

Die Algenflora des Rheines von der Quelle (Tomasee) bis Basel

1989–1990

Werner Zimmerli, Sisseln

Manuskript eingegangen am 28. Mai 1991

Vorwort

Als nach dem 1. November 1986 in vielen Zeitungen in zum Teil riesigen Lettern zu lesen war: *Der Rhein ist tot*, haben wir uns als Biologen die kritische Frage stellen müssen: «Ist der Rhein wirklich tot?»

Wir hatten damals vor und nach dem Einfluss der ominösen Brühe in Schweizerhalle mit einer Arbeitsgruppe der Basler Botanischen Gesellschaft wöchentlich Steine vom Rheinbett genommen und sie in ein Aquarium gelegt. In einem Biologiezimmer des Gymnasiums Bäumlhof hatten wir dann während eines guten halben Jahres den Belag von den Steinen abgekratzt und mikroskopisch untersucht. Jede Woche hatten wir neue Proben aus dem «verseuchten» Gebiet genommen und sie mit den bereits untersuchten verglichen. Nach den jeweiligen Untersuchungen hatten wir die Steine nicht fortgeworfen, sondern im Schulzimmer belassen. Die Aquarien hatten wir auf dem Fensterbrett des Schulzimmers stehen gelassen, um auch die Schüler die weitere Entwicklung miterleben zu lassen. Im Verlaufe des Winters zeigte es sich zu unserem Erstaunen, dass die schwarzen, «verschlammten» Steine, die vom Birskopf stammten, einen grünen Belag bekamen. Interessiert machten wir uns wieder ans Bestimmen. Erfreulicherweise fanden wir eine grosse Zahl von verschiedenen Algenarten, die dem totesagten Material entwachsen waren. Während in allen Zeitungen von einer zehn Jahre langen Erholungsphase die Rede war, waren wir uns in unserer Arbeitsgruppe einig, dass sich das Gewässer in der nächsten Vegetationsperiode wieder erholt haben werde. Wenn die Primärproduzenten einmal da sind, lassen die Konsumenten nicht lange auf sich warten.

Als 1987 die *Sandoz* einen Fonds zugunsten des Rheins errichtete, erachtete ich es als eine grosse Chance, ein Projekt einzureichen, um die Algenflora des Rheines zu untersuchen. Das Projekt umfasste eine Bestandesaufnahme der Algen, eine Beurteilung des Wassers anhand des Saprobiensystems und eine Untersuchung der chemischen Belastung von der Quelle (Tomasee) bis Basel. In der «Bauhinia» soll der botanische Teil in zwei Teilen auszugsweise publiziert werden.

1. Einleitung

Fließgewässer sind offene, rasch durchflossene Systeme. Geschlossene Stoffkreisläufe sind insofern nicht vorhanden, da sich eine kontinuierliche stoffliche Veränderung abspielt. Die gerichtete Strömung, die Wasserbewegung ist es, die den Charakter prägt. Die Beschaffenheit des Bachbettes spielt für die Besiedlung eines Gewässers eine bedeutende Rolle; ebenso die Art der Strömung, ob laminar oder turbulent, oder auch die Totwasserräume.

Es eignen sich für Fließwasseruntersuchungen vor allem Lebewesen, die einem Substrat aufsitzen. In ihnen sind die gesamten Einflüsse des Wassers gespeichert.

Ich habe mich, nicht zuletzt aus zeitlichen und finanziellen Gründen, entschlossen, pro Jahreszeit eine Probe zu entnehmen, im Bewusstsein, dass die Resultate bestenfalls Tendenzen angeben können.

1.1. Material und Methode

Auf der 362 km langen Strecke vom Tomasee nach Basel wurden an 56 Stellen Wasser und Algenproben entnommen (Abb. 1 und Karte 1). In der Regel wurden pro Ort immer drei Stellen berücksichtigt: der Rhein vor einem grösseren Zufluss, der Zufluss selbst und schliesslich der Rhein unterhalb des Zuflusses.

Vom Grund jeder Entnahmestelle wurden einige Steine genommen und in einen Inkubationsbehälter mit Originalwasser gelegt. Zudem wurde mit dem Sackmesser von mehreren Steinen der Bewuchs abgekratzt und in Snap cups abgefüllt. Eine Probe wurde sofort mit Formol fixiert, die andere für die mikroskopische Lebenduntersuchung in die Kühlbox gestellt. Als letztes wurde mit dem Netz dem Wasser eine Planktonprobe entnommen. Dieses Material wurde für die Untersuchung in der Kühlbox befördert.

1.2. Untersuchungsmethoden

Die Algenbestimmungen erfolgten mit einem BH2-Olympus-Mikroskop. Neben der normalen Hellichtoptik standen Phasenkontrast, Interferenz (Nomarski) und

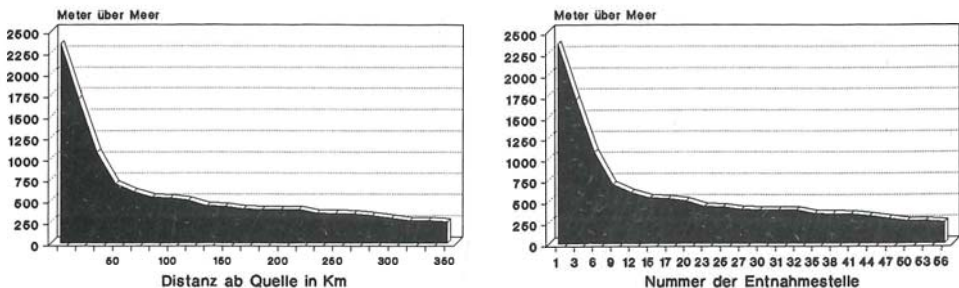
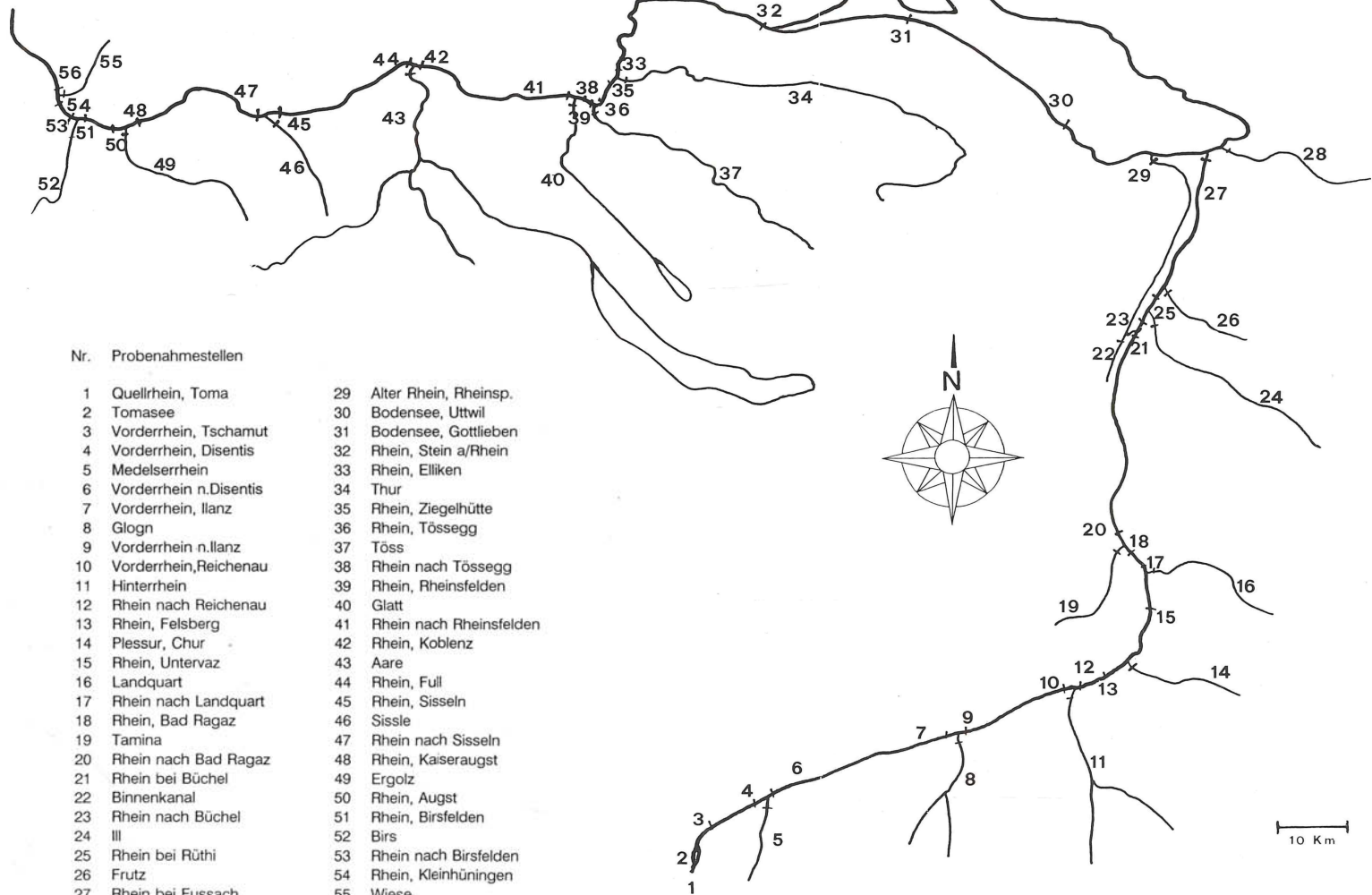


