im Bereich von 0,5 - 1,0 DH^O) auf. Sie zeigen kalkarmes Wasser an, 8 pH-Werte von 9 Proben liegen im sauren Bereich.

Im Gewässerbereich 5 steigen die Carbonathärte-Werte an (4 von 18 Proben liegen noch unter 1,0 DH), aber 11 pH-Werte von 18 untersuchten Wasserproben liegen noch im sauren Bereich. Stärker angestiegene Nitratwerte sind festzustellen (13 Proben weisen NO₃-Ergebnisse von 15,0 mg und mehr auf) und erreichen bei den Proben: 52 = 50 mg

$$62 = 45 \text{ mg}$$

$$71 = 60 \text{ mg}$$

Diese Zahlen weisen auf Belastungen hin, die nicht nur auf landwirtschaftliche Stickstoffdüngung zurückzuführen sind. Auch die Chloridwerte sind insgesamt erheblich gestiegen und 9 Proben weisen Werte von 15,0 - 70,0 mg auf, dabei die Proben: 52 = 70 mg

$$68 = 60 \text{ mg}$$

$$71 = 70 \text{ mg}$$

In die Bachläufe, aus denen die Proben 52, 68 und 71 entnommen wurden, gelangen Abwässer, die die Bäche erheblich belasten und die, wie aus den vielfachen Unterstreichungen (Tab. 2.1) optisch zu entnehmen ist, trotz stärkerer Wasserführung nicht mehr auf natürliche Weise abgebaut werden können.

Im Gewässerbereich 6 sind besonders interessante Proben zusammengekommen. In der Probe 73 und 74 wurden zwei kleine Zuläufe zur Versetalsperre, die eine Trinkwassertalsperre ist, untersucht. Diese kleinen, zugänglichen Zuläufe bringen chemisch sehr reines Wasser ein. Wie schnell der Reinheitsgrad des Wassers sich ändern kann, beweisen die unterhalb der Sperre entnommenen Proben 75, 76 und 79. Hier beginnt eine Belastung im Nitrat- und Chloridbereich. Der obere Bachlauf ist waldumsäumt und es kann kaum eine Beeinflussung durch stickstoffhaltige Düngung erfolgt sein, am unteren Bachlauf liegen Fabriken und Wohnhäuser.

Im Gewässerbereich 7 wurden dann in den Proben 80 - 87 von dem unteren Teil des Versebaches in den Analysenergebnissen der Gesamthärte, von NH₄⁴, Cl und NO₃ die schwersten Abwasserbelastungen des gesamten Lenneverlaufes überhaupt festgestellt.

Probe	Carb.-Härte DH°	Gesamt-Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	Cl mg
80	6,0	9,5	25,0	0,5	90,0
81	7,2	17,0	20,0	18,0	40,0
86	5,0	14,0	6,5	110,0	40,0
87	2,5	28,0	3,5	190,0	30,0

Ausgenommen hiervon sind die Proben 83 und 85 - Bachzuläufe Ahe und Solmbecke - die im NH₄-Bereich leicht belastet sind, jedoch die Verse bis zur Einmündung in die Lenne nicht mehr verbessern können.

Probe	Carb.-Härte DH ^o	Gesamt-Härte DH ^o	NH ₄ mg	NO ₃ mg	Cl mg
83	3,5	5,0	0,5	12,0	7,0 (Ahe)
85	5,0	7,0	1,5	8,5	7,0 (Solmbecke)

Gewässerbereich 8: Die Lenne, nach dem Zulauf von Else und Verse, wird als Fluß bis zur Mündung in den Hengstey-See auch weiter durch Zuflüsse stark verändert (Gewässerkarte Nordrhein-Westfalen Abb. 2.1). Die Werte von Carbonat- und Gesamthärtungen liegen weit über denen der Quellgebiete und der oberen Bachzuläufe zur Lenne, die hohen NH₄-Werte der zugeflossenen Verse sind abgebaut worden, die Nitrate und Chloride weisen eine gewisse Konstanz auf.

2.2.3 Diskussion

Die wasserchemischen Analysenwerte der Lenne, einschließlich der zufließenden Bäche, geben interessante Aufschlüsse über eine Fließgewässerstrecke von 385 km.

1. Es zeigen sich natürliche und biologisch bedingte Beeinflussungen (Gewässerbereiche 4 und 5) durch die von Süden zufließenden Bäche, die auf-fällig einheitlich meist leicht saures Wasser (pH-Werte von 5,8 - 6,9) mit einer Carbonathärte von 0,5 - 1,5 DH^o in die Lenne einfließen lassen. Hingegen kommt aus dem unmittelbaren Quell- und oberen Bachgebiet der Lenne (Gewässerbereich 1 - 3) meist alkalisches Wasser (pH-Wert 7,1 - 8,3). Auch liegen die Analysenwerte der Carbonathärtungen (mit 1,5 - 4,5 DH^o) höher.
2. Unbelastetes Wasser ist in den Gewässerbereichen 1, 2 und 3 für die Anionen NO₃⁻, SiO₂⁻ und Cl⁻ erkennbar. Nur die Proben 3 und 17 sind in NO₃⁻ und die Probe 8 in Cl⁻ leicht belastet. Anders ist es in den Gewässerbereichen 4 und 5, hier treten schon erhebliche Belastungen in NO₃⁻ (bei 16 von 27 Proben) und in Cl⁻ (bei 9 von 16 Proben) auf. Beachtenswert sind die Analysenergebnisse der Proben 60 und 65, weil noch Werte unbelasteten Wassers analysiert werden konnten.
3. Die Wasseranalysenergebnisse der 3 letzten Gewässerbereiche 6 - 8 dürften für sich sprechen. Die Proben 73 und 74, die Zulaufwasser für die Versetalsperre (Trinkwassertalsperre) liefern und Probe 76 (Talsperrenablaufwasser) können vielleicht als Standardanalysenwerte für dieses Einzugsgebiet gewertet werden: pH-Werte = sauer, Carbonat- und Gesamthärten niedrig, NO₃⁻, SiO₂⁻ und Cl⁻ ebenfalls sehr niedrig.

Die wasserchemischen Untersuchungsergebnisse im Gewässerbereich 7 zeigen, wie stark die Verse abwasserbelastet ist - ausgenommen die Bäche Ahe und Solmbecke - und dürften wohl als Beweis dienen, daß eine Wasserschädigung nicht erst in den Flüssen und Strömen festzustellen ist, sondern schon in den Bächen beginnt (GEWÄSSERGÜTEKARTE 1985).

In Teil 4 "Ökologische Auswertung der Ergebnisse" werden in Gegenüberstellungen die Ergebnisse von Ruhr, Lenne und Volme miteinander verglichen.

Neben den chemischen Ergebnissen ist in der Tabelle 2.1 auch eine biologische Tendenz sichtbar. Die Zahl der gefundenen Diatomeen-Arten, in den einzelnen Gewässerbereichen zusammengefaßt, nimmt lenneabwärts zu. In der nachfolgenden Aufstellung sind je Gewässerbereich nummernmäßig die Proben vermerkt worden, in denen 25 und mehr Diatomeen-Arten gefunden wurden:

T A B E L L E 2.2

Auflistung der Proben mit mehr als 25 verschiedenen Diatomeen-Arten

In Prob. Nr.	Zahl der gef. Diat.-Arten	Gewässerbe- reich Nr.	Zahl der ent. Prob. je Ber.	Verhältnis Diatomeen- führender Proben zur Zahl der ent. Proben
6	25	1	5	1:5
-	-	2	4	0:4
-	-	3	9	0:9
40	26	4	9	1:9
43	37	5		
44	35	5		
45	44	5		
49	28	5		
50	25	5	18	9:18
62	29	5		
63	29	5		
65	25	5		
72	39	5		
76	30	6	5	1:5
80	30	7		
81	28	7	6	4:6
86	26	7		
87	34	7		
88	30	8		
89	39	8		
90	46	8	6	6:6
91	32	8		
92	37	8		
93	28	8		

Trotz zunehmender Abwasserbelastungen lenneabwärts haben die Diatomeen-Arten je Probe zahlenmäßig gegenüber dem Quell-/Bachgebiet zugenommen.

2.3. Biologische Bestandsaufnahme

2.3.1 Allgemeines

An den Probeentnahmestellen der Lenne (Tab. 2.1) wurden an Ufergrasstellen oder herabhängenden Pflanzenteilen in kleinen Standzylindergläsern Schlammproben entnommen, die am Entnahmestandort mit Formalin fixiert wurden. (Gammariden, Ephemeren- und Chironomidenlarven, sowie Daphniden und Cyclopiden konnten oft beobachtet werden). Es wurden an den Ufers Seiten stets ruhige Wasserstellen gesucht, um gewärtig zu sein, eine gute Durchschnittsmenge an Lebewesen zu erhalten.

Durch ein Trennsieb (Maschenweite 0,13 mm) wurden Grobsubstanzen entfernt, der Durchlaufabsatz nach einer weiteren Formolfixierung entsprechend den Methoden von F. HUSTEDT (1930) aufgeschlossen, um nach mehrfachen Feinstsiebungen und Dekantierungen ein Material zu erhalten, aus dem Streupräparate hergestellt werden konnten, in denen dann die vorhandenen Diatomeen-Arten bestimmt wurden, auch unter Berücksichtigung der Häufigkeiten.

Nach einer 5-stufigen Häufigkeitsskala wurde die Menge der gefundenen Diatomeen-Arten je Probe klassifiziert (CHOLNOKY, 1968, FRIEDRICH, 1973 SCHIMANSKI 1973, 1978).

3.2.2 Artenspektrum der beobachteten Diatomeen

Bei der Bestimmung der Diatomeen wurden in den zur Auswertung herangezogenen 62 Proben = 187 Arten gefunden, die in der Tab. 2.3 nach der Systematik (HUSTEDT 1930) aufgelistet worden sind. Die gleiche Spalte enthält auch noch die Zahl der Proben, in denen die aufgeführten Diatomeen-Arten gefunden worden sind. In der 2. Spalte sind die Zahlenangaben über die Häufigkeit des Auftretens aufgeführt worden.

Stufeneinteilung der Häufigkeiten:

1. Stufe = selten
2. Stufe = nicht selten
3. Stufe = häufig
4. Stufe = sehr häufig
5. Stufe = massenhaft

Beachtenswert in der Tabelle 2.3 sind die stark unterschiedlichen Häufigkeiten bei den gefundenen Diatomeen.

Die sich ändernden Häufigkeiten der Diatomeen-Arten in den einzelnen Proben sind eine wesentliche Grundlage zur Auswertung.

T A B E L L E 2.3
Diatomeen-Arten der Lenne
 (zwischen Quellgebiet und Hengstey - See)

Diatomeen-Art System. Ordnung nach HUSTEDT 1930	Gef. in Anz. ... Prob.	Häufigkeitsstufen					++ ausgewertet z. Mittelwert- berechnung	Foto
		1	2	3	4	5		
<i>Melosira granulata</i>	28	15	3	7	2	1		
<i>Melosira islandica</i> v. <i>helvetica</i>	1	1	-	-	-	-		0
<i>Melosira italica</i>	5	3	1	-	1	-		
<i>Melosira distans</i>	2	2	-	-	-	-		
<i>Melosira arenaria</i>	7	3	2	2	-	-		0
<i>Cyclotella glomerata</i>	2	-	-	1	1	-		
<i>Stephanodiscus dubius</i>	3	2	1	-	-	-		0
<i>Stephanodiscus astraea</i>	1	-	1	-	-	-		
<i>Coscinodiscus rothii</i> v. <i>subsalsa</i>	3	3	-	-	-	-		
<i>Tabellaria fenestrata</i>	5	2	1	2	-	-		0
<i>Tabellaria flocculosa</i>	9	8	1	-	-	-	++	0
<i>Diatoma vulgare</i>	2	1	-	1	-	-		0
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>ovalis</i>	12	11	-	1	-	-		
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>brevis</i>	1	1	-	-	-	-		
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>producta</i>	2	2	-	-	-	-		0
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>linearis</i>	9	5	2	1	1	-	++	0
<i>Diatoma vulg.</i> v. <i>grandis</i>	3	-	2	1	-	-		0
<i>Diatoma elongatum</i>	1	1	-	-	-	-		
<i>Diatoma hiemale</i>	6	6	-	-	-	-		0
<i>Diatoma hiemale</i> v. <i>mesodon</i>	16	10	2	3	1	-	++	0
<i>Diatoma anceps</i>	2	2	-	-	-	-		
<i>Meridion circulare</i>	40	21	12	6	1	-	++	0
<i>Meridion circ.</i> v. <i>constricta</i>	7	3	3	1	-	-		
<i>Ceratoneis arcus</i>	10	9	-	1	-	-	++	0
<i>Ceratoneis arcus</i> v. <i>amphioxys</i>	6	5	1	-	-	-		
<i>Fragilaria crotonensis</i>	4	3	-	-	-	1		0
<i>Fragilaria capucina</i>	7	6	-	-	-	1		0
<i>Fragilaria intermedia</i>	1	1	-	-	-	-		
<i>Fragilaria construens</i>	4	4	-	-	-	-		0
<i>Fragilaria pinnata</i>	4	1	3	-	-	-		
<i>Fragilaria virescens</i>	35	17	12	4	2	-	++	0
<i>Fragilaria viresc.</i> v. <i>elliptica</i>	1	1	-	-	-	-		
<i>Fragilaria brevistriata</i>	6	2	2	2	-	-		
<i>Fragilaria lapponica</i>	4	3	1	-	-	-		
<i>Asterionella formosa</i>	16	4	4	8	-	-		
<i>Asterionella gracil.</i>	1	1	-	-	-	-		
<i>Synedra ulna</i>	62	4	4	15	33	8		
<i>Synedra ulna</i> v. <i>oxyrhynchus</i>	35	4	7	6	14	4	++	0
<i>Synedra ulna</i> v. <i>impressa</i>	1	1	-	-	-	-		
<i>Synedra ulna</i> v. <i>biceps</i>	2	1	-	1	-	-		
<i>Synedra ulna</i> v. <i>amphirhynchus</i>	15	5	7	2	1	-		
<i>Synedra ulna</i> v. <i>danica</i>	45	12	18	12	3	-	++	0
<i>Synedra acus</i>	11	11	-	-	-	-		
<i>Synedra acus</i> v. <i>radians</i>	1	-	-	1	-	-		
<i>Synedra amphicephala</i>	1	-	1	-	-	-		
<i>Synedra rumpens</i>	3	2	1	-	-	-		
<i>Synedra minuscula</i>	3	1	1	1	-	-		
<i>Synedra affinis</i> var. <i>fasciculata</i>	1	1	-	-	-	-		

Fortsetzung TABELLE 2.3

Diatomeen-Art System. Ordnung nach HUSTEDT 1930)	Gef. In Anz. ... Prob.	Häufigkeitsstufen					++ ausgewertet z. Mittelwert- berechnung	Foto
		1	2	3	4	5		
<i>Synedra vaucheriae v. truncatula</i>	3	1	1	1	—	—		
<i>Synedra actinastroides</i>	2	1	1	—	—	—		
<i>Peronia erinacea</i>	1	—	1	—	—	—		
<i>Eunotia robusta</i>	1	1	—	—	—	—		
<i>Eunotia robusta v. tetraodon</i>	2	2	—	—	—	—		0
<i>Eunotia diodon</i>	1	1	—	—	—	—		
<i>Eunotia praerupta</i>	1	1	—	—	—	—		0
<i>Eunotia praerupta v. inflata</i>	2	2	—	—	—	—		
<i>Eunotia arcus</i>	9	8	1	—	—	—		
<i>Eunotia tenella</i>	2	2	—	—	—	—		
<i>Eunotia trinacria</i>	2	2	—	—	—	—		
<i>Eunotia trinacria v. undulata</i>	1	1	—	—	—	—		
<i>Eunotia exigua</i>	2	2	—	—	—	—		0
<i>Eunotia paludosa</i>	1	1	—	—	—	—		
<i>Eunotia valida</i>	2	2	—	—	—	—		
<i>Eunotia pectinalis</i>	2	1	1	—	—	—		
<i>Eunotia kochleniensis</i>	1	1	—	—	—	—		
<i>Eunotia faba</i>	2	2	—	—	—	—		
<i>Eunotia lunaris</i>	4	4	—	—	—	—		
<i>Eunotia gracilis</i>	1	1	—	—	—	—		
<i>Eunotia monodon v. maior fo. bidens</i>	1	1	—	—	—	—		
<i>Coccneis pediculus</i>	6	5	1	—	—	—		0
<i>Coccneis placentula</i>	5	4	1	—	—	—		0
<i>Coccneis plac. v. euglypta</i>	27	11	10	5	1	—	++	0
<i>Achnanthes minutissima</i>	2	—	1	—	1	—		
<i>Achnanthes lanceolata</i>	40	19	9	7	4	1		0
<i>Achnanthes lanceolata v. elliptica</i>	1	1	—	—	—	—		
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	16	11	5	—	—	—	++	0
<i>Amphipleura pellucida</i>	1	—	—	1	—	—		0
<i>Frustulia rhomboides</i>	3	3	—	—	—	—		0
<i>Frustulia vulgaris</i>	17	12	3	2	—	—	++	0
<i>Frustulia vulgaris var. capitata</i>	1	1	—	—	—	—		
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	3	3	—	—	—	—		0
<i>Gyrosigma kützingii</i>	5	4	1	—	—	—	++	0
<i>Caloneis silicula</i>	2	2	—	—	—	—		0
<i>Caloneis silic. v. truncatula</i>	5	4	1	—	—	—		0
<i>Neidium bisulcatum</i>	1	1	—	—	—	—		
<i>Neidium iridis</i>	3	3	—	—	—	—		0
<i>Neidium iridis v. ampliata</i>	1	1	—	—	—	—		0
<i>Neidium iridis v. amphigomophus</i>	1	1	—	—	—	—		0
<i>Neidium dubium</i>	1	1	—	—	—	—		0
<i>Neidium kozlowi v. elliptica</i>	1	1	—	—	—	—		
<i>Neidium kozlowi v. parva</i>	1	1	—	—	—	—		
<i>Diploneis ovalis</i>	1	1	—	—	—	—		
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	42	21	12	3	6	—	++	0
<i>Stauroneis anceps</i>	3	3	—	—	—	—		
<i>Stauroneis anceps fo. gracilis</i>	1	1	—	—	—	—		
<i>Stauroneis anceps to. linearis</i>	2	2	—	—	—	—		
<i>Stauroneis acuta</i>	4	4	—	—	—	—		
<i>Stauroneis parvula v. prominula</i>	11	1	—	—	—	—		0
<i>Stauroneis laterostrata</i>	1	1	—	—	—	—		

Fortsetzung TABELLE 2.3

Diatomeen-Art System. Ordnung nach HUSTEDT 1930	Gef. In Anz. ... Prob.	Häufigkeitsstufen					++ ausgewertet z. Mittelwert- berechnung	Foto
		1	2	3	4	5		
100 <i>Navicula cuspidata</i>	28	23	5	-	-	-	++	0
101 <i>Navicula longirostris</i>	15	10	3	-	1	1		
102 <i>Navicula cryptocephala</i>	10	5	2	2	1	-		
103 <i>Navicula rhyphocephala</i>	6	5	1	-	-	-		
104 <i>Navicula viridula</i>	48	16	10	11	11	-		
105 <i>Navicula radios</i>	33	15	7	8	3	-	++	0
106 <i>Navicula similis</i>	1	1	-	-	-	-		
107 <i>Navicula citrus</i>	1	1	-	-	-	-		
108 <i>Navicula exigua</i>	2	2	-	-	-	-		
109 <i>Navicula tuscula</i>	1	1	-	-	-	-		
110 <i>Navicula lyra</i>	2	2	-	-	-	-		0
111 <i>Pinnularia sublinearis</i>	1	1	-	-	-	-		
112 <i>Pinnularia molaris</i>	2	1	1	-	-	-		
113 <i>Pinnularia appendiculata v. budensis</i>	2	2	-	-	-	-		
114 <i>Pinnularia subcapitata</i>	1	1	-	-	-	-		
115 <i>Pinnularia interrupta</i>	1	1	-	-	-	-		0
116 <i>Pinnularia polyonca</i>	1	1	-	-	-	-		0
117 <i>Pinnularia braunii v. amphicephala</i>	3	3	-	-	-	-		
118 <i>Pinnularia divergentissima</i>	1	1	-	-	-	-		
119 <i>Pinnularia microstauron</i>	3	3	-	-	-	-		0
120 <i>Pinnularia micro. fo. blandulata</i>	1	1	-	-	-	-		
121 <i>Pinnularia divergens</i>	1	1	-	-	-	-		
122 <i>Pinnularia lata</i>	3	3	-	-	-	-		0
123 <i>Pinnularia borealis</i>	2	2	-	-	-	-		0
124 <i>Pinnularia borealis v. brevicostata</i>	1	1	-	-	-	-		0
125 <i>Pinnularia gibba</i>	36	22	8	6	-	-	++	0
126 <i>Pinnularia gibba fo. subundulata</i>	1	1	-	-	-	-		
127 <i>Pinnularia gibba v. parva</i>	1	1	-	-	-	-		
128 <i>Pinnularia gibba v. linearis</i>	3	2	1	-	-	-		0
129 <i>Pinnularia brevicostata</i>	1	1	-	-	-	-		0
130 <i>Pinnularia major</i>	4	3	-	1	-	-	++	0
131 <i>Pinnularia viridis</i>	53	16	15	15	7	-		0
132 <i>Pinnularia viridis v. sudetica</i>	11	11	-	-	-	-		
133 <i>Pinnularia gentilis</i>	20	18	1	1	-	-	++	0
134 <i>Amphora ovalis</i>	8	8	-	-	-	-		0
135 <i>Amphora ovalis v. pediculus</i>	3	2	1	-	-	-		0
136 <i>Cymbella naviculiformis</i>	2	2	-	-	-	-		0
137 <i>Cymbella turgida</i>	1	1	-	-	-	-		
138 <i>Cymbella minuta v. silesiaca</i>	40	21	8	6	2	3	++	0
139 <i>Cymbella affinis</i>	1	1	-	-	-	-		0
140 <i>Cymbella cymbiformis</i>	3	2	1	-	-	-		0
141 <i>Cymbella parva</i>	1	1	-	-	-	-		
142 <i>Cymbella cistula</i>	1	1	-	-	-	-		0
143 <i>Cymbella helvetica</i>	1	1	-	-	-	-		
144 <i>Cymbella aspera</i>	17	13	1	3	-	-	++	0

Fortsetzung TABELLE 2.3

Diatomeen-Art System. Ordnung nach HUSTEDT 1930	Gef. In Anz. ... Prob.	Häufigkeitsstufen 1 2 3 4 5	++ ausgewertet z. Mittelwert- berechnung	Foto
<i>Gomphonema acuminatum</i> v. <i>coronata</i>	4	3 - - 1 -		0
<i>Gomphonema parvulum</i>	15	12 2 1 - -	++	0
<i>Gomphonema angustatum</i>	1	1 - - - -		0
<i>Gomphonema longiceps</i>	1	1 - - - -		0
<i>Gomphonema intricatum</i>	1	1 - - - -		0
<i>Gomphonema intr. v. pumila</i>	5	3 2 - - -		0
<i>Gomphonema constrictum</i>	1	1 - - - -		0
<i>Gomphonema tergestinum</i>	1	1 - - - -		0
<i>Gomphonema olivaceum</i>	1	1 - - - -		0
<i>Gomphonema abbreviatum</i>	1	1 - - - -		0
<i>Epithemia turgida</i>	1	1 - - - -		0
<i>Hantzschia amphioxys</i>	2	2 - - - -		0
<i>Hantzschia amphioxys</i> fo. <i>capitata</i>	2	2 - - - -		
<i>Nitzschia thermalis</i>	1	1 - - - -		
<i>Nitzschia commutata</i>	2	2 - - - -		0
<i>Nitzschia linearis</i>	57	14 10 18 9 6		0
<i>Nitzschia recta</i>	9	7 2 - - -		0
<i>Nitzschia dissipata</i>	12	9 3 - - -		0
<i>Nitzschia acula</i>	24	11 2 6 1 4	++	
<i>Nitzschia heuferiana</i>	2	2 - - - -		
<i>Nitzschia romana</i>	15	10 3 1 1 -		
<i>Nitzschia palea</i>	2	1 1 - - -		
<i>Nitzschia gracilis</i>	15	12 1 2 - -		0
<i>Nitzschia spectabilis</i>	12	9 1 2 - -	++	
<i>Nitzschia sigmoides</i>	11	8 2 - 1 -	++	
<i>Nitzschia vermicularis</i>	1	1 - - - -		
<i>Nitzschia minuta</i>	2	1 1 - - -		
<i>Cymatopleura solea</i>	34	18 6 6 4 -	++	0
<i>Cymatopleura solea</i> v. <i>gracilis</i>	5	4 1 - - -		0
<i>Cymatopleura solea</i> v. <i>apiculata</i>	1	1 - - - -		0
<i>Cymatopleura elliptica</i>	11	5 3 2 1 -	++	0
<i>Surirella biseriata</i>	8	8 - - - -		0
<i>Surirella linearis</i>	11	8 2 1 - -	++	0
<i>Surirella gracilis</i>	1	1 - - - -		
<i>Surirella angusta</i>	13	7 1 4 1 -	++	0
<i>Surirella robusta</i>	2	2 - - - -		
<i>Surirella tenera</i>	41	25 9 5 2 -	++	0
<i>Surirella ten. v. nervosa</i>	2	2 - - - -		
<i>Surirella elegans</i>	4	2 2 - - -		0
<i>Surirella ovalis</i>	4	2 2 - - -		0
<i>Surirella ovata</i>	16	8 5 1 2 -	++	0
<i>Surirella ovata</i> v. <i>pinnata</i>	1	1 - - - -		0
<i>Surirella spiralis</i>	1	1 - - - -		

187 Diatomeen-Arten

Insgesamt

30 Diatomeen-Arten

Von den 187 gefundenen Diatomeen-Arten wurden 30 zu einer weiteren Auswertung herangezogen, gekennzeichnet: ++ (siehe Tab. 2.3). Das Kennzeichen = 0 in der letzten Spalte der Tab. 2.3 besagt, daß von dieser Diatomeen-Art ein Mikro-Foto in den Fototafeln (Teil 4.10 vorhanden ist).

2.3.3 Bewertung

Es mußte eine Auswahl der biologischen Untersuchungsergebnisse durchgeführt werden, um zu einer Aussage zu kommen:

1. Euryöke Diatomeen-Arten oder Kosmopoliten wurden bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt, weil sie wahrscheinlich keine spezifische Aussage über die Frage "Abhängigkeit der Diatomeen-Arten vom Wasserchemismus" geben würden.
2. Diatomeen-Arten, die nur in wenigen Proben vereinzelt gefunden wurden, dürfen keinen Häufigkeitsvergleich zulassen. Sie wurden deshalb nicht berücksichtigt.
3. Zur weiteren Auswertung wurden die Diatomeen-Arten herangezogen, die in mehreren Proben und in verschiedenen Häufigkeitsstufen mit vergleichbaren Zahlen vorkommen.

Die nicht berücksichtigten euryöken Diatomeen-Arten sind:

<i>Synedra ulna</i>	(Vorkommen in 62 Proben)
<i>Achnanthes lanceolata</i>	(Vorkommen in 40 Proben)
<i>Navicula viridula</i>	(Vorkommen in 48 Proben)
<i>Pinnularia viridis</i>	(Vorkommen in 53 Proben)
<i>Nitzschia linearis</i>	(Vorkommen in 57 Proben)

Für die 30 ausgewählten Diatomeen-Arten wurden für jede Einzel-Art – unter Berücksichtigung der festgestellten Häufigkeiten (Tab. 2.3) – Mittelwerte aus den wasserchemischen Analysenwerten errechnet und aus diesen Mittelwerten der Endmittelwert für die ausgewählte Diatomeen-Art ermittelt.

Erläuterung der Berechnungsmethode am Beispiel 1 für Diatoma hiemale v. mesodon
Tab. 2.3

Sie wurde gefunden in 16 Proben:
Häufigkeit 1 = in 10 Proben
Häufigkeit 2 = in 2 Proben
Häufigkeit 3 = in 3 Proben
Häufigkeit 4 = in 1 Probe

T A B E L L E 2.4

Mittelwertberechnung nach chemischen Analysen
am Beispiel von Diatoma hiemale v. mesodon

Berechnung

Vorkom. Probe Nr.	pH Wert	Carb. Härte DH ^o	Ges. Härte DH ^o	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg	Häufigk.- stufen
<u>2+</u>								
38	6,7	1,0	3,0	0,1	9,0	9,5	k.W.*	1
43	6,6	1,5	4,0	0,2	19,0	8,5	15,0	1
44	6,5	0,9	4,2	0,1	20,0	9,5	9,0	1
49	6,3	1,0	2,0	0,7	7,0	7,5	k.W.*	1
63	6,0	2,5	4,5	0,1	18,0	8,0	20,0	1
72	7,3	3,5	9,0	0,1	14,0	6,5	15,0	1
73	5,8	0,5	3,0	0,1	4,0	5,0	3,0	1
76	6,0	1,0	4,0	0,1	7,5	6,0	4,5	1
89	7,0	5,0	15,5	0,0	20,0	7,0	20,0	1
<u>Mittel- wert M1</u>	<u>6,5</u>	<u>1,9</u>	<u>5,5</u>	<u>0,2</u>	<u>13,2</u>	<u>7,5</u>	<u>12,5</u>	Stufe 1
6	7,2	4,0	7,5	1,0	10,0	6,0	7,5	2
12	8,3	2,7	7,0	0,0	4,0	4,5	2,5	2
<u>Mittel- wert M2</u>	<u>7,7</u>	<u>3,3</u>	<u>7,2</u>	<u>0,5</u>	<u>7,0</u>	<u>5,3</u>	<u>5,0</u>	Stufe 2
9	7,3	2,0	3,0	0,2	7,0	4,3	4,0	3
10	6,7	3,0	7,0	0,5	7,0	4,0	12,0	3
42	6,3	1,0	3,5	0,1	14,0	9,0	6,5	3
<u>Mittel- wert M3</u>	<u>6,9</u>	<u>2,0</u>	<u>4,5</u>	<u>0,3</u>	<u>9,3</u>	<u>5,7</u>	<u>7,5</u>	Stufe 3
8								
<u>Einzel- wert M4</u>	<u>7,2</u>	<u>2,5</u>	<u>6,0</u>	<u>0,5</u>	<u>5,0</u>	<u>6,0</u>	<u>20,0</u>	Stufe 4
<u>Endmit- telwert</u>	<u>7,1</u>	<u>2,4</u>	<u>5,8</u>	<u>0,4</u>	<u>8,6</u>	<u>6,1</u>	<u>11,3</u>	
<u>M1-M4</u>								

+ Bei Probe 2 wurde kein Wasser entnommen, bei Mittelwertberechnung nicht berücksichtigt

* k.W. = keine Werte

Erläuterung der Berechnungsmethode am Beispiel 2 für
Stauroneis phoenicenteron (Nr. 93 in Tab. 2.4)

Sie wurde in 42 Proben gefunden:

Häufigkeit 1 = in 21 Proben (nicht berücksichtigt)
Häufigkeit 2 = in 12 Proben
Häufigkeit 3 = in 3 Proben
Häufigkeit 4 = in 6 Proben

T A B E L L E 2.5

Mittelwertberechnung nach chemischen Analysen
am Beispiel Stauroneis phoenicenteron

Berechnung

Vorkom. Probe Nr.	pH DH ^O	Carb. Härte DH ^O	Ges. Härte DH ^O	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg	Häufigk.- stufen
7	7,2	3,5	8,0	0,5	8,5	5,0	6,0	2
23	7,3	2,1	4,0	0,1	7,0	9,0	3,0	2
51	6,5	1,5	4,0	0,1	19,0	8,0	13,0	2
57	6,9	1,3	5,0	0,1	12,0	4,0	k.W.*	2
60	5,8	0,5	3,0	1,5	4,0	7,0	4,0	2
62	8,7	1,5	3,5	0,1	45,0	0,5	15,0	2
66	6,8	2,0	3,5	0,1	15,0	7,5	6,0	2
69	7,5	4,5	7,0	0,1	19,5	9,0	30,0	2
89	7,0	5,0	15,5	0,0	20,0	7,0	20,0	2
90	7,3	5,5	7,0	0,2	20,0	7,5	13,0	2
91	8,0	9,0	13,0	0,0	9,5	10,0	30,0	2
92	7,0	5,5	7,5	0,2	20,0	7,0	18,0	2
Mittel- wert M2	7,2	3,6	6,8	0,2	20,0	6,8	14,0	Stufe 2
26	7,3	2,0	5,0	0,3	9,0	7,0	6,0	3
50	6,2	1,5	4,0	0,1	19,0	7,5	10,0	3
93	6,8	5,0	8,0	0,2	18,0	7,0	22,0	3
Mittel- wert M3	6,7	2,9	6,7	0,2	15,3	7,2	12,6	Stufe 3
43	6,6	1,5	4,0	0,2	19,0	8,5	15,0	4
44	6,5	0,9	4,2	0,1	20,0	9,5	9,0	4
45	7,0	1,5	2,5	0,5	18,0	9,5	15,0	4
49	6,3	1,0	2,0	0,7	7,0	7,5	k.W.*	4
63	6,0	2,5	4,5	0,1	18,0	8,0	20,0	4
66	6,3	1,3	2,5	0,7	7,0	9,0	3,0	4
Mittel- wert M4	6,4	1,5	3,3	0,4	15,0	8,6	12,4	Stufe 4
Endmit- telwert M2-M4	6,8	2,6	5,6	0,2	16,6	7,5	13,0	

* k.W. = keine Werte

2.3.4 Diskussion

T A B E L L E 2.6

Mittelwertberechnungen von 30 ausgewählten Diatomeen-Arten der Lenne

(Proben mit Kennzeichen ++ in Tabelle 2.5)

Nr. Diatomeen-Art	pH Wert	Carb. Härte DH°	Ges. Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
1 Tabellaria flocculosa	7,0	1,4	2,9	0,5	13,5	9,0	10,8
2 Diatoma vulg. v. linearis	7,0	4,9	15,1	10,1	63,0	7,7	22,2
3 Diatoma hemale v. mesodon	7,1	2,4	5,8	0,4	8,6	6,1	11,3
4 Meridion circulare	6,7	1,9	4,6	0,6	17,4	7,6	15,0
5 Ceratoneis arcus	7,2	3,5	6,9	3,3	11,3	7,5	18,0
6 Fragilaria virescens	6,7	1,7	3,4	0,2	13,3	8,4	10,5
7 Synedra ulna v. oxyrhynchus	6,4	2,6	6,4	0,8	28,5	7,8	21,0
8 Synedra ulna v. danica	6,9	2,0	5,0	0,5	15,0	7,5	8,4
9 Cocconeis placentula v. euglypta	6,8	2,1	5,0	0,3	10,0	7,0	15,3
10 Rhoicosphenia curvata	7,2	3,5	6,2	0,7	14,8	7,3	14,2
11 Frustulia vulgaris	6,7	2,1	4,7	0,2	15,3	7,7	13,2
12 Gyrosigma kützingii	6,8	1,7	4,7	0,1	14,7	7,3	9,0
13 Stauroneis phoenicenteron	6,8	2,6	5,6	0,2	16,6	7,5	13,0
14 Navicula cuspidata	7,2	3,6	6,8	0,5	21,1	8,0	16,9
15 Navicula radiosa	6,9	2,0	5,7	0,3	10,6	6,6	17,6
16 Pinnularia gibba	6,8	1,9	4,2	0,4	11,1	7,8	7,5
17 Pinnularia maior	7,0	4,9	6,8	0,5	14,9	6,6	15,6
18 Pinnularia gentilis	7,0	1,8	3,7	0,4	10,8	8,6	6,8
19 Cymbella minuta v. silesiaca	6,7	3,1	6,2	0,2	13,4	7,0	10,2
20 Cymbella aspera	6,7	2,1	4,1	0,6	11,6	8,1	5,9
21 Gomphonema parvulum	6,9	4,8	10,9	7,2	22,0	7,3	26,0
22 Nitzschia acula	7,2	4,3	10,9	1,8	44,5	7,6	24,0
23 Nitzschia spectabilis	7,1	3,8	9,2	2,3	48,6	7,9	23,0
24 Nitzschia sigmaidea	7,4	4,2	7,1	0,4	17,2	7,9	15,2
25 Cymatopleura solea	7,5	4,1	7,9	0,7	20,0	6,7	15,6
26 Cymatopleura elliptica	7,3	4,8	8,5	0,7	20,0	8,1	17,5
27 Surirella linearis	6,8	1,9	5,5	0,5	14,1	8,6	10,4
28 Surirella angusta	7,0	3,7	7,8	0,2	14,8	7,2	19,8
29 Surirella tenera	6,8	1,6	4,5	0,4	15,5	8,2	12,1
30 Surirella ovata	6,9	2,5	5,4	0,3	23,8	8,4	19,6

Diese chemischen Zahlenwerte, in Beziehung gesetzt zu den Diatomeen-Arten, zeigen eine große Uneinheitlichkeit. Es war notwendig, nach einem Faktor zu suchen, der eine bessere Übersicht und Ordnung der Ergebnisse erkennen lässt. Zur besseren Veranschaulichung wurden die Zahlenergebnisse der Tab. 2.6 in einem Säulendiagramm dargestellt (Abb. 2.2):

Carbonathärte = schwarze Säule

Gesamthärte = Säule mit Schrägstichen

pH-Wert = weiße Säule

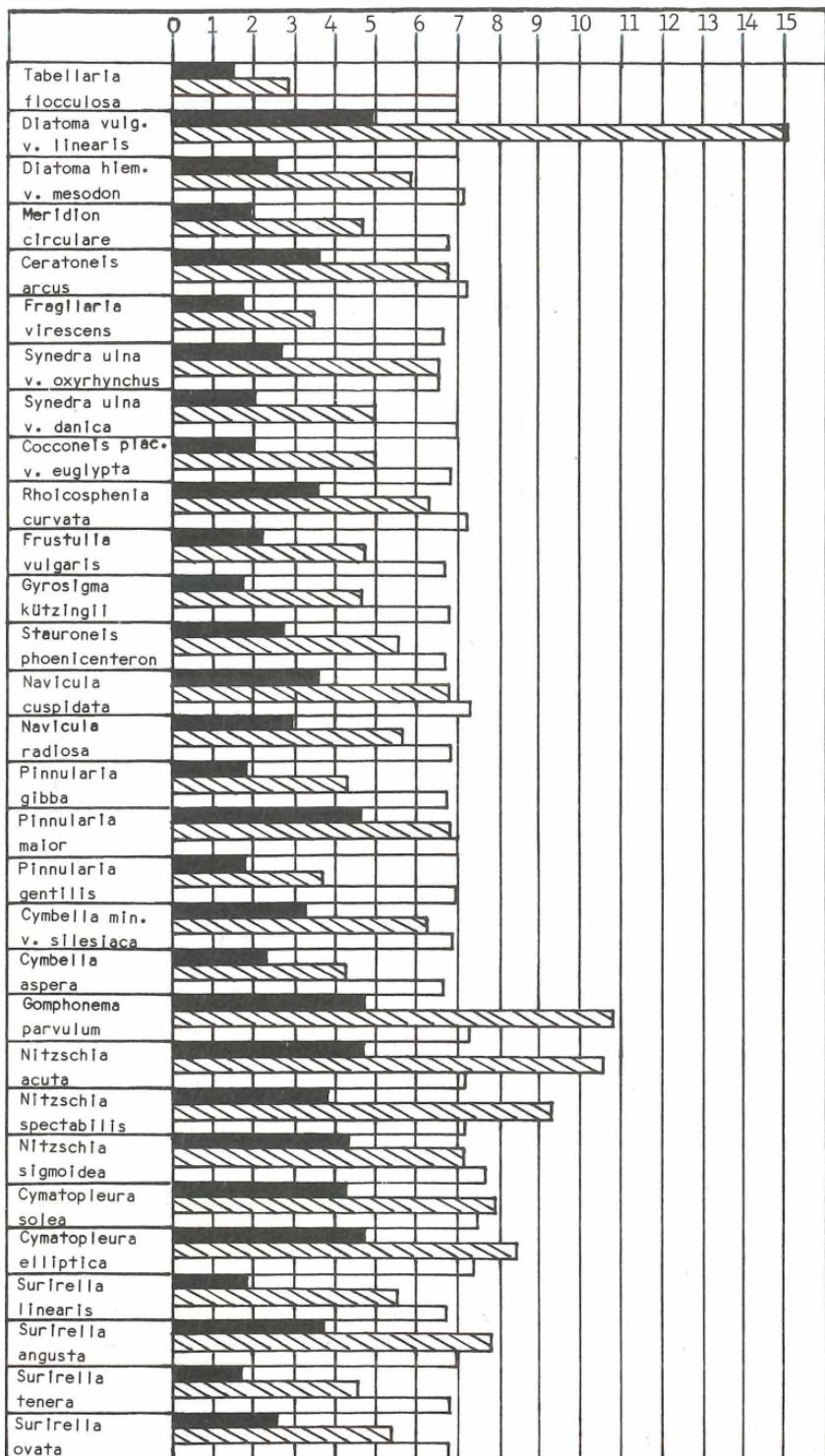


Abb. 2.2: Säulendiagramm für 30 ausgewählte Diatomeen-Arten der Lenne (Tabelle 2.6) schwarz: Carbonathärte in DH°, schraffiert: Gesamthärte in DH°, weiß: pH-Wert.

Die stark unterschiedlichen Säulenlängen (Abbildung 2.2) deuten Zusammenhänge an, Ergebnisse sind aber nicht ablesbar.

Tabelle 2.6 wurde deswegen umgeordnet nach ansteigenden Carbonathärtewerten, zahlenmäßig in der Tabelle 2.7 und als Säulendiagramm in der Abbildung 2.3. Die Zahlentabelle 2.7 wurde durch einen waagerechten Strich in zwei Abschnitte geteilt, bedingt durch einen Sprung der Carbonathärte-Werte von 2,6 DH° auf 3,1 DH°. Im ersten Abschnitt befinden sich fast ausschließlich die Diatomeen-Arten, die in Proben mit leicht saurem Wasser (pH-Werte von etwa 6,4 - 7,0) und Carbonathärte-Werten von 1,4 - 2,6 gefunden wurden. Im zweiten Abschnitt, bei leicht alkalischen pH-Werten von etwa 7,0 - 7,5 und Carbonathärte-Werten von 3,1 - 4,9 sind Diatomeen-Arten des alkalischen Bereiches zu erkennen.

T A B E L L E 2.7

30 Diatomeen-Arten der Lenne, geordnet nach steigenden Werten der Carbonathärte

Mittelwerte nach Tabelle 2.3

Nr. der Diatomeen-Arten nach Tabelle 2.3	pH Wert	Carb. Härte DH°	Ges. Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg	Abschnitt
1 Tabellaria flocculosa	7,0	1,4	2,9	0,9	13,5	9,0	10,8	
29 Surirella tenera	6,8	1,6	4,5	0,4	15,5	8,2	12,1	
6 Fragilaria virescens	6,7	1,7	3,4	0,2	13,3	8,4	10,9	
12 Gyrosigma kützingii	6,8	1,7	4,7	0,1	14,7	7,3	9,0	
18 Pinnularia gentilis	7,0	1,8	3,7	0,4	10,8	8,6	6,8	
4 Meridion circulare	6,7	1,9	4,6	0,6	17,4	7,6	15,0	
16 Pinnularia gibba	6,8	1,9	4,2	0,4	11,1	7,8	7,5	
27 Surirella linearis	6,8	1,9	5,5	0,5	14,1	8,6	10,4	1
8 Synedra ulna v. danica	6,9	2,0	5,0	0,5	15,0	7,5	8,4	
9 Cocconeis plac. v. euglypta	6,8	2,1	5,0	0,3	10,0	7,0	15,3	
11 Frustulia vulgaris	6,7	2,1	4,7	0,2	15,3	7,7	13,2	
20 Cymbella aspera	6,7	2,1	4,1	0,6	11,6	8,1	5,9	
3 Diatoma hiem. v. mesodon	7,1	2,4	5,8	0,4	8,6	6,1	11,3	
15 Navicula radiosa	6,9	2,5	5,7	0,3	10,6	6,6	17,6	
30 Surirella ovata	6,9	2,5	5,4	0,3	23,8	8,4	19,6	
7 Synedra ulna v. oxyrhynchus	6,4	2,6	6,4	0,8	28,5	7,8	21,0	
13 Stauroneis phoenicenteron	6,8	2,6	5,6	0,2	16,6	7,5	13,0	
19 Cymbella min. v. silesiaca	6,7	3,1	6,2	0,2	13,4	7,0	10,2	
5 Ceratoneis arcus	7,2	3,5	6,9	3,3	11,3	7,5	18,0	
10 Rhoicosphenia curvata	7,2	3,5	6,2	0,7	14,8	7,3	14,2	
14 Navicula cuspidata	7,2	3,6	6,8	0,5	21,1	8,0	16,9	
28 Surirella angusta	7,0	3,7	7,8	0,2	14,8	7,2	19,8	
23 Nitzschia spectabilis	7,1	3,8	9,2	2,3	48,6	7,9	23,0	2
25 Cymatopleura solea	7,5	4,1	7,9	0,7	20,0	6,7	15,6	
24 Nitzschia sigmoidea	7,4	4,2	7,1	0,4	17,2	7,9	15,2	
22 Nitzschia acuta	7,2	4,3	10,9	1,8	44,5	7,6	24,0	
17 Pinnularia maior	7,0	4,5	6,8	0,5	14,9	6,6	15,6	
26 Cymatopleura elliptica	7,3	4,8	8,5	0,7	20,0	8,1	17,5	
21 Gomphonema parvulum	6,9	4,8	10,9	7,2	22,0	7,3	26,7	
2 Diatoma vulgaris v. linearis	7,0	4,9	15,1	1,1	63,0	7,7	22,2	

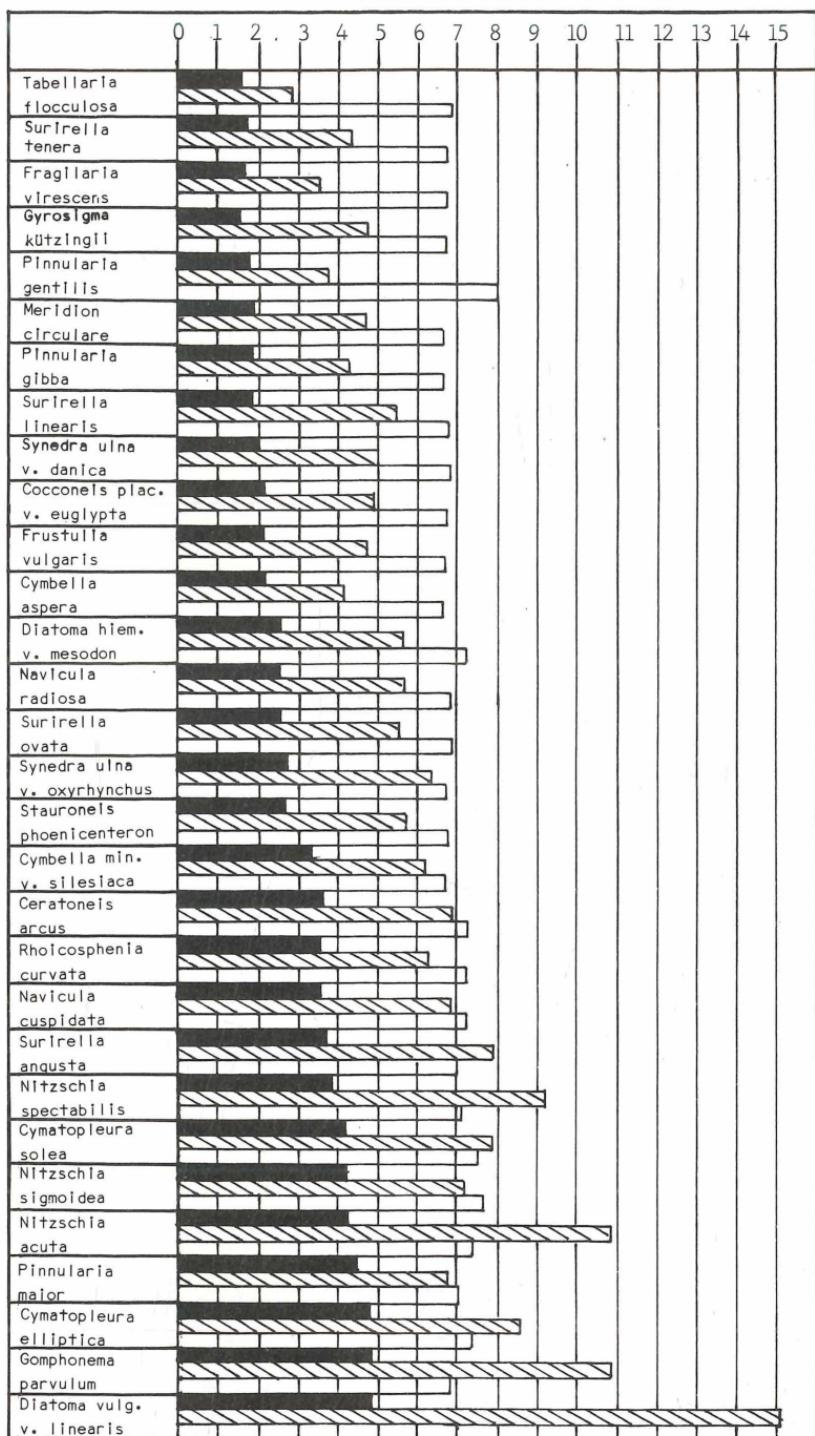


Abb. 2.3: Säulendiagramm für 30 Diatomeen-Arten der Lenne, geordnet nach ansteigenden Werten der Carbonathärte. (Tabelle 2.7)

Legende: s. Abb. 2.2

Beachtenswert sind die Gruppenbildungen von Diatomeen-Arten in den zwei Abschnitten (Teilung der Tabelle 2.7):

Gruppe	Abschnitt 1	Abschnitt 2
Surirellae	3 Arten	1 Art
Pinnulariae	2 Arten	1 Art
Synedrae	2 Arten	0 Art
Nitzschiae	0 Art	3 Arten
Cymatopleurae	0 Art	2 Arten
Cymbellae	1 Art	1 Art
Naviculae	1 Art	1 Art
Diatomae	1 Art	1 Art

Aus der Tab. 2.7 ist ersichtlich, daß in der Carbonathärte ein maßgeblicher Faktor gefunden worden ist, der das verschiedenartige und verschiedenhäufige Auftreten der Diatomeen-Arten bestimmt oder beeinflußt (vergleiche dazu auch die Ergebnisse der Ruhruntersuchung, HARTMANN 1983).

Es ist bei den Untersuchungen der Ruhr schon darauf hingewiesen worden, daß auch die Anionen (NH_4^+ , NO_3^- , SiO_4^{4-} und Cl^-) für das Vorkommen und die Häufigkeit von Diatomeen-Arten bedeutungsvoll sein könnten. Bei der Lenneuntersuchung (z. B. Versebach unterhalb der Versetalsperre) wurden große Belastungen durch Chloride festgestellt. Es wurde der Frage nachgegangen, inwieweit Chloride möglicherweise die Diatomeenpopulationen beeinflussen können.

Dazu wurden die 30 ausgewählten Diatomeen-Arten (Tab. 2.6) den Untersuchungsergebnissen zufolge nach steigenden Chloridwerten umgeordnet und in nachfolgende Abschnitte eingeteilt (Tab. 2.8). Diese Einteilung erfolgte willkürlich:

- Abschnitt 1 = Cl-Werte von 5,0 - 10,0 mg
- Abschnitt 2 = Cl-Werte von 10,1 - 11,9 mg
- Abschnitt 3 = Cl-Werte von 12,0 - 14,9 mg
- Abschnitt 4 = Cl-Werte von 15,0 - 16,9 mg
- Abschnitt 5 = Cl-Werte von 17,0 - 18,9 mg
- Abschnitt 6 = Cl-Werte von 19,0 - 20,0 mg
- Abschnitt 7 = Cl-Werte über 20,0 mg

Nach dieser Einteilung in der Tabelle 2.8 sind wiederum Gruppenbildungen von Diatomeen-Arten je Abschnitt festzustellen.

T A B E L L E 2.8

Auswertung von 30 Diatomeen-Arten der Lenne,
geordnet nach ansteigenden Chloridwerten

Mittelwerte nach Tabelle 2.6

Nr. der Diatomeen-Arten nach Tabelle 2.6	pH Wert	Carb. Härte DH	Ges. Härte DH	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg	Abschnitt
20 Cymbella aspera	6,7	2,1	4,1	0,6	11,6	8,1	5,9	
18 Pinnularia gentilis	7,0	1,8	3,7	0,4	10,8	8,6	6,8	
16 Pinnularia gibba	6,8	1,9	4,2	0,4	11,1	7,8	7,5	1
8 Synedra ulna v. danica	6,9	2,0	5,0	0,5	15,0	7,5	8,4	
12 Gyrosigma kützingii	6,8	1,7	4,7	0,1	14,7	7,3	9,0	
19 Cymbella min. v. silesiaca	6,7	3,1	6,2	0,2	13,4	7,0	10,2	
27 Surirella linearis	6,8	1,9	5,5	0,5	14,1	8,6	10,4	
6 Fragilaria virescens	6,7	1,7	3,4	0,2	13,3	8,4	10,5	2
1 Tabellaria flocculosa	7,0	1,4	2,9	0,5	13,5	9,0	10,8	
3 Diatoma hiem. v. mesodon	7,1	2,4	5,8	0,4	8,6	6,1	11,3	
29 Surirella tenera	6,8	1,6	4,5	0,4	15,5	8,2	12,1	
13 Stauroneis phoenicenteron	6,8	2,6	5,6	0,2	16,6	7,5	13,0	
11 Frustulia vulgaris	6,7	2,1	4,7	0,2	15,3	7,7	13,2	3
10 Rhoicosphenia curvata	7,2	3,5	6,2	0,7	14,8	7,3	14,2	
4 Meridion circulare	6,7	1,9	4,6	0,6	17,4	7,6	15,0	
24 Nitzschia sigmaeidea	7,4	4,2	7,1	0,4	17,2	7,9	15,2	
9 Cocconeis plac. v. euglypta	6,8	2,1	5,0	0,3	10,0	7,0	15,3	4
17 Pinnularia maior	7,0	4,5	6,8	0,5	14,9	6,6	15,6	
25 Cymatopleura solea	7,5	4,1	7,9	0,7	20,0	6,0	15,6	
14 Navicula cuspidata	7,2	3,6	6,8	0,5	21,1	8,0	16,9	
15 Navicula radiosa	6,9	2,5	5,7	0,3	10,6	6,6	17,6	
26 Cymatopleura elliptica	7,3	4,8	8,5	0,7	20,0	8,1	17,5	5
5 Ceratoneis arcus	7,2	3,5	6,9	3,3	11,3	7,5	18,0	
30 Surirella ovata	6,9	2,5	5,4	0,3	23,8	8,4	19,6	
28 Surirella angusta	7,0	3,7	7,8	0,2	14,8	7,2	19,8	6
7 Synedra ul. v. oxyrhynchus	6,4	2,6	6,4	0,8	28,5	7,8	21,2	
2 Diatoma vulg. v. linearis	7,0	4,9	15,1	10,1	63,0	7,7	22,2	7
23 Nitzschia spectabilis	7,1	3,8	9,2	2,3	48,6	7,9	23,0	
22 Nitzschia acuta	7,2	4,3	10,9	1,8	44,5	7,6	24,0	
21 Gomphonema parvulum	6,9	4,8	10,9	7,2	22,0	7,3	26,7	

Zusammenfassung von Diatomeen-Gruppenbildungen nach der Ordnung ansteigender Cl-Werte
(Tabelle 2.8)

	Abschnitt 1	2	3	4	5	6	7	
Abschnitt 1	2							= 2 Pinnularia-Arten
Abschnitt 2	1 + 1							= 2 Cymbella-Arten
Abschnitt 3		1 + 1						= 2 Surirella-Arten
Abschnitt 4			1 + 1					= 2 Cymatopleura-Arten
Abschnitt 5				1 + 1				= 2 Navicula-Arten
Abschnitt 6					2			= 2 Surirella-Arten
Abschnitt 7						2		= 2 Nitzschia-Arten

T A B E L L E 2.9

Zusammenstellung der Diatomeen-Arten, für die nach der Tabelle 2.8 nach den wasserchemischen Ergebnissen Gruppenbildungen ablesbar sind

Aus Abschnitt	Diatomeen-Arten	pH Wert	Carb. Ges. Härte DH°	Ges. Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
1	Pinnularia gentilis	7,0	1,8	3,7	0,4	10,8	8,6	6,8
	Pinnularia gibba	6,8	1,9	4,2	0,4	11,1	7,8	7,5
1 und 2	Cymbella aspera	6,7	2,1	4,1	0,2	11,6	8,1	5,9
	Cymbella min. v. silesiaca	6,7	3,1	6,2	0,2	13,4	7,0	10,2
2 und 3	Surirella linearis	6,8	1,9	5,5	0,5	14,1	8,6	10,4
	Surirella tenera	6,8	1,6	4,5	0,4	15,5	8,2	12,1
6	Surirella ovata	6,9	2,5	5,4	0,3	23,8	8,4	19,6
	Surirella angusta	7,0	3,7	7,8	0,2	14,8	7,2	19,8
4 und 5	Cymatopleura solea	7,5	4,1	7,9	0,7	20,0	6,7	15,6
	Cymatopleura elliptica	7,3	4,8	8,5	0,7	20,0	8,1	17,5
4 und 5	Navicula cuspidata	7,2	3,6	6,8	0,5	21,1	8,0	16,9
	Navicula radiosa	6,9	2,5	5,7	0,3	10,6	6,6	17,6
7	Nitzschia spectabilis	7,1	3,8	9,2	2,3	48,6	7,9	23,0
	Nitzschia acuta	7,2	4,2	10,9	1,8	44,5	7,6	24,0
7 a abweichend	Nitzschia sigmaidea	7,4	4,2	7,1	0,4	17,2	7,9	15,2

Wie in der Tabelle 2.8 für die Chloride sind in der Tabelle 2.9 auch bei den Carbonathärtungen, bei den Gesamthärtungen, bei NO₃, NH₄ und SiO₂ bei senkrechtem Vergleich der wasserchemischen Ergebnisse viele zusammenhängende Werte = Näherungswerte für 14 Diatomeen-Arten feststellbar.

Die Ergebnisse bestätigen, daß ein artenspezifisches Auftreten einiger Diatomeen-Arten vom Chlorid-Gehalt des Wassers abhängig ist.

Die geographisch bedingten Begriffe "Gewässerbereiche" konnten bei den verschiedenartigen Auswertungen der wasserchemischen Ergebnisse von der Tabelle 2.1 für die Feststellungen der Zusammenhänge mit Diatomeen-Arten in den Tabellen nicht mehr angewendet werden. Es mußten für erkennbare Zusammenhänge unterschiedliche Einteilungen in den Tabellen gewählt werden:

Verhältniszahl = Tabelle 2.2

Häufigkeitsstufen = Tabellen 2.3, 2.4, 2.5

Abschnitte = Tabellen 2.7, 2.8

* Nur diese Cl-Werte zeigen Übereinstimmungen

2.4 Vergleich der Untersuchungen zwischen den Fließgewässern Lenne und Ruhr

Aus einem Vergleich der Untersuchungsergebnisse von Lenne und Ruhr wird versucht, Aussagen zu finden, die für die Problemlösung "Beziehungen zwischen der Diatomeen-Flora und dem Wasserchemismus in Fließgewässern" Aufschluß geben.

Von der Lenne wurden 30 (Tabelle 2.7), von der Ruhr 32 Diatomeen-Arten (Tabelle 5) (Ruhr 1983) gegenübergestellt und gegeneinander ausgewertet. Da die ausgewählten Diatomeen-Arten in beiden Flüssen, bezogen auf ihr Vorkommen, nicht vollkommen identisch sind, mußten aus den zahlenmäßigen Aufstellungen beider Tabellen (Tabelle Lenne 2.7 und Ruhr 5) nur die in beiden Flüssen vorkommenden Arten ausgewählt werden.

Tabelle 2.10 zeigt auf der rechten Seite die 30 ausgewählten Diatomeen-Arten der Lenne nach ansteigenden Carbonathärte-Werten, spiegelverkehrt dazu sind die gleichen Diatomeen-Arten der Ruhruntersuchung gegenübergestellt worden. Nachfolgend aufgeführte 8 Diatomeen-Arten der Lenne entfallen:

- | | |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1. <i>Meridion circulare</i> | 5. <i>Rhoicosphenia curvata</i> |
| 2. <i>Pinnularia gibba</i> | 6. <i>Surirella angusta</i> |
| 3. <i>Ceratoneis arcus</i> | 7. <i>Cymatopleura solea</i> |
| 4. <i>Surirella linearis</i> | 8. <i>Nitzschia acula</i> |

Tabelle 2.10 zeigt deswegen nur 22 vergleichbare Diatomeen-Arten von Lenne und Ruhr, die nach steigenden Carbonathärte-Werten der Lenne geordnet sind.

Unterstreichungen bei den entsprechenden Werten (Tabelle 2.11) von Lenne und Ruhr lassen Gleichheiten oder wenig voneinander abweichende Werte = Näherungswerte erkennen.

Toleranzgrenzen für "Näherungswerte": Carbonathärte = bis 1,0 DH°
(gelten für alle weiteren Tabellen) Gesamthärte = bis 1,5 DH°
NO₃ = bis 1,5 mg/l
SiO₂ = bis 1,5 mg/l
Cl⁻ = bis 1,5 mg/l

T A B E L L E 2.10

Vergleichswerte von 22 gleichartigen Diatomeen-Arten von Lenne und Ruhr (Tab. 2.10 bereinigt
(bezogen auf ansteigende Carbonathärte-Werte der Lenne, Näherungswerte unterstrichen)

R u h r (Tabelle 5)

Cl mg	SiO ₂ mg	NO ₃ mg	Ges. Härt. °DH	Carb. Härte °DH	Diatomeen-Art	Carb. Härte °DH	Ges. Härte °DH	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg	Abschnitte
12,3	8,3	11,0	3,9	2,4	Tabellaria flocculosa	1,4	2,9	13,5	9,0	10,8	
18,0	7,9	12,0	6,3	3,9	Surirella tenera	1,6	4,5	15,5	8,2	12,1	
12,3	7,6	9,7	4,5	2,5	Fragilaria virescens	1,7	3,4	13,3	8,4	10,9	
22,5	7,9	23,1	10,7	6,8	Gyrosigma Kütz.	1,7	4,7	14,7	7,3	9,0	1
29,0	7,9	11,8	6,5	3,2	Pinnularia gentilis	1,8	3,7	10,8	8,6	6,8	
14,0	5,8	14,3	6,5	3,6	Synedra uln. v. danica	2,0	5,0	15,0	7,5	8,4	
17,5	7,8	20,0	7,6	4,6	Cocconeis pl. v. euglypta	2,1	5,0	10,0	7,0	15,3	
15,3	8,7	11,7	9,3	5,2	Frustulia vulgaris	2,1	4,7	15,3	7,7	13,2	
14,0	5,3	12,5	8,5	5,2	Cymbella aspera	2,1	4,1	11,6	8,1	5,9	
11,3	7,5	10,0	6,3	4,0	Diatoma hiem. mesodon	2,4	5,8	8,6	6,1	11,3	2
17,5	4,1	17,8	8,8	5,5	Navicula radiosha	2,5	5,7	10,6	6,6	17,6	
31,0	8,6	19,0	10,9	6,1	Surirella ovata	2,5	5,4	23,8	8,4	19,6	
2,4	7,3	21,2	7,5	4,0	Synedra ul. v. oxyrhynch.	2,6	6,4	28,5	7,8	21,0	
11,2	7,2	14,6	6,5	3,7	Stauroneis phoenicenteron	2,6	5,6	16,6	7,5	13,0	
36,0	8,2	18,0	9,5	5,5	Cymbella min. v. silesiac	3,1	6,2	13,4	7,0	10,2	
21,0	7,6	18,1	8,3	5,2	Navicula cuspidata	3,6	6,8	21,1	8,0	16,9	3
29,0	7,6	25,5	9,1	5,6	Nitzschia spectabilis	3,8	9,2	48,6	7,9	23,0	
16,3	6,6	20,0	7,9	4,7	Nitzschia sigmaidea	4,2	7,1	17,2	7,9	15,2	
18,0	5,8	17,0	7,9	5,0	Pinnularia maior	4,5	6,8	14,9	6,6	15,6	
26,0	7,2	15,6	7,7	4,8	Cymatopleura elliptica	4,8	8,5	20,0	8,1	17,5	4
65,0	8,7	49,0	12,4	6,5	Gomphonema parvulum	4,8	10,9	22,0	7,3	26,7	
13,7	7,6	17,1	6,7	4,0	Diatoma vulg. v. linearis	4,9	15,1	63,0	7,7	22,2	

Diese auf 22 Diatomeen-Arten verkürzte Vergleichstabelle 2.10 zeigt folgende Ergebnisse:

- Die Carbonathärte-Werte für die Diatomeen-Arten der Ruhr liegen anfangs um durchschnittlich 1 - 2 DH° höher gegenüber der Lenne. Bei der Diatomeen-Art Cymatopleura elliptica ist mit 4,8 DH° in beiden Flüssen Übereinstimmung vorhanden. Bei 10 Diatomeen-Arten der Ruhr sind die Carbonathärte-Werte höher als die der Lenne mit 4,9 DH°.
- Im Bereich der Gesamthärte-Werte liegen zwischen den Flüssen Lenne und Ruhr 12 Näherungswerte, die durch Unterstreichungen markiert sind.
- Näherungswerte zwischen Lenne und Ruhr sind für die wasserchemischen Parameter vorhanden bei NO₃ = 4 Werte, SiO₂ = 19 Werte und Cl = 5 Werte (durch Unterstreichungen gekennzeichnet in Tabelle 2.10).

