

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

Beih. Ber. naturhist. Ges. Hannover

9

1-179

Hannover 1986

ISSN 0374-6054

NATURHISTORISCHE GESELLSCHAFT
HANNOVER

Gegründet 1797
Gesellschaft zur Pflege der
Naturwissenschaften

3000 Hannover 51, Stilleweg 2
Postfach 51 01 53

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 Schirinig
Klaus Wöldecke

Klaus Rall
weitergegeben an
Bibliothek der
Fachhochschule
Ostfriesland
(Herr Roggan)

Beiheft zum Bericht der
Naturhistorischen Gesellschaft Hannover
Nr. 9

Beiheft zum Bericht der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

Nr. 9

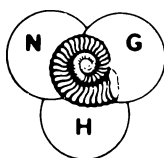
Beziehungen zwischen der Diatomeen-Flora und dem Wasserchemismus in Fließgewässern des Sauerlandes

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 ermöglichten 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 Bioindikatoren 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.

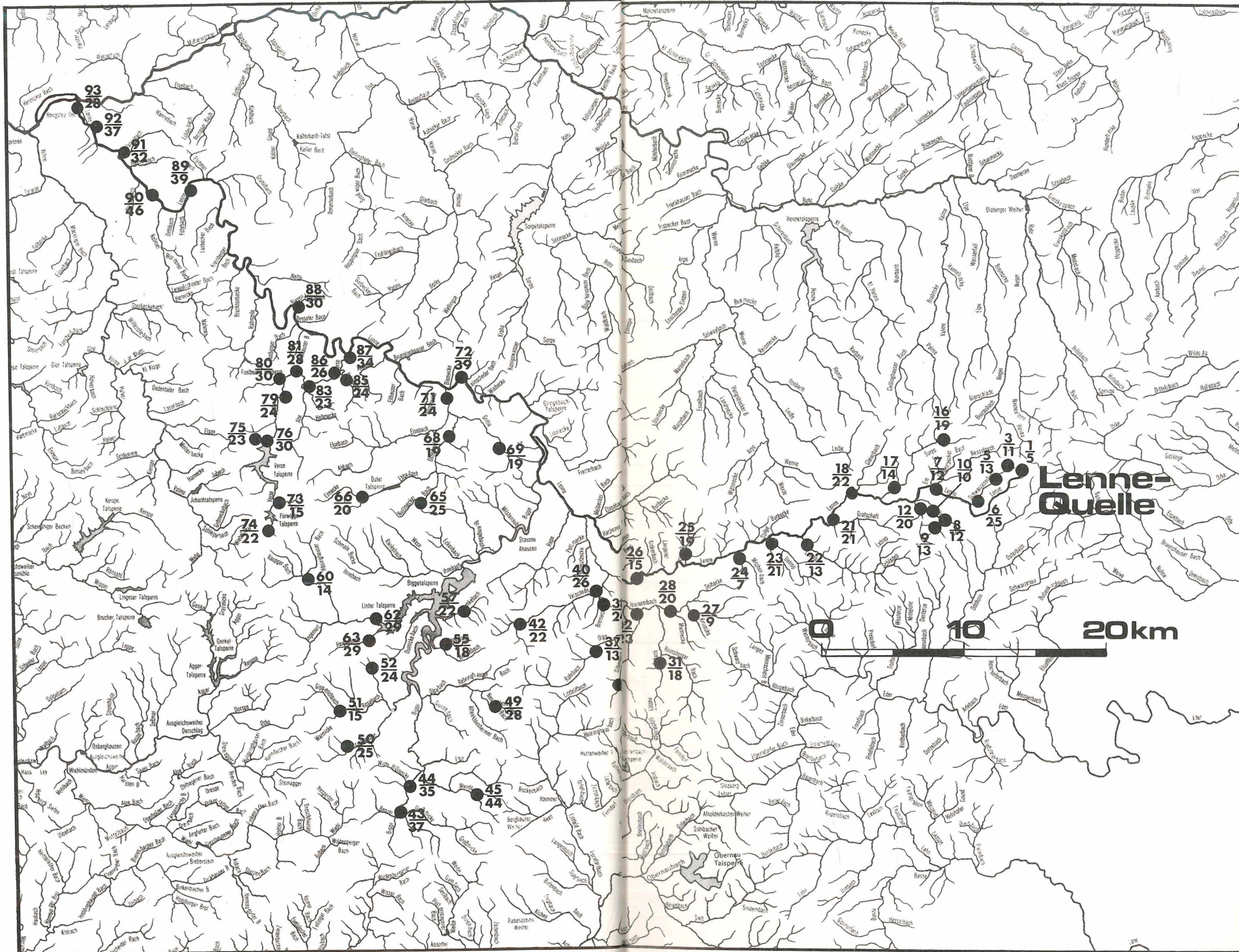


Abb. 2.1: Fließgewässergebiet der Lenne mit den Entnahmepunkten der 62 untersuchten Proben. ● $\frac{40}{26}$ = Probeentnahmestelle.
(obere Zahl: Nr. der Probe; untere: Zahl der Diatomeen-Arten, die in dieser Probe festgestellt wurden).

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

Pr. Nr.	Entnahmestelle	Diat. Art. je Pr.	+ * = //	pH	Carb. Härte DH	Ges. Härte DH	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg	Gewässerbereich
51	Zusammenfl. v. 3 Bächen v. Drolshag.	15	*	6,5	1,5	4,0	0,1	19,0	8,0	13,0	5
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	
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. Östertalsperre	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	6
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	7
74	Quellb. Zul. Vorbecken Versetalsp.	22	+	6,2	0,5	2,0	0,0	9,0	6,5	3,0	
75	Bachzul. unterh. Staumauer Versetalsperre	23	*	7,3	2,5	6,0	0,1	19,0	4,5	40,0	
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	8
81	Versebach oberh. Evck. 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	8
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. Hengsteysee	28	//	6,8	5,0	8,0	0,2	18,0	7,0	22,0	

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_o und weniger
 Ges.-Härte 3,0 DH_o und weniger

Hohe Werte
 pH 8,7 und mehr
 Carb.-Härte 8,0 DH_o und mehr
 Ges.-Härte 9,0 DH_o 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 Rinnsal 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 Gesamthärten 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°) 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 DH⁰), 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 mg
71 = 60 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 mg
71 = 70 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 NH₄, Cl und NO₃ die schwersten Abwasserbelastungen des gesamten Lenneverlaufes⁴ überhaupt³ festgestellt.

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

Ausgenommen hiervon sind die Proben 83 und 85 - Bachzuläufe Ahe und Solimbecke - 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 Gesamthärten 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 auffällig 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 Carbonathärten (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 Wasseranalysergebnisse der 3 letzten Gewässerbereiche 6 - 8 dürfen 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	Gewässerbereich 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 hereinhängenden Pflanzenteilen in kleinen Standzylindergläsern Schlammproben entnommen, die am Entnahmeort mit Formalin fixiert wurden, (Gammariden, Ephemeriden- und Chironomidenlarven, sowie Daphniden und Cyclopiden konnten oft beobachtet werden). Es wurden an den Uferseiten 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.

TABELLE 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		
Melosira granulata	28	15	3	7	2	1		
Melosira islandica v. helvetica	1	1	-	-	-	-		0
Melosira italica	5	3	1	-	1	-		
Melosira distans	2	2	-	-	-	-		
Melosira arenaria	7	3	2	2	-	-		0
Cyclotella glomerata	2	-	-	1	1	-		
Stephanodiscus dubius	3	2	1	-	-	-		0
Stephanodiscus astraea	1	-	1	-	-	-		
Coscinodiscus rothii v. subsalsa	3	3	-	-	-	-		
=====								
Tabellaria fenestrata	5	2	1	2	-	-		0
Tabellaria flocculosa	9	8	1	-	-	-	++	0
Diatoma vulgare	2	1	-	1	-	-		0
Diatoma vulgare v. ovalis	12	11	-	1	-	-		
Diatoma vulgare v. brevis	1	1	-	-	-	-		
Diatoma vulgare v. producta	2	2	-	-	-	-		0
Diatoma vulgare v. linearis	9	5	2	1	1	-	++	0
Diatoma vulg. v. grandis	3	-	2	1	-	-		0
Diatoma elongatum	1	1	-	-	-	-		
Diatoma hiemale	6	6	-	-	-	-		0
Diatoma hiemale v. mesodon	16	10	2	3	1	-	++	0
Diatoma anceps	2	2	-	-	-	-		
Meridion circulare	40	21	12	6	1	-	++	0
Meridion circ. v. constricta	7	3	3	1	-	-		
Ceratoneis arcus	10	9	-	1	-	-	++	0
Ceratoneis arcus v. amphioxys	6	5	1	-	-	-		
Fragilaria crotonensis	4	3	-	-	-	1		0
Fragilaria capucina	7	6	-	-	-	1		0
Fragilaria intermedia	1	1	-	-	-	-		
Fragilaria construens	4	4	-	-	-	-		0
Fragilaria pinnata	4	1	3	-	-	-		
Fragilaria virescens	35	17	12	4	2	-	++	0
Fragilaria viresc. v. elliptica	1	1	-	-	-	-		
Fragilaria brevistriata	6	2	2	2	-	-		
Fragilaria lapponica	4	3	1	-	-	-		
Asterionella formosa	16	4	4	8	-	-		
Asterionella gracil.	1	1	-	-	-	-		
Synedra ulna	62	4	4	15	33	8		
Synedra ulna v. oxyrhynchus	35	4	7	6	14	4	++	0
Synedra ulna v. impressa	1	1	-	-	-	-		
Synedra ulna v. biceps	2	1	-	1	-	-		
Synedra ulna v. amphirhynchus	15	5	7	2	1	-		
Synedra ulna v. danica	45	12	18	12	3	-	++	0
Synedra acus	11	11	-	-	-	-		
Synedra acus v. radians	1	-	-	1	-	-		
Synedra amphicephala	1	-	1	-	-	-		
Synedra rumpens	3	2	1	-	-	-		
Synedra minuscula	3	1	1	1	-	-		
Synedra affinis var. fasciculata	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</i> v. <i>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</i> v. <i>tetraodon</i>	2	2	-	-	-	-		0
<i>Eunotia diodon</i>	1	1	-	-	-	-		0
<i>Eunotia praerupta</i>	1	1	-	-	-	-		
<i>Eunotia praerupta</i> v. <i>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</i> v. <i>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</i> v. <i>major</i> fo. <i>bidens</i>	1	1	-	-	-	-		
<i>Cocconeis pediculus</i>	6	5	1	-	-	-		0
<i>Cocconeis placentula</i>	5	4	1	-	-	-		0
<i>Cocconeis plac.</i> v. <i>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</i> v. <i>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</i> var. <i>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.</i> v. <i>truncatula</i>	5	4	1	-	-	-		0
<i>Neidium bisulcatum</i>	1	1	-	-	-	-		
<i>Neidium iridis</i>	3	3	-	-	-	-		0
<i>Neidium iridis</i> v. <i>ampliata</i>	1	1	-	-	-	-		0
<i>Neidium iridis</i> v. <i>amphigomohus</i>	1	1	-	-	-	-		0
<i>Neidium dubium</i>	1	1	-	-	-	-		0
<i>Neidium kozłowi</i> v. <i>elliptica</i>	1	1	-	-	-	-		
<i>Neidium kozłowi</i> v. <i>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</i> fo. <i>gracilis</i>	1	1	-	-	-	-		
<i>Stauroneis anceps</i> fo. <i>linearis</i>	2	2	-	-	-	-		
<i>Stauroneis acuta</i>	4	4	-	-	-	-		0
<i>Stauroneis parvula</i> v. <i>prominua</i>	11	1	-	-	-	-		
<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 rhynchocephala</i>	6	5	1	-	-	-		
104 <i>Navicula viridula</i>	48	16	10	11	11	-		
105 <i>Navicula radiosa</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</i> v. <i>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</i> v. <i>amphicephala</i>	3	3	-	-	-	-		
118 <i>Pinnularia divergentissima</i>	1	1	-	-	-	-		
119 <i>Pinnularia microstauron</i>	3	3	-	-	-	-		0
120 <i>Pinnularia</i> micro. fo. <i>biundulata</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</i> v. <i>brevicostata</i>	1	1	-	-	-	-		0
125 <i>Pinnularia gibba</i>	36	22	8	6	-	-	++	0
126 <i>Pinnularia gibba</i> fo. <i>subundulata</i>	1	1	-	-	-	-		
127 <i>Pinnularia gibba</i> v. <i>parva</i>	1	1	-	-	-	-		
128 <i>Pinnularia gibba</i> v. <i>linearis</i>	3	2	1	-	-	-		0
129 <i>Pinnularia brevicostata</i>	1	1	-	-	-	-		0
130 <i>Pinnularia maior</i>	4	3	-	1	-	-	++	0
131 <i>Pinnularia viridis</i>	53	16	15	15	7	-		0
132 <i>Pinnularia viridis</i> v. <i>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</i> v. <i>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</i> v. <i>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 T A B E L L E 2.3

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

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 mitberücksichtigt, 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, dürften 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
2+								
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
Mittel- wert M1	<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
Mittel- wert M2	<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
Mittel- wert M3	<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								
Einzel- wert M4	<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
Endmit- telwert M1-M4	<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>	

+ 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.	pH	Carb.	Ges.	NH ₄	NO ₃	SiO ₂	Cl	Häufigk.-
Probe		Härte	Härte	mg	mg	mg	mg	stufen
Nr.		DH _O	DH _O					
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-	7,2	3,6	6,8	0,2	20,0	6,8	14,0	Stufe 2
wert M2								
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-	6,7	2,9	6,7	0,2	15,3	7,2	12,6	Stufe 3
wert M3								
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-	6,4	1,5	3,3	0,4	15,0	8,6	12,4	Stufe 4
wert M4								
Endmit-	6,8	2,6	5,6	0,2	16,6	7,5	13,0	
telwert								
M2-M4								

* k.W. = keine Werte

2.3.4 Diskussion

TABELLE 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 ^o	Ges. Härte DH ^o	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 hiemale 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 sigmoidea	7,4	4,2	7,1	0,4	17,2	7,9	15,2
25 Cymatopleura soléa	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 Schrägstrichen

pH-Wert = weiße Säule

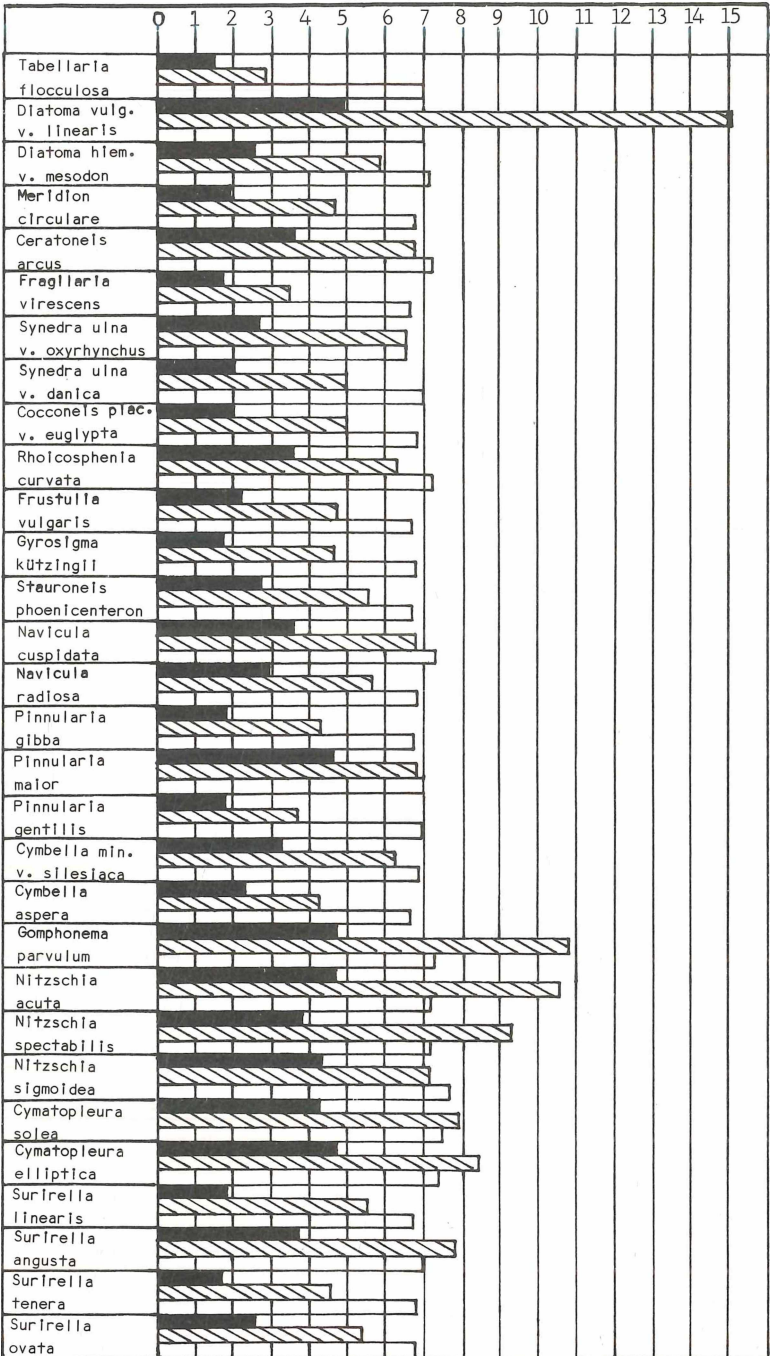


Abb. 2.2: Säulendiagramm für 30 ausgewählte Diatomeen-Arten der Lenne (Tabelle 2.6) schwarz: Carbonathärte in DH°, schraffiert: Gesamthärte in DH°, weiß: pH-Wert.

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

Tabelle 2.6 wurde deswegen ungeordnet 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^o auf 3,1 DH^o. 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. Ges. Härte DH ^o	Härte DH ^o	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	1
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 kützlingii	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	
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	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	
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	

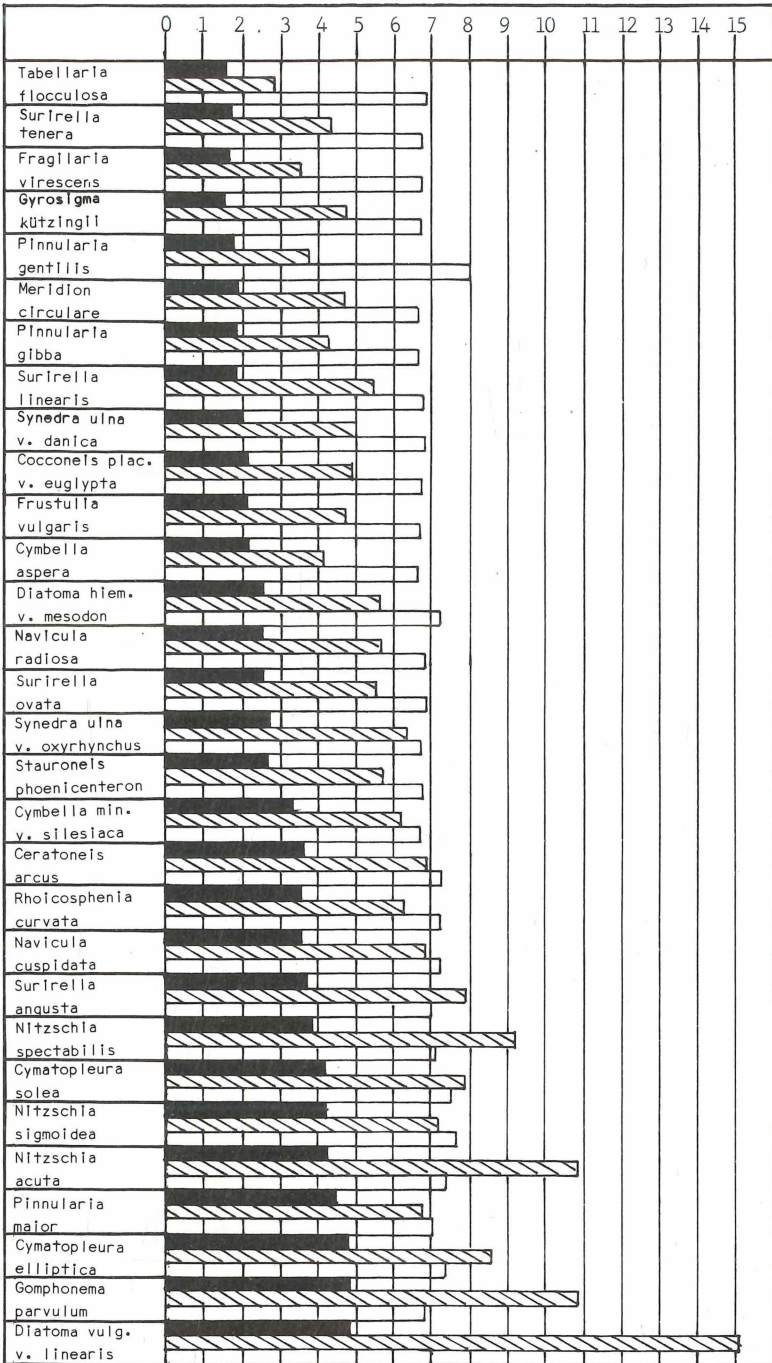


Abb. 2.3: Säulendiagramm für 30 Diatomeen-Arten der Lenne, geordnet nach ansteigenden Werten der Carbonathärte. (Tabelle 2.7)
Legende: s. Abb. 2.2

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_2 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. Ges. 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	1
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	
8 Synedra ulna v. danica	6,9	2,0	5,0	0,5	15,0	7,5	8,4	
12 Gyrosigma kützingeri	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	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	
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	3
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	
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	4
24 Nitzschia sigmoidea	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	
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	5
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 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	6
28 Surirella angusta	7,0	3,7	7,8	0,2	14,8	7,2	19,8	
7 Synedra ul. v. oxyrhynchus	6,4	2,6	6,4	0,8	28,5	7,8	21,2	7
2 Diatoma vulg. v. linearis	7,0	4,9	15,1	10,1	63,0	7,7	22,2	
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. Härte DH	Ges. Härte DH	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
1	<i>Pinnularia gentilis</i>	7,0	1,8	3,7	0,4	10,8	8,6	6,8
	<i>Pinnularia gibba</i>	6,8	1,9	4,2	0,4	11,1	7,8	7,5
1 und 2	<i>Cymbella aspera</i>	6,7	2,1	4,1	0,2	11,6	8,1	5,9
	<i>Cymbella min. v. silesiaca</i>	6,7	3,1	6,2	0,2	13,4	7,0	10,2
2 und 3	<i>Surirella linearis</i>	6,8	1,9	5,5	0,5	14,1	8,6	10,4
	<i>Surirella tenera</i>	6,8	1,6	4,5	0,4	15,5	8,2	12,1
6	<i>Surirella ovata</i>	6,9	2,5	5,4	0,3	23,8	8,4	19,6
	<i>Surirella angusta</i>	7,0	3,7	7,8	0,2	14,8	7,2	19,8
4 und 5	<i>Cymatopleura solea</i>	7,5	4,1	7,9	0,7	20,0	6,7	15,6
	<i>Cymatopleura elliptica</i>	7,3	4,8	8,5	0,7	20,0	8,1	17,5
4 und 5	<i>Navicula cuspidata</i>	7,2	3,6	6,8	0,5	21,1	8,0	16,9
	<i>Navicula radiosa</i>	6,9	2,5	5,7	0,3	10,6	6,6	17,6
7	<i>Nitzschia spectabilis</i>	7,1	3,8	9,2	2,3	48,6	7,9	23,0
	<i>Nitzschia acuta</i>	7,2	4,2	10,9	1,8	44,5	7,6	24,0
7 a abweichend	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	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 Carbonathärten, bei den Gesamthärten, 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) (R u h r 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. Meridion circulare | 5. Rhodocapsa curvata |
| 2. Pinnularia gibba | 6. Surirella angusta |
| 3. Ceratoneis arcus | 7. Cymatopleura solea |
| 4. Surirella linearis | 8. Nitzschia acula |

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°
 NO_3 = bis 1,5 mg/l
 SiO_2 = bis 1,5 mg/l
 Cl^2 = bis 1,5 mg/l

TABELLE 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)

Ruhr (Tabelle 5)						Lenne (Tab. 2.7)					
CI mg	SiO ₂ mg	NO ₃ mg	Ges. Härte DH	Carb. Härte DH	Diatomeen-Art	Carb. Härte DH	Ges. Härte DH	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	CI mg	Abschnitte
12,3	8,3	11,0	<u>3,9</u>	<u>2,4</u>	Tabellaria flocculosa	<u>1,4</u>	<u>2,9</u>	13,5	<u>9,0</u>	<u>10,8</u>	1
18,0	<u>7,9</u>	12,0	6,3	3,9	Surirella tenera	1,6	4,5	15,5	<u>8,2</u>	12,1	
12,3	<u>7,6</u>	9,7	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	Fragilaria virescens	<u>1,7</u>	<u>3,4</u>	13,3	<u>8,4</u>	<u>10,9</u>	
22,5	<u>7,9</u>	23,1	10,7	6,8	Gyrosigma Kütz.	1,7	4,7	14,7	<u>7,3</u>	9,0	
29,0	<u>7,9</u>	<u>11,8</u>	6,5	3,2	Pinnularia gentilis	1,8	3,7	<u>10,8</u>	<u>8,6</u>	6,8	
14,0	5,8	<u>14,3</u>	<u>6,5</u>	3,6	Synedra uln. v. danica	2,0	<u>5,0</u>	<u>15,0</u>	7,5	8,4	2
17,5	<u>7,8</u>	20,0	7,6	4,6	Cocconeis pl. v. euglypta	2,1	5,0	10,0	<u>7,0</u>	15,3	
15,3	<u>8,7</u>	11,7	9,3	5,2	Frustulia vulgaris	2,1	4,7	15,3	<u>7,7</u>	13,2	
14,0	5,3	<u>12,5</u>	8,5	5,2	Cymbella aspera	2,1	4,1	11,6	8,1	5,9	
<u>11,3</u>	<u>7,5</u>	<u>10,0</u>	<u>6,3</u>	4,0	Diatoma hiem. mesodon	2,4	<u>5,8</u>	<u>8,6</u>	<u>6,1</u>	<u>11,3</u>	
<u>17,5</u>	4,1	17,8	8,8	5,5	Navicula radiosa	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	<u>7,3</u>	21,2	<u>7,5</u>	4,0	Synedra ul. v. oxyrhynch.	2,6	<u>6,4</u>	28,5	<u>7,8</u>	21,0	
11,2	<u>7,2</u>	14,6	<u>6,5</u>	3,7	Stauroneis phoenicenteron	2,6	<u>5,6</u>	16,6	<u>7,5</u>	13,0	
36,0	8,2	18,0	9,5	5,5	Cymbella min. v. silesiac	3,1	6,2	13,4	<u>7,0</u>	10,2	3
21,0	<u>7,6</u>	18,1	<u>8,3</u>	5,2	Navicula cuspidata	3,6	<u>6,8</u>	21,1	8,0	16,9	
29,0	<u>7,6</u>	25,5	<u>9,1</u>	5,6	Nitzschia spectabilis	3,8	<u>9,2</u>	48,6	<u>7,9</u>	23,0	
16,3	6,6	20,0	<u>7,9</u>	4,7	Nitzschia sigmoidea	<u>4,2</u>	<u>7,1</u>	17,2	<u>7,9</u>	15,2	4
18,0	5,8	17,0	<u>7,9</u>	<u>5,0</u>	Pinnularia maior	<u>4,5</u>	<u>6,8</u>	14,9	6,6	15,6	
26,0	<u>7,2</u>	15,6	<u>7,7</u>	<u>4,8</u>	Cymatopleura elliptica	<u>4,8</u>	<u>8,5</u>	20,0	<u>8,1</u>	17,5	
65,0	<u>8,7</u>	49,0	<u>12,4</u>	6,5	Gomphonema parvulum	4,8	<u>10,9</u>	22,0	<u>7,3</u>	26,7	
13,7	<u>7,6</u>	17,1	6,7	<u>4,0</u>	Diatoma vulg. v. linearis	<u>4,9</u>	15,1	63,0	<u>7,7</u>	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^o höher gegenüber der Lenne. Bei der Diatomeen-Art Cymatopleura elliptica ist mit 4,8 DH^o in beiden Flüssen Übereinstimmung vorhanden. Bei 10 Diatomeen-Arten der Ruhr sind die Carbonathärte-Werte höher als die der Lenne mit 4,9 DH^o.
- 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 CI = 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).