Abb. 1. Profil des Rheinlaufs

zu Abbildung 1

Nr.	Probeentnahmestellen	Höhe über Meer	km	Distanz	R = Rhein Z = Zuflüsse
1	Quellrhein, Toma	2350 m	0,0	0,0	R
2	Tomasee	2343 m			R
3	Vorderrhein, Tschamut	1700 m	4,0	4,0	R
4	Vorderrhein, Disentis	1075 m			R
5	Medelserrhein	1075 m	17,5	13,5	Z
6	Vorderrhein n. Disentis	1075 m			R
7	Vorderrhein, Ilanz	703 m			R
8	Glogn	699 m	46,5	29,0	Z
9	Vorderrhein n. Ilanz	697 m			R
10	Vorderrhein, Reichenau	598 m			R
11	Hinterrhein	598 m	63,5	17,0	Z
12	Rhein nach Reichenau	598 m			R
13	Rhein, Felsberg	571 m			R
14	Plessur, Chur	550 m	72,5	9,0	Z
15	Rhein, Untervaz	536 m			R
16	Landquart	530 m	86,0	13,5	Z
17	Rhein nach Landquart	529 m			R
18	Rhein, Bad Ragaz	500 m			R
19	Tamina	500 m	91,5	5,5	Z
20	Rhein nach Bad Ragaz	500 m			R
21	Rhein bei Büchel	435 m			R
22	Binnenkanal	435 m	125,5	34,0	Z
23	Rhein nach Büchel	435 m			R
24	Ill	445 m	128,5	3,0	Z
25	Rhein bei Rüthi	430 m			R
26	Frutz	428 m	132,5	4,0	Z
27	Rhein bei Fussach	400 m	152,5	20,0	R
28	Bregenzer Ach	400 m			Z
29	Alter Rhein, Rheinspitz	400 m	181,5	29,0	Z
30	Bodensee, Uttwil	396 m			R
31	Bodensee, Gottlieben	396 m	200,5	19,0	R
32	Rhein, Stein a. Rhein	395 m	222,5	22,0	R
33	Rhein, Elliken	348 m			R
34	Thur	352 m	260,5	38,0	Z
35	Rhein, Ziegelhütte	347 m			R
36	Rhein, Tössegg	346 m			R
37	Töss	346 m	266,0	5,5	Z
38	Rhein nach Tössegg	346 m			R
39	Rhein, Rheinsfelden	340 m			R
40	Glatt	340 m	274,0	8,0	Z
41	Rhein nach Rheinsfelden	340 m			R
42	Rhein, Koblenz	321 m			R
43	Aare	321 m	297,5	23,5	Z
44	Rhein, Full	320 m			R
45	Rhein, Sisseln	290 m			R
46	Sissle	290 m	321,5	24,0	Z
47	Rhein nach Sisseln	290 m			R
48	Rhein, Kaiseraugst	266 m			R
49	Ergolz	264 m	348,5	27,0	Z
50	Rhein, Augst	264 m			R
51	Rhein, Birsfelden	261 m			R
52	Birs	261 m	357,0	8,5	Z
53	Rhein nach Birsfelden	261 m			R
54	Rhein, Kleinhüningen	248 m			R
55	Wiese	250 m	361,8	4,8	Z
56	Rhein, Dreiländereck	248 m	362,0	0,2	R

Karte der Entnahmestellen



Nr. Probenahmestellen

- | | | | |
|----|------------------------|----|-------------------------|
| 1 | Quellrhein, Toma | 29 | Alter Rhein, Rheinsp. |
| 2 | Tomasee | 30 | Bodensee, Uttwil |
| 3 | Vorderrhein, Tschamut | 31 | Bodensee, Gottlieben |
| 4 | Vorderrhein, Disentis | 32 | Rhein, Stein a/Rhein |
| 5 | Medelserrhein | 33 | Rhein, Elliken |
| 6 | Vorderrhein n.Disentis | 34 | Thur |
| 7 | Vorderrhein, Ilanz | 35 | Rhein, Ziegelhütte |
| 8 | Glogn | 36 | Rhein, Tössegg |
| 9 | Vorderrhein n.Ilanz | 37 | Töss |
| 10 | Vorderrhein, Reichenau | 38 | Rhein nach Tössegg |
| 11 | Hinterrhein | 39 | Rhein, Rheinsfelden |
| 12 | Rhein nach Reichenau | 40 | Glatt |
| 13 | Rhein, Felsberg | 41 | Rhein nach Rheinsfelden |
| 14 | Plessur, Chur | 42 | Rhein, Koblenz |
| 15 | Rhein, Untervaz | 43 | Aare |
| 16 | Landquart | 44 | Rhein, Full |
| 17 | Rhein nach Landquart | 45 | Rhein, Sisseln |
| 18 | Rhein, Bad Ragaz | 46 | Sissle |
| 19 | Tamina | 47 | Rhein nach Sisseln |
| 20 | Rhein nach Bad Ragaz | 48 | Rhein, Kaiseraugst |
| 21 | Rhein bei Büchel | 49 | Ergolz |
| 22 | Binnenkanal | 50 | Rhein, Augst |
| 23 | Rhein nach Büchel | 51 | Rhein, Birsfelden |
| 24 | Ill | 52 | Birs |
| 25 | Rhein bei Rüthi | 53 | Rhein nach Birsfelden |
| 26 | Frutz | 54 | Rhein, Kleinhüningen |
| 27 | Rhein bei Fussach | 55 | Wiese |
| 28 | Bregenzer Ach | 56 | Rhein, Dreiländereck |

Dunkelfeld zur Verfügung. Alle vorerst unbekanntes Algen wurden ausgemessen, mit Hilfe des Zeichenapparates festgehalten und mit einer PM6-Kamera fotografiert. Bestimmt wurde das Algenmaterial meist in frischem Zustand. Oft mussten die Präparate für die Bestimmung gefärbt werden. Für die Vorbereitung der mikroskopischen Präparate stand die Stereolupe VT II von Olympus zur Verfügung.

2. Untersuchungsergebnisse

2.1. Beschreibung des Algenvorkommens im Rhein und seinen Zuflüssen

Im Rhein allein wurden rund 450 verschiedene Algenarten festgestellt. Die grösste Gruppe sind die Bacillariophyceen mit 194 Arten, gefolgt von den Chlorophyceen mit 108, den Cyanophyceen mit 72, den Conjugatophyceen mit 46 und den Xanthophyceen mit 10 Arten. Die restlichen Klassen weisen nur einzelne Algenarten auf (Tab. 1 und Abb. 2a–g).

Betrachtet man das Algentotal (Abb. 2a), so sticht die Aare, gefolgt von Stein a. Rhein und Nr. 53 (Rhein unterhalb Birseinfluss), mit der höchsten Artenzahl deutlich hervor.

Die grösste Artenzahl der Bacillariophyceen ist nach dem Einfluss der Sissle zu finden, gefolgt von Stein a. Rhein, dem Rhein bei Augst und dem Dreiländereck. Allgemein kann festgestellt werden, dass die Artenzahl bei den Bacillariophyceen nach dem Bodensee zunimmt. In unserer Darstellung fällt die kleinere Artenzahl bei den Zuflüssen auf (Abb. 2c und Abb. 4a/b). Sie ist darauf zurückzuführen, dass es sich hier nur um eine Untersuchungsprobe handelt. Diese tiefen Zahlen sind also nicht repräsentativ und somit nicht mit der Algenanzahl des Rheines vergleichbar (Abb. 3a/b).