Trotzdem die Untersuchungen - Lenne Juli/August 1977, Ruhr Juni/August 1979 - mit einer zeitlichen Differenz von 2 Jahren durchgeführt wurden, bestehen bei den Diatomeen-Arten neben vielen Näherungswerten (Tabelle 2.10) auch Übereinstimmungen von wasserchemischen Parametern (Tabelle 2.11).

T A B E L L E 2.11

* Übereinstimmungen der wasserchemischen Parameter (Mittelwerte) bei den ausgewählten 22 Diatomeen-Arten aus Lenne und Ruhr

Diatomeen-Art	für	In Lenne	In Ruhr
<i>Diatoma hemale v. mesod.</i>	Cl	11,3 mg	11,3 mg
<i>Navicula radiosa</i>	Cl	17,6 mg	17,5 mg
<i>Surirella tenera</i>	SiO ₂	8,2 mg	7,9 mg
<i>Surirella ovata</i>	SiO ₂	8,4 mg	8,6 mg
<i>Stauroneis phoenicenter.</i>	SiO ₂	7,5 mg	7,2 mg
<i>Nitzschia spectabilis</i>	SiO ₂	7,9 mg	7,6 mg
<i>Diatoma vulgaris v. line.</i>	SiO ₂	7,7 mg	7,6 mg
<i>Nitzschia spectabilis</i>	Ges.Härte	9,2 DH	9,1 DH
<i>Cymatopleura elliptica</i>	Carb.Härte	4,8 DH	4,8 DH
<i>Tabellaria flocculosa</i>	pH-Wert	7,0	6,8
<i>Pinnularia gentilis</i>	pH-Wert	7,0	7,2
<i>Nitzschia sigmoides</i>	pH-Wert	7,4	7,5
<i>Cymatopleura elliptica</i>	pH-Wert	7,3	7,5

Die gleichen, zur Auswertung herangezogenen 22 Diatomeen-Arten (Tabelle 2.10) wurden in Tabelle 2.12 in ihren Werten nach steigenden Chloridwerten geordnet. Zusammenhänge bei diesem Parameter und Diatomeen-Arten in Lenne und Ruhr sollte ermittelt werden. Durch willkürlich gezogene waagerechte Striche wurde die Tab.2.12 in 4 Abschnitte unterteilt.

Im 1. Abschnitt zeigen die 5 Diatomeen-Arten von Lenne und Ruhr keinerlei Übereinstimmungen* oder Annäherungswerte, *die Cl-Werte stehen divergent gegeneinander und sind bei der Ruhr auch nicht ansteigend (Ausnahme: Gesamthärte von Syndra ulna v. danica zeigen Näherungswerte).

Im 2. Abschnitt treten für 13 Diatomeen-Arten markante Ergebnisse hervor. Parallel zu den Chloridwerten für die Lenne steigen auch die Chloridwerte bei den gleichen Diatomeen-Arten in der Ruhr an.

Hervorzuheben sind die ermittelten Cl-Werte für die Diatoma hemale var. mesodon, die übereinstimmend sind. Gesamthärte-Werte liegen im Bereich der Toleranzen.

* Übereinstimmungen: vergl. Teil IV Tabelle 4.11 Seite 99

T A B E L L E 2.12

Cl-Vergleichstabelle zwischen Lenne und Ruhr
(nach steigenden Cl-Werten der Lenne geordnet)

R u h r				L e n n e			
Ges.	Carb.	Cl	Diatomeen-Art	Cl	Carb.	Ges.	Nr. Abschnitte
Härte	Härte	mg		Härte	Härte	DH	
DH	DH			DH	DH		
8,5	5,2	14,0	<i>Cymbella aspera</i>	5,9	2,1	4,1	1
6,5	3,2	29,0	<i>Pinnularia gentilis</i>	6,8	1,8	3,7	2
6,5	3,6	14,0	<i>Synedra ul. v. danica</i>	8,4	2,0	5,0	3
10,7	6,8	22,5	<i>Gyrosigma Kütz.</i>	9,0	1,7	4,7	4
9,5	5,5	36,0	<i>Cymbella min. v. siles.</i>	10,2	3,1	6,2	5
4,5	2,5	12,3	<i>Fragilaria virescens</i>	10,5	1,7	3,4	6
3,9	2,4	12,3	<i>Tabellaria flocculosa</i>	10,8	1,4	2,9	7
6,3	4,3	11,3	<i>Diatoma hiem. v. mesodon</i>	11,3	2,4	5,8	8
6,3	3,9	18,0	<i>Surirella tenera</i>	12,1	1,6	4,5	9
6,5	3,7	11,2	<i>Stauroneis phoenicent.</i>	13,0	2,6	5,6	10
9,3	5,2	15,3	<i>Frustulia vulgaris</i>	13,2	2,1	4,7	11
7,9	4,7	16,3	<i>Nitzschia sigmoides</i>	15,2	4,2	7,1	12
7,6	4,6	17,5	<i>Cocconeis plac. v. eugl.</i>	15,3	2,1	5,0	13
6,9	3,9	18,0	<i>Pinnularia maior</i>	15,6	4,5	6,8	14
8,3	5,2	21,0	<i>Navicula cuspidata</i>	16,9	3,6	6,8	15
8,8	5,5	17,5	<i>Navicula radiosa</i>	17,6	2,5	5,7	16
7,7	4,8	26,0	<i>Cymatopleura elliptica</i>	17,5	4,8	8,5	17
10,9	6,1	31,0	<i>Surirella ovata</i>	19,6	2,5	5,4	18
7,5	4,0	2,4	<i>Synedra ul. v. oxyrhyn.</i>	21,2	2,6	6,4	19
6,7	4,0	13,7	<i>Diatoma vulg. v. linear.</i>	22,2	4,9	15,1	20
9,1	5,6	29,0	<i>Nitzschia spectabilis</i>	23,0	3,8	9,2	21
12,4	6,5	63,0	<i>Gomphonema parvulum</i>	26,7	4,8	10,9	22

Aus Abschnitt 2, Tabelle 2.12, Übereinstimmungen unterstrichen

	R u h r	Lenne
<i>Diatoma hiem. v. mesodon</i>	Cl-Werte Gesamthärte	<u>11,3 mg</u> <u>6,3 DH</u>
		<u>11,3 mg</u> <u>5,8 DH</u>
<i>Pinnularia maior</i>	Gesamthärte Carbonathärte	<u>6,9 DH</u> <u>3,9 DH</u>
		<u>6,8 DH</u> <u>4,5 DH</u>
<i>Navicula radiosa</i>	Cl-Werte	<u>17,5 mg</u>
		<u>17,6 mg</u>
<i>Cymatopleura elliptica</i>	Carbonathärte Gesamthärte	<u>4,8 DH</u> <u>7,7 DH</u>
		<u>4,8 DH</u> <u>8,5 DH</u>

Da diese 4 Diatomeen-Arten in 2 verschiedenen Fließgewässern - Lenne und Ruhr - des Großbiotops Sauerland in einem zeitlichen Abstand von 2 Jahren in Proben gefunden wurden und fast gleiche wasserchemische Werte festzustellen sind, können die gefundenen Werte als typisch für den Lebensbereich dieser Diatomeen-Arten angesehen werden.

Auffallend ist in Abschnitt 2 auch die Aufeinanderfolge der systematisch eng verwandten Diatomeen-Arten *Navicula cuspidata* Cl = 16,9 mg und *Navicula radiosa* Cl = 17,6 mg in der Lenne.

Im Abschnitt 4 der Tabelle 2.12 fallen die beiden Diatomeen-Arten Nitzschia spectabilis und Gomphonema parvulum sowohl in der Lenne als auch in der Ruhr mit höheren Chloridwerten auf. Weiterhin weichen die Gesamthärte-Werte der beiden Diatomeen-Arten wenig oder nur innerhalb der Toleranz voneinander ab.

	Ruhr	Lenne
Chloridwerte: Nitzsch. spectab.	29,0	23,0
Gomph. parv.	63,0	26,7
Gesamthärte : Gomph. parv.	12,4	10,9
Nitzsch. spect.	9,1	9,2

Es ist festzustellen, daß bei den zwei verschiedenen Flüßläufen Lenne und Ruhr Näherungen bzw. Übereinstimmungen von wasserchemischen Analysenwerten nach einer Mittelwertberechnung für einige Diatomeen-Arten zu erkennen sind, obwohl Lenne und Ruhr auf ihren Gewässerstrecken längenmäßig und ihrer Wassermenge nach unterschiedlich sind.

2.5 Zusammenfassung

1. Vom Sauerland wurde in dieser Arbeit die Lenne mit ihrem Gesamtfließgewässergebiet von ca. 385 km von der Quelle beim Kahlen Asten bis zur Einmündung in den Hengstey-See einschließlich der Nebenzuflüsse wasserchemisch sowie biologisch auf Diatomeen-Arten untersucht.
2. Quellen, Bäche und Flüsse werden mehr oder minder stark belastet durch Zuflüsse, die von Wohnsiedlungen kleinerer und größerer Art, landwirtschaftlichen Betrieben und industriellen Anlagen herrühren und oftmals die wasserchemischen Analysenwerte erheblich verändern.
3. Bei den Untersuchungen von 62 Wasser- und biologischen Proben wurden 187 Diatomeen-Arten, in verschieden großer Häufigkeit auftretend, festgestellt. Artenzahl und Häufigkeiten nehmen lenneabwärts zu. Neben euryöken Diatomeen-Arten wurden auch solche mit einer spezifischen Einstellung zu dem jeweils festgestellten Wasserchemismus gefunden.
4. 30 Diatomeen-Arten wurden für eine abschließende Auswertung herangezogen. Eine Mittelwertberechnung war die Grundlage, um zu einer Aussage der Einzeluntersuchungsergebnisse zu kommen. Das Artenvorkommen von Diatomeen in Fließgewässern wird von verschiedenen Faktoren des Wasserchemismus beeinflußt, wobei die Carbonathärte, die Gesamthärte und die Chloride von Bedeutung sind.

Die Säulendiagramme, in denen 30 ausgewählte Diatomeen-Arten nach ansteigenden Carbonathärte-Werten geordnet sind (Tabelle 2.7 von 1,4 DH - 4,9 DH) geben auch eine Aussage über die ansteigenden Gesamthärte-Werte, die eine gewisse Abhängigkeit von den Carbonathärte-Werten zeigen. Die wasserchemischen Werte für NH_4^+ und SiO_4^{2-} sind relativ konstant, wohingegen die Analysenwerte für NO_3^- und Cl^- großen Schwankungen unterliegen und die Diatomeenpopulationen beeinflussen.

5. 22 Diatomeen-Arten von Lenne und Ruhr wurden verglichen, um Beziehungen und Abhängigkeiten von wasserchemischen Parametern zu ermitteln, die für das Auftreten und die Häufigkeit von Diatomeen-Arten von Bedeutung sind. Es wurden dabei typische Werte für den Lebensbereich bestimmter Diatomeen-Arten ermittelt (Tabelle 2.12).

Diatomeen-Art	wasserchemischer Parameter	Ruhr	Lenne
Diatoma hiemale v. mesodon	Cl-Werte Gesamthärte	11,3 mg ^o 6,3 DH ^o	11,3 mg ^o 5,8 DH ^o
Pinnularia maior	Gesamthärte Carbonathärte	6,9 DH ^o 3,9 DH ^o	6,8 DH ^o 4,5 DH ^o
Navicula radiosa	Cl-Werte	17,5 mg	17,6 mg
Cymatopleura elliptica	Carbonathärte Gesamthärte	4,8 DH ^o 7,7 DH ^o	4,8 DH ^o 8,5 DH ^o

6. T A B E L L E 2.13

Gruppenbildungen von Diatomeen-Arten aus Ruhr und Lenne nach Toleranzwerten und einigen Übereinstimmungen in bezug auf wasserchemische Parameter (Mittelwerte)

Diatomeen-Art	pH Wert	Carb. Härte DH ^o	Ges. Härte DH ^o	NH ₄ mg DH ^o	NO ₃ mg DH ^o	SiO ₂ mg	Cl mg
Surirella tenera	6,8	1,6	4,5	0,4	15,5	8,2	12,1
Surirella linearis	6,8	1,9	5,5	0,5	14,1	8,6	10,4
Surirella ovata	6,9	2,5	5,4	0,3	23,8	8,4	19,6
Pinnularia gentilis	7,0	1,8	3,7	0,4	10,8	8,6	6,8
Pinnularia gibba	6,8	1,9	4,2	0,4	11,1	7,8	7,5
Synedra ulna var. danica	6,9	2,0	5,0	0,5	15,0	7,5	8,4
Synedra ul. var. oxyrhynchus	6,4	2,6	6,4	0,8	28,5	7,8	21,0
Cymatopleura solea	7,5	4,1	7,9	0,7	20,0	6,7	15,6
Cymatopleura elliptica	7,3	4,8	8,5	0,7	20,0	8,1	17,5
Navicula radiosa	6,9	2,5	5,7	0,3	10,6	6,6	17,6
Navicula cuspidata	7,0	3,6	6,8	0,5	21,1	8,0	16,9
Nitzschia spectabilis	7,1	3,8	9,2	2,3	48,6	7,9	23,0
Nitzschia acuta	7,2	4,3	10,9	1,8	44,5	7,6	24,0

7. Einzelne wasserchemische Parameter von 13 erfaßten Diatomeen-Arten wurden für die Lenne in Rechtecke als Gruppen zusammengefaßt (Tabelle 2.13). Es ist erkennbar, daß einige wasserchemische Analysenwerte bei den Diatomeen-Arten (Gruppen) übereinstimmen oder innerhalb der Toleranzgrenzen liegen. Andere Werte sind zusammenhanglos. Weiterhin läßt sich - bei den Surirellen z. B. als 3er-Gruppe - erkennen, daß niedrige Carbonathärtungen, mittelhohe Gesamthärtungen, NO₃ und SiO₂ in höherer Konzentration und Cl in schwacher Konzentration vorhanden sind, dagegen sind bei den Nitzschien hohe Carbonathärtungen, höhere NH₄-Konzentrationen, sehr hohe NO₃- und sehr hohe Cl-Konzentrationen gruppenbildend.

3. Die Volme

- 3.0 Einleitung: Zielsetzung
- 3.1 Methoden
 - 3.1.1 Allgemeines
 - 3.1.2 Probeentnahme
 - 3.1.3 Entnahmemarkierungen auf der Fließgewässerkarte
- 3.2 Wasserchemische Untersuchungen
 - 3.2.1 Allgemeines
 - 3.2.2 Ergebnisse
 - 3.2.3 Diskussion
- 3.3 Biologische Bestandsaufnahme
 - 3.3.1 Allgemeines
 - 3.3.2 Artenspektrum der beobachteten Diatomeen
 - 3.3.3 Bewertung
 - 3.3.4 Diskussion
- 3.4 Vergleiche der Untersuchungen zwischen Volme und Lenne
- 3.5 Zusammenfassung

3.0 Einleitung: Zielsetzung

Die Volme ist das 3. untersuchte Fließgewässer des Sauerlandes, das in den Hengstey-See mündet und sich dort mit Ruhr und Lenne vereinigt. Alle 3 Fließgewässer fließen hinter dem Stauwehr des Hengstey-Sees als Ruhr durch die Stadt Herdecke/Ruhr. Unterhalb dieser Stadt wird die Ruhr wiederum gestaut in dem Harkortsee bis Wetter/Ruhr. Die Ruhr mündet dann, von Südosten her das Ruhrgebiet durchfließend, in den Rhein.

Die Problemstellung ist bei der Volme anders als bei der Ruhr und der Lenne.

Beim Wasserchemismus: - Besteht durch stärkere Besiedlung und Kleinindustrie bereits im Oberlauf der Volme eine Beeinflussung?
- Funktioniert die biologische Selbstreinigung?

Diatomeen-Flora: - In welcher Weise reagiert die Diatomeenpopulation in der Volme auf veränderte Umweltverhältnisse?
(GEWÄSSERGÜTE-KARTE 1985 Teil 4.5)

3.1 Methoden

3.1.1 Allgemeines

Die Volme entspringt im Süden des Sauerlandes bei Meinerzhagen. Die Quelle - 450 m über NN - (in Stein gefaßt, vergleiche Zeichnung - Abbildung 3.1) ist stärker als die Quellen der Ruhr und der Lenne. Mit einer Länge von 49,45 km ist die Volme der kürzeste Fluß des Sauerlandes und kommt - einschließlich der großen zufließenden Ennepe - mit allen, ziemlich kurzen Zuläufen auf eine Gesamtlänge von ca. 150 km und hat bis zur Mündung in den Hengstey-See ein Gefälle von 340 m.

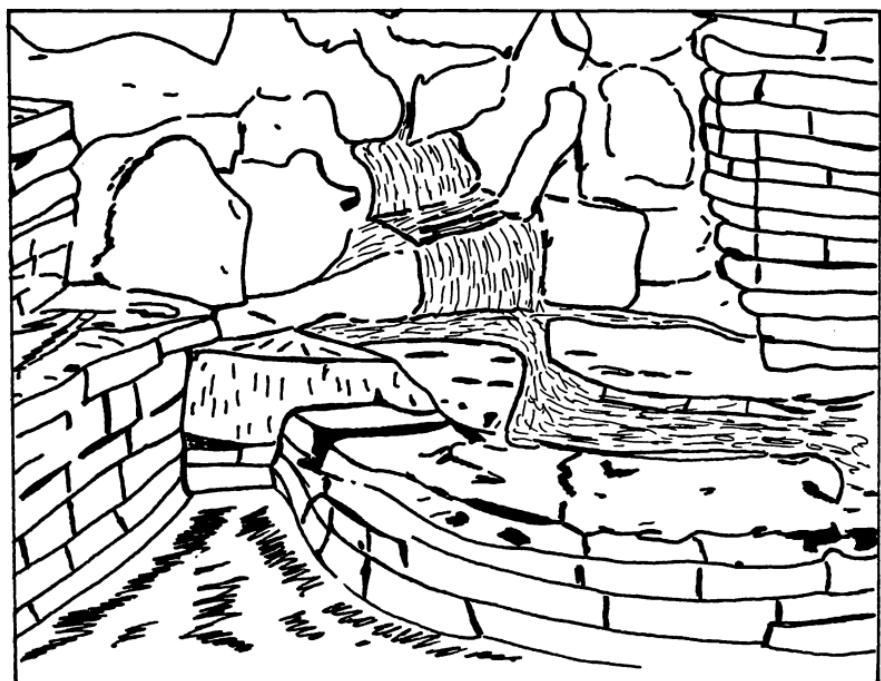


Abb. 3.1: Volme – Quelle

3.1.2 Probeentnahme

An 45 Stellen in der Volme und in zufließenden Bächen wurden Proben entnommen, die wasserchemisch analysiert und auf Diatomeen untersucht wurden (vergleiche Gewässerkarte mit eingezahlten Probeentnahmestellen, Abbildung 3. 2).

3.1.3 Entnahmemarkierungen auf der Fließgewässerkarte

In diesem Ausschnitt der Gewässerkarte (Abbildung 3. 2) des Landes Nordrhein-Westfalen (Originalmaßstab 1:200 000, Landesanstalt für Wasser und Abfall Düsseldorf 1974) wurden die Entnahmestellen mit schwarzen Punkten markiert.

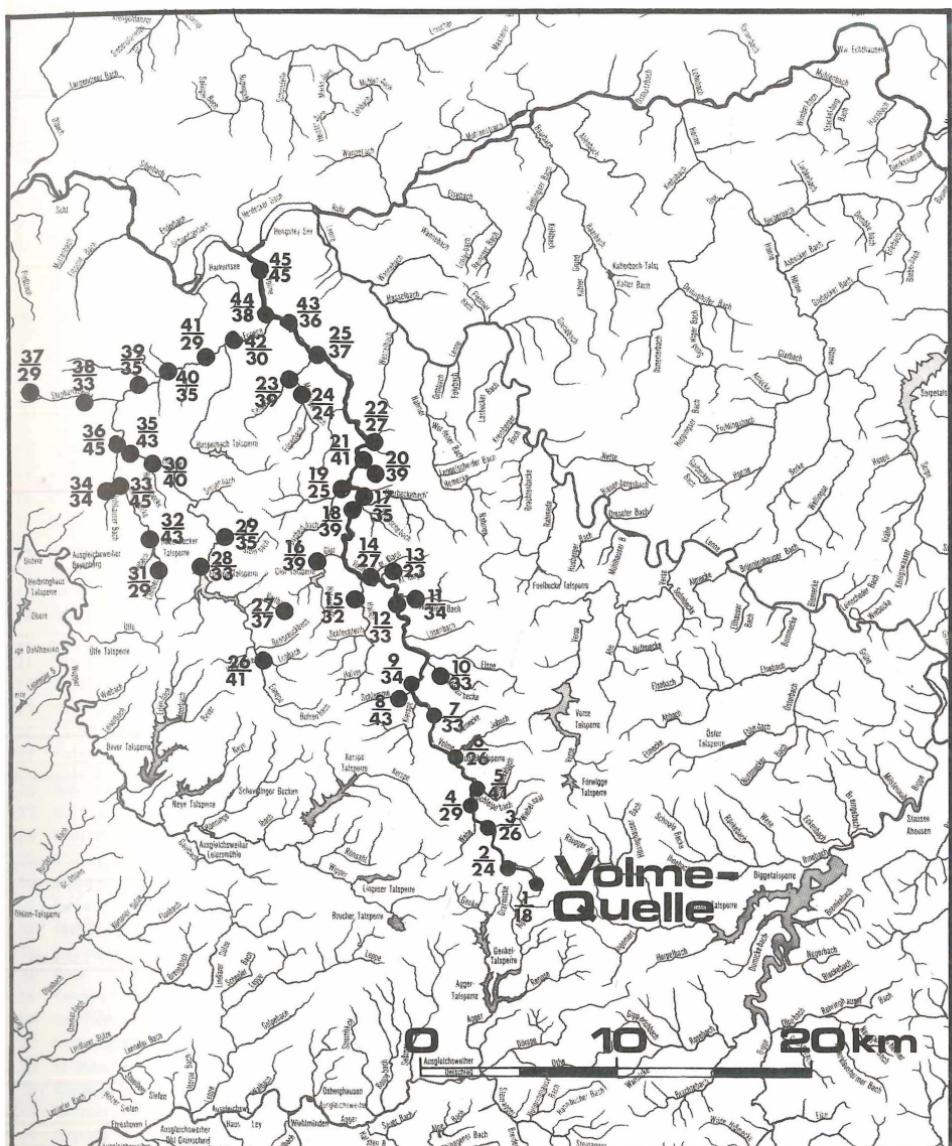


Abb. 3.2: Fließgewässerkarte der Volme mit den Entnahmepunkten. Legende: wie Abb. 2.1

Die obere Zahl neben den Punkten ist die Probennummer, die untere bezeichnet die in der Probe gefundenen Diatomeen-Arten (Nr. 1 = Volme-Quelle, Nr. 45 = letzte Entnahmestelle in der Volme vor Einfluß in den Hengstey-See). Die untersuchten Proben wurden volmeabwärts tabellarisch (Tabelle 3.1) geordnet und in 3 Abschnitte aufgegliedert:

Abschnitt 1 = von Volmequelle bis südlicher Stadtrand Hagen
(Proben-Nr. 1 - 25)

Abschnitt 2 = von Ennepequelle bis Stadtrand Hagen
(Proben-Nr. 26 - 42)

Abschnitt 3 = Zusammenfluß von Volme und Ennepe in Hagen bis zur Einmündung in den Hengstey-See
(Proben-Nr. 43 - 45)

Von einer Untersuchung der im Volme- und Ennepefluß gelegenen Staubecken wurde vorläufig Abstand genommen.

In der Tab. 3.1 sind neben der Nr. und Beschreibung der Entnahmestelle die gefundenen Diatomeen-Arten zahlenmäßig vermerkt worden, dann folgen die Zeichen für die Art der Entnahmestelle:

- + = Quell- oder Quell-/Bachgebiet
- * = Bachgebiet
- = = Bach-/Flußgebiet
- // = Flußgebiet

Dahinter stehen die wasserchemischen Analysenwerte. Höhere Zahlenwerte, die auf eine Belastung hinweisen könnten, sind unterstrichen.

3.2 Wasserchemische Untersuchungen

3.2.1 Allgemeines

Die Untersuchungen an der Volme fanden von Mitte Juli bis Ende August 1981 statt, während einer guten und konstanten Wetterperiode. Die colorimetrischen Wasseruntersuchungen (pH-Wert, Carbonathärte, Gesamthärte, NH_4^+ , NO_3^- , SiO_2 , P_2O_5 und Cl^-) wurden nach den Methoden und mit den Geräten der Firma Gebrüder HEYL KG "Gesellschaft für Analysentechnik Hildesheim" durchgeführt (KLUT-OLSZEWSKI 1945, CZENSY R. 1960).

Unterstreichungen bei den Analysenwerten markieren Abweichungen:

Niedrige Werte

Carb.-Härte 1,0 DH° und weniger
Ges.-Härte 3,0 DH° und weniger

Hohe Werte

Carb.-Härte 8,0 DH° und mehr
Ges.-Härte 9,0 DH° und mehr
 NH_4^+ 2 mg und mehr
 NO_3^- 15 mg und mehr
 SiO_2 10 mg und mehr
 P_2O_5 2 mg und mehr
 Cl^- 15 mg und mehr

T A B E L L E 3.1

Aufstellung der aus der Volme entnommenen Proben und ihre wasserchemischen Analysenwerte

Pr. Entnahmestelle Nr.	Diat. Art. je Pr.	+* = //	pH DH ^O	Carb. Härt. DH ^O	Ges. Härt. mg	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	P ₂ O ₅ mg	Cl mg	Gewässer- bereich
1 Volme Quelle (Vergl. Bild 3.1.1)	18	+	6,8	3,3	6,6	1,0	5,0	3,0	0,0	5,0	
2 Volme Meinerzhg. unter Fabrik	24	*	7,1	3,3	5,8	0,0	7,0	7,0	0,0	50,0	
3 Brücke üb. Volme Schleifkotten	26	*	7,4	4,5	7,5	22,0	30,0	0,8	1,5	80,0	
4 Bach Wiebelsaat v. Volme	29	*	7,0	1,0	3,3	0,1	6,0	2,0	0,0	25,0	
5 Bach Schleipe v. Volme	41	*	7,0	1,0	3,6	0,0	4,0	2,0	0,0	20,0	
6 Jubach Brücke v. Volme	26	*	6,9	1,1	3,5	0,1	2,0	2,5	0,0	8,0	
7 Bach Bollwerk v. Volme	33	*	6,7	1,7	2,5	1,5	4,5	1,5	0,1	7,0	
8 Bach Kierspe b. Lohenhammer	43	*	7,3	2,0	3,5	0,0	6,0	1,5	0,0	9,0	
9 Bach Schlemme v. Volme	34	*	7,5	3,7	5,8	0,0	3,0	1,0	0,0	7,0	
10 Bach Brücke üb. Mintebbecke	33	*	7,8	4,0	6,5	0,0	3,5	2,0	0,0	9,0	1
11 Bach Linnepe b. Mühle	34	*	7,4	2,3	6,3	0,0	4,5	8,0	0,0	20,0	
12 Volme v. Zufl. Linnepe	33	*	7,4	4,0	6,8	3,0	18,0	7,5	1,0	35,0	
13 Kl. Klagebach v. Einl. Volme	23	*	6,9	1,5	5,0	0,0	10,0	2,0	kW	8,0	
14 Gr. Klagebach v. Einl. Volme	27	*	7,3	2,3	4,5	0,0	40,0	6,0	0,0	20,0	
15 Bach Halver b. Herbecke	32	*	7,8	5,5	7,2	0,0	18,0	1,5	1,0	18,0	
16 Bach Glör unterh. Talsp.	39	*	6,9	1,0	3,3	0,0	35,0	0,5	0,5	20,0	
17 Bach Starbecke v. Volme-Diesel	35	*	7,3	1,6	4,3	0,0	18,0	2,0	1,0	25,0	
18 Volme b. Rummehohl	39	*	7,9	3,3	5,5	0,1	35,0	1,0	1,0	25,0	
19 Epscheider Bach oberh. Priorei	25	*	7,3	2,3	5,6	0,0	40,0	4,5	0,3	30,0	
20 Bachzufl. in Priorei	39	*	7,4	2,5	6,5	0,1	35,0	1,5	0,3	30,0	
21 Volme unterh. Priorei Brücke	41	*	7,4	2,5	6,5	0,1	18,0	2,0	0,3	30,0	
22 Asbecke oberh. Dahl v. Kanalis.	27	*	7,2	2,5	7,2	0,0	18,0	9,0	0,0	50,0	
23 1. Mäckingheimer Bach v. Eilpe	29	*	7,5	2,5	6,3	0,0	35,0	8,0	0,0	20,0	
24 2. Mäckingheimer Bach v. Eilpe	24	*	7,4	1,8	5,5	0,0	18,0	2,0	0,3	15,0	
25 Volme, Brücke v. Eilpe	37	=	7,6	3,5	6,3	0,1	35,0	4,0	0,0	28,0	
26 Bach Ennepe b. Buschhausen	41	*	7,3	2,5	5,5	0,0	20,0	4,0	0,1	20,0	
27 Vortbach b. Vormbaum	37	+	6,8	1,5	4,0	0,0	3,0	20,0	0,8	30,0	
28 Ennepe unterh. Talsperre	33	*	7,2	1,4	4,0	0,0	20,0	2,0	0,1	10,0	
29 Steinbach vor Sägem. im Holle	35	*	7,3	1,7	4,8	0,0	25,0	3,0	0,3	10,0	
30 Ennepe vor Altenvoerde	40	*	7,4	1,4	4,5	0,0	25,0	2,0	0,3	20,0	
31 Heilenbecke, Zulauf z. Talsperre	29	+	7,3	1,5	4,5	0,0	40,0	2,0	0,0	15,0	
32 Abfl. unterh. Heilenbecker Talsp.	43	*	7,4	1,5	4,0	0,0	15,0	1,0	0,3	10,0	
33 Heilenb. v. Zufl. Holth. Hammer	45	*	7,6	1,8	4,8	0,0	400,0	4,0	0,3	15,0	
34 Bach Holthauser Hammer	34	*	7,0	1,4	5,0	0,2	30,0	4,0	0,3	25,0	2
35 Ennepe v. Zufl. Heilenb. Milspe	43	*	7,3	1,8	5,0	0,5	40,0	4,0	0,3	20,0	
36 Heilenb. vo. Einfl. Ennepe Milspe	45	*	7,6	2,5	6,0	0,0	300,0	4,5	0,8	50,0	
37 Krähenbecker Bach b. Frielinghaus	29	*	7,3	6,5	9,5	20,0	30,0	0,3	7,0	70,0	
38 Krähenbecker Bach v. Tunnel	33	*	7,3	6,2	9,5	10,0	40,0	0,3	8,0	70,0	
39 Ennepe untern. Gevelsberg Hs. Roch	35	=	7,4	3,0	6,0	8,0	35,0	1,0	1,0	40,0	
40 Ennepe, Brücke Westerbauer	35	=	7,4	3,5	6,0	2,3	40,0	0,2	4,0	40,0	
41 Ennepe Westerbauer-Hagen Brücke	29	=	7,4	4,0	6,3	2,7	40,0	2,0	4,0	50,0	
42 Ennepe, Brücke Wehringhs.-Hagen	30	=	7,4	3,0	6,5	0,3	50,0	10,0	2,0	60,0	
43 Volme, Hagen Brücke b. Horten	36	//	7,8	3,5	8,5	0,1	30,0	0,5	0,5	50,0	
44 Volme u. Ennepe, Eisenbahnbr. Hag.	38	//	7,6	3,5	7,5	0,1	30,0	2,0	1,0	60,0	3
45 Volme v. Einlauf Hengstey-See	45	//	7,5	3,5	7,0	0,5	50,0	2,0	1,0	60,0	

Abkürzungen: k.W. = keine Werte
 v. Zufl. = vor Zufluß

Zufl. = Zulauf
 v. Einl. = vor Einlauf

3.2.2 Ergebnisse

In der Volme, dem 3. Fließgewässer des Sauerlandes, wurden die Abwasserbelastungen der Volme mituntersucht und Ihre Einflüsse auf die Diatomeen-Arten festgestellt. In einem Fließgewässer sind die wasserchemischen Untersuchungen immer nur Momentaufnahmen gegenüber den Verhältnissen in stehenden Gewässern, in denen das Wasser längere Zeit verbleibt.

Fließgewässer dagegen unterliegen dauernden Schwankungen in der Wasserführung und Beeinflussungen verschiedenster Art, auch durch Abwasser. Als Abwasser wird in dieser Arbeit pauschal jegliche anthropogene Zuleitung mit erhöhter Stoffkonzentration in die natürlichen Vorfluter bezeichnet. Eine Abwasserwelle ist in einem Fließgewässer chemisch schwer zu erfassen, der Schadstoff ist in kurzer Zeit kilometerweit talwärts geflossen und auch durch zulaufende Bäche verdünnt worden. Eine biologische Analyse kann jedoch auch nach längerer Zeit noch Anhaltspunkte geben, nicht für den Schadstoff, wohl aber für die Schadenstelle, weil das biologische Gleichgewicht gestört und verändert ist. Oberhalb der Schadenstelle sind Lebewesen (Wassertiere und im Wasser lebende Pflanzen) nach Menge und Arten des Gewässers ungeschädigt vorhanden. An der Schadenstelle selbst kann alles vernichtet sein, aber unterhalb - abhängig von dem Schadensumfang - Überlebten oder entwickeln sich wieder Lebewesen.

Die Fließgewässer des Sauerlandes wie auch eingeschaltete Talsperren dienen in vielen Bereichen der Trinkwasserversorgung. Wenn nun wechselnde oder wellenartige Abwasserbelastungen schon in den Bächen vorkommen, geraten diese auch in die Trinkwasserversorgung, die trotz dauernder und genauer Kontrolle bei zunehmender Belastung gefährdet werden könnte. Die vorliegenden wasserchemischen Untersuchungen zeigen bereits im Oberlauf der Volme Belastungen an, die zu Bedenken und zu genauen Beobachtungen Veranlassung geben.

3.2.3 Diskussion

Während in den Oberläufen der Ruhr und der Lenne noch längere Reinwasserzonen vorhanden sind - vom gelegentlichen Anschwellen der Nitrate (landwirtschaftlicher Düngereinfluß) abgesehen - tritt in der Volme unmittelbar unterhalb der Quelle schon eine durch NH_4^+ , NO_3^- und Cl^- belastete Zone auf. Aus diesen Beobachtungen folgt, daß nicht nur in den Flüssen und Strömen laufende Abwasserkontrollen und Untersuchungen stattfinden sollten, sondern diese Kontrollen schon in den Quell- und Bachgebieten durchgeführt werden müßten. Wie weit sich talwärts Belastungen in den untersuchten sauerländischen Fließgewässern der Ruhr, Lenne und Volme auswirken, ist aus den gleichzeitig aufgestellten Tabellen 1, 2.1 und 3.1 der 3 Flüsse abzulesen.

In der Volme sind besonders die bereits im Quellgebiet auftretenden konstant hohen Nitrat-Werte und die gleichzeitig hohen Belastungen mit Chloriden auffällig. In der Ennepe wurden in den Proben Nr. 33 und 36 Nitratwerte von 300,0 - 400,0 mg festgestellt (das sind keine landwirtschaftlichen Düngerbeeinflussungen mehr), dazu kommen die ständig hohen und bis zur Einmündung in den Hengstey-See ansteigenden Cl-Werte (vergleichbare Zonen gibt es auch in Ruhr und Lenne). Im Süßwasser werden Chloride biologisch kaum abgebaut. Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen folgt, daß sich biologisch schwer abbaubare Belastungen bis in die Flußunterläufe erhalten und in ihrer Wirkung sich evtl. sogar addieren können.

Die pH-Werte im Gesamtverlauf der Volme und Ennepe schwanken leicht um den Neutralpunkt 7,0, die Carbonatwerte sind bis auf die Proben 15 = 5,5 DH^o, 37 = 6,5 DH^o und 38 = 6,2 DH^o relativ niedrig. Ebenso weisen die Gesamthärte-Werte keine beachtenswerten Schwankungen auf bis auf die Proben 37 und 38, deren Gesamthärte mit 9,5 DH^o erheblich über denjenigen der anderen Proben liegt.

3.3 Biologische Bestandsaufnahme

3.3.1 Allgemeines

Vergleiche hierzu die Ausführungen von Teil 2 "Die Lenne" (Kapitel 2.3.1).

3.3.2 Artenspektrum der beobachteten Diatomeen

Ganz allgemein ist der Artenreichtum der Diatomeenflora in der Volme größer als jener in Ruhr und Lenne. Die Artenzahl nimmt talwärts nicht zu. Bei den biologischen Untersuchungen konnten in den 45 Proben 196 Diatomeen-Arten festgestellt werden, die in der Tab. 3.2 nach der Systematik HUSTEDT's geordnet wurden (Spalte 1). Die zweite Spalte der Tab. 3.2 gibt wiederum die Zahl der Proben an, in denen die erwähnte Diatomeen-Art gefunden worden ist. In der dritten Spalte sind die Zahlen der Proben mit den betreffenden Diatomeen-Arten nach Häufigkeitsstufen von 1 - 5 aufgegliedert worden (vergl. Lenne).

Häufigkeitsstufen: 1. = selten
2. = nicht selten
3. = häufig
4. = sehr häufig
5. massenhaft

T A B E L L E 3.2

Diatomeen - Arten der V o l m e

(zwischen Quellgebiet und Hengstey-See)

Diatomeen-Art Systematische Ordnung nach HUSTEDT 1950	Gef. in Anz. Prob.	Häufigkeitsstufen 1 2 3 4 5	++ ausgewertet zur Mittelwert- berechnung	Foto
<i>Melosira granulata</i>	2	1 1 - - -		
<i>Melosira islandica</i>	15	7 5 1 1 1		0
<i>Melosira italica</i>	40	5 16 7 10 2	++	
<i>Melosira fennoscandica</i> n. sp.	1	1 - - - -		
<i>Stephanodiscus astraea</i>	1	1 - - - -		
<i>Actinopychus undulatus</i>	1	1 - - - -		
<i>Coscinodiscus antiquus</i>	2	1 1 - - -		
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	1	1 - - - -		0
<i>Tabellaria fenestrata</i>	4	4 - - - -		0
<i>Tabellaria flocculosa</i>	9	8 1 - - -	++	0
<i>Diatoma vulgare</i>	3	2 1 - - -		0
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>ovalis</i>	1	1 - - - -		
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>brevis</i>	1	1 - - - -		
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>producta</i>	2	2 - - - -		0
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>capitulata</i>	5	5 - - - -		
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>linearis</i>	2	2 - - - -		0
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>grandis</i>	5	5 - - - -		0
<i>Diatoma elongatum</i>	8	4 2 - 2 -		
<i>Diatoma hiemale</i>	1	1 - - - -		0
<i>Diatoma hiemale</i> v. <i>mesodon</i>	4	3 1 - - -	++	0
<i>Meridion circulare</i>	38	20 13 5 - -	++	0
<i>Opephora martyi</i>	6	4 2 - - -		
<i>Ceratoneis arcus</i> v. <i>amphioxys</i>	2	2 - - - -		0
<i>Fragilaria crotontensis</i>	7	4 2 1 - -		0
<i>Fragilaria capucina</i>	2	1 1 - - -		0
<i>Fragilaria capucina</i> v. <i>lanceolata</i>	1	1 - - - -		
<i>Fragilaria intermedia</i>	1	1 - - - -		
<i>Fragilaria gracillima</i>	1	1 - - - -		
<i>Fragilaria construens</i>	25	14 10 1 - -		
<i>Fragilaria virescens</i>	28	18 10 - - -		0
<i>Fragilaria virescens</i> v. <i>elliptica</i>	2	2 - - - -	++	
<i>Fragilaria brevistriata</i>	1	1 - - - -		
<i>Asterionella formosa</i>	2	2 - - - -		
<i>Asterionella gracillima</i>	17	5 6 3 3 -	++	
<i>Synedra ulna</i>	42	1 8 14 15 4		0
<i>Synedra ulna</i> v. <i>oxyrhynchus</i>	40	3 17 10 8 2	++	0
<i>Synedra ulna</i> v. <i>impressa</i>	5	3 2 - - -		0
<i>Synedra ulna</i> v. <i>biceps</i>	20	7 9 3 1 -		
<i>Synedra ulna</i> v. <i>amphirhynchus</i>	29	8 11 10 - -		
<i>Synedra ulna</i> v. <i>danica</i>	1	1 - - - -		0
<i>Synedra capitata</i>	1	1 - - - -		
<i>Synedra acus</i>	23	10 11 1 1 -	++	0
<i>Synedra acus</i> v. <i>radicans</i>	11	4 4 1 1 1		
<i>Synedra acus</i> v. <i>angustissima</i>	1	1 - - - -		
<i>Synedra rumpens</i>	18	6 9 2 1 -		
<i>Synedra rumpens</i> v. <i>fragilaroides</i>	2	1 1 - - -		
<i>Synedra minuscula</i>	1	1 - - - -		
<i>Synedra nana</i>	1	- 1 - - -		

Fortsetzung Tabelle 3.2

Diatomeen-Art Systematische Ordnung nach HUSTEDT 1930	Gef. in Anz. Prob.	Häufigkeitsstufen 1 2 3 4 5	++ ausgewertet zur Mittelwert- berechnung	Foto
<i>Synedra affinis v. fasciculata</i>	7	5 2 - - -		
<i>Synedra tubulata</i>	1,	1 - - - -		
<i>Synedra pulchella v. minuta</i>	1	1 - - - -		
<i>Eunotia robusta v. tetraodon</i>	1	1 - - - -		
<i>Eunotia praerupta</i>	1	1 - - - -		0
<i>Eunotia praerupta v. inflata</i>	3	2 1 - - -		
<i>Eunotia arcus</i>	3	3 - - - -		
<i>Eunotia tenella</i>	4	4 - - - -		
<i>Eunotia exigua</i>	2	2 - - - -		
<i>Eunotia exigua v. bidens</i>	1	1 - - - -		0
<i>Eunotia valida</i>	3	3 - - - -		
<i>Eunotia kocheliensis</i>	3	3 - - - -		
<i>Eunotia veneris</i>	1	1 - - - -		
<i>Eunotia faba</i>	1	1 - - - -		
<i>Eunotia lunaris</i>	8	7 1 - - -		0
<i>Eunotia monodon v. maior fo. bidens</i>	1	1 - - - -		
<i>Cocconeis pediculus</i>	39	14 13 10 2 -	++	0
<i>Cocconeis placentula</i>	24	14 9 - 1 -		0
<i>Cocconeis placentula v. euglypta</i>	24	6 13 3 1 1	++	0
<i>Cocconeis disculus</i>	2	2 - - - -		
<i>Cocconeis scutellum</i>	2	2 - - - -		
<i>Achnanthes lanceolata</i>	42	10 20 7 5 -		0
<i>Achnanthes fragilaroides</i>	1	1 - - - -		
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	12	10 2 - - -		0
<i>Amphipleura pellucida</i>	3	2 - - - 1		0
<i>Frustulia rhomboides</i>	18	13 4 1 - -	++	0
<i>Frustulia vulgaris v. capitata</i>	5	5 - - - -		0
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	18	12 5 - 1 -	++	0
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	9	6 2 - 1 -		0
<i>Gyrosigma kützingii</i>	13	7 6 - - -	++	0
<i>Caloneis amphibiaena</i>	2	2 - - - -		0
<i>Caloneis silicula</i>	10	10 - - - -		0
<i>Neidium affine</i>	2	2 - - - -		0
<i>Neidium affine v. amphigomphus</i>	2	2 - - - -		
<i>Neidium iridis</i>	7	7 - - - -		0
<i>Neidium kozlowi</i>	1	1 - - - -		
<i>Diploneis ovalis</i>	3	3 - - - -		
<i>Diploneis elliptica</i>	1	1 - - - -		
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	33	11 14 8 - -	++	0
<i>Stauroneis anceps</i>	21	14 6 1 - -		
<i>Stauroneis anceps fo. gracilis</i>	1	1 - - - -		
<i>Stauroneis anceps fo. linearis</i>	3	2 1 - - -		
<i>Stauroneis acuta</i>	2	1 1 - - -		0
<i>Navicula cuspidata</i>	21	12 6 3 - -	++	
<i>Navicula cuspidata v. ambigua</i>	6	4 2 - - -		
<i>Navicula cuspidata v. heribaudii</i>	1	1 - - - -		
<i>Navicula halophila</i>	1	- 1 - - -		
<i>Navicula mutica v. ventricosa</i>	1	- 1 - - -		
<i>Navicula cryptocephala</i>	25	12 13 - - -		
<i>Navicula rhynchocephala</i>	31	16 13 - 2 -		
<i>Navicula simplex</i>	2	- 1 1 - -		
<i>Navicula viridula</i>	41	5 12 8 14 2		
<i>Navicula hungarica</i>	2	1 1 - - -		
<i>Navicula hungarica v. capitata</i>	2	2 - - - -		0

Fortsetzung Tabelle 3.2

Diatomeen-Art Systematische Ordnung nach HUSTEDT 1930	Gef. in Anz. Prob.	Häufigkeitsstufen 1 2 3 4 5	++ ausgewertet zur Mittelwert- berechnung	Foto
<i>Navicula radios</i>	36	9 22 4 1 -	++	0
<i>Navicula similis</i>	1	1 - - - -		
<i>Navicula exigua</i>	3	2 1 - - -		
<i>Navicula tuscula</i>	1	1 - - - -		
<i>Pinnularia molaris</i>	3	3 - - - -		
<i>Pinnularia interrupta</i>	1	- 1 - - -		0
<i>Pinnularia mesolepta</i>	5	5 - - - -		
<i>Pinnularia polygonica</i>	3	3 - - - -		0
<i>Pinnularia braunii v. amphicephala</i>	1	- 1 - - -		
<i>Pinnularia microstauron</i>	3	3 - - - -		0
<i>Pinnularia legumen</i>	2	2 - - - -		0
<i>Pinnularia lata</i>	1	1 - - - -		0
<i>Pinnularia borealis</i>	3	3 - - - -	++	0
<i>Pinnularia borealis v. brevicostata</i>	2	2 - - - -		0
<i>Pinnularia gibba</i>	15	12 3 - - -		0
<i>Pinnularia gibba fo. subundulata</i>	2	1 1 - - -		
<i>Pinnularia gibba v. mesogongyla</i>	3	1 2 - - -		
<i>Pinnularia gibba v. parva</i>	1	1 - - - -		0
<i>Pinnularia gibba v. linearis</i>	7	6 1 - - -		0
<i>Pinnularia maior</i>	22	15 7 - - -	++	0
<i>Pinnularia viridis</i>	32	22 10 - - -		0
<i>Pinnularia viridis v. sudetica</i>	5	4 1 - - -		
<i>Pinnularia gentilis</i>	5	4 1 - - -	++	0
<i>Pinnularia aestuarii v. interrupta</i>	1	1 - - - -		
<i>Pinnularia hustedtii</i>	1	1 - - - -		
<i>Pinnularia obscura</i>	1	1 - - - -		
<i>Pinnularia similis</i>	1	1 - - - -		
<i>Amphora ovalis</i>	3	3 - - - -		0
<i>Cymbella ehrenbergii</i>	1	1 - - - -		0
<i>Cymbella naviculiformis</i>	2	2 - - - -		0
<i>Cymbella cuspidata fo. borealis</i>	1	1 - - - -		
<i>Cymbella hybrida</i>	3	3 - - - -		
<i>Cymbella prostata</i>	1	1 - - - -		0
<i>Cymbella turgida</i>	1	1 - - - -		
<i>Cymbella minuta v. silesiaca</i>	31	16 13 1 1 -	++	
<i>Cymbella cymbiformis</i>	2	1 - - 1 -		0
<i>Cymbella cistula</i>	1	- 2 - - -		0
<i>Cymbella aspera</i>	4	4 - - - -		0
<i>Gomphonema acuminatum</i>	2	2 - - - -		0
<i>Gomphonema acum. v. coronata</i>	2	1 1 - - -		0
<i>Gomphonema parvulum</i>	17	11 6 - - -	++	0
<i>Gomphonema longiceps</i>	5	3 2 - - -		
<i>Gomphonema gracile</i>	1	1 - - - -		
<i>Gomphonema constrictum</i>	4	4 - - - -		0
<i>Denticula tenuis</i>	2	- 2 - - -		
<i>Denticula thermalis</i>	1	1 - - - -		
<i>Epithemia zebra</i>	1	1 - - - -		
<i>Hantzschia amphioxys</i>	2	2 - - - -		0
<i>Hantzschia amphioxys fo. capitata</i>	8	8 - - - -	++	0
<i>Hantzschia amphioxys v. maior</i>	1	1 - - - -		
<i>Hantzschia virgata v. capitellata</i>	1	- 1 - - -		

Fortsetzung Tabelle 3.2

Diatomeen-Art Systematische Ordnung nach HUSTEDT 1930	Gef. Anz. Prob.	Häufigkeitsstufen in 1 2 3 4 5	++ ausgewertet zur Mittelwert- berechnung	Foto
<i>Nitzschia hungarica</i>	1	- 1 - - -		0
<i>Nitzschia angustata</i>	1	- 1 - - -		
<i>Nitzschia thermalis</i>	3	3 - - - -		
<i>Nitzschia commutata</i>	3	3 - - - -		0
<i>Nitzschia hybrida</i>	2	2 - - - -		
<i>Nitzschia linearis</i>	44	2 9 14 14 5		0
<i>Nitzschia recta</i>	25	7 12 4 2 -	++	0
<i>Nitzschia dissipata</i>	13	8 5 - - -		0
<i>Nitzschia acula</i>	8	5 2 1 - -	++	
<i>Nitzschia amphibia</i>	3	1 2 - - -		
<i>Nitzschia hantzschiana</i>	37	6 20 5 6 -		
<i>Nitzschia romana</i>	9	7 2 - - -		
<i>Nitzschia palea</i>	1	1 - - - -		
<i>Nitzschia kützingiana</i>	1	1 - - - -		
<i>Nitzschia gracilis</i>	3	3 - - - -		0
<i>Nitzschia spectabilis</i>	25	13 10 2 - -	++	
<i>Nitzschia sigmoides</i>	2	2 - - - -		
<i>Nitzschia vermicularis</i>	1	1 - - - -		
<i>Nitzschia flexa</i>	2	2 - - - -		
<i>Nitzschia obtusa</i>	1	1 - - - -		
<i>Nitzschia actinostrodes</i>	1	1 - - - -		
<i>Nitzschia polaris</i>	1	1 - - - -		
<i>Cymatopleura solea</i>	27	10 9 3 5 -		0
<i>Cymatopleura solea v. gracilis</i>	1	1 - - - -		0
<i>Cymatopleura elliptica</i>	5	3 - 1 - 1	++	0
<i>Cymatopleura elliptica v. hibern.</i>	1	1 - - - -		
<i>Surirella biseriata</i>	17	13 4 - - -	++	0
<i>Surirella turgida</i>	1	1 - - - -		0
<i>Surirella linearis</i>	14	10 4 - - -	++	0
<i>Surirella linearis v. constr.</i>	1	1 - - - -		
<i>Surirella lin. v. helvetica</i>	2	1 1 - - -		0
<i>Surirella moelleriana</i>	2	2 - - - -		
<i>Surirella gracilis</i>	2	2 - - - -		
<i>Surirella angusta</i>	3	1 - - - -		0
<i>Surirella delicatissima</i>	1	1 - - - -		
<i>Surirella robusta</i>	3	2 1 - - -		0
<i>Surirella tenera</i>	24	19 4 1 - -	++	0
<i>Surirella elegans</i>	6	5 1 - - -		0
<i>Surirella ovalis</i>	12	10 1 1 - -		0
<i>Surirella ovata</i>	21	11 7 3 - -	++	0
<i>Surirella ovata v. pinnata</i>	13	8 5 - - -		0
<i>Surirella langerheimii</i>	1	1 - - - -		

196 Diatomeen-Arten

Insgesamt
30 Diatomeen-Arten

In Spalte 4 weist das Zeichen ++ darauf hin, daß die Diatomeen-Arten für eine weitere Auswertung (Mittelwertberechnung) herangezogen worden sind. Die gleichen Diatomeen-Arten wie bei den Untersuchungen von Ruhr und Lenne wurden in der Volme ausgewählt, um zwischen den Ergebnissen von Ruhr, Lenne und Volme Vergleiche ziehen und Zusammenhänge zwischen Diatomeenvorkommen und Wasserchemismus finden zu können.

3.3.3 Bewertung

Wie bei der Bearbeitung der Lenne (s. dort Kapitel 3.3) wurden auch für die Auswertung der Volme 30 Diatomeen-Arten ausgewählt. Die nicht berücksichtigten euryöken Diatomeen-Arten sind:

<i>Synedra ulna</i>	Vorkommen in 42 Proben
<i>Achnanthes lanceolata</i>	Vorkommen in 42 Proben
<i>Navicula viridula</i>	Vorkommen in 41 Proben
<i>Nitzschia linearis</i>	Vorkommen in 44 Proben
<i>Nitzschia hantzschiana</i>	Vorkommen in 37 Proben
<i>Cymatopleura solea</i>	Vorkommen in 27 Proben

Als Beispiel zur Mittelwertberechnung wird die Diatomeen-Art *Stauroneis phoenicenteron* herangezogen (vgl. Lenne Tabelle 2.5).

Unter Berücksichtigung der Häufigkeitsstufen:

Häufigkeit 1 = gefunden in 11 Proben
Häufigkeit 2 = gefunden in 14 Proben
Häufigkeit 3 = gefunden in 8 Proben

ergibt sich als Endmittelwert:

Diatomeen-Art	Zahl der Proben	pH Wert	Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	33	7,3	2,5	5,4	1,6	53,9	3,0	29,3

Nach dieser Methode wurden für die 30 Diatomeen-Arten die Mittelwerte berechnet.

T A B E L L E 3.3

Mittelwertberechnung für 30 ausgewählte Diatomeen-Arten der Volme
(Proben mit Kennzeichen ++ in Tabelle 3.2)

Nr.	Diatomeen-Art	pH-Wert	Carb. Härte DH	Ges. Härte DH	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	P ₂ O ₅ mg	Cl mg
1	<i>Melosira italica</i>	7,4	2,9	5,9	0,3	37,0	2,5	0,4	29,7
2	<i>Tabellaria flocculosa</i>	7,1	3,6	6,4	0,1	37,5	1,8	2,7	45,0
3	<i>Diatoma hemale v. mesodon</i>	7,1	1,9	3,7	1,1	9,6	1,6	0,3	9,7
4	<i>Meridion circulare</i>	7,3	2,7	5,8	1,2	32,2	2,8	0,8	24,0
5	<i>Fragilaria virescens</i>	7,2	2,4	5,5	1,1	27,3	3,1	0,6	39,8
6	<i>Asterionella gracilima</i>	7,3	1,7	4,7	0,0	46,6	2,0	0,3	22,7
7	<i>Synedra ulna v. oxyrhynchus</i>	7,5	3,2	5,6	1,7	46,4	2,1	1,4	40,2
8	<i>Synedra acus v. radians</i>	7,3	1,7	4,4	0,0	24,0	2,2	0,2	22,0
9	<i>Cocconeis pediculus</i>	7,4	2,4	5,5	0,7	25,3	2,7	1,2	27,6
10	<i>Cocconeis plac. v. euglypta</i>	7,4	2,6	6,0	0,7	18,9	4,2	0,6	23,3
11	<i>Frustulia rhombooides</i>	7,2	1,9	4,7	1,2	25,7	2,7	0,4	30,5
12	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	7,3	2,4	6,1	1,2	43,5	5,4	0,5	35,9
13	<i>Gyrosigma kützingii</i>	7,3	2,3	5,2	0,2	18,5	4,5	0,2	24,6
14	<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	7,3	2,5	5,4	1,6	53,9	3,0	1,3	29,3
15	<i>Navicula cuspidata</i>	7,5	4,5	6,0	0,5	40,3	2,3	1,2	35,4
16	<i>Navicula radiosa</i>	7,3	2,6	5,7	1,2	21,3	2,6	0,4	19,0
17	<i>Pinnularia borealis</i>	7,4	3,1	6,6	7,3	17,5	3,6	0,6	43,0
18	<i>Pinnularia maior</i>	7,3	2,4	5,3	1,1	34,6	4,6	1,2	25,4
19	<i>Pinnularia gentilis</i>	7,5	2,6	5,5	0,0	22,5	2,9	0,2	20,4
20	<i>Cymbella min. v. silesiaca</i>	7,4	3,1	5,9	0,3	20,4	2,3	0,1	19,5
21	<i>Gomphonema parvulum</i>	7,2	3,3	6,1	2,1	41,7	3,1	1,4	35,6
22	<i>Hantzschia amph. v. capit.</i>	7,4	2,2	5,6	0,2	22,1	4,1	0,4	32,0
23	<i>Nitzschia recta</i>	7,4	3,2	6,3	1,8	38,7	3,2	1,8	38,2
24	<i>Nitzschia acuta</i>	7,4	2,6	5,8	3,1	76,6	2,3	1,2	35,3
25	<i>Nitzschia spectabilis</i>	7,4	2,9	6,2	0,8	36,6	2,5	1,0	24,4
26	<i>Cymatopleura elliptica</i>	7,4	2,8	6,6	0,0	15,4	6,5	0,1	29,0
27	<i>Surirella biseriata</i>	7,3	2,0	4,8	0,1	44,8	2,5	0,2	15,6
28	<i>Surirella linearis</i>	7,3	2,4	5,2	1,2	36,5	5,0	0,3	24,0
29	<i>Surirella tenera</i>	7,4	2,2	5,5	0,0	45,2	6,5	0,3	24,1
30	<i>Surirella ovata</i>	7,5	3,3	6,4	2,8	24,5	2,6	1,1	32,7

Die hohen Mittelwerte von NO₃ = 53,9 mg und Cl = 29,3 mg für die Diatomeen-Art *Stauroneis phoenicenteron* bestätigen bereits die Vermutung, daß die Volme in ihrem Gesamtverlauf stärker als Ruhr und Lenne abwasserbelastet ist.

Die chemischen Zahlenwerte der Tab. 3.3 von den 30 ausgewählten Diatomeen-Arten der Volme zeigen wiederum eine große Uneinheitlichkeit (vgl. Ruhr, Tabelle 3 und 4) und Lenne (Tab. 2.6). Zur besseren Veranschaulichung wurden deswegen die Zahlenwerte der Tab. 3.3 in einem Säulendiagramm dargestellt (Abbildung 3.3).

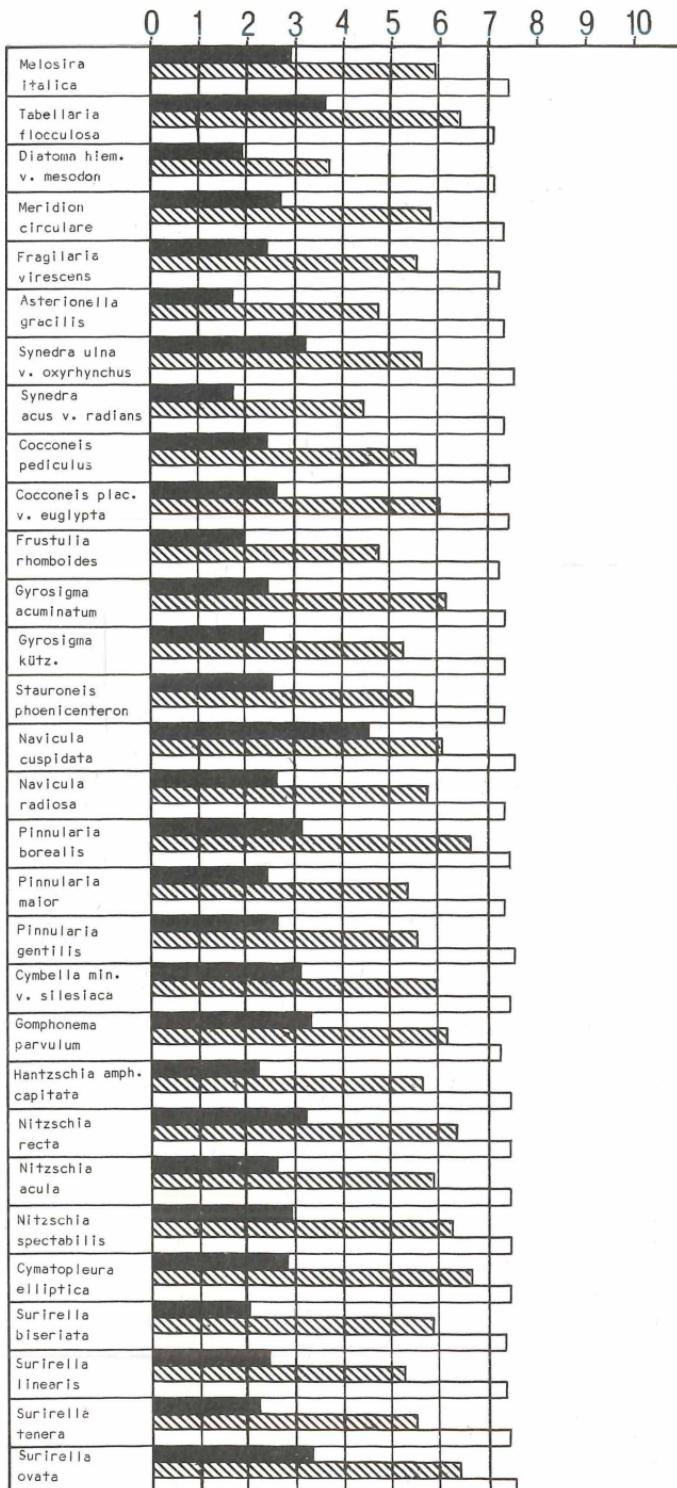


Abb. 3.3: Säulendiagramm für 30 ausgewählte Diatomeen-Arten der Volme. (Tabelle 3.3) Legende: wie Abb. 2.2

T A B E L L E 3.4

Auswertung Volme

Die Ergebnisse der Tab. 3.3 sind nach ansteigenden Carbonathärte-Werten geordnet (Mittelwerte)

Diatomeen-Art	Carb. Härte DH°	Ges. Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	P ₂ O ₅ mg	Cl mg	Abschnitte
Asterionella gracillima	1,7	4,7	0,0	46,6	2,0	0,3	22,7	
Synedra acus v. varians	1,7	4,4	0,0	24,0	2,2	0,2	22,0	1
Diatoma hiemala v. mesodon	1,9	3,7	1,1	9,6	1,6	0,3	9,7	
Frustulia rhomboides	1,9	4,7	1,2	25,7	2,7	0,4	30,5	
Surirella biseriata	2,0	4,8	0,1	44,8	2,5	0,2	15,6	
Hantzschia amph. v. capit.	2,2	5,6	0,2	22,1	4,1	0,4	32,0	
Surirella tenera	2,2	5,5	0,0	45,2	6,5	0,3	24,1	
Gyrosigma kützingii	2,3	5,2	0,2	18,5	4,5	0,2	24,6	
Fragilaria virescens	2,4	5,5	1,1	27,3	3,1	0,6	39,8	2
Cocconeis pediculus	2,4	5,5	0,7	25,3	2,7	1,2	27,6	
Gyrosigma acuminatum	2,4	6,1	1,2	43,5	5,4	0,5	35,9	
Pinnularia major	2,4	5,3	1,1	34,6	4,6	1,2	25,4	
Surirella linearis	2,4	5,2	1,2	36,5	5,0	0,3	24,0	
Stauroneis phoenicenteron	2,5	5,4	1,6	53,9	3,0	1,3	29,3	
Cocconeis plac. v. euglypta	2,6	6,0	0,7	18,9	4,2	0,6	23,3	
Navicula radiosha	2,6	5,7	1,2	21,3	2,6	0,4	19,0	
Pinnularia gentilis	2,6	5,5	0,0	22,5	2,9	0,2	20,4	
Nitzschia acula	2,6	5,8	3,1	76,6	2,3	1,2	35,3	3
Meridion circulare	2,7	5,8	1,2	32,2	2,8	0,8	24,0	
Cymatopleura elliptica	2,8	6,6	0,0	15,4	6,5	0,1	29,0	
Melosira italica	2,9	5,9	0,3	37,0	2,5	0,4	29,7	
Nitzschia spectabilis	2,9	6,2	0,8	36,6	2,5	1,0	24,4	
Pinnularia borealis	3,1	6,6	7,3	17,5	3,6	0,6	43,0	
Cymbella min. v. silesiaca	3,1	5,9	0,3	20,4	2,3	0,1	19,5	
Synedra ulna v. oxyrhynchus	3,2	5,6	1,7	46,4	2,1	1,4	40,2	4
Nitzschia recta	3,2	6,3	1,8	38,7	3,2	1,8	38,2	
Gomphonema parvulum	3,3	6,1	2,1	41,4	3,1	1,4	35,6	
Surirella ovata	3,3	6,4	2,8	24,5	2,6	1,1	32,7	
Tabellaria flocculosa	3,6	6,4	0,1	37,5	1,8	2,7	45,0	
Navicula cuspidata	4,5	6,0	0,5	40,3	2,3	1,2	35,4	5

insgesamt 30 Diatomeen-Arten

3.3.4 Diskussion

Tab. 3.3 zeigt, daß die pH-Werte zwischen 7,1 und 7,5 wenig über dem Neutralpunkt liegen und auffällig konstant sind. Ähnlich konstante Werte weist die Carbonathärte auf mit Werten zwischen 1,7 DH° bis 4,5 DH°, jedoch hauptsächlich zwischen 2,2 - 3,3 DH° liegend. Die Gesamthärte ist ebenfalls relativ einheitlich, die Werte liegen im Mittel zwischen 4,5 und 6,6 DH°.