TABELLE 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 hiemale</i> v. <i>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 vulgare</i> v. <i>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 sigmaidea</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 *Synedra 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 hiemale* 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

CI-Vergleichstabelle zwischen L e n n e und R u h r
(nach steigenden CI-Werten der Lenne geordnet)

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

Aus Abschnitt 2, Tabelle 2.12, Übereinstimmungen unterstrichen

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

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 CI = 16,9 mg und Navicula radiosa CI = 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 Flußläufen 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 Gesamtließgewässergebiet 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_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
<i>Diatoma hiemale</i> v. <i>mesodon</i>	Cl-Werte	11,3 mg	11,3 mg
	Gesamthärte	6,3 DH	5,8 DH
<i>Pinnularia maior</i>	Gesamthärte	6,9 DH	6,8 DH
	Carbonathärte	3,9 DH	4,5 DH
<i>Navicula radiosa</i>	Cl-Werte	17,5 mg	17,6 mg
<i>Cymatopleura elliptica</i>	Carbonathärte	4,8 DH	4,8 DH
	Gesamthärte	7,7 DH	8,5 DH

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	Ges. Härte DH	NH ⁴ mg	NO ³ mg	SiO ² mg	Cl mg
<i>Surirella tenera</i>	6,8	1,6	4,5	0,4	15,5	8,2	12,1
<i>Surirella linearis</i>	6,8	1,9	5,5	0,5	14,1	8,6	10,4
<i>Surirella ovata</i>	6,9	2,5	5,4	0,3	23,8	8,4	19,6
<i>Pinnularia gentilis</i>	7,0	1,8	3,7	0,4	10,8	8,6	6,8
<i>Pinnularia gibba</i>	6,8	1,9	4,2	0,4	11,1	7,8	7,5
<i>Synedra ulna</i> var. <i>danica</i>	6,9	2,0	5,0	0,5	15,0	7,5	8,4
<i>Synedra ul.</i> var. <i>oxyrhynchus</i>	6,4	2,6	6,4	0,8	28,5	7,8	21,0
<i>Cymatopleura solea</i>	7,5	4,1	7,9	0,7	20,0	6,7	15,6
<i>Cymatopleura elliptica</i>	7,3	4,8	8,5	0,7	20,0	8,1	17,5
<i>Navicula radiosa</i>	6,9	2,5	5,7	0,3	10,6	6,6	17,6
<i>Navicula cuspidata</i>	7,0	3,6	6,8	0,5	21,1	8,0	16,9
<i>Nitzschia spectabilis</i>	7,1	3,8	9,2	2,3	48,6	7,9	23,0
<i>Nitzschia acuta</i>	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 Carbonathärten, mittelhohe Gesamthärten, NO₃ und SiO₂ in höherer Konzentration und Cl in schwacher Konzentration vorhanden sind, dagegen sind bei den *Nitzschien* hohe Carbonathärten, 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.

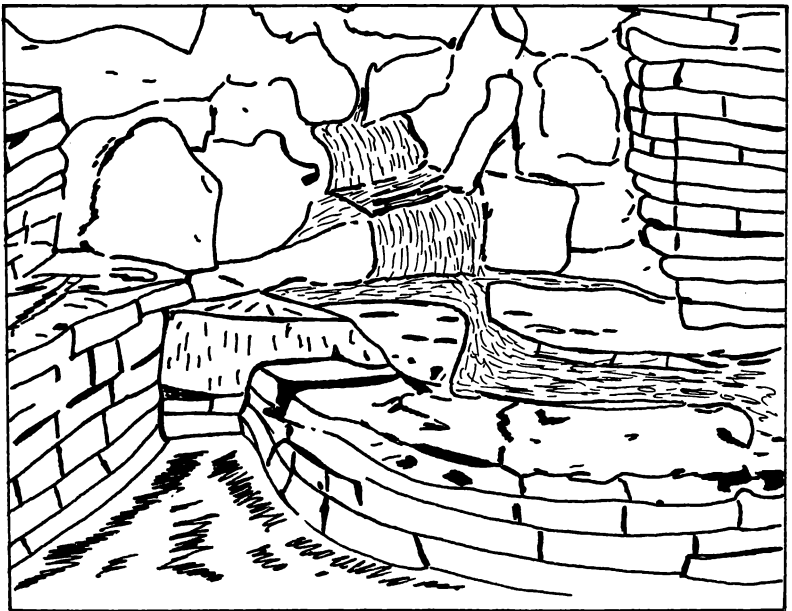


Abb. 3.1: Volme – Quelle

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 eingezeichneten 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.

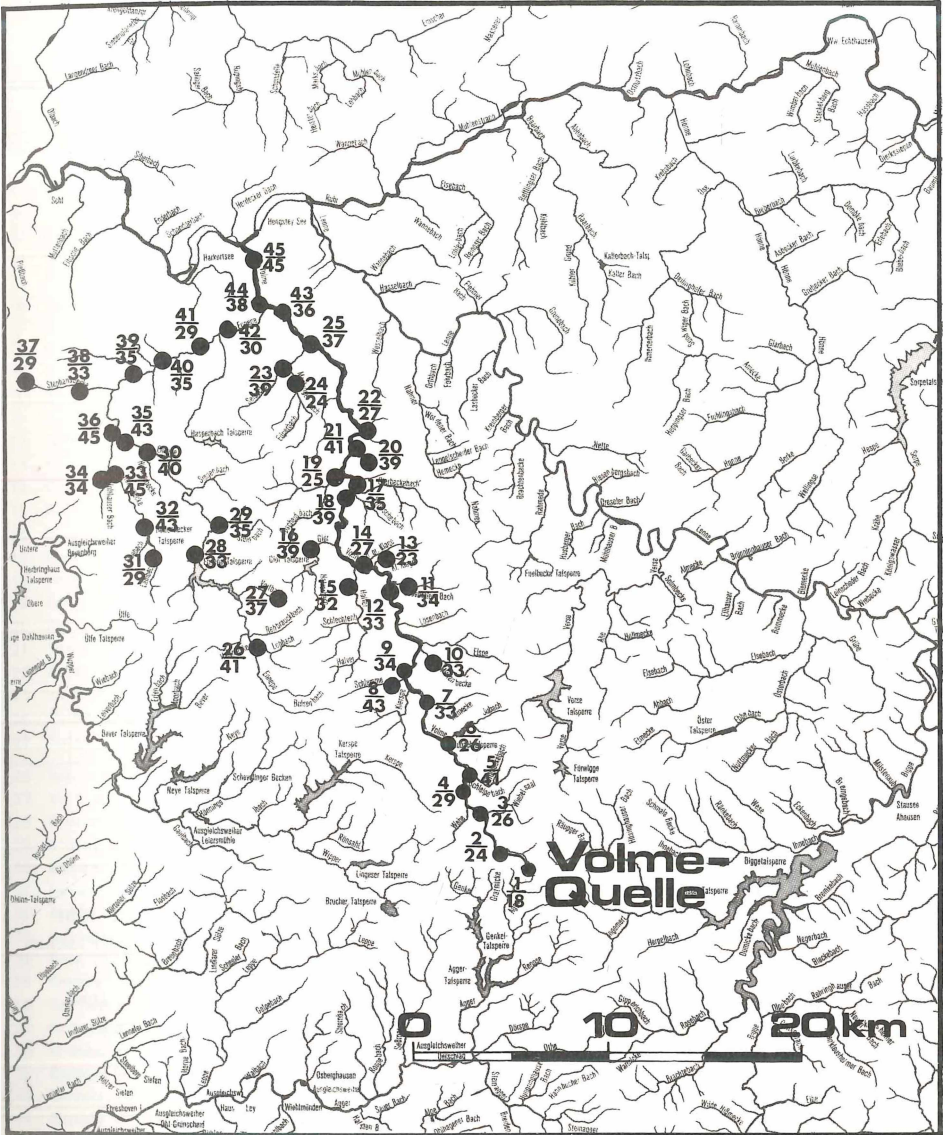


Abb. 3.2: Fließgewässerkarte der Volme mit den Entnahmepunkten. Legende: wie Abb. 2.1

Die obere Zahl neben den Punkten ist die Probennummer, die untere beziffert 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 Analystechnik Hildesheim" durchgeführt (KLUT-OLSZEWSKI 1945, CZENSNY 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

TABELLE 3.1

Aufstellung der aus der Volme entnommenen Proben und ihre wasserchemischen Analysenwerte

Pr. Entnahmestelle Nr.	Diat. Art. je Pr.	+ = //	pH	Carb. Härt. DH°	Ges. Härt. DH°	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	1
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. Mintebecke	33	*	7,8	4,0	6,5	0,0	3,5	2,0	0,0	9,0	
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. Einfl. Volme	23	*	6,9	1,5	5,0	0,0	10,0	2,0	kW	8,0	
14 Gr. Klagebach v. Einfl. 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-Dresel	35	*	7,3	1,6	4,3	0,0	18,0	2,0	1,0	25,0	
18 Volme b. Rummenohl	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	2
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	40,0	4,0	0,3	15,0	
34 Bach Holthäuser Hammer	34	*	7,0	1,4	5,0	0,2	30,0	4,0	0,3	25,0	
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	30,0	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 unterh. 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 Wehrings.-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	3
44 Volme u. Ennepe, Eisenbahnbr. Hag.	38	//	7,6	3,5	7,5	0,1	30,0	2,0	1,0	60,0	
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

Zul. = 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 - überleben 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 genauester 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 gleichartig 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 DH⁰, 37 = 6,5 DH⁰ und 38 = 6,2 DH⁰ relativ niedrig. Ebenso weisen die Gesamthärte-Werte keine beachtenswerten Schwankungen auf bis auf die Proben 37 und 38, deren Gesamthärte mit 9,5 DH⁰ 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

TABELLE 3.2

Diatomeen - Arten der Voime

(zwischen Quellgebiet und Hengstey-See)

Diatomeen-Art Systematische Ordnung nach HUSTEDT 1930	Gef. in Anz. Prob.	Häufigkeitsstufen 1 2 3 4 5	++ ausgewertet zur Mittelwert- berechnung	Foto
Melosira granulata	2	1 1 - - -	++	0
Melosira islandica	15	7 5 1 1 1		
Melosira italica	40	5 16 7 10 2		
Melosira fennoscandica n. sp.	1	1 - - - -		
Stephanodiscus astraea	1	1 - - - -		
Actinoptychus undulatus	1	1 - - - -		
Coscinodiscus antiquus	2	1 1 - - -		
Coscinodiscus radiatus	1	1 - - - -		0
Tabellaria fenestrata	4	4 - - - -	++	0
Tabellaria flocculosa	9	8 1 - - -		0
Diatoma vulgare	3	2 1 - - -		0
Diatoma vulgare v. ovalis	1	1 - - - -		
Diatoma vulgare v. brevis	1	1 - - - -		
Diatoma vulgare v. producta	2	2 - - - -		0
Diatoma vulgare v. capitulata	5	5 - - - -		
Diatoma vulgare v. linearis	2	2 - - - -		0
Diatoma vulgare v. grandis	5	5 - - - -		0
Diatoma elongatum	8	4 2 - 2 -		
Diatoma hiemale	1	1 - - - -		0
Diatoma hiemale v. mesodon	4	3 1 - - -		0
Meridion circulare	38	20 13 5 - -	++	0
Opephora martyi	6	4 2 - - -		
Ceratoneis arcus v. amphioxys	2	2 - - - -		0
Fragilaria crotonensis	7	4 2 1 - -		0
Fragilaria capucina	2	1 1 - - -		0
Fragilaria capucina v. lanceolata	1	1 - - - -		
Fragilaria intermedia	1	1 - - - -		
Fragilaria gracillima	1	1 - - - -		
Fragilaria construens	25	14 10 1 - -		
Fragilaria virescens	28	18 10 - - -		0
Fragilaria virescens v. elliptica	2	2 - - - -		++
Fragilaria brevistriata	1	1 - - - -		
Asterionella formosa	2	2 - - - -	++	
Asterionella gracillima	17	5 6 3 3 -		
Synedra ulna	42	1 8 14 15 4	++	0
Synedra ulna v. oxyrhynchus	40	3 17 10 8 2		0
Synedra ulna v. impressa	5	3 2 - - -		0
Synedra ulna v. biceps	20	7 9 3 1 -	++	
Synedra ulna v. amphirhynchus	29	8 11 10 - -		
Synedra ulna v. danica	1	1 - - - -		0
Synedra capitata	1	1 - - - -		
Synedra acus	23	10 11 1 1 -		0
Synedra acus v. radians	11	4 4 1 1 1		
Synedra acus v. angustissima	1	1 - - - -		
Synedra rumpens	18	6 9 2 1 -		
Synedra rumpens v. fragilarioides	2	1 1 - - -		
Synedra minuscula	1	1 - - - -		
Synedra nana	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</i> v. <i>fasciculata</i>	7	5 2 - - -		
<i>Synedra tubulata</i>	1	1 - - - -		
<i>Synedra pulchella</i> v. <i>minuta</i>	1	1 - - - -		
<i>Eunotia robusta</i> v. <i>tetraodon</i>	1	1 - - - -		
<i>Eunotia praeurupta</i>	1	1 - - - -		0
<i>Eunotia praeurupta</i> v. <i>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</i> v. <i>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</i> v. <i>maior</i> fo. <i>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</i> v. <i>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 fragilarioides</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</i> v. <i>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 kützingeri</i>	13	7 6 - - -	++	0
<i>Caloneis amphisbaena</i>	2	2 - - - -		0
<i>Caloneis silicula</i>	10	10 - - - -		0
<i>Neidium affine</i>	2	2 - - - -		0
<i>Neidium affine</i> v. <i>amphigomphus</i>	2	2 - - - -		
<i>Neidium iridis</i>	7	7 - - - -		0
<i>Neidium kozłowi</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</i> fo. <i>gracilis</i>	1	1 - - - -		
<i>Stauroneis anceps</i> fo. <i>linearis</i>	3	2 1 - - -		
<i>Stauroneis acuta</i>	2	1 1 - - -		0
<i>Navicula cuspidata</i>	21	12 6 3 - -	++	
<i>Navicula cuspidata</i> v. <i>ambigua</i>	6	4 2 - - -		
<i>Navicula cuspidata</i> v. <i>heribaudi</i>	1	1 - - - -		
<i>Navicula halophylla</i>	1	- 1 - - -		
<i>Navicula mutica</i> v. <i>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</i> v. <i>capitata</i>	2	2 - - - -		0

Fortsetzung Tabelle 3.2

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

Fortsetzung Tabelle 3.2

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

Synedra ulna	Vorkommen in 42 Proben
Achnanthes lanceolata	Vorkommen in 42 Proben
Navicula viridula	Vorkommen in 41 Proben
Nitzschia linearis	Vorkommen in 44 Proben
Nitzschia hantzschiana	Vorkommen in 37 Proben
Cymatopleura solea	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 _O	Ges.-Härte DH _O	NH ₄ mg	NO ₃ mg	SiO ₂ mg	Cl mg
Stauroneis phoenicenteron	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.

TABELLE 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	Melosira italica	7,4	2,9	5,9	0,3	37,0	2,5	0,4	29,7
2	Tabellaria flocculosa	7,1	3,6	6,4	0,1	37,5	1,8	2,7	45,0
3	Diatoma hiemale v. mesodon	7,1	1,9	3,7	1,1	9,6	1,6	0,3	9,7
4	Meridion circulare	7,3	2,7	5,8	1,2	32,2	2,8	0,8	24,0
5	Fragilaria virescens	7,2	2,4	5,5	1,1	27,3	3,1	0,6	39,8
6	Asterionella gracilima	7,3	1,7	4,7	0,0	46,6	2,0	0,3	22,7
7	Synedra ulna v. oxyrhynchus	7,5	3,2	5,6	1,7	46,4	2,1	1,4	40,2
8	Synedra acus v. radians	7,3	1,7	4,4	0,0	24,0	2,2	0,2	22,0
9	Cocconeis pediculus	7,4	2,4	5,5	0,7	25,3	2,7	1,2	27,6
10	Cocconeis plac. v. euglypta	7,4	2,6	6,0	0,7	18,9	4,2	0,6	23,3
11	Frustulia rhomboides	7,2	1,9	4,7	1,2	25,7	2,7	0,4	30,5
12	Gyrosigma acuminatum	7,3	2,4	6,1	1,2	43,5	5,4	0,5	35,9
13	Gyrosigma kützingii	7,3	2,3	5,2	0,2	18,5	4,5	0,2	24,6
14	Stauroneis phoenicenteron	7,3	2,5	5,4	1,6	<u>53,9</u>	3,0	1,3	<u>29,3</u>
15	Navicula cuspidata	7,5	4,5	6,0	0,5	40,3	2,3	1,2	35,4
16	Navicula radiosa	7,3	2,6	5,7	1,2	21,3	2,6	0,4	19,0
17	Pinnularia borealis	7,4	3,1	6,6	7,3	17,5	3,6	0,6	43,0
18	Pinnularia maior	7,3	2,4	5,3	1,1	34,6	4,6	1,2	25,4
19	Pinnularia gentilis	7,5	2,6	5,5	0,0	22,5	2,9	0,2	20,4
20	Cymbella min. v. silesiaca	7,4	3,1	5,9	0,3	20,4	2,3	0,1	19,5
21	Gomphonema parvulum	7,2	3,3	6,1	2,1	41,7	3,1	1,4	35,6
22	Hantzschia amph. v. capit.	7,4	2,2	5,6	0,2	22,1	4,1	0,4	32,0
23	Nitzschia recta	7,4	3,2	6,3	1,8	38,7	3,2	1,8	38,2
24	Nitzschia acula	7,4	2,6	5,8	3,1	76,6	2,3	1,2	35,3
25	Nitzschia spectabilis	7,4	2,9	6,2	0,8	36,6	2,5	1,0	24,4
26	Cymatopleura elliptica	7,4	2,8	6,6	0,0	15,4	6,5	0,1	29,0
27	Surirella biseriata	7,3	2,0	4,8	0,1	44,8	2,5	0,2	15,6
28	Surirella linearis	7,3	2,4	5,2	1,2	36,5	5,0	0,3	24,0
29	Surirella tenera	7,4	2,2	5,5	0,0	45,2	6,5	0,3	24,1
30	Surirella ovata	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).

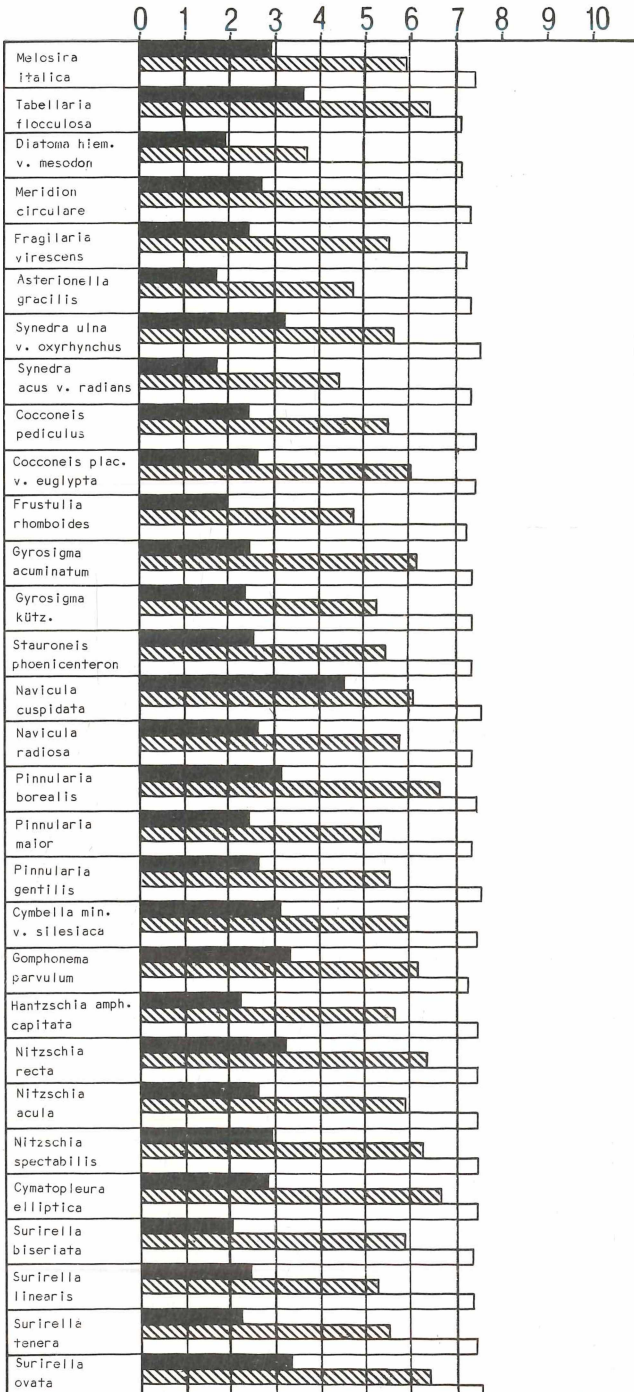


Abb. 3.3: Säulendiagramm für 30 ausgewählte Diatomeen-Arten der Volme. (Tabelle 3.3) Legende: wie Abb. 2.2

TABELLE 3.4

Auswertung Volme

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

Diatomeen-Art	Carb. Härte DH ^o	Ges. Härte DH ^o	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	1
Synedra acus v. varians	1,7	4,4	0,0	24,0	2,2	0,2	22,0	
Diatoma hiemale 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	2
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	
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 maior	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	3
Cocconeis plac. v. euglypta	2,6	6,0	0,7	18,9	4,2	0,6	23,3	
Navicula radiosa	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	
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	4
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	
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	5
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	5
Navicula cuspidata	4,5	6,0	0,5	40,3	2,3	1,2	35,4	

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^o bis 4,5 DH^o, jedoch hauptsächlich zwischen 2,2 - 3,3 DH^o liegend. Die Gesamthärte ist ebenfalls relativ einheitlich, die Werte liegen im Mittel zwischen 4,5 und 6,6 DH^o.

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 Zahlentab. 3.4 weist eine große Schwankungsbreite für NO₃ von 9,6 mg - 76,6 mg und Cl von 9,7 mg - 45,0 mg auf.

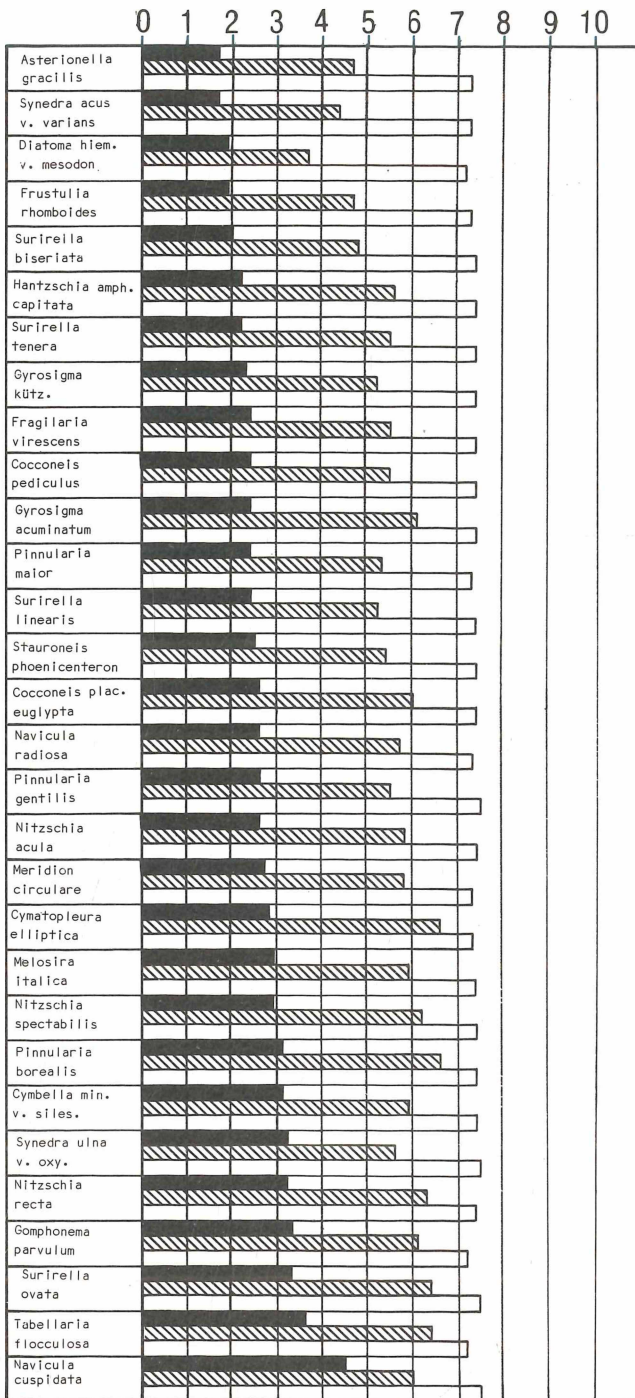


Abb. 3.4 Säulendiagramm für 30 ausgewählte Diatomeen-Arten der Volme, geordnet nach ansteigenden Werten der Carbonathärte. (Tabelle 3.4) Legende wie Abb. 2.2

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° , Gesamthärte - DH° , NH_4 mg, NO_3 mg, SiO_2 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. Ges. Härte DH° Härte DH°	NH_4 mg	NO_3 mg	SiO_2 mg	P_2O_5 mg	Abschnitte
Diatoma hiemale v. mesodon	9,7	1,9 3,7	1,1	9,6	1,6	0,3	1
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	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 kützingeri	24,6	2,3 5,2	0,2	18,5	4,5	0,2	3
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	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	5
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	6
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:

TABELLE 3.6

Diatomeen-Art	im Ab- schnitt	Cl mg	Carb. Ges. Härte _{CO₃} Härte _{OH}	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 übergroß, 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 radiosa und Nitzschia spectabilis zeigen bei Chlorid-, Carbonathärte-Werten, und Navicula radiosa 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)