Alle andern Algengruppen sind Mischproben aus mehr als einem Jahr. Bei den Chlorophyceen ragen die Nummern 40, 42, 43, 47 und 53 hervor; bei den Conjugatophyceen die Entnahmeorte 30, 42, 53, 32 und 33. In der Landquart und der Stelle danach konnten gar keine Conjugatophyceen gefunden werden. Bei den Cyanophyceen überragt die Nummer 42 deutlich alle andern, während die Nummern 18, 21 und 23 Arten dieser Klasse vermissen lassen.

Tabelle 1

Nr. Probeentnahmestellen	Total der Algengruppen										
	Bac	Chl	Con	Cya	Cry	Xan	Din	Eug	Chr	Rho	Total
1 Quellrhein, Toma	8	3	1	4	0	2	0	0	0	0	18
2 Tomasee	52	9	9	4	0	1	0	1	0	0	76
3 Vorderrhein, Tschamut ..	4	8	1	2	0	0	0	0	0	0	15
4 Vorderrhein, Disentis	2	13	3	3	0	0	0	0	0	0	21
5 Medelserrhein	45	8	5	3	0	0	0	0	0	0	61
6 Vorderrhein n. Disentis ...	53	12	3	6	0	0	0	0	0	0	74
7 Vorderrhein, Ilanz	5	10	6	6	0	0	0	0	0	0	27
8 Glogn	38	15	5	2	0	0	0	0	0	0	60
9 Vorderrhein n. Ilanz	40	8	9	6	2	0	0	1	0	0	66

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Nr. Probeentnahmestellen	Total der Algengruppen										Total
	Bac	Chl	Con	Cya	Cry	Xan	Din	Eug	Chr	Rho	
10 Vorderrhein, Reichenau ..	4	6	3	4	1	0	0	0	0	0	18
11 Hinterrhein	35	11	3	8	0	1	0	1	0	0	59
12 Rhein nach Reichenau ...	43	13	2	5	0	0	0	0	0	0	63
13 Rhein, Felsberg	7	13	2	5	0	0	0	0	0	0	27
14 Plessur, Chur	37	11	2	5	0	1	0	0	0	0	56
15 Rhein, Untervaz	49	8	1	3	0	3	0	0	0	0	64
16 Landquart	32	3	0	2	0	0	0	0	0	0	37
17 Rhein nach Landquart ...	38	4	0	1	0	0	0	0	0	0	43
18 Rhein, Bad Ragaz	4	19	6	0	0	2	0	0	0	0	31
19 Tamina	27	1	3	5	0	0	0	0	0	0	36
20 Rhein nach Bad Ragaz ...	56	12	3	4	0	1	0	1	0	0	77
21 Rhein bei Büchel	4	9	2	0	0	1	0	0	0	0	16
22 Binnenkanal	36	7	7	4	0	0	0	0	0	0	54
23 Rhein nach Büchel	49	8	4	0	0	1	0	0	0	0	62
24 Ill	25	4	1	5	0	0	0	1	0	0	36
25 Rhein bei Rüthi	48	9	2	6	0	1	0	0	1	0	67
26 Frutz	44	11	1	7	0	2	0	1	0	0	66
27 Rhein bei Fussach	54	7	5	5	0	0	0	1	0	1	73
28 Bregenzer Ach	53	14	8	9	0	0	0	1	0	0	85
29 Alter Rhein, Rheinspitz ..	46	10	2	3	1	1	0	0	0	0	63
30 Bodensee, Uttwil	55	18	13	10	0	0	1	1	2	0	100
31 Bodensee, Gottlieben	58	14	9	9	0	0	1	0	1	0	92
32 Rhein, Stein a. Rhein	68	22	11	9	0	1	0	0	0	0	111
33 Rhein, Elliken	10	25	11	8	0	2	0	0	0	1	57
34 Thur	23	16	5	1	0	0	0	0	0	0	45
35 Rhein, Ziegelhütte	54	19	5	6	0	0	0	2	0	0	86
36 Rhein, Tössegg	4	20	9	6	0	0	0	2	0	0	41
37 Töss	46	26	7	3	1	0	0	0	0	1	84
38 Rhein nach Tössegg	64	17	8	10	0	0	0	0	2	0	101
39 Rhein, Rheinsfelden	5	14	6	4	0	0	0	0	2	0	31
40 Glatt	35	36	6	2	0	1	0	0	2	0	82
41 Rhein nach Rheinsfelden	52	20	8	7	0	0	0	1	0	0	88
42 Rhein, Koblenz	18	34	12	14	0	3	1	1	0	2	85
43 Aare	49	28	10	8	0	0	1	1	0	0	97
44 Rhein, Full	55	10	9	4	0	0	1	1	0	0	80
45 Rhein, Sisseln	17	8	6	8	0	2	1	0	0	1	43
46 Sissle	42	9	3	6	0	0	0	0	0	2	62
47 Rhein nach Sisseln	75	28	9	10	0	0	0	1	0	0	123
48 Rhein, Kaiseraugst	8	18	7	5	0	0	1	0	0	0	39
49 Ergolz	36	12	8	5	0	0	0	0	0	0	61
50 Rhein, Augst	66	22	7	3	0	1	1	0	0	0	100
51 Rhein, Birsfelden	19	3	2	4	0	0	1	0	0	2	31
52 Birs	33	25	5	4	0	1	0	3	0	2	73
53 Rhein nach Birsfelden ...	62	27	11	8	0	2	0	0	1	0	111
54 Rhein, Kleinhüningen ...	13	5	5	6	0	2	1	0	1	1	34
55 Wiese	35	23	3	4	0	0	0	0	0	0	65
56 Rhein, Dreiländereck	66	14	6	5	0	2	1	0	0	1	95

Legende zu den Algenklassen:

Bac	Bacillariophyceae	Chl	Chlorophyceae	Chr	Chrysophyceae
Con	Conjugatophyceae	Cry	Cryptophyceae	Cya	Cyanophyceae
Din	Dinophyceae	Eug	Euglenophyceae	Rho	Rhodophyceae
Xan	Xanthophyceae				

Vertreter der Xanthophyceen treten sporadisch mit wenigen Arten immer wieder auf. Besonders erwähnenswert scheinen mir die Chrysophyceen zu sein, zeigen sie doch schön ihre Abhängigkeit vom ruhigen Wasser des Bodensees und vom gestauten Wasser vor den Kraftwerken. Die Dinophyceen zeigen etwa dieselbe Verbreitung wie die Chrysophyceen, d.h., sie sind auf das ruhige Wasser angewiesen (Tab. 2). Es stellt sich die Frage, ob diese Algenarten autochthon sind oder ob sie tatsächlich den Sturz über den Rheinfall und über die Stauwerke der folgenden Kraftwerke überlebt haben. Die Rhodophyceen kommen bis auf den Fund bei Fussach ausschliesslich nach dem Bodensee vor, und zwar im Rhein wie in seinen Zuflüssen (Tab. 2).

Es muss an dieser Stelle festgehalten werden, dass bei der Bestimmung das Augenmerk bewusst auf die grossen Algenklassen gerichtet war, da von Anbeginn die Absicht bestand, diese, wenn möglich, als Bioindikatoren zu verwenden bzw. auf diese Eigenschaft hin zu prüfen. Es zeigt sich, dass das Algenvorkommen sehr stark von der Dynamik des Wassers abhängig ist. Im reissenden Strom treffen wir andere Arten als vergleichsweise vor den Staustufen eines Kraftwerkes. Wir finden aber grosse Ähnlichkeiten in den Arten bei Staustufen und im Bodensee.

Es scheint auch, dass das durch Gesteinsmehl getrübt Wasser (von Reichenau bis zum Bodensee) sich nachteilig auf den Algenbestand auswirkt. Vermutlich wird der Algenbewuchs an den Steinen regelrecht abgeschliffen. Bei den Totstellen wird der Grund des Flussbettes verschlammt. An diesen Stellen treten dann zwar sehr oft zahlenmässig viele Kieselalgen auf, die Artenzahl aber ist dort gering.