Zum besseren Vergleich mit Ruhr und Lenne wurden die Ergebnisse der Volme nach ansteigenden Carbonathärte-Werten umgeordnet und in Tab. 3.4 zahlenmäßig, sowie als Säulendiagramm in Abbildung 3.4 dargestellt.

Die Zahltab. 3.4 weist eine große Schwankungsbreite

für NO₃ von 9,6 mg - 76,6 mg und

Cl³ von 9,7 mg - 45,0 mg auf.

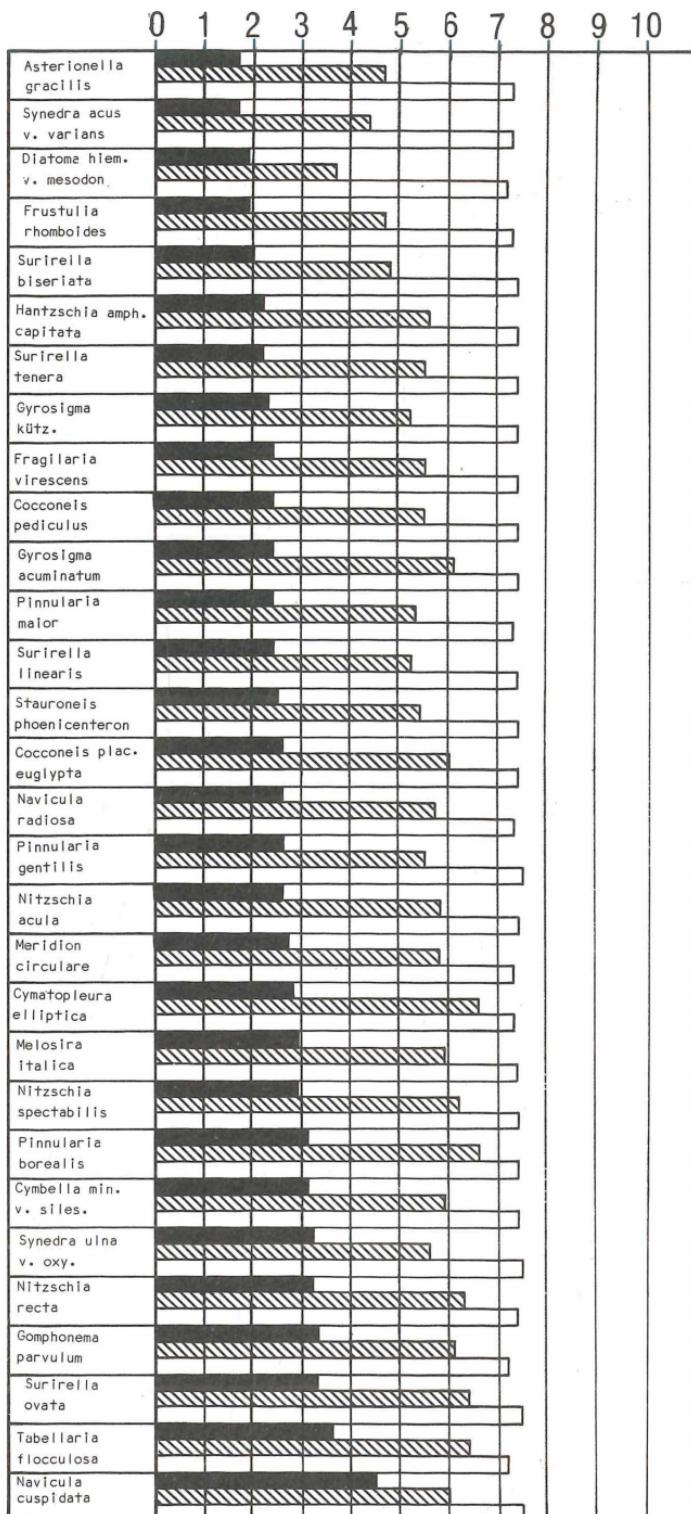


Abb. 3.4 Säulendiagramm für 30 ausgewählte Diatomeen-Arten der Volme, geordnet nach ansteigenden Werten der Carbonathärte. (Tabelle 3.4) Legende wie Abb. 2.2

Um die Schwankungsbreite noch deutlicher werden zu lassen und wasserchemische Voraussetzungen für die Existenz von Diatomeen-Arten noch klarer ablesen zu können, wurden die berechneten Mittelwerte von den 30 Diatomeen-Arten in Tab. 3.5 nach ansteigenden Cl-Werten umgeordnet und die Werte für Carbonathärte - DH^O, Gesamthärte - DH^O, NH₄⁺ mg, NO₃⁻ mg, SiO₂ mg mitaufgenommen.

Die Tab. 3.5 wurde willkürlich in 6 Abschnitte unterteilt:

1. Abschnitt Cl-Werte von 9,7 bis 19,9 mg
2. Abschnitt Cl-Werte von 20,0 bis 24,9 mg
3. Abschnitt Cl-Werte von 25,0 bis 29,9 mg
4. Abschnitt Cl-Werte von 30,0 bis 35,0 mg
5. Abschnitt Cl-Werte von 35,1 bis 39,9 mg
6. Abschnitt Cl-Werte von 40,0 bis 45,0 mg

T A B E L L E 3.5

Auswertung Volme

Die Ergebnisse der Tab. 3.4 sind nach ansteigenden Chlorid-Werten geordnet (Mittelwerte)

Diatomeen-Art	Cl mg	Carb. Härte DH ^O	Ges. Härte DH ^O	NH ₄ ⁺ mg	NO ₃ ⁻ mg	SiO ₂ mg	P ₂ O ₅ mg	Abschnitte
Diatoma hiemale v. mesodon	9,7	1,9	3,7	1,1	9,6	1,6	0,3	
Surirella biseriata	15,6	2,0	4,8	0,1	44,8	2,5	0,2	
Navicula radiosa	19,0	2,6	5,7	1,2	21,3	2,6	0,4	
Cymbella min. v. silesiaca	19,5	3,1	5,9	0,3	20,4	2,3	0,1	
Pinnularia gentilis	20,4	2,6	5,5	0,0	22,5	2,9	0,2	
Synedra acus v. varians	22,0	1,7	4,4	0,0	24,0	2,2	0,2	
Asterionella gracillima	22,7	1,7	4,7	0,0	46,6	2,0	0,3	
Cocconeis plac. v. euglypta	23,3	2,6	6,0	0,7	18,9	4,2	0,6	
Surirella linearis	24,0	2,4	5,2	1,2	36,5	5,0	0,3	
Meridion circulare	24,0	2,7	5,8	1,2	32,2	2,8	0,8	
Surirella tenera	24,1	2,2	5,5	0,0	45,2	6,5	0,3	
Nitzschia spectabilis	24,4	2,9	6,2	0,8	36,6	2,5	1,0	
Gyrosigma kützingii	24,6	2,3	5,2	0,2	18,5	4,5	0,2	
Pinnularia maior	25,4	2,4	5,3	1,1	34,6	4,6	1,2	
Cocconeis pediculus	27,6	2,4	5,5	0,7	25,3	2,7	1,2	
Cymatopleura elliptica	29,0	2,8	6,6	0,0	15,4	6,5	0,1	
Stauroneis phoenicenteron	29,3	2,5	5,4	1,6	53,9	3,0	1,3	
Melosira italica	29,7	2,9	5,9	0,3	37,0	2,5	0,4	
Frustulia rhomboides	30,5	1,9	4,7	1,2	25,7	2,7	0,4	
Hantzschia amph. v. capit.	32,0	2,2	5,6	0,2	22,1	4,1	0,4	
Surirella ovata	32,7	3,3	6,4	2,8	24,5	2,6	1,1	
Nitzschia acula	35,3	2,6	5,8	3,1	76,6	2,3	1,2	
Navicula cuspidata	35,4	4,5	6,0	0,5	40,3	2,3	1,2	
Gomphonema parvulum	35,6	3,3	6,1	2,1	41,4	3,1	1,4	
Gyrosigma acuminatum	35,9	2,4	6,1	1,2	43,5	5,4	0,5	
Nitzschia recta	38,2	3,2	6,3	1,8	38,7	3,2	1,8	
Fragilaria virescens	39,8	2,4	5,5	1,1	27,3	3,1	0,6	
Synedra ulna v. oxyrhynchus	40,2	3,2	5,6	1,7	46,4	2,1	1,4	
Pinnularia borealis	43,0	3,1	6,6	7,3	17,5	3,6	0,6	
Tabellaria flocculosa	45,0	3,6	6,4	0,1	37,5	1,8	2,7	

Insgesamt 30 Diatomeen-Arten

Aus der Aufstellung dieser Tab. 3.5 ergeben sich folgende Zusammenhänge:

T A B E L L E 3.6

Diatomeen-Art	im Ab-schnitt	Cl mg	Carb. Ges. Härte DH°	Ges. Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	P ₂ O ₅ mg
<i>Surirella biseriata</i>	1	15,6	2,0	4,8	0,1	44,8	2,5	0,2
<i>Surirella linearis</i>	2	24,0	2,4	5,2	1,2	36,5	5,0	0,3
<i>Surirella tenera</i>	2	24,1	2,2	5,5	0,0	45,2	6,5	0,3
<i>Cocconeis plac. v. euglypta</i>	2	23,3	2,6	6,0	0,7	18,9	4,2	0,6
<i>Cocconeis pediculus</i>	3	27,6	2,4	5,5	0,7	25,3	2,7	1,2
<i>Pinnularia gentilis</i>	2	20,4	2,6	5,5	0,0	22,5	2,9	0,2
<i>Pinnularia maior</i>	3	25,4	2,4	5,3	1,1	34,6	4,6	1,2
<i>Pinnularia borealis</i>	6	43,0	3,1	6,6	7,3	17,5	3,6	0,6 (dagegen)
<i>Nitzschia spectabilis</i>	2	24,4	2,9	6,2	0,8	36,6	2,5	1,0
<i>Nitzschia acula</i>	2	35,3	2,6	5,8	3,1	76,6	2,3	1,2
<i>Nitzschia recta</i>	2	38,2	3,2	6,3	1,8	38,7	3,2	1,8

Cl-Werte für die *Surirella*-Arten liegen mittelhoch, wobei die Werte für *Surirella linearis* und *Surirella tenera* fast übereinstimmen.

Carbonathärte- sowie Gesamthärte-Werte liegen für die Surirellen eng zusammen, NO₃-Werte sind für alle 3 Surirellen-Arten über groß, liegen aber für *Surirella biseriata* und *Surirella tenera* ebenfalls eng zusammen, P₂O₅ sind für alle 3 Werte übereinstimmend und niedrig.

Die Cocconeis-Arten zeigen auch mittelhohe Cl-Werte ohne erkennbare Näherungen, enge Zusammenhänge bei Carbonat- und Gesamthärte-Werten, bei NH₄ Übereinstimmungen und bei P₂O₅ kleinere Abweichungen.

Bei den Pinnularia-Arten- *Pinnularia gentilis* und *Pinnularia maior*- sind geringe Näherungen für die Cl-Werte feststellbar, Übereinstimmungen sind für Carbonat- und Gesamthärte-Werte ablesbar. Gegen diese Werte stehen die von der Diatomeen-Art *Pinnularia borealis*.

Bei den 3 Nitzschia-Arten sind alle Cl-Werte hoch und zeigen kaum Näherungswerte, Carbonat- und Gesamthärte-Werte sind zusammenhängend, NH₄-Werte beachtlich hoch, aber divergent, ebenso sind die NO₃-Werte sehr hoch und divergent. Die SiO₂-Werte zeigen Zusammenhänge und die P₂O₅-Werte eine gewisse Einheitlichkeit.

3.4 Vergleiche der Untersuchungen zwischen Volme und Lenne

Aufschlußreich ist die Tabelle 3.7, in der die Diatomeen-Arten nach ansteigenden Nitrat-Werten den Werten der Lenne gegenüber aufgelistet werden und unter Mitführung der Carbonat-Gesamthärte- und Chlorid-Werte - die spiegelverkehrt aufgeführt sind - verglichen werden.

Nur bei der Diatomeen-Art *Surirella ovata* ist eine 3-fache Übereinstimmung innerhalb der Toleranzgrenzen für Nitrate, Carbonate und Gesamthärte festzustellen. Bei der *Diatoma hiemale v. mesodon* ist noch eine 2-fache Übereinstimmung abzulesen.

Die Diatomeen-Arten *Navicula radiososa* und *Nitzschia spectabilis* zeigen bei Chlorid-, Carbonathärte-Werten, und *Navicula radiososa* auch bei Gesamthärte-Werten Übereinstimmung innerhalb der Toleranzgrenzen.

T A B E L L E 3.7

Vergleichsergebnisse von Volme und Lenne, geordnet nach ansteigenden Nitrat-Werten (Volme)

(Miteinbezogen wurden die Werte der Chloride, Carbonathärten und Gesamthärten)

L e n n e

V o l m e

Ges.-Härte DH°	Carb.-Härte DH°	Cl mg	NO ₃ mg	Diatomeen-Art	NO ₃ mg	Cl mg	Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°
5,8	2,4	11,3	8,6	<i>Diatoma hiem. v. mes.</i>	9,6	9,7	1,9	3,7
8,5	4,8	17,5	20,0	<i>Cymatopleura elliptica</i>	15,4	29,0	2,8	6,7
--	--	--	--	<i>Pinnularia borealis</i>	17,5	43,0	3,1	6,6
4,7	1,7	9,0	14,7	<i>Gyrosigma kützingii</i>	18,5	24,6	2,3	5,2
5,0	2,1	15,3	10,0	<i>Cocc. plac. v. eugl.</i>	18,9	23,3	2,6	6,0
6,2	3,1	10,2	13,4	<i>Cymb. min. v. siles.</i>	20,4	19,5	3,1	5,9
5,7	2,0	17,6	10,6	<i>Navicula radiososa</i>	21,3	19,0	2,6	5,7
--	--	--	--	<i>Hantz. amph. v. capit.</i>	22,1	32,0	2,2	5,6
3,7	1,8	6,8	10,8	<i>Pinnularia gentilis</i>	22,5	20,4	2,6	5,5
--	--	--	--	<i>Syn. acus v. varides</i>	24,0	22,0	1,7	4,4
5,4	2,5	19,6	23,8	<i>Surirella ovata</i>	24,5	32,7	3,3	6,4
--	--	--	--	<i>Cocc. pediculus</i>	25,3	27,6	2,4	5,5
4,7	2,1	19,2	13,3	<i>Frustulia rhombooides</i>	25,7	30,5	1,9	4,7
3,4	1,7	10,9	13,3	<i>Fragilaria virescens</i>	27,3	39,8	2,4	5,5
4,6	1,9	15,0	17,4	<i>Meridion circulare</i>	32,2	24,0	2,7	5,8
6,8	4,5	15,6	14,9	<i>Pinnularia maior</i>	34,6	25,4	2,4	5,3
5,5	1,9	10,4	14,1	<i>Surirella linearis</i>	36,5	24,0	2,4	5,2
9,2	3,8	23,0	48,6	<i>Nitzschia spectabilis</i>	36,6	24,4	2,9	6,2
--	--	--	--	<i>Melosira italica</i>	37,0	29,7	2,9	5,9
2,9	1,4	10,8	13,5	<i>Tabellaria flocculosa</i>	37,5	45,0	3,6	6,4
--	--	--	--	<i>Nitzschia recta</i>	38,7	38,2	3,2	6,3
6,8	3,6	16,9	21,1	<i>Navicula cuspidata</i>	40,3	35,4	4,5	6,0
10,9	4,8	26,7	22,0	<i>Gomphonema parvulum</i>	41,4	35,6	3,3	6,1
--	--	--	--	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	43,5	35,9	2,4	6,1
--	--	--	--	<i>Surirella biseriata</i>	44,8	15,6	2,0	4,8
4,5	1,6	12,1	15,5	<i>Surirella tenera</i>	45,2	24,1	2,2	5,5
6,4	2,6	21,0	28,5	<i>Syn. ulna v. oxy.</i>	46,4	40,2	3,2	5,6
--	--	--	--	<i>Asterionella grac.</i>	46,6	22,7	1,7	4,7
5,6	2,6	13,0	16,6	<i>Stauroneis phoenic.</i>	53,0	29,3	2,5	5,4
10,9	4,3	24,0	44,5	<i>Nitzschia acula</i>	76,6	35,3	2,6	5,8

Unterstreichungen weisen auf Übereinstimmungen innerhalb der Toleranzen hin.

Daß für die Parameter Carbonathärte und Gesamthärte bei den Diatomeen-Arten auch zwischen Volme und Lenne Übereinstimmungen festzustellen sind, erscheint schon selbstverständlich, obwohl dies zuvor bei Fließgewässern nicht bekannt war. Die Quellgebiete und die Fließrichtungen von Lenne und Volme liegen weit auseinander, außerdem ist zwischen den Untersuchungen eine Zeitdifferenz von 3 Jahren.

Die Diatomeen-Arten mit 2-facher Übereinstimmung in Carbonat- und in Gesamthärte innerhalb der Toleranzgrenzen sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt:

T A B E L L E 3.8

	V o l m e		L e n n e	
	Carb.-Härte	Ges.-Härte	Carb.-Härte	Ges.-Härte
	Werte	Werte	Werte	Werte
	DH°	DH°	DH°	DH°
<i>Gyrosigma kützingii</i>	2,3	5,2	1,7	4,7
<i>Cocc. pl. v. eugl.</i>	2,6	6,0	2,1	5,0
<i>Cymb. min. v. sile.</i>	3,1	5,9	3,1	6,2
<i>Frustulia rhomb.</i>	1,9	4,7	2,1	4,7
<i>Meridion circulare</i>	2,7	5,8	1,9	4,6
<i>Surirella linearis</i>	2,4	5,2	1,9	5,5
<i>Navicula cuspidata</i>	4,5	6,0	3,6	6,8
<i>Surirella tenera</i>	2,2	5,5	1,6	4,5
<i>Syn. ul. v. oxy.</i>	3,2	5,6	2,6	6,4
<i>Staur. phoenic.</i>	2,5	5,4	2,6	5,6

Diese Vergleiche aller Ergebnisse werden im 4. Teil umfangreicher durchgeführt zwischen Ruhr, Lenne und Volme, um die Zusammenhänge zwischen dem spezifischen Vorkommen von Diatomeen-Arten und dem Wasserchemismus festzustellen und gewisse Diatomeen-Arten als Bioindikatoren erkennen zu können.

3.5 Zusammenfassung

1. Die Volme, die im Sauerland östlich von Meinerzhagen (450 m über NN) entspringt, hat eine Länge von 49,45 km und einschließlich des längsten Zuflusses, der Ennepe, mit allen weiteren zufließenden Nebenbächen eine Gesamtfließgewässerstrecke von ca. 150 km. Sie mündet in den Hengstey-See und wurde auf pH-Werte, Carbonat- und Gesamthärte, NH_4^+ , NO_3^- , SiO_2 , PO_4^{2-} und Cl^- , sowie auf Diatomeen-Arten und deren Häufigkeiten untersucht.

2. Schon im Quellgebiet wird die Volme belastet durch Nitrate und durch Chloride, deren Mengen sich talwärts noch vergrößern. Die Werte erreichen eine ungewöhnliche Höhe, auch in der Ennepe. Die chemischen Parameter wurden in den Tabellen 3.6 und 3.7 mit den Ergebnissen der Lenne verglichen.
3. In 45 Wasser- und biologischen Proben wurden 196 Diatomeen-Arten mit der Häufigkeit ihres Vorkommens festgestellt und die Beziehungen zum Wasserchemismus untersucht.
4. 30 Diatomeen-Arten wurden in Übereinstimmung mit den Untersuchungen von Ruhr und Lenne ausgewählt und nach der Mittelwertberechnung einer speziellen Auswertung unterzogen. Um eine aufschlußreiche Aussage zu erhalten, wurde, wie in den Untersuchungen der Rühr und der Lenne (Tabelle 3.7 und Abbildung 3.3), die Ergebnswerte sowohl zahlenmäßig als auch in einem Säulendiagramm nach ansteigenden Carbonathärte-Werten geordnet. Dabei wurde für die Carbonat- und Gesamthärte in der Volme gegenüber den gleichartigen Auswertungen von Ruhr und Lenne eine geringere Streuung festgestellt.
5. Vergleiche der Untersuchungsergebnisse von Volme und Lenne sowohl im wasserchemischen als auch im biologischen Bereich führen zu einer Vielzahl von Übereinstimmungen (Tabelle 3.7 und 3.8), trotz einer Zeitdifferenz bei den Untersuchungen von 3 Jahren.
6. Unter Berücksichtigung der eingeräumten Toleranzen (Lenne Kapitel 2.4) bestehen bei nachfolgend aufgeführten Diatomeen-Arten Übereinstimmungen der wasserchemischen Ergebnisse bei der Volme:

3 Surirella-Arten	in den Carbonathärte-Werten
3 Surirella-Arten	in den Gesamthärte-Werten
2 Surirella-Arten	in den Cl-Werten
2 Surirella-Arten	in den NO ₃ -Werten
3 Surirella-Arten	in den P ₂ O ₅ -Werten 2 5

2 Cocconeis-Arten	in Carbonathärte-Werten
2 Cocconeis-Arten	in Gesamthärte-Werten
2 Cocconeis-Arten	in NH ₄ -Werten

3 Pinnularia-Arten	in Carbonathärte-Werten
3 Pinnularia-Arten	in Gesamthärte-Werten

3 Nitzschia-Arten	in Carbonathärte-Werten
3 Nitzschia-Arten	in Gesamthärte-Werten
3 Nitzschia-Arten	in P ₂ O ₅ -Werten
2 Nitzschia-Arten	in NH ₄ -Werten
3 Nitzschia-Arten	in SiO ₂ -Werten

Diese Untersuchungsergebnisse der Volme zeigen schon an, inwieweit Diatomeen-Arten als Bioindikatoren für bestimmte wasserchemische Parameter in Fließgewässern angesehen werden können.

4. Ökologische Auswertung der Ergebnisse

0. Einleitung: Der Großbiotop Sauerland mit den Fließgewässern Ruhr, Lenne, Volme und den zufließenden Gewässerstrecken

4.1 Vergleiche der wasserchemischen Ergebnisse

4.1.1 Der Großbiotop Sauerland mit Ruhr, Lenne, Volme

4.1.2 Wasserchemische Ergebnisse

4.2 Vergleiche der biologischen Ergebnisse

4.3 Chemische und biologische Untersuchungsvergleiche zwischen Ruhr, Lenne und Volme

4.4 Auswirkungen der Abwasserbelastungen

4.5 Erklärung zur Wassergütekasse

4.6 Zusammenfassung

4.7 Danksagung

4.8 Index der gefundenen Diatomeen

4.9 Literatur

10. Fototafeln

4.0 Einleitung: Der Großbiotop Sauerland mit den Fließgewässern
Ruhr, Lenne, Volme

In dem Großbiotop Sauerland sind die Fließgewässerbereiche

- a) Ruhr mit ca. 680 km einschließlich der Nebenbäche
 - b) Lenne mit ca. 385 km einschließlich der Nebenbäche
 - c) Volme mit ca. 150 km einschließlich der Nebenbäche
- gesamt 1215 km

untersucht worden. Alle 3 Fließgewässer münden in den Hengstey-Stausee, wo die wasserchemischen und biologischen Untersuchungen des Großbiotops Sauerland endeten.

4.1 Vergleiche der wasserchemischen Ergebnisse

4.1.1 Der Großbiotop Sauerland mit Ruhr, Lenne, Volme

In der Abbildung 4.1 sind auf der Gewässer-Übersichtskarte die Hauptflüsse
Ruhr, Lenne und Volme

optisch markiert worden. Das große Wassereinzugsgebiet mit den vielen Quellen und Bächen kennzeichnet das Sauerland als ein wasserreiches Mittelgebirge. Im Zeitraum von 1977 - 1982 wurden untersucht:

Aus der Ruhr mit Nebenbächen 87 Proben (Tabelle 1)

Aus der Lenne mit Nebenbächen 62 Proben (Kapitel 2 Tab. 2.2)

Aus der Volme mit Nebenbächen 45 Proben (Kapitel 3 Tab. 3.1)

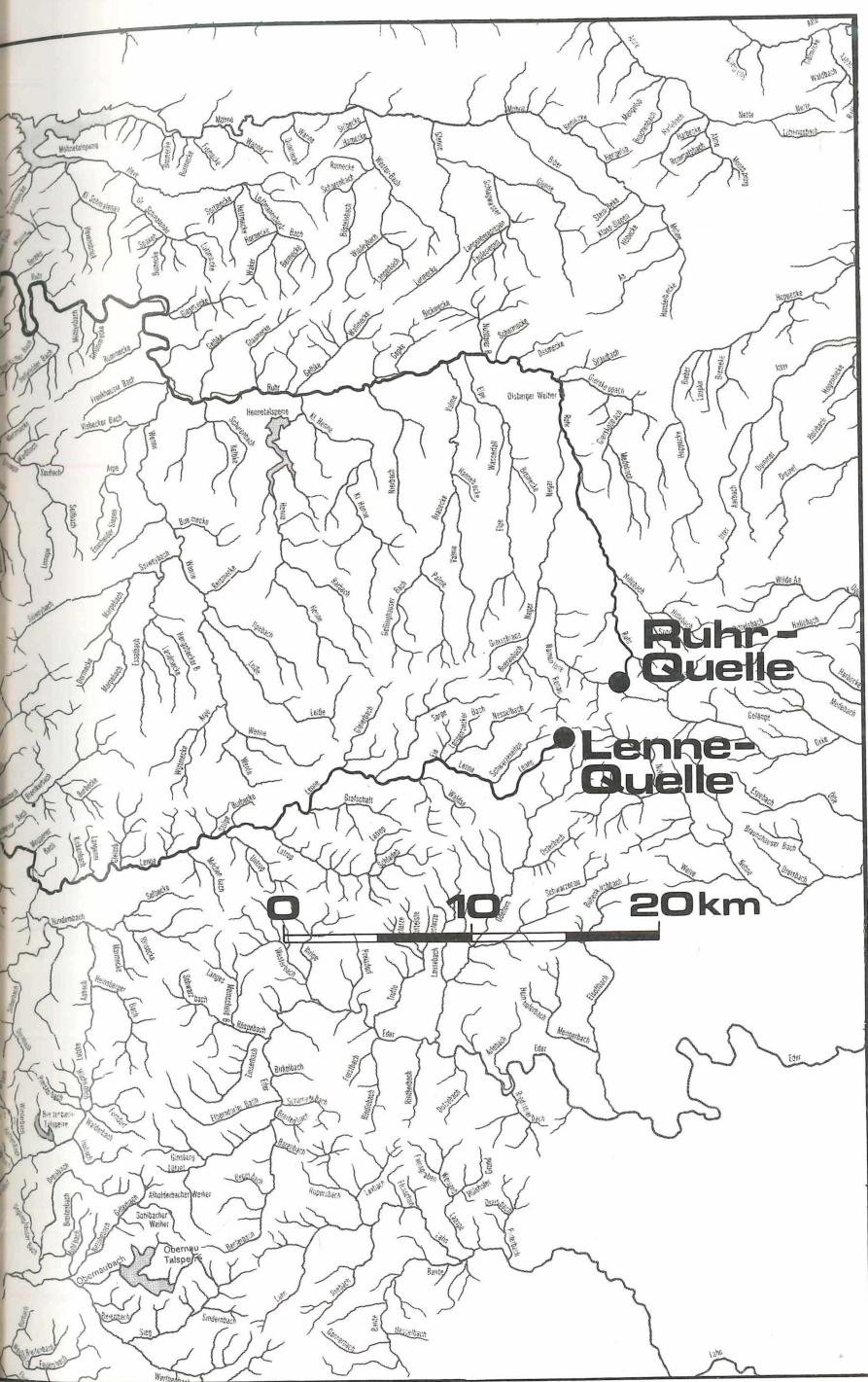
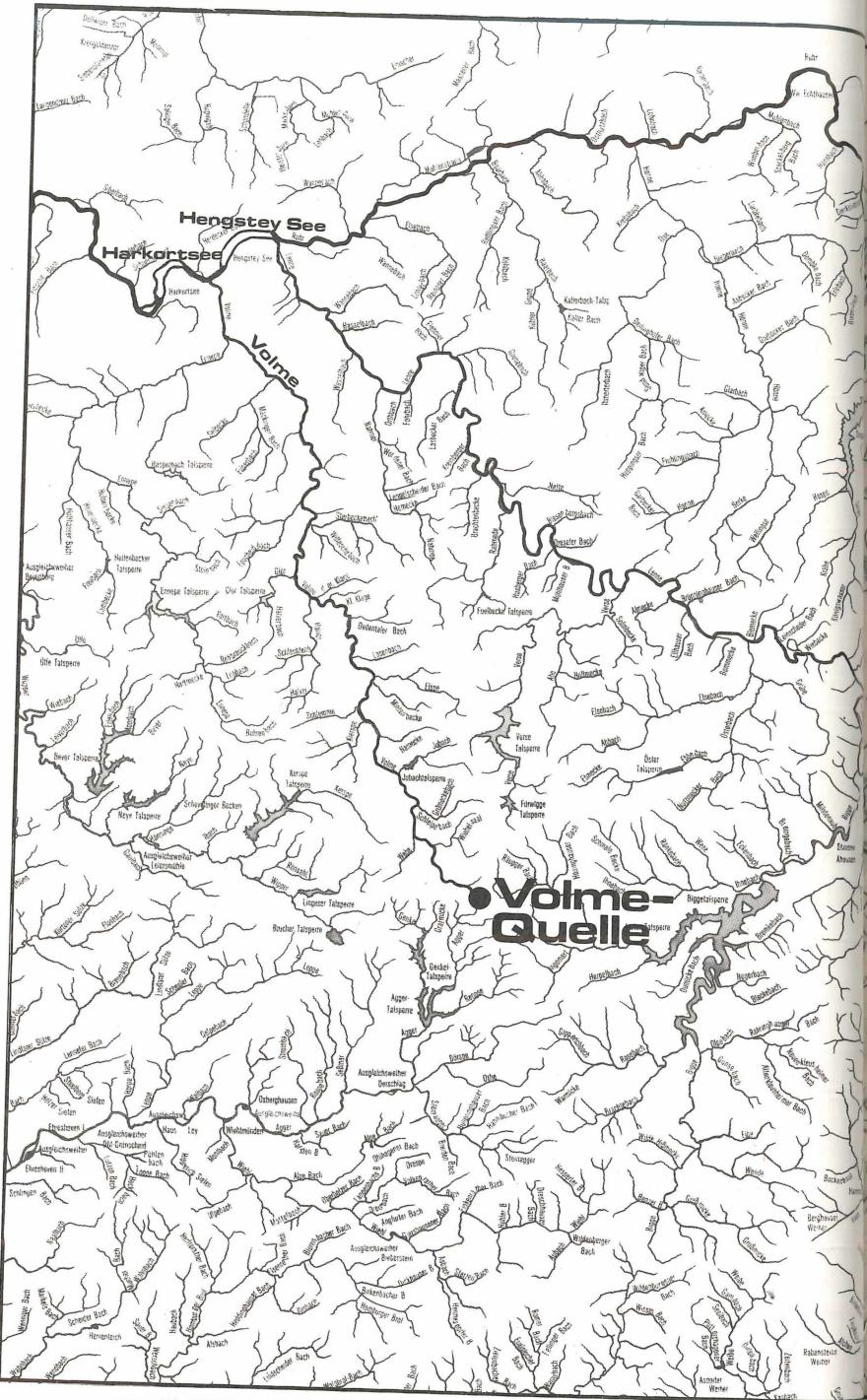


Abb. 4.1: Übersichtskarte des Großbiotops Sauerland mit den Fließgewässern Ruhr, Lenne und Volme.

Ruhr und Lenne mit ihren nicht weit auseinanderliegenden Quellen bei Winterberg werden durch eine von Südosten nach Nordwesten verlaufende Wasserscheide getrennt. Während die Ruhr nördlich der Wasserscheide fließt, schlängelt sich die Lenne - nordwestlich fließend - mitten durch das Sauerland und wird beidseitig von vielen Bachzuläufen gespeist. Vor Einmündung in den Hengstey-See fließen Ruhr und Lenne eine Strecke parallel. Die Volme, die bei Meinerzhagen entspringt, fließt in fast nördlicher Richtung - westlich der Wasserscheide, die Lenne und Volme trennt - durch Industriereiche Gebiete und mündet ein in den westlichen Teil des Hengstey-Sees (Abbildung 4.1).

Die Oberläufe von Ruhr und Lenne mit ihren Bachzuläufen sind über viele Kilometer noch in naturnahem Zustand

- noch nicht verbaut oder begradigt
- noch nicht oder kaum abwasserbelastet durch Wohngebiete und Industrie
- nur in geringem Umfang beeinflußt durch landwirtschaftliche Düngemittel von Feldern.

Sie fließen sowohl durch Wiesen als auch Waldgebiete. Die Kraft der biologischen Selbstreinigung bei geringeren Verunreinigungen ist noch vorhanden. Im Gegensatz zu Ruhr und Lenne ist bereits das Volme-Quell-Bachgebiet durch industrielle Abwässer belastet, die Gewässerbereiche sind teilweise begradigt und in Röhren gefaßt, eine biologische Selbstreinigungskraft ist also stark eingeschränkt.

Jedes der 3 Fließgewässer hat seinen eigenen Charakter, der sowohl in den chemischen Ergebnissen wie auch in den Diatomeen-Untersuchungen zum Ausdruck kommt.

4.1.2 Wasserchemische Ergebnisse

In den nachfolgenden Abbildungen (Säulendiagrammen) der chemischen Ergebnisse aus Ruhr, Lenne und Volme werden

- die Carbonathärten in DH^o
- die Gesamthärten in DH^o
- die Nitrat in mg und
- die Chloride in mg in Vergleichen gegenübergestellt.

Von einer Untersuchung der Sauerstoffmenge und der Sauerstoffzehrung in den Fließgewässern wurde abgesehen, weil das Gefälle in Ruhr, Lenne und Volme groß genug erschien, das Wasser jederzeit in ausreichendem Maße mit Sauerstoff anzureichern. Es wurde deswegen auch von einer Messung der gesamtorganischen Substanz (BSB 5) Abstand genommen.

Die waagerechten Längen der Säulen entsprechen den Werten in DH^O oder mg, die in den Einzeluntersuchungen der Tab. 1 - Ruhr, Tab. 2.1 - Lenne und Tab. 3.1 - Volme zahlenmäßig aufgeführt worden sind. Die Zahlen links der Säulen umfassen die Gewässerbereiche (als Abschnitte bezeichnet). Jede Säule entspricht einer Probe mit dem jeweiligen wasserchemischen Zahlenwert.

Die Säulenzahlen Ruhr = 87 Säulen

Lenne = 62 Säulen

Volme = 45 Säulen

gelten für alle 4 Abbildungen: Carbonathärte, Gesamthärte, Nitrate und Chloride.

Wenn nur diese chemischen Parameter ausgewählt wurden, so scheinen sie nach den Analysenwerten die ausschlaggebenden Faktoren zu sein, die das Vorhandensein der Diatomeen in ihrem Artenspektrum beeinflussen können. Zu den einzelnen vergleichbaren wasserchemischen Faktoren in den Säulendarstellungen ist zu bemerken:

1. Carbonathärte

In den Werten der Carbonathärteten im Vergleich von Ruhr, Lenne und Volme ist erkennbar, daß:

Carbonathärten

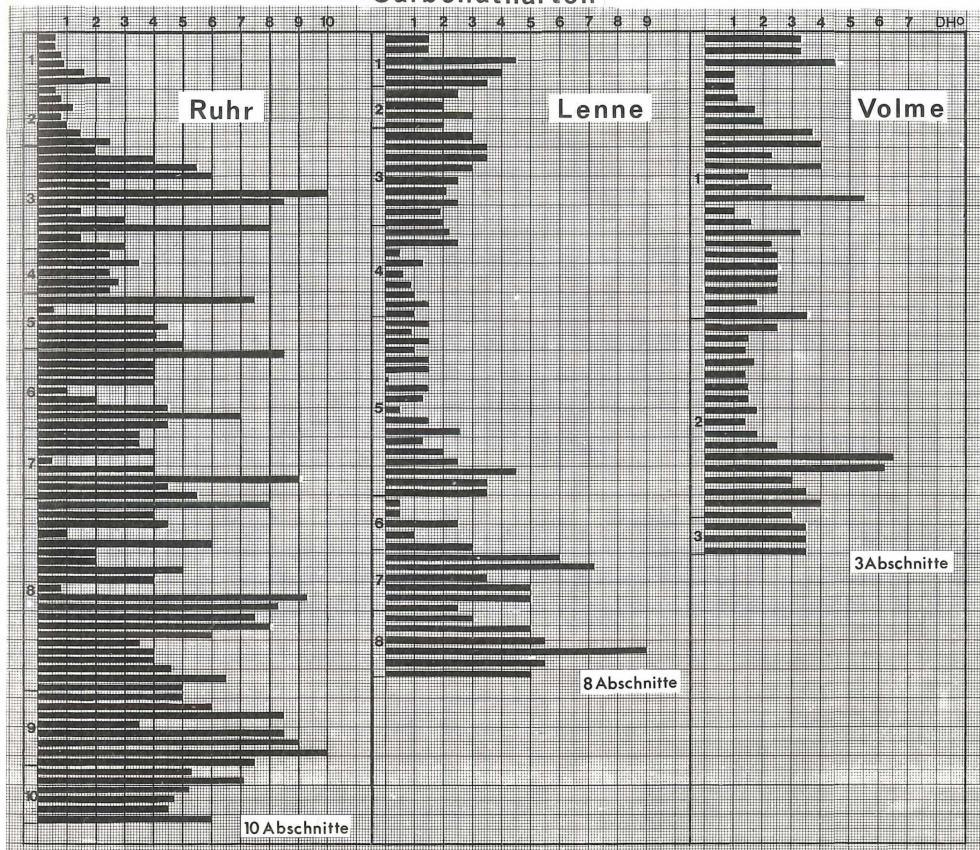


Abb. 4.2: Säulendiagramme mit Carbonathärteten für Ruhr, Lenne und Volme.

- a) die Ruhr in dem Oberlauf (Abschnitte 1 und 2) relativ ausgeglichene Ergebnisse zeigt, aber schon in dem Abschnitt 3 stark schwankende Ergebnisse aufweist, die in den Werten höher liegen als die von Lenne und der Volme
- b) die zufließenden Bäche höhere und stark schwankende Carbonathärte-Werte in die Ruhr einbringen, die beim Einfluß in den Hengstey-See $6 - 8 \text{ DH}^\circ$ betragen
- c) die Lenne in ihrem Oberlauf, einschließlich der Entnahmestellen im Abschnitt 2, im allgemeinen höhere Carbonathärte-Werte aufweist als die Ruhr in den Abschnitten 1 und 2. Die Werte sinken dann und sind in den Abschnitten 4 und 5 ziemlich konstant. Die Gewässerbereiche müssen geologisch beeinflußt sein durch Bäche aus Ca-armen Gebieten. In den Abschnitten 6 - 8 sind dann wieder carbonathaltigere Zuläufe feststellbar.
- d) die Volme im Quell-Bachgebiet höhere Carbonathärten aufweist. Dann folgt ein Abschnitt mit niedrigeren, aber weniger schwankenden Carbonathärte-Werten, und im 3. Abschnitt sind bis zur Einmündung in den Hengstey-See die festgestellten Carbonathärte-Werte fast konstant.

2. Gesamthärte

- 2. Die Werte der Gesamthärte von Ruhr, Lenne und Volme ähneln sich in ihrem talwärts führenden Verlauf auf einigen Gewässerstrecken. Die Analysenwerte von Lenne und Volme zeigen bis auf den Oberlauf beider Gewässerstrecken weniger schwankende Werte an. In der Ruhr dagegen treten in den Abschnitten 3 - 8 erhebliche Schwankungen in den Werten der Gesamthärte auf. In den Abschnitten 8 - 10 sind Gesamthärte-Werte von $10 - 14 \text{ DH}^\circ$ festzustellen, die gegenüber den Werten der Volme erheblich höher liegen. Überhaupt sind die Gesamthärte-Werte im Volmeverlauf nicht so schwankend wie die von Ruhr und Lenne und liegen mit ihren Gesamthärte-Werten etwa zwischen $3 - 8 \text{ DH}^\circ$.

Welche Ergebnisse zeigen die Gesamthärte-Werte der Lenne nun gegenüber der Volme und der Ruhr? In den Abschnitten 1 - 4 einschließlich pendeln die Werte etwa zwischen $3 - 8 \text{ DH}^\circ$. In den Abschnitten 7 - 8 treten dann erhebliche Schwankungen (bis zu 28 DH°) auf. Abwasserbelastungen in der Verse und Else beeinflussen auch noch die Lenne.

Gesamthärtens

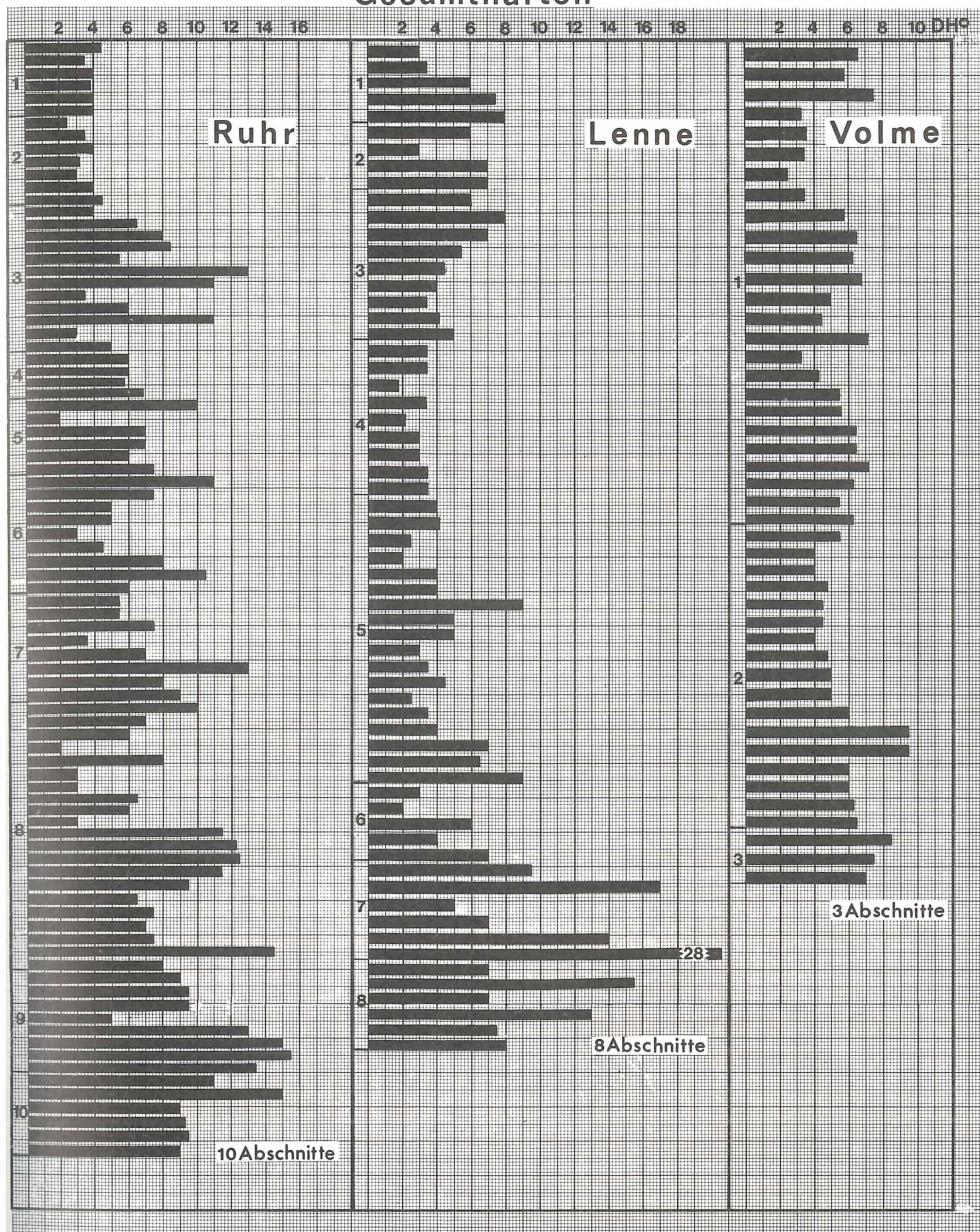


Abb. 4.3: Säulendiagramme mit Gesamthärtens für Ruhr, Lenne und Volme.

In den Oberläufen sind die Analysenergebnisse von Lenne und Volme weniger schwankend als die der Ruhr in den Abschnitten 3 - 7. In den Abschnitten 8 - 10 sind in der Ruhr Gesamthärtewerte von 10 - 14 DH° festzustellen. Sie liegen wesentlich höher als die der Lenne, deren Gesamthärtens zwischen 3 - 8 DH° schwanken. Die Analysenwerte dieses Parameters steigen bei der Lenne im Abschnitt 7 bis auf 28 DH°, das sind Abwasserbelastungen, die aus der unteren Verse und der Else kommen.

3. Nitrate

Die Nitrate in Ruhr, Lenne und Volme zeigen stetig sich verändernde Werte in den einzelnen Abschnitten. Von kleinsten Werten springen die Analysenergebnisse auf Mittel- und auf Höchstwerte. Diese Schwankungen sind nicht mehr auf Düngerbeeinflussungen zurückzuführen, sondern zeigen erhebliche Belastungen anderer Art an.

In der Ruhr kommen die Nitrat-Werte vereinzelt auf 30 mg und erreichen im Abschnitt 10 sogar eine Gesamthöhe von 110 mg. In der Lenne schwanken die Werte noch stärker und steigern sich von 40 mg bis auf 190 mg. In der Volme sind im Quell-Bachgebiet schon Werte von 40 mg festgestellt worden, sie liegen dann ziemlich konstant zwischen 18 und 40 mg, um im Ennepetal in 2 Proben auf 300 - 400 mg anzusteigen.

Aus diesen Gegenüberstellungen der wasserchemischen Ergebnisse für Nitrate von Ruhr, Lenne und Volme läßt sich erkennen, wie stark Lenne und Volme, insbesondere die Volme, belastet sind.

Erkennbar ist aber auch - besonders in der Volme -, daß die Nitrate in den Oberläufen von Ruhr, Lenne und Volme teilweise noch biologisch abgebaut werden und daher auch die großen Schwankungen von Probe zu Probe erkläubar sein dürften. Die hohe Belastung an Nitraten bis zu 40 mg bleibt bis in die Einmündung der Volme in den Hengstey-See erhalten. Die kanalisierten Unterläufe der Ennepe und Volme, die die Stadt Hagen durchfließen, können biologisch die Nitrate nicht mehr abbauen.

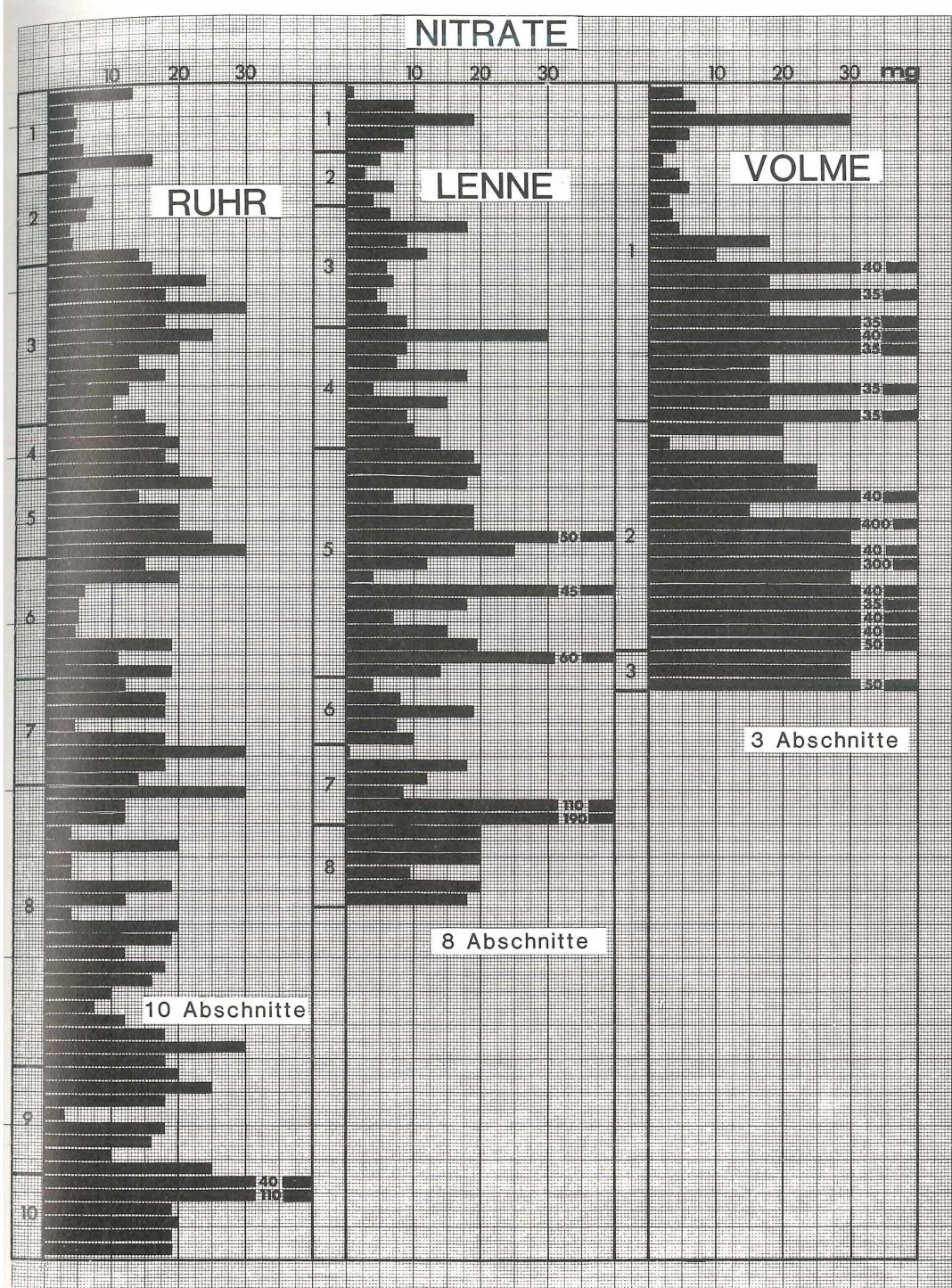


Abb. 4.4: Säulendiagramme mit Nitrat-Werten für Ruhr, Lenne und Volme.

4. Chloride

Bei einem Vergleich der Chloridwerte von Ruhr, Lenne und Volme (Abbildung 4.5) sind gewisse Ähnlichkeiten in den Oberläufen der Ruhr (Abschnitt 1 - 5) und Lenne (Abschnitte 1 - 4) zu erkennen. Die Volme hingegen hat im Quellgebiet relativ hohe Chloridbelastungen, die sich mit ziemlicher Gleichmäßigkeit bis zur Mündung in den Hengstey-See fortsetzen.

Die Ruhr (Abschnitte 6 und 7) und die Lenne (Abschnitte 5 und 6) zeigen erhebliche Schwankungen der Chloridwerte im Mittellauf auf, wobei Einzelwerte in der Lenne bis 70 mg Cl noch größer sind als die in der Ruhr. In den letzten Abschnitten der Ruhr (8 - 10) ist eine relativ gleichmäßig hohe Belastung mit Werten von 20,0 - 90,0 mg Cl auffallend, während bei der Lenne in den Abschnitten 7 und 8 Werte bis 40 mg Cl, mit einer Ausnahme von 50 mg, festzustellen sind.

Die Niedrigwerte von Chloriden und Nitraten weisen immer wieder auf Probeentnahmen hin, die aus Bachzuläufen genommen worden sind. Die Säulendarstellungen der Nitrat- und Chloridwerte in den 3 Flüssen Ruhr, Lenne und Volme geben ein aufschlußreiches Spiegelbild wieder, wie stark Abwasserzuflüsse die Natürlichkeit der Fließgewässer verändern. Außerdem zeigen sie auch, wie sich die Belastungen in den Fließgewässern verhalten, d.h., ob sie abbaubar sind oder eine chemische Belastung bleiben. Die Volme ist beispielhaft für ein stark belastetes Fließgewässergebiet in ihrem Gesamtverlauf.

Wenn man die Faktoren Carbonathärte, Gesamthärte, Nitrate und Chloride in den 3 Fließgewässern: Ruhr, Lenne und Volme vergleicht, ist abzulesen:

1. Ruhr und Lenne ähneln sich in den Oberläufen wasserchemisch, wohingegen die Volme bereits im Quell-Bachgebiet stark belastet wird,
2. in den Mittellaufen wachsen die Belastungen der wasserchemischen Abwasserwerte durch größer werdende Ansiedlungen und Zuwachs an Industrie- und Gewerbebetrieben,
3. in den Unterläufen und Mündungsgebieten kommen weitere Belastungen hinzu, und ein biologischer Abbau oder biologische Selbstreinigung ist kaum feststellbar.

Die 3 Fließgewässerstrecken Ruhr, Lenne und Volme vereinigen sich im Hengstey-See und das gemischte, belastete Wasser fließt als "Ruhr" weiter talwärts in den Rhein.

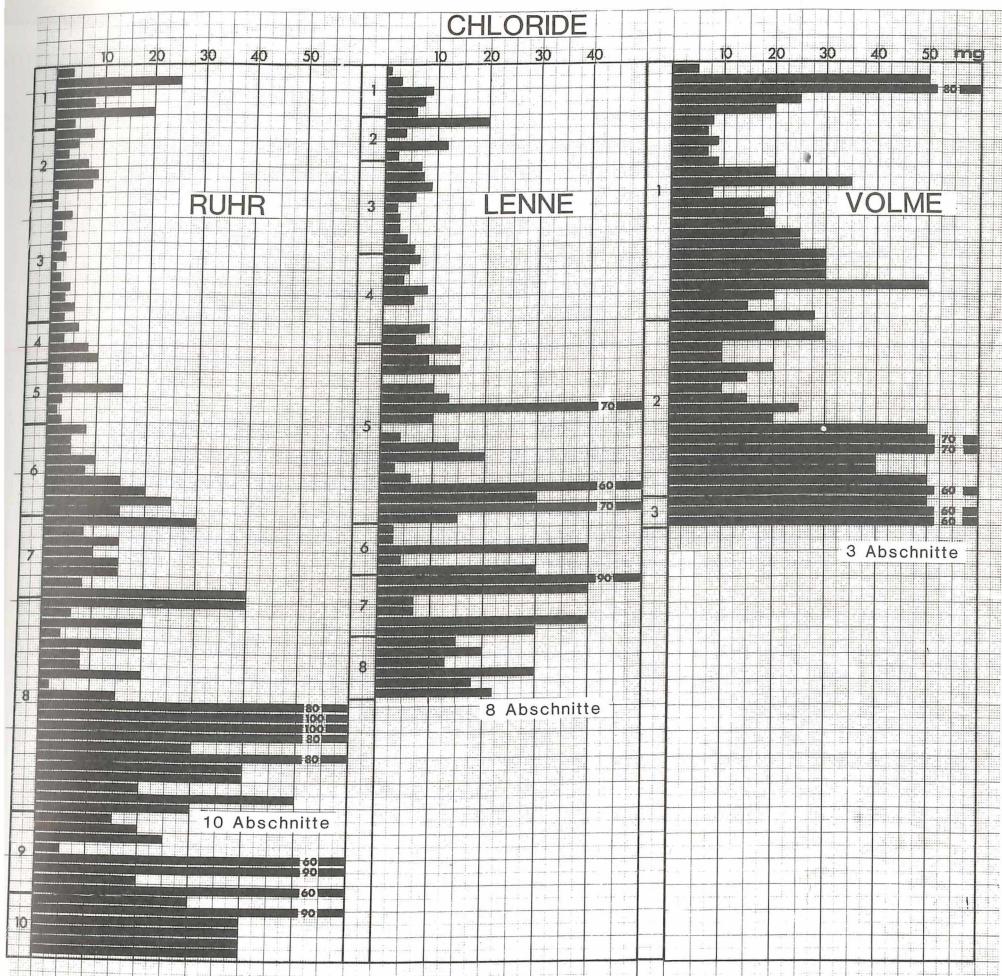


Abb. 4.5: Säulendiagramme mit Chlorid-Werten für Ruhr, Lenne und Volme.

Anschließend an diese wasserchemischen Ergebnisse sei schon hier auf den Abschnitt 4.5 Gewässergüte, Gewässergüte-Berichte und Gewässergüte-Karten hingewiesen, die von dem "Landesamt für Wasser und Abfall des Landes Nordrhein-Westfalen" herausgebracht wurden (GEWÄSSERGÜTE-BERICHTE 1980, 1981, 1982, 1983, 1984) sowie die Gewässergüte-Karten (GEWÄSSERGÜTE-KARTEN 1980, 1985). Dem "Landesamt für Wasser und Abfall" sei an dieser Stelle für die Überlassung ihrer Veröffentlichungen herzlich gedankt.

4.2 Vergleiche der biologischen Ergebnisse

Werden nach den aufschlußreichen wasserchemischen Untersuchungsergebnissen auch biologische Reaktionen bei den Diatomeen feststellbar sein? Warum sind überhaupt die Diatomeen als Testlebewesen zum Vergleich herangezogen worden und nicht die in Fließgewässern lebenden Kleintiere (Insektenlarven, Mollusken oder Krebstiere)?

1. Überall, wo es Wasser gibt - ob Salz- oder Süßwasser - sind Diatomeen anzutreffen, die in mannigfachen Arten auftreten, aber unterschiedliche Lebensvoraussetzungen benötigen.
 2. Diatomeen sind seit der Jura Formation - gesteinbildend seit der oberen Kreide - bekannt. In die einzelligen autotrophen Algen ist in die Zellmembran Kieselsäure in verschiedenen Strukturformen eingelagert, so daß die Doppelschalen auch nach dem Ableben erhalten bleiben und überall nachgewiesen werden können.

Auf die vorliegenden Untersuchungen bezogen heißt das, aus dem Großbiotop Sauerland könnten von den untersuchten Fließgewässern Ruhr, Lenne und Volme zwischen Diatomeen-Arten und dem wechselnden Wasserchemismus ökologische Zusammenhänge nachgewiesen werden. Es ist versucht worden, diese Probleme in nachfolgenden Tabellen, Vergleichsbetrachtungen, Mittelwertberechnungen und Zusammenfassungen aufzuschlüsseln.

Grundlage für die ersten Berechnungen sind die steigenden Carbonathärte-Werte der Lenne, die den Werten von Ruhr und Volme für 22 Diatomeen-Arten (Tab. 4.1) gegenübergestellt worden sind. Gleichzeitig sind aber auch in dieser Tabelle die errechneten Mittelwerte für die Gesamthärtungen, NO₃, SiO₂ und Cl mit aufgenommen worden.

In den Vergleichsbeurteilungen wurden Toleranzen eingeräumt, die die Möglichkeiten unmittelbarer Vergleiche der chemischen Analysenwerte bei den Diatomeen-Arten zulassen (in Tab. 4.1 durch Unterstreichungen gekennzeichnet).

Toleranzgrenzen für "Näherungswerte": Carbonathärte = bis 1,0 DH°
 (gelten für alle weiteren Tabellen) Gesamthärte = bis 1,5 DH°
 NO_3^- - bis 1,5 mg
 SiO_3^{2-} = bis 1,5 mg
 Cl^- = bis 1,5 mg

TABLE 4.1

Mittlerwert-Vergleichstabelle von 22 gleichen Diatomeen-Arten aus den Flüssen Ruhr-Lenne und Volme nach steigenden Carbonathärte-Werten der Lenne geordnet (Finteitung in Abschritte vergleiche Lenne Tabelle 210)

Rühr

L e n n e

Volume

Abschnitt	Diatomeen-Art										Diatomeen-Art									
	CI mg	SiO ₂ mg	NO ₃ mg	Ges. Härte DH	Carb. Härte DH	Ges. Härte DH	Carb. Härte DH	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Diatomeen-Art	Carb. Härte DH	Ges. Härte DH	Carb. Härte DH	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Diatomeen-Art				
1	12,3	8,3	11,0	3,9	2,4	1,4	2,9	13,5	9,0	10,8 Tabellaria flocculosa	3,6	6,4	37,5	1,8	45,0					
	18,0	7,9	12,0	6,3	3,9	1,6	4,5	15,5	8,2	12,1 Surirella tenera	2,2	5,5	45,2	6,5	24,1					
	12,3	7,6	9,7	4,5	2,5	1,7	3,4	13,3	8,4	10,9 Fragilaria virescens	2,4	5,5	27,3	3,1	39,8					
	22,5	7,9	23,1	10,7	6,8	1,7	4,7	14,7	7,3	9,0 Gyrosigma kützingii	2,3	5,2	18,5	4,5	24,6					
	29,0	7,9	11,8	6,5	3,2	1,8	3,7	10,8	8,6	6,8 Pinnularia gentilis	2,6	5,5	22,5	2,9	20,4					
2	14,0	5,8	14,3	6,5	3,6	2,0	5,0	15,0	7,5	8,4 Syndera ulna v. dan.	-	-	-	-	-					
	17,5	7,8	20,0	7,6	4,6	2,1	5,0	10,0	7,0	15,3 Cocconeis pl. v. eug.	2,6	6,0	18,9	4,2	23,3					
	15,3	8,7	11,7	9,3	5,2	2,1	4,7	15,3	7,7	13,2 Frustulia vulgaris	1,9	4,7	25,7	2,7	30,5					
	14,0	5,3	12,5	8,5	5,2	2,1	4,1	11,6	8,1	5,9 Cymbella aspera	-	-	-	-	-					
	11,3	7,5	10,0	6,3	4,0	2,4	5,8	8,6	6,1	11,3 Diatoma hiem. v. meso.	1,9	3,7	9,6	1,6	9,7					
	17,5	4,1	17,8	8,8	5,5	2,5	5,7	10,6	6,6	17,6 Navicula radiosa	2,6	5,7	21,3	2,6	19,0					
	31,0	8,6	19,0	10,9	6,1	2,5	5,4	23,8	8,4	19,6 Surirella ovata	3,3	6,4	24,5	2,6	32,7					
	2,4	7,3	21,2	7,5	4,0	2,6	6,4	28,5	7,8	21,0 Syndera ul. v. oxyr.	3,2	5,0	46,4	2,1	40,2					
	11,2	7,2	14,6	6,5	3,7	2,6	5,6	16,6	7,5	13,0 Stauroneis phoenic.	2,5	5,4	53,9	3,0	29,3					
3	36,0	8,2	18,0	9,5	5,5	3,1	6,2	13,4	7,0	10,2 Cymbella min. v. sili.	3,1	5,9	20,9	2,3	19,5					
	21,0	7,6	18,1	8,3	5,2	3,6	6,8	21,1	8,0	16,9 Navicula cuspidata	4,5	6,0	40,3	2,3	35,4					
	29,0	7,6	25,5	9,1	5,6	3,8	9,2	48,6	7,9	23,0 Nitzschia spectabilis	2,9	6,2	36,6	2,5	24,4					
	16,3	6,6	20,0	7,9	4,7	4,2	7,1	17,2	7,9	15,2 Nitzschia sigmaidea	-	-	-	-	-					
	18,0	5,8	17,0	7,9	5,0	4,5	6,8	14,9	6,6	15,6 Pinnularia maior	2,4	5,3	34,6	4,6	25,4					
	26,0	7,2	15,6	7,7	4,8	4,8	8,5	20,0	8,1	17,5 Cymatopleura ellip.	2,8	6,6	15,4	6,5	29,0					
	63,0	8,7	49,0	2,4	6,5	4,8	10,9	22,0	7,3	26,7 Goniphonema parvulum	2,5	5,3	15,0	3,7	28,4					
	13,7	7,6	17,1	6,7	4,0	4,9	15,1	63,0	7,2	22,2 Diatoma vulg. v. lin.	-	-	-	-	-					

Zur besseren Erkenntnis der bisher berechneten und untereinander vergleichbaren wasserchemischen Werte für 22 Diatomeen-Arten von Lenne, Ruhr und Volme der Tab. 4.1 wurden nur die unterstrichenen Werte nochmals zusammengestellt in den Tabellen 4.2 und 4.3 in der Reihenfolge: Carbonathärte, Gesamthärte, NO_3^- , SiO_2 , Cl. In dieser Zusammenstellung fallen die vielfachen Übereinstimmungen und Näherungswerte auf, die zwischen Diatomeen-Arten bestehen, bezogen auf die wasserchemischen Untersuchungsergebnisse von Ruhr, Lenne und Volme.