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

L e n n e

V o l m e

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

	<u>V o l m e</u>		<u>L e n n e</u>	
	Carb.-	Ges.-	Carb.-	Ges.-
	Härte	Härte	Härte	Härte
	Werte	Werte	Werte	Werte
	DH _O	DH _O	DH _O	DH _O
Gyrosigma kützingii	2,3	5,2	1,7	4,7
Cocc. pl. v. eugl.	2,6	6,0	2,1	5,0
Cymb. min. v. sile.	3,1	5,9	3,1	6,2
Frustulia rhomb.	1,9	4,7	2,1	4,7
Meridion circulare	2,7	5,8	1,9	4,6
Surirella linearis	2,4	5,2	1,9	5,5
Navicula cuspidata	4,5	6,0	3,6	6,8
Surirella tenera	2,2	5,5	1,6	4,5
Syn. ul. v. oxy.	3,2	5,6	2,6	6,4
Staur. phoenic.	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 Gesamtließgewässerstrecke von ca. 150 km. Sie mündet in den Hengstey-See und wurde auf pH-Werte, Carbonat- und Gesamthärte, NH_4 , NO_3 , SiO_2 , P_2O_5 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 Ruhr und der Lenne (Tabelle 3.7 und Abbildung 3.3), die Ergebnismwerte 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 $\text{P} \begin{smallmatrix} 0 \\ 2 \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} 5 \\ 5 \end{smallmatrix}$ -Werten
<hr/>	
2 Cocconeis-Arten	in Carbonathärte-Werten
2 Cocconeis-Arten	in Gesamthärte-Werten
2 Cocconeis-Arten	in NH_4^- -Werten
<hr/>	
3 Pinnularia-Arten	in Carbonathärte-Werten
3 Pinnularia-Arten	in Gesamthärte-Werten
<hr/>	
3 Nitzschia-Arten	in Carbonathärte-Werten
3 Nitzschia-Arten	in Gesamthärte-Werten
3 Nitzschia-Arten	in $\text{P} \begin{smallmatrix} 2 \\ 2 \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} 5 \\ 5 \end{smallmatrix}$ -Werten
2 Nitzschia-Arten	in NH_4^- -Werten
3 Nitzschia-Arten	in SiO_2 -Werten
<hr/>	

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 Wassergüteklasse

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)

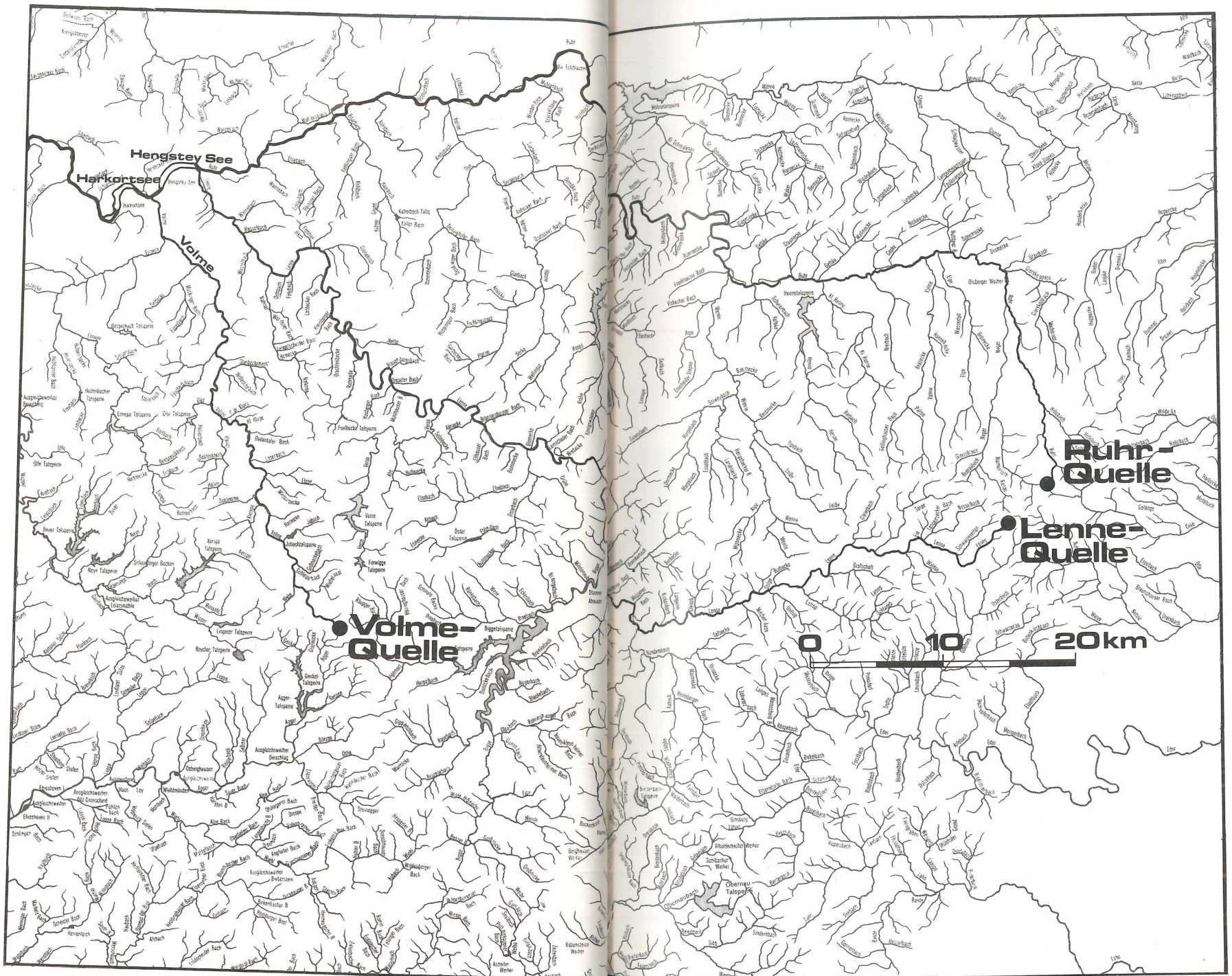


Abb. 4.1: Übersichtskarte des Großbiotops Sauerland mit den Fließgewässern Ruhr, Lenne und Volme.

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°
- die Gesamthärten in DH°
- die Nitrate 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° 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 Carbonathärten im Vergleich von Ruhr, Lenne und Volme ist erkennbar, daß:

Carbonathärten

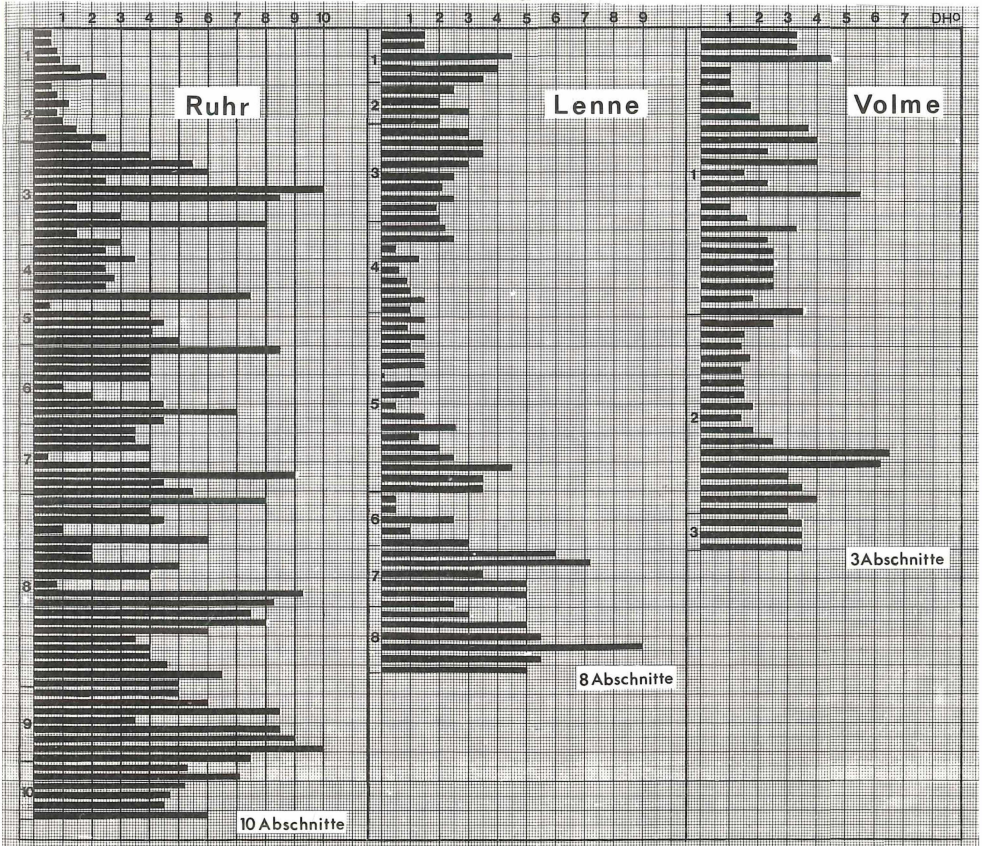


Abb. 4.2: Säulendiagramme mit Carbonathärten für Ruhr, Lenne und Volme.

- 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 DH° 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 DH° 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 DH° .

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 DH° . 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.

Gesamthärten

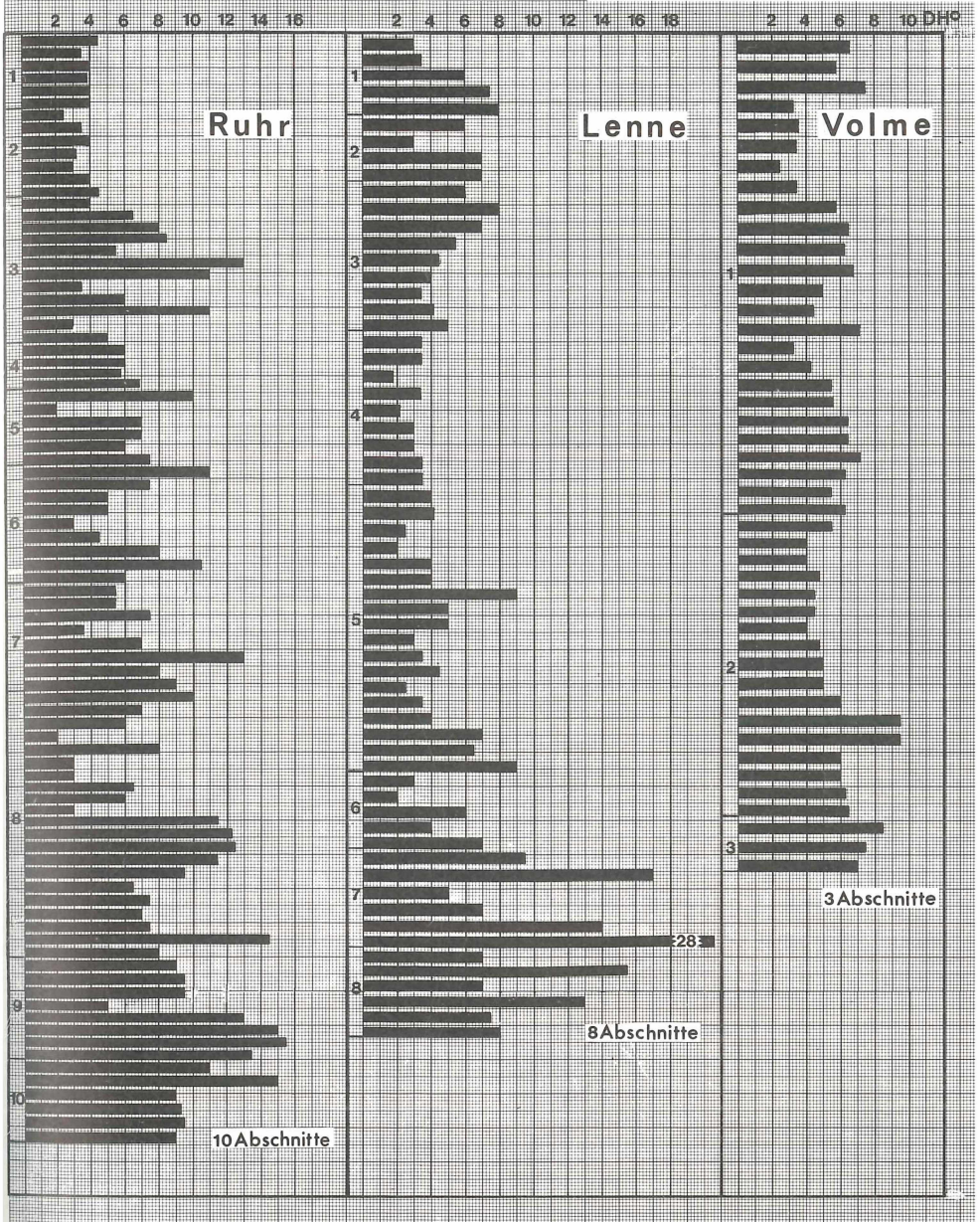


Abb. 4.3: Säulendiagramme mit Gesamthärten für Ruhr, Lenne und Volme.

In den Oberläufen sind die Analyseergebnisse 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 Gesamthärten 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 Elbe 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 erklärbar 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.

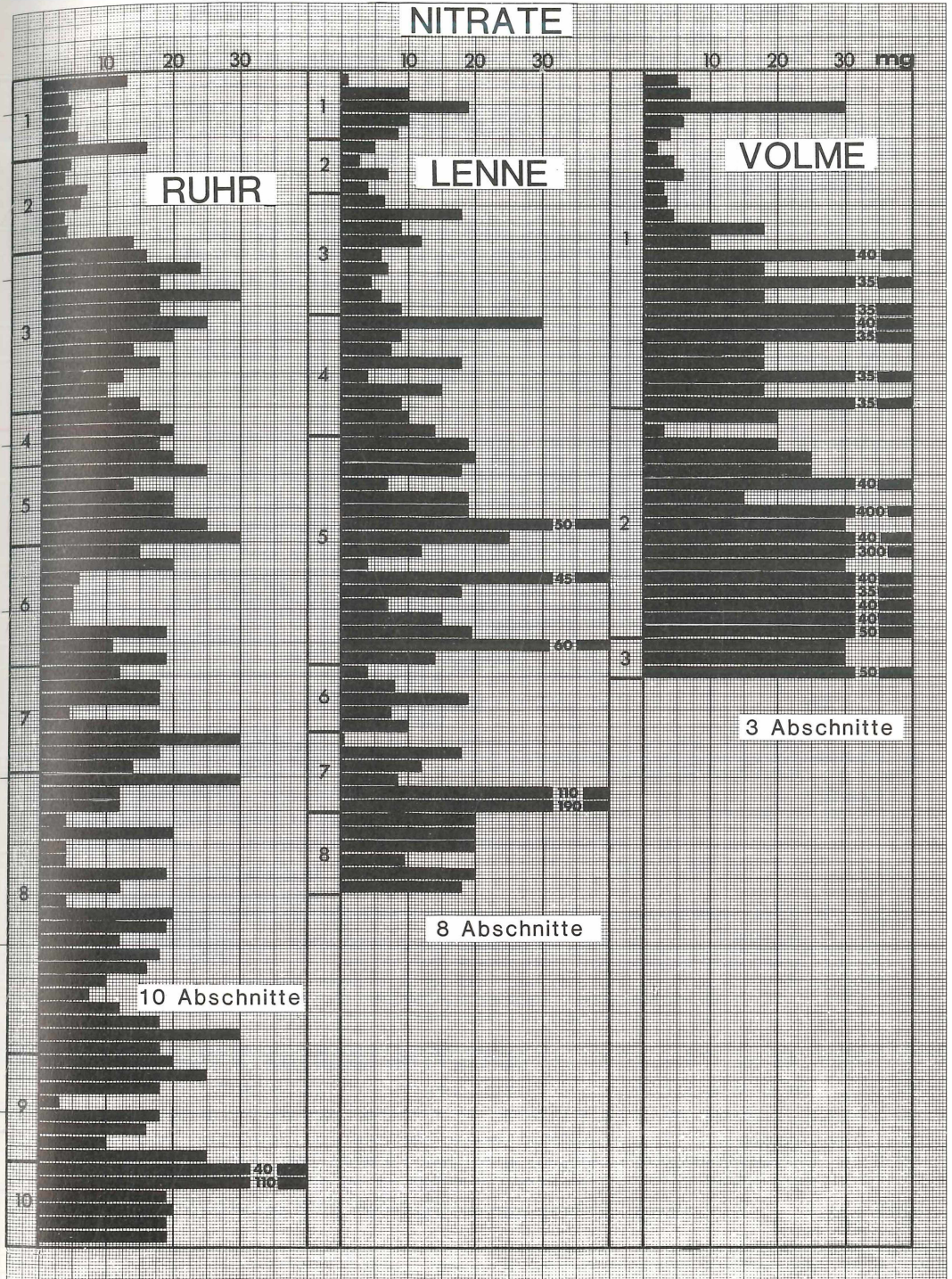


Abb. 4.4: Säulendiagramme mit Nitrat-Werten für Ruhr, Lenne und Volme.

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) in den Niedrigwerten 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 Mittelläufen 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.

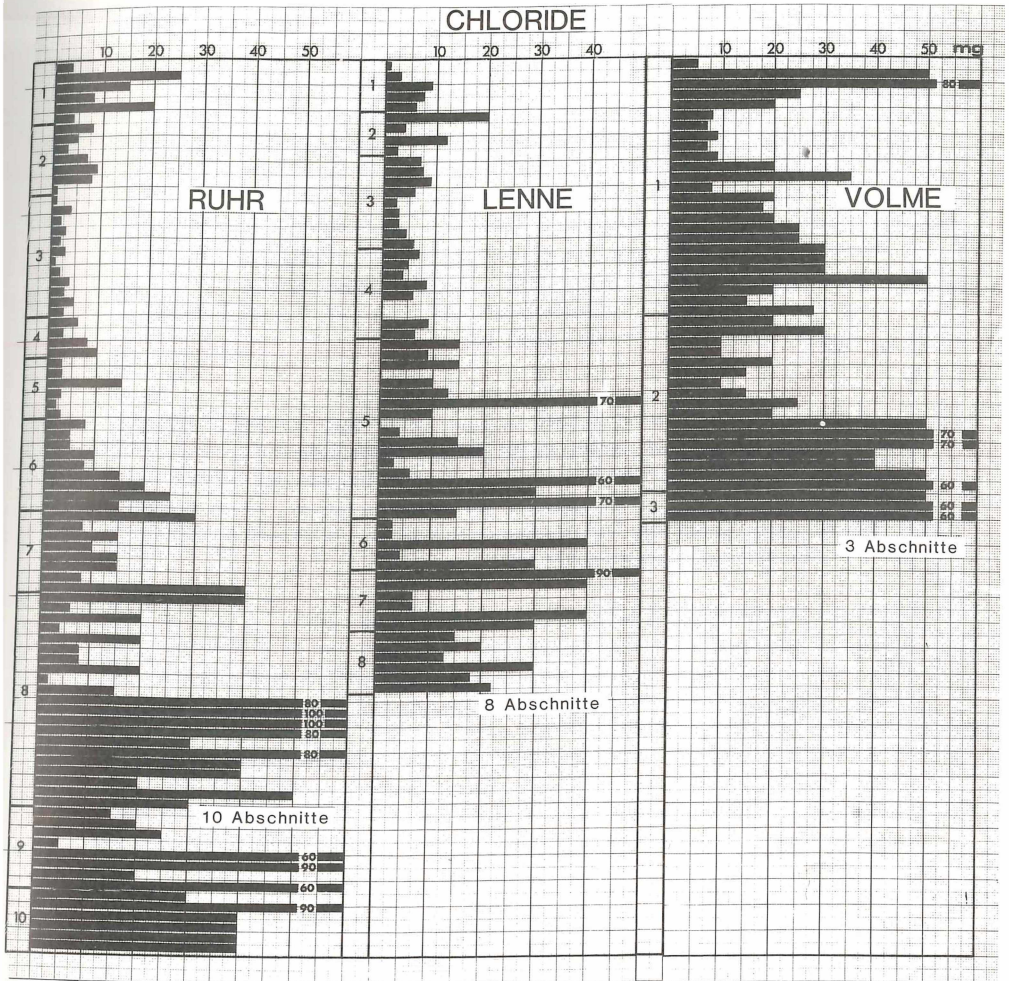


Abb. 4.5: Säulendiagramme mit Chlorid-Werten für Ruhr, Lenne und Volme.

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 - gesteinsbildend seit der oberen Kreide - bekannt. In die einzelligen autotrophen Algen ist in die Zellenmembran 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 Gesamthärten, NO_3 , SiO_2 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).

<u>Toleranzgrenzen für "Näherungswerte":</u>	
(gelten für alle weiteren Tabellen)	
Carbonathärte	= bis 1,0 DH°
Gesamthärte	= bis 1,5 DH°
NO_3	= bis 1,5 mg
SiO_2	= bis 1,5 mg
Cl	= bis 1,5 mg

Mittelwert-Vergleichstabelle von 22 gleichen Diatomeen-Arten aus den Flüssen Ruhr, Lenne und Volme

nach steigenden Carbonathärte-Werten der Lenne geordnet
(Einteilung in Abschnitte vergleiche Lenne Tabelle 2.10)

R u h r

L e n n e

V o l m e

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

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	Ruhr					Lenne					Volme					Abschn.
	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	
<i>Tabellaria floccul.</i>	2,4	3,9	-	8,3	12,3	1,4	2,9	-	9,0	10,8	-	-	-	-	-	1
<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	-	-	-	
<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</i> v. dan.	-	6,5	14,3	-	-	-	5,0	15,0	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Cocc. pl.</i> v. eug.	-	-	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	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Diatoma hlem.</i> v. meso	-	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	3
<i>Surirella ovata</i>	-	-	-	8,6	-	2,5	5,4	23,8	8,4	-	3,3	6,4	24,5	-	-	
<i>Syn. ul.</i> v. oxyr.	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.</i> v. sil.	-	-	-	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	-	-	-	4
<i>Nitzschia spectabilis</i>	-	9,1	-	7,6	-	3,8	9,2	-	7,9	23,0	2,9	-	-	-	24,4	
<i>Nitzschia sigmaidea</i>	4,7	7,9	-	6,6	16,3	4,2	7,1	-	7,9	15,2	-	-	-	-	-	
<i>Pinnularia maior</i>	5,0	7,9	-	5,8	-	4,5	6,8	-	6,6	-	-	5,3	-	4,6	-	
<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>Graphonema parvulum</i>	-	12,4	-	8,7	-	-	10,9	-	7,3	-	-	-	-	-	-	5
<i>Diat. vulg.</i> v. lin.	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 waagrecht 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 ^o	Ges.-Härte DH ^o	SiO ₂ mg	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			
Navicula radiosa				17,5 - 19,0
Synedra ulna var. oxys	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 ^o	Ges.-Härte DH ^o	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 sigmoidea	4,2 - 4,7	7,1 - 7,9	-	6,6 - 7,9	15,2 - 16,3

TABELLE 4.3

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

Diatomeen-Art	Ruhr und			Lenne und			Volme			Toler.-Übereinstimmungen für Diatomeen-Arten 3-fach 2-fach	Abschn.
	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				4 x 2	1	
Surirella tenera	1,6 - 2,2	4,5 - 6,3	-	6,5 - 8,2	-			2 x 3	1 x 2		
Fragilaria virescens	1,7 - 2,5	3,4 - 5,5	-	7,6 - 8,4	10,9 - 12,3			2 x 3	2 x 2		
Gyrosigma kützingii	1,7 - 2,3	4,7 - 5,2	-	7,3 - 7,9	-				3 x 2		
Pinnularia gentilis	1,8 - 3,2	-	10,8 - 11,8	7,9 - 8,6	-			1 x 3	2 x 2		
Synedra ulna v. danica	-	5,0 - 6,5	14,3 - 15,0	-	-				2 x 2	2	
Cocconeis plac. v. eugl.	2,1 - 2,6	5,0 - 6,0	18,9 - 20,0	7,0 - 7,8	-				4 x 2		
Frustulia vulgaris	1,9 - 2,1	4,7	-	7,7 - 8,7	-				3 x 2		
Cymbella aspera	-	-	11,6 - 12,5	-	-				1 x 2		
Diatoma hiem. v. mesodon	1,9 - 2,4	5,8 - 6,3	8,6 - 10,0	6,1 - 7,5	11,3				5 x 2		
Navicula radiosa	2,5 - 2,6	5,7	-	2,6 - 4,1	17,5 - 19,0			1 x 3	3 x 2		
Surirella ovata	2,5 - 3,3	5,4 - 6,4	23,8 - 24,5	8,4 - 8,6	-				4 x 2		
Synedra ulna v. oxyr.	2,6 - 4,0	5,0 - 7,5	-	7,3 - 7,8	-			2 x 3	1 x 2		
Stauroneis phoenic.	2,5 - 2,6	5,4 - 6,5	-	7,2 - 7,5	-			1 x 3	2 x 2	3	
Cymbella min. v. sil.	3,1	5,9 - 6,2	-	7,0 - 8,2	-				3 x 2		
Navicula cuspidata	3,6 - 5,2	6,0 - 8,3	-	7,6 - 8,0	-			2 x 3	1 x 2		
Nitzschia spectabilis	2,9 - 3,8	9,1 - 9,2	-	7,6 - 7,9	23,0 - 24,4				4 x 2	4	
Nitzschia sigmaidea	4,2 - 4,7	7,1 - 7,9	-	6,6 - 7,9	15,2 - 16,3				4 x 2		
Pinnularia maior	4,5 - 5,0	5,3 - 7,9	-	4,6 - 6,6	-			2 x 3	1 x 2		
Cymatopleura elliptica	4,8	6,6 - 8,5	15,4 - 15,6	6,5 - 8,1	-			2 x 3	2 x 2		
Gomphonema parvulum	-	10,9 - 12,4	-	7,3 - 8,7	-				2 x 2		
Diatoma vulg. v. lin.	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 umfangreicheren Auswertung der untersuchten Proben aller 3 Flüsse. Aus umfangreicheren neuen Mittelwertberechnungen wurden Proben mit außergewöhnlichen Werten der chemischen Parameter, die auf Abwasserbelastungen hinweisen (in Carbonat- und Gesamthärten, NH₄, NO₃, SiO₂ und Cl), ausgeschaltet.