Der Hauptstrang des Rheines kann aufgrund der Wasserbewegung in vier Abschnitte gegliedert werden:

- der wilde Bergbach vom Tomasee bis Reichenau,
- der schnell fliessende, trübe Strom bis zum Bodensee,
- der ruhige Teil des Bodensees und die gestauten Abschnitte vor den Kraftwerken,
- der gemächlich dahinfließende Strom vom Bodensee bis Basel (ausgenommen Rheinfall).

Es darf nicht übersehen werden, dass der weitaus grösste Teil des 362 km langen Rheinlaufes von Menschenhand verändert worden ist. Die Physiognomie der Zuflüsse ist völlig anders. Ich bin bei den Zuflüssen nur immer mit dem Unterlauf in Kontakt gekommen. Meistens ist dieser einer sog. Flusskorrektur zum Opfer gefallen. In diesen verbetonierten, trostlosen letzten Abschnitten der Zuflüsse, wo auch das Wasser sehr schnell fliesst, haben es die Algen besonders schwer, sich zu etablieren. Dies ist wohl einer der Gründe, warum die Algenartenzahl der Zuflüsse, im Vergleich zum Rhein, an vielen Entnahmeorten relativ gering war. Ein anderes Bild zeigen nur die mehr oder weniger natürlich dahinfließende Aare und die Glatt.

2.2. Interpretation des Algenvorkommens im Rhein und in den Zuflüssen

Abb. 5 zeigt uns die Algenklassen des Rheins im Vergleich zu den Zuflüssen. Die Trendlinie (Abb. 2f) Algen-Total (56 Stellen) beginnt bei etwa 40 Arten und endet in Basel bei rund 80, d.h., sie steigt mässig an. Bei den Messstellen unterhalb des Zuflusses (Abb. 3a/b) liegt sie zu Beginn bei 60 Arten und steigt bis 110, strebt also steiler empor. Ganz anders ist die Trendlinie bei den Zuflüssen; sie verläuft flach (Abb. 4a/b).

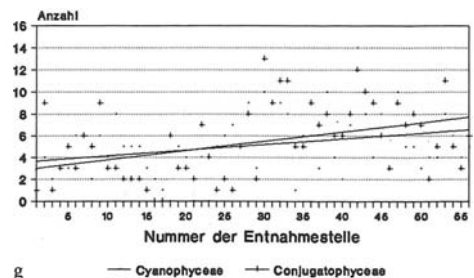
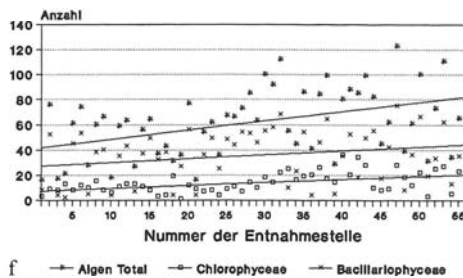
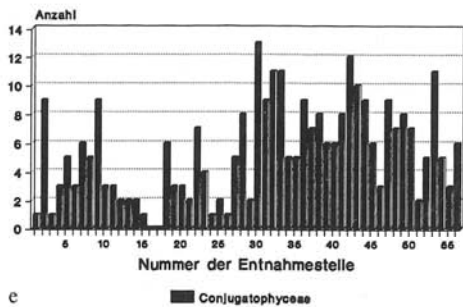
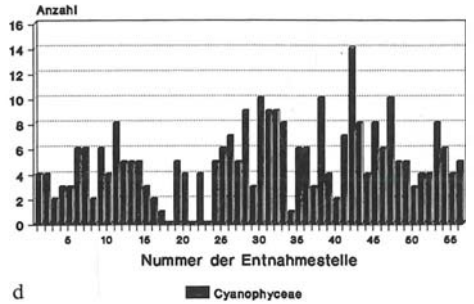
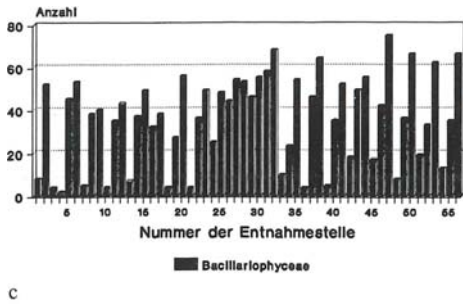
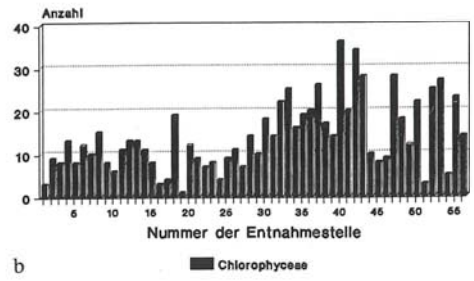
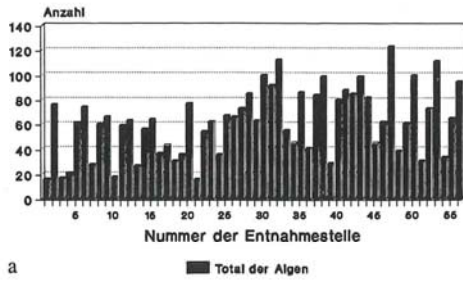
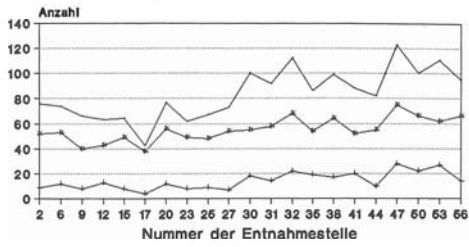
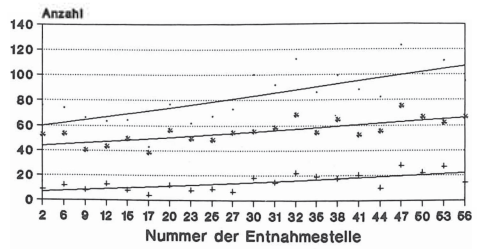


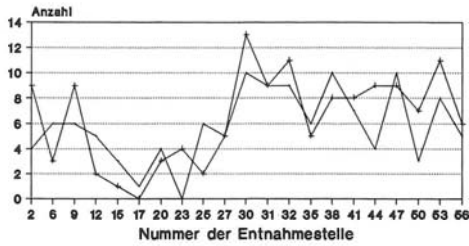
Abb. 2. Algen, Rhein und Zuflüsse



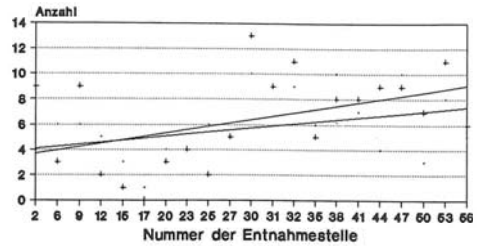
a — Algen Total — Chlorophyceae — Bacillariophyceae



b — Algen Total — Chlorophyceae — Bacillariophyceae

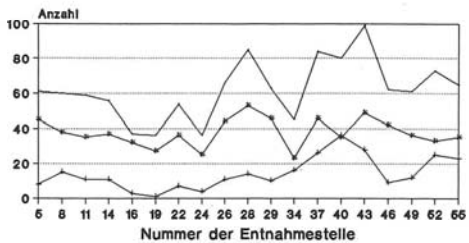


c — Cyanophyceae — Conjugatophyceae

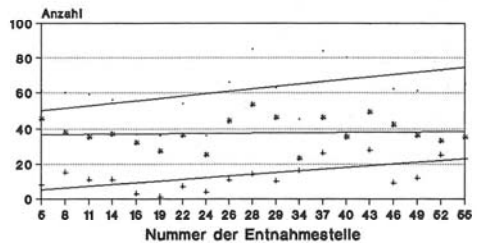


d — Cyanophyceae — Conjugatophyceae

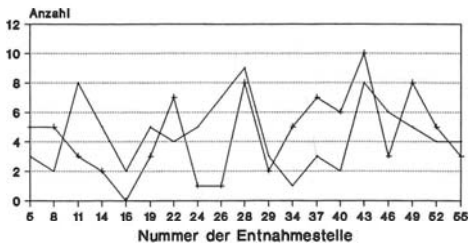
Abb. 3 Algen, Rhein



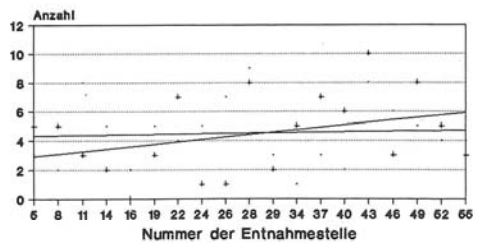
a — Algen Total — Chlorophyceae — Bacillariophyceae



b — Algen Total — Chlorophyceae — Bacillariophyceae



c — Cyanophyceae — Conjugatophyceae



d — Cyanophyceae — Conjugatophyceae

Abb. 4. Algen, Zuflüsse

Die Bacillariophyceen-Trendlinie des Rheines (Abb. 3b) beginnt bei 45 und steigt bis gegen 65 an. Die Zufluss-Trendlinie (Abb. 4b) zeigt hier wieder dasselbe flache Bild: Sie beginnt bei etwa 37 und endet bei 39. Somit verläuft die Linie bei der Darstellung der 56 Messstellen (Abb. 2f) wieder steiler: von 28 bis gegen 45.