T A B E L L E 4.2

Auswertung der Tabelle 4.1. Übereinstimmungen der Näherungswerte zwischen den Flüssen Ruhr, Lenne und Volme (Grundlage: steigende Carbonathärte-Werte der Lenne)

Diatomeen-Art	R u h r					L e n n e					V o l m e					
	Carb. Härt. DH°	Ges. Härt. DH°	NO_3^- mg	SiO_2 mg	Cl mg	Carb. Härt. DH°	Ges. Härt. DH°	NO_3^- mg	SiO_2 mg	Cl mg	Carb. Härt. DH°	Ges. Härt. DH°	NO_3^- mg	SiO_2 mg	Cl mg	Abschn.
<i>Tabellaria floccul.</i>	2,4	3,9	—	8,3	12,3	1,4	2,9	—	9,0	10,8	—	—	—	—	—	
<i>Surirella tenera</i>	—	6,3	—	7,9	—	1,6	4,5	—	8,2	12,1	2,2	5,5	—	6,5	—	
<i>Fragilaria virescens</i>	2,5	4,5	—	7,6	12,3	1,7	3,4	—	8,4	10,9	2,4	5,5	—	—	—	1
<i>Gyrosigma kützingii</i>	—	—	—	7,9	22,5	1,7	4,7	—	7,3	—	2,3	5,2	—	—	—	24,6
<i>Pinnularia gentilis</i>	3,2	6,5	11,8	7,9	—	1,8	—	10,8	8,6	—	2,6	5,5	—	—	—	
<i>Synedra ulna v. dan.</i>	—	6,5	14,3	—	—	—	5,0	15,0	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Cocc. pl. v. eug.</i>	—	—	20,0	7,8	—	2,1	5,0	—	7,0	—	2,6	6,0	18,9	—	—	
<i>Frustulia vulgaris</i>	—	—	—	8,7	—	2,1	4,7	—	7,7	—	1,9	4,7	—	—	—	
<i>Cymbella aspera</i>	—	—	12,5	—	—	—	—	11,6	—	—	—	—	—	—	—	2
<i>Diatoma hlem. v. meso</i>	—	6,3	10,0	7,5	11,3	2,4	5,8	8,6	6,1	11,3	1,9	—	9,6	—	—	
<i>Navicula radiosa</i>	—	—	—	4,1	17,5	2,5	5,7	—	—	17,6	2,6	5,7	—	2,6	19,0	
<i>Surirella ovata</i>	—	—	—	8,6	—	2,5	5,4	23,8	8,4	—	3,3	6,4	24,5	—	—	
<i>Syn. ul. v. oxyr.</i>	4,0	7,5	—	7,3	—	2,6	6,4	—	7,8	—	3,2	5,0	—	—	—	
<i>Stauroneis phoenic.</i>	—	6,5	—	7,2	—	2,6	5,6	—	7,5	—	2,5	5,4	—	—	—	
<i>Cymb. min. v. sil.</i>	—	—	—	8,2	—	3,1	6,2	—	7,0	—	3,1	5,9	—	—	—	
<i>Navicula cuspidata</i>	5,2	8,3	—	7,6	—	3,6	6,8	—	8,0	—	4,5	6,0	—	—	—	3
<i>Nitzschia spectabilis</i>	—	9,1	—	7,6	—	3,8	9,2	—	7,9	23,0	2,9	—	—	—	24,4	
<i>Nitzschia sigma</i>	4,7	7,9	—	6,6	16,3	4,2	7,1	—	7,9	15,2	—	—	—	—	—	
<i>Pinnularia major</i>	5,0	7,9	—	5,8	—	4,5	6,8	—	6,6	—	—	5,3	—	4,6	—	4
<i>Cymatopleura ellip.</i>	4,8	7,7	15,6	7,2	—	4,8	8,5	—	8,1	—	—	6,6	15,4	6,5	—	
<i>Gomphonema parvulum</i>	—	12,4	—	8,7	—	—	10,9	—	7,3	—	—	—	—	—	—	
<i>Diat. vulg. v. lin.</i>	4,0	—	—	7,6	—	4,9	—	—	7,2	—	—	—	—	—	—	

Spiegelverkehrte Aufteilung der Ergebnisse für die Ruhr aufgehoben

In der nachfolgenden Tabelle 4.3 wurden die Einzelmittelwerte der Tabelle 4.2 für die ausgewählten Diatomeen-Arten – soweit sie die Toleranzen nicht überschreiten – zusammengezogen. Als Von-Bis-Werte wurden sie in den einzelnen Parametern für alle 3 Flüsse gemeinsam in Spalten waagerecht gegenübergestellt. Minimal- und Maximalwerte für die Diatomeen-Arten sind erkennbar.

In Tabelle 4.3 weist die Diatomeen-Art: Diatoma hiemale var. mesodon bei 5 Näherungen im Toleranzbereich - zwar nur 2-fach in jeweils 2 Flüssen - ein markantes Ergebnis auf.

Auch die 3fachen Näherungen der Von-Bis-Werte im Toleranzbereich bei Ruhr, Lenne und Volme für folgende 9 Diatomeen-Arten (Tabelle 4.3) ist bemerkenswert.

	Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°	SiO ₂ mg 2	Cl mg
Surirella tenera		4,5 - 6,3	6,5 - 8,2	
Fragilaria virescens	1,7 - 2,5	3,4 - 5,5		
Pinnularia gentilis	1,8 - 3,2			17,5 - 19,0
Navicula radiosa				
Synedra ulna var. oxyr.	2,6 - 4,0	5,0 - 7,5		
Stauroneis phoenicenteron		5,4 - 6,5		
Navicula cuspidata	3,6 - 5,2	6,0 - 8,3		
Pinnularia maior		5,3 - 7,9	4,6 - 6,6	
Cymatopleura elliptica		6,6 - 8,5	6,5 - 8,1	

Erwähnenswert sind auch die Diatomeen-Arten, bei denen eine 4-malige, 2-fache Näherung festzustellen ist, denn hier treten ebenfalls für die Diatomeen-Arten die wasserchemischen Werte zutage, die eine optimale Existenzvoraussetzung aufzeigen (Tabelle 4.3).

Diatomeen-Art	Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
Tabellaria flocculosa	1,4 - 2,4	2,9 - 3,9	-	8,3 - 9,0	10,8 - 12,3
Cocc. plac. v. eugl.	2,1 - 2,6	5,0 - 6,0	18,9 - 20,0	7,0 - 7,8	-
Surirella ovata	2,5 - 3,3	5,4 - 6,4	23,8 - 24,5	8,4 - 8,6	-
Nitzschia spectabilis	2,9 - 3,8	9,1 - 9,2	-	7,6 - 7,9	23,0 - 24,4
Nitzschia sigmaidea	4,2 - 4,7	7,1 - 7,9	-	6,6 - 7,9	15,2 - 16,3

T A B E L L E 4.3

Bewertung der Tab. 4.2: Zusammenfassung der Von-Bis-Werte bei den einzelnen wasserchemischen Parametern für Ruhr, Lenne und Volme

	R u h r und	L e n n e und	V o l m e			Toler.-Überein- stimmungen für Diatomeen-Arten 3-fach 2-fach	Abschn.
Diatomeen-Art	Carb.-Härte DH	Ges.-Härte DH	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg		
<i>Tabellaria flocculosa</i>	1,4 - 2,4	2,9 - 3,9	-	8,3 - 9,0	10,8 - 12,3	4 x 2	
<i>Surirella tenera</i>	1,6 - 2,2	4,5 - 6,3	-	6,5 - 8,2	-	2 x 3	1 x 2
<i>Fragilaria virescens</i>	1,7 - 2,5	3,4 - 5,5	-	7,6 - 8,4	10,9 - 12,3	2 x 3	2 x 2
<i>Gyrosigma kützingii</i>	1,7 - 2,3	4,7 - 5,2	-	7,3 - 7,9	-	3 x 2	
<i>Pinnularia gentilis</i>	1,8 - 3,2	-	10,8 - 11,8	7,9 - 8,6	-	1 x 3	2 x 2
<i>Synedra ulna v. danica</i>	-	5,0 - 6,5	14,3 - 15,0	-	-	2 x 2	
<i>Coccneis plac. v. eugl.</i>	2,1 - 2,6	5,0 - 6,0	18,9 - 20,0	7,0 - 7,8	-	4 x 2	
<i>Frustulia vulgaris</i>	1,9 - 2,1	4,7	-	7,7 - 8,7	-	3 x 2	
<i>Cymbella aspera</i>	-	-	11,6 - 12,5	-	-	1 x 2	
<i>Diatoma hiem. v. mesodon</i>	1,9 - 2,4	5,8 - 6,3	8,6 - 10,0	6,1 - 7,5	11,3	5 x 2	2
<i>Navicula radios</i>	2,5 - 2,6	5,7	-	2,6 - 4,1	17,5 - 19,0	1 x 3	3 x 2
<i>Surirella ovata</i>	2,5 - 3,3	5,4 - 6,4	23,8 - 24,5	8,4 - 8,6	-	4 x 2	
<i>Synedra ulna v. oxyr.</i>	2,6 - 4,0	5,0 - 7,5	-	7,3 - 7,8	-	2 x 3	1 x 2
<i>Stauroneis phoenic.</i>	2,5 - 2,6	5,4 - 6,5	-	7,2 - 7,5	-	1 x 3	2 x 2
<i>Cymbella min. v. sil.</i>	3,1	5,9 - 6,2	-	7,0 - 8,2	-	3 x 2	
<i>Navicula cuspidata</i>	3,6 - 5,2	6,0 - 8,3	-	7,6 - 8,0	-	1 x 2	3
<i>Nitzschia spectabilis</i>	2,9 - 3,8	9,1 - 9,2	-	7,6 - 7,9	23,0 - 24,4	4 x 2	
<i>Nitzschia sigmaoidea</i>	4,2 - 4,7	7,1 - 7,9	-	6,6 - 7,9	15,2 - 16,3	4 x 2	
<i>Pinnularia maior</i>	4,5 - 5,0	5,3 - 7,9	-	4,6 - 6,6	-	2 x 3	1 x 2
<i>Cymatop leura elliptica</i>	4,8	6,6 - 8,5	15,4 - 15,6	6,5 - 8,1	-	2 x 3	2 x 2
<i>Gomphonema parvulum</i>	-	10,9 - 12,4	-	7,3 - 8,7	-	2 x 2	
<i>Diatoma vulg. v. lin.</i>	4,0 - 4,9	-	-	7,2 - 7,6	-	2 x 2	

In der Tabelle 4.3 fallen - als unterstrichen - die Diatomeen-Arten auf, für die in Ruhr, Lenne und Volme Gemeinsamkeiten (Kennwerte) abzulesen sind. Unterstrichene Zahlenwerte stimmen in Ruhr, Lenne und Volme - also 3-fach - überein, die anderen Werte - nicht unterstrichen - stimmen in 2 Flüssen - also 2-fach - überein. Die große Zahl der Übereinstimmungen innerhalb der festgesetzten Toleranzen ist bemerkenswert.

Dieses Ergebnis zwingt zu einer noch umfangreicherer Auswertung der untersuchten Proben aller 3 Flüsse. Aus umfangreicherer neuen Mittelwertberechnungen wurden Proben mit außergewöhnlichen Werten der chemischen Parameter, die auf Abwasserbelastungen hinweisen (In Carbonat- und Gesamthärteten, NH₄, NO₃, SiO₂ und Cl), ausgeschaltet.

Die umfangreicherer neuen Mittelwertberechnungen, die aus Proben ohne Abwasserbelastung stammen, wurden für sich weiter ausgewertet.

Die Proben, die Hinweise auf Belastungen geben, werden einer besonderen Auswertung unterzogen. In späteren Gegenüberstellungen von unbelasteten und belasteten Proben wird das verschiedenartige und spezifische Verhalten von Diatomeen-Arten herausgearbeitet (Tabellen 4.21 und 4.22).

In der Tabelle 4.4 sind die Diatomeenfunde aller 3 Fließgewässer Ruhr, Lenne und Volme zusammengefaßt worden (HUSTEDT 1930). Sie wurden jedoch nach Ruhr, Volme und Lenne unterteilt. Die + + besagen, daß die Diatomeen-Art in dem jeweiligen Fließgewässer in der Anzahl von Proben gefunden wurde, die zahlenmäßig dahinter vermerkt ist. Die Häufigkeitsstufen konnten allerdings in dieser Tabelle bei den Diatomeen-Arten nicht mehr berücksichtigt werden. Die Zahlen an der rechten Außenspalte sind eine Addition der Proben von allen 3 Fließgewässern, sofern die Diatomeen-Art in der Ruhr, Lenne und Volme vorhanden war und durch Addition die Zahl 20 erreichte. Durch diese Addition sind auch die euryöken Diatomeen-Arten miteinbezogen worden, die in den Einzeluntersuchungen von Ruhr, Lenne und Volme bei den Mittelwertberechnungen teilweise nicht berücksichtigt wurden. Die Größe der Additionszahl zeigt für die Diatomeen-Art an, wie oft sie in den Proben angetroffen wurde, sagt jedoch über die Häufigkeitsstufe je Probe nichts mehr aus.

Die Auflistung aller gefundenen Diatomeen-Arten gibt interessante Aufschlüsse, weil zu erkennen ist, daß das Auftreten verschiedener Diatomeen-Arten in Ruhr, Lenne und Volme sehr unterschiedlich ist.

Trotz niedrigerer Additionszahlen wurden in die Auswertung mit hineingenommen folgende Diatomeen-Arten: (rechte Außenzahlenreihe Tabelle 4.4)

	<u>Additionszahl</u>
<i>Stephanodiscus astraea</i>	8
<i>Coscinodiscus roth. v. subsalsa</i>	10
<i>Diatoma hiemale</i>	19
<i>Synedra ulna v. impressa</i>	10
<i>Pinnularia borealis</i>	9
<i>Nitzschia gracilis</i>	18

In den Einzeluntersuchungen von Ruhr, Lenne und Volme wurden für diese Diatomeen-Arten interessante Einzelergebnisse festgestellt.

T A B E L L E 4.4

Z u s a m m e n s t e l l u n g aller Diatomeen-Arten,
die in der Ruhr, Lenne und Volme gefunden wurden

Diatomeen-Art Systematische Ordnung nach HUSTEDT 1930	Ruhr ===== In Prob.	Gef. ===== In Prob.	Lenne ===== In Prob.	Gef. ===== In Prob.	Volme ===== In Prob.	Gef. ===== In Prob.	Diat.-Arten aus Ruhr, Lenne und Volme (Über 20)	Fot.
<i>Melosira arenaria</i>	++	9	++	7	--	--		
<i>Melosira granulata</i>	++	38	++	28	++	2	68	
<i>Melosira Islandica</i>	--	--	--	--	++	15		
<i>Melosira Islandica</i> var. <i>helvetica</i>	--	--	++	1	--	--		
<i>Melosira Italica</i>	--	--	++	5	++	40		
<i>Melosira distans</i>	--	--	++	2	--	--		
<i>Melosira fennoscandica</i> n. sp.	--	--	--	--	++	1		
<i>Cyclotella glomerata</i>	--	--	++	2	--	--		
<i>Cyclotella</i> spec.	++	5	--	--	--	--		
<i>Stephanodiscus dubius</i>	++	2	++	3	--	--		
<i>Stephanodiscus astraea</i>	++	6	++	1	++	1	8	
<i>Actinophtychus undulatus</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Coscinodiscus rothii</i> v. <i>subsalsa</i>	++	7	++	3	--	--	10	
<i>Coscinodiscus antiquus</i>	--	--	--	--	++	2		
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Coscinodiscus</i> spec.	++	3	--	--	--	--		
<i>Tetraencyclus rupestris</i>	++	6	--	--	--	--		
<i>Tabellaria fenestrata</i>	++	1	++	5	++	4		0
<i>Tabellaria flocculosa</i>	++	9	++	9	++	9	27	0
<i>Diatoma vulgare</i>	++	62	++	2	++	3	67	0
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>ovalis</i>	--	--	++	12	++	1		
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>brevis</i>	--	--	++	1	++	1		
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>producta</i>	--	--	++	2	++	2		0
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>capitulata</i>	--	--	--	--	++	5		
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>linearis</i>	--	--	++	9	++	2		0
<i>Diatoma vulg.</i> v. <i>grandis</i>	--	--	++	3	++	5		
<i>Diatoma elongatum</i>	--	--	++	1	++	8		
<i>Diatoma hemale</i>	++	12	++	6	++	1	19	0
<i>Diatoma hemale</i> v. <i>mesodon</i>	++	14	++	16	++	4	34	0
<i>Diatoma anceps</i>	++	5	++	2	--	--		0
<i>Meridion circulare</i>	++	77	++	40	++	38	155	0
<i>Meridion circulare</i> var. <i>constricta</i>	++	7	--	--	--	--		
<i>Opephora martyi</i>	--	--	--	--	++	6		
<i>Ceratonels arcus</i>	++	1	++	10	++	2		0
<i>Ceratonels arcus</i> v. <i>amphioxys</i>	--	--	++	4	--	--		0
<i>Fragilaria crotonensis</i>	++	1	++	4	++	7		
<i>Fragilaria capucina</i>	++	37	++	7	++	2	46	0
<i>Fragilaria capucina</i> v. <i>lanceolata</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Fragilaria Intermedia</i>	--	--	++	1	++	1		
<i>Fragilaria gracillima</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Fragilaria harrissonii</i>	++	1	--	--	--	--		0
<i>Fragilaria construens</i>	++	26	++	4	++	25	55	0
<i>Fragilaria pinnata</i>	++	8	++	4	--	--		
<i>Fragilaria virescens</i>	++	49	++	35	++	28	112	0
<i>Fragilaria virescens</i> v. <i>elliptica</i>	--	--	++	1	++	2		0
<i>Fragilaria</i> spec.	++	1	--	--	--	--		
<i>Fragilaria brevistriata</i>	++	2	++	6	++	1		0
<i>Fragilaria lapponica</i>	++	8	++	4	--	--		0
<i>Fragilaria</i> spec.	++	2	--	--	--	--		
<i>Asterionella formosa</i> Hassell	--	--	++	16	++	2		
<i>Asterionella gracilissima</i> (Hantzsch.) Heiberg	--	--	++	1	++	17		0

Fortsetzung Tabelle 4.4

Diatomeen-Art Systematische Ordnung nach HUSTEDT 1930	Ruhr ==== Prob.	Gef. in Prob.	Lenne ===== Prob.	Gef. in Prob.	Volme ===== Prob.	Gef. in Prob.	Diat.-Arten aus Ruhr, Lenne und Volme (über 20)	Foto
<i>Synedra ulna</i>	++	81	++	62	++	42	185	0
<i>Synedra ulna</i> v. <i>oxyrhynchus</i>	++	37	++	35	++	40	112	0
<i>Synedra ulna</i> v. <i>impressa</i>	++	4	++	1	++	5		0
<i>Synedra ulna</i> v. <i>biceps</i>	--	--	++	2	++	20		
<i>Synedra ulna</i> v. <i>amphirhynchus</i>	++	4	++	15	++	29	48	0
<i>Synedra ulna</i> v. <i>danica</i>	++	35	++	45	++	1	79	
<i>Synedra capitata</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Synedra acus</i>	++	8	++	11	++	23	42	0
<i>Synedra acus</i> v. <i>radians</i>	--	--	++	1	++	11		
<i>Synedra acus</i> v. <i>angustissima</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Synedra amphicephala</i>	--	--	++	1	--	--		
<i>Synedra rumpens</i>	--	--	++	3	++	18		
<i>Synedra rumpens</i> v. <i>fragilaroides</i>	--	--	--	--	++	2		
<i>Synedra minuscula</i>	--	--	++	3	++	1		
<i>Synedra nana</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Synedra affinis</i> var. <i>fasciculata</i>	--	--	++	1	++	7		
<i>Synedra tubulata</i>	--	--	--	--	++	1		0
<i>Synedra pulchella</i> v. <i>minuta</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Synedra actinastroides</i>	--	--	++	2	--	--		
<i>Synedra vaucheriae</i>	++	1	--	--	--	--		0
<i>Synedra vaucheriae</i> v. <i>truncata</i>	--	--	++	3	--	--		
<i>Synedra parasitica</i> v. <i>subconstricta</i>	--	--	++	1	--	--		
<i>Peronia erinacea</i>	--	--	++	1	--	--		
<i>Eunotia robusta</i> v. <i>tetraodon</i>	--	--	++	2	++	1		0
<i>Eunotia diodon</i>	--	--	++	1	--	--		0
<i>Eunotia praerupta</i>	++	3	++	1	++	1		0
<i>Eunotia praerupta</i> v. <i>inflata</i>	--	--	++	2	++	3		
<i>Eunotia arcus</i>	++	11	++	9	++	3	23	
<i>Eunotia tenella</i>	++	2	++	2	++	4		
<i>Eunotia trinacria</i>	++	1	++	2	--	--		
<i>Eunotia trinacria</i> v. <i>undulata</i>	--	--	++	1	--	--		
<i>Eunotia exigua</i>	++	1	++	2	++	2		0
<i>Eunotia exigua</i> v. <i>bidens</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Eunotia paludosa</i>	--	--	++	1	--	--		
<i>Eunotia valida</i>	++	6	++	2	++	3		0
<i>Eunotia pectinalis</i> v. <i>undulata</i>	--	--	++	2	--	--		0
<i>Eunotia pectinalis</i> v. <i>minor</i>	++	3	--	--	--	--		
<i>Eunotia kocheliensis</i>	--	--	++	1	++	3		
<i>Eunotia veneris</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Eunotia faba</i>	++	2	++	2	++	1		
<i>Eunotia lunaris</i>	++	2	++	4	++	8		0
<i>Eunotia lunaris</i> v. <i>subarcuata</i>	++	1	--	--	--	--		0
<i>Eunotia gracilis</i>	--	--	++	1	--	--		0
<i>Eunotia monodon</i> v. <i>maior</i> fo. <i>bidens</i>	--	--	++	1	++	1		
<i>Eunotia formica</i>	++	1	--	--	--	--		0
<i>Cocconeis pediculus</i>	++	11	++	6	++	39	56	0
<i>Cocconeis placentula</i>	++	19	++	5	++	24	48	0
<i>Cocconeis plac.</i> v. <i>euglypta</i>	++	33	++	27	++	24	84	0
<i>Cocconeis disculus</i>	--	--	--	--	++	2		
<i>Cocconeis scutellum</i>	--	--	--	--	++	2		
<i>Achnanthes minutissima</i>	++	4	++	2	--	--		
<i>Achnanthes exigua</i>	++	1	--	--	--	--		
<i>Achnanthes lanceolata</i>	++	60	++	40	++	42	142	0

Fortsetzung Tabelle 4.4

Diatomeen-Art Systematische Ordnung nach HUSTEDT 1930	Ruhr ===== in Prob.	Gef. ===== in Prob.	Lenne ===== in Prob.	Gef. ===== in Prob.	Volme ===== in Prob.	Gef. ===== in Prob.	Diat.-Arten aus Ruhr, Lenne und Volme (Über 20)
<i>Achnanthes lanceolata v. minor?</i>	++	1	--	--	--	--	
<i>Achnanthes lanceolata v. capitata</i>	++	3	--	--	--	--	
<i>Achnanthes lanceolata v. elliptica</i>	--	--	++	1	--	--	
<i>Achnanthes lanceolata v. lutheri</i>	++	2	--	--	--	--	
<i>Achnanthes fragilarioloides</i>	--	--	--	--	++	1	
<i>Rholosphenia curvata</i>	++	17	++	16	++	12	45
<i>Amphipleura pellucida</i>	++	5	++	1	++	3	
<i>Frustulia rhomboidea</i>	++	7	++	3	++	18	28
<i>Frustulia vulgaris</i>	++	11	++	17	--	--	
<i>Frustulia vulgaris var. capitata</i>	--	--	++	1	++	5	
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	++	32	++	3	++	18	53
<i>Gyrosigma kützingii</i>	++	35	++	5	++	13	53
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	++	1	--	--	++	9	
<i>Gyrosigma spencerii</i>	++	2	--	--	--	--	
<i>Caloneis amphisbaena</i>	++	3	--	--	++	2	
<i>Caloneis bacillum</i>	++	1	--	--	--	--	
<i>Caloneis silicula</i>	++	7	++	2	++	10	
<i>Caloneis silic. v. gibberula</i>	++	1	--	--	--	--	
<i>Caloneis silicula v. truncatula</i>	++	2	++	5	--	--	
<i>Caloneis schumanniana</i>	++	2	--	--	--	--	
<i>Caloneis schum. v. biconstricta</i>	++	1	--	--	--	--	
<i>Neidium bisulcatum</i>	--	--	++	1	--	--	
<i>Neidium affine</i>	++	5	--	--	++	2	
<i>Neidium affine v. amphirhynchus</i>	++	3	--	--	--	--	
<i>Neidium affine v. undulata</i>	++	2	--	--	--	--	
<i>Neidium iridis</i>	++	11	--	3	++	7	21
<i>Neidium iridis fo. vernalis</i>	++	2	--	--	--	--	
<i>Neidium iridis v. ampliata</i>	++	2	++	1	--	--	
<i>Neidium iridis v. amphigomphus</i>	++	2	++	1	++	2	
<i>Neidium productum</i>	++	4	--	--	--	--	
<i>Neidium dubium</i>	++	1	++	1	--	--	
<i>Neidium kozlowi</i>	--	--	--	--	++	1	
<i>Neidium kozlowi v. elliptica</i>	--	--	++	1	++	1	
<i>Neidium kozlowi v. parva</i>	--	--	++	1	--	--	
<i>Diploneis ovalis</i>	++	5	++	1	++	3	
<i>Diploneis ovalis v. oblongella</i>	++	2	--	--	--	--	
<i>Diploneis elliptica</i>	--	--	--	--	++	1	
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	++	59	++	42	++	32	133
<i>Stauroneis anceps</i>	++	2	++	3	++	21	26
<i>Stauroneis anceps fo. gracilis</i>	--	--	++	1	++	1	
<i>Stauroneis anceps fo. linearis</i>	--	--	++	2	++	3	
<i>Stauroneis acuta</i>	++	3	++	4	++	2	
<i>Stauroneis parvula v. prominula</i>	--	--	++	11	--	--	
<i>Stauroneis laterostrata</i>	--	--	++	1	--	--	
<i>Navicula cuspidata</i>	++	42	++	28	++	21	91
<i>Navicula cuspidata v. ambigua</i>	++	2	--	--	++	6	
<i>Navicula cuspidata v. heribaudi</i>	--	--	--	--	++	1	
<i>Navicula halophila</i>	--	--	--	--	++	1	
<i>Navicula pupula</i>	++	1	--	--	--	--	
<i>Navicula mutica</i>	++	1	--	--	--	--	
<i>Navicula mutica v. ventricosa</i>	--	--	--	--	++	1	
<i>Navicula fluens</i>	++	2	--	--	--	--	

Fortsetzung Tabelle 4.4

Diatomeen-Art Systematische Ordnung nach HUSTEDT 1930	Ruhr Prob.	Gef. In Prob.	Lenne Prob.	Gef. In Prob.	Volme Prob.	Gef. In Prob.	Diat.-Arten aus Ruhr, Lenne und Volme (über 20)	Foto
<i>Navicula longirostris</i>	++	9	++	15	--	--		
<i>Navicula rhynchocephala</i>	++	14	++	6	++	31	51	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	--	--	++	10	++	25		
<i>Navicula simplex</i>	--	--	--	--	++	2		
<i>Navicula viridula</i>	++	74	++	48	++	41	163	0
<i>Navicula hungarica v. capitata</i>	++	2	--	--	++	2		
<i>Navicula hungarica</i>	--	--	--	--	++	2		
<i>Navicula radiosia</i>	++	57	++	33	++	36	126	0
<i>Navicula gracilis</i>	++	2	--	--	--	--		
<i>Navicula similis</i>	--	--	++	1	++	1		
<i>Navicula citrus</i>	--	--	++	1	--	--		
<i>Navicula exigua</i>	--	--	++	2	++	3		
<i>Navicula lanceolata</i>	++	6	--	--	--	--		0
<i>Navicula tuscula</i>	--	--	++	1	++	1		
<i>Navicula lyra</i>	--	--	++	2	--	--		0
<i>Pinnularia sublinearis</i>	--	--	++	1	--	--		
<i>Pinnularia molaris</i>	--	--	++	2	++	3		
<i>Pinnularia appendiculata</i>	++	3	++	2	--	--		
<i>Pinnularia subcapitata</i>	++	4	++	1	--	--		0
<i>Pinnularia mesolepta</i>	--	--	--	--	++	5		
<i>Pinnularia polyonca</i>	++	3	++	1	++	3		
<i>Pinnularia braunii v. amphicephala</i>	--	--	++	3	++	1		
<i>Pinnularia divergentissima</i>	--	--	++	1	--	--		
<i>Pinnularia microstauron</i>	++	4	++	3	++	3		0
<i>Pinnularia micro. fo. blundulata</i>	--	--	++	1	--	--		
<i>Pinnularia legumen</i>	++	1	--	--	++	2		
<i>Pinnularia divergens</i>	++	2	++	1	--	--		
<i>Pinnularia lata</i>	++	11	++	3	++	1		0
<i>Pinnularia borealis</i>	++	4	++	2	++	3	9	0
<i>Pinnularia borealis v. brevicostata</i>	++	1	++	1	++	2		0
<i>Pinnularia interrupta</i>	++	13	++	1	++	1		0
<i>Pinnularia gibba</i>	++	19	++	36	++	15	70	0
<i>Pinnularia gibba fo. subundulata</i>	--	--	++	1	++	2		0
<i>Pinnularia gibba v. mesogongyla</i>	--	--	--	--	++	3		
<i>Pinnularia gibba v. parva</i>	++	5	++	1	++	1		0
<i>Pinnularia gibba v. linearis</i>	++	3	++	3	++	7		0
<i>Pinnularia brevicostata</i>	++	1	++	1	--	--		0
<i>Pinnularia acrosphaeria</i>	++	1	--	--	--	--		0
<i>Pinnularia maior</i>	++	13	++	4	++	22	39	0
<i>Pinnularia maior v. transversa</i>	++	3	--	--	--	--		0
<i>Pinnularia viridis</i>	++	65	++	53	++	32	150	0
<i>Pinnularia viridis v. sudetica</i>	++	24	++	11	++	5	40	0
<i>Pinnularia viridis v. intermedia</i>	++	2	--	--	--	--		0
<i>Pinnularia gentilis</i>	++	15	++	20	++	5	40	0
<i>Pinnularia nobilis</i>	++	1	--	--	--	--		0
<i>Pinnularia streptoraphe</i>	++	1	--	--	--	--		0
<i>Pinnularia aestuarii v. interrupta</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Pinnularia hustedtii</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Pinnularia obscura Kraßke</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Pinnularia similis Hustedt</i>	--	--	--	--	++	1		

Fortsetzung Tabelle 4.4

Diatomeen-Art Systematische Ordnung nach HUSTEDT 1930	Ruhr In Prob.	Gef. In Prob.	Lenne In Prob.	Gef. In Prob.	Volme In Prob.	Gef. In Prob.	Diat.-Arten aus Ruhr, Lenne und Volme (Über 20)
<i>Amphora ovalis</i>	++	22	++	8	++	3	33
<i>Amphora ovalis</i> v. <i>libyca</i>	++	2	--	--	--	--	
<i>Amphora ovalis</i> v. <i>pediculus</i>	++	3	++	3	--	--	
<i>Cymbella ehrenbergii</i>	++	1	--	--	++	1	
<i>Cymbella naviculiformis</i>	++	2	++	2	++	2	
<i>Cymbella cuspidata</i> fo. <i>borealis</i>	--	--	--	--	++	1	
<i>Cymbella hybrida</i>	--	--	--	--	++	3	
<i>Cymbella prostata</i>	++	5	--	--	++	1	
<i>Cymbella turgida</i>	--	--	++	1	++	1	
<i>Cymbella minuta</i> v. <i>silesiaca</i>	++	51	++	40	++	31	122
<i>Cymbella sinuata</i>	++	3	--	--	--	--	
<i>Cymbella tumida</i>	++	1	--	--	--	--	
<i>Cymbella affinis</i>	++	1	++	1	--	--	
<i>Cymbella cymbiformis</i>	++	5	++	3	++	2	
<i>Cymbella parva</i>	++	1	++	1	--	--	
<i>Cymbella cistula</i>	++	2	++	1	++	1	
<i>Cymbella lanceolata</i>	++	1	--	--	--	--	
<i>Cymbella helvetica</i>	++	3	++	1	--	--	
<i>Cymbella aspera</i>	++	36	++	17	++	4	57
<i>Gomphonema acuminatum</i>	++	2	--	--	++	2	
<i>Gomphonema acumin.</i> v. <i>coronata</i>	++	4	++	4	++	2	
<i>Gomphonema parvulum</i>	++	9	++	15	++	17	41
<i>Gomphonema angustatum</i>	++	2	++	1	--	--	
<i>Gomphonema angustatum</i> v. <i>producta</i>	++	1	--	--	--	--	
<i>Gomphonema longiceps</i>	++	2	++	1	++	5	
<i>Gomphonema intricatum</i>	++	7	++	1	--	--	
<i>Gomphonema intricatum</i> v. <i>pumila</i>	++	4	++	5	--	--	
<i>Gomphonema lanceolatum</i>	++	2	--	--	--	--	
<i>Gomphonema gracile</i>	++	2	--	--	++	1	
<i>Gomphonema constrictum</i> v. <i>cap.</i>	++	3	++	1	++	4	
<i>Gomphonema tergestinum</i>	++	4	++	1	--	--	
<i>Gomphonema olivaceum</i>	++	8	++	1	--	--	
<i>Gomphonema abbreviatum</i>	--	--	++	1	--	--	
<i>Denticula tenuis</i>	--	--	--	--	++	2	
<i>Denticula thermalis</i>	--	--	--	--	++	1	
<i>Epithemia zebra</i>	--	--	--	--	++	1	
<i>Epithemia turgida</i> v. <i>granulata</i>	++	2	++	1	--	--	
<i>Hantzschia amphioxys</i>	++	9	++	2	++	2	
<i>Hantzschia amphioxys</i> fo. <i>capitata</i>	++	10	++	2	++	8	20
<i>Hantzschia amphioxys</i> v. <i>maior</i>	--	--	--	--	++	1	
<i>Hantzschia virgata</i> v. <i>capitellata</i>	++	4	--	--	++	1	
<i>Nitzschia hungarica</i>	++	5	--	--	++	1	
<i>Nitzschia angustata</i>	--	--	--	--	++	1	
<i>Nitzschia dubia</i>	++	3	--	--	--	--	
<i>Nitzschia thermalis</i>	--	--	++	1	++	3	
<i>Nitzschia commutata</i>	++	4	++	2	++	3	
<i>Nitzschia hybrida</i>	--	--	--	--	++	2	
<i>Nitzschia linearis</i>	++	73	++	57	++	44	174
<i>Nitzschia recta</i>	++	33	++	9	++	25	67
<i>Nitzschia sublinearis</i>	++	5	--	--	--	--	
<i>Nitzschia vitrea</i>	++	1	--	--	--	--	
<i>Nitzschia dissipata</i>	++	13	++	12	++	13	38
<i>Nitzschia acula</i>	++	14	++	24	++	8	46

Fortsetzung Tabelle 4.4

Diatomeen-Art Systematische Ordnung nach HUSTEDT 1930	Ruhr In Prob.	Gef. In Prob.	Lenne In Prob.	Gef. In Prob.	Volme In Prob.	Gef. In Prob.	Diat.-Arten aus Ruhr, Lenne und Volme (Über 20)	Foto
<i>Nitzschia capitellata</i>	++	5	--	--	--	--		0
<i>Nitzschia amphibia</i>	--	--	--	--	++	3		
<i>Nitzschia heufleriana</i>	--	--	++	2	--	--		
<i>Nitzschia frustulum</i>	++	2	--	--	--	--		
<i>Nitzschia hantzschiana</i>	--	--	--	--	++	37		
<i>Nitzschia romana</i>	++	1	++	15	++	9	25	
<i>Nitzschia palea</i>	++	1	++	2	++	1		
<i>Nitzschia kützingiana</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Nitzschia gracilis</i>	--	--	++	15	++	3	18	0
<i>Nitzschia spectabilis</i>	++	44	++	12	++	25	81	
<i>Nitzschia sigmaeoides</i>	++	46	++	11	++	2	59	
<i>Nitzschia vermicularis</i>	++	9	++	1	++	1		
<i>Nitzschia flexa</i>	--	--	--	--	++	2		
<i>Nitzschia obtusa</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Nitzschia actinastr.</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Nitzschia polaris</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Nitzschia minuta</i>	--	--	++	2	--	--		
<i>Cymatopleura solea</i>	++	68	++	34	++	27	129	0
<i>Cymatopleura solea v. gracilis</i>	++	15	++	5	++	1	21	0
<i>Cymatopleura sol. v. apiculata</i>	++	7	++	1	--	--		0
<i>Cymatopleura elliptica</i>	++	30	++	11	++	5	46	0
<i>Cymatopleura elliptica v. constricta</i>	++	3	--	--	--	--		0
<i>Cymatopleura elliptica v. hibernica</i>	--	--	--	--	1	1		
<i>Cymatopleura ellip. v. nobilis</i>	++	1	--	--	++	1		0
<i>Cymatopleura angulata</i>	++	1	--	--	--	--		
<i>Surirella biseriata</i>	++	16	++	8	++	17	41	0
<i>Surirella biseriata v. bifrons</i>	++	1	--	--	--	--		0
<i>Surirella biseriata v. rostrata</i>	++	2	--	--	--	--		0
<i>Surirella turgida</i>	++	9	--	--	++	1		
<i>Surirella linearis</i>	++	17	++	11	++	14	42	
<i>Surirella lin. v. constricta</i>	++	2	--	--	++	1		
<i>Surirella lin. v. helvetica</i>	++	4	--	--	++	2		
<i>Surirella gracilis</i>	++	2	++	1	++	2		
<i>Surirella moelleriana</i>	--	--	--	--	++	2		
<i>Surirella angusta</i>	++	3	++	13	++	3		0
<i>Surirella delicatissima</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Surirella robusta</i>	++	10	++	2	++	3		
<i>Surirella rob. v. splendida</i>	++	4	--	--	--	--		0
<i>Surirella tenera</i>	++	51	++	41	++	24	116	0
<i>Surirella tenera v. nervosa</i>	++	1	++	2	--	--		
<i>Surirella elegans</i>	++	16	++	4	++	6	26	0
<i>Surirella ovalis</i>	++	4	++	4	++	12	20	
<i>Surirella ovata</i>	++	45	++	16	++	21	82	0
<i>Surirella ovata v. pinnata</i>	++	4	++	1	++	13		0
<i>Surirella spiralis</i>	--	--	++	1	--	--		
<i>Surirella langerheimii</i>	--	--	--	--	++	1		
<i>Campylodiscus noricus v. hibernica</i>	++	7	--	--	--	--	insgesamt 58	

Synedra arcus

Achnanthes lanceolata wurden nicht ausgewählt

4.3 Vergleiche der chemischen und biologischen Untersuchungen zwischen
Ruhr, Lenne und Volme

Tabelle 4.5 führt 3 Beispiele auf für die neuen Mittelwertberechnungen unter Weglassung abwasserbelasteter Proben für die Diatomeen-Arten:

Diatoma hiemale v. mesodon

Meridion circulare

Fragilaria virescens

Für die wasserchemischen Parameter wurden die Mittelwerte aus Ruhr, Lenne und Volme - auf die Diatomeen-Arten bezogen - gegenübergestellt. Es ergeben sich für Ruhr, Lenne und Volme Gesamtmittelwerte. Nach dieser Methode wurde weitergerechnet.

T A B E L L E 4.5

R u h r

L e n n e

V o l m e

Diatoma hiemale v. mesodon

Chem.	Häufigkeiten:			Häufigkeiten:			Häufigkeiten:			Ges. MW 4 Pr.		
	3	2	1	Ges. MW	3	2	1	Ges. MW	3	2	1	
	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	Pr.	1 Pr.	3 Pr.	
	2 Pr.	Pr.	7 Pr.	9 Pr.	3 Pr.	2 Pr.	7 Pr.	12 Pr.				
Ca.H.	4,0	-	4,3	4,2	2,0	3,0	1,5	2,2	-	1,4	3,5	2,5
Gs.H.	6,5	-	6,5	6,5	4,5	7,2	4,5	5,3	-	2,5	4,9	3,7
NH	0,0	-	0,2	0,1	0,3	0,5	0,2	0,3	-	1,5	0,0	0,8
NO ₄	10,5	-	14,3	12,4	7,9	7,0	11,1	8,7	-	4,5	14,6	9,6
SiO ₃	7,5	-	7,2	7,4	5,8	5,3	7,3	6,1	-	1,5	1,7	1,6
P O ₂ ²	6,5	-	2,6	4,6	-	-	-	-	-	0,1	0,7	0,4
Cl ⁻⁵	6,5	-	10,0	8,3	7,5	5,0	11,5	8,0	-	7,0	12,3	9,7

Meridion circulare

Häufigkeiten:

Häufigkeiten:

Chem.	Häufigkeiten:			Häufigkeiten:			Häufigkeiten:			Ges. MW 11 Pr.		
	4	3	2	Ges. MW	4	3	2	Ges. MW	4	3	2	
	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	Pr.	5 Pr.	6 Pr.	
	3 Pr.	8 Pr.	9 Pr.	20 Pr.	Pr.	6 Pr.	9 Pr.	15 Pr.				
Ca.H.	3,7	3,2	3,6	3,5	-	1,7	2,9	2,3	-	2,4	2,5	2,5
Gs.H.	6,0	5,1	6,1	5,7	-	4,0	6,0	5,0	-	5,3	5,5	5,7
NH	0,0	0,0	0,3	0,1	-	0,2	0,2	0,2	-	0,2	0,1	0,2
NO ₄	12,0	18,5	14,3	14,9	-	15,0	15,2	15,1	-	10,5	16,0	13,3
SiO ₃	7,6	6,2	6,4	6,7	-	7,7	7,2	7,5	-	3,5	2,1	2,8
P O ₂ ²	1,1	2,4	0,9	1,5	-	-	-	-	-	2,0	0,5	1,3
Cl ⁻⁵	8,3	7,1	20,0	11,8	-	10,9	16,7	13,8	-	21,7	27,7	24,7

Fragilaria virescens

Häufigkeiten:

Häufigkeiten:

Häufigkeiten:

Chem.	Häufigkeiten:			Häufigkeiten:			Häufigkeiten:			Ges. MW 12 Pr.		
	3	2	1	Ges. MW	3	2	1	Ges. MW	3	2	1	
	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	Pr.	6 Pr.	6 Pr.	
	5 Pr.	9 Pr.	8 Pr.	22 Pr.	4 Pr.	7 Pr.	9 Pr.	20 Pr.				
Ca.H.	2,1	2,8	2,8	2,7	1,3	2,2	2,7	2,1	-	1,5	2,0	1,8
Gs.H.	4,3	5,1	5,1	4,8	2,9	4,8	6,6	4,8	-	3,5	5,1	4,3
NH	0,1	0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	-	0,3	0,1	0,2
NO ₄	10,5	14,4	15,9	13,6	10,6	13,8	12,2	12,2	-	10,0	11,1	10,6
SiO ₃	8,0	5,6	5,8	6,5	9,0	7,7	7,0	7,9	-	1,6	5,4	3,5
P O ₂ ²	1,5	2,5	1,6	1,9	-	-	-	-	-	0,1	1,6	0,9
Cl ⁻⁵	6,6	9,9	7,6	8,0	6,8	8,6	13,2	9,5	-	11,2	20,4	15,8

Um die 58 ausgewählten Diatomeen-Arten der Tabelle 4.4 miteinander zu vergleichen, sind sie nach der Bereinigung in systematischer Auflistung jeweils in senkrechte Spalten von Ruhr, Lenne und Volme aufgeteilt worden. Waagerecht können nunmehr die wasserchemischen Ergebnisse für die einzelnen Diatomeen-Arten verglichen werden (Tabelle 4.6: Unterstreichungen weisen auf Übereinstimmungen hin).

Die Tabelle 4.6 ist der Extrakt aller Untersuchungen und die Antwort auf die Problemstellung in dem Großbiotop Sauerland: Beziehungen zwischen der Diatomeenflora und dem Wasserchemismus des Sauerlandes festzustellen.

Tabelle 4.6 ist die Grundlage aller weiteren Auswertungen und Berechnungen.

Die rechtsseitige Außenspalte mit der verkürzten Überschrift (Abw. = Abwasser) ist ein Kennzeichen, daß sich die Mittelwerte geändert haben, weil Proben mit zu hohem anthropogenen Abwassergehalt eliminiert wurden. Es konnten bei den 8 mit Abw. gekennzeichneten Diatomeen-Arten nur Mittelwerte von 2 Flüssen errechnet werden.

Die Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse von 58 Diatomeen-Arten aus Ruhr, Lenne und Volme (Tabelle 4.6) ist aus der Tabelle 4.4 herausgegliedert worden, hat jedoch ihren systematischen Aufbau behalten mit einer geänderten Bezifferung von 1 - 58. Die Toleranzbereiche für die einzelnen wasserchemischen Parameter wurden beibehalten (Lenne Abschnitt 4 = 2.4).

Die Auflistung der 58 Diatomeen-Arten bleibt mit ihren Numerierungen nach ihrer systematischen Ordnung für alle weiteren Tabellen erhalten. Auswertungszusammenstellungen greifen auf diese Numerierung der Diatomeen-Arten von 1 bis 58 zurück.

TABELLE 4.6

Mittelwertberechnungen der wasserchemischen Ergebnisse von Ruhr-, Lenne und Volme, bezogen auf die 58 ausgewählten Diatomeen-Arten (Tab. 4.4) nach Ausschaltung starker anthropogener Abwasserbelastungen in einigen Proben

Nr. Diatomeen-Art	Carbonathärte DH° Ru. Le.	Toleranz 1,0 DH° Ru. Le.	Gesamthärte DH° Toleranz 1,5 DH° Ru. Le.	No. mg Toleranz 1,5 mg Ru. Le.	SiO ₂ mg Toleranz 1,5 mg Ru. Le.	Cl mg Toleranz 1,5 mg Ru. Le.	Abw.
1 <i>Melosira granulata</i>	3,5	2,7	--	6,2	6,5	--	10,0
2 <i>Stephanodiscus astraea</i>	4,4	5,5	1,8	7,5	5,5	7,0	15,4
3 <i>Coscinia rotula v. sub.</i>	4,1	4,8	4,5	6,2	7,0	7,5	15,0
4 <i>Tabellaria flocculosa</i>	2,2	1,6	1,9	3,9	3,2	4,9	10,0
5 <i>Diatoma vulgare</i>	3,8	2,3	--	6,3	4,9	--	26,2
6 <i>Diatoma hemisphaericum v. mesodon</i>	3,5	1,4	--	6,3	2,2	19,0	11,0
7 <i>Diatoma hemisphaericum v. mesodon</i>	4,2	2,2	2,5	6,5	5,3	3,7	13,5
8 <i>Meridion circulare</i>	3,5	2,3	2,5	5,7	5,0	5,7	10,3
9 <i>Fragilaria capucina</i>	2,8	1,7	--	5,7	4,0	16,9	13,6
10 <i>Fragilaria construens</i>	4,1	3,6	2,2	7,4	11,8	15,4	13,5
11 <i>Fragilaria virrescens</i>	2,6	2,1	1,8	4,8	4,8	15,2	22,8
12 <i>Synedra ulna</i>	3,4	2,5	2,5	6,0	5,7	6,4	10,0
13 <i>Synedra ulna v. oxy.</i>	1,9	2,7	3,1	5,0	5,4	5,9	19,5
14 <i>Synedra ulna v. denica</i>	3,9	2,3	--	6,5	4,8	13,6	9,5
15 <i>Synedra ulna v. amph.</i>	4,1	3,7	2,1	6,7	6,7	12,2	15,8
16 <i>Eunotia arcus</i>	3,0	1,2	1,7	5,2	3,6	4,6	10,3
17 <i>Cocconeis pediculus</i>	4,8	2,0	2,1	8,0	4,5	4,8	10,2
18 <i>Cocconeis placentula</i>	3,4	2,6	2,8	5,5	6,0	5,6	11,0
19 <i>Cocconeis plac. v. eug.</i>	4,8	2,7	2,8	7,8	5,7	7,0	21,6
20 <i>Rhoicosphenia curvata</i>	4,2	3,2	2,3	7,7	6,0	5,0	10,6
21 <i>Frustulia rhomboides</i>	3,4	--	1,7	5,6	--	4,2	10,2
22 <i>Gyrosigma acuminatum</i>	4,9	5,2	1,8	8,1	7,8	5,2	18,7
23 <i>Gyrosigma kitzingii</i>	4,6	1,6	2,0	7,9	4,8	4,6	9,0
24 <i>Nelidium iridis</i>	3,5	0,9	1,8	6,5	2,9	4,8	14,2
25 <i>Stauroneis phoenic.</i>	3,3	2,5	1,6	2,9	2,9	4,2	17,9
26 <i>Stauroneis anceps</i>	6,3	2,3	1,9	9,3	4,0	5,0	8,0

Fortsetzung Tabelle 4.6

Die in der Tabelle 4.6 zusammengestellten Werte sind bei Näherungswerten innerhalb der Toleranzgrenzen für Ruhr, Lenne und Volme unterstrichen. In der Tabelle 4.7 wurden diese Kennzeichnungen zusammengefaßt, es ist damit eine spezifische Auswertung erreicht worden.

Die Tabelle 4.7 vermittelt interessante Erkenntnisse sowohl bei waagerechter Beurteilung für die Diatomeen-Arten als auch bei senkrechter Auswertung für die wasserchemischen Ergebnisse. Sind in der Tabelle 4.7 keine Zahlenwerte für Ruhr, Lenne und Volme eingetragen worden, dann gibt es auch keine Näherungswerte innerhalb der festgesetzten Toleranzwerte. In den jeweils rechten Spalten der wasserchemischen Parameter sind die Von-Bis-Werte jeder Diatomeen-Art für Ruhr, Lenne und Volme zusammengefaßt worden. Es können für jede dieser Diatomeen-Arten die Optimal-Werte für den Biotop Sauerland abgelesen werden.

Es ergeben sich für die Carbonathärten

Näherungswerte bei insgesamt 48 Diatomeen-Arten

3-fache Näherungswerte bei 18 Diatomeen-Arten

2-fache Näherungswerte bei 30 Diatomeen-Arten.

Die niedrigsten Von-Bis-Werte für Carbonathärt en wurden ermittelt für die Diatomeen-Arten Neldium iridis mit 0,9 - 1,8 DH^o
Eunotia arcus mit 1,2 - 1,7 DH^o

Die höchsten Von-Bis-Werte für Diatomeen-Arten

Cymatopleura elliptica mit 4,9 - 5,5 DH^o

Gyrosigma acuminatum mit 4,9 - 5,2 DH^o

T A B E L L E 4.7

Unterstrichene Werte der Tabelle 6 (innerhalb der Toleranzen liegend) werden in der Tab. 4.7 für Ruhr-, Lenne und Vöme herausgezogen und als Von-Bis-Werte in Spalten neben den Parametern aufgeführt

Nr. Diatomeen-Art	Carb.-Härte DH Tofer. 1,0 DH Ru. Le. Vo.	Von-Bis Werte	Ges.-Härte DH Tofer. 1,5 DH Ru. Le. Vo.	Von-Bis Werte	No ₃ -mg Tofer. 1,5 mg Ru. Le. Vo.	Von-Bis Werte	SIO ₂ -mg Tofer. 1,5 mg Ru. Le. Vo.	Von-Bis Werte	Cl- mg Tofer. 1,5 mg Ru. Le. Vo.	Von-Bis Werte	Abw.
1 Melosira granulata	3,5 <u>2,7</u> --	2,7-3,5	6,2 <u>6,5</u> --	6,2-6,5	<u>15,8</u> <u>14,8</u> --	14,8-15,8	<u>6,3</u> <u>7,0</u> --	6,3-7,0			
2 Stephanodiscus astraea	4,1 <u>4,8</u> <u>4,5</u>	4,1-4,8	7,5 <u>7,0</u> <u>5,5</u>	5,5-7,5			6,9 <u>7,5</u>	6,9-7,5			
3 Coscinia roth. v. sub.			6,2 <u>7,2</u> <u>7,0</u>	6,2-7,2			8,3 <u>7,3</u> <u>6,7</u>	6,7-8,3	11,0	10,3-11,0	
4 Tabellaria flocculosa	2,2 <u>1,6</u> <u>1,9</u>	1,6-2,2	3,9 <u>3,2</u> <u>4,9</u>	3,2-4,9			8,4 <u>8,8</u>	8,4-8,8			
5 Diatomella vulgare			6,3 <u>4,9</u>	4,9-6,3	<u>16,8</u> <u>16,2</u>	16,2-16,6	<u>6,9</u> <u>6,6</u>	6,6-6,9			
6 Diatoma hiemale			6,5 <u>5,3</u>	5,3-6,5	<u>8,7</u> <u>9,6</u>	8,7-9,6	<u>6,8</u> <u>6,7</u>	6,7-6,8			
7 Diatoma hiem. v. mesodon	2,2 <u>2,5</u>	2,2-2,5			<u>8,7</u> <u>9,6</u>	8,7-9,6	<u>6,1</u>	6,1-7,4	<u>8,3</u> <u>8,0</u> <u>9,7</u>	8,0-9,7	
8 Meridion circulare	3,5 <u>2,3</u> <u>2,5</u>	2,3-3,5	5,7 <u>5,0</u> <u>5,7</u>	5,0-5,7	<u>14,9</u> <u>15,1</u>	14,9-15,1	<u>6,7</u> <u>7,5</u>	6,7-7,5			
9 Fragilaria capucina											
10 Fragilaria construens	4,1 <u>3,6</u>	3,6-4,1	4,8 <u>4,8</u> <u>4,3</u>	4,3-4,8	<u>13,6</u> <u>12,2</u>	12,2-13,6	<u>7,5</u> <u>7,5</u>	7,3-7,5			
11 Fragilaria virescens	2,6 <u>2,1</u>	1,8	1,8-2,6	5,0 <u>5,4</u> <u>5,9</u>	5,0-5,9		6,5-7,5	6,5-7,9	<u>8,0</u> <u>9,5</u>	8,0-9,5	
12 Synedra ulna	3,4 <u>2,5</u> <u>2,1</u>	2,5-3,4	6,0 <u>5,7</u> <u>6,4</u>	5,7-6,4	<u>13,8</u> <u>14,1</u>	13,8-14,1	<u>6,8</u> <u>7,8</u>	6,8-7,8			
13 Synedra ulna v. oxy.	1,9 <u>2,7</u>	1,9-3,1	5,0 <u>5,4</u> <u>5,9</u>	5,0-5,9							
14 Synedra ulna v. daniica			6,7 <u>6,7</u>	6,7	<u>13,2</u> <u>14,5</u> <u>13,5</u>	13,2-14,5	<u>6,5</u> <u>7,7</u>	6,5-7,7	<u>10,8</u> <u>10,1</u>	10,1-10,8	
15 Synedra ulna v. amph.	4,1 <u>3,7</u>	3,7-4,1					<u>4,3</u> <u>3,7</u>	3,7	<u>3,7</u> <u>4,3</u>	<u>16,7</u> <u>17,4</u>	16,7-17,4
16 Eunotia arcus	1,2 <u>1,7</u>	1,2-1,7	5,2 <u>3,6</u> <u>4,6</u>	3,6-5,2	<u>10,3</u> <u>10,9</u> <u>12,0</u>	10,3-12,0	<u>6,6</u> <u>7,6</u>	6,6-7,6	<u>9,8</u> <u>10,8</u>	9,8-10,8	
17 Cocconeis pediculus	2,0 <u>2,1</u>	2,0-2,1	4,5 <u>4,8</u> <u>4,8</u>	4,5-4,8	<u>17,7</u> <u>16,8</u>	16,8-17,7					
18 Cocconeis placentula	3,4 <u>2,6</u> <u>2,8</u>	2,6-3,4	5,5 <u>6,0</u> <u>5,6</u>	5,5-6,0			6,0 <u>7,5</u>	6,0-7,5			
19 Cocconeis plac. v. eugli.	2,7 <u>2,8</u>	2,7-2,8	5,7 <u>5,7</u>	5,7			6,1 <u>7,2</u>	6,1-7,2	<u>14,3</u> <u>15,8</u>	14,3-15,8	
20 Rhoicosphenia curvata	4,2 <u>3,2</u> <u>2,3</u>	2,3-4,2	6,0 <u>5,0</u>	5,0-6,0			7,5 <u>7,1</u>	7,1-7,5			
21 Frustulia rhomboides			5,6 --	4,2	4,2-5,6		6,6 --	5,4	5,4-6,6		
22 Gyrosigma acuminatum	4,9 <u>5,2</u>	4,9-5,2	8,1 <u>7,8</u> <u>4,6</u>	7,8-8,1	<u>18,5</u> <u>19,0</u>	18,5-19,0	<u>6,9</u> <u>7,0</u>	5,4	5,4-7,0	18,7 20,0 21,4	
23 Gyrosigma kützingii	1,6 <u>2,0</u>	1,6-2,0	4,8 <u>4,6</u>	4,6-4,8			7,4 <u>7,3</u>	7,3-7,4			
24 Neldium iridis	0,9 <u>1,8</u>	0,9-1,8									
25 Stauroneis phoenic.	3,3 <u>2,5</u> <u>1,6</u>	1,6-3,3	5,9 <u>5,0</u> <u>4,2</u>	4,2-5,9	<u>17,2</u>	16,1 <u>16,1</u> <u>17,2</u>	<u>7,4</u> <u>7,7</u>	7,4-7,7			
26 Stauroneis anceps	2,3 <u>1,9</u>	1,9-2,3	4,0 <u>5,0</u>	4,0-5,0			7,3 <u>7,7</u>	7,3-7,7			

Fortsetzung Tabelle 4.7

• Diatomen-Art										• Diatomen-Art											
Carb.-Härte DH ^O					Ges.-Härte DH ^O					NO ₃ -mg					SiO ₂ -mg						
Von-Bis Ru. Le.	Toler. 1,0 DH Ru. Le.	Von-Bis Ru. Le.	Toler. 1,5 DH Ru. Le.	Von-Bis Ru. Le.	Toler. 1,0 DH Ru. Le.	Von-Bis Ru. Le.	Toler. 1,5 DH Ru. Le.	Von-Bis Ru. Le.	Toler. 1,5 mg Ru. Le.	Von-Bis Ru. Le.											
<i>Navicula cuspidata</i>	3,9	3,0	3,0-3,9	7,9	6,4	6,4-7,9	6,4-7,9	6,4-7,9	11,2	10,9	10,9-11,2	8,7	7,4	6,8-8,1	6,8-8,1	6,8-8,1	7,4-8,7	7,4-8,7	7,4-8,0		
<i>Navicula rhynch.</i>	1,9	2,7	1,5-2,7	5,7	5,4	4,5-5,7	4,5-5,7	4,5-5,7	13,1	12,3	12,3-13,2	7,4	7,6	7,4-7,6	7,4-7,6	7,4-7,6	7,4-7,6	7,4-7,6	7,4-7,6		
<i>Navicula viridula</i>	2,6	2,1	2,1-2,6	5,3	5,1	5,1-5,3	5,1-5,3	5,1-5,3	11,0	11,0	11,0-11,2	6,7	6,7	6,3-6,7	6,3-6,7	6,3-6,7	6,3-6,7	6,3-6,7	6,3-6,7		
<i>Navicula radiosua</i>	2,5	2,2	2,2-2,5	7,3	6,7	6,7-7,3	6,7-7,3	6,7-7,3	11,0	11,0	11,0-11,2	6,7	6,7	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2		
<i>Pinnularia borealis</i>																					
<i>Pinnularia gibba</i>	1,9	1,8	2,1	1,8-2,1	7,2	6,4	6,4-7,2	6,4-7,2	6,4-7,2	13,2	12,9	11,6-13,2	7,7	7,9	6,7-7,0	6,7-7,0	6,7-7,0	6,7-7,0	6,7-7,0	6,7-7,0	
<i>Pinnularia major</i>																					
<i>Pinnularia viridis</i>	2,0	1,8	1,8-2,0	6,0	4,6	4,6-6,0	4,6-6,0	4,6-6,0	14,9	14,9	14,9-16,1	7,7	7,9	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1		
<i>Pinnul. viridis v. sud.</i>	3,2	2,5	1,5-3,2	5,7	4,4	4,0-5,7	4,0-5,7	4,0-5,7	10,7	10,8	10,7-10,8	6,9	8,2	7,2-7,5	7,2-7,5	7,2-7,5	7,2-7,5	7,2-7,5	7,2-7,5		
<i>Pinnularia gentilis</i>	2,5	2,1	2,1-3,1	5,2	4,4	4,4-6,1	4,4-6,1	4,4-6,1	10,7	10,8	10,7-10,8	6,9	8,2	6,9-8,2	6,9-8,2	6,9-8,2	6,9-8,2	6,9-8,2	6,9-8,2		
<i>Amphora ovalis</i>	2,4	3,3	2,4-3,3	6,0	5,8	5,8-6,0	5,8-6,0	5,8-6,0	15,0	13,5	13,5-15,0	7,6	8,6	7,6-8,6	7,6-8,6	7,6-8,6	7,6-8,6	7,6-8,6	7,6-8,6		
<i>Cymbella min. v. sile.</i>	2,0	2,4	2,0-2,4	5,4	5,1	5,1-5,4	5,1-5,4	5,1-5,4	12,8	14,3	12,8-14,3	7,0	7,5	7,0-7,5	7,0-7,5	7,0-7,5	7,0-7,5	7,0-7,5	7,0-7,5		
<i>Cymbella aspera</i>	2,7	2,0	2,0-2,7	5,4	4,7	4,7-5,7	4,7-5,7	4,7-5,7	10,9	10,5	10,5-10,9	5,6	5,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6		
<i>Gomphonema parvulum</i>	3,8	3,7	3,7-3,8	6,6	7,2	5,3-7,2	5,3-7,2	5,3-7,2	15,4	13,8	15,0	13,8-15,4	6,6	7,4	6,6-7,4	6,6-7,4	6,6-7,4	6,6-7,4	6,6-7,4	6,6-7,4	
<i>Hantzschia amphioxys</i>																					
<i>Nitzschia linearis</i>	3,5	3,1	3,1-3,5	5,9	6,0	5,9-6,0	5,9-6,0	5,9-6,0	13,7	13,5	13,5-13,7	7,3	8,4	7,3-8,4	7,3-8,4	7,3-8,4	7,3-8,4	7,3-8,4	7,3-8,4		
<i>Nitzschia recta</i>	1,9	2,2	1,9-2,3	6,9	7,9	6,9-7,9	6,9-7,9	6,9-7,9	18,9	19,0	18,9-19,0	7,2	8,2	7,2-8,2	7,2-8,2	7,2-8,2	7,2-8,2	7,2-8,2	7,2-8,2		
<i>Nitzschia dissipata</i>	4,0	3,4	2,4-4,0	4,8	7,7	7,7-7,8	7,7-7,8	7,7-7,8	13,8	15,4	15,2	13,8-15,4	6,6	6,6	6,6-6,6	6,6-6,6	6,6-6,6	6,6-6,6	6,6-6,6	6,6-6,6	
<i>Nitzschia aculia</i>	4,8	4,8	4,8	4,8	7,7	5,4	4,9	4,9	17,1	14,9	15,8	14,9-17,1	6,8	7,4	6,8-7,4	6,8-7,4	6,8-7,4	6,8-7,4	6,8-7,4	6,8-7,4	
<i>Nitzschia romana</i>	2,2	2,2	2,3-2,7	5,4	5,3	5,0	5,0-5,3	5,0-5,3	10,9	10,7	10,9-10,7	5,6	5,6	7,6-8,0	7,6-8,0	7,6-8,0	7,6-8,0	7,6-8,0	7,6-8,0		
<i>Nitzschia gracilis</i>	1,9	2,3	1,9-2,3	7,9	6,5	5,3	5,3	5,3	6,7	7,6	6,7-7,6	6,7	7,6	6,7-7,6	6,7-7,6	6,7-7,6	6,7-7,6	6,7-7,6	6,7-7,6		
<i>Nitzschia spectabilis</i>	3,2	2,6	2,6-3,2	7,9	6,5	5,3	5,3	5,3	6,6	7,3	6,6-7,3	6,6	7,7	6,6-7,7	6,6-7,7	6,6-7,7	6,6-7,7	6,6-7,7	6,6-7,7		
<i>Nitzschia sigmoidaea</i>	4,5	4,2	4,2-4,5	7,3	6,9	6,8-7,3	6,8-7,3	6,8-7,3	6,4	6,9	6,4-6,9	6,4	6,9	6,4-6,9	6,4-6,9	6,4-6,9	6,4-6,9	6,4-6,9	6,4-6,9		
<i>Cymatopleura solea</i>	4,8	4,0	4,0-4,8	7,9	7,0	5,6	5,6-7,9	5,6-7,9	17,7	18,0	17,7-18,0	6,5	7,4	6,4-7,4	6,4-7,4	6,4-7,4	6,4-7,4	6,4-7,4	6,4-7,4		
<i>Cymat. solea v. grac.</i>	5,2	4,9	5,5	4,9-5,5	7,4	7,2	7,2-7,4	7,2-7,4	7,2-7,4	12,0	11,0	11,0-12,0	7,8	8,5	7,3-8,8	7,3-8,8	7,3-8,8	7,3-8,8	7,3-8,8	7,3-8,8	
<i>Cymatopleura elliptica</i>	4,9	5,5	4,9-5,5	8,0	8,8	6,8	6,8-8,8	6,8-8,8	6,8-8,8	7,3	8,8	7,3-8,8	8,5	8,5	7,3-8,8	7,3-8,8	7,3-8,8	7,3-8,8	7,3-8,8	7,3-8,8	
<i>Suriellula biseriata</i>	2,1	2,0	2,0	2,0-2,1	4,4	4,4	4,5	4,4-5,5	11,5	11,0	10,6	10,6-11,5	7,4	8,0	7,4-8,0	7,4-8,0	7,4-8,0	7,4-8,0	7,4-8,0	7,4-8,0	
<i>Suriellula linearis</i>																					
<i>Suriellula tenera</i>	1,8	2,0	1,8-2,0	6,0	3,7	5,0	3,7-6,0	3,7-6,0	3,7-6,0	7,8	7,8	7,8	9,2	9,2	7,8-9,2	7,8-9,2	7,8-9,2	7,8-9,2	7,8-9,2	7,8-9,2	
<i>Suriellula elegans</i>	2,6	1,8	1,7	1,7-2,6	6,1	4,2	5,6	4,2-6,1	4,2-6,1	4,2-6,1	12,0	11,0	11,0-12,0	7,8	8,8	6,8-7,8	6,8-7,8	6,8-7,8	6,8-7,8	6,8-7,8	6,8-7,8
<i>Suriellula ovalis</i>																					
<i>Suriellula ovata</i>	2,5	3,0	2,5-3,0	5,2	6,0	5,2-6,0	5,2-6,0	5,2-6,0	17,5	16,5	16,5-17,5	17,5	16,5	17,2	18,0	17,2	18,0	17,2	18,0	17,2	18,0

Gruppenbildungen von Diatomeen-Arten bei Carbonathärten bestehen bei:

3 Cocconeis-Arten von	2,0 - 3,4 DH°
3 Navicula-Arten von	1,5 - 2,5 DH°
(Ausnahme <i>Navicula cuspidata</i> mit 3,0 - 3,9 DH°)	
4 Pinnularia-Arten mit	1,8 - 3,1 DH°
3 Surirella-Arten mit	1,7 - 3,3 DH°

2-facher kongruenter Wert besteht bei *Nitzschia acula* mit 4,8 DH°.