Die umfangreicheren 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>
Stephanodiscus astraea	8
Coscinodiscus roth. v. subsalsa	10
Diatoma hiemale	19
Synedra ulna v. impressa	10
Pinnularia borealis	9
Nitzschia gracilis	18

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

TABELLE 4.4

Zusammenstellung aller Diatomeen-Arten,
die in der Ruhr, Lenne und Volme gefunden wurden

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

Fortsetzung Tabelle 4.4

Diatomeen-Art Systematische Ordnung nach HUSTEDT 1930	Ruhr Gef. in Prob.	Lenne Gef. in Prob.	Volme 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	0
<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>fragilarioides</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	-- --	-- --		
<i>Synedra vaucheriae</i> v. <i>truncata</i>	-- --	++ 3	-- --		0
<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 Gef. In Prob.	Lenne Gef. In Prob.	Volme Gef. In Prob.	Diat.-Arten aus Ruhr, Lenne und Volme (über 20)
Achnanthes lanceolata v. minor?	++ 1	-- --	-- --	
Achnanthes lanceol. v. capitata	++ 3	-- --	-- --	
Achnanthes lanceolata v. elliptica	-- --	++ 1	-- --	
Achnanthes lanceolata v. lutheri	++ 2	-- --	-- --	
Achnanthes fragilarioides	-- --	-- --	++ 1	
Rhoicosphenia curvata	++ 17	++ 16	++ 12	45
Amphipleura pellucida	++ 5	++ 1	++ 3	
Frustulia rhomboides	++ 7	++ 3	++ 18	28
Frustulia vulgaris	++ 11	++ 17	-- --	
Frustulia vulgaris var. capitata	-- --	++ 1	++ 5	
Gyrosigma acuminatum	++ 32	++ 3	++ 18	53
Gyrosigma kützingii	++ 35	++ 5	++ 13	53
Gyrosigma attenuatum	++ 1	-- --	++ 9	
Gyrosigma spencerii	++ 2	-- --	-- --	
Caloneis amphisbaena	++ 3	-- --	++ 2	
Caloneis bacillum	++ 1	-- --	-- --	
Caloneis sillicula	++ 7	++ 2	++ 10	
Caloneis sillic. v. gibberula	++ 1	-- --	-- --	
Caloneis sillicula v. truncatula	++ 2	++ 5	-- --	
Caloneis schumanniana	++ 2	-- --	-- --	
Caloneis schum. v. biconstricta	++ 1	-- --	-- --	
Neidium bisulcatum	-- --	++ 1	-- --	
Neidium affine	++ 5	-- --	++ 2	
Neidium affine v. amphirhynchus	++ 3	-- --	-- --	
Neidium affine v. undulata	++ 2	-- --	-- --	
Neidium iridis	++ 11	-- 3	++ 7	21
Neidium iridis fo. vernalis	++ 2	-- --	-- --	
Neidium iridis v. ampliata	++ 2	++ 1	-- --	
Neidium iridis v. amphigomphus	++ 2	++ 1	++ 2	
Neidium productum	++ 4	-- --	-- --	
Neidium dubium	++ 1	++ 1	-- --	
Neidium kozłowi	-- --	-- --	++ 1	
Neidium kozłowi v. elliptica	-- --	++ 1	++ 1	
Neidium kozłowi v. parva	-- --	++ 1	-- --	
Diploneis ovalis	++ 5	++ 1	++ 3	
Diploneis ovalis v. oblongella	++ 2	-- --	-- --	
Diploneis elliptica	-- --	-- --	++ 1	
Stauroneis phoenicenteron	++ 59	++ 42	++ 32	133
Stauroneis anceps	++ 2	++ 3	++ 21	26
Stauroneis anceps fo. gracilis	-- --	++ 1	++ 1	
Stauroneis anceps fo. linearis	-- --	++ 2	++ 3	
Stauroneis acuta	++ 3	++ 4	++ 2	
Stauroneis parvula v. prominula	-- --	++ 11	-- --	
Stauroneis laterostrata	-- --	++ 1	-- --	
Navicula cuspidata	++ 42	++ 28	++ 21	91
Navicula cuspidata v. ambigua	++ 2	-- --	++ 6	
Navicula cuspidata v. heribauidi	-- --	-- --	++ 1	
Navicula halophila	-- --	-- --	++ 1	
Navicula pupula	++ 1	-- --	-- --	
Navicula mutica	++ 1	-- --	-- --	
Navicula mutica v. ventricosa	-- --	-- --	++ 1	
Navicula fluens	++ 2	-- --	-- --	

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.	Diat.-Arten aus Ruhr, Lenne und Volme (über 20)	Foto	
Navicula longirostris	++	9	++	15	--	--	51	0
Navicula rhynchocephala	++	14	++	6	++	31		
Navicula cryptocephala	--	--	++	10	++	25		
Navicula simplex	--	--	--	--	++	2	163	0
Navicula viridula	++	74	++	48	++	41		
Navicula hungarica v. capitata	++	2	--	--	++	2		
Navicula hungarica	--	--	--	--	++	2	126	0
Navicula radiosa	++	57	++	33	++	36		
Navicula gracilis	++	2	--	--	--	--		
Navicula similis	--	--	++	1	++	1	0	0
Navicula citrus	--	--	++	1	--	--		
Navicula exigua	--	--	++	2	++	3		
Navicula lanceolata	++	6	--	--	--	--	0	0
Navicula tuscula	--	--	++	1	++	1		
Navicula lyra	--	--	++	2	--	--		
Pinnularia sublinearis	--	--	++	1	--	--	9	0
Pinnularia molaris	--	--	++	2	++	3		
Pinnularia appendiculata	++	3	++	2	--	--		
Pinnularia subcapitata	++	4	++	1	--	--	0	0
Pinnularia mesolepta	--	--	--	--	++	5		
Pinnularia polyonca	++	3	++	1	++	3		
Pinnularia braunii v. amphicephala	--	--	++	3	++	1	0	0
Pinnularia divergentissima	--	--	++	1	--	--		
Pinnularia microstauron	++	4	++	3	++	3		
Pinnularia micro. fo. blundulata	--	--	++	1	--	--	0	0
Pinnularia legumen	++	1	--	--	++	2		
Pinnularia divergens	++	2	++	1	--	--		
Pinnularia lata	++	11	++	3	++	1	0	0
Pinnularia borealis	++	4	++	2	++	3		
Pinnularia borealis v. brevicostata	++	1	++	1	++	2		
Pinnularia interrupta	++	13	++	1	++	1	0	0
Pinnularia gibba	++	19	++	36	++	15		
Pinnularia gibba fo. subundulata	--	--	++	1	++	2		
Pinnularia gibba v. mesogongyla	--	--	--	--	++	3	0	0
Pinnularia gibba v. parva	++	5	++	1	++	1		
Pinnularia gibba v. linearis	++	3	++	3	++	7		
Pinnularia brevicostata	++	1	++	1	--	--	0	0
Pinnularia acrosphaeria	++	1	--	--	--	--		
Pinnularia maior	++	13	++	4	++	22		
Pinnularia maior v. transversa	++	3	--	--	--	--	39	0
Pinnularia viridis	++	65	++	53	++	32		
Pinnularia viridis v. sudetica	++	24	++	11	++	5		
Pinnularia viridis v. intermedia	++	2	--	--	--	--	40	0
Pinnularia gentilis	++	15	++	20	++	5		
Pinnularia nobilis	++	1	--	--	--	--		
Pinnularia streptoraphe	++	1	--	--	--	--	0	0
Pinnularia aestuarii v. interrupta	--	--	--	--	++	1		
Pinnularia hustedtii	--	--	--	--	++	1		
Pinnularia obscura Kraßke	--	--	--	--	++	1	++	1
Pinnularia similis Hustedt	--	--	--	--	++	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>ilbyca</i>	++	2	--	--	--	--	
<i>Amphora ovalis</i> v. <i>pediculus</i>	++	3	++	3	--	--	
<i>Cymbella ehrenbergii</i>	++	1	--	--	++	1	122
<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	
<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	41
<i>Gomphonema acumin.</i> v. <i>coronata</i>	++	4	++	4	++	2	
<i>Gomphonema parvulum</i>	++	9	++	15	++	17	
<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	20
<i>Hantzschia amphioxys</i> fo. <i>capitata</i>	++	10	++	2	++	8	
<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	174 67
<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	
<i>Nitzschia recta</i>	++	33	++	9	++	25	
<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	<u>Ruhr</u> In Prob.	Gef. In Prob.	<u>Lenne</u> In Prob.	Gef. In Prob.	<u>Volme</u> In Prob.	Gef. In Prob.	Diat.-Arten aus Ruhr, Lenne und Volme (Über 20)	Foto
Nitzschia capitellata	++	5	--	--	--	--	25 18 81 59	0
Nitzschia amphibia	--	--	--	--	++	3		
Nitzschia heufleriana	--	--	++	2	--	--		
Nitzschia frustulum	++	2	--	--	--	--		
Nitzschia hantzschiana	--	--	--	--	++	37		0
Nitzschia romana	++	1	++	15	++	9		
Nitzschia palea	++	1	++	2	++	1		
Nitzschia kützlingiana	--	--	--	--	++	1		
Nitzschia gracilis	--	--	++	15	++	3		
Nitzschia spectabilis	++	44	++	12	++	25		0
Nitzschia sigmoidea	++	46	++	11	++	2		
Nitzschia vermicularis	++	9	++	1	++	1		
Nitzschia flexa	--	--	--	--	++	2		
Nitzschia obtusa	--	--	--	--	++	1		
Nitzschia actinastr.	--	--	--	--	++	1		
Nitzschia polaris	--	--	--	--	++	1		
Nitzschia minuta	--	--	++	2	--	--		
Cymatopleura solea	++	68	++	34	++	27	129	0
Cymatopleura solea v. gracilis	++	15	++	5	++	1	21	0
Cymatopleura sol. v. apiculata	++	7	++	1	--	--		0
Cymatopleura elliptica	++	30	++	11	++	5	46	0
Cymatopleura elliptica v. constricta	++	3	--	--	--	--		0
Cymatopleura elliptica v. hibernica	--	--	--	--	1	1		
Cymatopleura ellip. v. nobilis	++	1	--	--	++	1		0
Cymatopleura angulata	++	1	--	--	--	--		
Surirella biseriata	++	16	++	8	++	17	41	0
Surirella biseriata v. bifrons	++	1	--	--	--	--		0
Surirella biseriata v. rostrata	++	2	--	--	--	--		0
Surirella turgida	++	9	--	--	++	1	42	
Surirella linearis	++	17	++	11	++	14		
Surirella lin. v. constricta	++	2	--	--	++	1		
Surirella lin. v. helvetica	++	4	--	--	++	2		
Surirella gracilis	++	2	++	1	++	2		
Surirella moelleriana	--	--	--	--	++	2		
Surirella angusta	++	3	++	13	++	3		0
Surirella delicatissima	--	--	--	--	++	1		
Surirella robusta	++	10	++	2	++	3		
Surirella rob. v. splendida	++	4	--	--	--	--		0
Surirella tenera	++	51	++	41	++	24	116	0
Surirella tenera v. nervosa	++	1	++	2	--	--		
Surirella elegans	++	16	++	4	++	6	26	0
Surirella ovalis	++	4	++	4	++	12	20	
Surirella ovata	++	45	++	16	++	21	82	0
Surirella ovata v. pinnata	++	4	++	1	++	13		0
Surirella spiralis	--	--	++	1	--	--		
Surirella langerheimii	--	--	--	--	++	1		
Campylodiscus noricus v. hibernica	++	7	--	--	--	--		

insgesamt 58



Synedra arcus

Achnanthes lanceolata wurden nicht mit ausgewählt

Diatoma hiemale v. mesodon
Meridion circulare
Fragilaria virescens

T A B E L L E 4.5

Meridion circolare

Fragilaria virescens

Chem.	Häufigkeiten:				Häufigkeiten:				Häufigkeiten:			
	3	2	1	Ges.	3	2	1	Ges.	3	2	1	Ges.
	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW
	5 Pr.	9 Pr.	8 Pr.	22 Pr.	4 Pr.	7 Pr.	9 Pr.	20 Pr.	Pr.	6 Pr.	6 Pr.	12 Pr.
Ca.H.	2,1	2,8	2,8	<u>2,7</u>	1,3	2,2	2,7	<u>2,1</u>	-	1,5	2,0	<u>1,8</u>
Gs.H.	4,3	5,1	5,1	<u>4,8</u>	2,9	4,8	6,6	<u>4,8</u>	-	3,5	5,1	<u>4,3</u>
NH ₄	0,1	0,2	0,0	<u>0,1</u>	0,2	0,2	0,2	<u>0,2</u>	-	0,3	0,1	<u>0,2</u>
SiO ₃	10,5	14,4	15,9	<u>13,6</u>	10,6	13,8	12,2	<u>12,2</u>	-	10,0	11,1	<u>10,6</u>
SiO ₂	8,0	5,6	5,8	<u>6,5</u>	9,0	7,7	7,0	<u>7,9</u>	-	1,6	5,4	<u>3,5</u>
P ₂ O ₅	1,5	2,5	1,6	<u>1,9</u>	-	-	-	-	-	0,1	1,6	<u>0,9</u>
Cl	6,6	9,9	7,6	<u>8,0</u>	6,8	8,6	13,2	<u>9,5</u>	-	11,2	20,4	<u>15,8</u>

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.

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° Toleranz 1,0 DH°			Gesamthärte DH° Toleranz 1,5 DH°			NO ₃ -mg Toleranz 1,5 mg			SiO ₂ -mg Toleranz 1,5 mg			Cl mg Toleranz 1,5 mg			Abw.
	Ru.	Le.	Vo.	Ru.	Le.	Vo.	Ru.	Le.	Vo.	Ru.	Le.	Vo.	Ru.	Le.	Vo.	
1 Melosira granulata	3,5	2,7	--	6,2	6,5	--	15,8	14,8	--	6,3	7,0	--	10,0	15,4	--	Abw.
2 Stephanodiscus astraea	4,4	5,5	1,8	7,5	7,0	5,5	14,0	20,0	18,0	6,9	7,5	2,0	26,2	13,0	15,0	
3 Coscin. roth. v. sub.	4,1	4,8	4,5	6,2	7,2	7,0	14,7	16,3	19,3	8,3	7,3	6,7	11,0	13,5	10,3	
4 Tabellaria flocculosa	2,2	1,6	1,9	3,9	3,2	4,9	6,0	13,6	23,7	8,4	8,8	3,5	9,2	13,6	28,0	
5 Diatoma vulgare	3,8	2,3	--	6,3	4,9	--	15,4	6,0	--	6,9	6,6	--	17,2	13,5	--	Abw.
6 Diatoma hiemale	3,5	1,4	--	6,3	3,2	--	16,6	16,2	--	6,8	6,7	--	8,1	12,0	--	Abw.
7 Diatoma hiem. v. mesodon	4,2	2,2	2,5	6,5	5,3	3,7	12,4	8,7	9,6	7,4	6,1	1,6	8,5	8,0	9,7	
8 Meridion circulare	3,5	2,3	2,5	5,7	5,0	5,7	14,9	15,1	13,3	6,7	7,5	2,8	11,8	13,8	24,7	
9 Fragilaria capucina	2,8	1,7	--	5,7	4,0	--	15,0	16,9	--	8,0	5,3	--	10,3	8,3	--	Abw.
10 Fragilaria construens	4,1	3,6	2,2	7,4	11,8	5,3	18,4	15,2	15,9	7,3	7,5	3,3	19,5	13,3	22,8	
11 Fragilaria virescens	2,6	2,1	1,8	4,8	4,8	4,3	13,6	12,2	10,6	6,5	7,9	3,5	8,0	9,5	15,8	
12 Synedra ulna	3,4	2,5	2,5	6,0	5,7	6,4	13,8	14,1	19,2	6,8	7,8	4,0	12,8	14,4	28,7	
13 Synedra ulna v. oxy.	1,9	2,7	3,1	5,0	5,4	5,9	11,4	16,1	22,2	6,5	8,3	3,1	10,0	12,8	23,8	
14 Synedra ulna v. danica	3,9	2,3	--	6,5	4,8	--	16,8	13,5	--	6,5	7,7	--	10,8	10,1	--	Abw.
15 Synedra ulna v. amph.	4,1	3,7	2,1	6,7	6,7	4,7	13,2	14,5	13,5	4,3	7,1	3,7	4,1	16,7	17,4	
16 Eunotia arcus	3,0	1,2	1,7	5,2	3,6	4,6	10,3	10,9	12,0	6,6	7,6	2,7	9,8	10,8	17,7	
17 Cocconeis pediculus	4,8	2,0	2,1	8,0	4,5	4,8	17,7	16,8	10,2	6,8	8,5	5,1	29,4	11,0	22,1	
18 Cocconeis placentula	3,4	2,6	2,8	5,5	6,0	5,6	14,0	10,6	16,0	6,0	7,5	3,5	5,2	20,8	21,6	
19 Cocconeis plac. v. eugl.	4,8	2,7	2,8	7,8	5,7	5,7	21,4	10,4	14,7	6,9	7,2	2,1	14,3	15,8	12,2	
20 Rhoicosphenia curvata	4,2	3,2	2,3	7,7	6,0	5,0	16,8	11,8	9,9	7,5	7,1	2,6	21,2	10,9	14,5	
21 Frustulia rhomboides	3,4	--	1,7	5,6	--	4,2	14,4	--	10,2	6,6	--	5,4	8,8	--	18,6	Abw.
22 Gyrosigma acuminatum	4,9	5,2	1,8	8,1	7,8	5,2	18,5	19,0	16,7	6,9	7,0	5,4	18,7	20,0	21,4	
23 Gyrosigma kütztingii	4,6	1,6	2,0	7,9	4,8	4,6	21,9	11,8	9,1	7,4	7,3	4,5	19,6	9,0	14,2	
24 Neidium iridis	3,5	0,9	1,8	6,5	2,9	4,8	11,5	6,0	17,0	5,7	7,3	3,3	21,3	4,3	35,0	
25 Staurois phoenic.	3,3	2,5	1,6	5,9	5,0	4,2	17,2	14,9	16,1	7,4	7,7	2,6	9,7	12,6	17,9	
26 Staurois anceps	6,3	2,3	1,9	9,3	4,0	5,0	13,5	11,7	19,4	7,3	7,7	4,1	14,3	8,0	19,4	

Nr. Diatomeen-Art	Carbonathärte DH° Toleranz 1,0 DH°			Gesamthärte DH° Toleranz 1,5 DH°			NO ₃ -mg Toleranz 1,5 mg			SiO ₂ -mg Toleranz 1,5 mg			Cl mg Toleranz 1,5 mg			Abw.
	Ru.	Le.	Vo.	Ru.	Le.	Vo.	Ru.	Le.	Vo.	Ru.	Le.	Vo.	Ru.	Le.	Vo.	
27 <i>Navicula cuspidata</i>	5,0	3,9	3,0	7,9	6,4	7,0	19,4	12,7	16,2	6,8	8,1	5,0	20,6	16,0	40,0	
28 <i>Navicula rhynch.</i>	1,9	2,7	1,5	5,7	5,4	4,5	11,2	15,9	10,9	8,7	7,4	2,4	12,6	25,0	21,5	
29 <i>Navicula viridula</i>	4,1	2,6	2,1	7,0	5,3	5,1	15,1	13,1	12,3	7,4	7,6	3,8	14,4	11,4	21,3	
30 <i>Navicula radiosa</i>	4,4	2,5	2,2	7,3	6,7	4,8	18,6	11,0	11,2	6,7	6,5	2,3	12,2	13,2	21,1	
31 <i>Pinnularia borealis</i>	3,8	1,3	2,4	7,2	3,5	6,4	17,5	5,5	11,3	6,7	7,0	5,0	20,7	3,0	25,0	
32 <i>Pinnularia gibba</i>	1,9	1,8	2,1	3,8	4,3	4,7	9,5	11,8	24,7	6,5	7,7	2,8	8,6	8,1	19,3	
33 <i>Pinnularia maior</i>	4,9	3,7	2,1	8,2	5,7	5,2	16,3	11,8	18,7	5,4	8,5	5,1	18,3	9,3	21,7	
34 <i>Pinnularia viridis</i>	3,3	2,0	1,8	6,0	4,6	4,6	13,2	12,9	11,6	7,7	7,9	5,9	16,8	9,4	19,6	
35 <i>Pinnul. viridis v. sud.</i>	3,2	2,5	1,5	5,7	4,4	4,0	14,9	14,9	9,6	7,2	7,5	10,5	7,8	11,8	20,0	
36 <i>Pinnularia gentilis</i>	2,5	2,1	3,1	5,2	4,4	5,1	10,7	10,8	20,3	6,9	8,2	1,8	13,1	5,7	22,7	
37 <i>Amphora ovalis</i>	5,4	2,4	3,3	8,3	6,0	5,8	15,0	13,5	7,0	7,6	8,6	--	13,7	8,7	50,0	
38 <i>Cymbella min. v. sile.</i>	4,2	2,0	2,4	7,6	5,4	5,1	16,3	12,8	14,3	7,0	7,5	2,7	23,7	12,7	22,4	
39 <i>Cymbella aspera</i>	2,7	2,3	2,0	5,4	4,7	5,7	10,9	10,5	13,3	5,6	8,7	4,6	17,9	5,4	33,0	
40 <i>Gomphonema parvulum</i>	3,8	3,7	2,4	6,6	7,2	5,3	15,4	13,8	15,0	6,6	7,4	3,7	22,1	19,3	28,4	
41 <i>Hantzschia amphioxys</i>	4,0	--	2,0	6,5	--	5,5	19,1	--	14,4	7,5	--	5,1	10,0	--	29,0	Abw.
42 <i>Nitzschia linearis</i>	4,7	3,5	3,1	8,2	5,9	6,0	18,9	13,7	13,5	7,3	8,4	5,2	25,4	17,0	15,2	
43 <i>Nitzschia recta</i>	4,7	1,9	2,3	7,7	3,9	5,6	18,9	14,7	19,0	7,2	8,2	3,3	16,0	12,1	24,4	
44 <i>Nitzschia dissipata</i>	4,0	3,4	2,4	6,9	7,9	5,2	13,8	15,4	15,2	6,9	6,6	4,7	15,9	21,1	34,3	
45 <i>Nitzschia acula</i>	4,8	4,8	3,3	7,7	7,8	5,8	17,1	14,9	15,8	6,8	7,4	4,0	12,4	12,6	23,3	
46 <i>Nitzschia romana</i>	4,7	2,3	2,7	7,1	5,4	4,9	19,0	16,1	9,3	8,0	7,6	1,4	21,7	10,5	10,8	
47 <i>Nitzschia gracilis</i>	5,0	1,9	2,3	7,5	5,3	5,0	17,5	15,6	12,0	6,7	7,6	1,8	4,9	14,3	19,5	
48 <i>Nitzschia spectabilis</i>	5,1	3,2	2,6	7,9	6,5	5,3	15,9	21,5	11,3	6,6	7,7	2,6	16,3	16,0	12,5	
49 <i>Nitzschia sigmoidea</i>	4,5	4,2	--	7,3	6,8	--	18,1	16,4	--	6,4	6,9	--	14,3	17,0	--	Abw.
50 <i>Cymatopleura solea</i>	4,8	4,0	2,1	7,9	7,0	5,6	17,7	13,6	19,5	7,4	6,4	3,0	14,3	13,4	25,0	
51 <i>Cymat. solea v. grac.</i>	5,2	4,9	5,5	7,4	7,3	7,2	15,9	17,7	18,0	6,5	7,4	1,5	7,5	17,2	18,0	
52 <i>Cymatopleura elliptica</i>	4,9	5,5	2,4	8,0	8,8	6,8	15,5	8,5	11,3	7,3	8,8	8,5	23,0	17,7	35,0	
53 <i>Surirella biseriata</i>	2,1	2,0	2,0	4,4	4,4	5,5	11,5	11,0	10,6	4,7	8,9	2,5	8,2	6,3	18,6	
54 <i>Surirella linearis</i>	3,9	1,3	2,4	6,0	3,7	5,0	16,4	11,9	9,2	7,4	8,0	5,8	7,9	6,0	24,2	
55 <i>Surirella tenera</i>	3,5	1,8	2,0	6,1	4,2	5,6	13,5	10,7	6,3	7,8	7,8	9,2	18,6	7,0	26,5	
56 <i>Surirella elegans</i>	2,6	1,8	1,7	4,6	5,0	4,9	8,9	12,0	11,0	7,8	6,8	10,0	9,0	9,5	23,3	
57 <i>Surirella ovalis</i>	5,5	3,3	2,3	9,1	8,9	5,1	16,0	12,7	18,0	6,8	6,8	2,2	24,5	12,9	18,5	
58 <i>Surirella ovata</i>	4,2	2,5	3,0	7,7	5,2	6,0	17,5	16,5	13,6	6,3	8,4	3,6	19,6	11,7	23,0	

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 Carbonathärten 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

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

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

Nr.	Diatomeen-Art	Carb.-Härte DH ⁰ Toler. 1,0 DH Ru. Le. Vo.	Von-Bis Werte	Ges.-Härte DH ⁰ Toler. 1,5 DH ⁰ Ru. Le. Vo.	Von-Bis Werte	NO ₃ mg Toler. 1,5 mg Ru. Le. Vo.	Von-Bis Werte	SiO ₂ mg Toler. 1,5 mg Ru. Le. Vo.	Von-Bis Werte	Cl mg Toler. 1,5 mg Ru. Le. Vo.	Von-Bis Werte	Abw.
27	Navicula cuspidata	3,9 3,0	3,0-3,9	7,9 6,4 7,0	6,4-7,9	11,2 10,9	10,9-11,2	6,8 8,1	6,8-8,1			
28	Navicula rhynch.	1,9 2,7	1,5-2,7	5,7 5,4 4,5	4,5-5,7	13,1 12,3	12,3-13,1	7,4 7,6	7,4-7,6			
29	Navicula viridula	2,6 2,1	2,1-2,6	5,3 5,1	5,1-5,3	11,0 11,2	11,0-11,2	6,7 6,5	6,3-6,7	12,2 13,2	12,2-13,2	
30	Navicula radiosa	2,5 2,2	2,2-2,5	7,3 6,7	6,7-7,3							
31	Pinnularia borealis			7,2 6,4	6,4-7,2			6,7 7,0	6,7-7,0			
32	Pinnularia gibba	1,9 1,8 2,1	1,8-2,1	3,8 4,3 4,7	3,8-4,7			6,5 7,7	6,5-7,7	8,6 8,1	8,1-8,6	
33	Pinnularia maior			5,7 5,2	5,2-5,7			5,4 5,1	5,1-5,4			
34	Pinnularia viridis	2,0 1,8	1,8-2,0	6,0 4,6 4,6	4,6-6,0	13,2 12,9 11,6	11,6-13,2	7,7 7,9	7,7-7,9			
35	Pinnul. viridis v. sud.	3,2 2,5 1,5	1,5-3,2	5,7 4,4 4,0	4,0-5,7	14,9 14,9	14,9	7,2 7,5	7,2-7,5			
36	Pinnularia gentilis	2,5 2,1 3,1	2,1-3,1	5,2 4,4 6,1	4,4-6,1	10,7 10,8	10,7-10,8	6,9 8,2	6,9-8,2			
37	Amphora ovalis	2,4 3,3	2,4-3,3	6,0 5,8	5,8-6,0	15,0 13,5	13,5-15,0	7,6 8,6	7,6-8,6			
38	Cymbella min. v. sile.	2,0 2,4	2,0-2,4	5,4 5,1	5,1-5,4	12,8 14,3	12,8-14,3	7,0 7,5	7,0-7,5	23,7 22,4	22,4-23,7	
39	Cymbella aspera	2,7 2,3 2,0	2,0-2,7	5,4 4,7 5,7	4,7-5,7	10,9 10,5	10,5-10,9	5,6 4,6	4,6-5,6			
40	Gomphonema parvulum	3,8 3,7	3,7-3,8	6,6 7,2 5,3	5,3-7,2	15,4 13,8 15,0	13,8-15,4	6,6 7,4	6,6-7,4			
41	Hantzschia amphioxys			6,5 5,5	5,5-6,5							
42	Nitzschia linearis	3,5 3,1	3,1-3,5	5,9 6,0	5,9-6,0	13,7 13,5	13,5-13,7	7,3 8,4	7,3-8,4			
43	Nitzschia recta	1,9 2,3	1,9-2,3			18,9 19,0	18,9-19,0	7,2 8,2	7,2-8,2			
44	Nitzschia dissipata	4,0 3,4 2,4	2,4-4,0	6,9 7,9	6,9-7,9	13,8 15,4 15,2	13,8-15,4	6,9 6,6	6,6-6,9			
45	Nitzschia acula	4,8 4,8	4,8	7,7 7,8	7,7-7,8	17,1 14,9 15,8	14,9-17,1	6,8 7,4	6,8-7,4	12,4 12,6	12,4-12,6	
46	Nitzschia romana	2,5 2,7	2,3-2,7	5,4 4,9	4,9-5,4	8,0 7,6	8,0	7,6 7,6	7,6-8,0	10,5 10,8	10,5-10,8	
47	Nitzschia gracilis	1,9 2,3	1,9-2,3	5,3 5,0	5,0-5,3	5,0-5,3	5,0-5,3	6,7 7,6	6,7-7,6			
48	Nitzschia spectabilis	3,2 2,6	2,6-3,2	7,9 6,5 5,3	5,3-7,9	5,3-7,9	5,3-7,9	6,6 7,7	6,6-7,7	16,3 16,0	16,0-16,3	
49	Nitzschia sigmaidea	4,5 4,2	4,2-4,5	7,3 6,8	6,8-7,3			6,4 6,9	6,4-6,9			
50	Cynatopleura solea	4,8 4,0	4,0-4,8	7,9 7,0 5,6	5,6-7,9			7,4 6,4	6,4-7,4	14,3 13,4	13,4-14,3	
51	Cynat. solea v. grac.	5,2 4,9 5,5	4,9-5,5	7,4 7,3 7,2	7,2-7,4	17,7 18,0	17,7-18,0	6,5 7,4	6,5-7,4	17,2 18,0	17,2-18,0	
52	Cynatopleura elliptica	4,9 5,5	4,9-5,5	8,0 8,8 6,8	6,8-8,8			7,3 8,8 8,5	7,3-8,8			
53	Surirella biseriala	2,1 2,0 2,0	2,0-2,1	4,4 4,4 5,5	4,4-5,5	11,5 11,0 10,6	10,6-11,5					
54	Surirella linearis			6,0 3,7 5,0	3,7-6,0			7,4 8,0	7,4-8,0			
55	Surirella tenera	1,8 2,0	1,8-2,0	6,1 4,2 5,6	4,2-6,1			7,8 7,8 9,2	7,8-9,2			
56	Surirella elegans	2,6 1,8 1,7	1,7-2,6	4,6 5,0 4,9	4,6-5,0	12,0 11,0	11,0-12,0	7,8 6,8	6,8-7,8	9,0 9,5	9,0-9,5	
57	Surirella ovalis	3,3 2,3	2,3-3,3	9,1 8,9	8,9-9,1			6,8 6,8	6,8			
58	Surirella ovata	2,5 3,0	2,5-3,0	5,2 6,0	5,2-6,0	17,5 16,5	16,5-17,5					

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 Navicula cuspidata 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:

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

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 Carbonathärten 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 DH^o

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

<u>Surirella ovalis</u>	8,9 - 9,1 DH ^o
<u>Gyrosigma acuminatum</u>	7,8 - 8,1 DH ^o
<u>Nitzschia acula</u>	7,7 - 7,8 DH ^o

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

In Parallele zu den Gruppenbildungen der Carbonathärten sind auch bei den Gesamthärten in den Von-Bis-Werten Gruppenbildungen festzustellen.