Die Chlorophyceen-Trendlinie (Abb. 3b) verläuft beim Rhein sehr steil: 7 Arten im Tomasee bis 22 Arten in Basel. Bei den Zuflüssen beginnt die Artenzahl mit etwa 5 und endet bei der Wiese mit 22 Arten (Abb. 4b). Im Algentotal (56 Messstellen) ist der Beginn bei etwa 7 und das Ende bei 21 (Abb. 2b). Somit verlaufen die 3 Linien alle etwa gleich.

Die Artenzahl der Conjugatophyceen im Rhein (22 Messstellen) beginnt bei 4 und vergrößert sich bis nach Basel auf 9 (Abb. 3d). Bei den Zuflüssen beginnt die Trendlinie zwischen 4 und 5 und bleibt bis Basel etwa gleich (Abb. 4d). Beim Algentotal (56 Messstellen) resultiert aber dennoch eine leicht steigende Trendlinie (Abb. 2g).

Die Trendlinie der Cyanophyceen verläuft im Rhein (22 Messstellen) von 4 Arten an der Quelle bis 7 Arten in Basel leicht steigend (Abb. 3d). Die Zuflüsse (Abb. 4d) zeigen eine noch weniger steigende Trendlinie: von 3 Arten bis auf 6 Arten, und bei der Linie der 56 Messstellen (Abb. 2g) von 3 bis auf 6 Arten in Basel.

Allgemein verlaufen die Trendlinien der 4 Algengruppen steigend. Bei den Grünalgen ist der Anstieg am deutlichsten ersichtlich. Eventuell spielt die chemische Belastung eine Rolle. Auf der andern Seite muss man aber auch bedenken, dass das ganze Mittelland mit den wasserreichen Flüssen wie Aare, Limmat und Reuss sich zum Rhein entwässert. Auch die grossen Mittellandseen bringen ihr Wasser in den Rhein. Tatsächlich kann in der Aare und der Glatt die grösste Artenzahl nachgewiesen werden.

2.3. Verbreitung einzelner ausgewählter Algen, die nach dem Auftreten eine gewisse Strecke im Rhein bleiben

Wie Tabelle 3 zeigt, treten 49 Arten irgend einmal im Rhein auf, finden dort die Lebensbedingungen gut genug und bleiben zumindest bis zum Dreiländereck im Rheinwasser. Besonders auffallend ist der Tomasee mit 18 Arten, dann der Medelserrhein mit 10 und der Bodensee mit 7 Arten (Abb. 6).

2.4. Verbreitung einzelner ausgewählter Algen, die stets im Rhein bleiben (tolerante Arten)

Tabelle 4 zeigt uns, dass 16 Algenarten von der Quelle bis nach Basel nachgewiesen werden können. Es sind vor allem Vertreter aus der Klasse der Bacillariophyceen und der Cyanophyceen, welche weniger empfindlich auf die verschiedene Wasserqualität reagieren.

2.5. Verbreitung einzelner Algenarten, die nur einmal auftreten (sensible Arten)

Wie Abbildung 7 und Tabelle 5 zeigen, stechen auch hier der Tomasee und der Bodensee hervor. Es ist aber auffallend, dass über den ganzen Rheinabschnitt hinweg immer wieder neue Arten auftreten, sich aber nicht etablieren können. Ist es die Qualität des Rheinwassers, die eine weitere Verbreitung verhindert oder sind es andere Gründe?

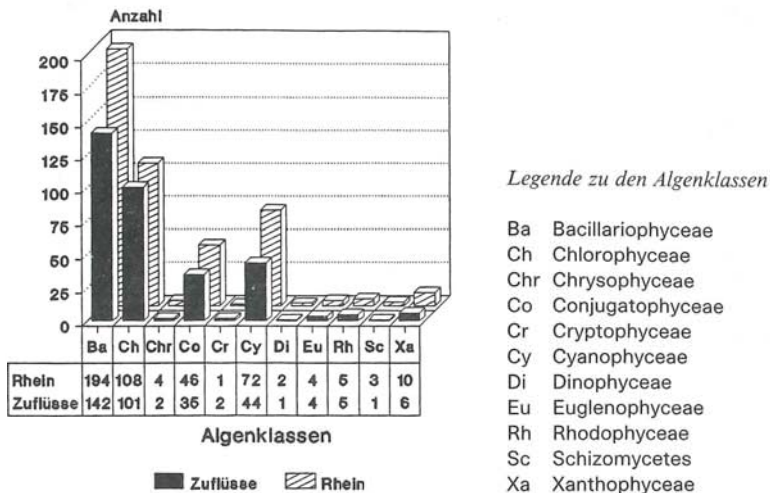


Abb. 5. Anzahl Algen, Tomasee–Basel

Tabelle 3. Verbreitung einzelner ausgewählter Algen

Algen, die irgendwo auftreten und dann im Rhein bleiben:

Algenarten, Entnahmestelle		Algenarten, Entnahmestelle	
Mougeotia viridis	27–56	Fragilaria pinnata	2–56
Closterium aciculare	30–56	Fragilaria ulna	5–56
Closterium leibleinii	11–56	Gomphonema olivaceum	5–56
Closterium moniliferum	10–47	Gyrosigma attenuatum	28–56
Staurastrum gracile	30–56	Melosira granulata	30–56
Staurastrum paradoxum	32–56	Melosira varians	6–56
Anabaena flos-aquae	30–56	Navicula atomus	5–56
Gomphosphaeria lacustris	29–47	Navicula capitatoradiata	20–56
Microcystis aeruginosa	31–45	Navicula cryptotenella	6–56
Oscillatoria borneti	11–56	Navicula gregaria	5–56
Oscillatoria limosa	32–54	Navicula menisculus	5–56
Oscillatoria rubescens	25–54	Navicula minima	5–56
Amphora pediculus	5–56	Navicula minuscula	5–55
Cocconeis placentula	5–56	Navicula popula	47–56
Cyclotella ocellata	32–56	Navicula saprophila	8–56
Cymbella affinis	2–50	Navicula subminuscula	24–56
Cymbella caespitosa	25–56	Navicula tripunctata	11–56
Cymbella silesiaca	2–56	Navicula utermoehlII	30–56
Cymbella sinuata	2–56	Nitzschia amphibia	37–56
Denticula tenuis	2–50	Nitzschia inconspicua	30–56
Diatoma elongatum	30–56	Nitzschia linearis	5–56
Diatoma vulgare	2–56	Nitzschia paleacea	6–56
Fragilaria capucina	20–55	Nitzschia sigmoidea	37–56
Fragilaria crotonensis	4–56	Rhoicosphenia abbreviata	15–56
		Synedra acus var. radians	44–53

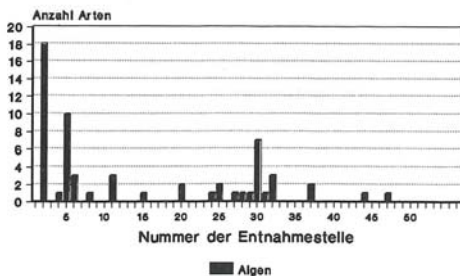


Abb. 6. Algen, die im Rhein bleiben: tolerante Arten

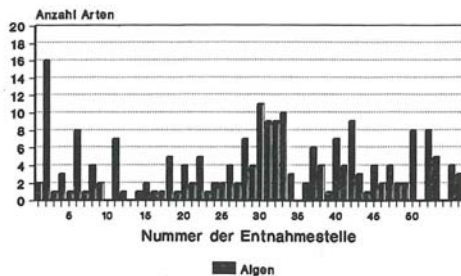


Abb. 7. Algen, die nur einmal auftreten: sensible Arten

Tabelle 4. Verbreitung einzelner ausgewählter Algen

Algen, die im ganzen Rheinabschnitt vorkommen (2–56):