Die Bezeichnung 2-fach bzw. 3-fach bezieht sich auf Übereinstimmungen von den Parametern in 2 oder 3 Flüssen innerhalb der Toleranzgrenzen. In diesen Vergleichszahlen kommt das festgestellte und durch Mittelwerte errechnete Optimum für die einzelnen Diatomeen-Arten zum Ausdruck.

Die kleinsten Differenzen in den Von-Bis-Werten sind bei:

<i>Diatoma hemis</i> var. <i>mesodon</i> mit	2,2 zu 2,5 DH°	2-fach
<i>Cocconeis pediculus</i> mit	2,0 zu 2,1 DH°	2-fach
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> mit	2,7 zu 2,8 DH°	2-fach
<i>Gyrosigma acuminatum</i> mit	4,9 zu 5,2 DH°	2-fach
<i>Navicula radiosa</i> mit	2,2 zu 2,5 DH°	2-fach
<i>Pinnularia gibba</i> mit	1,8 zu 2,1 DH°	3-fach
<i>Pinnularia viridis</i> mit	1,8 zu 2,0 DH°	2-fach
<i>Gomphonema parvulum</i> mit	3,7 zu 3,8 DH°	2-fach
<i>Nitzschia acula</i> mit	4,8 DH°	2-fach
<i>Nitzschia sigma</i> mit	4,2 zu 4,5 DH°	2-fach
<i>Surirella biseriata</i> mit	2,0 zu 2,1 DH°	3-fach
<i>Surirella tenera</i> mit	1,8 zu 2,0 DH°	2-fach

feststellbar.

Als Übereinstimmungen sind kleinste Differenzen (Unterschiede bis zu 0,3 Einheiten für die Parameter) innerhalb der Toleranzen bezeichnet worden.

Die vorhergehenden Von-Bis-Wert-Gegenüberstellungen sind besonders interessant, weil sie beweisen, daß für diese Diatomeen-Arten das die Optimalwerte sind, soweit sie die Carbonathärt betreffen. Denn wenn über Ruhr, Lenne und Volme hinweg für die Diatomeen-Arten die Differenzen zwischen den Ergebnissen so klein sind, ist das ein Beweis für diese Aussage.

Es ergeben sich bei den Gesamthärten für die ausgewählten 58 Diatomeen-Arten

Von-Bis-Werte im Toleranzbereich bei 52 Diatomeen-Arten

3-fach bei	27 Diatomeen-Arten
2-fach bei	25 Diatomeen-Arten

Die niedrigsten Von-Bis-Werte für Gesamthärte wurden ermittelt für die Diatomeen-Art Tabellaria flocculosa mit $3,9 - 4,9 \text{ DH}^\circ$

Die höchsten Von-Bis-Werte für die Diatomeen-Arten

<u>Surirella ovalis</u>	$8,9 - 9,1 \text{ DH}^\circ$
<u>Gyrosigma acuminatum</u>	$7,8 - 8,1 \text{ DH}^\circ$
<u>Nitzschia acula</u>	$7,7 - 7,8 \text{ DH}^\circ$

Bei diesen 3 Diatomeen-Arten sind die Differenzen in den Von-Bis-Werten außerordentlich klein.

In Parallele zu den Gruppenbildungen der Carbonathärtungen sind auch bei den Gesamthärtungen in den Von-Bis-Werten Gruppenbildung festzustellen.

Kongruente Werte bestehen bei den Gesamthärtungen

von $6,7 \text{ DH}^\circ$ für <u>Synedra ulna</u> var. <u>amphirhynchus</u>	(Ruhr u. Lenne)
von $5,7 \text{ DH}^\circ$ für <u>Cocconeis placentula</u> var. <u>eugl.</u>	(Lenne u. Volme)

NO_3 : Im Verhältnis zu den Werten von Carbonathärte und Gesamthärte sind die Von-Bis-Werte im Toleranzbereich für NO_3 nach der Tabelle 4.7 für Ruhr, Lenne und Volme geringer.

Von-Bis-Werte insgesamt bei 30 Diatomeen-Arten	
davon 3-fach	bei 7 Diatomeen-Arten
2-fach	bei 23 Diatomeen-Arten

Die zahlenmäßig niedrigsten Von-Bis-Werte im Toleranzbereich für NO_3 wurden festgestellt für die Diatomeen-Arten

Eunotia arcus mit $10,3 - 12,0 \text{ mg NO}_3$ und
Cymbella aspera mit $10,5 - 10,9 \text{ mg NO}_3$,
die höchsten Von-Bis-Werte bei den Diatomeen-Arten
Nitzschia recta mit $18,9 - 19,0 \text{ mg NO}_3$ und
Gyrosigma acuminatum $18,5 - 19,0 \text{ mg NO}_3$.

Geringste Differenzen von $0,1 - 0,3 \text{ mg NO}_3$ sind festgestellt worden bei

<u>Meridion circulare</u>	$14,9 - 15,1 \text{ mg}$	2-fach
<u>Synedra ulna</u>	$13,8 - 14,1 \text{ mg}$	2-fach
<u>Navicula rhynchocephala</u>	$10,9 - 11,2 \text{ mg}$	2-fach
<u>Navicula radiosa</u>	$11,0 - 11,2 \text{ mg}$	2-fach
<u>Pinnularia gentilis</u>	$10,7 - 10,8 \text{ mg}$	2-fach
<u>Nitzschia linearis</u>	$13,5 - 13,7 \text{ mg}$	2-fach
<u>Cymatopleura solea</u> var. <u>gracilis</u>	$17,7 - 18,0 \text{ mg}$	2-fach

Völlige Kongruenz der Werte (2-fach) besteht bei

<u>Pinnularia viridis</u> v. <u>sudetica</u>	$14,9 \text{ mg NO}_3$
--	------------------------

3-fache Von-Bis-Werte im Toleranzbereich sind bei der Diatomeen-Art Surirella biseriata mit $10,6 - 11,5 \text{ mg SiO}_2$ festzustellen. Die engen Grenzen innerhalb der Toleranzen weisen darauf hin, daß bei den aufgeführten Diatomeen-Arten neben der vollen Kongruenz der Werte von $14,9 \text{ mg NO}_3$ für Pinnularia viridis var. sudetica noch ein Beweis vorliegt, daß für das Anion NO_3 noch weitere Werte als Indikationswerte angesehen werden können.

Ergebnisse bei SiO_2

Die Zahlenwerte in der Spalte für SiO_2 zeigen bei den Von-Bis-Werten im Toleranzbereich eine größere Geschlossenheit, die sogar die der Carbonathärte übertreffen.

Von-Bis-Werte im Toleranzbereich wurden für SiO_2 bei 51 Diatomeen-Arten festgestellt, wobei

3-fach bei	5 Diatomeen-Arten und
2-fach bei	46 Diatomeen-Arten vor-

handen ist. Auffällig ist jedoch, daß sich 42 Von-Bis-Werte im Toleranzbereich (2-fach) nur auf Diatomeen-Arten in Ruhr und Lenne beziehen, während nur je 2 Von-Bis-Werte (2-fach) auf Diatomeen-Arten in Ruhr und Volme bzw. Lenne und Volme feststellbar sind. Es sind also nur 9 Von-Bis-Werte im Toleranzbereich vorhanden, in die die Volme miteinbezogen ist. Diese Feststellung ist bemerkenswert und weist auf chemische Besonderheiten in der Volme - bezogen auf SiO_2 - hin.

Die niedrigsten Von-Bis-Werte für SiO_2 wurden ermittelt für die 4 Diatomeen-Arten

<u>Synedra ulna</u> var. <u>amphirhynchus</u>	$3,7 - 4,3 \text{ mg SiO}_2$
<u>Frustulia rhombooides</u>	$5,4 - 6,6 \text{ mg SiO}_2$
<u>Pinnularia maior</u>	$5,1 - 5,4 \text{ mg SiO}_2$
<u>Cymbella aspera</u>	$4,6 - 5,6 \text{ mg SiO}_2$

Höchste Von-Bis-Werte für SiO_2 wurden ermittelt für die Diatomeen-Arten

<u>Tabellaria flocculosa</u>	$8,4 - 8,8 \text{ mg SiO}_2$
<u>Navicula rhynchocephala</u>	$7,4 - 8,7 \text{ mg SiO}_2$
<u>Surirella tenera</u>	$7,8 - 9,2 \text{ mg SiO}_2$

Aus den Volme-Untersuchungen (Volme Tab. 3.1) geht hervor, daß 30 Proben nur einen SiO_2 -Gehalt von $0,3 - 3,0 \text{ mg}$ aufweisen.

Vielleicht sind in der Volme andere natürliche, möglicherweise geologische Voraussetzungen vorhanden wie in der Ruhr und Lenne.

Cl

Die Zahlenwerte bei Cl sind auffallend anders aufgebaut und wesentlich unterschiedlicher in ihrer Höhe.

Insgesamt sind für Ruhr, Lenne und Volme bei den Von-Bis-Werten im Toleranzbereich 18 Diatomeen-Arten festzustellen, davon 3-fach bei 2 Diatomeen-Arten

<u>Diatoma hiemale</u> var. <u>mesodon</u>	8,0 - 9,7 mg Cl
<u>Gyrosigma acuminatum</u>	18,7 - 21,4 mg Cl

2-fach bei Ruhr und Lenne mit 10 Diatomeen-Arten,

2-fach bei Ruhr und Volme mit 2 Diatomeen-Arten

<u>Coscinodiscus rothii</u> var. <u>subsalsa</u>	10,3 - 11,0 mg Cl
<u>Cymbella minuta</u> var. <u>silleslaca</u>	22,4 - 23,7 mg Cl

2-fach bei Lenne und Volme mit 4 Diatomeen-Arten

<u>Synedra ulna</u> var. <u>amphirhynchus</u>	16,7 - 17,4 mg Cl
<u>Cocconeis placentula</u>	20,8 - 21,6 mg Cl
<u>Nitzschia romana</u>	10,5 - 10,8 mg Cl
<u>Cymatopleura solea</u> var. <u>gracilis</u>	17,2 - 18,0 mg Cl

Die kleinsten Differenzen der Von-Bis-Werte mit 0,3 - 0,5 mg Cl sind bei 4 Diatomeen-Arten

<u>Pinnularia gibba</u>	8,1 - 8,6 mg Cl
<u>Nitzschia romana</u>	10,5 - 10,8 mg Cl
<u>Nitzschia spectabilis</u>	16,0 - 16,3 mg Cl
<u>Surirella elegans</u>	9,0 - 9,5 mg Cl

festzustellen.

Die niedrigsten Werte weisen die Diatomeen-Arten

<u>Diatoma hiemale</u> var. <u>mesodon</u>	8,0 - 9,7 mg Cl
<u>Fragilaria virescens</u>	8,0 - 9,5 mg Cl
<u>Pinnularia gibba</u>	8,1 - 8,6 mg Cl

auf. Die höchsten Werte weisen die Diatomeen-Arten

<u>Cocconeis placentula</u>	20,8 - 21,6 mg Cl
<u>Gyrosigma acuminatum</u>	18,7 - 21,4 mg Cl
<u>Cymbella minuta</u> var. <u>silleslaca</u>	22,4 - 23,7 mg Cl

auf.

Eine Gruppenbildung bei den Diatomeen-Arten für bestimmte oder ähnliche Von-Bis-Werte ist für Cl nicht feststellbar. In den Werten für Cl ist bei den Diatomeen-Arten eine große Divergenz festzustellen, die die Beeinflussung der Fließgewässer durch anthropogene Stoffe, die nur wenig abgebaut werden, widerspiegelt.

Es haben sich aus der Tabelle 4.7 nach der Auswertung der Einzelparameter: Carbonathärte, Gesamthärte, Nitrate, Silicate und Chloride Diatomeen-Arten herausgebildet, die Aussagen gestatten, ob und inwieweit Diatomeen-Arten als Indikatoren für den Wasserchemismus angesehen werden können.

Zwei mögliche Aussagen wurden zusammengestellt:

1. Aus der Tabelle 4.7 wurden alle 3-fachen Von-Bis-Werte im Toleranzbereich bei den einzelnen chemischen Parametern für die Diatomeen-Arten zusammengestellt (Tabelle 4.8).
2. Weiterhin wurden aus der Tabelle 4.7 alle kleinsten Differenzen von den Diatomeen-Arten aus den Von-Bis-Werten zusammengestellt, die als Übereinstimmungen bewertet werden (maximal 0,3 DH bzw. 0,3 mg pro Parameter) (Tabelle 4.12).

Die Tabelle 4.8 zeigt in zusammengefaßter Form aus der Tabelle 4.7 die Diatomeen-Arten auf, die 3-fache Von-Bis-Werte innerhalb der Toleranzbereiche aufweisen.

Die Überlegung liegt nahe, daß dabei die Diatomeen-Arten hervortreten, bei denen über Ruhr, Lenne und Volme die Von-Bis-Werte sich einem Optimum nähern oder für einen Parameter einen Meßwert darstellen. 3-fache Von-Bis-Werte im Toleranzbereich für alle chemischen Parameter aus Ruhr, Lenne und Volme waren nicht zu erwarten, aber daß überhaupt noch zahlenmäßig so viele Von-Bis-Werte im Toleranzbereich auftreten könnten, ist eine Überraschung. Es können 3-fache Von-Bis-Werte im Toleranzbereich für folgende Parameter festgestellt werden:

für die Carbonathärte	18
für die Gesamthärte	25
für die NO ₃ -Werte	7
für die SiO ₂ -Werte	5
für die Cl ⁻ -Werte	2

Bei den 3 Diatomeen-Arten *Coscinodiscus rothii* v. *subsalsa*, *Cymbella aspera* und *Surirella biseriata* ist das 3-malig 3-fach festzustellen, bei 19 Diatomeen-Arten ist das 2-malig 3-fach ablesbar, und bei 10 Diatomeen-Arten ist das 1-malig 3-fach feststellbar.

Die Ergebnisse der Tabelle 4.8 weisen auf die Untersuchung (RUHR 1983) zurück. Dort wurde erwähnt, daß in der chemischen Abhängigkeit von Carbonaten, Bikarbonaten und Kohlensäure – und auch in der Gesamthärte als einem Spiegelbild aller im Wasser gelösten Mineralsubstanzen – Faktoren gegeben sind, die in maßgeblicher Form, möglicherweise als natürlicher Regulator, die Existenzmöglichkeit der Diatomeen beeinflussen.

TABLE I

Zusammenstellung aller 3-fachen Von-Bis-Werte von Diatomeen-Arten aus den Toleranzbereichen (Grundlage Tabelle 4.7)

Nr. Diatomeen-Art	Carb.-Härte D ₆ Toler. 1,0 D ₆ Ru. Le. Vo.	Von-Bis Werte	Ges.-Härte D ₆ Toler. 1,5 D ₆ Ru. Le. Vo.	Von-Bis Werte	NO ₃ mg Toler. 1,5 mg Ru. Le. Vo.	SiO ₂ mg Toler. 1,5 mg Ru. Le. Vo.	Cl mg Toler. 1,5 mg Ru. Le. Vo.	Von-Bis Werte	Abw. Von-Bis Werte
2 Stephanodiscus astraea	4,1 4,8 4,5 2,2 1,6 1,9	4,1-4,8 1,6-2,2	7,5 7,0 5,5 6,2 7,2 7,0	5,5-7,5 6,2-7,2					
3 Coscin. roth. v. sub.	4,1 4,8 4,5 2,2 1,6 1,9	4,1-4,8 1,6-2,2	7,5 7,0 5,5 6,2 7,2 7,0	5,5-7,5 6,2-7,2					
4 Tabellaria flocculosa									
7 Diatoma hilem. v. mesodon									
8 Meridion circulare	3,5 2,3 2,5 2,6 2,1 1,8	2,3-3,5 2,5-3,4 1,9-3,1	5,7 5,0 5,7 4,8 4,8 4,3 6,0 5,7 6,4	5,0-5,7 4,3-4,8 5,7-6,4					
11 Fragilaria viridis	3,4 2,5 2,5 2,4 2,7 2,7	2,5-3,5 3,1-3,1	5,7 5,0 5,7 4,8 4,8 4,3 5,0 5,4 5,9	5,0-5,7 4,3-4,8 5,0-5,9					
12 Synedra ulna v. oxy.									
13 Synedra ulna v. amph.									
15 Synedra ulna v. amph.									
16 Eunotia arcus									
18 Cocconeis placenta	3,4 2,6 2,8 4,2 3,2 2,3	2,6-3,4 2,3-4,2	5,2 3,6 4,6 5,5 6,0 5,6	3,6-5,2 5,5-6,0					
20 Rhizosphenia curvata									
22 Gyrosigma acuminatum									
25 Straurocoleis phoenic.									
27 Navicula cupidata	3,3 2,5 1,6 1,9 2,7 2,3	1,6-3,3 2,3-4,2	5,9 5,0 4,2 7,9 6,4 7,0	4,2-5,9 7,0 6,4 7,9					
28 Navicula rhynch.	1,9 2,7 1,5 1,9 1,8 2,1	1,5-2,7 1,8-2,1	5,7 5,4 4,5 3,8 4,3 4,7	4,5-5,7 4,5-5,7 3,8-4,7					
32 Pinnularia gibba									
34 Pinnularia viridis									
35 Pinnularia viridis v. sud.	3,2 2,5 1,5 2,5 2,1 3,1	1,5-3,2 2,1-3,1	6,0 4,6 4,6 5,7 4,4 4,0	4,6-6,0 4,0-5,7					
36 Pinnularia gentilis									
39 Cymbella aspera	2,7 2,3 2,0 4,0 3,4 2,4	2,0-2,7 2,4-4,0	5,4 4,7 5,7 6,6 7,2 5,3	4,7-5,7 5,3-7,2					
40 Gymnopema parvulum									
44 Nitzschia dissipata									
45 Nitzschia acuta									
48 Nitzschia spectabilis									
50 Cymatopleura solea									
51 Cymat. solea v. grac.									
52 Cymatopleura elliptica									
53 Surirella biseriata	5,2 4,9 5,5 2,1 2,0 2,0	4,9-5,5 2,0-2,1	7,9 7,0 5,6 7,4 7,5 7,4	5,6-7,9 7,2-7,4					
54 Surirella linearis									
55 Surirella tenera									
56 Surirella elegans	2,6 1,8 1,7 4,0 3,4 2,4	1,7-2,6 2,4-4,0	8,3 8,0 9,7 10,3 10,9 12,0	8,0 9,7 10,3-12,0					

In der Tabelle 4.9 wurden die Diatomeen-Arten nach ansteigenden Carbonathärte-Werten (bezogen auf die Tabelle 4.8) (Anfangs-Von-Werte Spalte 1 unterstrichen) den End-Bis-Werten (ebenfalls ansteigend) gegenübergestellt. Übereinstimmende Werte für die Diatomeen-Arten wurden mit einem * gekennzeichnet, sofern sie innerhalb der Toleranz ($1,0 \text{ DH}^{\circ}$) lagen.

T A B E L L E 4.9

Auswertung der Ergebnisse von Tabelle 4.8
Carbonathärte-Werte nach ansteigenden Anfangs-Von-Werten den ansteigenden
End-Bis-Werten gegenübergestellt

Nr.	Diatomeen-Art	Carb.-Anfangs-Von-Werte DH°	Carb.-End-Bis-Werte DH°	Diatomeen-Art	Nr.
28	<i>Navicula rhynchocep.</i>	<u>1,5</u> - 2,7	1,8 - <u>2,1</u> *	<i>Pinnularia gibba</i>	32
35	<i>Pinnul. viridis v. sud.</i>	<u>1,5</u> - 3,1	2,0 - <u>2,1</u> *	<i>Suirella biseriata</i>	53
4	<i>Tabellaria flocculosa</i>	<u>1,6</u> - 2,2 *	1,6 - <u>2,2</u> *	<i>Tabellaria flocculosa</i>	4
25	<i>Stauroneis phoenic.</i>	<u>1,6</u> - 3,3	1,7 - <u>2,6</u> *	<i>Suirella elegans</i>	56
56	<i>Suirella elegans</i>	<u>1,7</u> - 2,6 *	1,8 - <u>2,6</u> *	<i>Fragilaria virescens</i>	11
11	<i>Fragilaria virescens</i>	<u>1,8</u> - 2,6 *	1,5 - <u>2,7</u>	<i>Navicula rhynchocep.</i>	28
32	<i>Pinnularia gibba</i>	<u>1,8</u> - 2,1 *	2,0 - <u>2,7</u> *	<i>Cymbella aspera</i>	39
13	<i>Synedra ulna v. oxy.</i>	<u>1,9</u> - 3,1	1,9 - <u>3,1</u>	<i>Synedra ulna v. oxy.</i>	13
39	<i>Cymbella aspera</i>	<u>2,0</u> - 2,1 *	2,1 - <u>3,1</u> *	<i>Pinnularia gentilis</i>	36
53	<i>Suirella biseriata</i>	<u>2,0</u> - 2,1 *	1,5 - <u>3,2</u>	<i>Pinnul. viridis v. sud.</i>	35
36	<i>Pinnularia gentilis</i>	<u>2,1</u> - 3,1 *	1,6 - <u>3,3</u>	<i>Stauroneis phoenic.</i>	25
8	<i>Meridion circulare</i>	<u>2,3</u> - 3,5	2,5 - <u>3,4</u> *	<i>Synedra ulna</i>	12
20	<i>Rhoicosphenia curvata</i>	<u>2,3</u> - 4,2	2,6 - <u>3,4</u> *	<i>Cocconeis placentula</i>	18
44	<i>Nitzschia dissipata</i>	<u>2,4</u> - 4,0	2,3 - <u>3,5</u>	<i>Meridion circulare</i>	8
12	<i>Synedra ulna</i>	<u>2,5</u> - 3,4 *	2,4 - <u>4,0</u>	<i>Nitzschia dissipata</i>	44
18	<i>Cocconeis placentula</i>	<u>2,6</u> - 3,4 *	2,3 - <u>4,2</u>	<i>Rhoicosphenia curvata</i>	20
3	<i>Coscin. roth. v. sub.</i>	<u>4,1</u> - 4,8 *	4,1 - <u>4,8</u> *	<i>Coscin. roth. v. sub.</i>	3
51	<i>Cymat. solea v. grac.</i>	<u>4,9</u> - 5,8 *	4,9 - <u>5,8</u> *	<i>Cymat. solea v. grac.</i>	51

* Zur weiteren Auswertung in Tabelle 4.11 herangezogen

Die Auswertung der 3-fach übereinstimmenden Carbonathärte-Werte zeigt, wie eng die Von-Bis-Werte als Anfangs- und Endwerte zusammenliegen und damit als Kennwerte für Carbonathärten bei diesen Diatomeen-Arten anzusehen sind. Sie zeigen für den Parameter Carbonathärte die optimalen Bedingungen, unter denen sie in den Fließgewässern Ruhr, Lenne und Volme existent sein können.

T A B E L L E 4.10

Auswertung der Ergebnisse von Tabelle 4.8

Gesamthärte-Werte nach ansteigenden Anfangs-Von-Werten den End-Bis-Werten gegenübergestellt

Nr.	Diatomeen-Art	Ges.-Anfangs-Von-Werte DH°		Ges.-End-Bis-Werte DH°	Diatomeen-Art	Nr.
16	Eunotia arcus	<u>3,6</u> - 5,2		<u>3,8</u> - 4,7 *	Pinnularia gibba	32
54	Surirella linearis	<u>3,7</u> - 6,0		<u>4,3</u> - 4,8 *	Fragilaria virescens	11
32	Pinnularia gibba	<u>3,8</u> - 4,7 *		<u>4,6</u> - 5,0 *	Surirella elegans	56
35	Pinnul. viridis v. sud.	<u>4,0</u> - 5,7		<u>3,6</u> - 5,2	Eunotia arcus	16
25	Stauroneis phoenic.	<u>4,2</u> - 5,9		<u>4,4</u> - 5,5	Surirella biseriata	53
55	Surirella tenera	<u>4,2</u> - 6,1		<u>5,0</u> - 5,7 *	Meridion circulare	8
11	Fragilaria virescens	<u>4,3</u> - 4,8 *		<u>4,0</u> - 5,7	Pinnul. viridis v. sud.	35
36	Pinnularia gentilis	<u>4,4</u> - 6,1		<u>4,5</u> - 5,7	Navicula rhynchoceph.	28
53	Surirella biseriata	<u>4,4</u> - 5,5		<u>4,7</u> - 5,7 *	Cymbella aspera	39
28	Navicula rhynchoceph.	<u>4,5</u> - 5,7		<u>4,2</u> - 5,9	Stauroneis phoenic.	25
34	Pinnularia viridis	<u>4,6</u> - 6,0		<u>5,0</u> - 5,9 *	Synedra ulna v. oxy.	13
56	Surirella elegans	<u>4,6</u> - 5,0 *		<u>4,6</u> - 6,0	Pinnularia viridis	34
39	Cymbella aspera	<u>4,7</u> - 5,7 *		<u>5,5</u> - 6,0 *	Cocconeis placentula	18
8	Meridion circulare	<u>5,0</u> - 5,7 *		<u>4,2</u> - 6,1	Surirella tenera	55
13	Synedra ulna v. oxy.	<u>5,0</u> - 5,9 *		<u>4,4</u> - 6,1	Pinnularia gentilis	36
40	Gomphonema parvulum	<u>5,3</u> - 7,2		<u>5,7</u> - 6,4 *	Synedra ulna	12
48	Nitzschia spectabilis	<u>5,3</u> - 7,9		<u>3,7</u> - 6,0	Surirella linearis	54
2	Stephanodiscus astraea	<u>5,5</u> - 7,5		<u>5,3</u> - 7,2	Gomphonema parvulum	40
18	Cocconeis placentula	<u>5,5</u> - 6,0 *		<u>6,2</u> - 7,2 *	Coscin. roth. v. sub.	3
50	Cymatopleura solea	<u>5,6</u> - 7,9		<u>7,2</u> - 7,4 *	Cymat. solea v. grac.	51
12	Synedra ulna	<u>5,7</u> - 6,4 *		<u>5,5</u> - 7,5	Stephanodiscus astraea	2
3	Coscin. roth. v. sub.	<u>6,2</u> - 7,2 *		<u>5,3</u> - 7,9	Nitzschia spectabilis	48
27	Navicula cuspidata	<u>6,4</u> - 7,9		<u>5,6</u> - 7,9	Cymatopleura solea	50
52	Cymatopleura elliptica	<u>6,8</u> - 8,8		<u>6,4</u> - 7,9	Navicula cuspidata	27
51	Cymat. solea v. grac.	<u>7,2</u> - 7,4 *		<u>6,8</u> - 8,8	Cymatopleura elliptica	52

* Zur weiteren Auswertung in Tabelle 4.11 herangezogen

Eine gleichartige Auswertung wie für die Carbonathärtungen ist auch für die Gesamthärtungen nach der Tabelle 4.8 durchgeführt worden. Die ansteigenden Von-Werte sind den ansteigenden Bis-Werten gegenübergestellt worden. Auch bei dieser Auswertung wurden bis zu einer Toleranz-differenz von 1 DH° einschließlich übereinstimmende Werte mit einem Stern versehen.

Trotz zahlenunterschiedlicher Auswertungsergebnisse sind bei den Carbonathärten von insgesamt 18 = noch 11, und bei den Gesamthärtungen von 25 = noch 10 Diatomeen-Arten festzustellen, die nur eine Von-Bis-Toleranz von 1 DH° aufweisen (mit * bezeichnete Diatomeen-Arten aus den Tabellen 4.9 und 4.10).

Die Zusammenstellung in der Tabelle 4.11 ist besonders interessant, denn sie beweist in ihren Ergebnissen, daß nach den vorgenommenen Einengungen Diatomeen-Arten in Carbonathärte- und Gesamthärte-Werten in jeweils 3-fachen Von-Bis-Werten von Ruhr, Lenne und Volme - also über 3 Flüsse hinweg - artenmäßig ein gleichzeitiges Vorkommen aufweisen und diese damit als Kennwerte für 2 wasserchemische Parameter - Carbonat- und Gesamthärte - anzusehen sind.

T A B E L L E 4.11

Nr.	Diatomeen-Art	Nach ansteigenden Carbonat-härten geordnet DH°	Nach ansteigenden Gesamthärten geordnet DH°
56	<i>Surirella elegans</i>	1,7 - 2,6 DH°	4,6 - 5,0 DH°
11	<i>Fragilaria virescens</i>	1,8 - 2,6 DH°	4,3 - 4,8 DH°
32	<i>Pinnularia gibba</i>	1,8 - 2,1 DH°	3,8 - 4,7 DH°
39	<i>Cymbella aspera</i>	2,0 - 2,1 DH°	4,7 - 5,7 DH°
12	<i>Synedra ulna</i>	2,5 - 3,4 DH°	5,7 - 6,4 DH°
18	<i>Cocconeis placentula</i>	2,6 - 3,4 DH°	5,5 - 6,0 DH°
3	<i>Coscin. roth. v. sub.</i>	4,1 - 4,8 DH°	6,2 - 7,2 DH°

Jeweils 7 festgestellte Diatomeen-Arten (in den Tabellen 4.9 und 4.10 mit einem Stern versehen) unterscheiden sich nur bis zu 1 DH° in ihren Toleranzwerten bei den Carbonat- und Gesamthärte-Werten (Tabelle 4.11).

Wenn auch euryöke Diatomeen-Arten - wie Synedra ulna - in der Tabelle 4.11 mitenthalten sind, so ist auch das ein Beweis, daß euryöke Diatomeen-Arten zur Existenzvoraussetzung die wasserchemischen Parameter auch in spezifischen Konzentrationen benötigen.

Nach diesen Ergebnissen wurden aus der Tabelle 4.7 von weiteren Diatomeen-Arten die kleinsten Differenzen der wasserchemischen Parameter herausgezogen, die 0,3 DH° bzw. 0,3 mg nicht übersteigen.

In der Tabelle 4.12 wurde diese Einengung der Ergebnisse für weitere Diatomeen-Arten (aus Tabelle 4.8 - 3fache Übereinstimmung -) durchgeführt.

Diese Einengung macht deutlich, daß diese kleinen Unterschiede innerhalb der Von-Bis-Werte die Bezeichnung Übereinstimmungen zulassen. Damit ist eine Klassifizierung der Ergebnisse möglich:

1. kongruente Werte
2. Übereinstimmungen, das sind kleinste Differenzen von 0,1 - 0,3 Einheiten bei DH° und mg innerhalb der Parameter-Werte
3. Von-Bis-Werte innerhalb der Toleranzen
4. Divergente Ergebnisse

T A B E L L E 4.12

Zusammenstellung aller kleinsten Differenzen der Diatomeen-Arten aus den Von-Bis-Werten. Maximale Differenz 0,3 DH° bzw. 0,3 mg (Grundlage Tabelle 4.7). Das sind Übereinstimmungen bei den Ergebnissen

Nr. Diatomeen-Art	Carb.-Härte DH° Von-Bis-Werte	Ges.-Härte DH° Von-Bis-Werte	NO ₃ mg Von-Bis-Werte	SiO ₂ mg Von-Bis-Werte	Cl mg Von-Bis-Werte
1 Melosira granulata		6,2 - 6,5			
5 Diatoma vulgare				6,6 - 6,9	
6 Diatomea hiemale				6,7 - 6,8	
7 Diatoma hiem. v. mesodon	2,2 - 2,5		14,9 - 15,1		
8 Meridion circulare					
10 Fragilaria construens				7,3 - 7,5	
12 Synedra ulna			13,8 - 14,1		
15 Synedra ulna v. amph.		6,7			
17 Coccoeis pediculus	2,0 - 2,1	4,5 - 4,8			
19 Coccoeis plac. v. eugl.	2,7 - 2,8	5,7		6,9 - 7,2	
22 Gyrosigma acuminatum	4,9 - 5,2	7,8 - 8,1			
23 Gyrosigma kützingii		4,6 - 4,8		7,3 - 7,4	
25 Stauroneis phoenic.				7,4 - 7,7	
28 Navicula rhynch.			10,9 - 11,2		
29 Navicula viridula		5,1 - 5,3		7,4 - 7,6	
30 Navicula radiosa	2,2 - 2,5		11,0 - 11,2		
31 Pinnularia borealis				6,7 - 7,0	
32 Pinnularia gibba	1,8 - 2,1				
33 Pinnularia maior				5,1 - 5,4	
34 Pinnularia viridis	1,8 - 2,0			7,7 - 7,9	
35 Pinnul. viridis v. sud.			14,9	7,2 - 7,5	
36 Pinnularia gentilis			10,7 - 10,8		
37 Amphora ovalis		5,8 - 6,0			
38 Cymbella min. v. sile.		5,1 - 5,4			
40 Gomphonema parvulum	3,7 - 3,8				
42 Nitzschia linearis		5,9 - 6,0	13,5 - 13,7		
43 Nitzschia recta			18,9 - 19,0		
44 Nitzschia dissipata				6,6 - 6,9	
45 Nitzschia acula	4,8	7,7 - 7,8			12,4 - 12,6
46 Nitzschia romana					10,5 - 10,8
47 Nitzschia gracilis		5,0 - 5,3			
48 Nitzschia spectabilis					16,0 - 16,3
49 Nitzschia sigmaeidea	4,2 - 4,5				
51 Cyamat. solea v. grac.		7,2 - 7,4	17,7 - 18,0		
53 Surirella biseriata	2,0 - 2,1				
55 Surirella tenera	1,8 - 2,0				
57 Surirella ovalis		8,9 - 9,1		6,8	

Diese Einzelergebnisse weisen auf optimale Existenzwerte bei Diatomeen-Arten hin. Noch interessanter sind aber die Gruppenbildungen von Diatomeen-Arten, die aufgrund dieser Auswertungsergebnisse für die wasserchemischen Parameter festzustellen sind (Aufstellungen ab nächste Seite) (101)

G r u p p e n

<u>Carbonathärten:</u>	Nr. 17	Cocconeis pediculus	Differenz 2,0 - 2,1 DH°
	Nr. 19	Cocconeis plac. v. eugl.	Differenz 2,7 - 2,8 DH°
	Nr. 32	Pinnularia gibba	Differenz 1,8 - 2,1 DH°
	Nr. 34	Pinnularia viridis	Differenz 1,8 - 2,0 DH°
	Nr. 45	Nitzschia acula	Differenz 4,8 DH°
	Nr. 49	Nitzschia sigmoides	Differenz 4,2 - 4,5 DH°
	Nr. 53	Surirella biseriata	Differenz 2,0 - 2,1 DH°
	Nr. 55	Surirella tenera	Differenz 1,8 - 2,0 DH°
<u>Gesamthärten:</u>	Nr. 17	Cocconeis pediculus	Differenz 4,5 - 4,8 DH°
	Nr. 19	Cocconeis plac. v. eugl.	Differenz 5,7 DH°
	Nr. 22	Gyrosigma acuminatum	Differenz 7,8 - 8,1 DH°
	Nr. 23	Gyrosigma kützingii	Differenz 4,6 - 4,8 DH°
	Nr. 42	Nitzschia linearis	Differenz 5,9 - 6,0 DH°
	Nr. 45	Nitzschia acula	Differenz 7,7 - 7,8 DH°
	Nr. 47	Nitzschia gracilis	Differenz 5,0 - 5,3 DH°
<u>NO₃:</u>	Nr. 28	Navicula rhynchoceph.	Differenz 10,9 - 11,2 mg
	Nr. 30	Navicula radiosa	Differenz 11,0 - 11,2 mg
	Nr. 35	Pinnul. viridis v. sud.	Differenz 14,9 mg
	Nr. 36	Pinnularia gentilis	Differenz 10,7 - 10,8 mg
	Nr. 42	Nitzschia linearis	Differenz 13,5 - 13,7 mg
	Nr. 43	Nitzschia recta	Differenz 18,9 - 19,0 mg
<u>SiO₂:</u>	Nr. 5	Diatoma vulgare	Differenz 6,6 - 6,9 mg
	Nr. 6	Diatoma hemale	Differenz 6,7 - 6,8 mg
	Nr. 33	Pinnularia maior	Differenz 5,1 - 5,4 mg
	Nr. 34	Pinnularia viridis	Differenz 7,7 - 7,9 mg
	Nr. 35	Pinnul. viridis v. sud.	Differenz 7,2 - 7,5 mg
<u>Cl:</u>	Nr. 45	Nitzschia acula	Differenz 12,4 - 12,6 mg
	Nr. 46	Nitzschia romana	Differenz 10,5 - 10,8 mg
	Nr. 48	Nitzschia spectabilis	Differenz 16,0 - 16,3 mg

In diesen Werten lassen sich optimale Bedingungen als Grundlage für das natürliche Vorkommen von Diatomeen-Arten erkennen. Sie zeigen auch Empfindlichkeiten und Verträglichkeiten gegen starke Veränderungen auf, die die Existenz von Diatomeen-Arten beeinflussen oder schädigen. Diese Bedingungen sind in diesem Biotop für jede Diatomeen-Art artspezifisch in bezug auf die wasserchemischen Parameter. Die Diatomeen-Arten können daraufhin als Indikatoren angesehen werden für die entsprechenden Parameter.

Es kann festgestellt werden, daß diese Diatomeen-Arten zu den wasserchemischen Parametern unterschiedlich, artspezifisch, als Indikatoren und gruppentypisch reagieren.

In den biologischen Proben von Ruhr, Lenne und Volme wurde deswegen nach "Spezialisten" bei den Diatomeen-Arten gesucht, die nicht in allen 3 Fließgewässern vorkommen, in einem begrenzten Gebiet existent sind, unterschiedliche Häufigkeiten aufweisen und in den Parametern Übereinstimmungen aufweisen.

Die Diatomeen-Art "Campylodiscus noricus v. hibernica" ist dafür das 1. Beispiel.

T A B E L L E 4.13

Diatomeen-Art: Campylodiscus noricus v. hibernica (Ruhr)

Probe	Häufigkeit	pH	Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	P ₂ O ₅ mg	Cl mg
46	5	7,9	7,0	10,5	0,0	11,0	8,0	4,0	25,0
55	1	7,4	5,5	9,0	0,1	14,0	7,0	4,0	40,0
61	1	7,9	1,0	2,0	0,0	4,0	9,0	0,5	4,0
75	2	7,5	3,5	6,5	0,0	10,0	0,0	0,3	30,0
76	3	7,3	4,0	7,5	0,0	8,0	7,0	0,2	40,0
77	2	7,8	4,0	7,0	0,0	12,0	3,0	0,5	40,0
81	1	7,4	5,0	8,0	0,4	18,0	7,0	3,0	30,0

Bis auf die eingerahmte Probe 61 in der Tabelle 4.13 besteht bei der Diatomeen-Art Campylodiscus noricus v. hibernica zwischen den weiteren 6 Proben in ihren Parametern eine auffällige Annäherung bzw. Übereinstimmung der Werte, wobei die Probe 46 mit der Häufigkeitsstufe 5 die Optimalwerte beinhaltet und als Indikator gelten kann.

Bei einer Mittelwertberechnung unter Weglassung der Untersuchungsergebnisse von Probe 61 ergibt sich folgende Zahlenwertaufstellung:

Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	P ₂ O ₅ mg	Cl mg
5,0	8,1	0,1	12,2	6,8	2,0	34,2

Es besteht die Möglichkeit eines Vorkommens der Diatomeen-Art "Campylodiscus noricus v. hibernica" bei hohen Carbonat- und Gesamthärtungen, mittleren Werten von NO₃ und SiO₂ sowie als Anzeiger von hohen Chloridwerten.

Es wurden aufgrund dieser Ergebnisse noch mehrere Diatomeen-Arten aus Proben der Ruhr, Lenne und Volme, die in den Vergleichsuntersuchungen (Tab. 4.7) nicht berücksichtigt wurden, ausgewertet, z. B. Ruhr:

Surirella turgida (Ruhr)

T A B E L L E 4.14

Probe	Häufigkeit	Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
46	2	7,0	10,5	11,0	8,0	25,0
76	3	4,0	7,5	8,0	7,0	40,0
77	3	4,0	7,0	12,3	3,0	40,0
81	2	5,0	8,0	18,0	7,0	30,0
83	1	6,0	9,5	25,0	8,0	20,0
84	1	8,0	9,0	18,0	8,0	25,0
93	1	4,7	9,3	20,0	7,0	40,0
94	1	4,5	9,5	18,0	9,0	40,0
95	1	6,0	9,0	19,0	6,0	40,0

Auch bei dieser Diatomeen-Art "Surirella turgida" sind vielfache Annäherungen oder auch Übereinstimmungen der Ergebnisse innerhalb der Toleranzgrenzen (Einrahmungen der Zahlenwerte in Tabelle 4.14) festzustellen. Eine Charakterisierung für diese Diatomeen-Art für optimales Vorhandensein ergibt: Mittelhohe Carbonathärten, hohe Gesamthärten, mittel-hohe NO₃-, hohe Silicate- und hohe Chlorid-Werte.

Dagegen sind divergente Ergebnisse festzustellen bei der Diatomeen-Art "Eunotia tetraodon" aus der Lenne.

Eunotia tetraodon: (Lenne)

Probe	Häufigkeit	Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
51	1	0,1	9,0	0,3	50,0	18,0	70,0
65	1	1,3	2,5	0,7	7,0	9,0	3,0

Bei der Diatomeen-Art Amphipleura pellucida, die in der Ruhr, Lenne und Volme vorkommt, ist festzustellen:

Amphipleura pellucida (Ruhr, Lenne, Volme)

Probe	Häufigkeit	Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
44	4	2,0	4,5	0,0	4,5	7,0	15,0
<u>Lenne</u>							
76	3	1,0	4,0	0,1	7,3	6,0	4,5
<u>Volme</u>							
1	5	3,3	6,6	1,0	5,0	3,0	5,0
16	2	1,0	3,2	0,0	35,0	1,2	20,0
17	2	1,6	4,3	0,0	18,6	1,0	25,0

Bei Amphipleura pellucida besteht:

- eine 4-fache Annäherung bzw. Übereinstimmung von niedrigen Carbonathärteten von 1,0 - 2,0 DH°-Werten,
- eine 4-fache Annäherung bzw. Übereinstimmung von niedrigen Gesamthärteten von 3,2 - 4,5 DH°-Werten,
- eine 2-fache Übereinstimmung von NO₃ bei Ruhr und Volme mit 4,5 - 5,0 mg,
- eine 2-fache Übereinstimmung von SiO₂³ bei Ruhr und Lenne mit 1,0 - 1,2 mg,
- eine 2-fache Übereinstimmung von Cl bei Lenne und Volme mit 4,5 - 5,0 mg.

Das wasserchemische Ergebnis für Amphipleura pellucida lautet:

- geringe Carbonathärteten
- geringe Gesamthärteten
- wechselnde Mengen in mg bei NO₃ in zwei sehr unterschiedlichen chemischen Wertgruppen (umkästelt)
- bei SiO₂³ unterschiedliche, aber in sich 2 ähnliche chemische Wertgruppen (umkästelt)
- bei Cl 2 mal 2 Übereinstimmungen bzw. Ähnlichkeiten.

Diese oben angeführten 4 Beispiele zeigen:

1. daß zu einer Aussage jeweils 2 Proben nicht ausreichend sind,
2. daß es für das Auftreten von Diatomeen-Arten bestimmte wasserchemische Voraussetzungen geben muß und ein seltenes oder einmaliges Auftreten einer Diatomeen-Art nicht zur kritischen Beurteilung über das Vorkommen bestimmter, evtl. auch indikatorischer Diatomeen-Arten ausreicht.

Es wurde deswegen auch in den Untersuchungen und ihren Auswertungen immer nur das häufige Auftreten von Diatomeen-Arten herangezogen und in Mittelwertberechnungen sowie Vergleichsbeurteilungen zwischen Ruhr, Lenne und Volme versucht, Aussagen zu erhalten, die eine Abhängigkeit zwischen dem Auftreten von Diatomeen-Arten und Wasserchemismus bestimmen.

Für eine weitere Diatomeen-Art "Caloneis silicula", die nur in der Volme vorkommt, zeichnet sich wieder ein anderes Ergebnis ab (Tabelle 4.15, 10 Proben, alle mit Häufigkeitsstufe 1).

Gegenüber den Parametern Carbonat- und Gesamthärte, die nach den Toleranz-einteilungen noch zusammenfaßbar (eingekästelt) wären, treten bei den Parametern NO₃, SiO₂ und Cl sehr schwankende Ergebnisse auf, die (ebenfalls eingekästelt) in sich je 2 N ä h e r u n g e n aufweisen. Da in allen Proben nur die Häufigkeitsstufe 1 zugrundeliegt, sind bei den divergierenden Ergebnissen keine richtungsweisenden Zusammenhänge erkennbar.

T A B E L L E 4.15

Volme: *Caloneis silicula*

Probe	Häufigkeit	Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
2	1	3,3	5,8	0,0	7,0	7,0	50,0
5	1	1,0	3,6	0,0	4,0	2,0	20,0
7	1	1,4	2,5	1,5	4,5	1,5	7,0
9	1	3,7	5,8	0,0	3,0	1,0	7,0
14	1	2,3	4,5	0,0	40,0	6,0	20,0
21	1	2,5	6,5	0,1	18,0	2,0	30,0
26	1	2,5	5,5	0,0	20,0	4,0	20,0
32	1	1,5	4,0	0,0	15,0	1,0	10,0
40	1	3,5	6,0	2,3	40,0	0,2	40,0
43	1	3,5	8,5	0,1	30,0	0,5	5,0

Bei dieser Diatomeen-Art sind Einwirkungen der Anionen nicht erkennbar.

Die Diatomeen-Art: *Opephora martyi* aus der Volme soll als weiteres Beispiel dienen.

Volme: *Opephora martyi* T A B E L L E 4.16

Probe	Häufigkeit	Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
* 1	4	3,3	6,6	1,0	5,0	3,0	5,0
4	1	1,0	3,3	0,1	6,0	2,0	25,0
* 11	3	2,3	6,3	0,0	4,5	8,6	20,0
12	1	4,0	6,8	3,0	18,0	7,5	35,0
* 15	2	5,5	7,2	0,0	18,0	1,5	18,0
17	1	1,6	4,3	0,0	18,0	2,0	25,0
28	1	1,4	4,0	0,0	20,0	2,0	10,0

Die Diatomeen-Art *Opephora martyi* weist, bezogen auf alle chemischen Parameter, sprunghafte Ergebnisse auf. Wenn die Häufigkeiten außer Acht gelassen und nur die Proben 1 mit der Häufigkeit 4
11 mit der Häufigkeit 3 und
15 mit der Häufigkeit 2

berücksichtigt werden (mit Stern), dann

zeichnet sich nachfolgende Tabelle ab: Opephora martyi

Volme: Opephora martyi

T A B E L L E 4.17

Probe	Häufigkeit	Carb.-Härte DH	Ges.-Härte DH	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
1	4	3,3	6,6	5,0	3,0	5,0
11	3	2,3	6,3	4,5	8,0	20,0
15	2	5,5	7,2	18,0	1,5	18,0
Mittelwert		3,7	6,7	9,2	4,2	8,1

Die Mittelwerte für die Carbonat- und Gesamthärtungen stimmen mit den Werten der Probe 1 (Häufigkeitsstufe 4) überein. Bei den Anionen NO₃, SiO₂ und Cl weichen sie stark ab. Diese Ergebnisse geben Aufschlüsse.

1. Die Methode der berechneten Mittelwertergebnisse für die ausgewählten Diatomeen-Arten kann für alle Untersuchungen als geeignet angesehen werden, da die höheren Häufigkeiten vorrangig miteinbezogen wurden, die die Mittelwerte markieren.
2. Es kann als bewiesen angesehen werden, daß die Carbonat- und Gesamthärtungen (in ihrer unterschiedlichen Höhe) die maßgeblichen Faktoren sind, aus denen das verschiedenartige und verschiedenhäufige Vorkommen der Diatomeen-Arten ablesbar ist.
3. Die Häufigkeit des Vorkommens der einzelnen Diatomeen-Arten lässt Rückschlüsse zu auf Reaktionen zu den jeweiligen Wasserchemismen, d.h. Diatomeen-Arten sind Indikatoren für unterschiedliche, wasserchemische Parameter und reagieren empfindlich auf deren Konzentrationen.

Die Vergleichsergebnisse von Ruhr, Lenne und Volme in den Tabellen 4.6 bis 4.14 beweisen in nicht erwarteter Weise, daß die Diatomeen-Arten gegenüber den Wasserchemismen und auch ihren Konzentrationen unterschiedlich und empfindlich reagieren, trotzdem durch die Mittelwertberechnung eine gewisse Egalisierung der Untersuchungsergebnisse eingetreten ist.

Trotz des Umfangs des untersuchten Materials sind die Ergebnisse nur ein Anfang zur Erforschung einer Ökologie der Fließgewässer, da das Vorkommen von Diatomeen-Arten in Zusammenhang mit den Wasserchemismen bisher kaum untersucht wurde.

Auch im Hinblick auf eine Gesunderhaltung unserer Fließgewässer, die oftmals zur Versorgung der Menschen in unserem Lebensraum dienen, müssen weitere Untersuchungen der Fließgewässer durchgeführt werden. Die Quell- und Bachgebiete sind miteinzubeziehen, denn in diesen Zonen treten schon anthropogene Beeinflussungen auf, die sich wasserchemisch und biologisch auf lange Strecken auswirken, feststellbar an dem Auftreten von Diatomeen-Arten.

4.4 Auswirkungen der Abwasserbelastungen

Zu Beginn der Untersuchungen des Großbiotops "Sauerland" mit seinen Fließgewässern Ruhr, Lenne und Volme wurde nicht damit gerechnet, daß die Fragen der Abwasserbelastungen eine zu beachtende Rolle spielen würden. Es sollte nach den bisherigen Untersuchungen (BUDDE 1927, 1928, 1942, SALDEN, 1978) nur eine biologische Bestandsaufnahme der Diatomeen-Population im Großbiotop Sauerland erarbeitet werden. Aber das Sauerland, in dem sich seit über 200 Jahren eine gesunde Kleinindustrie aus Handwerksbetrieben entwickelt oder niedergelassen hat, hat sich in seiner Struktur ökologisch verändert, und die wasserchemischen Verhältnisse von Ruhr, Lenne und Volme wurden beeinflußt. Diese Veränderung mußte berücksichtigt werden.

Es wurde erwartet, in diesem wasserreichen Gebiet noch unbeeinflußte Voraussetzungen für Diatomeen-Arten vorzufinden. In den Oberläufen von Ruhr und Lenne mit ihren vielen Zuläufen, in denen mit den Untersuchungen begonnen wurde, war das noch meistens der Fall, aber in den Mittelläufen von Ruhr und Lenne mit ihren Nebenbächen wurden schon wasserchemische Veränderungen bemerkt. Bei der Untersuchung der Volme wurden bereits im Quell-Bachgebiet anthropogene Belastungen, Kanalisierungen und Verbauungen festgestellt. Daraufhin wurde nicht nur den Abwässern in dem Quell-Bachgebiet der Volme Beachtung geschenkt, sondern auch das Untersuchungsmaterial von Ruhr und Lenne wurde auf Schadstoffbeeinflussungen nachgeprüft.
(GEWÄSSERGÜTE-KARTEN 1973, 1976, 1980, 1985), UMWELTSCHUTZ 1980,
(GEWÄSSERGÜTEBERICHT 1981, 1982, 1983, 1984)

In dieser Arbeit können nicht die Auswirkungen von Abwässern in dem Großbiotop "Sauerland" ausführlich behandelt werden, sondern anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse soll nur auf bestehende Verunreinigungen mit Auswirkungen auf die Wasserchemie und die Diatomeen-Population hingewiesen werden.

In der Tabelle 4.18 sind die Proben von Ruhr, Lenne und Volme zusammengefaßt worden, die infolge hoher Schadstoffbelastungen aus dem biologischen und wasserchemischen Vergleich der Untersuchungsergebnisse der 3 Flüsse bisher weggelassen wurden. Die längste Zahlenreihe ist dabei für die Volme festzustellen. Die für die biologische Sonderauswertung ausgewählten Proben sind in der Kopfleiste mit dem Zeichen * kenntlich gemacht worden (Tabelle 4.18).

T A B E L L E 4.18

Proben aus abwasserbelasteten Flußteilen der Ruhr, Lenne und Volme

Alle unterstrichenen chemischen Werte der aufgeführten Proben weisen auf Abwasserbelastungen (Tabellen: 1. Ruhr, 2.1 Lenne, 3.1 Volme) hin

Chemie	Probe-Nr.											
	R u h r											
	41	69*	70	72	73	74	* 84	86	* 87	88	89	* 91
pH	7,2	7,9	7,9	7,8	8,0	7,9	7,9	7,8	8,4	7,0	8,5	6,8
Ca.H.	4,0	9,3	8,3	7,5	8,0	6,0	8,5	8,5	9,0	10,0	7,5	7,1
Gs.H.	5,0	11,5	12,3	12,5	11,5	9,5	9,5	13,0	16,0	15,5	13,5	15,0
NH ₄	4,5	0,8	0,2	0,1	0,1	0,1	8,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0
NO ₃	6,0	20,0	19,0	12,0	18,0	16,0	18,0	18,0	16,0	10,0	25,0	110,0
SiO ₂	10,0	8,0	8,0	8,0	9,0	6,0	8,0	9,0	8,0	9,4	9,0	8,0
P _O ²	2,0	2,0	7,0	6,0	1,6	0,3	7,0	3,0	0,3	3,5	5,0	7,0
Cl ⁻	5,0	80,0	100,0	100,0	80,0	30,0	25,0	60,0	90,0	20,0	60,0	90,0

Chemie	L e n n e										
	Probe-Nr.										
	5	52*	62	68	71	80	* 81	* 86	* 87	91	
pH	7,3	5,0	8,7	7,8	7,2	6,8	6,9	7,0	6,8	8,0	
Ca.H.	4,5	0,1	1,5	2,5	3,5	6,0	7,2	5,0	2,5	9,0	
Gs.H.	6,0	9,0	3,5	4,0	6,5	9,5	17,0	14,0	28,0	13,0	
NH ₄	2,0	0,3	0,1	2,0	1,5	25,0	20,0	6,5	3,5	0,0	
NO ₃	19,0	50,0	45,0	19,5	60,0	0,5	18,0	110,0	190,0	9,5	
SiO ₂	7,5	18,0	9,5	9,5	9,5	8,5	7,0	9,0	8,0	10,0	
Cl ⁻	9,0	70,0	15,0	60,0	70,0	90,0	40,0	40,0	30,0	30,0	

Chemie	V o l m e											
	Probe-Nr.											
	3	12	16	18	19	20	22	23	25	31	33	35
pH	7,4	7,4	6,9	7,9	7,3	7,4	7,2	7,5	7,6	7,3	7,6	7,3
Ca.H.	4,5	4,0	1,0	3,3	2,3	2,5	2,5	2,5	3,5	1,5	1,8	1,8
Gs.H.	7,5	6,8	3,3	5,5	5,6	6,5	7,2	6,3	6,3	4,5	4,8	5,0
NH ₄	22,0	3,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,5
NO ₃	30,0	18,0	35,0	35,0	40,0	35,0	18,0	35,0	35,0	40,0	400,0	40,0
SiO ₂	0,8	7,5	0,5	1,0	4,5	1,5	9,0	8,0	4,0	2,0	4,0	4,0
P _O ²	1,5	1,0	0,5	1,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
Cl ⁻	80,0	35,0	20,0	25,0	30,0	30,0	50,0	20,0	28,0	15,0	15,0	20,0

Zur weiteren Auswertung wurden nachfolgend aufgeführte Proben herangezogen (in der Aufstellung für Ruhr, Lenne und Volme durch * über der Probennummer und durch Unterstreichung der chemischen Werte zu erkennen)

	<u>Ruhr</u> in Prob.	<u>Lenne</u> in Prob.	<u>Volme</u> in Prob.
<u>Carbonathärte:</u>	69 84 87	52	
<u>Gesamthärte:</u>	69 84 87 91	52 81 86 87	37
<u>NH₄:</u>	84	81 86 87	3 37
<u>NO₃:</u>	69 84 91	52 81 86 87	3 36 37
<u>Cl:</u>	69 84 87 91	52 81 86 87	3 36 37

*	*	36	37	38	39	40	41	42	43	45
7,6	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,8	7,5
2,5	6,5	6,2	3,0	3,5	4,0	3,0	3,0	3,5	3,5	
6,0	9,5	9,5	6,0	6,0	6,3	6,5	6,5	8,5	7,0	
0,0	20,0	10,0	8,0	2,3	2,7	0,3	0,3	0,1	0,5	
300,0	30,0	40,0	35,0	40,0	40,0	50,0	50,0	30,0	50,0	
4,5	0,3	0,3	1,0	0,2	2,0	10,0	10,0	0,5	2,0	
0,8	7,0	8,0	1,0	4,0	4,0	2,0	2,0	0,5	1,0	
50,0	70,0	70,0	40,0	40,0	50,0	60,0	60,0	50,0	60,0	

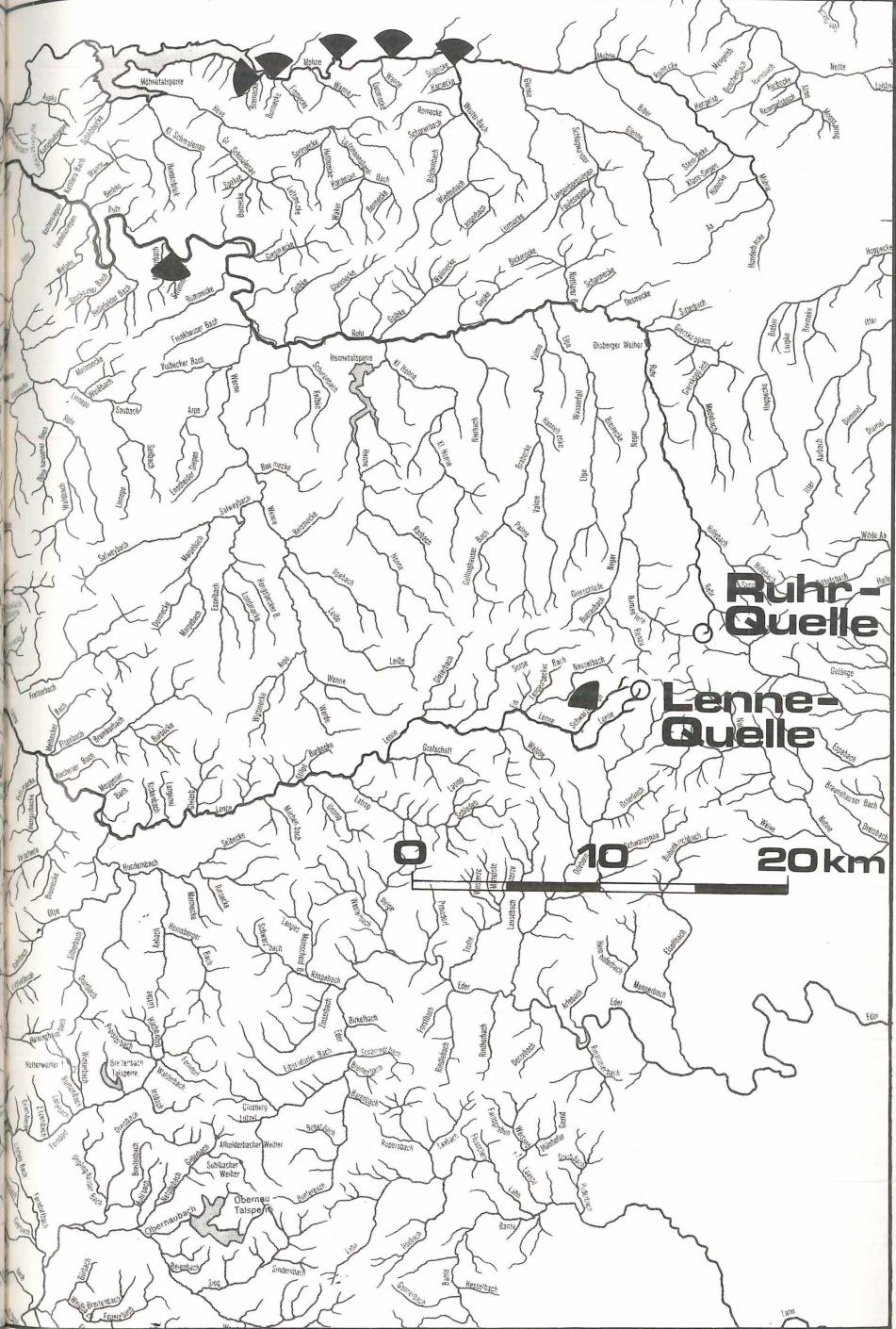
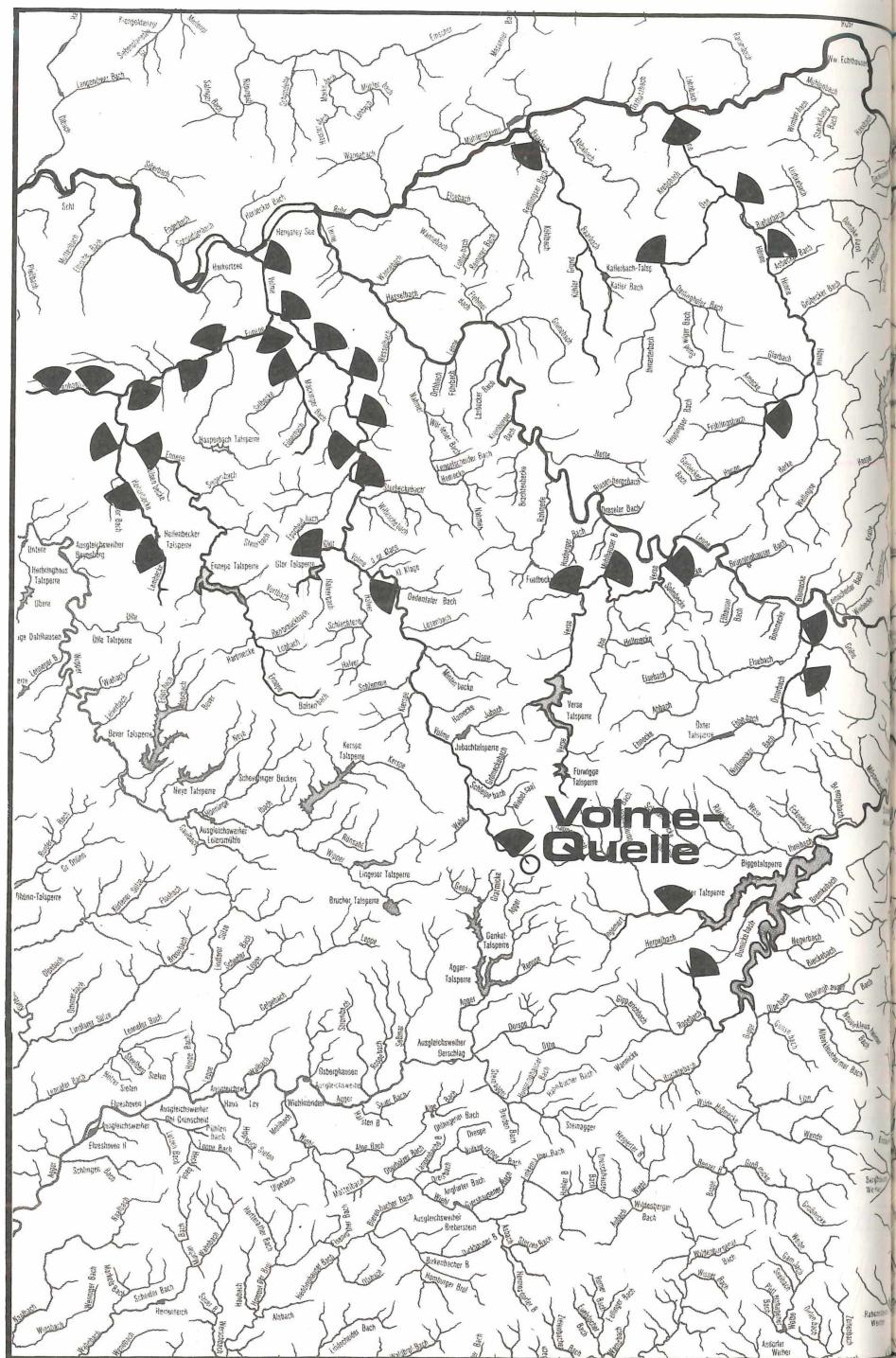


Abb. 4.6: Gewässerkarte des Sauerlandes mit Ruhr, Lenne und Volme. Die Spitzen der 1/4-Kreise zeigen auf Gewässerbereiche, in denen erhebliche Abwasserbela-
stungen festgestellt wurden.