Kongruente Werte bestehen bei den Gesamthärten

von 6,7 DH^o für Synedra ulna var. amphirhynchus (Ruhr u. Lenne)
 von 5,7 DH^o für Cocconeis placentula var. eugl. (Lenne u. Volme)

NO₃: Im Verhältnis zu den Werten von Carbonathärte und Gesamthärte sind die Von-Bis-Werte im Toleranzbereich für NO₃ 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 NO₃ wurden festgestellt für die Diatomeen-Arten

Eunotia arcus mit 10,3 - 12,0 mg NO₃ und
Cymbella aspera mit 10,5 - 10,9 mg NO₃,
 die höchsten Von-Bis-Werte bei den Diatomeen-Arten
Nitzschia recta mit 18,9 - 19,0 mg NO₃ und
Gyrosigma acuminatum 18,5 - 19,0 mg NO₃.

Geringste Differenzen von 0,1 - 0,3 mg NO₃ sind festgestellt worden bei

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

Völlige Kongruenz der Werte (2-fach) besteht bei

Pinnularia viridis v. sudetica 14,9 mg NO₃

3-fache Von-Bis-Werte im Toleranzbereich sind bei der Diatomeen-Art Surirella biseriata mit 10,6 - 11,5 mg NO_3 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 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 var. amphirhynchus</u>	3,7 - 4,3 mg SiO_2
<u>Frustulia rhomboides</u>	5,4 - 6,6 mg SiO_2
<u>Pinnularia maior</u>	5,1 - 5,4 mg SiO_2
<u>Cymbella aspera</u>	4,6 - 5,6 mg SiO_2

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

<u>Tabellaria flocculosa</u>	8,4 - 8,8 mg SiO_2
<u>Navicula rhynchocephala</u>	7,4 - 8,7 mg SiO_2
<u>Surirella tenera</u>	7,8 - 9,2 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 mg aufweisen.

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

CI

Die Zahlenwerte bei CI 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

Diatoma hiemale var. mesodon 8,0 - 9,7 mg CI

Gyrosigma acuminatum 18,7 - 21,4 mg CI

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

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

Cocconeis rothii var. subsalsa 10,3 - 11,0 mg CI

Cymbella minuta var. silesiaca 22,4 - 23,7 mg CI

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

Synedra uina var. amphirhynchus 16,7 - 17,4 mg CI

Cocconeis placentula 20,8 - 21,6 mg CI

Nitzschia romana 10,5 - 10,8 mg CI

Cymatopleura solea var. gracilis 17,2 - 18,0 mg CI

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

Pinnularia gibba 8,1 - 8,6 mg CI

Nitzschia romana 10,5 - 10,8 mg CI

Nitzschia spectabilis 16,0 - 16,3 mg CI

Surirella elegans 9,0 - 9,5 mg CI

festzustellen.

Die niedrigsten Werte weisen die Diatomeen-Arten

Diatoma hiemale var. mesodon 8,0 - 9,7 mg CI

Fragilaria virescens 8,0 - 9,5 mg CI

Pinnularia gibba 8,1 - 8,6 mg CI

auf. Die höchsten Werte weisen die Diatomeen-Arten

Cocconeis placentula 20,8 - 21,6 mg CI

Gyrosigma acuminatum 18,7 - 21,4 mg CI

Cymbella minuta var. silesiaca 22,4 - 23,7 mg CI

auf.

Eine Gruppenbildung bei den Diatomeen-Arten für bestimmte oder ähnliche Von-Bis-Werte ist für CI nicht feststellbar. In den Werten für CI 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 $0,3 \text{ DH}^{\text{O}}$ bzw. $0,3 \text{ mg pro Parameter}$) (Tabelle 4.12).

Die Tabelle 4.8 zeigt in zusammengepreßter 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 *Surirelia 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.

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 DH⁰) 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 ⁰	Carb.-End- Bis-Werte DH ⁰	Diatomeen-Art	Nr.
28	Navicula rhynchocep.	<u>1,5</u> - 2,7	1,8 - <u>2,1</u> *	Pinnularia gibba	32
35	Pinnul. viridis v. sud.	<u>1,5</u> - 3,1	2,0 - <u>2,1</u> *	Surirella biseriata	53
4	Tabellaria flocculosa	<u>1,6</u> - 2,2 *	1,6 - <u>2,2</u> *	Tabellaria flocculosa	4
25	Stauroneis phoenic.	<u>1,6</u> - 3,3	1,7 - <u>2,6</u> *	Surirella elegans	56
56	Surirella elegans	<u>1,7</u> - 2,6 *	1,8 - <u>2,6</u> *	Fragilaria virescens	11
11	Fragilaria virescens	<u>1,8</u> - 2,6 *	1,5 - <u>2,7</u>	Navicula rhynchocep.	28
32	Pinnularia gibba	<u>1,8</u> - 2,1 *	2,0 - <u>2,7</u> *	Cymbella aspera	39
13	Synedra ulna v. oxy.	<u>1,9</u> - 3,1	1,9 - <u>3,1</u>	Synedra ulna v. oxy.	13
39	Cymbella aspera	<u>2,0</u> - 2,1 *	2,1 - <u>3,1</u> *	Pinnularia gentilis	36
53	Surirella biseriata	<u>2,0</u> - 2,1 *	1,5 - <u>3,2</u>	Pinnul. viridis v. sud.	35
36	Pinnularia gentilis	<u>2,1</u> - 3,1 *	1,6 - <u>3,3</u>	Stauroneis phoenic.	25
8	Meridion circulare	<u>2,3</u> - 3,5	2,5 - <u>3,4</u> *	Synedra ulna	12
20	Rhoicosphenia curvata	<u>2,3</u> - 4,2	2,6 - <u>3,4</u> *	Cocconeis placentula	18
44	Nitzschia dissipata	<u>2,4</u> - 4,0	2,3 - <u>3,5</u>	Meridion circulare	8
12	Synedra ulna	<u>2,5</u> - 3,4 *	2,4 - <u>4,0</u>	Nitzschia dissipata	44
18	Cocconeis placentula	<u>2,6</u> - 3,4 *	2,3 - <u>4,2</u>	Rhoicosphenia curvata	20
3	Coscin. roth. v. sub.	<u>4,1</u> - 4,8 *	4,1 - <u>4,8</u> *	Coscin. roth. v. sub.	3
51	Cymat. solea v. grac.	<u>4,9</u> - 5,8 *	4,9 - <u>5,8</u> *	Cymat. solea v. grac.	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.

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

* Zur weiteren Auswertung in Tabelle 4.11 herangezogen

Eine gleichartige Auswertung wie für die Carbonathärten ist auch für die Gesamthärten 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 Toleranzdifferenz von 1 DH^o einschließlich übereinstimmende Werte mit einem Stern versehen.

Trotz zahlenunterschiedlicher Auswertungsergebnisse sind bei den Carbonathärten von insgesamt 18 = noch 1 1, und bei den Gesamthärten von 25 = noch 1 0 Diatomeen-Arten festzustellen, die nur eine Von-Bis-Toleranz von 1 DH⁰ 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 - anzu- sehen sind.

T A B E L L E 4.11

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

Jewells 7 festgestellte Diatomeen-Arten (in den Tabellen 4.9 und 4.10 mit einem Stern versehen) unterscheiden sich nur bis zu 1 DH⁰ 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 DH⁰ 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 DH⁰ und mg innerhalb der Parameter-Werte
3. Von-Bis-Werte innerhalb der Toleranzen
4. Divergente Ergebnisse

TABELLE 4.12

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

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
1 Melosira granulata		6,2 - 6,5			
5 Diatoma vulgare				6,6 - 6,9	
6 Diatoma hiemale				6,7 - 6,8	
7 Diatoma hiem. v. mesodon	2,2 - 2,5				
8 Meridion circulare			14,9 - 15,1		
10 Fragilaria construens				7,3 - 7,5	
12 Synedra ulna			13,8 - 14,1		
15 Synedra ulna v. amph.		6,7			
17 Cocconeis pediculus	2,0 - 2,1	4,5 - 4,8			
19 Cocconeis 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 sigmoidea	4,2 - 4,5				
51 Cymat. 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)

<u>G r u p p e n</u>			
<u>Carbonathärten:</u>	Nr. 17	Cocconeis pediculus	Differenz 2,0 - 2,1 DH ^o
	Nr. 19	Cocconeis plac. v. eugl.	Differenz 2,7 - 2,8 DH ^o
	Nr. 32	Pinnularia gibba	Differenz 1,8 - 2,1 DH ^o
	Nr. 34	Pinnularia viridis	Differenz 1,8 - 2,0 DH ^o
	Nr. 45	Nitzschia acula	Differenz 4,8 DH ^o
	Nr. 49	Nitzschia sigmoidea	Differenz 4,2 - 4,5 DH ^o
	Nr. 53	Surirella biseriata	Differenz 2,0 - 2,1 DH ^o
	Nr. 55	Surirella tenera	Differenz 1,8 - 2,0 DH ^o
<u>Gesamthärten:</u>	Nr. 17	Cocconeis pediculus	Differenz 4,5 - 4,8 DH ^o
	Nr. 19	Cocconeis plac. v. eugl.	Differenz 5,7 DH ^o
	Nr. 22	Gyrosigma acuminatum	Differenz 7,8 - 8,1 DH ^o
	Nr. 23	Gyrosigma kützingii	Differenz 4,6 - 4,8 DH ^o
	Nr. 42	Nitzschia linearis	Differenz 5,9 - 6,0 DH ^o
	Nr. 45	Nitzschia acula	Differenz 7,7 - 7,8 DH ^o
	Nr. 47	Nitzschia gracilis	Differenz 5,0 - 5,3 DH ^o
<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 hiemale	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 ^o	Ges.-Härte DH ^o	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 ^o	Ges.-Härte DH ^o	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 Gesamthärten, 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	Häufig- keit	Carb.-Härte DH ^o	Ges.-Härte DH ^o	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, mittelhohe 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	Häufig- keit	Carb.-Härte DH ^o	Ges.-Härte DH ^o	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	Häufig- keit	Carb.-Härte DH ^o	Ges.-Härte DH ^o	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
Lenne							
76	3	1,0	4,0	0,1	7,3	6,0	4,5
Volme							
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 Carbonathärten von 1,0 - 2,0 DH° -Werten
- eine 4-fache Annäherung bzw. Übereinstimmung von niedrigen Gesamthärten von 3,2 - 4,5 DH° -Werten,
- eine 2-fache Übereinstimmung von NO_3 bei Ruhr und Volme mit 4,5 - 5,0 mg,
- eine 2-fache Übereinstimmung von SiO_2 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 Carbonathärten
- geringe Gesamthärten
- wechselnde Mengen in mg bei NO_3 in zwei sehr unterschiedlichen chemischen Wertgruppen (umkästelt)
- bei SiO_2 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 Toleranzeinteilungen noch zusammenfaßbar (eingekästelt) wären, treten bei den Parametern NO_3 , SiO_2 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.

TABELLE 4.15

Volme: Caloneis silicula

Probe	Häufig- keit	Carb.-Härte DH ^o	Ges.-Härte DH ^o	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 TABELLE 4.16

Probe	Häufig- keit	Carb.-Härte DH ^o	Ges.-Härte DH ^o	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	Häufig- keit	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 Gesamthärten 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 Mittelweltergebnisse 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 Gesamthärten (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 Umfanges 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 d i e 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

Probe-Nr.		R u h r										
Chemie	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	6,6
Ca.H.	4,0	<u>9,3</u>	<u>8,3</u>	<u>7,5</u>	<u>8,0</u>	6,0	<u>8,5</u>	<u>8,5</u>	<u>9,0</u>	<u>10,0</u>	7,5	7,1
Gs.H.	5,0	<u>11,5</u>	<u>12,3</u>	<u>12,5</u>	<u>11,5</u>	<u>9,5</u>	<u>9,5</u>	<u>13,0</u>	<u>16,0</u>	<u>15,5</u>	<u>13,5</u>	<u>15,0</u>
NH ₄	<u>4,5</u>	0,8	0,2	0,1	0,1	0,1	<u>8,0</u>	0,0	0,0	0,0	<u>2,0</u>	1,0
NO ₃	6,0	<u>20,0</u>	<u>19,0</u>	12,0	<u>18,0</u>	16,0	<u>18,0</u>	<u>18,0</u>	16,0	10,0	<u>25,0</u>	<u>110,0</u>
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 ₂ O ₅	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	<u>80,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>80,0</u>	<u>30,0</u>	<u>25,0</u>	<u>60,0</u>	<u>90,0</u>	<u>20,0</u>	<u>60,0</u>	<u>90,0</u>

Probe-Nr.		L e n n e									
Chemie	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	<u>0,1</u>	1,5	2,5	3,5	6,0	7,2	5,0	2,5	<u>9,0</u>	
Gs.H.	6,0	<u>9,0</u>	3,5	4,0	6,5	<u>9,5</u>	<u>17,0</u>	<u>14,0</u>	<u>28,0</u>	<u>13,0</u>	
NH ₄	<u>2,0</u>	0,3	0,1	<u>2,0</u>	1,5	<u>25,0</u>	<u>20,0</u>	<u>6,5</u>	<u>3,5</u>	0,0	
NO ₃	<u>19,0</u>	<u>50,0</u>	<u>45,0</u>	<u>19,5</u>	<u>60,0</u>	0,5	<u>18,0</u>	<u>110,0</u>	<u>190,0</u>	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 ₂	9,0	<u>70,0</u>	15,0	<u>60,0</u>	<u>70,0</u>	<u>90,0</u>	<u>40,0</u>	<u>40,0</u>	<u>30,0</u>	<u>30,0</u>	

Probe-Nr.		V o l m e										
Chemie	[*] 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	<u>22,0</u>	<u>3,0</u>	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,5
NO ₃	<u>30,0</u>	<u>18,0</u>	<u>35,0</u>	<u>35,0</u>	<u>40,0</u>	<u>35,0</u>	<u>18,0</u>	<u>35,0</u>	<u>35,0</u>	<u>40,0</u>	<u>400,0</u>	<u>40,0</u>
SiO ₂	0,8	7,5	<u>0,5</u>	1,0	4,5	1,5	9,0	8,0	4,0	2,0	4,0	4,0
P ₂ O ₅	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 ₂	<u>80,0</u>	<u>35,0</u>	<u>20,0</u>	<u>25,0</u>	<u>30,0</u>	<u>30,0</u>	<u>50,0</u>	<u>20,0</u>	<u>28,0</u>	15,0	15,0	<u>20,0</u>

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>NH :</u> 4	84	81 86 87	3 37
<u>NO :</u> 3	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	7,8	7,5
2,5	6,5	6,2	3,0	3,5	4,0	3,0	3,5	3,5
6,0	<u>9,5</u>	<u>9,5</u>	6,0	6,0	6,3	6,5	<u>8,5</u>	7,0
0,0	<u>20,0</u>	<u>10,0</u>	<u>8,0</u>	<u>2,3</u>	<u>2,7</u>	0,3	0,1	0,5
<u>300,0</u>	<u>30,0</u>	<u>40,0</u>	<u>35,0</u>	<u>40,0</u>	<u>40,0</u>	<u>50,0</u>	<u>30,0</u>	<u>50,0</u>
4,5	0,3	0,3	1,0	0,2	2,0	10,0	<u>0,5</u>	2,0
0,8	<u>7,0</u>	<u>8,0</u>	1,0	<u>4,0</u>	<u>4,0</u>	2,0	<u>0,5</u>	1,0
<u>50,0</u>	<u>70,0</u>	<u>70,0</u>	<u>40,0</u>	<u>40,0</u>	<u>50,0</u>	<u>60,0</u>	<u>50,0</u>	<u>60,0</u>

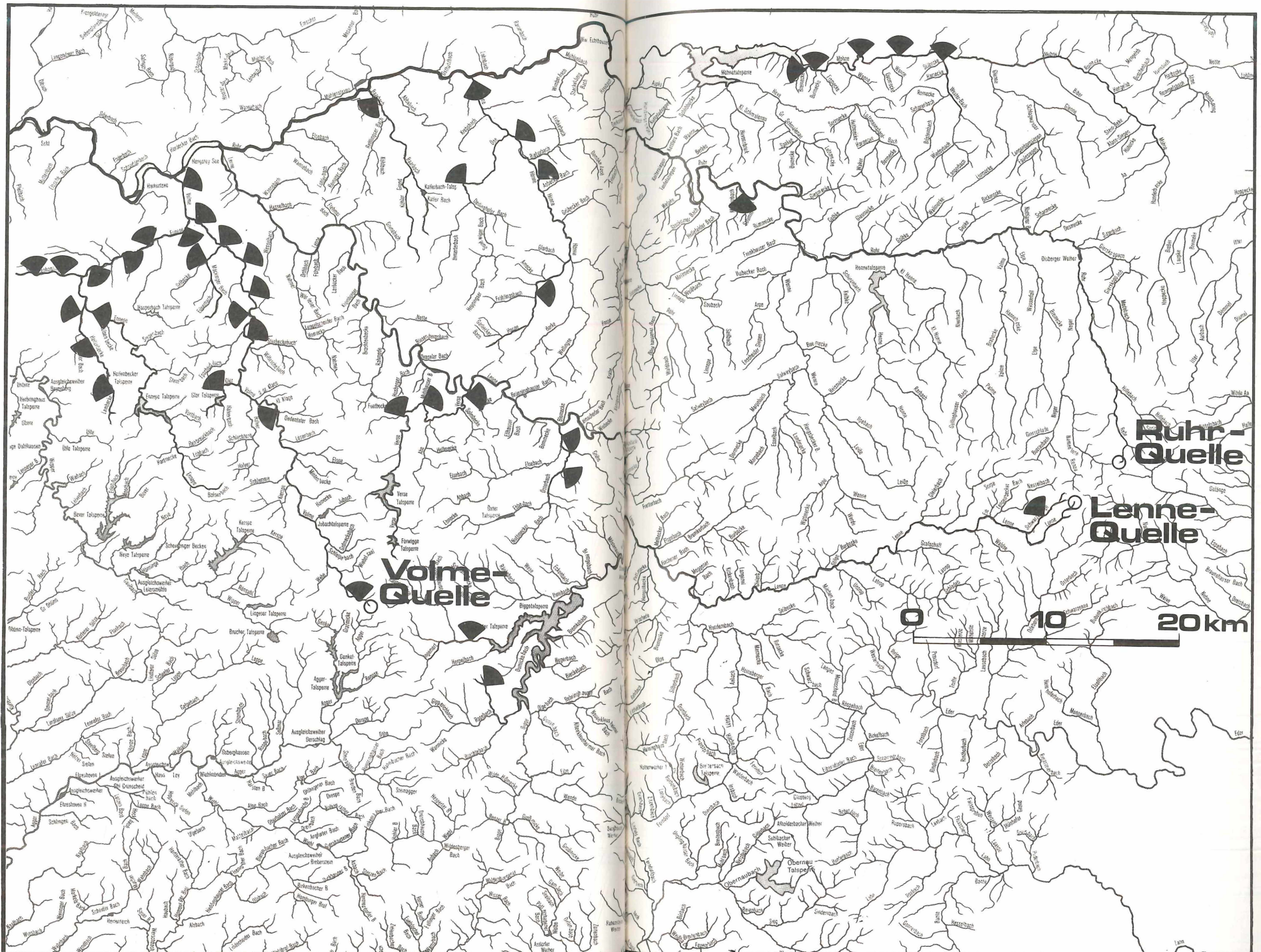


Abb. 4.6: Gewässerkarte des Sauerlandes mit Ruhr, Lenne und Volme. Die Spitzen der 1/4-Kreise zeigen auf Gewässerbereiche, in denen erhebliche Abwasserbelastungen festgestellt wurden.

TABELLE 4.19

Aufstellung abwasserbelasteter Gewässerproben

1. Ruhr

Pr. Nr.	Entnahmestelle	pH Wert	Carb. Härte DH ^o	Ges. Härte DH ^o	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. Möhnezuf. Beleecke	7,9	9,3	11,5	0,8	20,0	8,0	80,0
70	Möhne, östl. v. Ort Sichtlgvor	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 Hönne, nördl. v. Garbeck	7,9	8,5	9,5	8,0	18,0	8,0	25,0
86	Bach Hönne, nördl. Oberrödingh.	7,8	8,5	13,0	0,0	18,0	9,0	60,0
87 ●	Bach Hönne 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 Hönne 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. Evck. 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 Schließkotten	7,4	4,5	7,5	22,0	30,0	0,8	80,0
12	Volme v. Zuf. 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. Priorel	7,3	2,3	5,6	0,0	40,0	4,5	30,0
20	Bachzul. In Priorel	7,4	2,5	6,5	0,1	35,0	1,5	30,0
22	Asbecke oberh. Dahl v. Kanalls.	7,2	2,5	7,2	0,0	18,0	9,0	50,0
23	1. Mäckinghelmer Bach v. Elpe	7,5	2,5	6,3	0,0	35,0	8,0	20,0
25	Volme, Brücke v. Elpe	7,6	3,5	6,3	0,1	35,0	4,0	28,0
31	Heilenbecke, Zul. z. Talsperre	7,3	1,5	4,5	0,0	40,0	2,0	15,0
33	Heilenb. v. Zuf. Holth. Hammer	7,6	1,8	4,8	0,0	400,0	4,0	15,0
35	Ennepe v. Zuf. Heilenb. Milspe	7,3	1,8	5,0	0,5	40,0	4,0	20,0
36 ●	Heilenb. 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 Hengstey-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 Hönne bei der Ruhr, Verse bei der Lenne, Heilenbecke, Ennepe und Volme bei der Volme zusammen.

Beispiel zur Auswertung der Lenne-Abwasser-Proben für Carbonathärten DH°
(Einzelproben bis zur Zusammenfassung der Von-Bis-Werte von Ruhr, Lenne und Volme aus Tabelle 4.18)

Nr. Diatomeen-Art Grundlage Tabelle 7	*Ber. Von-Bis Werte, Toler.	L e n n e												Ruhr Von-Bis Werte	Lenne Von-Bis Werte	Volme Von-Bis Werte	Gesamt Von-Bis-Werte Ruhr, Lenne, Volme		
		Pr. 52		Pr. 81		Pr. 86		Pr. 87		Pr. 87		DH°	DH°					DH°	DH°
		Häufigkeiten 2 3 4	DH°	Häufigkeiten 2 3 4	DH°	Häufigkeiten 2 3 4	DH°	Häufigkeiten 2 3 4	DH°	Häufigkeiten 2 3 4	DH°								
1 Melosira granulata	2,7-3,5				7,2		5,0					2,5		2,5-7,2		2,5-7,2			
2 Stephanodiscus astraea																			
3 Coscin. roth. v. sub.	4,1-4,8																		
4 Tabellaria flocculosa	1,6-2,2																		
5 Diatoma vulgare					7,2									7,2		7,2			
6 Diatoma hiemale																			
7 Diatoma hiem. v. mesodon	2,2-2,5																		
8 Meridion circulare	2,3-3,5												7,1-9,0		4,5	4,5-9,0			
9 Fragilaria capucina																			
10 Fragilaria construens	3,6-4,1											2,5			2,5	2,5	2,5		
11 Fragilaria virescens	1,8-2,6													2,5		2,5			
12 Synedra ulna	2,5-3,4	0,1			7,2				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							5,0				2,5		2,5-5,0		2,5-5,0			
16 Eunotia arcus	1,2-1,7	0,1												0,1		0,1			
17 Coconeis pediculus	2,0-2,1																		
18 Coconeis placentula	2,6-3,4												9,0		2,5	2,5-9,0			
19 Coconeis plac. v. eugl.	2,7-2,8																		
20 Rhodosphecia curvata	2,3-4,2											2,5		2,5		2,5			
21 Frustulia rhomboides																			
22 Gyrosigma acuminatum	4,9-5,2																		
23 Gyrosigma kützingeri	1,6-2,0																		
24 Neldium Iridis	0,9-1,8												7,1			7,1			
25 Stauroneis phoenic.	1,6-3,3																		
26 Stauroneis anceps	1,9-2,3														2,5	2,5			

* Ber. Von-Bis-Werte =
Bereinigte 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 Beispielausrechnung 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°			
	Abwasserbelastung				Abwasserbelastung			
	Ber. Von-Bis Tab. 4.7	Ber. Von-Bis Ruhr	Ber. Von-Bis Lenne	Ber. Von-Bis Volme	Ber. Von-Bis Tab. 4.7	Ber. Von-Bis Ruhr	Ber. Von-Bis Lenne	Ber. Von-Bis Volme
1 <i>Helosira 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>								
7 <i>Diatoma hiem. v. mesodon</i>	2,2-2,5				5,3-6,5			
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>								
10 <i>Fragilaria construens</i>	3,6-4,1			2,5				6,0
11 <i>Fragilaria virescens</i>	1,8-2,6		2,5	2,5	4,3-4,8		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 Carbonathärten Abweichungen gegenüber den bereinigten Ergebnissen für Carbonathärten festzustellen. Einige Werte liegen unterhalb, meist aber oberhalb der Von-Bis-Werte von bereinigten Ergebnissen.