Cosmarium formosulum	Cymbella silesiaca
Merismopedia glauca	Cymbella sinuata
Oscillatoria tenuis	Fragilaria capucina var. capucina
Phormidium inundatum	Fragilaria capucina var. vaucheriae
Pseudoanabaena catenata	Fragilaria pinnata
Achnanthes biasolettiana	Fragilaria minutum
Achnanthes lanceolata	Nitzschia dissipata
Achnanthes minutissima	Nitzschia fonticula

Tabelle 5

Nr. Probeentnahmestellen	<i>Algen, die nur einmal vorkommen</i>	<i>Algen, die im Rhein bleiben</i>
	Anzahl	Anzahl
1 Quellrhein, Toma	2	0
2 Tomasee	16	18
3 Vorderrhein, Tschamut	1	0
4 Vorderrhein, Disentis	3	1
5 Medelserrhein	1	10
6 Vorderrhein n. Disentis	8	3
7 Vorderrhein, Ilanz	1	0
8 Glogn	4	1
9 Vorderrhein n. Ilanz	2	0
10 Vorderrhein, Reichenau	0	0
11 Hinterrhein	7	3
12 Rhein nach Reichenau	1	0
13 Rhein, Felsberg	0	0
14 Plessur, Chur	1	0

Tabelle 5 (Fortsetzung)

Nr. Probeentnahmestellen	<i>Algen, die nur einmal vorkommen</i>		<i>Algen, die im Rhein bleiben</i>	
	Anzahl		Anzahl	
15 Rhein, Untervaz	2		1	
16 Landquart	1		0	
17 Rhein nach Landquart	1		0	
18 Rhein, Bad Ragaz	5		0	
19 Tamina	1		0	
20 Rhein nach Bad Ragaz	4		2	
21 Rhein bei Büchel	2		0	
22 Binnenkanal	5		0	
23 Rhein nach Büchel	1		0	
24 Ill	2		1	
25 Rhein bei Rüthi	2		2	
26 Frutz	4		0	
27 Rhein bei Fussach	2		1	
28 Bregenzer Ach	7		1	
29 Alter Rhein, Rheinspitz	4		1	
30 Bodensee, Uttwil	11		7	
31 Bodensee, Gottlieben	9		1	
32 Rhein, Stein a. Rhein	9		3	
33 Rhein, Elliken	10		0	
34 Thur	3		0	
35 Rhein, Ziegelhütte	0		0	
36 Rhein, Tössegg	2		0	
37 Töss	6		2	
38 Rhein nach Tössegg	4		0	
39 Rhein, Rheinsfelden	1		0	
40 Glatt	7		0	
41 Rhein nach Rheinsfelden	4		0	
42 Rhein, Koblenz	9		0	
43 Aare	3		0	
44 Rhein, Full	1		1	
45 Rhein, Sisseln	4		0	
46 Sissle	2		0	
47 Rhein nach Sisseln	4		1	
48 Rhein, Kaiseraugst	2		0	
49 Ergolz	2		0	
50 Rhein, Augst	8		0	
51 Rhein, Birsfelden	0		0	
52 Birs	8		0	
53 Rhein nach Birsfelden	5		0	
54 Rhein, Kleinhüningen	0		0	
55 Wiese	4		0	
56 Rhein, Dreiländereck	3		0	

2.6. Beschreibung des Algenvorkommens nach dem «Sandoz-Brand» von Schweizerhalle

Die Untersuchung beschränkt sich leider nur auf das Gattungsniveau. Die Tabelle 6 zeigt, dass 16 Gattungen den Unfall schadlos überlebt haben. Sie wurden unmittelbar nach dem Unfall oberhalb und unterhalb von Schweizerhalle bei jeder Probeentnahme im Rheinwasser festgestellt. 13 Gattungen, die oberhalb des Einflusses von Schweizerhalle gefunden wurden, waren nach der Katastrophe für einige Wochen verschwunden. Bis zum 25. März 1987 fand wieder eine Neubesiedlung statt. 14 Gattungen, die anfänglich oberhalb des Einlaufes nicht gefunden wurden, sind bis im März unterhalb des Einflusses festgestellt worden. Drei Gattungen sind bis zum erwähnten Zeitpunkt nicht mehr aufgetreten.

Tabelle 6. Algenliste nach «Sandoz-Brand» oberhalb und unterhalb Schweizerhalle

Gattungen	Algenklasse	1	2	3	4
Achnanthes	Bacillariophyceae	•	•	•	
Amphipleura	Bacillariophyceae		•	•	
Amphora	Bacillariophyceae	•	•	•	
Anabaena	Cyanophyceae		•		
Ankistrodesmus	Chlorophyceae		•	•	
Anomoeoneis	Bacillariophyceae	•			•
Aphanochaete	Chlorophyceae		•	•	
Astasia	Euglenophyceae	•		•	
Asterionella	Bacillariophyceae	•	•	•	
Bangia	Rhodophyceae	•	•		
Bulbochaete	Chlorophyceae		•	•	
Bumilleria	Xanthophyceae	•			•
Campylodiscus	Bacillariophyceae		•	•	
Chlorella	Chlorophyceae		•	•	
Chlorhormidium	Chlorophyceae	•		•	
Chodatella	Chlorophyceae	•	•	•	
Chroococcus	Cyanophyceae	•	•		
Cladophora	Chlorophyceae	•	•		
Cocconeis	Bacillariophyceae		•	•	
Cosmarium	Conjugatophyceae	•		•	
Cyclotella	Bacillariophyceae	•	•	•	
Cymatopleura	Bacillariophyceae	•	•	•	
Cymbella	Bacillariophyceae	•	•		
Diatoma	Bacillariophyceae	•	•		
Euglena	Euglenophyceae	•		•	
Fragilaria	Bacillariophyceae	•		•	
Frustulia	Bacillariophyceae		•		
Gomphonema	Bacillariophyceae	•	•	•	
Gongrosira	Chlorophyceae	•	•	•	
Gyrosigma	Bacillariophyceae	•	•	•	
Heterothrix	Xanthophyceae		•	•	
Lyngbya	Cyanophyceae		•	•	
Melosira	Bacillariophyceae	•	•		
Meridion	Bacillariophyceae	•	•	•	
Microcystis	Cyanophyceae		•	•	

1 = oberhalb, 2 = unterhalb, 3 = bei 2 später aufgetreten, 4 = nicht mehr aufgetreten

Tabelle 6. Algenliste nach «Sandoz-Brand» oberhalb und unterhalb Schweizerhalle (Fortsetzung)

Gattungen	Algenklasse	1	2	3	4
Microspora	Chlorophyceae	•	•		
Mougeotia	Conjugatophyceae		•	•	
Navicula	Bacillariophyceae	•	•		
Nitzschia	Bacillariophyceae	•	•		
Oedogonium	Chlorophyceae		•	•	
Oscillatoria	Cyanophyceae	•	•		
Pediastrum	Chlorophyceae		•	•	
Phormidium	Cyanophyceae		•		
Pinnularia	Bacillariophyceae	•	•		
Pleurococcus	Chlorophyceae	•			•
Rhoicosphaenia	Bacillariophyceae		•		
Scenedesmus	Chlorophyceae	•	•		
Stauroneis	Bacillariophyceae	•	•		
Stephanodiscus	Bacillariophyceae	•	•	•	
Stigeoclonium	Chlorophyceae	•	•	•	
Surirella	Bacillariophyceae	•	•		
Synedra	Bacillariophyceae	•	•		
Tabellaria	Bacillariophyceae	•	•	•	
Tribonema	Xanthophyceae		•		
Ulothrix	Chlorophyceae	•	•		
Vaucheria	Xanthophyceae	•	•		
Zygnema	Conjugatophyceae		•	•	

1 = oberhalb, 2 = unterhalb, 3 = bei 2 später aufgetreten, 4 = nicht mehr aufgetreten