TABELLE 4.19

Aufstellung abwasserbelasteter Gewässerproben		1. Ruhr						
Pr.	Entnahmestelle	pH Wert	Carb. Härte DH°	Ges. Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
41 •	Bach Strumecke v. Einfl. Ruhr	7,2	4,0	5,0	4,5	6,0	10,0	5,0
69 •	Westerbach v. Möhnezufl. Belecke	7,9	9,3	11,5	0,8	20,0	8,0	80,0
70	Möhne, östl. v. Ort Sichtigvor	7,9	8,3	12,3	0,2	19,0	8,0	100,0
72	Möhne an Brücke vor Allagen	7,8	7,5	12,5	0,1	12,0	8,0	100,0
73	Möhne, Brücke zur Vorsperre	8,0	8,0	11,5	0,1	18,0	9,0	80,0
74	Möhne - Vorbecken, Abfluß (Gasth.)	7,9	6,0	9,5	0,1	16,0	6,0	30,0
84 •	Bach Höhne, nördl. v. Garbeck	7,9	8,5	9,5	8,0	18,0	8,0	25,0
86	Bach Höhne, nördl. Oberrödingh.	7,8	8,5	13,0	0,0	18,0	9,0	60,0
87 •	Bach Höhne südl. Menden	8,4	9,0	16,0	0,0	16,0	8,0	90,0
88	Bach Ose, nördl. v. Hemer b. Becke	7,0	10,0	15,5	0,0	10,0	9,4	20,0
89	Bach Höhne v. Ruhreinfl. Fröndenbg.	8,5	7,5	13,5	2,0	25,0	9,0	60,0
91 •	Baarbach v. Einfluß Ruhr	6,8	7,1	15,0	1,0	110,0	8,0	90,0
2. Lenne								
5	Ohlenbach WHs. Forellenteich	7,3	4,5	6,0	2,0	19,0	7,5	9,0
52 •	Bach-Quellgeb. Segenau	5,0	0,1	9,0	0,3	50,0	18,0	70,0
62	Lister-Vorb. Brücke Windebruch	8,7	1,5	3,5	0,1	45,0	0,5	15,0
68	Bach Öster nördl. Oesterau, Brücke	7,8	2,5	4,0	2,4	19,5	9,5	60,0
71	Else b. Plettenbg. v. Einfl. Lenne	7,2	3,5	6,5	1,5	60,0	9,5	70,0
80	Verseb. Augustenthal h. Klärbecken	6,8	6,0	9,5	25,0	0,5	8,5	90,0
81 •	Versebach oberh. Erek. v. Einfl. v. schwarzer Ahe	6,9	7,2	17,0	20,0	18,0	7,0	40,0
86 •	Verse b. Kleinh. v. Zul. v. Solmbecke	7,0	5,0	14,0	6,5	110,0	9,0	40,0
87 •	Verse v. Einfl. Lenne b. Werdohl	6,8	2,5	28,0	3,5	190,0	8,0	30,0
91	Wannebach b. Berchum Zul. Lenne	8,0	9,0	13,0	0,0	9,5	10,0	30,0
3. Volme								
3 •	Brücke üb. Volme Schleifkotten	7,4	4,5	7,5	22,0	30,0	0,8	80,0
12	Volme v. Zufl. Linnepe	7,4	4,0	6,8	3,0	18,0	7,5	35,0
16	Bach Glör unterh. Talsp.	6,9	1,0	3,3	0,0	35,0	0,5	20,0
18	Volme b. Rummenohl	7,9	3,3	5,5	0,1	35,0	1,0	25,0
19	Eppschelder Bach oberh. Priorei	7,3	2,3	5,6	0,0	40,0	4,5	30,0
20	Bachzul. In Priorei	7,4	2,5	6,5	0,1	35,0	1,5	30,0
22	Asbecke oberh. Dahl v. Kanalts.	7,2	2,5	7,2	0,0	18,0	9,0	50,0
23	1. Mäckingheimer Bach v. Ellpe	7,5	2,5	6,3	0,0	35,0	8,0	20,0
25	Volme, Brücke v. Ellpe	7,6	3,5	6,3	0,1	35,0	4,0	28,0
31	Hellenbecke, Zul. z. Talsperre	7,3	1,5	4,5	0,0	40,0	2,0	15,0
33	Hellenb. v. Zufl. Holth. Hammer	7,6	1,8	4,8	0,0	400,0	4,0	15,0
35	Ennepe v. Zufl. Hellenb. Milspe	7,3	1,8	5,0	0,5	40,0	4,0	20,0
36 •	Hellenb. vo. Einfl. Ennepe Milspe	7,6	2,5	6,0	0,0	300,0	4,5	50,0
37 •	Krähenbecker Bach b. Frielinghaus	7,3	6,5	9,5	20,0	30,0	0,3	70,0
38	Krähenbecker Bach v. Tunnel	7,3	6,2	9,5	10,0	40,0	0,3	70,0
39	Ennepe unterh. Gevelsberg Hs. Roch	7,4	3,0	6,0	8,0	35,0	1,0	40,0
40	Ennepe, Brücke Westerbauer	7,4	3,5	6,0	2,3	40,0	0,2	40,0
41	Ennepe Westerbauer-Hagen Brücke	7,4	4,0	6,3	2,7	40,0	2,0	50,0
42	Ennepe, Brücke Wehringhs.-Hagen	7,4	3,0	6,5	0,3	50,0	10,0	60,0
43	Volme, Hagen Brücke b. Horten	7,8	3,5	8,5	0,1	30,0	0,5	50,0
45	Volme v. Einlauf Hengsteey-See	7,5	3,5	7,0	0,5	50,0	2,0	60,0

Die • (Punkte) neben den Proben-Nummer-Zahlen weisen darauf hin, daß diese Proben Grundlage für eine biologische Auswertung in den Tabellen 4.21 - 4.24 waren.

Die eingeklammerten Proben-Nummern fassen Entnahmestellen von Möhne und Höhne bei der Ruhr, Verse bei der Lenne, Hellenbecke, Ennepe und Volme zusammen.

T A B E L L E 4.20

Beispiel zur Auswertung der Lenne-Abwasser-Proben für Carbonathärten DH^o

(Einzelproben bis zur Zusammenfassung der Von-Bis-Werte von Ruhr, Lenne und Völme aus Tabelle 4.18)

Nr. Diatomeen-Art Grundlage Tabelle 7	*Ber. Von-Bis Werte, Toler. 2	Lenne				Pr. 87 Häufigkeiten 2 3 4	Pr. 86 Häufigkeiten 2 3 4	Pr. 81 Häufigkeiten 2 3 4	Ruhrt Von-Bis Werte DH ^o	Lenne Von-Bis Werte DH ^o	Völme Von-Bis Werte DH ^o	Gesamt Von-Bis-Werte Ruhr, Lenne, Völme DH ^o	
		Leute	Häufigkeiten	Häufigkeiten	Häufigkeiten								
1 Melosira granulata	2,7-3,5												
2 Stephanodiscus astraea	4,1-4,8												
3 Coscin. rotth. v. sub.	1,6-2,2												
4 Tabellaria flocculosa													
5 Diatoma vulgare													
6 Diatoma himale													
7 Diatoma him. v. mesodon	2,2-2,5												
8 Meridion circulare	2,3-3,5												
9 Fragilaria capucina													
10 Fragilaria construens	3,6-4,1												
11 Fragilaria virens	1,8-2,6												
12 Synedra ulna	2,5-3,4	0,1				7,2	5,0	5,0		7,1-9,3	0,1-7,2	2,5-6,5	0,1-9,3
13 Synedra ulna v. oxy.	1,9-3,1					7,2	5,0	2,5		7,1-9,0	2,5-7,2	2,5-6,5	2,5-9,0
14 Synedra ulna v. danica													
15 Synedra ulna v. amph.	3,7-4,1												
16 Eunotia arcus	1,2-1,7	0,1									0,1		0,1
17 Cocconeis pediculus	2,0-2,1												
18 Cocconeis placentula	2,6-3,4												
19 Cocconeis plac. v. eugl.	2,7-2,8												
20 Rholosphenia curvata	2,3-4,2												
21 Frustulia rhomboides													
22 Gyrosigma acuminatum	4,9-5,2												
23 Gyrosigma kützingii	1,6-2,0												
24 Neldium trilobis	0,9-1,8												
25 Staurostomis phenolic.	1,6-3,3												
26 Staurostomis anceps	1,9-2,3												

* Ber. Von-Bis-Werte =
Bereingte Werte von Tabelle 4.7

1. Zusammenstellung

2. Zusammenstellung

3. Zusammenstellung

In der Tabelle 4.20 wird von der Lenne für die ● Proben die durchgeführte Zusammenfassung erklärt (Proben der Tabelle 4.19).

Neben der linksseitigen Spalte der Tabelle 4.20 (enthaltend Nr. und Diatomeen-Art) folgen die bereinigten Von-Bis-Werte (Tabelle 4.7), dann die 4 ausgewählten Proben der Lenne: Nummer 52, 81, 86 und 87. In diesen 4 Spalten sind die Analysenwerte für Carbonathärte vermerkt (1. Zusammenstellung).

In den 3 nächsten Spalten folgen nach gleicher Auswertungsform die Von-Bis-Werte für Ruhr, Lenne und Volme (2. Zusammenstellung).

Die letzte rechte Außenspalte umfaßt von Ruhr, Lenne und Volme für die einzelnen Diatomeen-Arten die Auswertungsergebnisse (3. Zusammenstellung, Tabelle 4.20).

Diese Beispieldausrechnung in der Form der 3. Zusammenstellung dient als Grundlage der Tabelle 4.21. In dieser wurden von Ruhr, Lenne und Volme alle mit einem * versehenen Proben der Tabelle 4.18 (Abwasserproben) zusammengefaßt und für die Diatomeen-Arten gegenübergestellt (Tabelle 4.7).

T A B E L L E 4.21

Zusammenstellung der einzelnen Von-Bis-Werte für Ruhr, Lenne und Volme (bereinigte Ergebnisse gegenüber Abwasserwerten)

Nr. Diatomeen-Art Auflistung nach Tab. 4.7	Carb.-Härte DH°				Ges.-Härte DH°			
	Ber.	Abwasserbelastung			Ber.	Abwasserbelastung		
		Von-Bis Tab. 4.7	Von-Bis Ruhr	Von-Bis Lenne		Von-Bis Tab. 4.7	Von-Bis Ruhr	Von-Bis Volme
1 <i>Hedosira granulata</i>	2,7-3,5		2,5-7,2		6,2-6,5		14,0-28,0	
2 <i>Stephanodiscus astraea</i>					5,5-7,5			
3 <i>Coscin. roth. v. sub.</i>	4,1-4,8				6,2-7,2			
4 <i>Tabellaria flocculosa</i>	1,6-2,2				3,2-4,9			
5 <i>Diatoma vulgare</i>			7,2		4,9-6,3		17,0-28,0	
6 <i>Diatoma hiemale</i>					5,3-6,5			
7 <i>Diatoma hiem. v. mesodon</i>	2,2-2,5							
8 <i>Meridion circulare</i>	2,3-3,5	7,1-9,0		4,5	5,0-5,7	9,5-15,0		7,5
9 <i>Fragilaria capucina</i>					2,5			
10 <i>Fragilaria construens</i>	3,6-4,1			2,5	4,3-4,8			6,0
11 <i>Fragilaria virescens</i>	1,8-2,6		2,5	2,5			28,0	6,0
12 <i>Synedra ulna</i>	2,5-3,4	7,1-9,3	0,1-7,2	2,5-6,5	5,7-6,4	9,5-15,0	9,0-28,0	6,0-9,5
13 <i>Synedra ulna v. oxy.</i>	1,9-3,1	7,1-9,0	2,5-7,2	2,5-6,5	5,0-5,9	9,5-15,0	14,0-28,0	6,0-9,5
14 <i>Synedra ulna v. danica</i>				2,5			28,0	
15 <i>Synedra ulna v. amph.</i>	3,7-4,1		5,0		6,7		17,0	
16 <i>Eunotia arcus</i>	1,2-1,7		0,1		3,6-5,2		9,0	
17 <i>Cocconeis pediculus</i>	2,0-2,1			2,5	4,5-4,8			6,0
18 <i>Cocconeis placentula</i>	2,6-3,4	9,0			5,5-6,0	15,0		
19 <i>Cocconeis plac. v. eugl.</i>	2,7-2,8				5,7			
20 <i>Rhoicosphenia curvata</i>	2,3-4,2		2,5		5,0-6,0		28,0	
21 <i>Frustulia rhomboides</i>					4,2-5,6			
22 <i>Gyrosigma acuminatum</i>	4,9-5,2				7,8-8,1			
23 <i>Gyrosigma kützingii</i>	1,6-2,0	7,1			4,6-4,8	15,0		
24 <i>Neidium iridis</i>	0,9-1,8							
25 <i>Stauroneis phoenic.</i>	1,6-3,3			2,5	4,2-5,9			6,0
26 <i>Stauroneis anceps</i>	1,9-2,3				4,0-5,0			

In dem oberen Teil der Tabelle 4.21 (Diatomeen-Arten 1 - 26 nach Tabelle 4.7) sind bei den Auswertungsergebnissen (Von-Bis-Werte) für die Carbonathärtungen Abweichungen gegenüber den bereinigten Ergebnissen für Carbonathärtungen festzustellen. Einige Werte liegen unterhalb, meist aber oberhalb der Von-Bis-Werte von bereinigten Ergebnissen.

Bei den Gesamthärtungen sind die Abweichungen schon erheblich größer und reichen nur bei wenigen Diatomeen-Arten noch in den Toleranzbereich hinein. Die Gesamthärtungen zeigen gelöste anorganische Substanzen in größerem Umfange an, viele davon werden in der Industrie verwendet und gelangen mit industriellen Waschwässern sehr unterschiedlicher Art in die Vorfluter.

Fortsetzung Tabelle 4.21 (oberer Teil Diatomeen-Arten Nr. 1 - 26)

NO ₃ mg Ber. Von-Bis Tab. 4.7			SiO ₂ mg Ber. Von-Bis Tab. 4.7			Cl mg Ber. Von-Bis Tab. 4.7			
Abwasserbelastung			Abwasserbelastung			Abwasserbelastung			
Von-Bis Ruhr	Von-Bis Lenne	Von-Bis Volme	Von-Bis Ruhr	Von-Bis Lenne	Von-Bis Volme	Von-Bis Ruhr	Von-Bis Lenne	Von-Bis Volme	
14,8-15,8		19,0-110,0	6,3-7,0 6,9-7,5 6,7-8,3	8,0-18,0		10,3-11,0			30,0-40,0
			8,4-8,8						
16,2-16,6 8,7-9,6		18,0-190,0	6,6-6,9 6,7-6,8 6,1-7,4	7,0		8,0- 9,7			30,0-40,0
14,9-15,1	16,0-110,0	30,0	6,7-7,5	8,0	0,4	25,0-90,0			80,0
15,2-15,9 12,2-13,6		190,0	300,0 6,5-7,9	7,3-7,5 8,0	4,5 4,5	8,0- 9,5			50,0 50,0
13,8-14,1 18,0-110,0	16,0-110,0 18,0-110,0	18,0-190,0 30,0-300,0	30,0-300,0 6,8-7,8	8,0 8,0	8,0-18,0 8,0-18,0	0,3-4,5 0,3-4,5	25,0-90,0 25,0-90,0	30,0-40,0 30,0-40,0	50,0-80,0 50,0-80,0
13,2-14,5		190,0	6,5-7,7	8,0		10,1-10,8		30,0	
10,3-12,0		110,0	3,7-4,3	9,0		16,7-17,4		40,0	
		50,0	6,6-7,6	18,0		9,8-10,8		70,0	
16,8-17,7	16,0	300,0	6,0-7,5 6,9-7,2	8,0		4,5	20,8-21,6 14,3-15,8	90,0	
		190,0	7,1-7,5	8,0				30,0	
			5,4-6,6						
18,5-19,0	110,0		5,4-7,0 7,3-7,4	8,0		18,7-21,4		90,0	
16,1-17,2		300,0	7,4-7,7 7,3-7,7			4,5			50,0

Bei Nr. 3 stehen die abwasserbelasteten Ergebnisse den bereinigten Von-Bis-Werten mit sehr hohen Unterschieden gegenüber, die sich bei dem Vorkommen der Diatomeen-Arten auswirken.

Bei S10 kann bei einigen Abweichungen größerer Art nach oben und unten noch von relativ konstanten Werten gesprochen werden.

Fortsetzung Tab. 4.21 (unterer Teil Diatomeen-Arten Nr. 27 - 58)

Nr. Diatomeen-Art Auflistung nach Tab. 4.7	Carb.-Härte DH° Ber. Abwasserbelastung				Ges.-Härte DH° Ber. Abwasserbelastung			
	Von-Bis Tab.4.7	Von-Bis Ruhr	Von-Bis Lenne	Von-Bis Volme	Von-Bis Tab.4.7	Von-Bis Ruhr	Von-Bis Lenne	Von-Bis Volme
27 <i>Navicula cuspidata</i>	3,0-3,9	8,5			6,4-7,9	9,5		
28 <i>Navicula rhynch.</i>	1,5-2,7				4,5-5,7			
29 <i>Navicula viridula</i>	2,1-2,6	7,1-9,5	2,5-7,2	2,5-6,5	5,1-5,3	11,5-15,0	17,0-28,0	6,0-9,5
30 <i>Navicula radiosa</i>	2,2-2,5	7,1-8,5		2,5-6,5	6,7-7,3	9,5-15,0		6,0-9,5
31 <i>Pinnularia borealis</i>					6,4-7,2			
32 <i>Pinnularia gibba</i>	1,8-2,1				3,8-4,7			
33 <i>Pinnularia maior</i>					5,2-5,7			
34 <i>Pinnularia viridis</i>	1,8-2,0				4,6-6,0			
35 <i>Pinnul. viridis v. sud.</i>	1,5-3,2				4,0-5,7			
36 <i>Pinnularia gentilis</i>	2,1-3,1				4,4-6,1			
37 <i>Amphora ovalis</i>	2,4-3,3				5,8-6,0			
38 <i>Cymbella min. v. sile.</i>	2,0-2,4	7,1	2,5-7,2		5,1-5,4	15,0	17,0-28,0	
39 <i>Cymbella aspera</i>	2,0-2,7				4,7-5,7			
40 <i>Gomphonema parvulum</i>	3,7-3,8	7,1	7,2		5,3-7,2	15,0	17,0	
41 <i>Nitzschia amphioxys</i>					5,5-6,5			
42 <i>Nitzschia linearis</i>	3,1-3,5	7,1-8,0	2,5-7,2	2,5-6,5	5,9-6,0	9,5-15,0	14,0-28,0	6,0-9,5
43 <i>Nitzschia recta</i>	1,9-2,3			2,5				6,0
44 <i>Nitzschia dissipata</i>	2,4-4,0				6,9-7,9			
45 <i>Nitzschia acula</i>	4,8				7,7-7,8			
46 <i>Nitzschia romana</i>	2,3-2,7				4,9-5,4			
47 <i>Nitzschia gracilis</i>	1,9-2,3				5,0-5,3			
48 <i>Nitzschia spectabilis</i>	2,6-3,2	7,1-9,0	5,0		5,3-7,9	15,0	14,0	
49 <i>Nitzschia sigmoidea</i>	4,2-4,5				6,8-7,3			
50 <i>Cymatopleura solea</i>	4,0-4,8				5,6-7,9			
51 <i>Cymat. solea v. grac.</i>	4,9-5,5				7,2-7,4			
52 <i>Cymatopleura elliptica</i>	4,9-5,5	9,3	5,0		6,8-8,8	11,5	14,0	
53 <i>Surirella biseriata</i>	2,0-2,1				4,4-5,5			
54 <i>Surirella linearis</i>					3,7-6,0			
55 <i>Surirella tenera</i>	1,8-2,0	0,1			4,2-6,1			
56 <i>Surirella elegans</i>	1,7-2,6				4,6-5,0			
57 <i>Surirella ovalis</i>	2,3-3,3				8,9-9,1			
58 <i>Surirella ovata</i>	2,5-3,0	7,1		4,5	5,2-6,0	15,0		7,5

Bei Cl sind die Ergebniswerte aus den belastenden Abwässern gegenüber den Von-Bis-Werten der bereinigten Probenergebnisse alle überhöht.

Fortsetzung Tab. 4.21 (unterer Teil Diatomeen-Arten Nr. 27 - 58)

NO mg Ber. 3 Abwasserbelastungen				S10 mg Ber. 2 Abwasserbelastungen				Cl mg Ber. 1 Abwasserbelastungen			
Von-Bis Tab. 4.7	Von-Bis Ruhr	Von-Bis Lenne	Von-Bis Volme	Von-Bis Tab. 4.7	Von-Bis Ruhr	Von-Bis Lenne	Von-Bis Volme	Von-Bis Tab. 4.7	Von-Bis Ruhr	Von-Bis Lenne	Von-Bis Volme
10,9-11,2	18,0			6,8-8,1 7,4-8,7	8,0			25,0			
12,3-13,1	16,0-110,0	18,0-190,0	30,0-300,0	7,4-7,6 6,3-6,7	8,0		0,3-4,5 0,3-4,5	80,0-90,0 12,2-13,2	30,0-90,0 25,0-90,0	50,0-80,0 50,0-80,0	
11,0-11,2	18,0-110,0			6,7-7,0 6,5-7,7 5,1-5,4 7,7-7,9 7,2-7,5 6,9-8,2		18,0		8,1- 8,6			
11,6-13,2		50,0									
14,9											
10,7-10,8											
13,5-15,0				7,6-8,6							
12,8-14,3	110,0	18,0-190,0		7,0-7,5 4,6-5,6	8,0	8,0-18,0		22,4-23,7	90,0	30,0-40,0	
10,5-10,9											
13,8-15,4	110,0	18,0		6,6-7,4	8,0	18,0			90,0	40,0	
13,5-13,7	18,0-110,0	18,0-190,0	30,0-300,0	7,3-8,4 7,2-8,2 6,6-6,9 6,8-7,4 7,6-8,0 6,7-7,6 6,7-7,7 6,4-6,9	8,0	8,0-18,0	0,3-4,5 4,5 8,0-18,0 4,5 12,4-12,6 10,5-10,8 8,0 9,0	25,0-90,0 30,0-40,0 30,0-40,0 16,-16,3 90,0	30,0-40,0 50,0-70,0 50,0 40,0 40,0	50,0-70,0 50,0 50,0	
18,9-19,0			300,0								
13,8-15,4		18,0-190,0	300,0								
14,9-17,1		16,0-110,0	110,0								
17,7-18,0		110,0	300,0	6,4-7,4 6,5-7,4 7,3-8,8		9,0	4,5	13,4-14,3 17,2-18,0		40,0	50,0
20,0	110,0			8,0	9,0			80,0	40,0		
10,6-11,5											
11,0-12,0		50,0		7,4-8,0 7,8-9,2 6,8-7,8 6,8		18,0		9,0- 9,5		70,0	
16,5-17,5	110,0		30,0		8,0		0,8		90,0		90,0

T A B E L L E 4.22

Zusammenfassung aller Werte aus den bereinigten Ergebnissen (Tab. 4.7) und den Abwasserergebnissen in Von-Bis-Werten
gemeinsam für Ruhr, Lenne und Völme (Tab. 4.21)

Nr. Diatomeen-Art Grundlage Tabelle 4.7	Ber. Proben		Abw. Proben		Ber. Proben		Abw. Proben		Ber. Proben		Abw. Proben	
	Carb.-Härte DH Von-Bis Werte		Ges.-Härte DH Von-Bis Werte		NO ₃ -mg Von-Bis Werte		SiO ₂ -mg Von-Bis Werte		Von-Bis Werte		Cl mg Von-Bis Werte	
1 <i>Melosira granulata</i>	2,7-3,5	2,5-7,2	6,2-6,5	14,0-28,0	14,8-15,8	19,0-180,0	6,3-7,0	8,0-18,0	6,9-7,5	6,7-8,3	10,3-11,0	30,0-40,0
2 <i>Stephanodiscus astraea</i>	4,-,4,8	6,2-7,2	5,5-7,5									
3 <i>Coscin. roth. v. sub.</i>	1,6-2,2		3,2-4,9									
4 <i>Tabellaria flocculosa</i>		7,2	4,9-6,3	17,0-28,0								
5 <i>Diatoma vulgare</i>												
6 <i>Diatoma himale</i>												
7 <i>Diatoma hiem. v. mesodon</i>	2,2-2,5		5,3-6,5									
8 <i>Meridion circulare</i>	2,3-3,5	4,5-9,0	5,0-5,7	7,5-15,0	14,9-15,1	16,0-110,0	6,7-7,5	0,8-8,0				25,0-90,0
9 <i>Fragilaria capucina</i>	3,6-4,1	2,5		6,0	15,2-15,9	300,0	7,3-7,9	4,5				50,0
10 <i>Fragilaria construens</i>	1,8-2,6	2,5	4,3-4,8	6,0-28,0	12,2-13,6	300,0	6,5-7,9	4,5-8,0				50,0
11 <i>Fragilaria virens</i>												
12 <i>Syndra ulna</i>	2,5-3,4	0,1-9,3	5,7-6,4	6,0-28,0	13,8-14,1	16,0-300,0	6,8-7,8	0,3-18,0				25,0-90,0
13 <i>Syndra ulna v. oxy.</i>	1,9-3,1	2,5-9,0	5,0-5,9	6,0-28,0		18,0-300,0	0,3-18,0					25,0-90,0
14 <i>Syndra ulna v. danica</i>		2,5		28,0		190,0	6,5-7,7	8,0				30,0
15 <i>Syndra ulna v. amph.</i>	3,7-4,1	5,0	6,7	17,0	13,2-14,5	110,0	3,7-7,3	9,0				40,0
16 <i>Eurotia arcus</i>	1,2-1,7	0,1	3,6-5,2	9,0	10,3-12,0	90,0	6,6-7,6	18,0				70,0
17 <i>Coccoconis pediculus</i>	2,0-2,1	2,5	4,5-4,8	6,0	16,8-17,7	300,0	4,5					50,0
18 <i>Coccoconis placentula</i>	2,6-3,4	9,0	5,5-6,0	15,0		16,0	6,1-7,5	8,0				90,0
19 <i>Coccoconis plac. v. euogl.</i>	2,7-2,8		5,7				6,9-7,2					14,3-15,8
20 <i>Rhoicosphaera curvata</i>	2,2-4,2	2,5	5,0-6,0	28,0		190,0	7,1-7,5	8,0				30,0
21 <i>Frustulia rhomboides</i>												
22 <i>Gyrostigma acuminatum</i>	4,9-5,2		7,8-8,1									
23 <i>Gyrostigma kützingii</i>	1,6-2,0	7,1	4,6-4,8	15,0	18,5-19,0							
24 <i>Neidium iridis</i>	0,9-1,8											
25 <i>Stauroneis phoenicea</i>	1,6-3,3	2,5	4,2-5,9	6,0	16,1-17,2	300,0	7,4-7,7	4,5				
26 <i>Stauroneis anceps</i>	1,9-2,3		4,0-5,0									

Die Tabelle 4.22 zeigt in einer zusammengefassten Form der großen 4-teiligen Tabelle 4.21 für Ruhr, Lenne und Völme Auswirkungen der Abwasserbelastungen auf. Diese zahlenmäßige Auswertung in tabellarischer Form weist auch auf die Abwasserbelastungen in den Quell- und Bachgebieten hin, die nicht acht gelassen werden dürfen, sondern mit einbezogen werden müssen in eine Dauerüberwachung und Überprüfung der Fließgewässer. Das Sauerland ist sehr stark belastet, industriell durchdrungen und nimmt dadurch gegenüber den anderen Mittelgebirgen der Bundesrepublik eine Sonderstellung ein.

Fortsetzung Tabelle 4.22

Nr.	Diatomeen-Art	Ber. Proben	Abw. Proben	Ber. Proben	Abw. Proben	Ber. Proben	Abw. Proben	Ber. Proben	Abw. Proben	Ber. Proben	Abw. Proben
Grundlage		Carb.-Härte D _H Von-Bis	Ges.-Härte D _H Von-Bis	No. Von-Bis	mg Von-Bis	No. Von-Bis	mg Von-Bis	No. Von-Bis	mg Von-Bis	No. Von-Bis	mg Von-Bis
Tabelle 4.7		Werte	Werte	Werte	Werte	Werte	Werte	Werte	Werte	Werte	Werte
27	<i>Navicula cuspidata</i>	3,0-3,9	8,5	6,4-7,9	9,5	10,9-11,2	18,0	6,8-8,1	8,0	6,7-7,0	25,0
28	<i>Navicula rhynch.</i>	1,5-2,7	4,5-5,7	5,-5,3	6,0-28,0	12,3-13,1	16,0-300,0	7,4-8,7	0,3- 8,0	7,4-7,6	30,0-90,0
29	<i>Navicula viridula</i>	2,1-2,6	2,5-9,5	6,7-7,3	6,0-15,0	11,0-11,2	18,0-300,0	6,3-6,7	0,3- 8,0	12,2-13,2	25,0-90,0
30	<i>Navicula radiosa</i>	2,2-2,5	2,5-8,5								
31	<i>Pinnularia borealis</i>										
32	<i>Pinnularia gibba</i>	1,8-2,1	3,8-4,7								
33	<i>Pinnularia major</i>		5,2-5,7								
34	<i>Pinnularia viridis</i>	1,8-2,0	0,1	4,6-6,0	9,0	11,6-13,2	50,0	7,7-7,9	18,0	5,1-5,4	
35	<i>Pinnularia viridis v. sud.</i>	1,5-2,2		4,0-5,7	14,9			7,2-7,5			
36	<i>Pinnularia gentilis</i>	2,1-3,1	4,4-6,1		10,7-10,8			6,9-8,2			
37	<i>Amphora ovalis</i>	2,4-3,3	5,8-6,0		13,5-15,0			7,6-8,6			
38	<i>Cymbella min. v. sile.</i>	2,0-2,4	2,5-7,2	5,1-5,4	15,0-28,0	12,8-14,3	18,0-190,0	7,0-7,5	8,0-18,0	22,4-23,7	30,0-90,0
39	<i>Cymbella aspera</i>	2,0-2,7	4,7-5,7		10,5-10,9			4,6-5,6			
40	<i>Gomphonema parvulum</i>	3,7-3,8	7,1-7,2	5,3-7,2	15,0-17,0	13,8-15,4	18,0-110,0	6,6-7,4	8,0-18,0	40,0-90,0	
41	<i>Hantzschia amphioxys</i>		5,5-6,5								
42	<i>Nitzschia linearis</i>	3,1-3,5	2,5-9,0	5,9-6,0	6,0-28,0	13,5-13,7	18,0-300,0	7,3-8,4	0,3-18,0	25,0-90,0	
43	<i>Nitzschia recta</i>	1,9-2,3	2,5		6,0	18,9-19,0	300,0	7,2-8,2	4,5	50,0	
44	<i>Nitzschia dissipata</i>	2,4-4,0		6,9-7,9		13,8-15,4		6,6-6,9			
45	<i>Nitzschia aculea</i>	4,8	2,5-7,2	7,7-7,8	6,0-28,0	14,9-17,1	18,0-300,0	6,8-7,4	4,5-18,0	12,4-12,6	
46	<i>Nitzschia romana</i>	2,3-2,7	4,4-5,4					7,6-8,0		0,5-10,8	
47	<i>Nitzschia gracilis</i>	1,9-2,3	5,0-5,3					6,7-7,6			
48	<i>Nitzschia spectabilis</i>	2,6-3,2	5,0-9,0	5,3-7,9	14,0-15,0	16,0-110,0		6,7-7,7	8,0- 9,0	6,0-16,3	40,0-90,0
49	<i>Nitzschia sigmoidae</i>	4,2-4,5	6,8-7,3					6,4-6,9			
50	<i>Cymatopleura solea</i>	4,0-4,8	2,5-5,0	5,6-7,9	6,0-14,0	110,0-300,0		6,4-7,4	4,5- 9,0	13,4-14,3	40,0-50,0
51	<i>Cymat. solea v. grac.</i>	4,9-5,5	5,0-9,3	7,2-7,4	11,5-14,0	17,7-18,0	20,0-110,0	6,5-7,4	8,0- 9,0	17,2-18,0	
52	<i>Cymatopleura elliptica</i>	2,0-2,1		6,8-8,8				7,3-8,8			
53	<i>Surirella biseriata</i>					10,6-11,5					
54	<i>Surirella linearis</i>			4,4-5,5							
55	<i>Surirella tenera</i>	1,8-2,0	0,1	4,2-6,1	9,0			7,4-8,0			
56	<i>Surirella elegans</i>	1,7-2,6		4,6-5,0				7,8-9,2	18,0		
57	<i>Surirella ovalis</i>	2,3-3,3		8,9-9,1				6,8-7,8		9,0- 9,5	
58	<i>Surirella ovata</i>	2,5-3,0	4,5-7,1	5,2-6,0	7,5-15,0	16,5-17,5	30,0-110,0	6,8	0,8- 8,0		80,0-90,0

58 ausgewählte Diatomeen-Arten wurden aus den Tabellen 4.6 und 4.7 einer Mittelwertberechnung unterzogen und untersucht auf das Verhalten gegenüber wasserchemischen Parametern in Ruhr, Lenne und Volme. Es wurden Spezialisten für wasserchemisch unterschiedliche Konzentrationen entdeckt und nun auch geprüft, wie ihr Verhalten in den abwasserbelasteten Proben ist. Von diesen 58 Diatomeen-Arten sind 29 = 50 % in Abwasserproben nicht gefunden worden, und 29 = 50 % wurden gefunden. Dieses aufschlußreiche Ergebnis sagt jedoch nicht aus, daß die einen 29 Diatomeen-Arten "Reinwasserindikatoren" und die anderen 29 Diatomeen-Arten "Schmutzwasserindikatoren" überhaupt sind, wohl aber für einzelne wasserchemische Parameter und deren Konzentrationen.

T A B E L L E 4.23

1. Diatomeen-Arten, die nicht in den abwasserbelasteten Proben aufgetreten sind:
- 2 Stephanodiscus astraea
 - 3 Coscinodiscus rothii v. subsalsa
 - 4 Tabellaria flocculosa
 - 6 Diatoma hiemale
 - 7 Diatoma hiemale v. mesodon
 - 9 Fragilaria capucina
 - 19 Cocconeis placentula v. euglypta
 - 21 Frustulia rhomboides
 - 22 Gyrosigma acuminatum
 - 24 Neidium iridis
 - 26 Stauroneis anceps
 - 28 Navicula rhyinocephala
 - 31 Pinnularia borealis
 - 32 Pinnularia gibba
 - 33 Pinnularia maior
 - 35 Pinnularia viridis v. sudetica
 - 36 Pinnularia gentilis
 - 37 Amphora ovalis
 - 39 Cymbella aspera
 - 41 Hantzschia amphioxys
 - 44 Nitzschia dissipata
 - 46 Nitzschia romana
 - 47 Nitzschia gracilis
 - 49 Nitzschia sigmaoidea
 - 51 Cymatopleura solea v. gracilis
 - 53 Surirella biseriata
 - 54 Surirella linearis
 - 56 Surirella elegans
 - 57 Surirella ovalis
-
- 29 Diatomeen-Arten = 50 %

T A B E L L E 4.24

2. Diatomeen-Arten, die bei allen wasserchemischen Parametern in den Abwasserproben gefunden wurden:

1	<i>Melosira granulata</i>
5	<i>Diatoma vulgare</i>
8	<i>Meridion circulare</i>
10	<i>Fragilaria construens</i>
11	<i>Fragilaria virescens</i>
12	<i>Synedra ulna</i>
13	<i>Synedra ulna v. oxyrhynchus</i>
14	<i>Synedra ulna v. danica</i>
15	<i>Synedra ulna v. amphirhynchus</i>
16	<i>Eunotia arcus</i>
17	<i>Cocconeis pediculus</i>
18	<i>Cocconeis placentula</i>
20	<i>Rhoicosphenia curvata</i>
23	<i>Gyrosigma kützingii</i>
25	<i>Stauroneis phoenicenteron</i>
27	<i>Navicula cuspidata</i>
29	<i>Navicula viridula</i>
30	<i>Navicula radiosha</i>
34	<i>Pinnularia viridis</i> (die einzige, die bei Cl nicht auftritt)
38	<i>Cymbella minuta v. silesiaca</i>
40	<i>Gomphonema parvulum</i>
42	<i>Nitzschia linearis</i>
43	<i>Nitzschia recta</i>
45	<i>Nitzschia acula</i>
48	<i>Nitzschia spectabilis</i>
50	<i>Cymatopleura solea</i>
52	<i>Cymatopleura elliptica</i>
55	<i>Surirella tenera</i>
58	<i>Surirella ovata</i>
29	Diatomeen-Arten = 50 %
+ 29	Diatomeen-Arten = 50 %
gesamt 58	Diatomeen-Arten = 100 %

Ist aus den Tabellen 4.24 und 4.25 in Zahlen zu ermitteln, inwieweit Diatomeen-Arten in ihrem Vorkommen durch Abwasser beeinflußt werden?

Es können aus den abweichenden Werten Rückschlüsse gezogen werden, inwieweit einzelne wasserchemische Parameter Auswirkungen auf das Noch-Vorhandensein von Diatomeen-Arten ausüben. Dadurch können einzelne Diatomeen-Arten oder Artengruppen zu Indikatoren werden, die auf bestimmte Abwasserfaktoren reagieren. Dabei muß vor allem die Häufigkeit des Auftretens von Diatomeen-Arten berücksichtigt werden.

Das Verhalten der Diatomeen-Arten gegenüber den Abwasser-Analysen und den Analysenwerten nach der Bereinigung wurde in neuen Vergleichsbewertungen überprüft.

Es werden dazu in den folgenden Aufstellungen für die einzelnen Diatomeen-Arten die Abwasserwerte aus Tabelle 4.22 den Von-Bis-Werten der bereinigten Mittelwerte Tabelle 4.7 bei den einzelnen wasserchemischen Parametern gegenübergestellt.

Für Carbonathärten fallen folgende Ergebnisse an:

Niedrig-Werte	Abw.-Ergebnisse	(ber. Von-Bis-Werte der Tab. 4.7)
Nr. 16 <i>Eunotia arcus</i>	0,1 DH°	gegenüber (1,2-1,7 DH°)
Nr. 34 <i>Pinnularia viridis</i>	0,1 DH°	gegenüber (1,8-2,0 DH°)
Nr. 55 <i>Surirella tenera</i>	0,1 DH°	gegenüber (1,8-2,0 DH°)

Diese 3 Arten sind immer existent bei niedrigen Carbonathärtungen in nicht abwasserbelasteten Gewässern (bereinigte Von-Bis-Werte). Sie vertragen sogar noch kalkloses Wasser in belasteten Gewässern.

Näherungs-Werte

Nr. 10 <i>Fragilaria construens</i>	2,5 DH°	gegenüber (3,6-4,1 DH°)
Nr. 11 <i>Fragilaria virescens</i>	2,5 DH°	gegenüber (1,8-2,6 DH°)
Nr. 15 <i>Synedra ulna</i> v. <i>amphirhynchus</i>	5,0 DH°	gegenüber (3,7-4,1 DH°)
Nr. 17 <i>Cocconeis pediculus</i>	2,5 DH°	gegenüber (2,0-2,1 DH°)
Nr. 20 <i>Rhoicosphenia curvata</i>	2,5 DH°	gegenüber (2,3-4,2 DH°)
Nr. 28 <i>Stauroneis phoenicenteron</i>	2,5 DH°	gegenüber (1,6-3,3 DH°)
Nr. 43 <i>Nitzschia recta</i>	2,5 DH°	gegenüber (1,9-2,3 DH°)
Nr. 52 <i>Cymatopleura elliptica</i>	5,0-9,3 DH°	gegenüber (4,9-5,5 DH°)

Bei diesen 8 Arten stehen sich aus belasteten Proben mittlere Carbonathärtungen ähnlichen bis gleichen Werten aus den bereinigten Proben gegenüber. Kein unterschiedliches Verhalten der Diatomeen-Arten in belastetem und unbefestigtem Wasser.

Hohe Werte

Nr. 5 <i>Diatoma vulgare</i>	7,2 DH°	gegenüber (2,3-3,8 DH°) Tab. 4.6)
Nr. 18 <i>Cocconeis placentula</i>	9,0 DH°	gegenüber (2,6-3,4 DH°)
Nr. 25 <i>Gyrosigma kützingii</i>	7,1 DH°	gegenüber (1,6-2,0 DH°)
Nr. 27 <i>Navicula cuspidata</i>	8,5 DH°	gegenüber (3,0-3,9 DH°)

Diese 4 Diatomeen-Arten sind existent bei höheren Carbonathärtungen in belasteten Fließgewässern.

Für die Gesamthärte sind andere Ergebnisse bei den Gegenüberstellungen abzulesen:

Näherungs-Werte	Abw.-Ergebnisse	(ber. Von-Bis-Werte der Tab. 4.7)
Nr. 17 <i>Cocconeis pediculus</i>	6,0 DH°	gegenüber (4,5-4,8 DH°)
Nr. 25 <i>Stauroneis phoenicenteron</i>	6,0 DH°	gegenüber (4,2-5,9 DH°)
Nr. 27 <i>Navicula cuspidata</i>	9,5 DH°	gegenüber (6,4-7,9 DH°)

Gesamthärte: Hohe Werte

Abw.-Ergebnisse (ber. Von-Bis-Werte der Tab. 4.7)

Nr. 15	<i>Synedra ulna</i>		
	v. <i>amphyrhynchus</i>	17,0 DH°	gegenüber (6,7 DH°)
Nr. 18	<i>Cocconeis placentula</i>	15,0 DH°	gegenüber (5,5-6,0 DH°)
Nr. 20	<i>Rhoicosphenia curvata</i>	28,0 DH°	gegenüber (5,0-6,0 DH°)
Nr. 23	<i>Gyrosigma kützingii</i>	15,0 DH°	gegenüber (4,6-4,8 DH°)
Nr. 34	<i>Pinnularia viridis</i>	9,0 DH°	gegenüber (4,6-6,0 DH°)
Nr. 55	<i>Surirella tenera</i>	9,0 DH°	gegenüber (4,2-6,1 DH°)

Die höheren Gesamthärte-Werte für die Abwasserproben gegenüber den Werten der Tabelle 4.7 lassen bei einigen Diatomeen-Arten Anpassungsmöglichkeiten an höhere Härtegrade vermuten und Rückschlüsse auf eine gewisse Unempfindlichkeit zu. Hervorzuheben ist die Diatomeen-Art Nr. 34, die als einzige in der Pinnularien-Gruppe überhaupt bei Abwasserbelastungen Vergleichsmöglichkeiten bietet.

Für NO_3 können Wertvergleiche zwischen Tabelle 4.7 und Tabelle 4.22 nicht gezogen werden. Nur 2 niedrigste Werte lassen einen Vergleich zu:

Abw.-Ergebnisse (ber. Von-Bis-Werte)

Nr. 18	<i>Cocconeis placentula</i>	16,0 mg	gegenüber 10,6-16,8 mg Tab. 4.6
Nr. 27	<i>Navicula cuspidata</i>	18,0 mg	gegenüber 12,7-19,4 mg Tab. 4.6

NO_3 : Hohe Werte

Abw.-Ergebnisse (ber. Von-Bis-Werte)

Nr. 10	<i>Fragilaria construens</i>	300,0 mg	gegenüber (15,2-15,9 mg)
Nr. 14	<i>Synedra ulna</i> v. <i>danica</i>	190,0 mg	gegenüber 13,5-16,8 mg Tab. 4.6
Nr. 15	<i>Synedra ulna</i> v. <i>amphir.</i>	110,0 mg	gegenüber (13,2-14,5 mg)
Nr. 16	<i>Eunotia arcus</i>	50,0 mg	gegenüber (10,3-12,0 mg)
Nr. 17	<i>Cocconeis pediculus</i>	300,0 mg	gegenüber (16,8-17,7 mg)
Nr. 20	<i>Rhoicosphenia curvata</i>	190,0 mg	gegenüber 9,9-16,8 mg Tab. 4.6
Nr. 21	<i>Gyrosigma kützingii</i>	110,0 mg	gegenüber 9,1-21,9 mg Tab. 4.6
Nr. 25	<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	300,0 mg	gegenüber (16,1-17,2 mg)
Nr. 34	<i>Pinnularia viridis</i>	50,0 mg	gegenüber (11,6-13,2 mg)
Nr. 43	<i>Nitzschia recta</i>	300,0 mg	gegenüber (18,9-19,0 mg)
Nr. 55	<i>Surirella tenera</i>	50,0 mg	gegenüber 6,3-13,5 mg Tab. 4.6

Es hat nach dieser Aufstellung den Anschein, daß einige Diatomeen-Arten h o h e Belastungen von NO_3 tolerieren können und somit als Indikatoren für hohe NO_3 -Werte zu betrachten sind.

Die SiO_2 -Werte üben bei den Diatomeen-Arten wieder einen unterschiedlichen Einfluß aus gegenüber den Carbonathärtungen, Gesamthärtungen und NO_3^- . Das kann aus den Werten der nachfolgenden Aufstellung abgelesen werden.

Niedrig-Werte für SiO_2 Abw.-Ergebnisse (ber. Von-Bis-Werte der Tab. 4.7)

Nr. 10	<i>Fragilaria construens</i>	4,5 mg	gegenüber (7,3-7,5 mg)
Nr. 25	<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	4,5 mg	gegenüber (7,4-7,7 mg)
Nr. 43	<i>Nitzschia recta</i>	4,5 mg	gegenüber (7,2-8,2 mg)

Näherungswerte für SiO_2 Abw.-Ergebnisse (ber. Von-Bis-Werte der Tab. 4.7)

Nr. 5	<i>Diatoma vulgare</i>	7,0 mg	gegenüber (6,6-6,9 mg)
Nr. 14	<i>Synedra ulna v. danica</i>	8,0 mg	gegenüber (6,5-7,7 mg)
Nr. 18	<i>Cocconeis placentula</i>	8,0 mg	gegenüber (6,0-7,5 mg)
Nr. 20	<i>Rhoicosphenia curvata</i>	8,0 mg	gegenüber (7,1-7,5 mg)
Nr. 23	<i>Gyrosigma kützingii</i>	8,0 mg	gegenüber (7,3-7,4 mg)
Nr. 27	<i>Navicula cuspidata</i>	8,0 mg	gegenüber (6,8-8,1 mg)
Nr. 48	<i>Nitzschia spectabilis</i>	8,0-9,0 mg	gegenüber (6,6-7,7 mg)
Nr. 52	<i>Cymatopleura elliptica</i>	8,0-9,0 mg	gegenüber (7,3-8,8 mg)

Große Schwankungsbreiten von SiO_2 Abw.-Ergebnisse (ber. Von-Bis-Werte der Tab. 4.7)

Nr. 1	<i>Melosira granulata</i>	8,0-18,0 mg	gegenüber (6,3-7,0 mg)
Nr. 8	<i>Meridion circulare</i>	0,8- 8,0 mg	gegenüber (6,7-7,5 mg)
Nr. 12	<i>Synedra ulna</i>	0,3-18,0 mg	gegenüber (6,8-7,8 mg)
Nr. 13	<i>Synedra ulna v. oxy.</i>	0,3-18,0 mg	gegenüber 4,0-7,8 mg Tab. 4.6
Nr. 29	<i>Navicula viridula</i>	0,3- 8,0 mg	gegenüber (7,4-7,6 mg)
Nr. 30	<i>Navicula radiosha</i>	0,3- 8,0 mg	gegenüber (6,3-6,7 mg)
Nr. 40	<i>Gomphonema parvulum</i>	8,0-18,0 mg	gegenüber (6,6-7,4 mg)
Nr. 42	<i>Nitzschia linearis</i>	0,3-18,0 mg	gegenüber (7,3-8,4 mg)
Nr. 45	<i>Nitzschia acula</i>	4,5-18,0 mg	gegenüber (6,8-7,4 mg)
Nr. 58	<i>Surirella ovata</i>	0,8- 8,8 mg	gegenüber 3,6-8,4 mg Tab. 4.6

Die große Zahl aufgelisteter Diatomeen-Arten, die als Niedrigwerte, Näherungswerte und Werte mit großer Schwankungsbreite bei den SiO_2 -Werten erscheinen, lassen den Schluß zu, daß SiO_2 für das Vorhandensein von Diatomeen-Arten nicht so bedeutungsvoll ist, Auswirkungen bei den Niedrig-Werten von 0,3 mg SiO_2 wären dann erklärbar. Obwohl die Schwankungen der SiO_2 -Werte bei den belasteten Proben erheblich sind, scheint das SiO_2 überhaupt auf das Vorkommen von Diatomeen-Arten wenig Einfluß zu haben, es besteht scheinbar eine Unempfindlichkeit gegenüber Konzentrationsschwankungen.

Die Diatomeen-Arten weisen bei dem Parameter SiO_2 eine große Anzahl auf, besonders 10 Werte mit großen Schwankungsbreiten. Es ließe sich daraus der Schluß ziehen, daß für die Diatomeen-Arten SiO_2 notwendig ist, aber eine Unempfindlichkeit gegenüber Konzentrationsschwankungen besteht.

Bei den Cl-Werten zwischen den bereinigten Mittelwertberechnungen (Tab. 4.7) und den Ergebnissen aus den Von-Bis-Werten der untersuchten Abwasserproben (Tab. 4.21) gibt es nur wenige Vergleichsmöglichkeiten. Es mußten daher in der nachfolgenden Aufstellung die zusammengefaßten Ergebnisse der Tab. 4.6 mit den Von-Bis-Cl-Werten der Tab. 4.22 verglichen werden.

	Abw.-Ergebnisse	(ber. Von-Bis-Werte der Tab. 4.6)
Nr. 8	<i>Meridion circulare</i>	25,0-90,0 mg gegenüber 11,8-24,7 mg
Nr. 12	<i>Synedra ulna</i>	25,0-90,0 mg gegenüber 12,8-28,7 mg
Nr. 13	<i>Synedra ulna v. oxy.</i>	25,0-90,0 mg gegenüber 19,0-23,8 mg
Nr. 27	<i>Navicula cuspidata</i>	25,0 mg gegenüber 16,0-40,0 mg
Nr. 42	<i>Nitzschia linearis</i>	25,0-90,0 mg gegenüber 15,2-25,4 mg

Es stehen nur 2 Diatomeen-Arten mit Vergleichswerten der Tab. 4.7 zur Verfügung:

Nr. 18	<i>Cocconeis placentula</i>	90,0 mg	gegenüber (20,8-21,6 mg Tab. 4.7)
Nr. 38	<i>Cymbella minuta v. sile.</i>	30,0-90,0 mg	gegenüber (22,4-23,7 mg Tab. 4.7)

Nach den Gegenüberstellungen der wasserchemischen einzelnen Parameter: Carbonathärte, Gesamthärte, NO_3^- , SiO_2 und Cl von den bereinigten Ergebnissen für 58 Diatomeen-Arten aus der Tabelle 4.7 und den Abwasserergebnissen nach Tabelle 4.22 sind folgende Ergebnisse zu erkennen:

Gruppenbildungen von Diatomeen-Arten sind bei den Abwasser-Ergebnissen festzustellen. Am auffälligsten ist das bei den Pinnularia-Arten erkennbar. Nur die Diatomeen-Art Pinnularia viridis tritt in den Abwasseruntersuchungen auf, eigenartigerweise ebenfalls mit niedrigen Werten für Carbonathärte und Gesamthärte, aber erhöhten Werten für NO_3^- und SiO_2 . Bei den weiteren 5 Pinnularia-Arten sind keine Werte in den Abwasserergebnissen feststellbar. Sind Pinnularia-Arten reinwasserfreundlich?

Bei 6 Surirella-Arten sind nur Surirella tenera und Surirella ovata in den Abwasseruntersuchungen festzustellen mit niedrigen Carbonathärte-Werten und Närherungswerten bei der Gesamthärte. Bei NO_3^- , SiO_2 und Cl sind Beeinflussungen durch die Abwässer feststellbar (vergleiche Surirella turgida Seite 103).

Alle 4 Synedra-Arten weisen bei den Abwasserergebnissen in den wasserchemischen Parametern eine starke Beeinflußung auf und unterliegen erheblichen Schwankungen, zeigen jedoch bei NO_3^- , SiO_2 und Cl in der Höhe der Beeinflusungen gewisse Parallelitäten auf.

Bei den Fragilaria-Arten - Fragilaria construens und Fragilaria virescens - ist eine fast völlige Kongruenz der Abwasserergebnisse festzustellen. Sie betragen bei $\text{NO}_3^- = 300,0 \text{ mg}$ und bei $\text{Cl}^- = 50,0 \text{ mg}$ und sind damit ungewöhnlich hoch. Mit diesen Werten zeigen die beiden Fragilaria-Arten eine hohe wasserchemische Belastbarkeit für NO_3^- und Cl^- an und könnten als Indikatoren für diese Parameter gelten.

Eine ähnliche Parallelität gleichförmiger Abwasserbeeinflussungen besteht bei den Werten für die Navicula-Arten (Nr. 29 und 30: Navicula viridula und Navicula radios). Sie betragen bei beiden Arten für $\text{NO}_3^- = 16,0 \text{ bis } 18,0 \text{ mg}$, für $\text{Cl}^- = 25,0 / 30,0 - 90,0 \text{ mg}$, auch die bereinigten Werte liegen für die gleichen Parameter innerhalb der Toleranzgrenzen. Als euryök Diatomeen-Arten zeigen sie eine große Unempfindlichkeit gegenüber Konzentrationsschwankungen im Wasserchemismus.

Von den 6 Surirella-Arten sind nur die 2 Diatomeen-Arten - Surirella tenera und Surirella ovata - bei den Abwasserbelasteten festzustellen. Die Surirella-Arten scheinen nach den Ergebnissen als Einzelarten sehr unterschiedlich auf die Wasserchemismen zu reagieren und zeigen damit spezifische Reaktionen an. Weitere Untersuchungen an vielen Diatomeen-Arten müssen die Frage klären, inwieweit Einzeldiatomeen-Arten biologische Indikatoren sein können. Einige Diatomeen-Arten sind bereits nach den bisherigen Untersuchungen als Indikatoren anzusprechen für wasserchemische Faktoren und deren Konzentrationen.

Die Diatomeen-Art Gomphonema parvulum weicht mit den Abwässerwerten (Tabelle 4.22) sehr stark von den bereinigten Werten der Tabelle 4.7 ab und beweist damit, daß sie wenig empfindlich ist gegenüber Abwasserbeeinflussungen und als Indikator für belastetes Wasser anzusehen ist (LANGE-BERTALOT 1980).

Die Diatomeen-Arten Cymatopleura solea (Nr. 50) und Cymatopleura elliptica (Nr. 52) reagieren nach den Analysenwerten der Abwasseruntersuchungen unterschiedlich und können hohe NO_3^- - und auch Cl^- -Werte gut vertragen.

Wenn die Ergebnisse der Tabelle 4.7, in der 58 Diatomeen-Arten aus den bereinigten Proben aufgestellt worden sind, den Werten der Tabelle 4.22 mit den Ergebnissen von 29 Diatomeen-Arten aus den Abwasseruntersuchungen gegenübergestellt werden, sind die sehr unterschiedlichen Empfindlichkeiten der Diatomeen-Arten gegenüber den Reinlichkeitsgraden der Fließgewässer des Sauerlandes zu erkennen. Auch die Häufigkeit des Vorkommens von Diatomeen-Arten wird von wasserchemischen Verhältnissen beeinflußt. Aufgeführte Diatomeen-Arten können deswegen Indikatoren für wasserchemische Veränderungen, für Belastungen, für die wasserchemischen Voraussetzungen überhaupt sein.

Das sind die Ergebnisse der Vergleichsuntersuchungen wasserchemischer und biologischer Art der Fließgewässer des Sauerlandes: Ruhr, Lenne und Volme.

4.5 Erklärung zur Wassergüte

Die Festlegung einer Güte der Fließgewässer ist für Beobachtung, Untersuchungen und Reinhal tung eine wichtige Grundlage. Es ist dadurch eine Klassifizierung der Fließgewässer selbst und in einzelnen Abschnitten möglich, anthropogene Beeinflussungen zu erkennen.

Es wird hier auf die Veröffentlichung des LANDESAMTES FÜR WASSER UND ABFALL, NORDRHEIN-WESTFALEN,

Gewässergütebericht 81, veröffentlicht August 1982

Gewässergütebericht 82, veröffentlicht August 1983

Gewässergütebericht 83, veröffentlicht August 1984

Gewässergütebericht 84, veröffentlicht Mai 1985

Gewässergütekarte; Stand 1984, veröffentlicht 1985) verwiesen.

In dem Gewässergüte-Bericht 1984 heißt es unter: 8. Definition der Güteklassen von Fließgewässern:

Gütekasse I:

unbelastet bis sehr gering belastet

Gewässerabschnitte mit reinem, stets annähernd sauerstoffgesättigtem und nährstoffarmem Wasser.

Gütekasse I-III:

gering belastet

Gewässerabschnitte mit geringer anorganischer oder organischer Nährstoffzufuhr

Gütekasse II:

mäßig belastet

Gewässerabschnitte mit mäßiger Verunreinigung und guter Sauerstoffversorgung; sehr große Artenvielfalt und Individuendichte von Algen.

Gütekasse II-III:

kritisch belastet

Gewässerabschnitte, deren Belastung mit organischen, sauerstoffzehrenden Stoffen einen kritischen Zustand bewirkt.

Gütekasse III:

stark verschmutzt

Gewässerabschnitte mit starker organischer, sauerstoffzehrender Verschmutzung und meist niedrigem Sauerstoffgehalt.