Bei den Gesamthärten sind die Abweichungen schon erheblich größer und reichen nur bei wenigen Diatomeen-Arten noch in den Toleranzbereich hinein. Die Gesamthärten 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				SiO ₂ mg				Cl mg			
Ber.	Abwasserbelastung			Ber.	Abwasserbelastung			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	Von-Bis Tab.4.7	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 8,4-8,8		8,0-18,0		10,3-11,0		30,0-40,0	
		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	
16,2-16,6 8,7- 9,6				6,7-7,5	8,0		0,4	25,0-90,0			80,0
14,9-15,1	16,0-110,0		30,0	7,3-7,5 6,5-7,9		8,0	4,5 4,5	8,0- 9,5		30,0	50,0 50,0
13,8-14,1	16,0-110,0 18,0-110,0	18,0-190,0 18,0-110,0	30,0-300,0 30,0-300,0	6,8-7,8 6,5-7,7 3,7-4,3	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		110,0		6,6-7,6		18,0		10,1-10,8 16,7-17,4		30,0 40,0	
10,3-12,0		50,0		6,0-7,5 6,9-7,2	8,0		4,5	9,8-10,8		70,0	
16,8-17,7	16,0		300,0	7,1-7,5 5,4-6,6		8,0		20,8-21,6 14,3-15,8	90,0		50,0
		190,0		5,4-7,0 7,3-7,4				18,7-21,4	90,0		
18,5-19,0	110,0			7,4-7,7 7,3-7,7			4,5				50,0

Bei NO₃ stehen die abwasserbelasteten Ergebnisse den bereinigten Von-Bis-Werten mit sehr hohen Unterschieden gegenüber, die sich bei dem Vorkommen der Diatomeen-Arten auswirken.

Bei SiO₂ 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	Carb.-Härte DH ⁰				Ges.-Härte DH ⁰			
	Ber.		Abwasserbelastung		Ber.		Abwasserbelastung	
Auflistung nach Tab. 4.7	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 Navicula cuspidata	3,0-3,9	8,5			6,4-7,9	9,5		
28 Navicula rhynch.	1,5-2,7				4,5-5,7			
29 Navicula viridula	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 Navicula radiosa	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 Pinnularia borealis					6,4-7,2			
32 Pinnularia gibba	1,8-2,1				3,8-4,7			
33 Pinnularia maior					5,2-5,7			
34 Pinnularia viridis	1,8-2,0		0,1		4,6-6,0		9,0	
35 Pinnul. viridis v. sud.	1,5-3,2				4,0-5,7			
36 Pinnularia gentilis	2,1-3,1				4,4-6,1			
37 Amphora ovalis	2,4-3,3				5,8-6,0			
38 Cymbella min. v. sile.	2,0-2,4	7,1	2,5-7,2		5,1-5,4	15,0	17,0-28,0	
39 Cymbella aspera	2,0-2,7				4,7-5,7			
40 Gomphonema parvulum	3,7-3,8	7,1	7,2		5,3-7,2	15,0	17,0	
41 Nitzschia amphioxys					5,5-6,5			
42 Nitzschia linearis	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 Nitzschia recta	1,9-2,3			2,5				6,0
44 Nitzschia dissipata	2,4-4,0				6,9-7,9			
45 Nitzschia acula	4,8		2,5-7,2	2,5	7,7-7,8		14,0-28,0	6,0
46 Nitzschia romana	2,3-2,7				4,9-5,4			
47 Nitzschia gracilis	1,9-2,3				5,0-5,3			
48 Nitzschia spectabilis	2,6-3,2	7,1-9,0	5,0		5,3-7,9	15,0	14,0	
49 Nitzschia sigmoidea	4,2-4,5				6,8-7,3			
50 Cymatopleura solea	4,0-4,8		5,0	2,5	5,6-7,9		14,0	6,0
51 Cymat. solea v. grac.	4,9-5,5				7,2-7,4			
52 Cymatopleura elliptica	4,9-5,5	9,3	5,0		6,8-8,8	11,5	14,0	
53 Surirella blaserlata	2,0-2,1				4,4-5,5			
54 Surirella linearis					3,7-6,0			
55 Surirella tenera	1,8-2,0	0,1			4,2-6,1		9,0	
56 Surirella elegans	1,7-2,6				4,6-5,0			
57 Surirella ovalis	2,3-3,3				8,9-9,1			
58 Surirella ovata	2,5-3,0	7,1		4,5	5,2-6,0	15,0		7,5

Bei CI sind die Ergebnswerte 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 ₃ mg Ber. 3 Abwasserbelastungen				SIO ₂ mg Ber. 2 Abwasserbelastungen				CI mg Ber. 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
	18,0			6,8-8,1 7,4-8,7	8,0				25,0		
10,9-11,2				7,4-7,6	8,0		0,3-4,5		80,0-90,0	30,0-90,0	50,0-80,0
12,3-13,1	16,0-110,0	18,0-190,0	30,0-300,0	6,3-6,7	8,0		0,3-4,5	12,2-13,2	25,0-90,0		50,0-80,0
11,0-11,2	18,0-110,0		30,0-300,0								
				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 14,9 10,7-10,8		50,0		7,6-8,6							
13,5-15,0				7,0-7,5 4,6-5,6	8,0	8,0-18,0		22,4-23,7	90,0	30,0-40,0	
12,8-14,3 10,5-10,9	110,0	18,0-190,0		6,6-7,4	8,0	18,0			90,0	40,0	
13,8-15,4	110,0	18,0									
				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		25,0-90,0	30,0-40,0	50,0-70,0 50,0
13,5-13,7 18,9-19,0 13,8-15,4 14,9-17,1	18,0-110,0	18,0-190,0	30,0-300,0 300,0	6,4-7,4 6,5-7,4 7,3-8,8		9,0	4,5	12,4-12,6 10,5-10,8 16,0-16,3		30,0-40,0	50,0
	16,0-110,0	110,0	300,0	6,7-7,7	8,0	9,0			90,0	40,0	
				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
17,7-18,0	20,0	110,0			8,0	9,0			80,0	40,0	
10,6-11,5											
		50,0		7,4-8,0 7,8-9,2 6,8-7,8 6,8		18,0		9,0- 9,5		70,0	
11,0-12,0					8,0		0,8		90,0		90,0
16,5-17,5	110,0		30,0								

TABELLE 4.22

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

Nr.	Diatomeen-Art Grundlage Tabelle 4.7	Ber. Proben Carb.-Härte Von-Bis Werte	Abw. Proben Ges.-Härte Von-Bis Werte	Ber. Proben Ges.-Härte Werte	Abw. Proben Von-Bis Werte	Ber. Proben NO ₃ Werte	Abw. Proben Von-Bis Werte	Ber. Proben SIO ₂ Werte	Abw. Proben Von-Bis Werte	Ber. Proben CI mg Werte	Abw. Proben Von-Bis Werte
1	<i>Mejosiira 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		30,0-40,0
2	<i>Stephanodiscus astraea</i>			5,5-7,5				6,9-7,5			
3	<i>Coscin. roth. v. sub.</i>	4,1-4,8		6,2-7,2				6,7-8,3		10,3-11,0	
4	<i>Tabellaria flocculosa</i>	1,6-2,2	7,2	3,2-4,9				8,4-8,8			
5	<i>Diatoma vulgare</i>			4,9-6,3	17,0-28,0						
6	<i>Diatoma hiemale</i>			5,3-6,5		16,2-16,6		6,6-6,9	7,0	30,0-40,0	
7	<i>Diatoma hiem. v. mesodon</i>	2,2-2,5				8,7- 9,6		6,7-6,8			
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	8,0- 9,7	
9	<i>Fragilaria capucina</i>	3,6-4,1	2,5		6,0	15,2-15,9	300,0	7,3-7,5	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	8,0- 9,5	50,0
11	<i>Fragilaria virescens</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
12	<i>Synedra ulna</i>	1,9-3,1	2,5-9,0	5,0-5,9	6,0-28,0		18,0-300,0	6,5-7,7	8,0	10,1-10,8	30,0
13	<i>Synedra ulna v. oxy.</i>		2,5		28,0		190,0	3,7-4,3	9,0	16,7-17,4	40,0
14	<i>Synedra ulna v. danica</i>	3,7-4,1	5,0	6,7	17,0	13,2-14,5	110,0	6,6-7,6	18,0	9,8-10,8	70,0
15	<i>Synedra ulna v. amph.</i>										
16	<i>Eunotia arcus</i>	1,2-1,7	0,1	3,6-5,2	9,0	10,3-12,0	90,0				
17	<i>Coconeis 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>Coconeis placentula</i>	2,6-3,4	9,0	5,5-6,0	15,0		16,0	6,0-7,5	8,0	20,8-21,6	90,0
19	<i>Coconeis plac. v. eugl.</i>	2,7-2,8		5,7				6,9-7,2		14,3-15,8	30,0
20	<i>Rhizosolenia curvata</i>	2,3-4,2	2,5	5,0-6,0	28,0		190,0	7,1-7,5	8,0		
21	<i>Frustulia rhomboides</i>			4,2-5,6				5,4-6,6			
22	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	4,9-5,2		7,8-8,1		18,5-19,0		5,4-7,0		18,7-21,4	90,0
23	<i>Gyrosigma kützingii</i>	1,6-2,0	7,1	4,6-4,8	15,0		110,0	7,3-7,4	8,0		
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	16,1-17,2	300,0	7,4-7,7	4,5	50,0	
26	<i>Stauroneis anceps</i>	1,9-2,3		4,0-5,0				7,3-7,7			

Die Tabelle 4.22 zeigt in einer zusammengeprelten Form der großen 4-teiligen Tabelle 4.21 für Ruhr, Lenne und Volme Auswirkungen der Abwasserbelastungen auf. Diese zahlenmäßige Auswertung in Tabellenform weist auch auf die Abwasserbelastungen in den Quell- und Bachebieten hin, die nicht außer Acht gelassen werden dürfen, sondern miteinbezogen werden müssen in eine Dauerüberwachung und Überprüfung der Fließgewässer. Das Sauerland ist sehr stark bestedelt, industriell durchdrungen und nimmt dadurch gegenüber den anderen Mittelgebirgen der Bundesrepublik eine Sonderstellung ein.

Nr.	Diatomeen-Art Grundlage Tabelle 4.7	Ber.	Abw.	Ber.	Abw.	Ber.	Abw.	Ber.	Abw.	Ber.	Abw.	Ber.	Abw.
		Proben Carb.-Härte DH_0 Von-Bis Werte	Proben Härte DH_0 Von-Bis Werte	Proben Ges.-Härte DH_0 Von-Bis Werte	Proben Härte DH_0 Von-Bis Werte	Proben NO_3 mg Von-Bis Werte	Proben NO_3 mg Von-Bis Werte	Proben SiO_2 Von-Bis Werte	Proben SiO_2 Von-Bis Werte	Proben Cl mg Von-Bis Werte	Proben Cl mg Von-Bis Werte	Proben Cl mg Von-Bis Werte	Proben Cl mg Von-Bis Werte
27	Navicula cuspidata	3,0-3,9	8,5	6,4-7,9	9,5		18,0	6,8-8,1	8,0			25,0	
28	Navicula rhynch.	1,5-2,7		4,5-5,7		10,9-11,2		7,4-8,7					
29	Navicula viridula	2,1-2,6	2,5-9,5	5,1-5,3	6,0-28,0	12,3-13,1	16,0-300,0	7,4-7,6	0,3- 8,0			30,0-90,0	
30	Navicula radiosa	2,2-2,5	2,5-8,5	6,7-7,3	6,0-15,0	11,0-11,2	18,0-300,0	6,3-6,7	0,3- 8,0			25,0-90,0	
31	Pinnularia borealis			6,4-7,2				6,7-7,0					
32	Pinnularia gibba	1,8-2,1		3,8-4,7				6,5-7,7				8,1- 8,6	
33	Pinnularia maior			5,2-5,7				5,1-5,4					
34	Pinnularia viridis	1,8-2,0	0,1	4,6-6,0	9,0	11,6-13,2	50,0	7,7-7,9	18,0				
35	Pinnul. viridis v. sud.	1,5-3,2		4,0-5,7		14,9		7,2-7,5					
36	Pinnularia gentilis	2,1-3,1		4,4-6,1		10,7-10,8		6,9-8,2					
37	Amphora ovalis	2,4-3,3		5,8-6,0		13,5-15,0		7,6-8,6					
38	Cymbella min. v. sile.	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			30,0-90,0	
39	Cymbella aspera	2,0-2,7		4,7-5,7		10,5-10,9		4,6-5,6					
40	Gomphonema parvulum	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	Hantzschia amphioxys			5,5-6,5									
42	Nitzschia linearis	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	Nitzschia recta	1,9-2,3	2,5		6,0	18,9-19,0	300,0	7,2-8,2	4,5			50,0	
44	Nitzschia dissipata	2,4-4,0		6,9-7,9		13,8-15,4		6,6-6,9					
45	Nitzschia acula	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			30,0-50,0	
46	Nitzschia romana	2,3-2,7		4,9-5,4				7,6-8,0				0,5-10,8	
47	Nitzschia gracilis	1,9-2,3		5,0-5,3				6,7-7,6					
48	Nitzschia spectabilis	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			40,0-90,0	
49	Nitzschia sigmoides	4,2-4,5		6,8-7,3				6,4-6,9					
50	Cymatopleura solea	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			40,0-50,0	
51	Cymat. solea v. grac.	4,9-5,5		7,2-7,4		17,7-18,0		6,5-7,4				17,2-18,0	
52	Cymatopleura elliptica	4,9-5,5	5,0-9,3	6,8-8,8	11,5-14,0	20,0-110,0		7,3-8,8	8,0- 9,0			30,0-40,0	
53	Surirella biseriata	2,0-2,1		4,4-5,5		10,6-11,5							
54	Surirella linearis			3,7-6,0				7,4-8,0					
55	Surirella tenera	1,8-2,0	0,1	4,2-6,1	9,0	50,0		7,8-9,2	18,0			70,0	
56	Surirella elegans	1,7-2,6		4,6-5,0		11,0-12,0		6,8-7,8				9,0- 9,5	
57	Surirella ovalis	2,3-3,3		8,9-9,1				6,8					
58	Surirella ovata	2,5-3,0	4,5-7,1	5,2-6,0	7,5-15,0	16,5-17,5	30,0-110,0		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 abwasserbeeinflussten 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 rothli 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 rhynchocephala
	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 sigmoidea
	51 Cymatopleura solea v. gracilis
	53 Surirella biseriala
	54 Surirella linearis
	56 Surirella elegans
	<u>57 Surirella ovalis</u>
	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	Melosira granulata
5	Diatoma vulgare
8	Meridion circulare
10	Fragilaria construens
11	Fragilaria virescens
12	Synedra ulna
13	Synedra ulna v. oxyrhynchus
14	Synedra ulna v. danica
15	Synedra ulna v. amphirhynchus
16	Eunotia arcus
17	Cocconeis pediculus
18	Cocconeis placentula
20	Rhoicosphenia curvata
23	Gyrosigma kützlingii
25	Stauroneis phoenicenteron
27	Navicula cuspidata
29	Navicula viridula
30	Navicula radiosa
34	Pinnularia viridis (die einzige, die bei Cl nicht auftritt)
38	Cymbella minuta v. silesiaca
40	Gomphonema parvulum
42	Nitzschia linearis
43	Nitzschia recta
45	Nitzschia acula
48	Nitzschia spectabilis
50	Cymatopleura solea
52	Cymatopleura elliptica
55	Surirella tenera
58	Surirella ovata

	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:

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

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

Näherungs-Werte

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

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

Hohe Werte

Nr. 5 Diatoma vulgare	7,2 DH ^o	gegenüber (2,3-3,8 DH ^o Tab. 4.6)
Nr. 18 Cocconeis placentula	9,0 DH ^o	gegenüber (2,6-3,4 DH ^o)
Nr. 25 Gyrosigma kützingeri	7,1 DH ^o	gegenüber (1,6-2,0 DH ^o)
Nr. 27 Navicula cuspidata	8,5 DH ^o	gegenüber (3,0-3,9 DH ^o)

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

Für die Gesamthärte sind andere Ergebnisse bei den Gegenüberstellungen abzulesen:

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

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

<u>NO_3: Hohe Werte</u>	Abw.-Ergebnisse	(ber. Von-Bis-Werte)
Nr. 10	<i>Fragilaria construens</i>	300,0 mg
Nr. 14	<i>Synedra ulna</i> v. <i>danica</i>	190,0 mg
Nr. 15	<i>Synedra ulna</i> v. <i>amphir.</i>	110,0 mg
Nr. 16	<i>Eunotia arcus</i>	50,0 mg
Nr. 17	<i>Cocconeis pediculus</i>	300,0 mg
Nr. 20	<i>Rhoicosphenia curvata</i>	190,0 mg
Nr. 21	<i>Gyrosigma kützingii</i>	110,0 mg
Nr. 25	<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	300,0 mg
Nr. 34	<i>Pinnularia viridis</i>	50,0 mg
Nr. 43	<i>Nitzschia recta</i>	300,0 mg
Nr. 55	<i>Surirella tenera</i>	50,0 mg
		gegenüber (15,2-15,9 mg)
		gegenüber 13,5-16,8 mg Tab. 4.6
		gegenüber (13,2-14,5 mg)
		gegenüber (10,3-12,0 mg)
		gegenüber (16,8-17,7 mg)
		gegenüber 9,9-16,8 mg Tab. 4.6
		gegenüber 9,1-21,9 mg Tab. 4.6
		gegenüber (16,1-17,2 mg)
		gegenüber (11,6-13,2 mg)
		gegenüber (18,9-19,0 mg)
		gegenüber 6,3-13,5 mg Tab. 4.6

Es hat nach dieser Aufstellung den Anschein, daß einige Diatomeen-Arten hohe 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 Carbonathärten, Gesamthärten und NO_3 . Das kann aus den Werten der nachfolgenden Aufstellung abgelesen werden.

<u>Niedrig-Werte für SiO_2</u>		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)

<u>Näherungswerte für SiO_2</u>		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</i> v. <i>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 kützingeri</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)

<u>Große Schwankungsbreiten von SiO_2</u>		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</i> v. <i>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 radiosa</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 Meridion circulare	25,0-90,0 mg	gegenüber 11,8-24,7 mg
Nr. 12 Synedra ulna	25,0-90,0 mg	gegenüber 12,8-28,7 mg
Nr. 13 Synedra ulna v. oxy.	25,0-90,0 mg	gegenüber 19,0-23,8 mg
Nr. 27 Navicula cuspidata	25,0 mg	gegenüber 16,0-40,0 mg
Nr. 42 Nitzschia linearis	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 Cocconeis placentula	90,0 mg	gegenüber (20,8-21,6 mg Tab. 4.7)
Nr. 38 Cymbella minuta v. sile.	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 Näherungswerten 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 Beeinflussungen 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 radiosa*). Sie betragen bei beiden Arten für $\text{NO}_3 = 16,0$ bis $18,0$ $300,0 \text{ mg}$, für $\text{Cl} = 25,0/30,0 - 90,0 \text{ mg}$, auch die bereinigten Werte liegen für die gleichen Parameter innerhalb der Toleranzgrenzen. Als euryöke 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 Abwasserwerten (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 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 Reinhaltung 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:

Güteklasse I:

unbelastet bis sehr gering belastet

Gewässerabschnitte mit reinem, stets annähernd sauerstoffgesättigtem und nährstoffarmem Wasser •

Güteklasse I-II:

gering belastet

Gewässerabschnitte mit geringer anorganischer oder organischer Nährstoffzufuhr

Güteklasse II:

mäßig belastet

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

Güteklasse II-III:

kritisch belastet

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

Güteklasse III:

stark verschmutzt

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

Güteklasse III-IV:

sehr stark verschmutzt

Gewässerabschnitte mit weitgehend eingeschränkten Lebensbedingungen

Güteklasse IV:

übermäßig verschmutzt

Gewässerabschnitte mit übermäßiger Verschmutzung

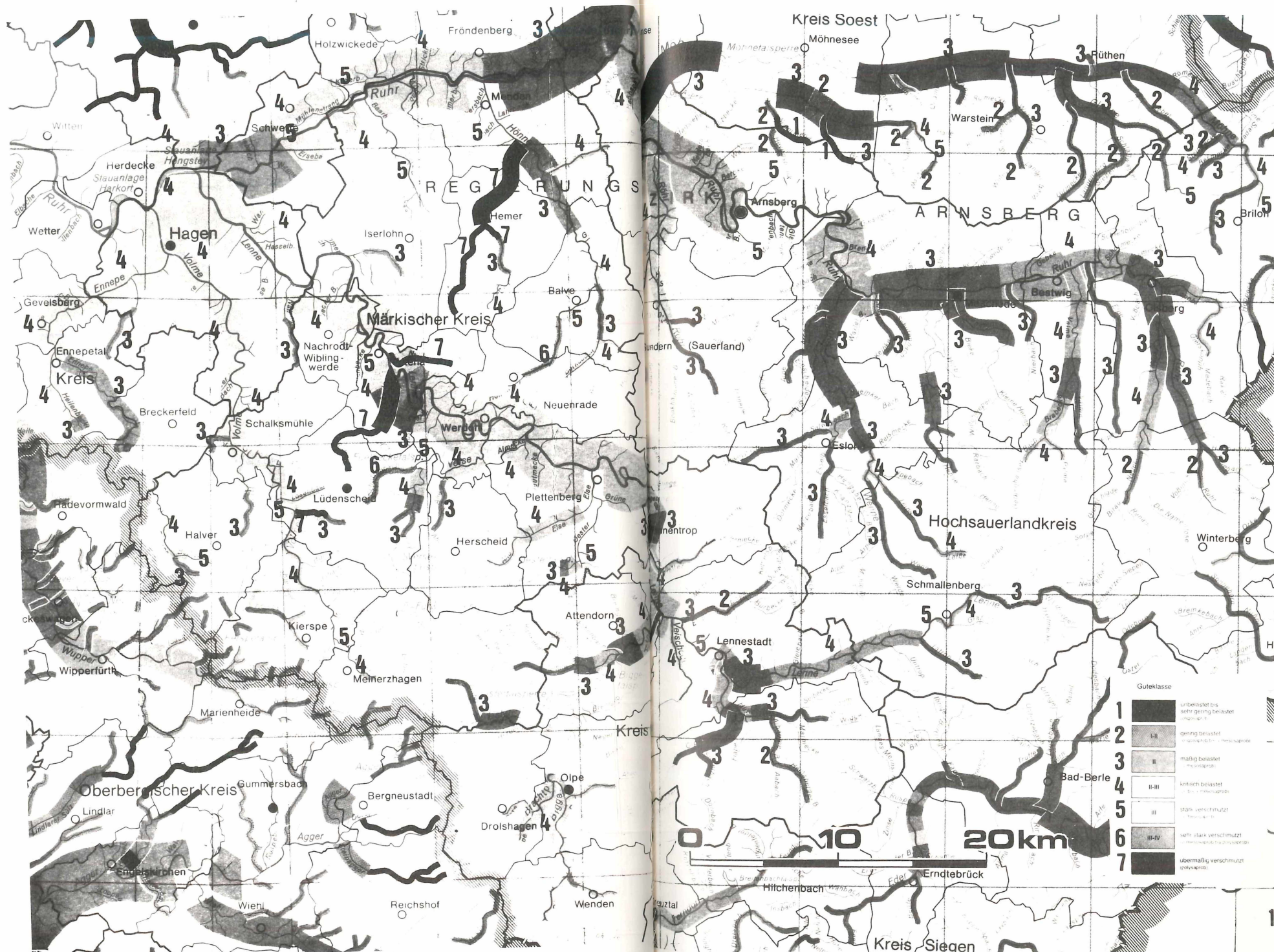


Abb. 4.7: Ausschnitt aus der Gewässergütekarte des Landes Nordrhein-Westfalen für 1985 mit Ruhr, Lenne und Volme.
Nachdruck mit Genehmigung des Landesamtes für Wasser und Abfall NRW.

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. Giftig 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 eingengt 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.

TABELLE 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 ^o Von-Bis-Werte	Gesamt-Härte DH ^o Von-Bis-Werte	NO ₃ mg Von-Bis-Werte	SiO ₂ mg Von-Bis-Werte	Cl mg Von-Bis-Werte
32 Pinnularia gibba	1,8-2,1	7,2-7,4			
51 Cymatopleura gracilis					
53 Surirella biseriata	2,0-2,1				
			Über 2 Fließgewässer		
1 Melosira granulata		6,2-6,5			
5 Diatoma vulgare				6,6-6,9	
6 Diatoma hiemale				6,7-6,8	
7 Diat. hiem. var. mes.	2,2-2,5				
8 Meridion circulare			14,9-15,1		
10 Fragilaria construens				7,3-7,5	
12 Synedra ulna			13,8-14,1		
17 Cocconeis pediculus	2,0-2,1	4,5-4,8			
18 Cocc. plac. v. eugl.	2,7-2,8			6,9-7,2	
22 Gyrosigma acuminatum		7,8-8,1			
23 Gyrosigma kützlingii		4,6-4,8		7,3-7,4	
25 Stauroneis phoenic.				7,4-7,7	
28 Navicula rhynchoceph.			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. virid. v. sud.				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					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 sigmoidea	4,2-4,5				
51 Cymat. solea v. grac.		7,2-7,4	17,7-18,0		
55 Surirella tenera	1,8-2,0				
57 Surirella ovalis		8,9-9,1			

TABELLE 4.26

Kongruente Ergebnisse in den Toleranzbereichen

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

TABELLE 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 Diatoma hiem. v. mesodon					8,0 - 9,7
8 Meridion 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 Rhoicosphenia curvata	2,3 - 4,2				
22 Gyrosigma acuminatum				5,4 - 7,0	18,7 - 21,4
25 Stauroneis 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*			
52 Cymatopleura elliptica		6,8 - 8,8		7,3 - 8,8	
53 Surirella biserialata	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 b e r e i n i g t 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 <i>Surirella biseriata</i> 2,0 - 2,1*</u>
bei Gesamthärten	25 x 3-fach	- Diatomeen-Arten im Toleranzbereich	
			<u>1 Übereinstimmung <i>Cymat. solea v. grac.</i> 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 DH⁰ 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 sillicula (Volme) Tab. 4.15