3. Diskussion

1904 liess das kaiserliche Gesundheitsamt eine biologische Probeuntersuchung zwischen Speyer und Worms durchführen. Prof. Dr. R. LAUTERBORN in Ludwigshafen scheidt dazu: «Obwohl bei dem zur Zeit der Untersuchung herrschenden niederen Pegelstande das Wasser des Rheines klar und durchsichtig grün erschien, enthielt das Planktonnetz neben den Organismen noch sehr zahlreiche mikroskopisch kleine Sandkörnchen. Das feine Netz, an verschiedenen Stellen des offenen Stromes ausgeworfen, ergab überall eine recht gleichmässige Zusammensetzung des Planktons:

Aphanizomenon flos-aquae, *Asterionella gracillima*, *Fragilaria Crotonensis*, *Tabellaria fenestrata* var. *asterionelloides*, *Synedra delicatissima*, *Melosira Binderiana*, *Cyclotella comta* var. *radiosa*, *Pediastrum pertusum*, *Pediastrum Boryanum*.» *Dinobryon divergens*, *Dinobryon Sertularia* var., *Ceratium hirundinella* und *Peridinium tabulatum* wurden zu den Protozoen gezählt. LAUTERBORN spricht von einer nicht unbeträchtlichen Artenzahl. Bei seinen Untersuchungen stellt der Autor aber auch vielerorts eine katastrophale Gewässerverschmutzung durch Industrien fest, die aber, wie er schreibt, meist etwa nach 50 Metern nicht mehr wirksam war. In seinem Schlusswort meldet der Autor seine Bedenken an, wie lange die Selbstreinigungskraft des Stromes noch anhalten werde, um der zunehmenden Belastung standzuhalten.

JAAG (1938) hat in einer sehr gründlichen Untersuchung während sechs Jahren im Rheinabschnitt von Stein a. Rhein bis Eglisau eine Algenkartierung durchgeführt.

Dabei hat er 338 Algenarten gefunden. Von diesen habe ich 112 Arten wieder gefunden. JAAG hat seine Untersuchungen in speziellen ökologischen Nischen durchgeführt. Besonders intensiv wurde dabei der Rheinfluss berücksichtigt. JAAG hat alle Fundorte genau beschrieben. Interessant wäre zu wissen, wie weit dieselben Arten noch vorkommen. Da mein Untersuchungsgebiet sich nur beschränkt mit dem von JAAG deckt, ist ein direkter Vergleich nicht möglich. Immerhin muss angenommen werden, dass noch eine erheblich grössere Algenartenzahl im Rhein vorkommt. Viele Algen, vor allem aus der Gruppe der Bacillariophyceen, haben in letzter Zeit ihren Namen geändert. Auch hier müsste Klarheit geschaffen werden.

THOMAS (1938–1941) hat eine Untersuchung am Rhein von Schaffhausen bis Kaiserstuhl durchgeführt. Er beschränkt sich auf eine Planktonuntersuchung. Dabei beschreibt er 51 Arten. Von diesen habe ich 34 wieder auflisten können, JAAG hingegen 44 Arten. Sieben Arten hat THOMAS neu gefunden. Es ist anzunehmen, dass noch wesentlich mehr Algenarten im Rhein vorkommen.

4. Zusammenfassung

Während 15 Monaten wurden an 56 Messstellen von der Quelle des Rheines bis Basel Algen entnommen. Von 19 grösseren Zuflüssen wurden jeweils vor dem Zufluss, beim Zufluss selbst und nach dem Zufluss Algen gesammelt. An diesen Stellen wurde jeweils an mehreren Steinen der Algenbewuchs abgekratzt und auch eine Planktonprobe entnommen. Die Algen wurden während eines Jahres jeweils in einem Aquarium gehalten und bestimmt. Im gesamten Untersuchungsgebiet konnten 552 Algenarten festgestellt werden. Im Rhein allein sind es 455 Arten. Der Vergleich mit JAAG und THOMAS zeigt, dass noch wesentlich mehr Algenarten im Rhein vorkommen müssen.

Unmittelbar nach dem Unfall von Schweizerhalle wurden vor und nach der Einleitung der Giftstoffe Algen bestimmt. Eine Artenliste zeigt, dass die Algen sehr widerstandsfähig sind und auch recht schnell regenerieren. In bezug auf die Algenvielfalt kann heute kein Unterschied festgestellt werden.

Summary

Water was analysed during a period of 15 months at 56 locations from the source to Basel. A probe of water was taken from 19 major tributaries, immediately before, directly at, and after the tributary. At the same locations algae were removed from several stones, paralleled by samples of plankton. The algae taken were kept in containers for one year and defined. In the area under investigation a total of 552 different species of algae have been determined, of which 455 species were found in the Rhine. However, comparison with JAAG shows that a considerably higher number of algae should exist in the Rhine.

Following Schweizerhalle accident, algae were defined before and after the influx of toxic substances. A listing of the species shows that the algae are very resistant and regenerate quickly. With reference to the variety of algae, at present no differences can be found.