Gütekasse III-IV:

sehr stark verschmutzt

Gewässerabschnitte mit weitgehend eingeschränkten Lebensbedingungen

Gütekasse IV:

Übermäßig verschmutzt

Gewässerabschnitte mit Übermäßiger Verschmutzung

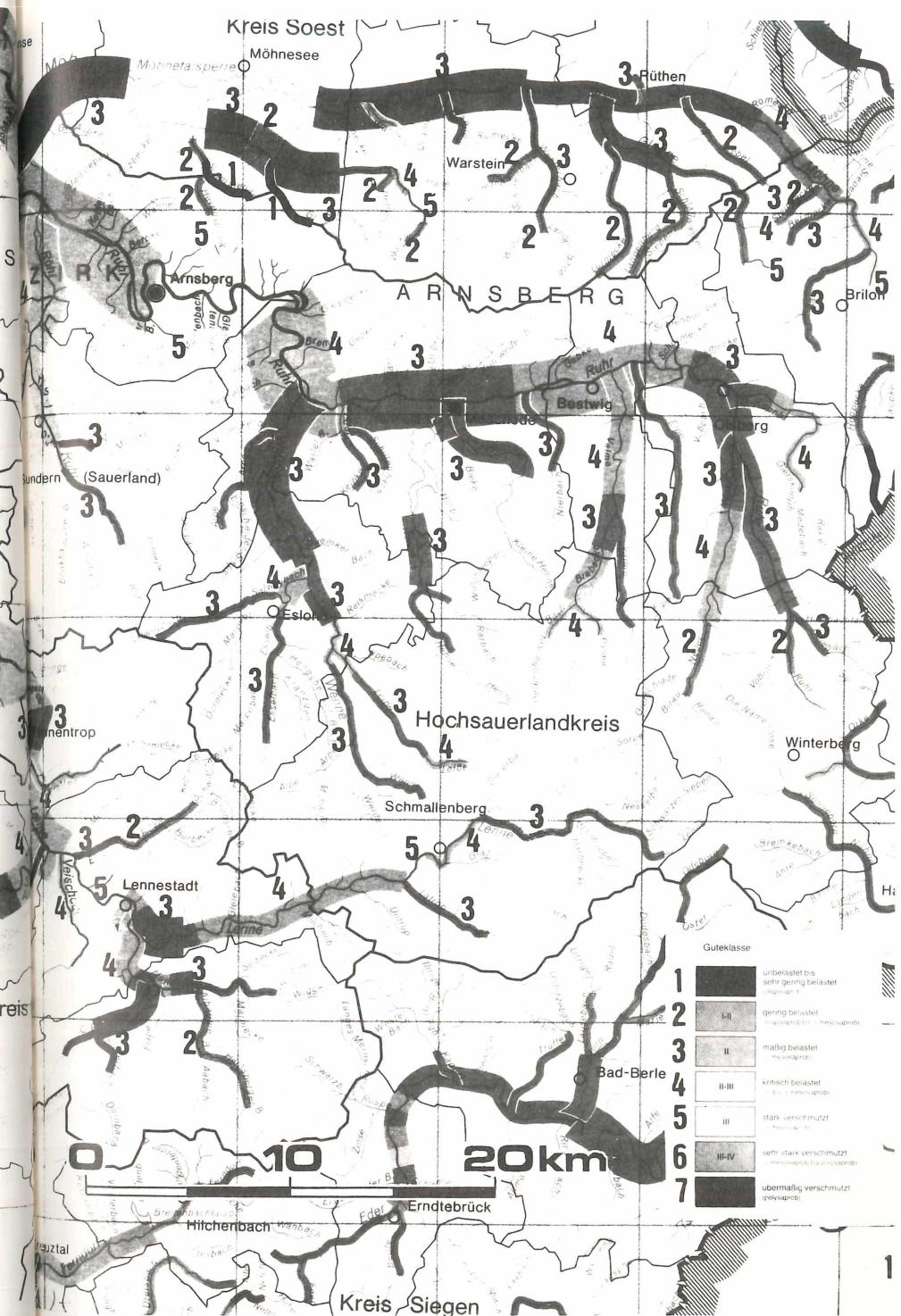
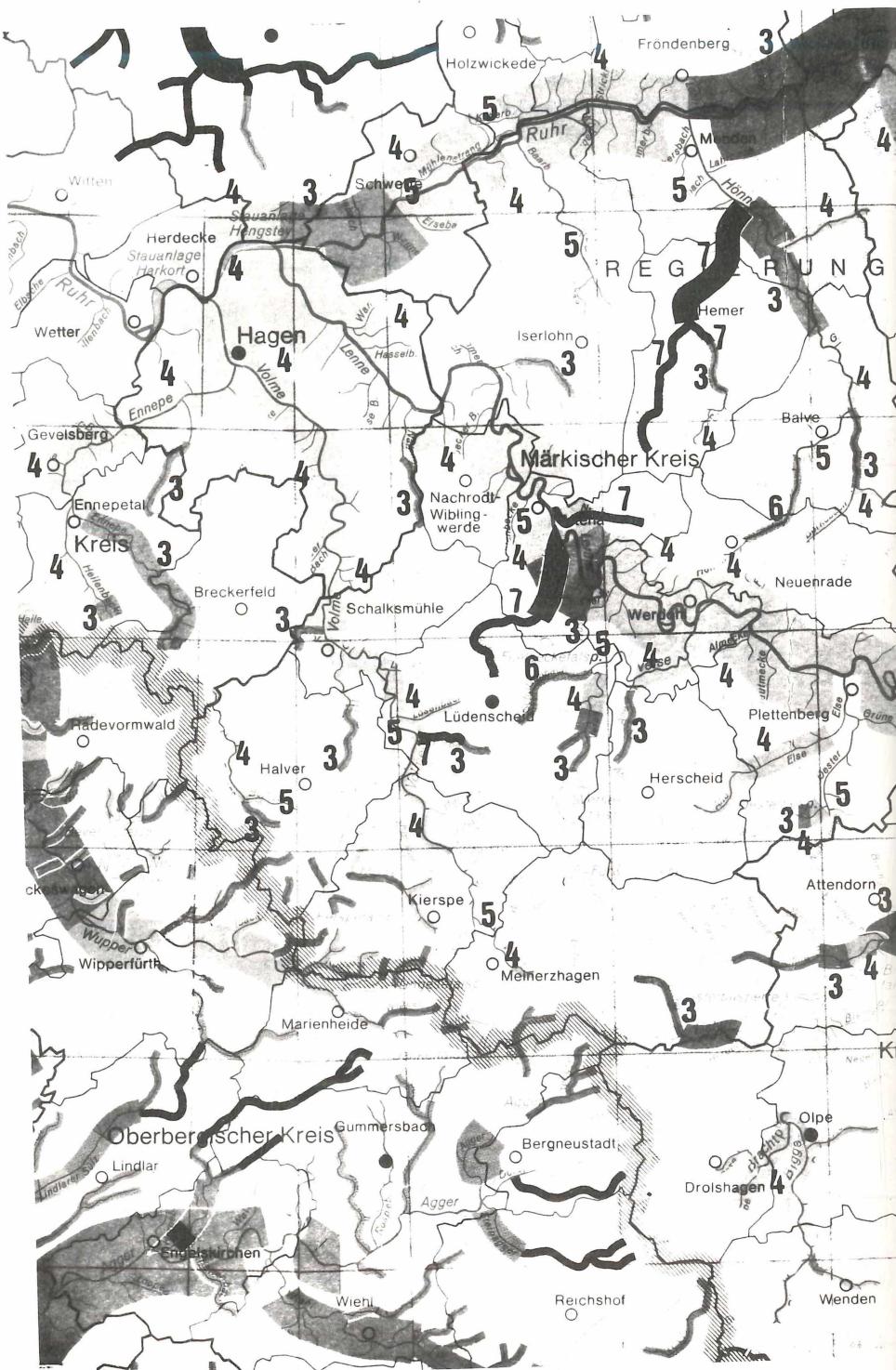


Abb. 4.7: Ausschnitt aus der Gewässergütekarte des Landes Nordrhein-Westfalen für 1985 mit Ruhr, Lenne und Volme.
Nachdruck mit Genehmigung des Landesamtes für Wasser und Abfall NRW.

Aus der Gewässergüte-Karte 1985 ist ein Ausschnitt (Das Sauerland mit den Flüssen Ruhr, Lenne und Volme) abgebildet worden (Abbildung 4.7). Aus dem farbigen Druck der Originalkarte ließ sich nur eine Schwarz-Weiß-Reproduktion herstellen, in die mit Zahlen die Bereiche der Güteklassen eingetragen wurden. Es kommen optisch die verschiedenen Farbzonen, in Grautönen und durch Zahlen markiert, gut heraus, so daß die Güteklassen-Bereiche der Fließgewässer des Sauerlandes gut erkennbar sind. Es ist festzustellen, daß in den Fließgewässern Ruhr, Lenne und Volme stark anthropogen beeinflußte Abschnitte mit weniger verschmutzten Abschnitten schnell wechseln, auch, daß aus kleineren Bächen, soweit sie in die Untersuchungen einbezogen worden sind, Schadstoffe in erheblicher Konzentration in breitere Bäche gelangen.

Es sei zum Vergleich mit der vorliegenden Arbeit an dieser Stelle noch einmal auf die Abbildung 4.6 verwiesen.

Auf dieser Gewässerkarte sind anhand der biologischen und wasserchemischen Untersuchungen die durch Abwasser beeinflußten Abschnitte markiert worden. Sie decken sich überwiegend mit jenen der Gewässergüte-Karte (LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL NORDRHEIN-WESTFALEN). (Abb. 4.7).

Es ist in dem Gewässergütebericht 1983 (Punkt 8) geschrieben worden:

"Zur Ermittlung der Gewässergüteklaße wird die Lebensgemeinschaft von Tieren und Pflanzen (Biozönose) erfaßt, die auf den festen Substraten im Wasser leben und ständig den sich ändernden Umweltbedingungen ausgesetzt sind. Zwischen der Belastung eines Gewässers und der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft am Untersuchungsort besteht ein enger Zusammenhang. Giffig wirkende Stoffe können die Lebensgemeinschaft schädigen oder restlos vernichten. Von der Artenzusammensetzung der Biozönose und der Häufigkeit der in ihr lebenden Indikatorenorganismen kann direkt auf die Belastung des Gewässers geschlossen werden".

Würde man künftig bei der Beurteilung der Gewässer Diatomeen als Indikatoren verwenden, könnte man möglicherweise noch feinere Aussagen im Hinblick auf die Güte, die Veränderungen und die Belastungen der Fließgewässer machen.

4.6 Zusammenfassung

1. Aufgrund der Einzeluntersuchungen der Fließgewässer des Sauerlandes (HARTMANN 1983) Lenne (Teil 2), Volme (Teil 3) wurde eine vergleichende und ökologische Auswertung der Ergebnisse in bezug auf die wasserchemischen Parameter wie auch auf das Vorkommen von Diatomeen durchgeführt. Die Gewässerkarte - Abbildung 4.1 - gibt eine Übersicht über den Verlauf der Ruhr, Lenne und Volme von ihren Quellen an, mit den vielen Zuflüssen bis zur gemeinsamen Mündung in den Hengstey-See.
 2. Um die sehr unterschiedlichen wasserchemischen Ergebnisse für Ruhr, Lenne und Volme zu zeigen, wurden in Säulendiagrammen - Abbildungen 4.2 bis 4.5 - die Parameter: Carbonathärte, Gesamthärte, Nitrate und Chloride aufgetragen. In einem unmittelbaren Vergleich zwischen Ruhr, Lenne und Volme sind die wasserchemischen Parameter abzulesen.
- In der Volme treten - von der Quelle an - starke Belastungen auf, während diese in Ruhr und Lenne anfangs schwanken, sich talwärts jedoch durch viele Bachzuläufe wieder ausgleichen. Nitrat- und Chloridbeeinflussungen werden allerdings talwärts auch in Ruhr und Lenne stärker. Aufgrund dieser Feststellungen ist es notwendig, die Bäche bis zu den Quellen - vor allem in besiedelten Gebieten - in eine Überwachung und Kontrolle miteinzubeziehen. Stärkere anthropogene Beeinflussungen in den Gewässerbezirken von Ruhr, Lenne und Volme wurden gesondert untersucht und ausgewertet.
3. Die Diatomeen-Arten wurden nach unterschiedlichen Methoden ausgewertet und verglichen im Hinblick darauf, ob sie bestimmte Konzentrationen wasserchemischer Parameter bevorzugen und mit artspezifischem Auftreten reagieren. 22 Diatomeen-Arten von Ruhr, Lenne und Volme wurden den wasserchemischen Ergebnissen gegenübergestellt. Dabei wurden "Toleranzen", die für alle weiteren Auswertungsformen gelten, festgelegt (Seite 32).

Im Laufe der Auswertungen, durch die die Untersuchungsergebnisse immer wieder eingeengt wurden, war es notwendig, Abgrenzungen innerhalb der Toleranzen aufzustellen. Dadurch konnten Zusammenhänge zwischen dem artenunterschiedlichen Diatomeen-Vorkommen und den wasserchemischen Unterschiedlichkeiten noch besser herausgearbeitet und kenntlich gemacht werden.

Der Begriff "Übereinstimmungen" war bei der Zusammenstellung der Ergebnisse zu allgemein geworden, deswegen wurde eine Gliederung und Abgrenzung innerhalb der Toleranzwerte durchgeführt:

1. Deckungsgleiche Zahlenergebnisse innerhalb der Toleranzen sind "kongruente" Ergebnisse.
2. Kleinste Differenzen von 0,1 - 0,3 Einheiten innerhalb der Toleranzen bei den Von-Bis-Werten sind "übereinstimmende" Ergebnisse.
3. Toleranzwerte sind für die einzelnen Parameter festgelegt worden und wurden zusammengefaßt zu "Von-Bis-Werten" und "Toleranzergebnisse" genannt.
4. Ergebnisse, die außerhalb der Toleranzen liegen, sind "divergente" Ergebnisse.

T A B E L L E 4.25

Übereinstimmende Ergebnisse nach Tabelle 4.7 und 4.12
(Kleinste Differenzen von 0,1 - 0,3 Einheiten) über 3 Fließgewässer

Nr. Diatomeen-Art	Carb.-Härte DH° Von-Bis-Werte	Gesamt-Härte DH° Von-Bis-Werte	NO ₃ mg Von-Bis-Werte	SiO ₂ mg Von-Bis-Werte	Cl mg Von-Bis-Werte
32 <i>Pinnularia gibba</i>	1,8-2,1				
51 <i>Cymatopleura gracilis</i>		7,2-7,4			
53 <i>Surirella biseriata</i>	2,0-2,1				
Über 2 Fließgewässer					
1 <i>Melosira granulata</i>		6,2-6,5			
5 <i>Diatoma vulgare</i>				6,6-6,9	
6 <i>Diatoma hiemale</i>				6,7-6,8	
7 <i>Diat. hiem. var. mes.</i>	2,2-2,5		14,9-15,1		
8 <i>Meridion circulare</i>			13,8-14,1	7,3-7,5	
10 <i>Fragilaria construens</i>					
12 <i>Synedra ulna</i>					
17 <i>Cocconeis pediculus</i>	2,0-2,1	4,5-4,8			
18 <i>Cocc. plac. v. eugl.</i>	2,7-2,8			6,9-7,2	
22 <i>Gyrosigma acuminatum</i>		7,8-8,1			
23 <i>Gyrosigma kützingii</i>		4,6-4,8			
25 <i>Stauroneis phoenic.</i>				7,3-7,4	
28 <i>Navicula rhynchoceph.</i>			10,9-11,2	7,4-7,7	
29 <i>Navicula viridula</i>		5,1-5,3		7,4-7,6	
30 <i>Navicula radiosa</i>	2,2-2,5		11,0-11,2	6,7-7,0	
31 <i>Pinnularia borealis</i>	1,8-2,1				
32 <i>Pinnularia gibba</i>				5,1-5,4	
33 <i>Pinnularia malor</i>				7,7-7,9	
34 <i>Pinnularia viridis</i>	1,8-2,0			7,2-7,5	
35 <i>Pinnul. virid. v. sud.</i>					
36 <i>Pinnularia gentilis</i>			10,7-10,8		
37 <i>Amphora ovalis</i>		5,8-6,0			
38 <i>Cymbella min. v. sile.</i>		5,1-5,4			
40 <i>Gomphonema parvulum</i>	3,7-3,8				
42 <i>Nitzschia linearis</i>		5,9-6,0	13,5-13,7		
43 <i>Nitzschia recta</i>			18,9-19,0		
44 <i>Nitzschia dissipata</i>				6,6-6,9	
45 <i>Nitzschia acula</i>					12,4-12,6
46 <i>Nitzschia romana</i>					10,5-10,8
47 <i>Nitzschia gracilis</i>		5,0-5,3			
48 <i>Nitzschia spectabilis</i>					16,0-16,3
49 <i>Nitzschia sigmaeidea</i>	4,2-4,5	7,2-7,4	17,7-18,0		
51 <i>Cymat. solea v. grac.</i>					
55 <i>Surirella tenera</i>	1,8-2,0				
57 <i>Surirella ovalis</i>		8,9-9,1			

T A B E L L E 4.26

Kongruente Ergebnisse in den Toleranzbereichen

Nr. Diatomeen-Art	Carb.-Härte DH ^O	Gesamt-Härte DH ^C	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
15 Syn. ul. var. oxy.		6,7			
18 Cocc. plac. v. eugl.		5,7			
35 Pinnul. virid. v. sud.			14,9		
45 Nitzschia acula	4,8				
57 Surirella ovalis			6,8		

T A B E L L E 4.27

Zusammenstellung aller 3-fachen Von-Bis-Werte im Toleranzbereich liegenden Diatomeen-Arten von Ruhr, Lenne, Volme gemeinsam (Grundlagen Tab. 4.7, 4.8, 4.22)

Nr. Diatomeen-Art	Carb.-Härte DH ^O Von-Bis-Werte	Ges.-Härte DH ^O Von-Bis-Werte	NO ₃ mg Von-Bis-Werte	SiO ₂ mg Von-Bis-Werte	Cl mg Von-Bis-Werte
2 Stephanodiscus astraea		5,5 - 7,5			
3 Coscin. roth. v. sub.	4,1 - 4,8	6,2 - 7,2		6,7 - 8,3	
4 Tabellaria flocculosa	1,6 - 2,2	3,2 - 4,9			
7 Diatom a hlem. v. mesodon					8,0 - 9,7
8 Merlidion circulare	2,3 - 3,5	5,0 - 5,7			
11 Fragilaria virescens	1,8 - 2,6	4,3 - 4,8			
12 Synedra ulna	2,5 - 3,4	5,7 - 6,4			
13 Synedra ulna v. oxy.	1,9 - 3,1	5,0 - 5,9			
15 Synedra ulna v. amph.			13,2 - 14,5		
16 Eunotia arcus		3,6 - 5,2	10,3 - 12,0		
18 Cocconeis placentula	2,6 - 3,4	5,5 - 6,0			
20 Rholosphenia curvata	2,3 - 4,2			5,4 - 7,0	18,7 - 21,4
22 Gyrosigma acuminatum					
25 Staurosia phoenic.	1,6 - 3,3	4,2 - 5,9			
27 Navicula cuspidata		6,4 - 7,9			
28 Navicula rhynch.	1,5 - 2,7	4,5 - 5,7			
32 Pinnularia gibba	1,8 - 2,1	3,8 - 4,7			
34 Pinnularia viridis		4,6 - 6,0	11,6 - 13,2		
35 Pinnul. viridis v. sud.	1,5 - 3,2	4,0 - 5,7			
36 Pinnularia gentilis	2,1 - 3,1	4,4 - 6,1			
39 Cymbella aspera	2,0 - 2,7	4,7 - 5,7			
40 Gomphonema parvulum		5,3 - 7,2	13,8 - 15,4		
44 Nitzschia dissipata	2,4 - 4,0		13,8 - 15,4		
45 Nitzschia acula			14,9 - 17,1		
48 Nitzschia spectabilis		5,3 - 7,9			
50 Cymatopleura solea		5,6 - 7,9			
51 Cymat. solea v. grac.	4,9 - 5,5	7,2 - 7,4*		7,3 - 8,8	
52 Cymatopleura elliptica		6,8 - 8,8			
53 Surirella biseriata	2,0 - 2,1*	4,4 - 5,5	10,6 - 11,5		
54 Surirella linearis		3,7 - 6,0			
55 Surirella tenera		4,2 - 6,1		7,8 - 9,2	
56 Surirella elegans	1,7 - 2,6	4,6 - 5,0			

18 x 3-fach

26 x 3-fach

7 x 3-fach

4 x 3-fach

2 x 3-fach

* Vgl. Seite 134

4. Es wurde festgestellt, daß Abwasserbelastungen die Ergebnisse beeinflussen, deswegen wurden alle Proben mit überdurchschnittlich hohen anthropogenen Belastungen ausgeschaltet. Verblieben sind die als vereinigt bezeichneten Proben, die mit 58 Diatomeen-Arten von den 3 Fließgewässern gemeinsam aufgelistet worden sind (Tabelle 4.4).

Diese 58 Diatomeen-Arten wurden - nach Berücksichtigung eines Vorkommens je Art in mindestens 20 Proben für Ruhr, Lenne und Volme gemeinsam - in einer neuen Mittelwertberechnung wieder ausgewertet. Sie bilden mit den wasserchemischen Mittelwerten in den Tabellen 4.6 und 4.7 die Grundlage aller Auswertungen.

Unter Berücksichtigung der festgelegten Toleranzen ergeben sich aus den Tabellen 4.6 und 4.7 für Ruhr, Lenne und Volme auch die gemeinsamen Inhalte der Tabellen 4.22 und 4.26. Aus den Tabellen 4.26 sind für die aufgeführten Diatomeen-Arten spezifische Toleranzwerte für einzelne wasserchemische Parameter ablesbar:

Bei Carbonathärten	27 x 3-fach - Diatomeen-Arten im Toleranzbereich	<u>1 Übereinstimmung Surirella biseriata 2,0 - 2,1*</u>
bei Gesamthärten	25 x 3-fach - Diatomeen-Arten im Toleranzbereich	<u>1 Übereinstimmung Cymat. solea v. grac. 7,2 - 7,4*</u>
bei NO ₃	7 x 3-fach - Diatomeen-Arten im Toleranzbereich	
bei SiO ₂	4 x 3-fach - Diatomeen-Arten im Toleranzbereich	
bei Cl ⁻	2 x 3-fach - Diatomeen-Arten im Toleranzbereich	

5. Nach den festgestellten Ergebnissen wurden für Diatomeen-Arten die kleinsten Differenzen (bis 0,3 DH° bzw. 0,3 mg/l für Anionen) zusammengestellt, um die Empfindlichkeit von Diatomeen-Arten auf die sich ändernden Wasserchemismen festzustellen und optimale Voraussetzungen für die Existenz von einigen Diatomeen-Arten herauszufinden (Tabelle 4.12).

Diese Werte der kleinsten Differenzen innerhalb der Toleranzen weisen auf Übereinstimmungen der Ergebnisse hin (Tabelle 4.12, 4.24, 4.26). Einige Diatomeen-Arten, die nicht in allen Flüssen oder nur vereinzelt gefunden wurden, sind ausgesondert worden, um möglicherweise "Spezialisten" unter den Diatomeen-Arten aufzuspüren. Als Spezialisten werden in dieser Arbeit Diatomeen-Arten bezeichnet, die in Ruhr, Lenne oder Volme in einem begrenzten Gebiet mit wechselnden Häufigkeiten gefunden wurden. Wasserchemische Ergebnisse wurden den gefundenen Diatomeen-Arten gegenübergestellt.

Beispiele: Diatomeen-Arten: Campylodiscus noricus var. hibernica (Ruhr) Tab. 4.13
Surirella turgida (Ruhr) Tab. 4.14
Caloneis silicula (Volme) Tab. 4.15

1. Beispiel: Wiederholung Tabelle 4.13. Campylodiscus noricus v. hibernica (Ruhr)

Probe	Häufigkeit	pH	Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	P ₂ O ₅ mg	Cl mg
46	5	7,9	7,0	10,5	0,0	11,0	8,0	4,0	25,0
55	1	7,4	5,5	9,0	0,1	14,0	7,0	4,0	40,0
61	1	7,9	1,0	2,0	0,0	4,0	9,0	0,5	4,0
75	2	7,5	3,5	6,5	0,0	10,0	0,0	0,3	30,0
76	3	7,3	4,0	7,5	0,0	8,0	7,0	0,2	40,0
77	2	7,8	4,0	7,0	0,0	12,0	3,0	0,5	40,0
81	1	7,4	5,0	8,0	0,4	18,0	7,0	3,0	30,0

pH-Wert alkalisch, hohe Carbonathärten, hohe Gesamthärten, hohe Cl-Werte.

Der Mittelwert ist für diese Diatomeen-Art (Probe 61 wurde nicht berücksichtigt):

Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	P ₂ O ₅ mg	Cl mg
5,0	8,1	0,1	12,2	6,8	2,0	34,2

2. Beispiel: Wiederholung Tabelle 4.14: Surirella turgida (Ruhr)

Probe	Häufigkeit	Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
46	2	7,0	10,5	11,0	8,0	25,0
76	3	4,0	7,5	8,0	7,0	40,0
77	3	4,0	7,0	12,3	3,0	40,0
81	2	5,0	8,0	18,0	7,0	30,0
83	1	6,0	9,5	25,0	8,0	20,0
84	1	8,0	9,0	18,0	8,0	25,0
93	1	4,7	9,3	20,0	7,0	40,0
94	1	4,5	9,5	18,0	9,0	40,0
95	1	6,0	9,0	19,0	6,0	40,0

Annäherungen und Übereinstimmungen (umkästelt) sind für diese Diatomeen-Art kennzeichnend und geben ebenfalls Kennwerte an. Mittelhohe Carbonathärten, hohe Gesamthärten, mittelhohe NO₃, hohe SiO₂- und Cl-Werte.

3. Beispiel: Wiederholung Tabelle 4.15: Caloneis silicula (Volme)

Probe	Häufigkeit	Carb.-Härte DH°	Ges.-Härte DH°	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
2	1	3,3	5,8	0,0	7,0	7,0	50,0
5	1	1,0	3,6	0,0	4,0	2,0	20,0
7	1	1,4	2,5	1,5	4,5	1,5	7,0
9	1	3,7	5,8	0,0	3,0	1,0	7,0
14	1	2,3	4,5	0,0	40,0	6,0	20,0
21	1	2,5	6,5	0,1	18,0	2,0	30,0
26	1	2,5	5,5	0,0	20,0	4,0	20,0
32	1	1,5	4,0	0,0	15,0	1,0	10,0
40	1	3,5	6,0	2,3	40,0	0,2	40,0
43	1	3,5	8,5	0,1	30,0	0,5	5,0

Für diese Diatomeen-Art lagen nur Werte der Häufigkeitsstufe 1 zugrunde. Die Ergebnisse der Tabelle 4.15 zeigen bei Caloneis silicula divergente Ergebnisse.

Es betragen die Werte für: Carbonathärten 1,0 – 3,7 DH° (niedrig bis mittelhoch)
 Gesamthärten 2,5 – 8,5 DH° (niedrig bis mittelhoch)
 NO₃ (in 2 Gruppen umkästelt) 3,0 – 7,0 mg und
 15,0 – 40,0 mg (niedrig bis hoch)
 SiO₂ (in 2 Gruppen unterteilt) 0,2 – 2,0 mg
 Cl 5,0 – 50,0 mg (niedrig bis sehr hoch)

Diese 3 Beispiele zeigen, daß manche Diatomeen-Arten an eng begrenzte wasserchemische Faktoren gebunden sind und als Spezialisten bezeichnet werden können.

Diatomeen-Arten können somit Indikatoren für bestimmte wasserchemische Verhältnisse sein. Die Beziehung zwischen Wasserchemie und dem Vorkommen von Diatomeen-Arten werden bestimmt – wie mehrfach festgestellt wurde – durch die Empfindlichkeit von Diatomeen-Arten und wasserchemische Verhältnisse oder Veränderungen.

6. Die durch Abwasser belasteten Proben, die im Laufe der Untersuchungen ausgeschaltet wurden, sind gesondert ausgewertet worden, um zu ermitteln, inwieweit die Diatomeenpopulation dadurch beeinflußt werden kann. Für Ruhr, Lenne und Volme wurden je Fließgewässer die Proben zusammenge stellt, die am stärksten wasserchemisch belastet wurden. Sie wurden untersucht auf Diatomeen in der Tabelle 4.19 und eingezzeichnet in Abbildung 4.6 (Gewässerkarte).

Die Ergebnisse wurden dann gemeinsam in Von-Bis-Werten zusammengefaßt und den Werten für die ausgewählten 58 Diatomeen-Arten aus den bereinigten Proben (Tabelle 4.8 und 4.7) gegenübergestellt. 29 Diatomeen-Arten = 50 % wurden in den belasteten Proben nicht mehr festgestellt, weitere 29 Diatomeen-Arten = 50 % wurden noch gefunden, jedoch in unterschiedlicher Häufigkeit.

Die 29 Diatomeen-Arten, die in den bereinigten Proben vorkommen, sind nicht "Reinwasserindikatoren" gleichzusetzen. Die Untersuchungsergebnisse beweisen, daß eine Vielzahl einzelner Diatomeen-Arten - sogar Gruppen von Diatomeen-Arten - spezifisch auf die unterschiedlichen Wasserchemismen reagieren, ja sogar auf ihre Konzentrationen. Die Ergebnisse sind vorläufig noch zu komplex, um tabellarisch für jede Diatomeen-Art die optimalen wasserchemischen Faktoren erstellen zu können.

Um die Ergebnisse der abwasserbelasteten Proben gegenüber den bereinigten Proben zu klären, wurden für wasserchemische Werte noch folgende Begriffe eingeführt:

Niedrigwerte	Werte, die niedriger sind als die aus bereinigten Proben.
Näherungswerte	ähneln sich oder sind fast übereinstimmend mit den Analysenwerten aus den bereinigten Proben
Hohe Werte	übersteigen die Werte der bereinigten Proben
Von-Bis-Werte	sind zusammengefaßte analytische Ergebnisse, die dem Vergleich der Auswertungstabellen dienen

Neben der Benennung einzelner Diatomeen-Arten in ihrem Verhalten gegenüber wasserchemischen Parametern (vergleiche Aufstellung nach Tabelle 4.22) sind Gruppenbildung feststellbar:

Von 6 Pinnularia-Arten in Vergleichsuntersuchungen (Tabelle 4.25 Nr. 34) kommt nur die *Pinnularia viridis* in den abwasserbelasteten Proben vor.

Nur Surirella tenera (Tab. 4.24 Nr. 55) und Surirella ovalis (Tab. 4.25 Nr. 58) treten von den Surirella-Arten bei den Abwasseruntersuchungen mit niedrigen Carbonathärten und hohen Gesamthärten auf.

Alle 4 Synedra-Arten (euryöke Diatomeen) treten in den Gegenüberstellungen (Tabelle 4.24, 4.25) bei Abwasseruntersuchungen auf, bei Carbonathärten mit ähnlichen Werten wie bei den bereinigten Untersuchungsergebnissen, bei Gesamthärten mit starken Abweichungen zwischen belasteten und bereinigten Ergebnissen (Tabelle 4.22).

2 Fragilaria-Arten (Tabelle 4.22: Nr. 10, Fragilaria construens und Nr. 11 Fragilaria virescens) zeigen fast kongruente Ergebnisse bei den sehr hohen NO_3^- -Werten - je 300,0 mg/l - und den hohen Chloridwerten - je 50,0 mg/l -. Diese beiden Diatomeen-Arten könnten für diese wasserchemischen Parameter NO_3^- und Cl als Abwasserindikatoren angesehen werden.

Bei allen 4 Navicula-Arten weisen die Ergebnisse in den Abwasserwerten erhebliche Gegensätzlichkeiten auf (Tabelle 4.22). Die Diatomeen-Art Gomphonema parvulum (Tabelle 4.25) weicht stark von den bereinigten Werten ab, ist gegen anthropogene Belastungen ziemlich unempfindlich, insofern als Indikator für belastetes Wasser anzusehen.

Die Diatomeen-Arten Cymatopleura solea und Cymatopleura elliptica sind belastbar mit hohen Nitrat- und Chloridwerten (Tabelle 4.22 Nitrate mit 110,0 - 300,0 mg und 20,0 - 110,0 mg) und für Chloride mit (40,0 - 50,0 mg und 30,0 - 40,0 mg).

7. Das natürliche chemische Gleichgewicht zwischen Carbonaten - Bikarbonaten und gelöster Kohlensäure im Wasser dürfte für die Existenzmöglichkeit einzelliger Diatomeen-Arten von großer Bedeutung sein. Zusätzlich hat auch die Gesamthärte einen großen Einfluß.

Daß sich aus diesen Ergebnissen weitere ökologische Untersuchungen herleiten, ist notwendig, vor allem auch im Hinblick auf die Reinhaltung der Gewässer, wobei möglicherweise die Diatomeen eine wichtige Rolle spielen könnten als Indikatoren.

Zu den Wassergüte-Berichten, die vom Landesamt für Wasser und Abfall des Landes Nordrhein-Westfalen ab 1981 jährlich erarbeitet werden, wie auch zur Gewässergütekarte (1985) konnte nur in dem Abschnitt 4.5 kurz Stellung genommen werden. Wesentlich ist, daß die durch Abwasser beeinflußten Zonen von Ruhr, Lenne und Volme durch die vorliegenden Untersuchungen ebenfalls bestätigt werden.

Es könnten in weiteren ökologischen Untersuchungen von Diatomeen-Arten über Häufigkeit, ihr Vorkommen, artspezifisches Vorhandensein bewiesen werden, wie stark der Wasserchemismus mit seinen Veränderungen, die teilweise sehr empfindlich reagierenden Diatomeen, beeinflußt. Die Diatomeen - als lebende Indikatoren - könnten helfen, die Fließgewässergüte noch feiner zu bestimmen und auch in den Quell-Bachgebieten Gewässerverunreinigungen aufzuspüren.

4.7 Danksagung

Besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. L. Benda (Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover), der bei der Problematik dieser Untersuchungsreihe und ihre Auswertung stets hilfreiche Ratschläge gab sowie Herrn Dr. Josef Merkt, Hannover, der das Manuskript im Hinblick auf limnologische Fragen kritisch geprüft hat.

Gedankt sei auch Dr. J.-D. Becker-Platen für die intensive Manuskriptkorrektur. Er ermöglichte es, die Untersuchungsergebnisse als Beiheft in den "Berichten der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover" erscheinen zu lassen. Herr Dr. C. H. von Daniels übernahm die redaktionellen Arbeiten und Verhandlungen mit dem Verfasser. Fräulein Andrea Niggetit, die mit einem hervorragenden Einfühlungsvermögen die vielen Tabellen einprägsam gestaltete und schreibtechnisch die Form der Veröffentlichung prägte, sei ebenfalls gedankt.

Herr Vincent W. Battersby besorgte die Übersetzung der Kurzfassung ins Englische, für die ihm gedankt sei.

4.8 Index

Gefundene Diatomeen-Arten der Fließgewässer - Ruhr, Lenne, Volme - des Sauerlandes

	Ruhr	Lenne	Volme	Foto 0 Tafel
<i>Achnanthes exigua</i> Grunow	**	-	-	
<i>Achnanthes fragillarioides</i> Petersen (Hust.) Fog.			**	
<i>Achnanthes lanceolata</i> Brébisson	**	**	**	0
<i>Achnanthes lanceol.</i> v. <i>capitata</i> O. Müller	**			0
<i>Achnanthes lanceolata</i> v. <i>elliptica</i> Cleve			**	
<i>Achnanthes lanceolata</i> v. <i>lutheri</i> (Schim.)	**			0
<i>Achnanthes lanceolata</i> v. <i>minor</i> ?	**			0
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	**	**		
<i>Actinoptychus undulata</i> (Bail.) Ralfs			**	
<i>Amphipleura pellucida</i> Kützing	**	**	**	0
<i>Amphora ovalis</i> Kützing	**	**	**	0
<i>Amphora ovalis</i> v. <i>llybyca</i> (Ehr.) Cleve	**			
<i>Amphora ovalis</i> v. <i>pediculus</i> Kützing	**	**		
<i>Asterionella formosa</i> Hassall			**	0
<i>Asterionella gracil.</i> (Hantzsch.) Heiberg	**	**		
<i>Caloneis amphibiaena</i> (Bory) Cleve	**		**	0
<i>Caloneis bacillum</i> (Grun.) Mereschkowsky	**			0
<i>Caloneis schumanniana</i> (Grun.) Cleve	**			0
<i>Caloneis schum.</i> v. <i>biconstricta</i> Grunow	**			0
<i>Caloneis silicula</i> (Ehr.) Cleve	**	**	**	0
<i>Caloneis silic.</i> v. <i>gibberula</i> (Kütz.) Grunow	**			0
<i>Caloneis silicula</i> v. <i>truncatula</i> Grunow	**	**		0
<i>Campylodiscus noricus</i> v. <i>hibernica</i> (Ehr.) Grunow	**			
<i>Ceratoneis arcus</i> Kützing	**	**	**	0
<i>Ceratoneis arcus</i> v. <i>amphioxys</i> (Rabh.)		**		0
<i>Cocconeis disculus</i> Schum.			**	
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	**	**	**	0
<i>Cocconeis placentula</i> (Ehr.)	**	**	**	0
<i>Cocconeis plac.</i> v. <i>euglypta</i> (Ehr.) Cleve	**	**	**	0
<i>Cocconeis scufelium</i> Ehrenberg			**	
<i>Coscinodiscus antiquus</i> (Grun.) A.CI. Cleve-Euler			**	
<i>Coscinodiscus radiatus</i> (Grunow) Fr. J.Ld.			**	
<i>Cleve-Euler</i>				
<i>Coscinodiscus rothii</i> v. <i>subsalsa</i> (Juhl-Danf.) Hust.	**	**		
<i>Cyclotella glomerata</i> Bachmann			**	
<i>Cyclotella spec.</i>	**			
<i>Cymatopleura angulata</i> Greville	**			
<i>Cymatopleura elliptica</i> (Bréb.) W. Smith	**	**	**	0
<i>Cymatopleura elliptica</i> v. <i>constricta</i> Grunow	**			0
<i>Cymatopleura elliptica</i> v. <i>hibern.</i> (W. Smith) Hust.			**	
<i>Cymatopleura ellip.</i> v. <i>nobilis</i> Hantzsch.	**		**	0
<i>Cymatopleura solea</i> (Bréb.) W. Smith	**	**	**	0
<i>Cymatopleura sol.</i> v. <i>apiculata</i> (W. Smith) Ralfs	**	**		0
<i>Cymatopleura solea</i> v. <i>gracilis</i> Grunow	**	**	**	0
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	**			
<i>Cymbella aspera</i> (Ehr.) Cleve	**	**	**	0
<i>Cymbella cistula</i> (Hempel) Grun.	**	**	**	0
<i>Cymbella cuspidata</i> fo. <i>borealis</i> Foged			**	
<i>Cymbella cymbiformis</i> (Agardh? Kütz.) V. Heurck	**	**	**	0
<i>Cymbella ehrenbergii</i> Kützing	**		**	0
<i>Cymbella helvetica</i> Kützing	**	**		0
<i>Cymbella hybrida</i> Grunow			**	
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehr.) v. Heurck	**			0
<i>Cymbella minuta</i> v. <i>silesiaca</i> Kützing	**	**	**	0
<i>Cymbella naviculiformis</i> Auerswald	**	**	**	0

Gefundene Diatomeen-Arten der Fließgewässer - Ruhr, Lenne, Volme - des Sauerlandes

	Ruhr	Lenne	Volme	Foto 0 Tafel
<i>Cymbella parva</i> (W. Smith) Cleve	**	**		
<i>Cymbella prostata</i> (Berkeley) Cleve	**		**	0
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory	**			
<i>Cymbella tumida</i> (Bréb.) v. Heurck	**			
<i>Cymbella turgida</i> (Gregory) Cleve		**	**	
<i>Denticula tenula</i> Kützing			**	
<i>Denticula thermalis</i> Kützing			**	
<i>Diatoma anceps</i> (Ehr.) Grunow	**	**		0
<i>Diatoma elongatum</i> Agardh		**	**	
<i>Diatoma hemale</i> (Lyngbye) Heiberg.	**	**	**	0
<i>Diatoma hemale</i> v. <i>mesodon</i> (Ehr.) Grunow	**	**	**	0
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	**	**	**	0
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>brevis</i> Grunow	**		**	
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>capitulata</i> Grunow	**		**	
<i>Diatoma vulg. v. grandis</i> (W. Smith) Grunow	**		**	
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>linearis</i> Grunow	**		**	0
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>ovalis</i> (Fricke) Hustedt	**		**	
<i>Diatoma vulgare</i> v. <i>producta</i> Grunow	**		**	0
<i>Diploneis elliptica</i> (Kütz.) Cleve			**	
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	**	**	**	
<i>Diploneis ovalis</i> v. <i>oblongella</i> (Naegeli) Cleve			**	
<i>Epithemia turgida</i> v. <i>granulata</i> (Ehr.) Kützing	**	**		0
<i>Epithemia zebra</i> (Ehr.) Kützing			**	
<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg	**	**	**	
<i>Eunotia diodon</i> Ehrenberg		**		0
<i>Eunotia exigua</i> (Bréb.) Grunow	**	**	**	0
<i>Eunotia exigua</i> v. <i>bidens</i> Hustedt			**	
<i>Eunotia faba</i> (Ehr.) Grunow	**	**	**	
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg	**			0
<i>Eunotia gracilis</i> (Ehr.) Rabh.		**		0
<i>Eunotia kochiensis</i> O. Müller		**	**	
<i>Eunotia lunaris</i> (Ehr.) Grunow	**	**	**	0
<i>Eunotia lunaris</i> v. <i>subarcuata</i> (Naeg.) Grunow	**			0
<i>Eunotia monodon</i> v. <i>major</i> fo. <i>bidens</i> (W. Smith)	**		**	
<i>Eunotia paludosa</i> Grunow		**		
<i>Eunotia pectinalis</i> v. <i>minor</i> (Kütz.) Rabenhorst		**		0
<i>Eunotia pectinalis</i> v. <i>undulata</i> (Ralfs) Rabenhorst	**			
<i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg	**	**	**	0
<i>Eunotia praerupta</i> v. <i>inflata</i> Grunow		**	**	
<i>Eunotia robusta</i> v. <i>tetraodon</i> (Ehr.) Ralfs		**	**	0
<i>Eunotia tenella</i> (Grun.) Hustedt	**	**	**	
<i>Eunotia trinacria</i> Krasske	**	**		
<i>Eunotia trinacria</i> v. <i>undulata</i> Hustedt		**		
<i>Eunotia valida</i> Hustedt	**	**	**	0
<i>Eunotia veneris</i> (Kütz.) O. Müller			**	
<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow	**	**	**	0
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	**	**	**	0
<i>Fragilaria capucina</i> v. <i>lanceolata</i> Grunow			**	
<i>Fragilaria construens</i> (Ehr.) Grunow	**	**	**	0
<i>Fragilaria crotensis</i> Kitton	**	**	**	0
<i>Fragilaria gracillima</i> Mayer			**	
<i>Fragilaria harrissonii</i> W. Smith	**			0
<i>Fragilaria intermedia</i> Grunow			**	
<i>Fragilaria laponica</i> Grunow	**	**		0
<i>Fragilaria pinnata</i> Ehrenberg	**	**		

Gefundene Diatomeen-Arten der Fließgewässer - Ruhr, Lenne, Volme - des Sauerlandes

	Ruhr	Lenne	Volme	Foto 0 Tafel
<i>Fragilaria spec.</i>	**			
<i>Fragilaria spec.</i>	**			
<i>Fragilaria virescens Ralfs</i>	**	**	**	0
<i>Fragilaria virescens v. elliptica Hustedt</i>	**	**	**	0
<i>Frustulia rhomboides (Ehr.) de Toni</i>	**	**	**	0
<i>Frustulia vulgaris Thwaites</i>	**	**		0
<i>Frustulia vulgaris var. capitata Krasske</i>	**	**		
<i>Gomphonema abbreviatum Agardh? Kützing</i>		**		
<i>Gomphonema acuminatum Ehrenberg</i>	**		**	0
<i>Gomphonema acum. v. coronata (Ehr.) W. Smith</i>	**	**	**	0
<i>Gomphonema angustatum (Kütz.) Rabh.</i>	**	**		0
<i>Gomphonema angustatum v. producta Grunow</i>	**			0
<i>Gomphonema constrictum v. capitata (Ehr.) Cleve</i>	**	**	**	0
<i>Gomphonema gracile Ehrenberg</i>	**		**	
<i>Gomphonema intricatum Kützing</i>	**	**		0
<i>Gomphonema intricatum v. pumila Grunow</i>	**	**		0
<i>Gomphonema lanceolatum Ehrenberg</i>	**			0
<i>Gomphonema longiceps Ehrenberg</i>	**	**	**	0
<i>Gomphonema olivaceum (Lyngbye) Kützing</i>	**	**		0
<i>Gomphonema parvulum Kützing</i>	**	**	**	0
<i>Gomphonema tergestinum (Grun.) Fricke</i>	**	**		
<i>Gyrosigma acuminatum (Kütz.) Rabh.</i>	**	**	**	0
<i>Gyrosigma attenuatum (Kütz.) Rabh.</i>	**		**	0
<i>Gyrosigma kützingli (Grun.) Cleve</i>	**	**	**	0
<i>Gyrosigma spencerii (W. Smith) Cleve</i>	**			
<i>Hantzschia amphioxys (Ehr.) Grunow</i>	**	**	**	0
<i>Hantzschia amphioxys fo. capitata O. Müller</i>	**	**	**	
<i>Hantzschia amphioxys v. maior Grunow</i>			**	
<i>Hantzschia virgata v. capitellata (Roper) Grunow</i>	**		**	0
<i>Melosira arenaria Moore</i>	**	**		
<i>Melosira distans (Ehr.) Kützing</i>		**		
<i>Melosira fennoscandica n. sp. Cleve-Euler</i>			**	
<i>Melosira granulata (Ehr.) Ralfs</i>	**	**	**	
<i>Melosira islandica O. Müller</i>			**	
<i>Melosira islandica v. helvetica O. Müller</i>		**		
<i>Melosira italicica (Ehr.) Kützing</i>	**		**	
<i>Meridion circulare Agardh</i>	**	**	**	0
<i>Meridion circ. v. constricta (Ralfs) van Heurck</i>		**		
<i>Navicula citrus Krasske</i>		**		
<i>Navicula cryptocephala Kützing</i>		**	**	
<i>Navicula cuspidata Kützing</i>	**	**	**	0
<i>Navicula cuspidata v. ambigua (Ehr.) Cleve</i>	**		**	
<i>Navicula cuspidata v. heribaudi Peragallo</i>			**	
<i>Navicula exigua (Gregory) O. Müller</i>		**	**	
<i>Navicula fluens Hustedt</i>	**			
<i>Navicula gracilis Ehrenberg</i>	**			
<i>Navicula halophila (Grun.) Cleve</i>			**	
<i>Navicula hungarica Grunow</i>			**	
<i>Navicula hungarica v. capitata (Ehr.) Cleve</i>	**		**	0
<i>Navicula lanceolata (Agardh) Kützing</i>	**			0
<i>Navicula longirostris Hustedt</i>	**	**		
<i>Navicula lyra (Ehrenberg)</i>		**		0
<i>Navicula mutica Kützing</i>	**			0

Gefundene Diatomeen-Arten der Fließgewässer - Ruhr, Lenne, Volme - des Sauerlandes

	Ruhr	Lenne	Volme	Foto 0 Tafel
<i>Navicula mutica</i> v. <i>ventricosa</i> (Kütz.) Cleve			**	
<i>Navicula pupula</i> Kützing	**			
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	**	**	**	0
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	**	**	**	0
<i>Navicula similis</i> Krasske		**	**	
<i>Navicula simplex</i> Krasske			**	
<i>Navicula fuscula</i> (Ehr.) Grunow		**	**	
<i>Navicula viridula</i> Kützing	**	**	**	
<i>Neidium affine</i> (Ehr.) Cleve	**		**	0
<i>Neidium affine</i> v. <i>amphirhynchus</i> (Ehr.) Cleve	**			0
<i>Neidium affine</i> fo. <i>undulata</i> Grunow	**			
<i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerst.) Cleve			**	0
<i>Neidium dubium</i> (Ehr.) Cleve	**	**		0
<i>Neidium iridis</i> (Ehr.) Cleve	**	**	**	0
<i>Neidium iridis</i> v. <i>amphigomphus</i> (Ehr.) v. Heurck	**	**	**	0
<i>Neidium iridis</i> v. <i>ampliata</i> (Ehr.)	**	**		0
<i>Neidium iridis</i> fo. <i>vernalis</i> Reichelt	**			
<i>Neidium kozlowi</i> Mereschkowsky			**	
<i>Neidium kozlowi</i> v. <i>elliptica</i> Mereschkowsky	**	**		
<i>Neidium kozlowi</i> v. <i>parva</i> Mereschkowsky	**			
<i>Neidium productum</i> (W. Smith) Cleve	**			0
<i>Nitzschia actinastroides</i> (Lemm) v. Goor			**	
<i>Nitzschia acuta</i> Hantzsch.	**	**	**	0
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow			**	
<i>Nitzschia angustata</i> (W. Smith) Grunow			**	
<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt	**			0
<i>Nitzschia commutata</i> Grunow	**	**	**	0
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grunow	**	**	**	0
<i>Nitzschia dubia</i> W. Smith	**			0
<i>Nitzschia flexa</i> Schumann			**	
<i>Nitzschia frustulum</i> Kützing	**			
<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch.		**	**	
<i>Nitzschia hantzschiana</i> Rabenhorst			**	0
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow		**		
<i>Nitzschia hungarica</i> Grunow	**		**	0
<i>Nitzschia hybrida</i> Grunow			**	
<i>Nitzschia kützingiana</i> Hilse			**	
<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith	**	**	**	0
<i>Nitzschia minuta</i> Lange-Bertalot, Bleich.		**		
<i>Nitzschia obtusa</i> W. Smith			**	
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	**	**	**	
<i>Nitzschia polaris</i> (Grun.) Cleve-Euler			**	
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch.	**	**	**	0
<i>Nitzschia romana</i> Grunow	**	**	**	
<i>Nitzschia sigmaidea</i> (Ehr.) W. Smith	**	**	**	
<i>Nitzschia spectabilis</i> (Ehr.) Ralfs	**	**	**	0
<i>Nitzschia sublinearis</i> Hustedt	**			
<i>Nitzschia thermalis</i> Kützing		**	**	
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kütz.) Grunow	**	**	**	
<i>Nitzschia vitrea</i> Norman	**			
<i>Opephora martyi</i> Heribaud			**	

Gefundene Diatomeen-Arten der Fließgewässer - Ruhr, Lenne, Volme - des Sauerlandes

	Ruhr	Lenne	Volme	Foto 0 Tafel
<i>Peronia erinacea</i> Bréb. & Arnott	*	**		
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> Brébisson	**			0
<i>Pinnularia aestuarii</i> v. <i>interrupta</i> (Hust.)			**	
<i>Pinnularia appendiculata</i> (Agardh) Cleve	**		**	
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	**	**	**	0
<i>Pinnularia borealis</i> v. <i>brevicostata</i> Hustedt	**	**	**	0
<i>Pinnularia braunii</i> v. <i>amphicephala</i> (A. Mayer) Hust.		**	**	
<i>Pinnularia brevicostata</i> Cleve	**	**		0
<i>Pinnularia divergens</i> W. Smith		**		0
<i>Pinnularia divergentissima</i> (Grun.) Cleve		**		
<i>Pinnularia gentilis</i> (Donkin) Cleve	**	**	**	0
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	**	**	**	0
<i>Pinnularia gibba</i> v. <i>linearis</i> Hustedt	**	**	**	0
<i>Pinnularia gibba</i> v. <i>mesogongyla</i> (Ehr.) Hustedt			**	
<i>Pinnularia gibba</i> v. <i>parva</i> (Ehr.) Grunow	**	**	**	0
<i>Pinnularia gibba</i> fo. <i>subundulata</i> Mayer		**	**	0
<i>Pinnularia hustedtii</i> (Foged)			**	
<i>Pinnularia interrupta</i> W. Smith	**	**	**	0
<i>Pinnularia lata</i> (Bréb.) W. Smith	**	**	**	0
<i>Pinnularia legumen</i> Ehrenberg	**		**	0
<i>Pinnularia malor</i> Kützing	**	**	**	0
<i>Pinnularia maior</i> v. <i>transversa</i> A.S.?		**		0
<i>Pinnularia mesolepta</i> (Ehr.) W. Smith			**	
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehr.) Cleve	**	**	**	0
<i>Pinnularia micro</i> . fo. <i>biundulata</i> O. Müller		**		
<i>Pinnularia molaris</i> Grunow		**	**	
<i>Pinnularia nobilis</i> Ehrenberg	**			0
<i>Pinnularia obscura</i> Krasske (Foged)			**	
<i>Pinnularia polyonca</i> (Bréb.) O. Müller	**	**	**	0
<i>Pinnularia similis</i> Hustedt (Foged)			**	
<i>Pinnularia streptoraphe</i> Cleve	**			0
<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	**	**		0
<i>Pinnularia sublinearis</i> Grunow			**	
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch.) Ehr.	**	**	**	0
<i>Pinnularia viridis</i> v. <i>intermedia</i> Cleve	**			0
<i>Pinnularia viridis</i> v. <i>sudetica</i> (Hilse) Hustedt	**	**	**	0
<i>Rhoicosphenia curvata</i> (Kütz.) Grunow	**	**	**	0
<i>Stauroneis acuta</i> W. Smith	**	**	**	0
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	**	**	**	0
<i>Stauroneis anceps</i> fo. <i>gracilis</i> (Ehr.) Cleve		**	**	
<i>Stauroneis anceps</i> fo. <i>linearis</i> (Ehr.) Cleve		**	**	
<i>Stauroneis laterostrata</i> (Hust.) Schimannskii			**	
<i>Stauroneis parvula</i> v. <i>prominula</i> Grunow			**	
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> Ehrenberg	**	**	**	0
<i>Stephanodiscus astraea</i> (Ehr.) Grunow, Häkansson	**	**	**	
<i>Stephanodiscus dubius</i> (Fricke) Hustedt	**	**		
<i>Surirella angusta</i> Kützing	**	**	**	0
<i>Surirella biseriata</i> Brébisson	**	**	**	0
<i>Surirella biseriata</i> v. <i>bifrons</i> (Ehr.) Hustedt	**			0
<i>Surirella biseriata</i> v. <i>rostrata</i> Schulz	**			0
<i>Surirella delicatissima</i> Lewis			**	
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg	**	**	**	0
<i>Surirella gracilis</i> (W. Smith) Grunow	**	**	**	
<i>Surirella langerheimii</i> Cleve			**	
<i>Surirella linearis</i> W. Smith	**	**	**	

Gefundene Diatomeen-Arten der Fließgewässer - Ruhr, Lenne, Volme - des Sauerlandes

	Ruhr	Lenne	Volme	Foto 0 Tafel
<i>Surirella linearis v. constricta</i> (Ehr.) Grunow	**		**	
<i>Surirella lin. v. helvetica</i> (Grun.) Meist.	**		**	
<i>Surirella moelleriana</i> Grunow			**	
<i>Surirella ovalis</i> Brébisson	**	**	**	
<i>Surirella ovata</i> Kützing	**	**	**	0
<i>Surirella ovata v. pinnata</i> (W. Smith)	**	**	**	0
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg	**	**	**	
<i>Surirella rob. v. splendida</i> (Ehr.) v. Heurck	**			0
<i>Surirella spiralis</i> Kützing			**	
<i>Surirella tenera</i> Gregory	**	**	**	0
<i>Surirella tenera v. nervosa</i> Mayer	**	**		
<i>Surirella turgida</i> W. Smith	**		**	0
<i>Synedra actinastroides</i> Lemmermann			**	
<i>Synedra acus</i> Kützing	**	**	**	0
<i>Synedra acus v. angustissima</i> Grunow			**	
<i>Synedra acus v. radians</i> (Kütz.) Hustedt	**		**	
<i>Synedra affinis</i> var. <i>fasculata</i> (Kütz.) Grunow	**		**	
<i>Synedra amphicephala</i> Kützing			**	
<i>Synedra capitata</i> Ehrenberg			**	
<i>Synedra minuscula</i> Grunow	**		**	
<i>Synedra nana</i> Meister			**	
<i>Synedra parasitica v. subconstricta</i> Grunow	**			
<i>Synedra pulchella</i> v. <i>minuta</i> Hustedt			**	
<i>Synedra rumpens</i> Kützing	**		**	
<i>Synedra rumpens v. fragillarioides</i> Grunow			**	
<i>Synedra tubulata</i> (Agardh) Kützing			**	0
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch.) Ehrenberg	**	**	**	0
<i>Synedra ulna v. amphirhynchus</i> (Ehr.) Grunow	**	**	**	0
<i>Synedra ulna v. biceps</i> Kützing			**	
<i>Synedra ulna v. danica</i> (Kütz.) Grunow	**	**	**	0
<i>Synedra ulna v. impressa</i> Hustedt	**	**	**	0
<i>Synedra ulna v. oxyrhynchus</i> (Kütz.) v. Heurck	**	**	**	0
<i>Synedra vaucheriae</i> (Kützing)	**			
<i>Synedra vaucheriae v. truncata</i> (Greville) Grunow	**			0
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kützing	**	**	**	0
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	**	**	**	0
<i>Tetraycyclus rupestris</i> (A. Br.) Grunow	**			

4.9 Literatur

- BACKHAUS, D. (1973): Fließgewässeralgen u. ihre Verwendbarkeit als Bioindikatoren,- Verh. d. Ges. f. Ökolog. 149-168, Saarbrücken 1973
- BAUR, W. (1980): Gewässergüte bestimmen und beurteilen,- Verlag Paul Parey, 1-144, Hamburg 1980
- BENDA, L. (1974): Die Diatomeen der niedersächsischen Kieselgur-Vorkommen, paläkologische Befunde und Nachweis einer Jahresschichtung,- Geol. Jb. A21: 171-197, 1 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Hannover 1974
- BENDA, L. (1974): Die Kieselgur-Lagerstätten Niedersachsens 1. Verbreitung, Alter und Genese,- Geol. Jb. A21: 3-85, 9 Abb., 3 Tab., 7 Taf., Hannover 1974
- BICK, H. (1982): Bioindikatoren. Ergebnisse des Symposiums: Tiere als Indikatoren für Umweltbelastungen,- Beiheft Decheniana, 26: 1-198, Bonn 1982
- BOCK, W. (1963): Diatomeen extrem trockener Standorte,- Nova Hedwigia 5: 199-254, 3 Tafeln, Würzburg
- BUDDE, H. (1927): Die Algen der Bäche des Sauerlandes,- Verh. d. Naturhist. Ver. d. preuß. Rhl. u. Westf. 84. Jhrg.: 181-212, 8 Abb., Bonn 1927
- " (1928): Die Algenflora des sauerländischen Gebirgsbaches,- Arch. f. Hydrobiol. 1928, 19: 433-520, Stuttgart 1928
- " (1930): Die Algenflora der Ruhr,- Arch. f. Hydrobiol., XXI: 559-648, 14 Abb., Essen 1930
- " (1932): Limnologische Untersuchungen niederrheinischer und westfälischer Gewässer.- Die Algenflora der Lippe und Ihre Zuflüsse,- Arch. f. Hydrobiol. XXIV: 187-252, 3 Abb., 6 Punkttabellenbeilagen, 6 Tab. im Text
- " (1942): Die Algenflora Westfalens und der angrenzenden Gebiete,- Decheniana, Festschrift: 101, A, B: 131-214, 2 Abb., 1 Tab., Bonn 1942

- CARTER, J.R. (1971): Diatoms from the Devil's Hole Cave, Fife, Scotland,- Nova Hedwigia 21: 657-673, 4 Taf., Lehre
- " (1972): The Diatoms of Slapestone Sike, Upper Teesdale, Vasculum Vol. LVII, No. 3
- CARTER, J.R. & BAILEY-WATTS, A. (1981): A taxonomic study of diatoms from standing freshwaters in Shetland:- Nova Hedwigia 33: 513-629, Cramer, Braunschweig 1981
- CHOLNOKY, B.J. (1933): Analytische Benthos-Untersuchungen III. Die Diatomeen einer kleinen Quelle in der Nähe der Stadt Vác:- Arch. f. Hydrobiol. XXVI, 207-254, 38 Abb., Budapest 1933
- " (1953): Diatomeenassoziationen aus dem Hennops-river bei Pretoria:- Verh. d. Zoolog.-bot. Ges., Bd. 93, Wien
- " (1968): Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern.- 1-677, 60 Fig. u. Abb., Cramer, Lehre 1968
- CLEVE-EULER, A. (1951): Die Diatomeen von Schweden und Finnland.- Kungl. Svenska Vetenskaps, Akademiens Handlingar 1951 Stockholm - 2, 1, 1-161, 56 Taf., 8 Fig.
- " (1952): Stockholm 1952 - 3, 3, 1-153, 46 Taf.
- " (1953): Stockholm 1953 - 4, 1, 1-158, 35 Taf.
- " (1955): Stockholm 1955 - 5, 4, 1-232, 50 Taf.
- CZENSY, R. (1960): Wasser-, Abwasser- und Fischereichemie.- 1-429, VEB Verlag Technik, Berlin 1960
- FJERDINGSTAD, E. (1950): The Microflora Of The River Mølleå:- Folia Limnologica Scandinavica. No. 5, 1-123, 32 Fig., 12 Tab., Kopenhagen

- FOGED, N. (1948): Diatoms in water - courses in Funen:- Dansk Botanisk Arkiv. 1948, 12, 1-110, Kopenhagen
- " (1951): The Diatoms Flora of some Danish springs:- Natura Jutlandica. vol. 4, 1-73, 4 Taf., Naturhist. Mus. Aarhus, 1951
- " (1954): On the Diatom Flora of some Funen lakes.- Fol. Limnolog. Scandinavica, No. 6, 7-76, Kopenhagen 1954
- " (1963): The Diatom Flora in some Lakes in Djursland (East Jutland):- Natura Jutlandica, 10., 1-82, 6 Taf., Naturhist. Mus. Aarhus, 1963
- " (1968): The Freshwater Diatom Flora of the Veranger Peninsula, North Norway:- Acta Borealia, A. Scientia No. 25, 1-64, (Troms Museum), Tromsø / Oslo.
- " (1971): Diatoms found in a bottom sediment sample from a small deep lake on the Northern slope, Alaska:- Repr. from Tirage à part de Nova Hedwigia, XXI Heft 1-4, 923-989, 23 Taf., Verl. J. Cramer, Lehre
- " (1974): Freshwater Diatoms in Iceland:- Bibliotheca Phycolog. Bd. 15= 1-192, 36 Taf., Verl. Cramer 1974
- " (1977): Freshwater diatoms in Iceland:- Bibl. Phycol. 34: 1-222
- " (1981): Diatoms in Alaska:- Bibl. Phycol. 53= 1-318, 64 Taf., Verl. J. Cramer, Lehre
- " (1982): Diatoms in Bornholm. Denmark:- Bibl. Phycol. 59, 1-109, 36 Taf.
- FRENGUELLI, J. (1941): Diatomeas del Rio de la Plata:- Rev. del Museo de la Plata (Nueva Serie) 3, Sección Botánica: 213-334
- FRIEDRICH, G. (1973): Ökologische Untersuchungen an einem thermisch anomalen Fließgewässer:- Schriftenr. d. Landesanst. f. Gewässerk. u. Gewässerschutz d. Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 33, 1-125, 16 Taf., 46 Abb., Düsseldorf 1973

- GORSLER, M. (1977): Konzeption der Gütemeßstationen und ihre Bedeutung im Gewässer-Überwachungssystem Niedersachsens:- Mitt. Nieders. Wasserunters.- Amt, 157-177, Hildesheim 1977
- HÄKANSSON, H. (1978): The Diatomflora of a small stream near Abisko (Swedish Lapland) and its annual periodicity, judged by drift and colonization:- Arch. Hydrobiol. 84, 2. 199-217, 12 Fig., 3 Taf., 1978
- " (1980): Diatoméundersökning i Kalixälvens mynningsområde:- University of Lund, Dept. of Quaternary Geology, Uppdrag 7, 1-12, 19 Fig., 1-4 Tab., 5,29, 2 Bilder, Lund/Schweden 1980
- HARTMANN, D. (1983): Beziehungen zwischen der Diatomeen-Flora und dem Wasserchemismus in Fließgewässern des Sauerlandes. 1. Die Ruhr:- Ber. naturhist. Ges. Hannover, 126: 91-135, 6 Tab., 9 Taf., Hannover 1983
- HAWORTH, E.Y. (1974): Some problems of diatom taxonomy in Scottish lake sediments:- Ber. phycol. 9: 47-55
- HERIBAUD, J. (1920): Les Diatomées des Travertins d'Auvergne:- Annales de Biol. X, 1-206, 12 Taf.
- HELMCKE, J.G. (1952): Organismengehäuse im Elektronenbild,- Inst. f. Mikromorphologie der Deutschen Forschungshochschule, Berlin-Dahlem: 1. Teil, 102 Taf. Diatomeensoh., Berlin 1952
- " (1953): II. Teil: Diatomeens.: 103-200, 3-18, Berlin 1954
- HERBST (1979/80): Erforschung der chemischen, physikalischen und biologischen Reaktionen beim Zusammentreffen und Mischen von Werra- und Fulda-Wasser:- Mittell. aus d. Niedersächs. Wasseruntersuchungsamt Hildesheim (in print), Hildesheim 1980
- VAN HEURCK, H. (1896): A treatise on the Diatomceae:- Verl. William Wesley & Sohn, London 1896 (Reprint 1962), 1-558, 35 Taf., 29 Fig., Cramer-Weinheim