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

Probe	Häufig- keit	pH	Carb.-Härte DH ^o	Ges.-Härte DH ^o	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 ^o	Ges.-Härte DH ^o	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	Häufig- keit	Carb.-Härte DH ^o	Ges.-Härte DH ^o	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	Häufig- keit	Carb.-Härte DH ^o	Ges.-Härte DH ^o	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^o (niedrig bis mittelhoch)
 Gesamthärten 2,5 - 8,5 DH^o (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 zusammengestellt, die am stärksten wasserchemisch belastet wurden. Sie wurden untersucht auf Diatomeen in der Tabelle 4.19 und eingezeichnet 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 Gruppenbildungen 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 fragilarioides</i> Petersen (Hust.) Fog.			**	
<i>Achnanthes lanceolata</i> Brébisson	**	**	**	0
<i>Achnanthes lanceol. v. capitata</i> O. Müller	**			0
<i>Achnanthes lanceolata v. elliptica</i> Cleve		**		
<i>Achnanthes lanceolata v. lutheri</i> (Schim.)	**			0
<i>Achnanthes lanceolata v. minor</i> ?	**			0
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützling	**	**		
<i>Actinopteryx undulata</i> (Bail.) Ralfs			**	
<i>Amphipleura pellucida</i> Kützling	**	**	**	0
<i>Amphora ovalis</i> Kützling	**	**	**	0
<i>Amphora ovalis v. illyca</i> (Ehr.) Cleve	**			
<i>Amphora ovalis v. pediculus</i> Kützling	**	**		
<i>Asterionella formosa</i> Hassall		**	**	0
<i>Asterionella gracil.</i> (Hantzsch.) Heiberg		**	**	
<i>Caloneis amphibia</i> (Bory) Cleve	**		**	0
<i>Caloneis bacillum</i> (Grun.) Mereschkowsky	**			0
<i>Caloneis schumanniana</i> (Grun.) Cleve	**			0
<i>Caloneis schum. v. biconstricta</i> Grunow	**			0
<i>Caloneis silicula</i> (Ehr.) Cleve	**	**	**	0
<i>Caloneis silic. v. gibberula</i> (Kütz.) Grunow	**			0
<i>Caloneis silicula v. truncatula</i> Grunow	**	**		0
<i>Campylodiscus noricus v. hibernica</i> (Ehr.) Grunow	**			
<i>Ceratoneis arcus</i> Kützling	**	**	**	0
<i>Ceratoneis arcus v. amphioxys</i> (Rabh.)		**		0
<i>Cocconeis disculus</i> Schum.			**	
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	**	**	**	0
<i>Cocconeis placentula</i> (Ehr.)	**	**	**	0
<i>Cocconeis plac. v. euglypta</i> (Ehr.) Cleve	**	**	**	0
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg			**	
<i>Coscinodiscus antiquus</i> (Grun.) A.Cl. Cleve-Euler			**	
<i>Coscinodiscus radiatus</i> (Grunow) Fr. J.Ld.			**	
Cleve-Euler				
<i>Coscinodiscus rothii v. 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 v. constricta</i> Grunow	**			0
<i>Cymatopleura elliptica v. hibern.</i> (W. Smith) Hust.			**	
<i>Cymatopleura ellip v. nobilis</i> Hantzsch.	**		**	0
<i>Cymatopleura solea</i> (Bréb.) W. Smith	**	**	**	0
<i>Cymatopleura sol. v. apiculata</i> (W. Smith) Ralfs	**	**		0
<i>Cymatopleura solea v. gracilis</i> Grunow	**	**	**	0
<i>Cymbella affinis</i> Kützling	**			0
<i>Cymbella aspera</i> (Ehr.) Cleve	**	**	**	0
<i>Cymbella cistula</i> (Hemprich) Grun.	**	**	**	0
<i>Cymbella cuspidata</i> fo. borealis Foged			**	
<i>Cymbella cymbiformis</i> (Agardh? Kütz.) V. Heurck	**	**	**	0
<i>Cymbella ehrenbergii</i> Kützling	**		**	0
<i>Cymbella helvetica</i> Kützling	**	**		0
<i>Cymbella hybrida</i> Grunow			**	
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehr.) v. Heurck	**			0
<i>Cymbella minuta v. silesiaca</i> Kützling	**	**	**	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 tenuis</i> Kützling			**	
<i>Denticula thermalis</i> Kützling			**	
<i>Diatoma anceps</i> (Ehr.) Grunow	**	**		0
<i>Diatoma elongatum</i> Agardh		**	**	
<i>Diatoma hiemale</i> (Lyngbye) Heiberg.	**	**	**	0
<i>Diatoma hiemale</i> v. mesodon (Ehr.) Grunow	**	**	**	0
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	**	**	**	0
<i>Diatoma vulgare</i> v. brevis Grunow		**	**	
<i>Diatoma vulgare</i> v. capitulata Grunow		**	**	
<i>Diatoma vulg.</i> v. grandis (W. Smith) Grunow		**	**	
<i>Diatoma vulgare</i> v. linearis Grunow		**	**	0
<i>Diatoma vulgare</i> v. ovalis (Fricke) Hustedt		**	**	
<i>Diatoma vulgare</i> v. producta Grunow		**	**	0
<i>Diploneis elliptica</i> (Kütz.) Cleve			**	
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	**	**	**	
<i>Diploneis ovalis</i> v. oblongella (Naegeli) Cleve			**	
<i>Epithemia turgida</i> v. granulata (Ehr.) Kützling	**	**		0
<i>Epithemia zebra</i> (Ehr.) Kützling			**	
<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg	**	**	**	
<i>Eunotia diodon</i> Ehrenberg		**		0
<i>Eunotia exigua</i> (Bréb.) Grunow	**	**	**	0
<i>Eunotia exigua</i> v. bidens Hustedt			**	
<i>Eunotia faba</i> (Ehr.) Grunow	**	**	**	
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg	**			0
<i>Eunotia gracilis</i> (Ehr.) Rabh.		**		0
<i>Eunotia kocheliensis</i> O. Müller		**	**	
<i>Eunotia lunaris</i> (Ehr.) Grunow	**	**	**	0
<i>Eunotia lunaris</i> v. subarcuata (Naeg.) Grunow	**			0
<i>Eunotia monodon</i> v. maior fo. bidens (W. Smith)		**	**	
<i>Eunotia paludosa</i> Grunow		**		
<i>Eunotia pectinalis</i> v. minor (Kütz.) Rabenhorst		**		0
<i>Eunotia pectinalis</i> v. undulata (Ralfs) Rabenhorst	**			
<i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg	**	**	**	0
<i>Eunotia praerupta</i> v. inflata Grunow		**	**	
<i>Eunotia robusta</i> v. tetradon (Ehr.) Ralfs		**	**	0
<i>Eunotia tenella</i> (Grun.) Hustedt	**	**	**	
<i>Eunotia trinacria</i> Krasske	**	**		
<i>Eunotia trinacria</i> v. undulata 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. lanceolata Grunow			**	
<i>Fragilaria construens</i> (Ehr.) Grunow	**	**	**	0
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	**	**	**	0
<i>Fragilaria gracillima</i> Mayer			**	
<i>Fragilaria harrissonii</i> W. Smith	**			0
<i>Fragilaria intermedia</i> Grunow		**	**	
<i>Fragilaria lapponica</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</i> Ralfs	**	**	**	0
<i>Fragilaria virescens</i> v. <i>elliptica</i> Hustedt		**	**	0
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehr.) de Toni	**	**	**	0
<i>Frustulia vulgaris</i> Thwaites	**	**		0
<i>Frustulia vulgaris</i> var. <i>capitata</i> Krasske		**	**	
<i>Gomphonema abbreviatum</i> Agardh? Kützling		**		
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	**		**	0
<i>Gomphonema acum.</i> v. <i>coronata</i> (Ehr.) W. Smith	**	**	**	0
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz.) Rabh.	**	**		0
<i>Gomphonema angustatum</i> v. <i>producta</i> Grunow	**			0
<i>Gomphonema constrictum</i> v. <i>capitata</i> (Ehr.) Cleve	**	**	**	0
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	**		**	
<i>Gomphonema intricatum</i> Kützling	**	**		0
<i>Gomphonema intricatum</i> v. <i>pumila</i> Grunow	**	**		0
<i>Gomphonema lanceolatum</i> Ehrenberg	**			0
<i>Gomphonema longiceps</i> Ehrenberg	**	**	**	0
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Lyngbye) Kützling	**	**		0
<i>Gomphonema parvulum</i> Kützling	**	**	**	0
<i>Gomphonema tergestinum</i> (Grun.) Fricke	**	**		
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabh.	**	**	**	0
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kütz.) Rabh.	**		**	0
<i>Gyrosigma kützlingii</i> (Grun.) Cleve	**	**	**	0
<i>Gyrosigma spencerii</i> (W. Smith) Cleve	**			
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grunow	**	**	**	0
<i>Hantzschia amphioxys</i> fo. <i>capitata</i> O. Müller	**	**	**	
<i>Hantzschia amphioxys</i> v. <i>maior</i> Grunow			**	
<i>Hantzschia virgata</i> v. <i>capitellata</i> (Roper) Grunow	**		**	0
<i>Melosira arenaria</i> Moore	**	**		
<i>Melosira distans</i> (Ehr.) Kützling		**		
<i>Melosira fennoscandica</i> n. sp. Cleve-Euler			**	
<i>Melosira granulata</i> (Ehr.) Ralfs	**	**	**	
<i>Melosira islandica</i> O. Müller			**	
<i>Melosira islandica</i> v. <i>helvetica</i> O. Müller		**		
<i>Melosira italica</i> (Ehr.) Kützling		**	**	
<i>Meridion circulare</i> Agardh	**	**	**	0
<i>Meridion circ.</i> v. <i>constricta</i> (Ralfs) van Heurck		**		
<i>Navicula citrus</i> Krasske		**		
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützling		**	**	
<i>Navicula cuspidata</i> Kützling	**	**	**	0
<i>Navicula cuspidata</i> v. <i>ambigua</i> (Ehr.) Cleve	**		**	
<i>Navicula cuspidata</i> v. <i>heribaudi</i> Peragallo			**	
<i>Navicula exigua</i> (Gregory) O. Müller		**	**	
<i>Navicula fluens</i> Hustedt	**			
<i>Navicula gracilis</i> Ehrenberg	**			
<i>Navicula halophila</i> (Grun.) Cleve			**	
<i>Navicula hungarica</i> Grunow			**	
<i>Navicula hungarica</i> v. <i>capitata</i> (Ehr.) Cleve	**		**	0
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Kützling	**			0
<i>Navicula longirostris</i> Hustedt	**	**		
<i>Navicula lyra</i> (Ehrenberg)		**		0
<i>Navicula mutica</i> Kützling	**			0

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

	Ruhr	Lenne	Volme	Foto 0 Tafel
Navicula mutica v. ventricosa (Kütz.) Cleve			**	
Navicula pupula Kützing	**			
Navicula radiosa Kützing	**	**	**	0
Navicula rhynchocephala Kützing	**	**	**	0
Navicula similis Krasske		**	**	
Navicula simplex Krasske			**	
Navicula tuscula (Ehr.) Grunow		**	**	
Navicula viridula Kützing	**	**	**	
Neidium affine (Ehr.) Cleve	**		**	0
Neidium affine v. amphirhynchus (Ehr.) Cleve	**			0
Neidium affine fo. undulata Grunow	**			
Neidium bisulcatum (Lagerst.) Cleve		**		0
Neidium dubium (Ehr.) Cleve	**	**		0
Neidium Iridis (Ehr.) Cleve	**	**	**	0
Neidium Iridis v. amphigomphus (Ehr.) v. Heurck	**	**	**	0
Neidium Iridis v. ampliata (Ehr.)	**	**		0
Neidium Iridis fo. vernalis Reichelt	**			
Neidium kozłowi Mereschkowsky			**	
Neidium kozłowi v. elliptica Mereschkowsky		**	**	
Neidium kozłowi v. parva Mereschkowsky		**		
Neidium productum (W. Smith) Cleve	**			0
Nitzschia actinastroides (Lemm) v. Goor			**	
Nitzschia acula Hantzsch.	**	**	**	0
Nitzschia amphibia Grunow			**	
Nitzschia angustata (W. Smith) Grunow			**	
Nitzschia capitellata Hustedt	**			0
Nitzschia commutata Grunow	**	**	**	0
Nitzschia dissipata (Kütz.) Grunow	**	**	**	0
Nitzschia dubia W. Smith	**			0
Nitzschia flexa Schumann			**	
Nitzschia frustulum Kützing	**			
Nitzschia gracilis Hantzsch.		**	**	
Nitzschia hantzschiana Rabenhorst			**	0
Nitzschia heufferiana Grunow		**		
Nitzschia hungarica Grunow	**		**	0
Nitzschia hybrida Grunow			**	
Nitzschia kützlingiana Hilse			**	
Nitzschia linearis W. Smith	**	**	**	0
Nitzschia minuta Lange-Bertalot, Bleich.		**		
Nitzschia obtusa W. Smith			**	
Nitzschia palea (Kütz.) W. Smith	**	**	**	
Nitzschia polaris (Grun.) Cleve-Euler			**	
Nitzschia recta Hantzsch.	**	**	**	0
Nitzschia romana Grunow	**	**	**	
Nitzschia sigmoidea (Ehr.) W. Smith	**	**	**	
Nitzschia spectabilis (Ehr.) Ralfs	**	**	**	0
Nitzschia sublinearis Hustedt	**			
Nitzschia thermalis Kützing		**	**	
Nitzschia vermicularis (Kütz.) Grunow	**	**	**	
Nitzschia vitrea Norman	**			
Opephora martyi 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 maior</i> Kützling	**	**	**	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 streptorapha</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.) Schlimmansk		**		
<i>Stauroneis parvula</i> v. <i>prominula</i> Grunow		**		
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> Ehrenberg	**	**	**	0
<i>Stephanodiscus astraea</i> (Ehr.) Grunow, Håkansson	**	**	**	
<i>Stephanodiscus dubius</i> (Fricke) Hustedt	**	**		
<i>Surirella angusta</i> Kützling	**	**	**	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</i> v. <i>constricta</i> (Ehr.) Grunow	**		**	
<i>Surirella lin.</i> v. <i>helvetica</i> (Grun.) Meist.	**		**	
<i>Surirella moelleriana</i> Grunow			**	
<i>Surirella ovalis</i> Brébisson	**	**	**	
<i>Surirella ovata</i> Kützling	**	**	**	0
<i>Surirella ovata</i> v. <i>pinnata</i> (W. Smith)	**	**	**	0
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg	**	**	**	
<i>Surirella rob.</i> v. <i>splendida</i> (Ehr.) v. Heurck	**			0
<i>Surirella spiralis</i> Kützling		**		
<i>Surirella tenera</i> Gregory	**	**	**	0
<i>Surirella tenera</i> v. <i>nervosa</i> Mayer	**	**		
<i>Surirella turgida</i> W. Smith	**		**	0
<i>Synedra actinastroides</i> Lemmermann		**		
<i>Synedra acus</i> Kützling	**	**	**	0
<i>Synedra acus</i> v. <i>angustissima</i> Grunow			**	
<i>Synedra acus</i> v. <i>radians</i> (Kütz.) Hustedt		**	**	
<i>Synedra affinis</i> var. <i>fasciculata</i> (Kütz.) Grunow		**	**	
<i>Synedra amphicephala</i> Kützling		**		
<i>Synedra capitata</i> Ehrenberg			**	
<i>Synedra minuscula</i> Grunow		**	**	
<i>Synedra nana</i> Meister			**	
<i>Synedra parasitica</i> v. <i>subconstricta</i> Grunow		**		
<i>Synedra pulchella</i> v. <i>minuta</i> Hustedt			**	
<i>Synedra rumpens</i> Kützling		**	**	
<i>Synedra rumpens</i> v. <i>fragilarioides</i> Grunow			**	
<i>Synedra tubulata</i> (Agardh) Kützling			**	0
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch.) Ehrenberg	**	**	**	0
<i>Synedra ulna</i> v. <i>amphirhynchus</i> (Ehr.) Grunow	**	**	**	0
<i>Synedra ulna</i> v. <i>biceps</i> Kützling		**	**	
<i>Synedra ulna</i> v. <i>danica</i> (Kütz.) Grunow	**	**	**	0
<i>Synedra ulna</i> v. <i>impressa</i> Hustedt	**	**	**	0
<i>Synedra ulna</i> v. <i>oxyrhynchus</i> (Kütz.) v. Heurck	**	**	**	0
<i>Synedra vaucheriae</i> (Kützling)	**			
<i>Synedra vaucheriae</i> v. <i>truncata</i> (Greville) Grunow		**		0
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kützling	**	**	**	0
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützling	**	**	**	0
<i>Tetrayclus 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, palökologische 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 Slapstone 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.
- CZENSNY, R. (1960): Wasser-, Abwasser- und Fischereicheemie.- 1-429, VEB Verlag Technik, Berlin 1960
- FJERDINGSTAD, E. (1950): The Microflora Of The River Møllea:- 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 Jutlandic. 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 Botanica: 213-334
- FRIEDRICH, G. (1973): Ökologische Untersuchungen an einem thermisch anomalen Fließgewässer:- Schriftenr. d. Landesanst. f. Gewässer- 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
- HAKANSSON, 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): 11. 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 Diatomaceae:- 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, Orleanstr. 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 Lesum-mündung 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. Hefte 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 ed. 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 wylywem 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:- Ergebn. 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 sbp. 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. Finland 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 Stauhaltung in Talsperren:- Wasserwirtschaft: 65, Jhrg. 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. Hochschule 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., ESP00/Finnland 1975
- " (1976): Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen IX:- Geological Survey of Finland, Bulletin 284, 1-36, 17 Taf., ESP00/Finnland 1976
- " (1978): Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen:- Geological Survey of Finland, Bulletin 296, 1-54, 17 Taf., ESP00/Finnland 1978
- " (1980): Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen XI:- Geological Survey of Finland, Bulletin 312, 1-83, 20 Tafeln, ESP00/Finnland 1980
- WEHRLE, E. (1942): Algen in Gebirgsbächen am Südostrande 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 Sulsee:- Ergebn. d. wiss. Unters. 1. Schweizer Nationalpark, XIV, 72, 272-369, 41 Tab., 1975
- " (1977): Les Diatomées de la Fourbière 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 ABFALL NORDRHEIN-WESTFALEN DÜSSELDORF (1977):	Jahresbericht ===== 5-62, Düsseldorf 1977 Gewässergütebericht <u>1981</u> , Düsseldorf 1982, 1-46 Gewässergütebericht <u>1982</u> , Düsseldorf 1983, 1-48 Gewässergütebericht <u>1983</u> , Düsseldorf 1984 Gewässergütebericht <u>1984</u> , Düsseldorf 1985
LANDESREGIERUNG NORDRHEIN-WESTFALEN ESSEN	Umweltschutz in Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 1980
RUHRVERBAND 1976:	Ruhrwassergüte zum Wirtschaftsjahr <u>1976</u>
" 1982:	Ruhrwassergüte zum Wirtschaftsjahr <u>1982</u> 1-118, Essen
" 1984:	Ruhrwassergüte zum Wirtschaftsjahr <u>1986</u> 1-95, Essen

Manuskript eingegangen am 15.5.1985

Anschrift des Verfassers:

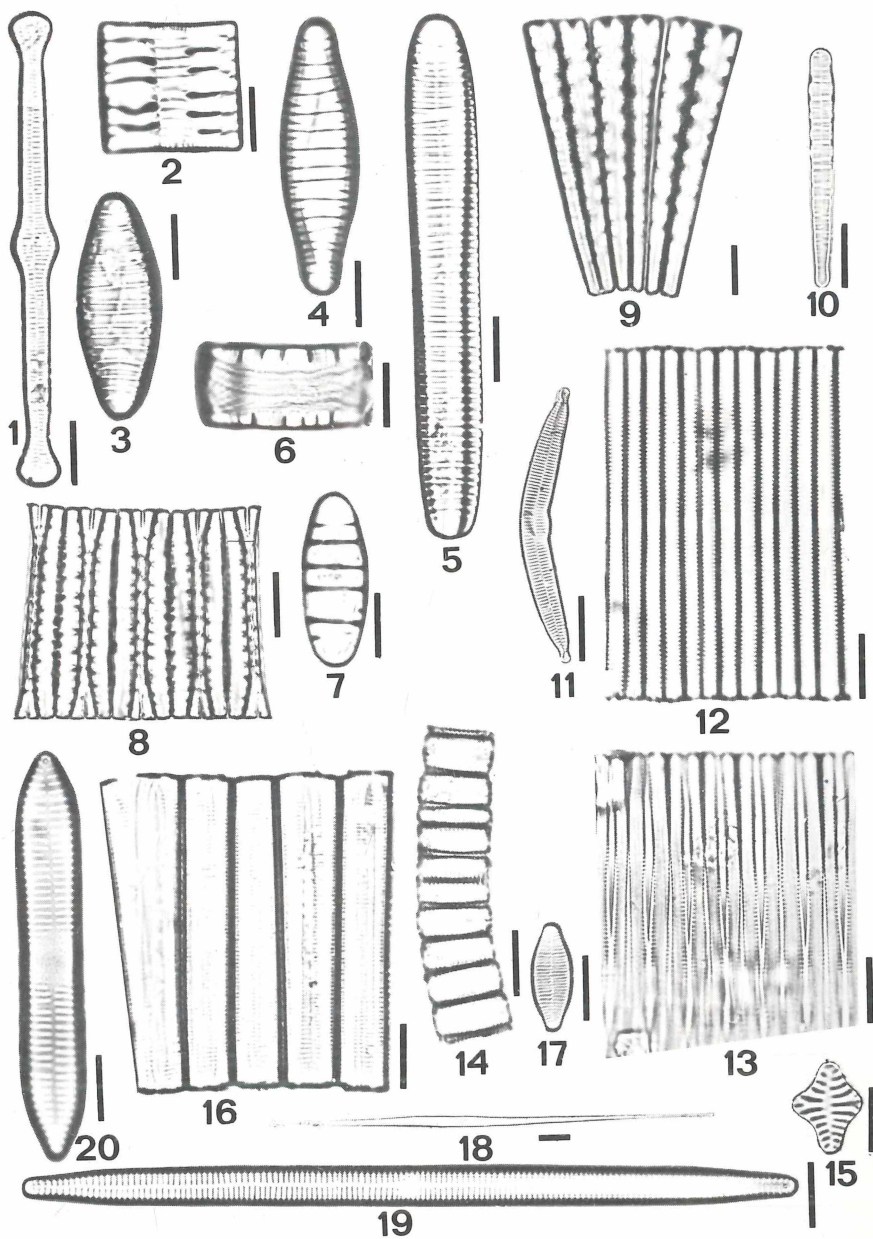
Dr. Dietrich HARTMANN
Gustav-Vorsteher-Str. 14

5802 Wetter/Ruhr 1

Erläuterung zu Tafel 1

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

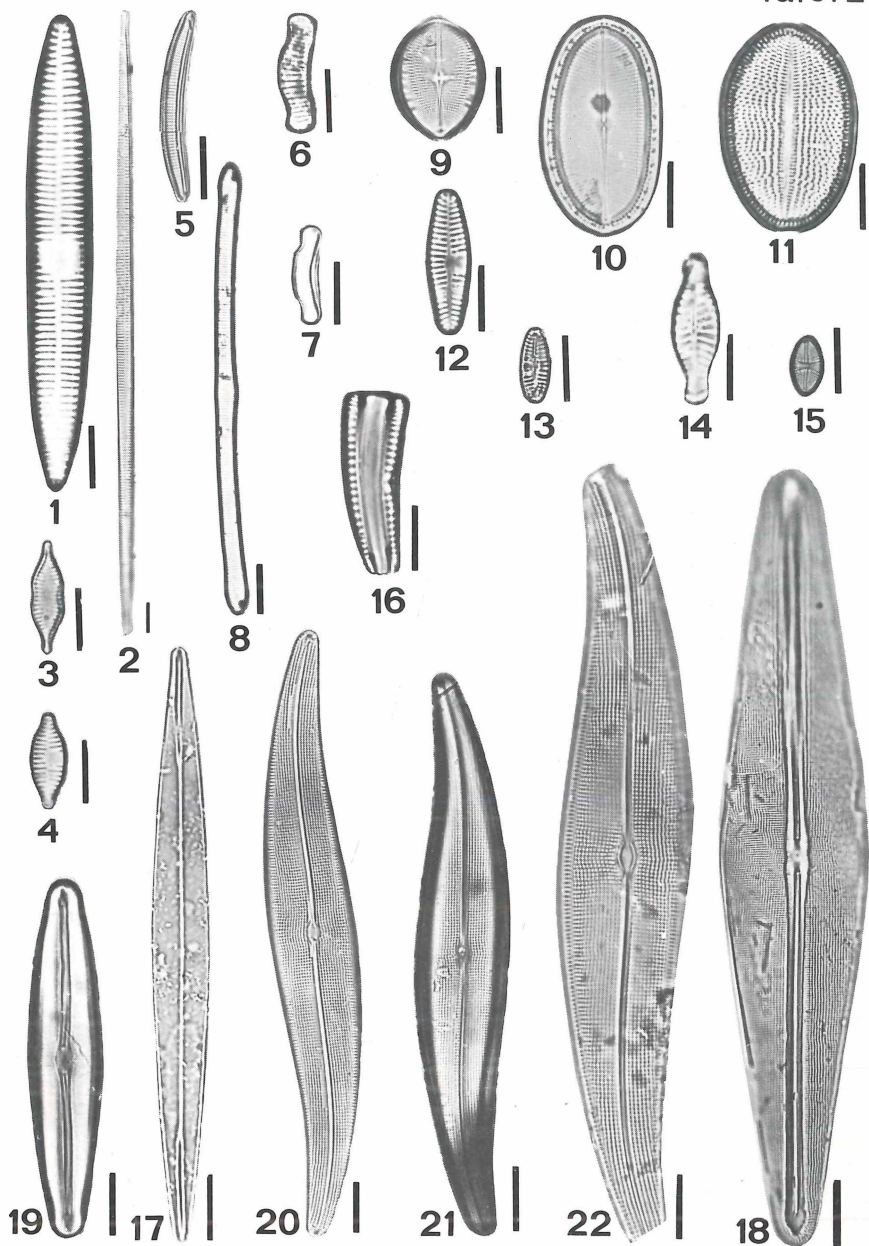
Der Maßstab neben den Figuren zeigt jeweils die Länge von 10 μm an.



Erläuterung zu Tafel 2

Fig. Nr.	Breite/Länge in μm
1 <i>Synedra ulna</i> v. <i>oxyrhynchus</i> (KÜTZ)	10/69
2 <i>Synedra ulna</i> v. <i>danica</i> (KTZ) GRUN.	6/201
3 <i>Synedra parasitica</i> v. <i>biconstr.</i> GRUN.	5/16
4 <i>Synedra Vaucheriae</i> KÜTZ.	5/14
5 <i>Eunotia lunaris</i> v. <i>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</i> v. <i>euglypta</i> (EHR.) (CLEVE)	21/30
12 <i>Achnanthes lanceolata</i> BRÉB.	8/20
13 <i>Achnanthes lanceolata</i> v. <i>minor</i> ?	5/10
14 <i>Achnanthes lanceolata</i> v. <i>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>Amphipleura 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

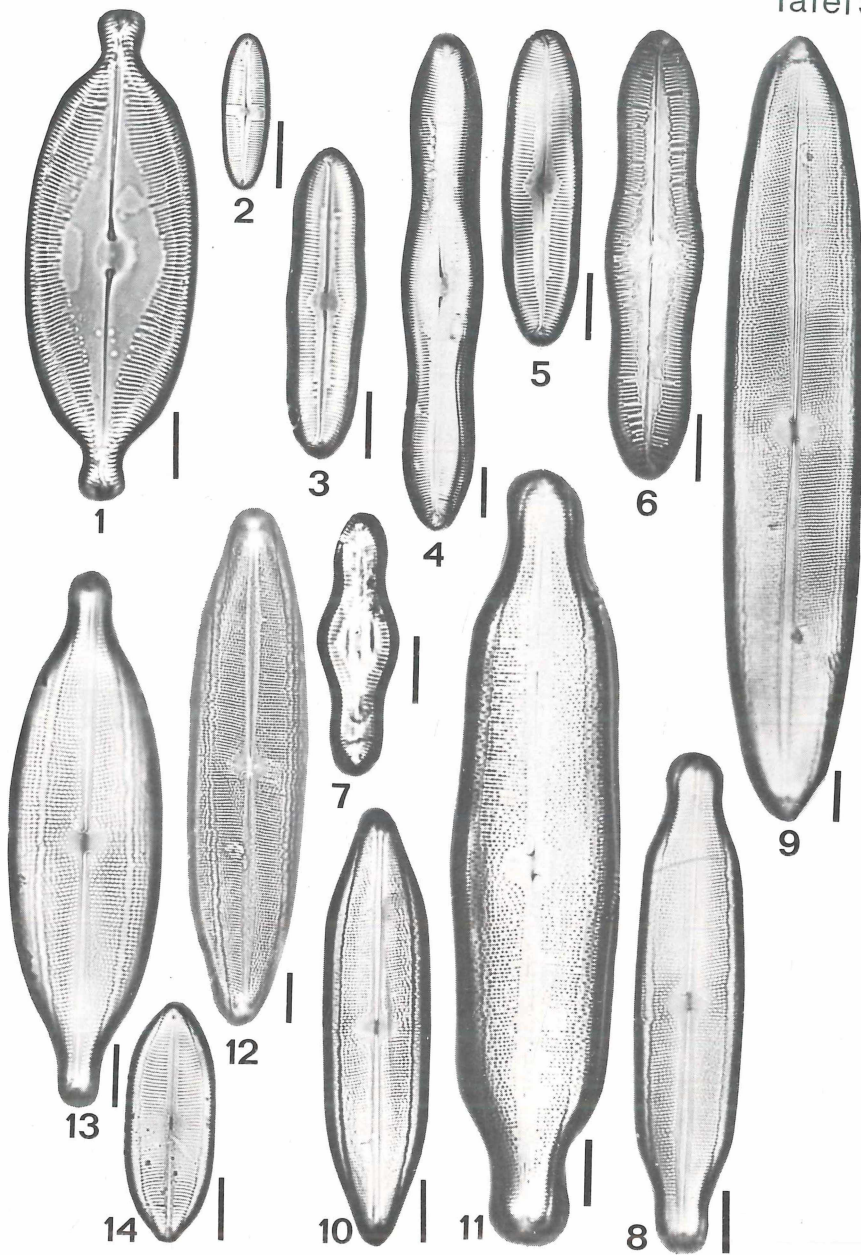
Der Maßstab neben den Figuren zeigt
jeweils die Länge von 10 μm an.