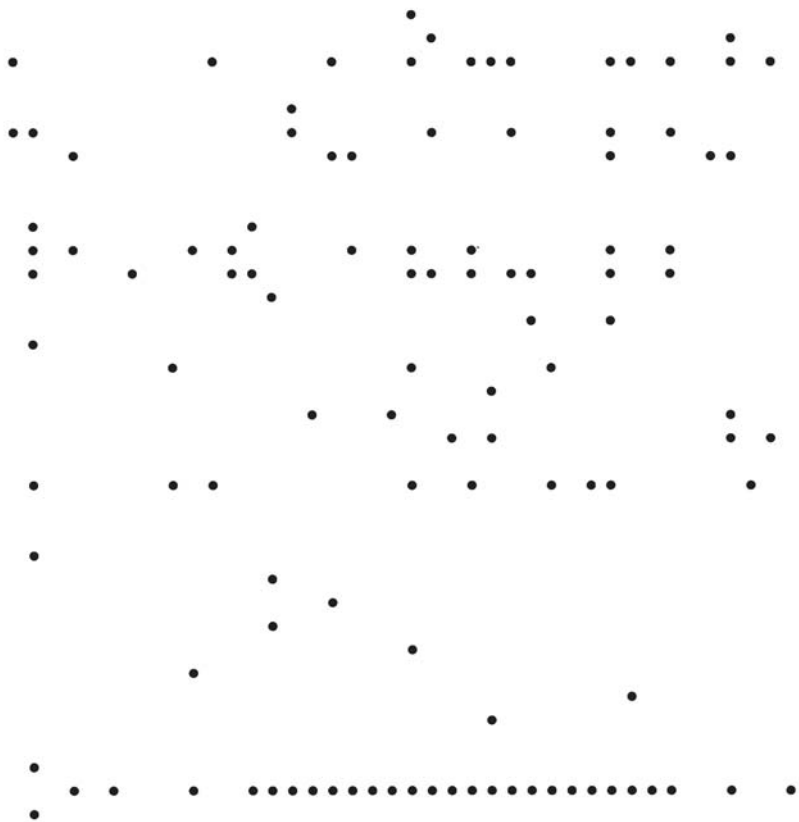
5. Literaturverzeichnis

- 1972 BAUMEISTER, W.: Planktonkunde für Jedermann. – Aarau.
1972 BOURRELLY, P.: Les Algues d'eau douce. Tome I, 2^e éd. – Paris.
1981 BOURRELLY, P.: Les Algues d'eau douce. Tome II, 2^e éd. – Paris.
1985 BOURRELLY, P.: Les Algues d'eau douce. Tome III, 2^e éd. – Paris.
1979 BÜRGI, HR.: Plankton (Limnologische Bildtafeln). EAWAG.
1971 FOTT, B.: Algenkunde. – Stuttgart.
1941–1975 HUBER-PESTALOZZI, G.: Das Phytoplankton des Süßwassers. Teil 1: Blaualgen, Bakterien, Pilze (1975); Teil 2, 1: Chrysophyceen, farblose Flagellaten, Heterokonten (1941); Teil 3: Cryptophyceen, Chloromonaden, Peridineen (1950); Teil 4: Euglenophyceen (1955); Teil 5: Chlorophyceen (1961); Teil 6: Chlorophyceen (Forts.) (1972). In: Die Binnengewässer, Bd. XVI. – Stuttgart.
1973 HUSTEDT, F.: Kieselalgen. – Stuttgart.
1938 JAAG, O.: Die Kryptogamenflora des Rheinfalls und des Hochrheins von Stein bis Eglisau. Mitt. Naturf. Ges. Schaffhausen, Heft Nr. XIV, S. 1–158.
1975 KLOTTER, H. E.: Grünalgen. – Stuttgart.
1926 LINDAU, M.: Die Algen. Erste Abteilung. – Berlin.
1930 LINDAU, M.: Die Algen. Zweite Abteilung. – Berlin.
1981 MIEGEL, H.: Praktische Limnologie. – Aarau.
1985 NIEMEYER-LÜLLWITZ, A. & ZUCCHI, H.: Fließgewässerkunde. – Aarau.
1913–1932 PASCHER, A.: Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz: Heft 1 (1914); Heft 2 (1913); Heft 3 (1913); Heft 4 (1927); Heft 5 (1925); Heft 6 (1914); Heft 7 (1921); Heft 9 (1913 und 1932); Heft 10 (1913 und 1930); Heft 11 (1925); Heft 12 (1925).
1978–1988 PASCHER, A. et al.: Süßwasserflora von Mitteleuropa: Band 1: Chrysophyceae, Haptophyceae (1985); Bd. 2/1 und 2/2: Bacillariophyceae (1986 und 1988); Bd. 3: Xanthophyceae 1. Teil (1978); Bd. 4: Xanthophyceae 2. Teil (1980); Bd. 9: Chlorophyta I (1983); Bd. 10: Chlorophyceae II (1988); Bd. 14: Chlorophyceae VI (1985); Bd. 16: Conjugatophyceae I (1984); Bd. 20: Schizomycetes (1982).
1970 PRESCOTT, G. W.: The freshwater algae. – Dubuque (USA).
1961 RIETH, A.: Jochalgen. – Stuttgart.
1968 ROUND, F. E.: Biologie der Algen. – Stuttgart.
1990 SCHWARZENBACH, A. & ZIMMERLI, W.: Pflanzenkunde. – Aarau.
1981 STREBLE, H. & KRAUTER, D.: Das Leben im Wassertropfen. – Stuttgart.
1943 WASER, E., BLÖCHLIGER, G. & THOMAS, E. A.: Untersuchungen am Rhein von Schaffhausen bis Kaiserstuhl. Schweiz. Zschr. für Hydrologie, Bd. IX, Heft 3–4.

Adresse des Autors:

Dr. Werner Zimmerli, Bodenackerstrasse 10E, CH-4334 Sisseln.

16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56

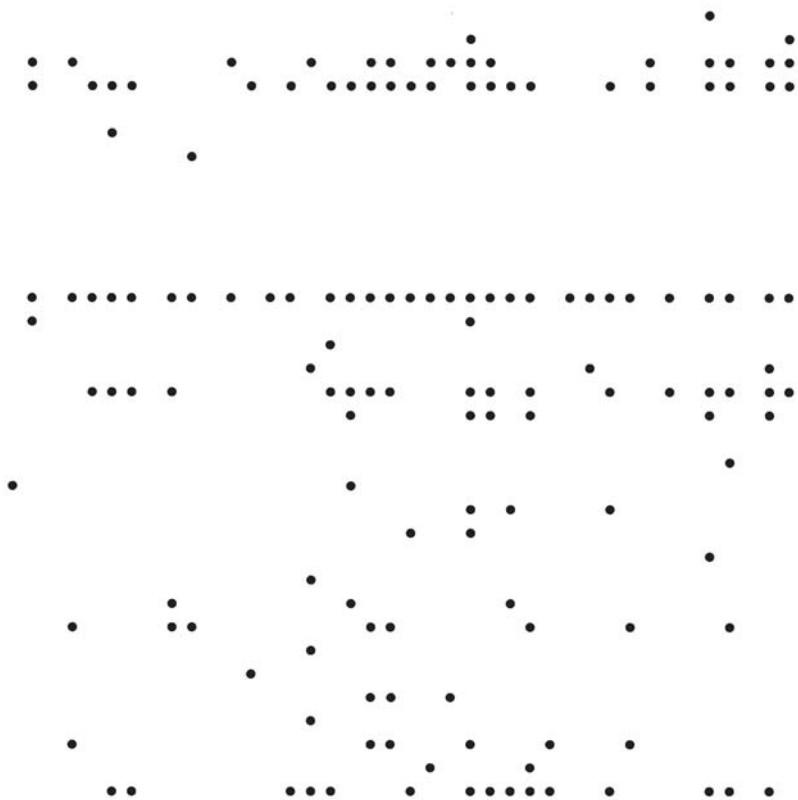


16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56

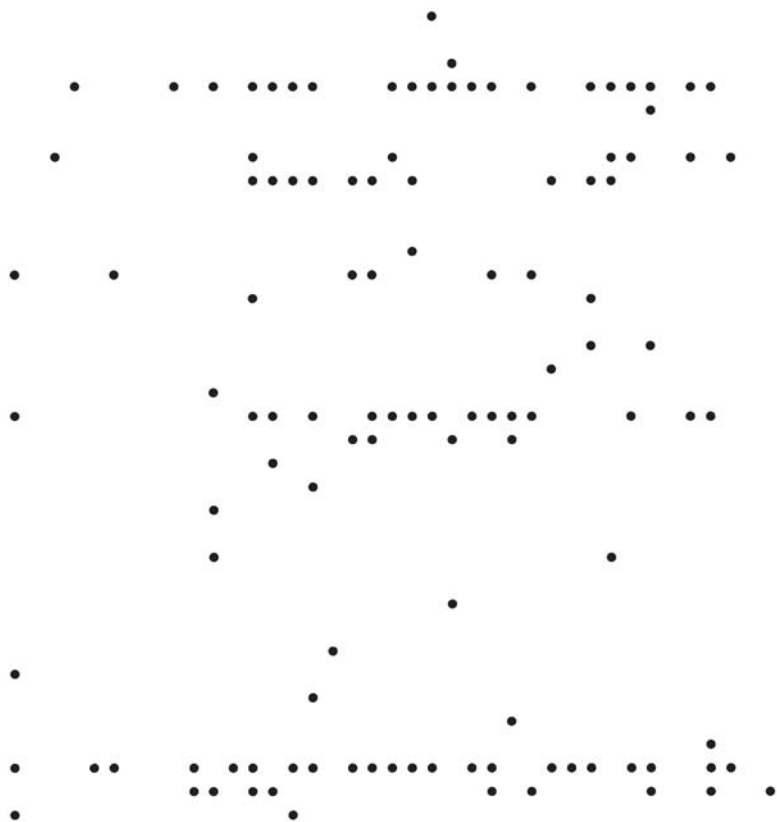


Algenarten nach System	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Scenedesmus denticulatus</i> Lagerheim									•						
<i>Scenedesmus ecornis</i> Ralfs			•		•										
<i>Scenedesmus ellipticus</i> Corda															
<i>Scenedesmus falcatus</i> Chodat		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Scenedesmus obliquus</i> (Turpin) Kützing									•		•	•			
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>carinatus</i> Lemmermann															
<i>Scenedesmus perforatus</i> Lemmermann															
<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>ellipticum</i> W. G. S. West					•										
<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>abundans</i> Kirchner		•													
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson			•		•			•							•
<i>Scenedesmus securiformis</i> Playf.							•								
<i>Scenedesmus serratus</i> (Corda) Bohlin									•						
<i>Scenedesmus spec.</i> Meyen									•						
<i>Scenedesmus tenuispina</i> Chodat		•	•												
<i>Schroederia spiralis</i> Lemmermann															
<i>Selenastrum bibraianum</i> Reinsch							•								
<i>Selenastrum capricornutum</i> Printz								•							
<i>Selenastrum minutum</i> (Nägeli) Collins								•		•					
<i>Selenastrum spec.</i> Reinsch				•	•	•	•								
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chodat															
<i>Sphaerocystis spec.</i> Chodat															
<i>Stigeoclonium amoenum</i> Kützing															
<i>Stigeoclonium falklandicum</i> Kützing										•	•	•	•		
<i>Stigeoclonium longipilum</i> Kützing															
<i>Stigeoclonium lubricum</i> Kützing															
<i>Stigeoclonium nudisculum</i> Kützing															
<i>Stigeoclonium spec.</i> Kützing		•	•					•							•
<i>Stigeoclonium subuligerum</i> Kützing															
<i>Stigeoclonium tenue</i> Kützing															
<i>Tetraedron caudatum</i> (Corda) Hansgirg									•						
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansgirg									•			•	•		

16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56



7 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56



17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56