- GEBR. HEYL KG: Hinweise für die Wasseruntersuchung.- Gesellschaft für Analysentechnik, 3200 Hildesheim, Orleansstr. 75
- HICKEL, B. (1980): Diatomeen: Leben im Kieselpanzer:- Bild der Wissenschaftl., Jahrgg. 1980, 44-55, Stuttgart
- HUSTEDT, F. (1909): Beiträge zur Algenflora von Bremen. III. Bacillariaceen aus der Ochtum:- Abh. Naturw. Ver. Bremen, 20 (1), 91-120, Bremen 1909
- " (1914): Bacillariales aus den Sudeten und einigen benachbarten Gebieten des Odertales:- Sonderabdr. a. d. Arch. f. Hydrobiol. u. Planktonkunde. Bd. X, Stuttgart 1914
- " (1922): Die Bacillariaceen-Vegetation des Lunzer Seengebietes (Nieder-Österreich):- Hydrobiol. Anstalt d. Kaiser Wilhelm.-Ges. i. Plön, Holstein, Intern. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrographie Verl. v. Dr. Werner Klinkhardt, Leipzig 1922
- " (1927): Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas, sowie der angrenzenden Meeresgebiete:- Rabenhorst L., Kryptogamen-Flora, VII, Teil 1 - 3: XII + 920 S., Akad. Verlagsges. Leipzig (Reprint 1977), Koeltz-Königstein
- " (1930): Bacillariophyta (Diatomeae):- In. PASCHERS A. Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas, Bd. 10, 1-466, 875 Fig., Verlag G. Fischer, Jena (Reprint 1976, Koeltz-Königstein)
- " (1957): Die Diatomeenflora des Flusssystems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen:- Abh. Naturw. Ver. Bremen, Bd. 34, 3, 181-440 (Reprint 1976 Koeltz-Königstein, Bremen)
- " (1959): Die Diatomeenflora der Unterweser von der Lesummündung bis Bremerhaven mit Berücksichtigung des Unterlaufs der Hunte und Geeste. Veröff. d. Inst. f. Meeresforsch. in Bremerhaven, Bd. VI, 13-176, Bremen

- JOHANSSON, C. (1980): Attached Algal Vegetation in Two Stony Streams in NW Jämtland, Sweden:- Meddelanden, Växtbiol. Inst. Heft 1, 8 Tab., 9 Fig. Uppsala
- " (1982): Attached algal vegetation in running waters of Jämtland, Sweden:- Acta Phytogeog. Suecia 71, 1-84, 14 Tab., 65 Fig., Uppsala edi. Svenska Växtgeog. Sällskapet., Uppsala 1982
- " (1982): The Ecological Characteristics of 314 Algal Taxa Found in Jämtland Streams, Sweden:- Meddelanden från Växtbiolog. Inst. 2, 1-224, 98 Fig., 38 Taf., Uppsala 1982
- JÖRGENSEN, E. (1948): Diatom Communities in some Danish lakes and ponds:- K. danske vidensk. Selsk., Biol. Sekr. 5 (2), 1-140, Copenhagen
- KANN, E. (1978): Systematik und Ökologie der Algen österreichischer Bergbäche:- Arch. Hydrobiol. Supply. 53, 4, 403-643, 30 Tab., 177 Abb.
- " (1982): Qualitative Veränder. d. litoralen Algenbiocenose öster. Seen (Lunzer Untersee, Traunsee, Atters.) i. Laufe d. letzten Jahrz:- Arch. Hydrobiol. Supply. 62 3/4, 440-490, 5 Tab., 20 Fig., Stuttgart 1982
- Kawecka, B. (1977): Biocenoza potoku wysokogorskiego pozostajacego pod wylwem turystyki. 3. Zbiorowiska glonow osiadlych w Rybim Potoku (Tatry Wysokie, Polska) zanieczyszczonym sciekami bytowym:- Acta Hydrobiol. 19, 3, 271-292, Krakow 1977
- " (1971): Strefowe rozmieszczenie zbiorowisk glonow potokach Polskich Tatr Wysokich:- Acta Hydrobiol. 13, 4, 393-414, Krakow 1971
- KLUT & OLSZEWSKI, W. (1945): Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle, seine Beurteilung und Aufbereitung:- Springer Verlag Berlin, 9. Auflage, 10 Abb., Berlin 1945
- KOLBE, R.W. (1932): Grundlinie einer allgemeinen Ökologie der Diatomeen:- Ergebni. Biol. 8, 220-348, 11 Abb., Berlin

- KRAMER, K. (1980): Morphologic and Taxonomic Investigations of Some Freshwater Species of the Diatom Genus *Amphora* Ehr:- *Bacillaria*, 3, 197-225, 7 Taf., Braunschweig 1980
- KRASSKE, K. (1925): Die Bacillariaceen - Vegetation Niederhessens:- Abh. u. Ber. Ver. Naturk. Cassel, 56: 1-119, 2 Taf., 2 Tab., Kassel 1925
- " (1932): Beiträge zur Kenntnis der Diatomeenflora der Alpen:- *Hedwigia* 72: 92-134, Tafel II u. III, Kassel
- " (1949): Zur Diatomeenflora Lapplands:- Annales Bot. Societ. Zool. Bot. Fennice, 23, 5, 1-30, 1 Karte, 1949
- LANGE-BERTALOT, H. und DEWITZ, V. (1977): Differenzierung starker und übermäßig starker Abwasserbelastung im Main bei Frankfurt durch quantitative Analyse der Kieselalgenbesiedlung:- *Gwf. wasser/abwasser* 118, H. 5, 1977
- LANGE-BERTALOT, H. (1977): Kieselalgen-Neufunde als wich. Bioindikat. in Abw. v. Frankf. am Main:- Natur u. Museum, 107, H. 6, 157-164, 5 Abb., Frankfurt 1977
- " (1978): Diatomeen - Differentialwerten anstelle von Leitformen: ein geeignetes Kriterium der Gewässerbelastung:- *Arch. Hydrobiol./Supply.* 51, 393-427, 12 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1978
- " (1979): Toleranzgrenzen und Populationsdynamik benthischer Diatomeen bei untersch. starker Abwasserbelastung:- *Arch. Hydrobiol./Supply.* 56, 184-219, 81 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1979
- " (1980): Kieselalgen als Indikatoren der Wasserqualität:- *Courier Forschungsinst. Senckenberg*, 41, 97-110, 6 Abb., Frankfurt 1984
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1986): *Bacillariophyceae*: 1. Teil *Naviculaceae*
876 Seiten, 206 Tafeln, 2976 Figuren
G. Fischer Verlag, Stuttgart 1986 (Neubearbeitung)
aus: Süßwasserflora von Mitteleuropa
Begründet von A. Pascher

- LUND, J.W.G. (1953): The seasonal cycle of the Plankton diatom "Melosira italica" (Ehr.) Kütz sbsp. subarctica O. Müller:- Journ. ecol. 42, 151-179, 3 Fig. 1953
- MANN, H. (1980): Der Fisch als Indikator für die Wasserqualität:- Zbl. Bakt. Hyg., 1. Abt. Orig. B 172, 114-121, Hamburg 1980
- MAYER, A. (1935): Diatomeen der bayerischen Hochebene und aus den Alpen:- Ber. der bayer. Botan. Gesellschaft, 1935, 97-160, 33 Taf., Regensburg 1935
- " (1940): Die Diatomeenflora Erlangens:- Denkschr. Bayr. Bot. Ges., 21, Neue Folge: 15., Regensburg 1940
- " (1943 u. 46): Die Diatomeenflora Mainfrankens und einiger angrenzender Gebiete:- Ber. Naturw. Ver. Regensburg 1943, Denkschr. bayr. bot. Ges. Regensburg 22 (N.F. 16), 178, Regensburg 1943, 1946
- MEISTER, F. (1935): Seltene und neue Kieselalgen:- 1. Ber. schweiz. Bot. Ges., 44: 87-108
- MÖLDER; K. u. TYNNI, R. (1967 - 1973): Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen I - VII:- Compt. Rend. d. 1. Soc. géolog. d. Finnlands, 39, 199-217, Akadem. Finnland 1967
40, 151-170 " " 1968
41, 235-251 " " 1969
42, 129-144 " " 1970
43, 203-220 " " 1971
44, 141-149 " " 1972
45, 159-179 " " 1973
- NEUMANN, H. (1979): Auswirkungen wasserbaulicher Maßnahmen auf die aquatischen Lebensgemeinschaften und das Selbstreinigungsvermögen von Fließgewässern:- Osnabrücker naturw. Mitt. 6, 123-161, 12 Abb., Osnabrück
- NUSCH, E. A. (1975): Die Veränderung der Wasserqualität durch Staumaltung in Talsperren:- Wasserwirtschaft: 65, Jhg. H. 1, 4 Abb., Stuttgart 1975

- PATRICH, R.M. & FRESSE (1961): Diatoms from Northern Alaska:- Proc. of the Acad. of Nat. Sci. Philadelphia 112: 129-293
- POLTZ, J. (1981): Limnologische Untersuchungen am Zwischenahner Meer und seiner Zuflüsse:- Mitt. a. d. Niedersächs. Wasseruntersuchungsamt 6, 1-157, 29 Abb., 16 Tab., Hildesheim 1981
- RAABE, H. (1951): Die Diatomeenflora der ostholsteinischen Fließgewässer:- Arch. Hydrobiologie. XLIV, 521-638, 14 Abb., IV Tab., Plön 1951
- REICHARDT, E. (1979): Diatomeen aus der Fossa Carolina:- Ber. Bayr. Bot. Ges., 50, 99-113, 2 Abb., Kurven, München 1979
- " (1980): Einige bemerkenswerte Diatomeenfunde aus Bayern:- Ber. Bayer. Bot. Ges., 51, 117-122, 2 Taf., 1980
- " (1984): Die Diatomeen der Altmühl:- Bibliotheca Diatomologica 6: 1-169.
- SALDEN, N. (1978): Beiträge zur Ökologie der Diatomeen (Bacillariophyceae) des Süßwassers:- Decheniana - Beih. 22, 1-231, Bonn 1978
- SCHEELE, M. (1952): Systematisch-ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora der Fulda:- Arch. Hydrobiol. 46, 305-423, 21 Abb., 5 Tab., Stuttgart 1952
- SCHIMANSKI, H. (1973): Beitrag zur Diatomeenflora von Erlangen:- Nova Hedwig. Bd. XXIV, 237-313, 11 Taf., Lehre 1973
- " (1978): Beitrag zur Diatomeenflora des Frankenwaldes:- Nova Hedwig., Bd. XXX, 537-633, Braunschweig 1978
- SCHOEMANN, F.R. (1973): A systematic and ecological study of the diatom flora of Lesotho with special reference to the water quality:- Nat. Inst. Water Res. Pretoria: 1-355.

- SCHLÜTER, M. (1956): Die Diatomeenflora des Naturschutzgebietes Strausberg:- Wiss. Zeitschr. d. Pädagog. Hochsch., Potsdam, Math.-Naturwiss. Reihe, Jgg. 2, H. 2, 231-253, 3 Tafeln, Potsdam 1956
- " (1959): Neue Ergebnisse und Ergänzungen zur Diatomeen-Flora des Naturschutzgebietes Strausberg:- Wiss. Zeitschr. d. Pädagog. Hochsch. Potsdam, Math.-Naturw. Reihe, Jahrgg. 4, H. 2, 181-206, 2 Tafeln, 21 Abb., Potsdam 1959
- SCHMIDT, A., fortgesetzt von FRICKE, M., MÜLLER, F. HEIDEN, O. und HUSTEDT, F (1874-1944): Atlas der Diatomeenkunde.- 4. Bd., Leipzig
- SCHNIEDER, E. (1958): Unters. ü. d. Algenflora d. Steinfurter Aa (westl. Münsterland, Westfalen):- Abhandl. aus d. Landesmuseum f. Naturkunde zu Münster 1. Westf., 20., Heft 2, Münster
- SCHROEDER, H. (1939): Die Algenflora der Mulde (Beitrag z. Biol. saprober Flüsse):- Pflanzenforschung H. 21, 1-86, 6 Abb., 1 Tafel, Jena 1939
- SCHWÖRBEL, J. (1971): Einführung in die Limnologie:- Verl. G. Fischer, 1-170, UTB Fischer Stuttgart 1971
- SPÄH, H. (1979): Limnologische und saprobiologische Untersuchungen der Else und einige ihrer Nebenbäche:- 24. Ber. der naturwiss. Ver. Bielefeld, 411-456, 7 Abb., 4 Tab., Bielefeld 1979
- " (1979): Ökologische Unters. an org. belasteten Bächen im Stadtbereich Bielefeld:- 24. Ber. d. Naturwiss. Ver. Bielefeld, 383-410, 8 Abb., 2 Tab., Bielefeld 1979
- SREENIVASA, M.R. (1973): Diatom Flora of the Grand River, Ontario, Canada:- Hydrobiol., 42, 161-224, 224 Fig., Waterloo 1973

- TYNNI, R. (1975): Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen VIII:- Geological Survey of Finland, Bulletin 274, 4-35, 10 Taf., ESPOO/Finnland 1975
- " (1976): Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen IX:- Geological Survey of Finland, Bulletin 284, 1-36, 17 Taf., ESPOO/Finnland 1976
- " (1978): Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen:- Geological Survey of Finland, Bulletin 296, 1-54, 17 Taf., ESPOO/Finnland 1978
- " (1980): Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen XI:- Geological Survey of Finland, Bulletin 312, 1-83, 20 Tafeln, ESPOO/Finnland 1980
- WEHRLE, E. (1942): Algen in Gebirgsbächen am Südostrand des Schwarzwaldes:- Sonderdr. aus Beitr. zur naturkundl. Forschung im Oberrheingebiet, Bd. VII, Arch. f. Hydrobiol. 46, 305-423, 21 Abb., 5 Tab., 6 Beih., Stuttgart 1942
- WUTHRICH, M. (1975): Les Diatomées, Contribution à la connaissance de la flore algologique du Parc National Suisse:- Ergebn. d. wiss. Unters. 1. Schweizer Nationalpark, XIV, 72, 272-369, 41 Tab., 1975
- " (1977): Les Diatomées de la Fourrière du Cachot:- (Jura Neuchatalogs) I Etude systematique: Bulletin Société Neuch. des Sciences Natur. 100, 45-60, 1 Fig., 1 Taf., 1977
- " (1980): Les Diatomées de la Tourbière du Cachot. III. Etude:- Schweiz. Zeitschr. f. Hydrobiol., Limnolog. etc., Schweiz Z. Hydrol. 42/2, 269-284, 46 Taf., 2 Fig., Basel 1980

LANDESAMT FÜR WASSER UND Jahresbericht 5-62, Düsseldorf 1977
ABFALL NORDRHEIN-WESTFALEN

DÜSSELDORF (1977): Gewässergütebericht 1981 Düsseldorf 1982,
1-46

Gewässergütebericht 1982, Düsseldorf 1983, 1-48

Gewässergütebericht 1983, Düsseldorf 1984

Gewässergütebericht 1984, Düsseldorf 1985

LANDESREGIERUNG Umweltschutz in Nordrhein-Westfalen,
NORDRHEIN-WESTFALEN Düsseldorf 1980
ESSEN

RUHRVERBAND 1976: Ruhrwassergüte zum Wirtschaftsjahr 1976

" 1982: Ruhrwassergüte zum Wirtschaftsjahr 1982
1-118. Essen

" 1984: Ruhrwassergüte zum Wirtschaftsjahr 1986
1-95. Essen

Manuskript eingegangen am 15.5.1985

Anschrift des Verfassers:

Dr. Dietrich HARTMANN
Gustav-Vorsteher-Str. 14

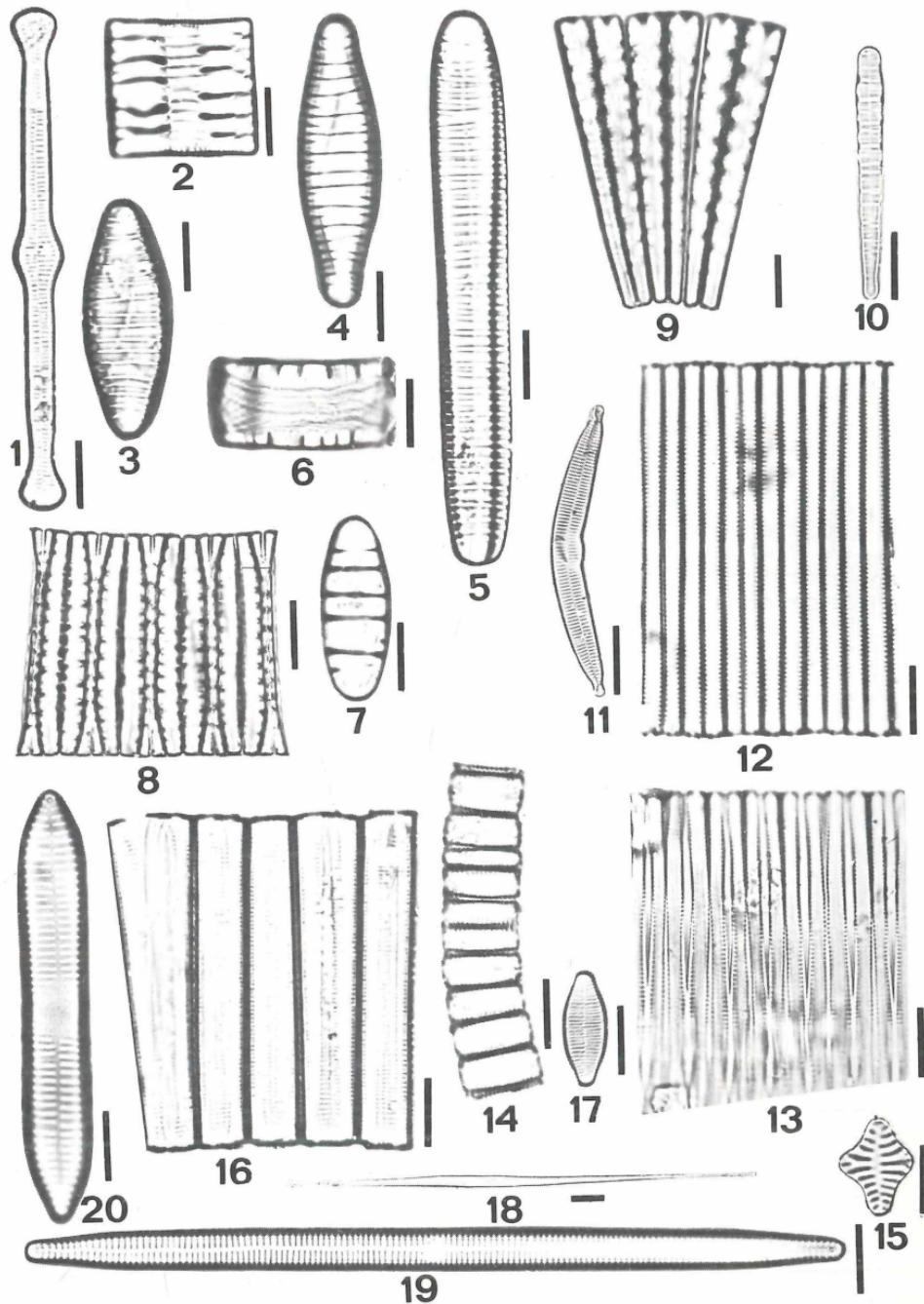
5802 Wetter/Ruhr 1

Erläuterung zu Tafel 1

Fig. Nr.	Breite/Länge in µm
1 Tabellaria fenestrata (LYNGB) KTZ.	7/74
2 Tabellaria flocculosa (ROTH) KTZ.	20/18
3 Diatoma vulgare (DE CAND) BORY Schale	11/32
4 Diatoma vulg. (DE CAND) v. prod. GRUN.	11/39
5 Diatoma vulg. (DE CAND) v. lin. GRUN.	13/80
6 Diatoma hemale v. mesodon (EHRBG) GRUN.	11/25
7 Diatoma hemale v. mesodon (EHRBG) GRUN.	9/25
8 Diatoma anceps (EHRBG) GRUN. Gürtel	8/28
9 Meridion circulare AGARDH Gürtel	7/55
10 Meridion circulare AGARDH Schale	4/40
11 Ceratonels arcus KÜTZ.	5/40
12 Fragilaria capucina DESMAZIÈRES	3/51
13 Fragilaria crotonensis KITTON	3/68
14 Fragilaria construens (EHRBG) GRUN.	4/10
15 Fragilaria harrissonii W. SMITH	10/12
16 Fragilaria virescens RALFS Kette	8/45
17 Fragilaria virescens RALFS Schale	7/15
18 Synedra acus KÜTZ	4/154
19 Synedra ulna (NITZSCH) EHRBG.	5/117
20 Synedra ulna v. impressa HUST.	9/61

Der Maßstab neben den Figuren zeigt jeweils die Länge von 10 µm an.

Tafel 1

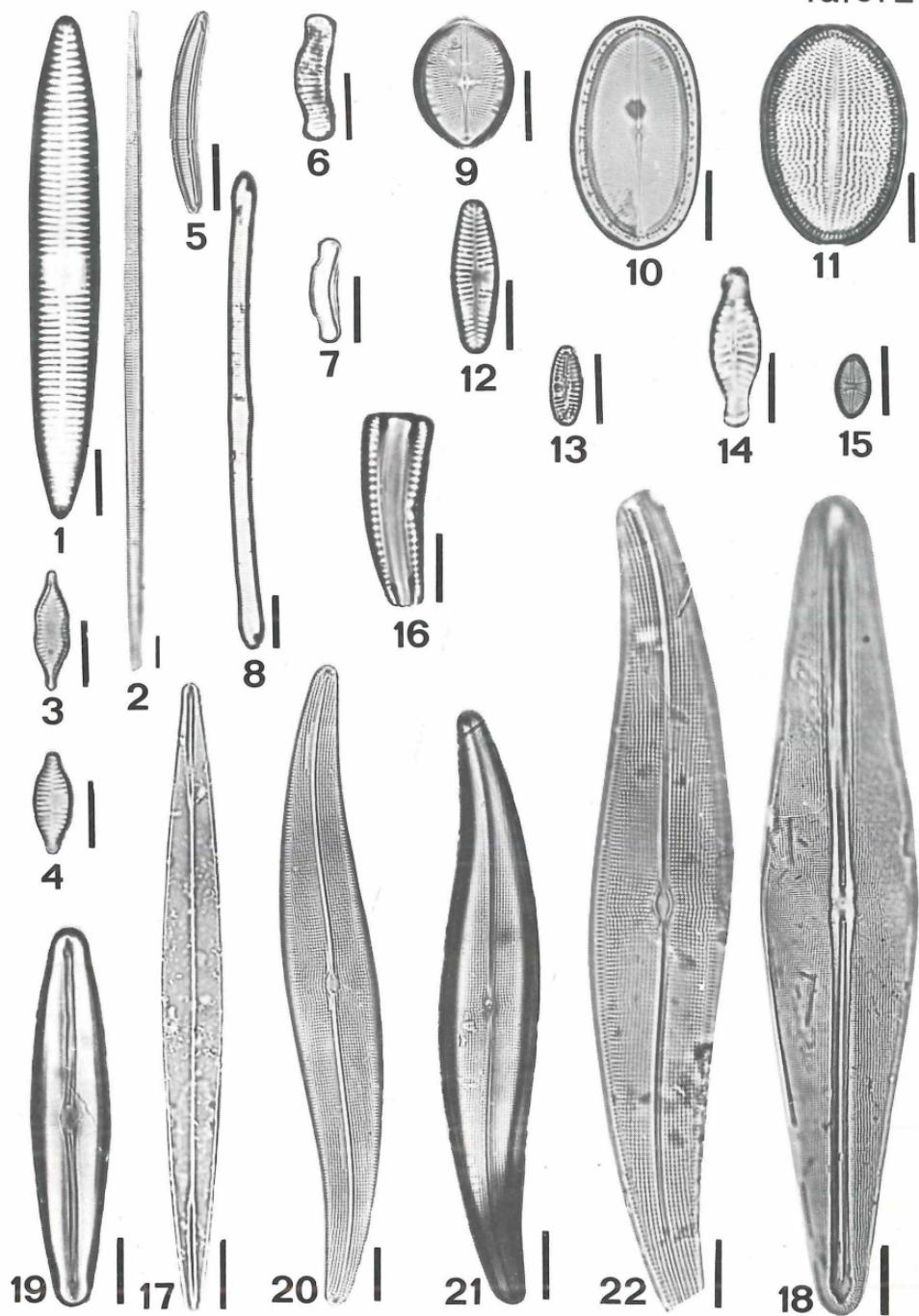


Erläuterung zu Tafel 2

Fig. Nr.	Breite/Länge in µm
1 <i>Synedra ulna v. oxyrhynchus</i> (KÜTZ)	10/69
2 <i>Synedra ulna v. danica</i> (KTZ) GRUN.	6/201
3 <i>Synedra parasitica v. blconstr.</i> GRUN.	5/16
4 <i>Synedra Vaucheriae</i> KÜTZ.	5/14
5 <i>Eunotia lunaris v. subarcuata</i> (NAEG.) (GRUN.)	3/28
6 <i>Eunotia praerupta</i> EHRBG.	5/18
7 <i>Eunotia exigua</i> (BRÉB.) GRUN.	3/13
8 <i>Eunotia formica</i> EHRB.	7/87
9 <i>Cocconeis pediculus</i> EHRBG.	12/16
10 <i>Cocconeis placentula</i> (EHRBG)	19/32
11 <i>Cocconeis placentula v. euglypta</i> (EHR.) (CLEVE)	21/30
12 <i>Achnanthes lanceolata</i> BRÉB.	8/20
13 <i>Achnanthes lanceolata v. minor?</i>	5/10
14 <i>Achnanthes lanceolata v. capitata</i>	9/20
15 <i>Achnanthes Lutheri</i> SCHIMANSKI II, 20 vgl. Literatur	6/9
16 <i>Rhoicosphenia curvata</i> (KÜTZ.) GRUN.	9/27
17 <i>Amphibleura pellucida</i> KÜTZ.	8/93
18 <i>Frustulia rhomboides</i> (EHR.) DE TONI	23/118
19 <i>Frustulia vulgaris</i> THWAITES	11/53
20 <i>Gyrosigma acuminatum</i> (KÜTZ.) RABH.	16/120
21 <i>Gyrosigma Kützingii</i> (GRUN.) CLEVE	13/84
22 <i>Gyrosigma attenuatum</i> (KÜTZ) RABH.	19/117

Der Maßstab neben den Figuren zeigt jeweils die Länge von 10 µm an.

Tafel 2

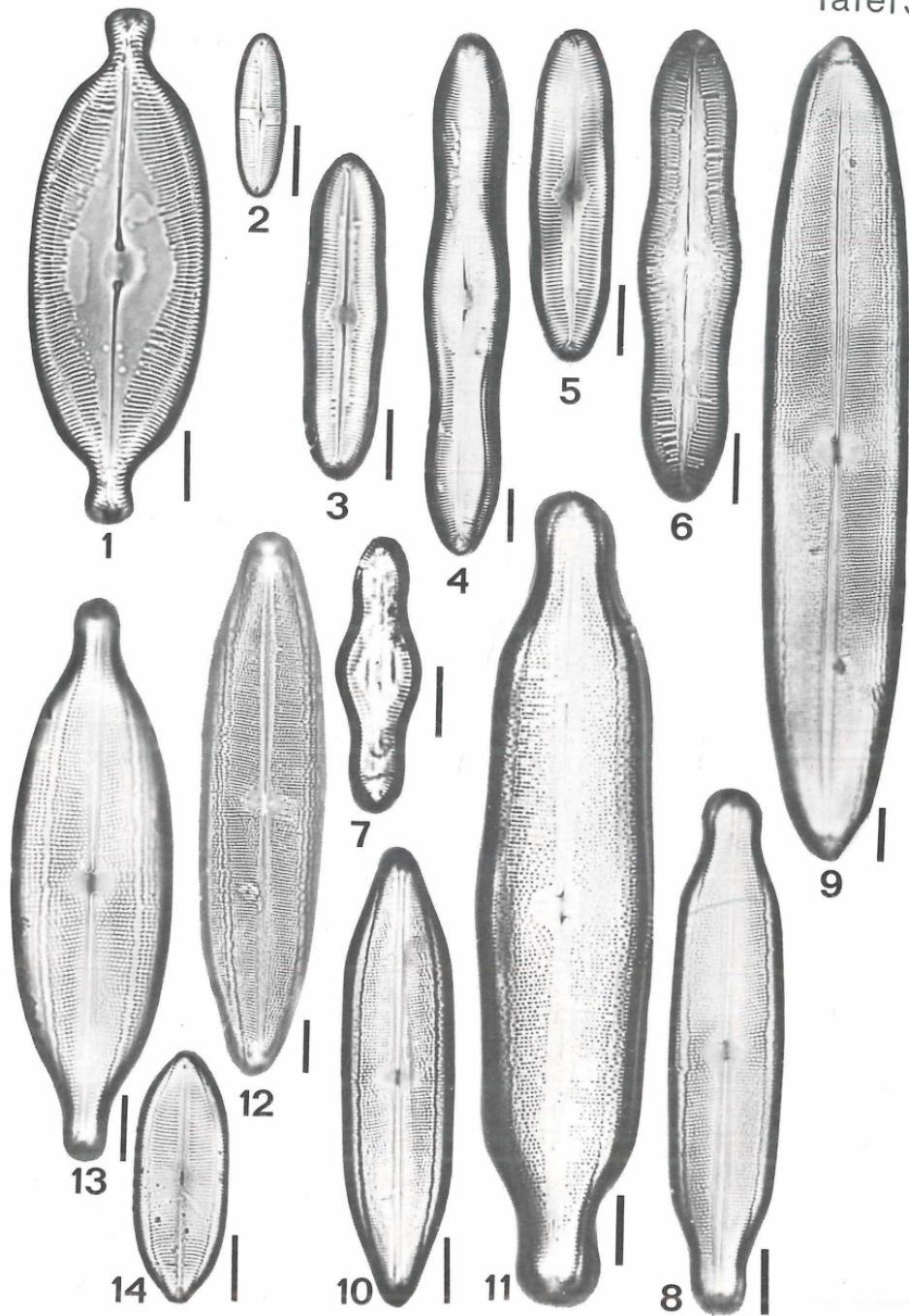


Erläuterung zu Tafel 3

Fig. Nr.	Breite/Länge in µm
1 <i>Caloneis amphisbaena</i> (BORY) CLEVE	24/78
2 <i>Caloneis bacillum</i> (GRUN.) MERESCHKOW.	7/23
3 <i>Caloneis silicula</i> (EHR.) CLEVE	11/50
4 <i>Caloneis sili. v. gibberula</i> (KTZ) GRUN.	16/97
5 <i>Caloneis sili. v. truncatula</i> GRUN.	11/48
6 <i>Caloneis Schumanniana</i> (GRUN) CLEVE	15/66
7 <i>Caloneis Schum. v. biconstricta</i> GRUN.	10/37
8 <i>Neidium affine</i> (EHR.) CLEVE	12/75
9 <i>Neidium iridis</i> (EHR.) CLEVE	22/159
10 <i>Neidium iridis v. ampliata</i> (EHR.) CLEV.	15/62
11 <i>Neidium iridis f. undulata</i> A. MAYER?	23/115
12 <i>Neidium irid. v. amphigomphus</i> (EHR.) V. HEURCK	21/104
13 <i>Neidium productum</i> (W. SMITH) CLEVE	21/78
14 <i>Neidium dubium</i> (EHR.) CLEVE	13/34

Der Maßstab neben den Figuren zeigt
jeweils die Länge von 10 µm an.

Tafel 3

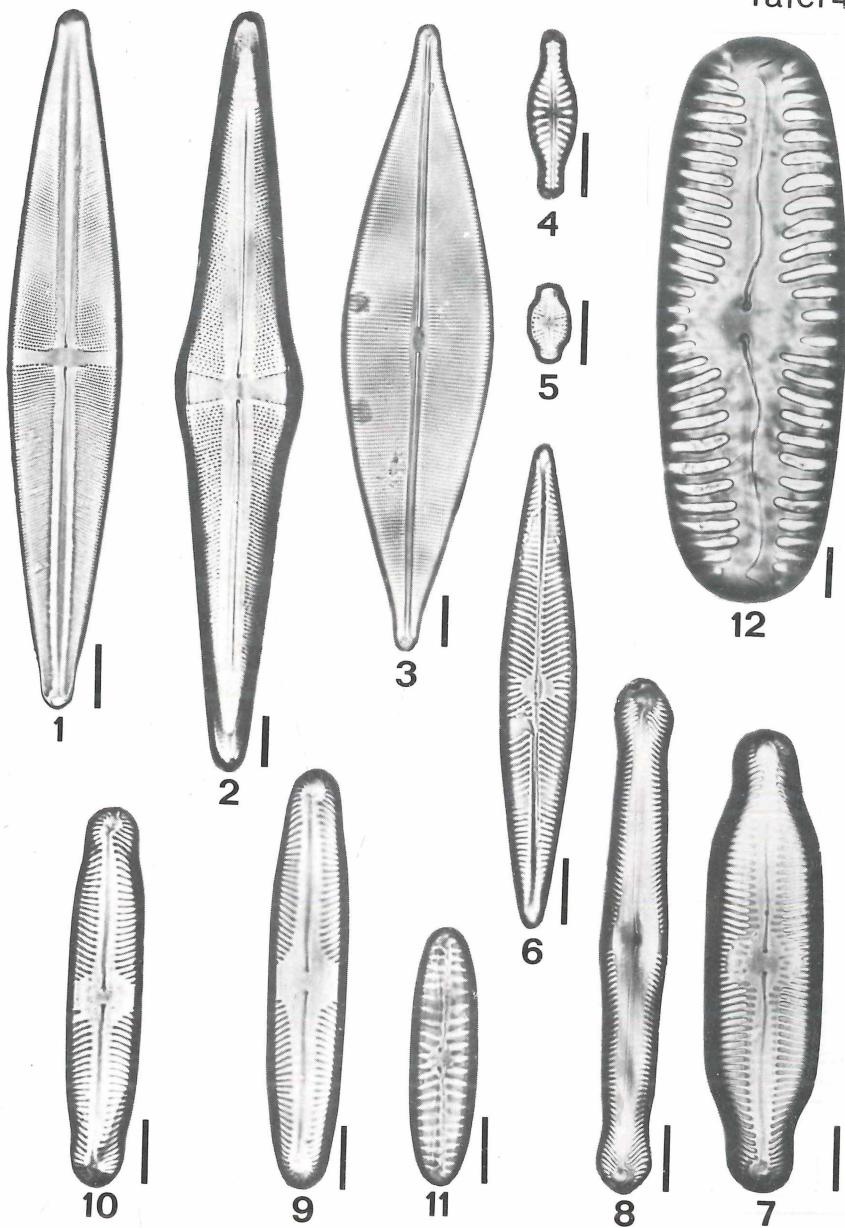


Erläuterung zu Tafel 4

Fig. Nr.	Breite/Länge in µm
1 <i>Stauronels phoenicenteron</i> EHRBG.	16/101
2 <i>Stauronels acuta</i> W. SMITH	22/145
3 <i>Navicula cuspidata</i> KÜTZ.	22/119
4 <i>Navicula hungarica v. capitata</i> (EHR.) CLEVE	8/25
5 <i>Navicula mutica</i> KÜTZ	6/11
6 <i>Navicula radiosha</i> KÜTZ.	12/75
7 <i>Pinnularia interrupta</i> W. SMITH	20/72
8 <i>Pinnularia polyonca</i> (BRÉB.) O. MÜLLER	12/80
9 <i>Pinnularia microstauron</i> (EHR.) CLEVE	12/65
10 <i>Pinnularia legumen</i> EHRBG.	10/57
11 <i>Pinnularia borealis</i> EHRBG.	9/37
12 <i>Pinnularia lata</i> (BRÉB.) W. SMITH	39/112

Der Maßstab neben den Figuren zeigt
jeweils die Länge von 10 µm an.

Tafel 4

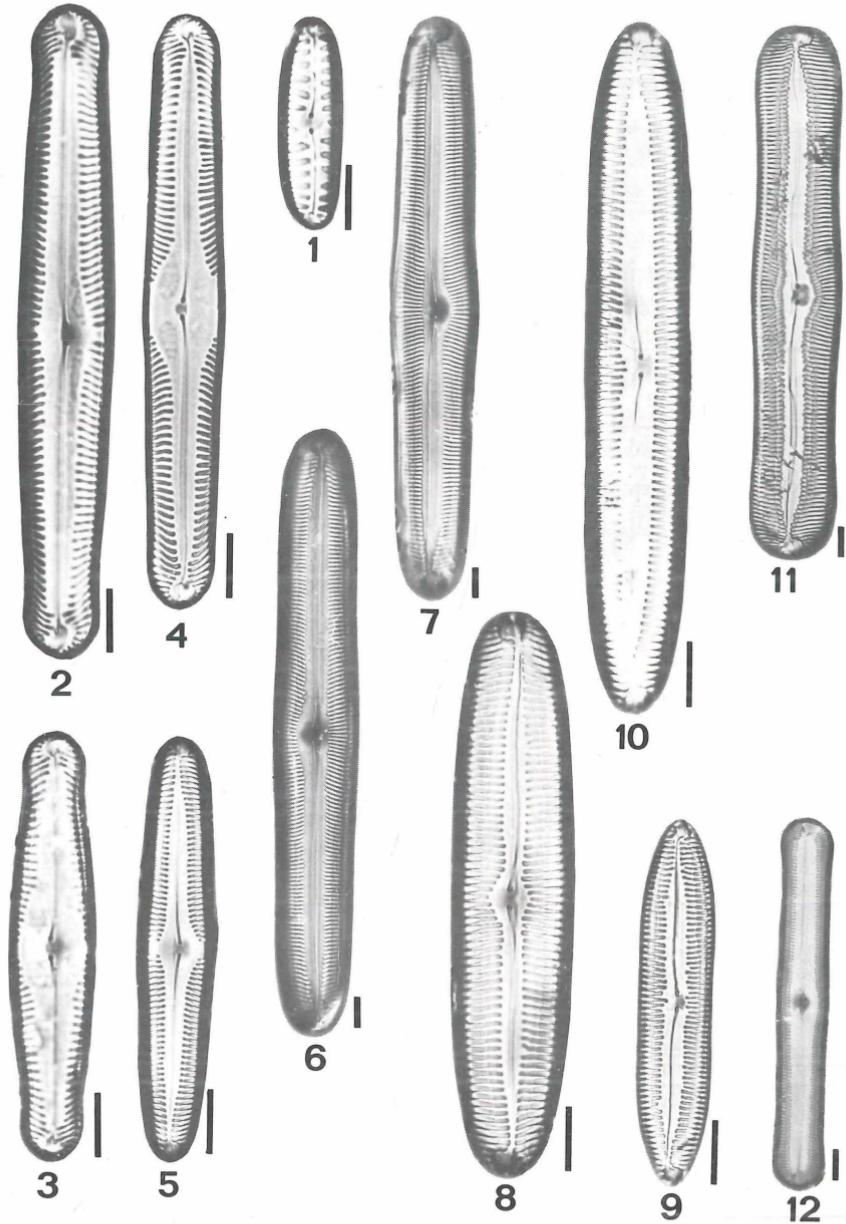


Erläuterung zu Tafel 5

Fig. Nr.	Breite/Länge in µm
1 <i>Pinnularia borealis</i> v. <i>brevicostata</i> HUST.	8/28
2 <i>Pinnularia gibba</i> EHRBG.	13/90
3 <i>Pinnularia gibba</i> v. <i>parva</i> (EHR.) GRUN.	14/70
4 <i>Pinnularia gibba</i> v. <i>linearis</i> HUST.	10/80
5 <i>Pinnularia brevicostata</i> (KTZ.) CLEVE	12/70
6 <i>Pinnularia maior</i> (KTZ.) CLEVE	30/230
7 <i>Pinnularia maior</i> v. <i>transversa</i> (KTZ.) CLEVE?	30/189
8 <i>Pinnularia viridis</i> (NITZSCH) EHRBG.	17/81
9 <i>Pinnularia viridis</i> v. <i>sudetica</i> (HILSE) HUST.	10/56
10 <i>Pinnularia vir.</i> v. <i>intermedia</i> CLEVE	16/103
11 <i>Pinnularia gentilis</i> (DONKIN) CLEVE	31/172
12 <i>Pinnularia acrosphaerla</i> BRÉBISSON	14/121

Der Maßstab neben den Figuren zeigt jeweils die Länge von 10 µm an.

Tafel 5

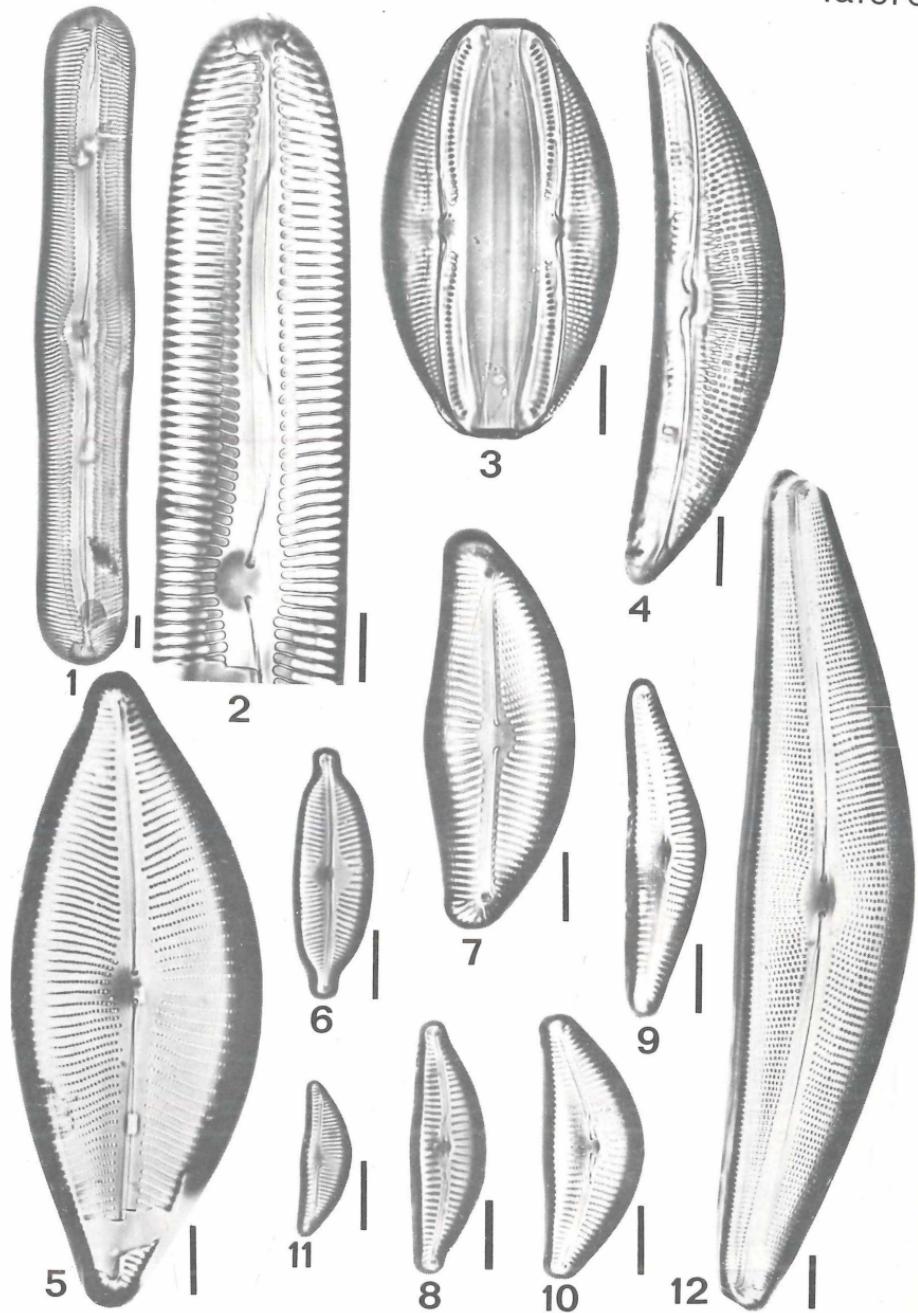


Erläuterung zu Tafel 6

Fig. Nr.	Breite/Länge in µm
1 <i>Pinnularia nobilis</i> EHRBG.	30/200
2 <i>Pinnularia streptoraphe</i> CLEVE 1/2	20/80
3 <i>Amphora ovalis</i> KÜTZ.	43/60
4 <i>Amphora ovalis</i> KÜTZ.	16/79
5 <i>Cymbella ehrenbergii</i> KÜTZ.	34/84
6 <i>Cymbella naviculiformis</i> AUERSWALD	11/34
7 <i>Cymbella prostrata</i> (BERKELY) CLEVE	24/58
8 <i>Cymbella affinis</i> KÜTZ.	11/35
9 <i>Cymbella cymbiformis</i> (AGARDH? KTZ.) VAN HEURCK	10/45
10 <i>Cymbella clistula</i> (HEMPRICH) GRUN.	13/35
11 <i>Cymbella minuta</i> (HILSE) v. <i>stilesiaca</i>	7/22
12 <i>Cymbella aspera</i> (EHR.) CLEVE	32/150

Der Maßstab neben den Figuren zeigt
jeweils die Länge von 10 µm an.

Tafel 6

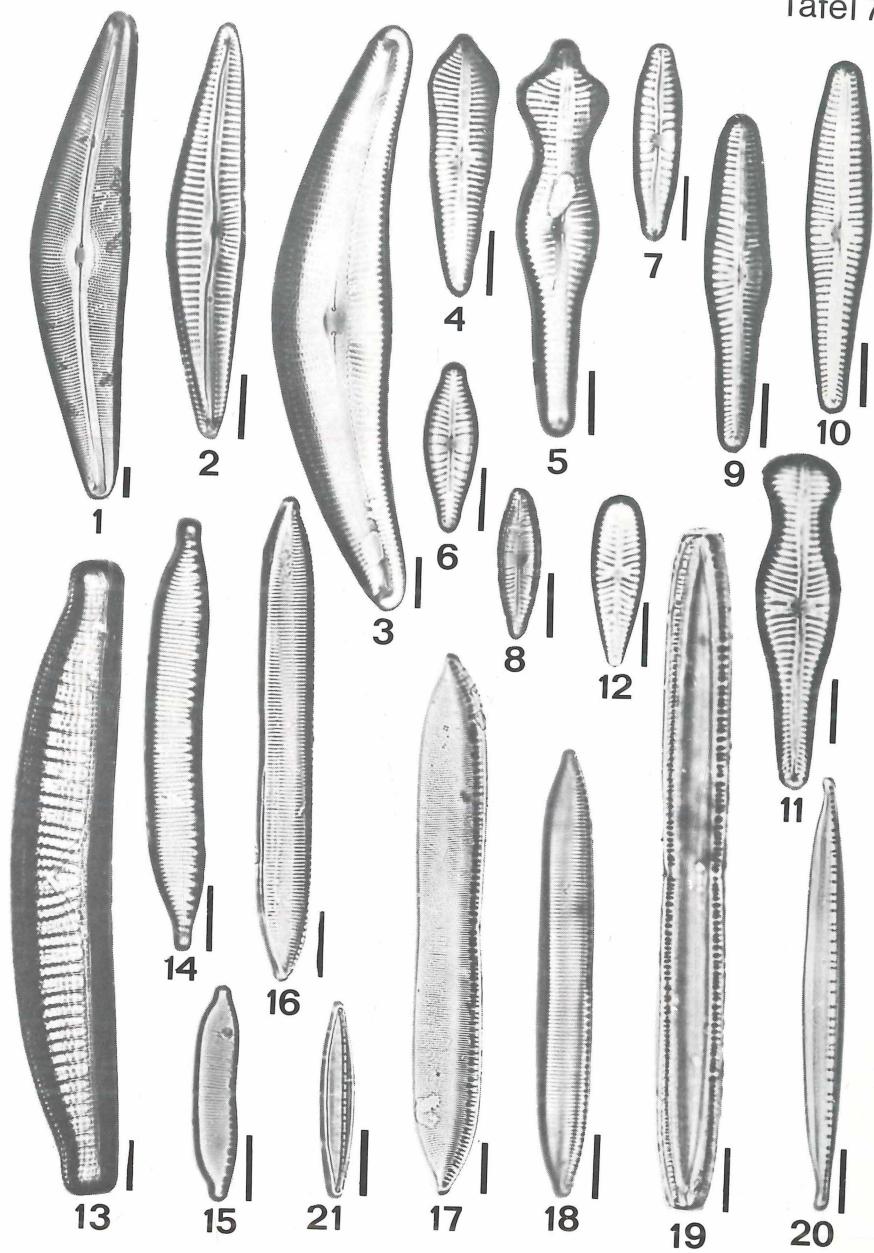


Erläuterung zu Tafel 7

Fig. Nr.	Breite/Länge in µm
1 <i>Cymbella aspera</i> (EHR.) CLEVE	35/168
2 <i>Cymbella helvetica</i> KÜTZ.	10/60
3 <i>Cymbella lanceolata</i> (EHR.) V. HEURCK	21/125
4 <i>Gomphonema acuminatum</i> EHRBG.	10/36
5 <i>Gomphon. acuminat. v. coronata</i> (EHR.) W. SMITH	11/57
6 <i>Gomphonema parvulum</i> (KTZ.) GRUN.	7/22
7 <i>Gomphonema angustatum</i> (KTZ.) RABH.	7/27
8 <i>Gomphon. angust. v. producta</i> GRUN. mit Stigma	7/21
9 <i>Gomphonema Intricatum</i> KÜTZ.	9/48
10 <i>Gomphonema lanceolatum</i> EHRBG.	10/56
11 <i>Gomphonema constrictum</i> EHRBG.	12/46
12 <i>Gomphonema olivaceum</i> (LYNGBYE) KTZ.	7/23
13 <i>Epithemia turgida</i> v. <i>granulata</i> (EHR.) GPUNOW	15/95
14 <i>Hantzschia amphi.</i> for. <i>capitata</i> O. MÜLL.	8/76
15 <i>Hantzschia virgata</i> v. <i>capitellata</i> HUST.	6/28
16 <i>Nitzschia hungarica</i> GRUN.	8/79
17 <i>Nitzschia dubia</i> W. SMITH	13/103
18 <i>Nitzschia commutata</i> GRUN.	8/73
19 <i>Nitzschia linearis</i> W. SMITH	10/97
20 <i>Nitzschia recta</i> HANTZSCH	8/72
21 <i>Nitzschia dissipata</i> (KÜTZ.) GRUN.	4,5/27

Der Maßstab neben den Figuren zeigt jeweils die Länge von 10 µm an.

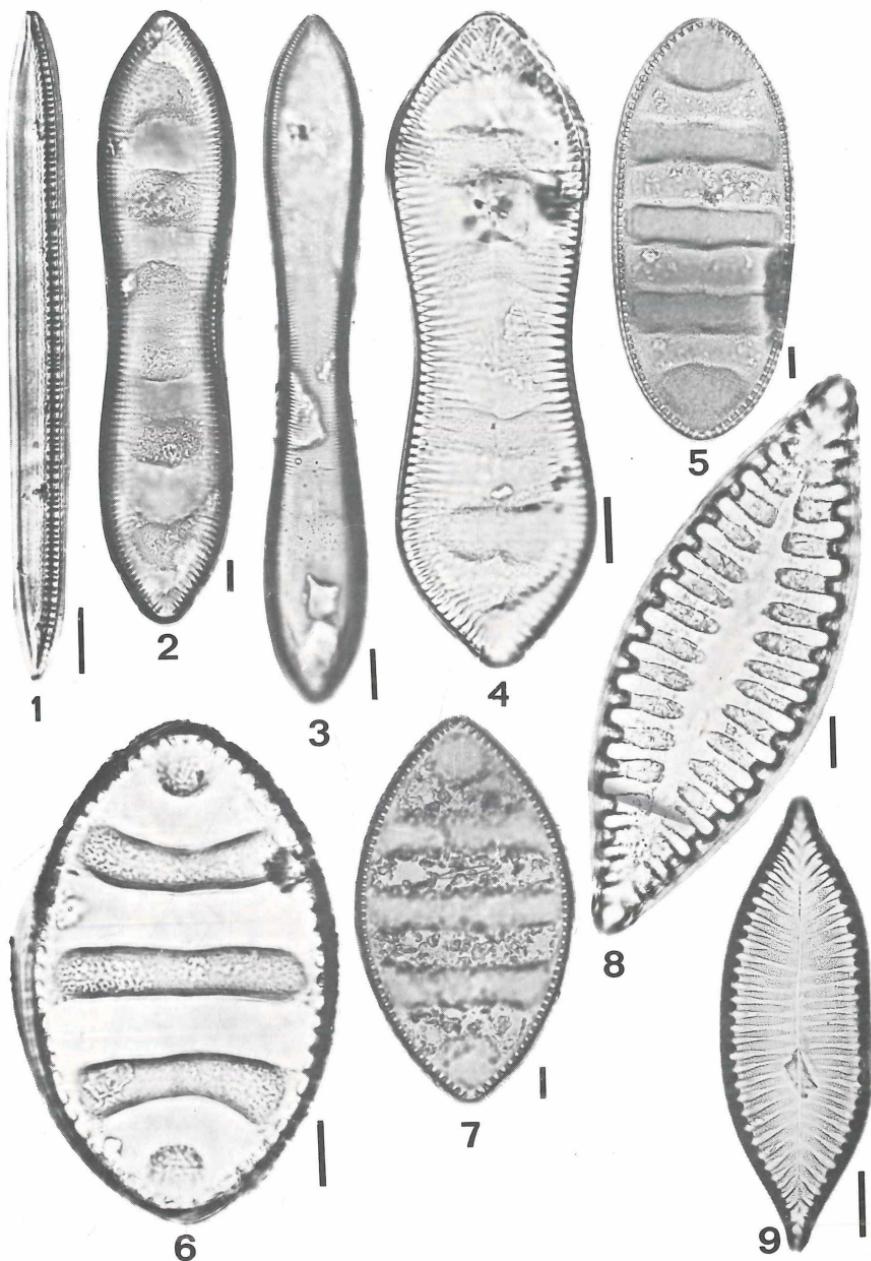
Tafel 7



Erläuterung zu Tafel 8

Fig. Nr.	Breite/Länge in µm
1 <i>Nitzschia recta</i> HANTZSCH	7/105
2 <i>Cymatopleura solea</i> (BRÉB.) W. SMITH	64/200
3 <i>Cymatopleura sol. v. gracilis</i> GRUN.	60/59
4 <i>Cymatopleura solea</i> var. <i>apiculata</i> (W. SMITH) RALFS	20-25/85
5 <i>Cymatopleura ellipt. v. constricta</i> GRUN.	60/144
6 <i>Cymatopleura elliptica</i> (BRÉB.) W. SMITH	43/70
7 <i>Cymatopleura elliptica</i> var. <i>nobilis</i> HANTZ.	71/142
8 <i>Surirella bis. v. bifrons</i> (EHR.) HUST.	42/112
9 <i>Surirella biseriata</i> v. <i>rostrata</i> SCHULZ	22/65

Der Maßstab neben den Figuren zeigt
jewells die Länge von 10 µm an.

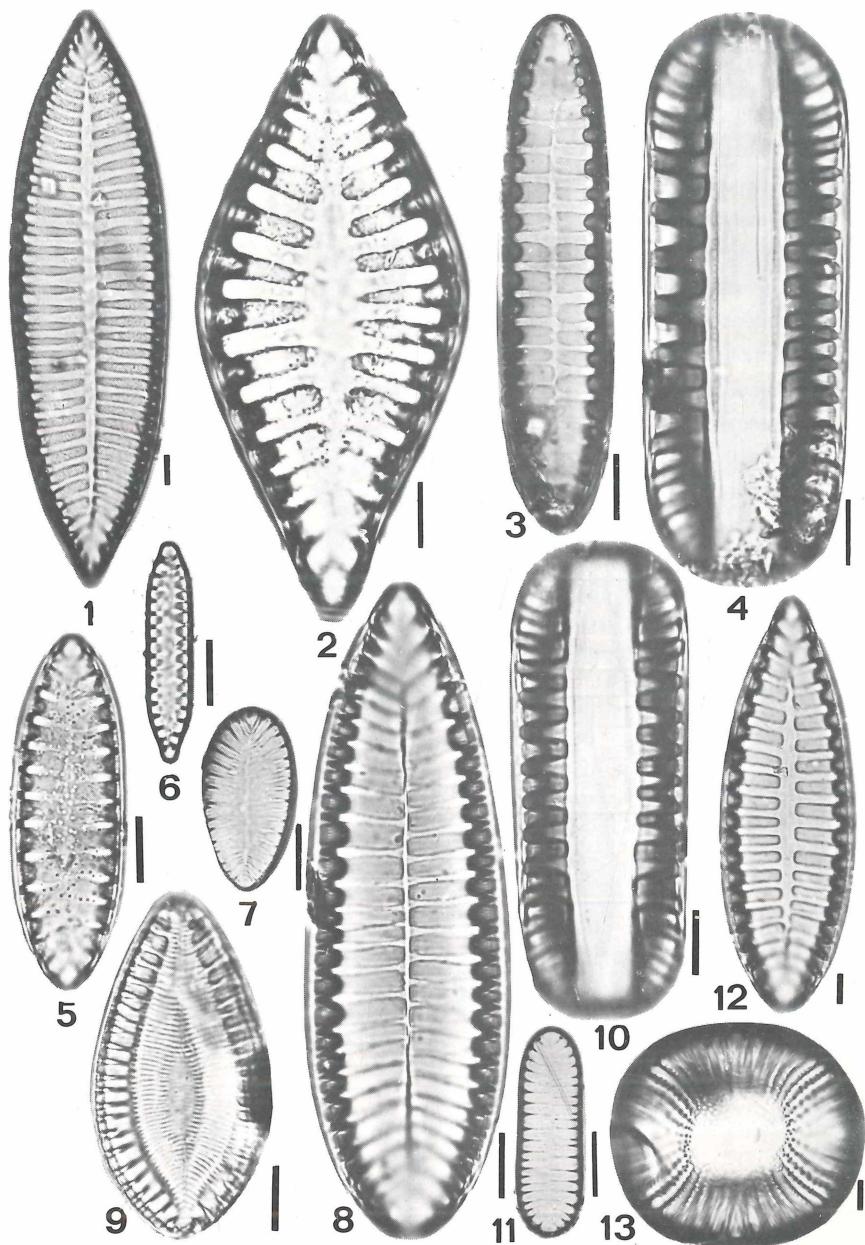


Erläuterung zu Tafel 9

Fig. Nr.	Breite/Länge in µm
1 <i>Suirella biseriata</i> BRÉBISSON	40/182
2 <i>Suirella turgida</i> SMITH	37/90
3 <i>Suirella lin.</i> W. SMITH	15/81
4 <i>Suirella lin.</i> W. SMITH, Gürtel	28/83
5 <i>Suirella lin.</i> var. <i>helvetica</i> (BRUN) MEISTER	17/53
6 <i>Suirella angusta</i> KÜTZ.	7/30
7 <i>Suirella ovata</i> KÜTZ.	12/29
8 <i>Suirella tenera</i> GREGORY	28/95
9 <i>Suirella ovalis</i> BRÉB.	22/46
10 <i>Suirella elegans</i> EHRB. (Gürtel)	27/67
11 <i>Suirella ovata</i> v. <i>plnnata</i> . W. SMITH	10/30
12 <i>Suirella robusta</i> v. <i>splendida</i> (EHRBG.) V. HEURCK	50/150
13 <i>Campylodiscus noricus</i> v. <i>hibernica</i> (EHRBG.) GRUNOW	-

Der Maßstab neben den Figuren zeigt
jeweils die Länge von 10 µm an.

Tafel 9

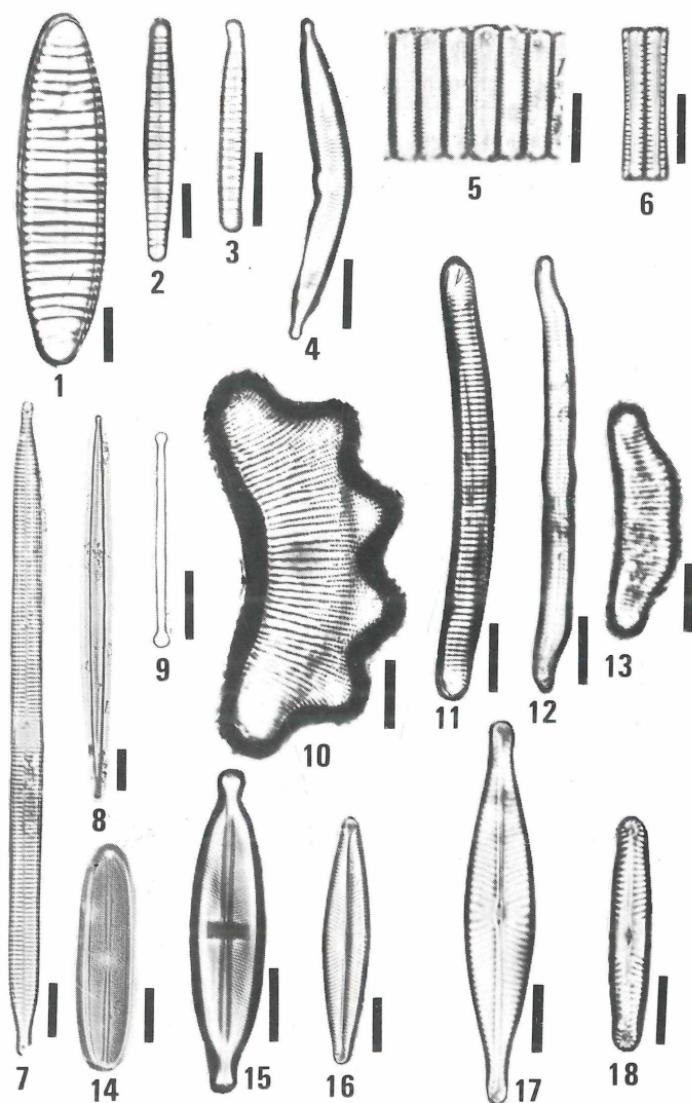


Erläuterung zu Tafel 10

Fig. Nr.	Breite/Länge in μm
1 Diatoma hiemale (Lyngb.) Heiberg	20/70
2 Diatoma vulgare var. Ehrenbergii	7/50
3 Diatoma vulgare var. (deform.) Ehrenbergii	5/46
4 Ceratoneis arcus var. amphioxys (Rabh.)	8/48
5 Fragilaria brevistriata Grun. (?)	3,5/17
6 Fragilaria lapponica Grun (?)	4,5/32
7 Synedra ulna var. amphirhynchus (Ehrbg.) Grun.	8/136
8 Synedra ulna var. danica (Kütz.) Grun.	3,5/89
9 Asterionella formosa Hassall	2/46
10 Eunotia robusta var. tetraodon (Ehrbg.)	30/40
11 Eunotia valida Hust.	5/65
12 Eunotia pectinalis v. undulata Ralfs	6/68
13 Eunotia diodon Ehr.	17/30
14 Neidium bisulcatum (Lagerstedt) Cleve	9/40
15 Stauroneis anceps Ehr.	10/50
16 Navicula lanceolata (Ag.) Ehr.	11/51
17 Navicula rhynchocephala Kütz.	10/51
18 Pinnularia subcapitata Gregory	5/30

Der Maßstab neben den Figuren zeigt jeweils die Länge von 10 μm an.

Tafel 10



Erläuterung zu Tafel 11

Fig. Nr.	Breite/Länge in μm
1 <i>Pinnularia divergens</i> W. Smith	16/64
2 <i>Pinnularia gibba</i> fa. <i>subundulata</i> (Mayer)	14/59
3 <i>Cymbella cymbiformis</i> (Agarth.) (Kütz.) van Heurck	14/65
4 <i>Gomphonema acuminat.</i> v. <i>coronata</i> (Ehr.) W. Smith	11/61
5 <i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Grun.	6/21
6 <i>Gomphonema intricatum</i> v. <i>pumila</i> Grun.	5/22
7 <i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	8/40
8 <i>Nitzschia capitellata</i> Hust.?	5/50
9 <i>Nitzschia hantzschiana</i> Rabh.	5,5/40
10 <i>Nitzschia acula</i> Hantzsch.	6/74
11 <i>Cymatopleura elliptica</i> (Bréb.) W. Smith	49/98
12* <i>Navicula lyra</i> var. <i>recta</i>	41/102
Phasenkontrastaufnahme	
13 <i>Surirella biseriata</i> Bréb.	60/202
14 <i>Surirella angusta</i> Kütz.	8/27
15 <i>Surirella tenera</i> Gregory	50/140
16 <i>Surirella ovata</i> Kütz.	14/26
17 <i>Surirella ovata</i> v. <i>pinnata</i> W. Smith	10/24

* *Navicula lyra* var. *recta* ist eine Form, die bisher in Fließgewässern Deutschlands nicht gefunden wurde. Sie ist aber in drei Proben der Lenneuntersuchung festgestellt und deswegen mitaufgenommen worden (Tabelle 4 Nr. 170).

Ob sie durch Tiere oder Isolationsmaterial eingeschleppt wurde, oder ob sie unter besonderen wasserchemischen Verhältnissen sich ansiedeln konnte, ist nicht bekannt.

Es ist von dieser Diatomeen-Art eine Phasenkontrastaufnahme gemacht worden, um die besonders schönen Strukturen kenntlich zu machen.

Der Maßstab neben den Figuren zeigt jeweils die Länge von 10 μm an.

Tafel 11