Erläuterung zu Tafel 3

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

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

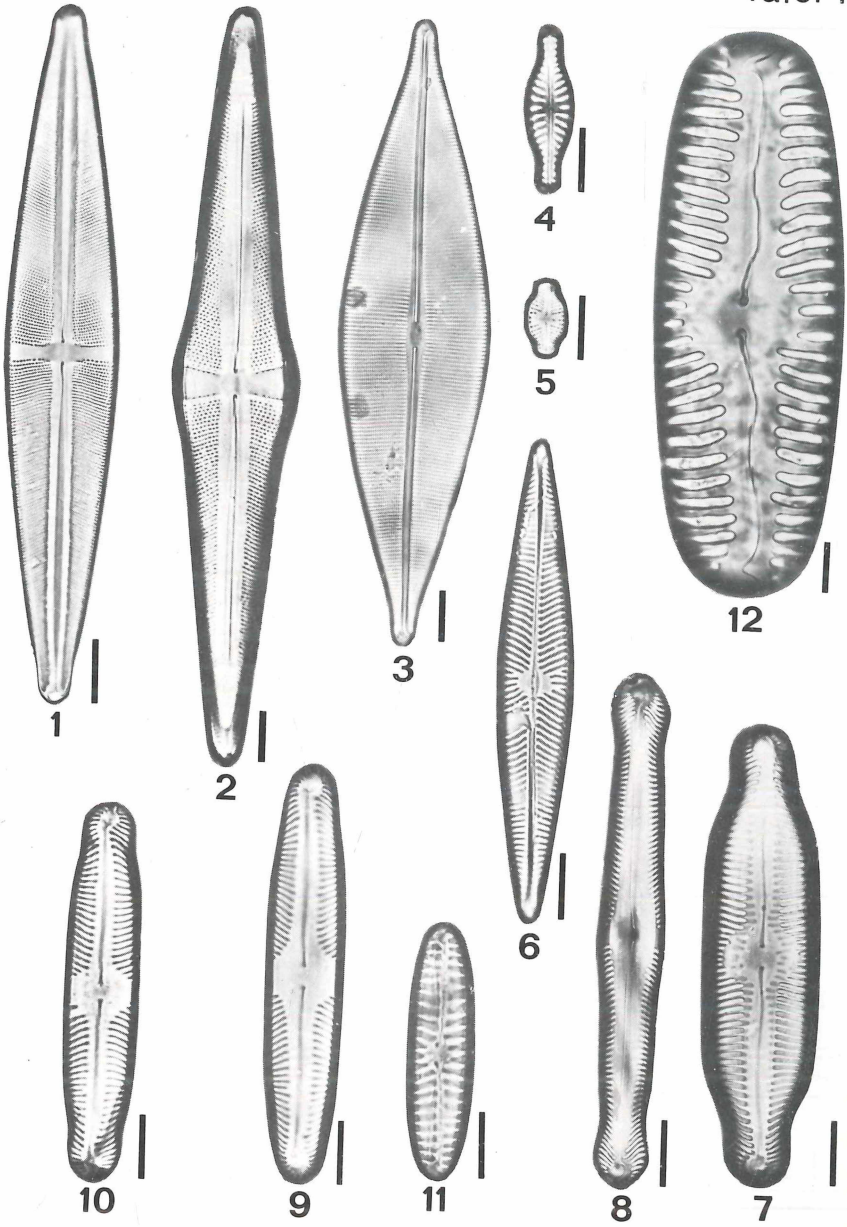


Erläuterung zu Tafel 4

Fig. Nr.	Breite/Länge in μm
1 <i>Stauronels phoenicenteron</i> ÉHRBG.	16/101
2 <i>Stauronels acuta</i> W. SMITH	22/145
3 <i>Navicula cuspidata</i> KÜTZ.	22/119
4 <i>Navicula hungarica</i> v. <i>capitata</i> (EHR.) CLEVE	8/25
5 <i>Navicula mutica</i> KÜTZ	6/11
6 <i>Navicula radiosa</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.

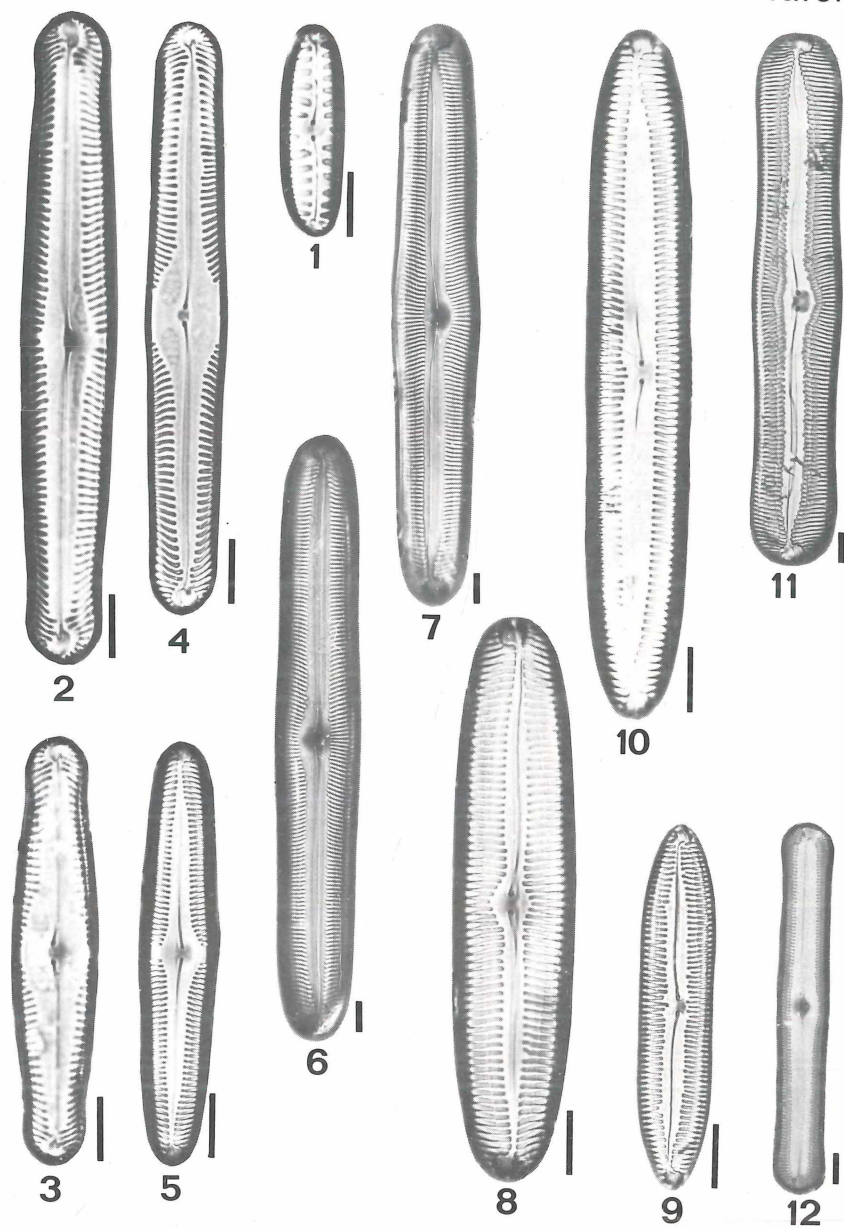
Tafel 4



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 acrosphaeria</i> BRÉBISSON	14/121

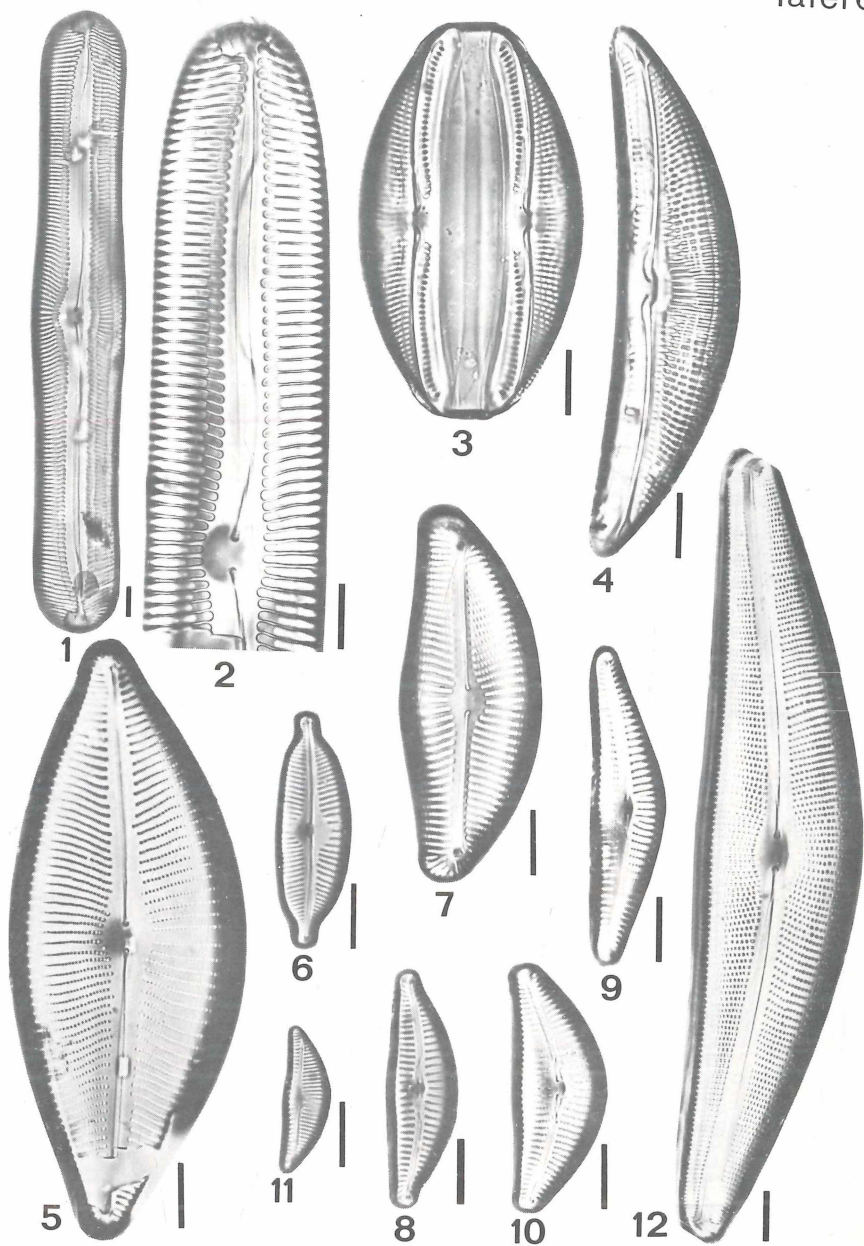
Der Maßstab neben den Figuren zeigt
jeweils die Länge von 10 μm an.



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 cistula</i> (HEMPRICH) GRUN.	13/35
11 <i>Cymbella minuta</i> (HILSE) v. <i>silesiaca</i>	7/22
12 <i>Cymbella aspera</i> (EHR.) CLEVE	32/150

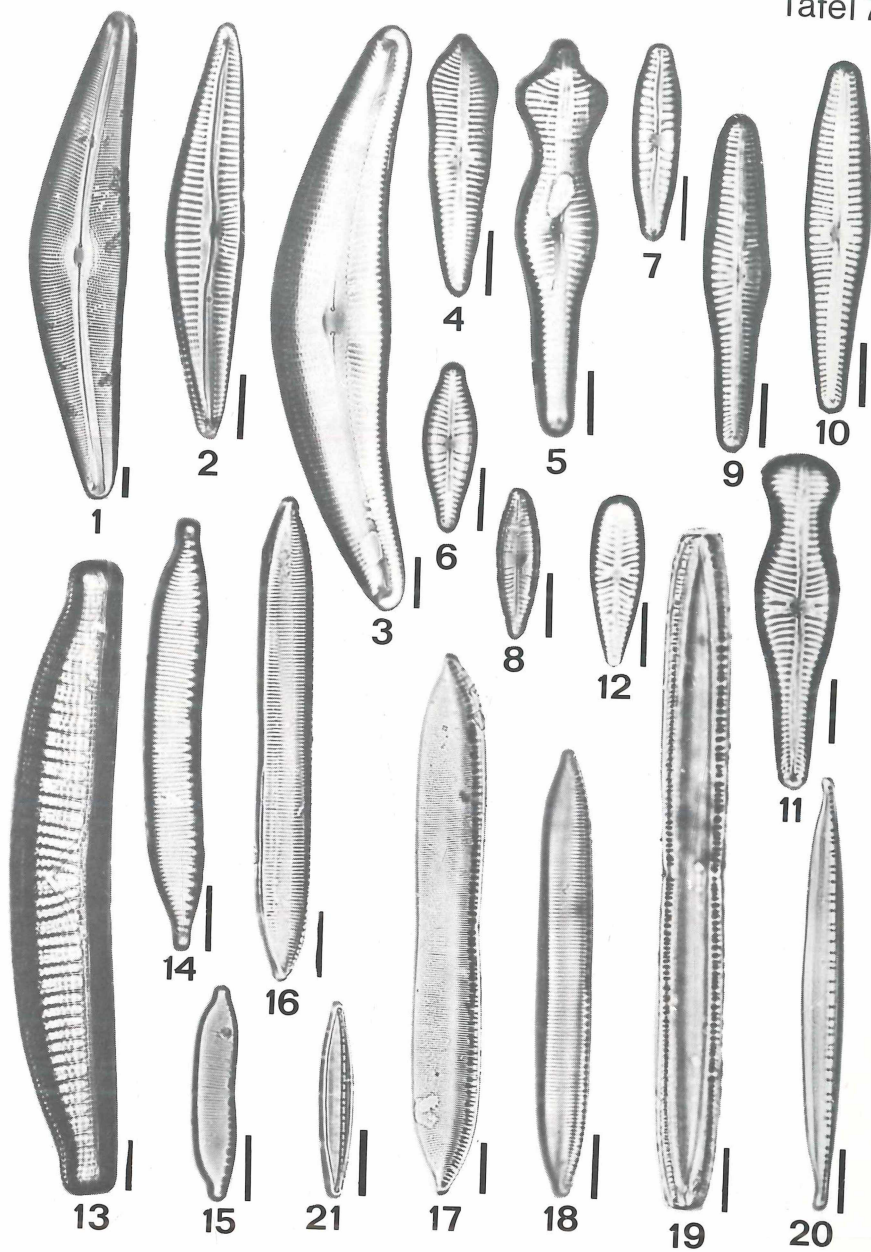
Der Maßstab neben den Figuren zeigt
jeweils die Länge von 10 µm an.



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 v. granulata</i> (EHR.) GPUNOW	15/95
14 <i>Hantzschia amphi. for. capitata</i> O. MÜLL.	8/76
15 <i>Hantzschia virgata v. 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

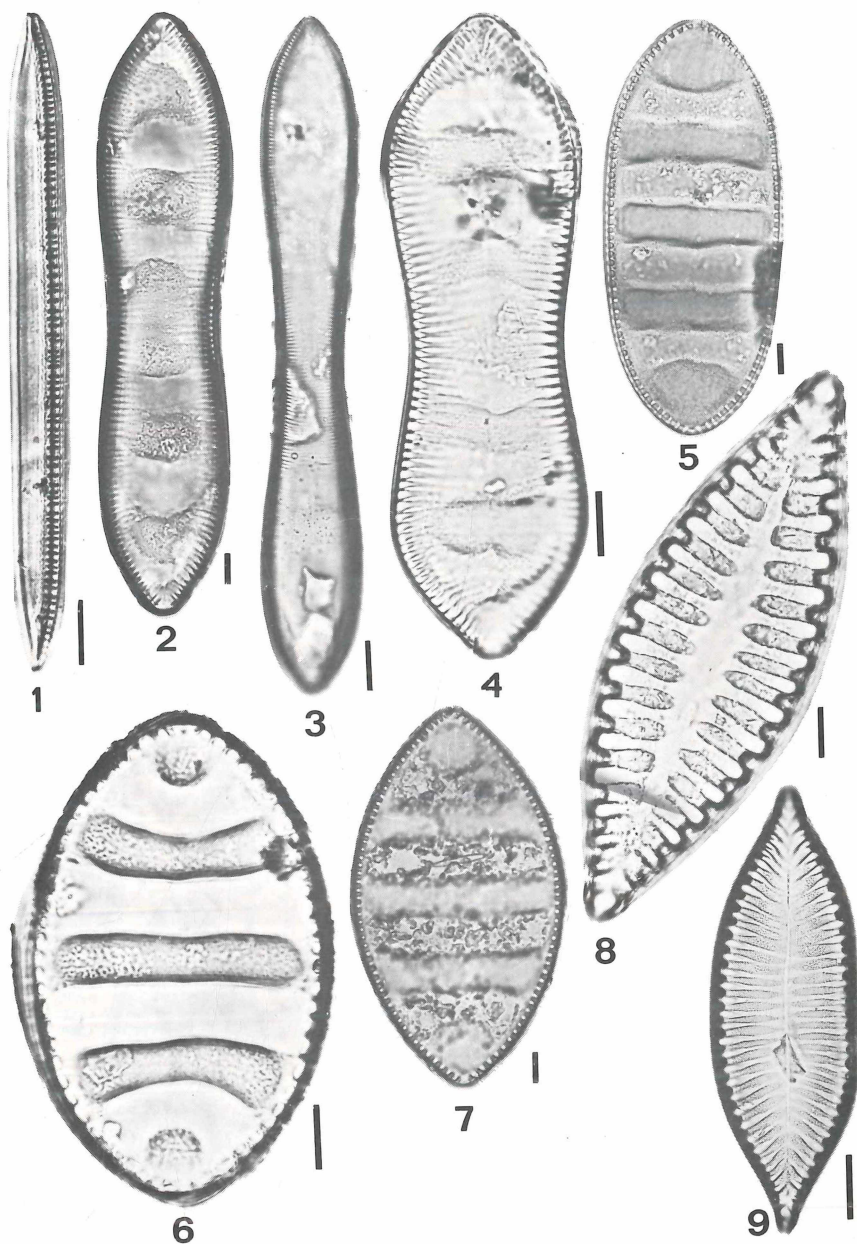
Der Maßstab neben den Figuren zeigt jeweils die Länge von 10 µm an.



Erläuterung zu Tafel 8

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

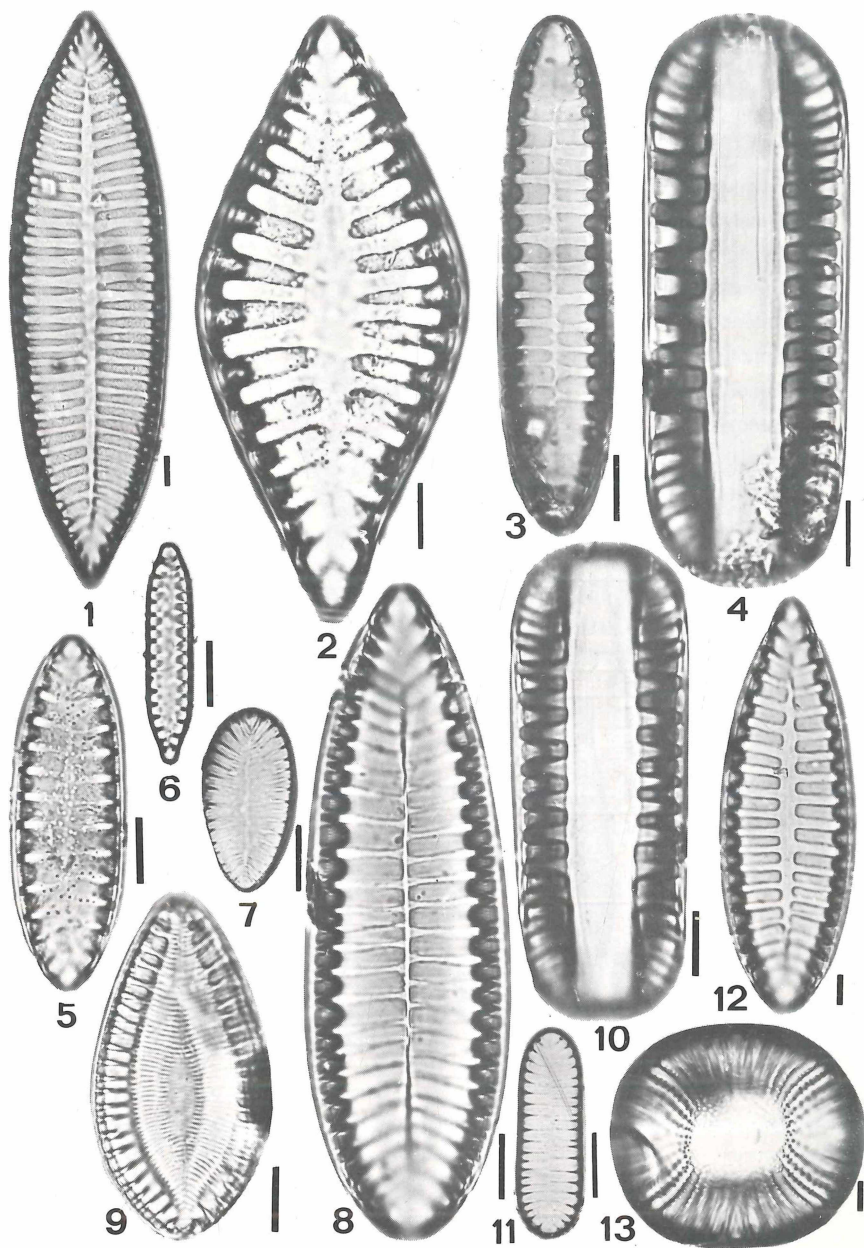
Der Maßstab neben den Figuren zeigt
jeweils die Länge von 10 μm an.



Erläuterung zu Tafel 9

Fig. Nr.	Breite/Länge in μm
1 <i>Surirella biseriata</i> BRÉBISSE	40/182
2 <i>Surirella turgida</i> SMITH	37/90
3 <i>Surirella</i> lin. W. SMITH	15/81
4 <i>Surirella</i> lin. W. SMITH, Gürtel	28/83
5 <i>Surirella</i> lin. var. <i>helvetica</i> (BRUN) MEISTER	17/53
6 <i>Surirella angusta</i> KÜTZ.	7/30
7 <i>Surirella ovata</i> KÜTZ.	12/29
8 <i>Surirella tenera</i> GREGORY	28/95
9 <i>Surirella ovalis</i> BRÉB.	22/46
10 <i>Surirella elegans</i> EHRB. (Gürtel)	27/67
11 <i>Surirella ovata</i> v. <i>pinnata</i> . W. SMITH	10/30
12 <i>Surirella 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.

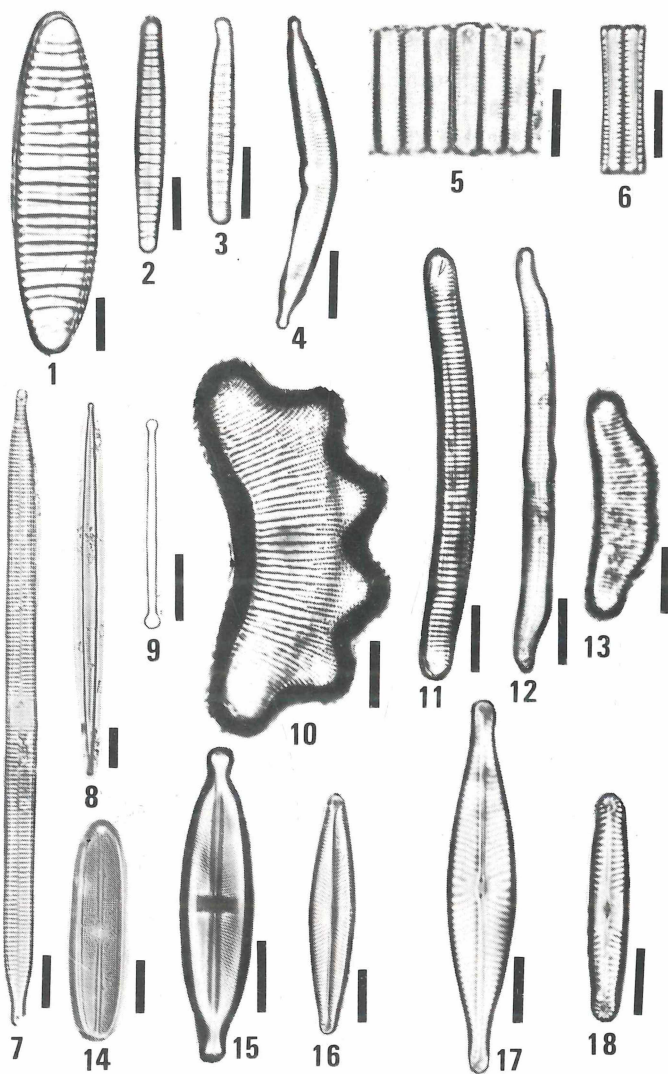


Erläuterung zu Tafel 10

Fig. Nr.	Breite/Länge in μm
1 <i>Diatoma hiemale</i> (Lyngb.) Heiberg	20/70
2 <i>Diatoma vulgare</i> var. <i>Ehrenbergii</i>	7/50
3 <i>Diatoma vulgare</i> var. (deform.) <i>Ehrenbergii</i>	5/46
4 <i>Ceratoneis arcus</i> var. <i>amphioxys</i> (Rabh.)	8/48
5 <i>Fragilaria brevistriata</i> Grun. (?)	3,5/17
6 <i>Fragilaria lapponica</i> Grun. (?)	4,5/32
7 <i>Synedra ulna</i> var. <i>amphirhynchus</i> (Ehrbg.) Grun.	8/136
8 <i>Synedra ulna</i> var. <i>danica</i> (Kütz.) Grun.	3,5/89
9 <i>Asterionella formosa</i> Hassall	2/46
10 <i>Eunotia robusta</i> var. <i>tetraodon</i> (Ehrbg.)	30/40
11 <i>Eunotia valida</i> Hust.	5/65
12 <i>Eunotia pectinalis</i> v. <i>undulata</i> Ralfs	6/68
13 <i>Eunotia diodon</i> Ehr.	17/30
14 <i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve	9/40
15 <i>Stauroneis anceps</i> Ehr.	10/50
16 <i>Navicula lanceolata</i> (Ag.) Ehr.	11/51
17 <i>Navicula rhynchocephala</i> Kütz.	10/51
18 <i>Pinnularia subcapitata</i> 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. v. coronata</i> (Ehr.) W. Smith	11/61
5 <i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Grun.	6/21
6 <i>Gomphonema intricatum v. 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 hantzschschiana</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 v. 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

