Die Verunreinigung des Rheins vom Bodensee bis Karlsruhe

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **49 (1957)**

Heft 5

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-920828

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die Verunreinigung des Rheins vom Bodensee bis Karlsruhe

Bericht über die chemischen Untersuchungen vom 13./14. März 1956
erstattet von der Fachkommission für regionale Abwasserfragen der Regionalplanungsgruppe Nordwestschweiz

A. Zweck und Durchführung der Untersuchungen

1. Organisation

Die Regionalplanungsgruppe Nordwestschweiz hat seit ihrer Gründung versucht, überall dort koordinierend zu wirken, wo planerische Probleme zur Diskussion standen, die nicht nur vom Standpunkt eines einzigen Kantons, sondern allein von demjenigen der gesamten Region gelöst werden können. Eine solche Planungsfrage von regionaler Bedeutung bildet der Schutz der interkantonalen Gewässer gegen Verunreinigung. Bei den in vielen Flußgebieten der Region vorhandenen komplizierten territorialen Verhältnissen ist eine Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Kantonen *die* Voraussetzung jeder wirksamen Gewässersanierung.

Von diesen Überlegungen ausgehend hat der Vorstand der Regionalplanungsgruppe Nordwestschweiz 1950 eine *Fachkommission für regionale Abwasserfragen* bestellt[1]. Er hat sowohl die in den einzelnen Kantonen der Region mit der Prüfung von Abwasserfragen beauftragten Beamten als auch weitere behördliche und freierwerbende Fachleute ersucht, in dieser Kommission mitzuwirken.

Da die genaue Kenntnis des Verschmutzungsgrades Grundlage jeder Gewässersanierung sein muß, war sich die Fachkommission schon zu Beginn ihrer Arbeiten bewußt, daß die Feststellung des gegenwärtigen Zustandes der interkantonalen Gewässer eine ihrer wichtigsten Aufgaben darstellt und daß hiefür vergleichbare Unterlagen notwendig sind. Die Fachkommission stellte deshalb unter anderem ein *Programm für die methodische und zeitliche Koordination bei der Untersuchung interkantonaler Gewässer* auf, welchem die zuständigen Departemente der nordwestschweizerischen Kantone ihre Zustimmung erteilten.

Als erstes Gewässer wurde die Aare am 30. September und 1. Oktober 1952 durch die Kantone Solothurn und Aargau nach den Grundsätzen der Kommission untersucht[2]. Nach der erfolgreichen Durchführung dieser Untersuchung sah die Fachkommission vor, eine entsprechende *Untersuchung des Rheins* zu koordinieren. Diese wäre auf die nordwestschweizerische Strecke Kaiserstuhl—Basel beschränkt gewesen und durch die Kantone Aargau, Basel-Landschaft und Basel-Stadt durchgeführt worden. Nach Bekanntwerden dieses Vorhabens waren die nordostschweizerischen Kantone mit dem Vorschlage an die Fachkommission gelangt, die koordinierte Untersuchung des Rheins bis zum Bodensee auszudehnen. In der Folge hat sich dann das Regierungspräsidium Südbaden, Abteilung Wasserstraßen (Wasser- und Schiffahrtsdirektion Freiburg), bereit erklärt, in Verbindung mit der Staatlichen Lebensmitteluntersuchungsanstalt Karlsruhe ebenfalls an der koordinierten Rheinuntersuchung mitzuwirken, wobei es auf das Kennenlernen der Auswirkung des Gütezustandes des Hochrheins auf den Oberrhein ankam. Schließlich haben sich auch das Chemische Untersuchungsamt der Stadt Konstanz und die Geigy-Werke Schweizerhalle an der koordinierten Untersuchung des Rheins beteiligt. Dadurch war es möglich geworden, am 13./14. März 1956 den Zustand des Rheins während 24 Stunden auf der rund 350 km langen Strecke zwischen Konstanz und Illingen (oberhalb Karlsruhe) gleichzeitig und nach einheitlichen Methoden an insgesamt 29 Stellen zu erfassen. Die Probefassungsstellen wurden laufend numeriert und mit einer kurzen, die topographische Lage charakterisierenden Bezeichnung versehen (Tabelle 1). Da der Abfluß des Rheins unterhalb der Aaremündung zum größeren Teil aus der Aare stammt, wurde auch

Verzeichnis der Probefassungsstellen **Tabelle 1**

Nr.	Bezeichnung	Rhein-km	Effektive km ab Untersee	Höhe ü. M. m	Abfluß am 13./14. 3. 56 m³/s	m³/Tg Mio
1.	Konstanz	0,0	—	395	225	19,4
2.	Gottlieben	3,8	—	395	225	19,4
3.	Stein a. Rh.	24,9	0,0	395	234	20,2
4.	Dießenhofen	34,4	9,6	392	236	20,4
5.	Schaffhausen	43,8	19,3	390	239	20,6
6.	Flurlingen	46,0	21,4	383	241	20,8
7.	Dachsen	49,0	23,9	356	242	20,9
8.	Rheinau	54,6	29,5	353	243	21,0
9.	Ellikon	63,0	37,9	345	243	21,0
10.	Rüdlingen	67,2	42,2	344	270	23,3
11.	Eglisau-Oberwasser	78,6	53,6	343	278	24,0
12.	Eglisau-Unterwasser	80,6	55,6	332	286	24,7
13.	Kaiserstuhl	82,9	57,9	331	287	24,8
14.	Koblenz-Rhein	101,7	76,7	311	298	25,8
15.	Koblenz-Aare	—	77,7	311	379	32,7
16.	Laufenburg	120,8	95,0	299	700	60,5
17.	Riburg	143,5	117,9	281	706	61,0
18.	Wyhlen	155,8	130,0	260	711	61,4
19.	Augst	155,8	130,0	260	711	61,4
20.	Schweizerhalle I	158,6	132,8	254	711	61,4
21.	Schweizerhalle II	158,6	132,8	254	711	61,4
22.	Auhafen I	160,2	134,4	254	711	61,4
23.	Auhafen II	160,2	134,4	254	711	61,4
24.	Birsfelden-rechts	163,9	138,4	246	711	61,4
25.	Birsfelden-links	163,9	138,4	246	711	61,4
26.	Neudorf	—	148,5	244	731*	63,2
27.	Neuenburg	199,5	174,0	210	736	63,6
28.	Marlen	288,2	262,7	138	764	66,0
29.	Illingen	347,3	321,8	101	1000	86,4

* inkl. Abfluß durch den Rhein.

[1] H. Schmaßmann, Interkantonale Zusammenarbeit bei der Gewässersanierung in der Nordwestschweiz. — Feld, Wald und Wasser (1951).

G. Buser, Der Schutz der Gewässer in den Kantonen Aargau, Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Bern und Solothurn. — Bericht Nr. 1 der Fachkommission, Liestal (1952).

[2] Bericht Nr. 2 der Fachkommission: Die Verunreinigung der Aare zwischen Bielersee und Rhein. — Sonderabdruck aus «Wasser- und Energiewirtschaft» (1954).

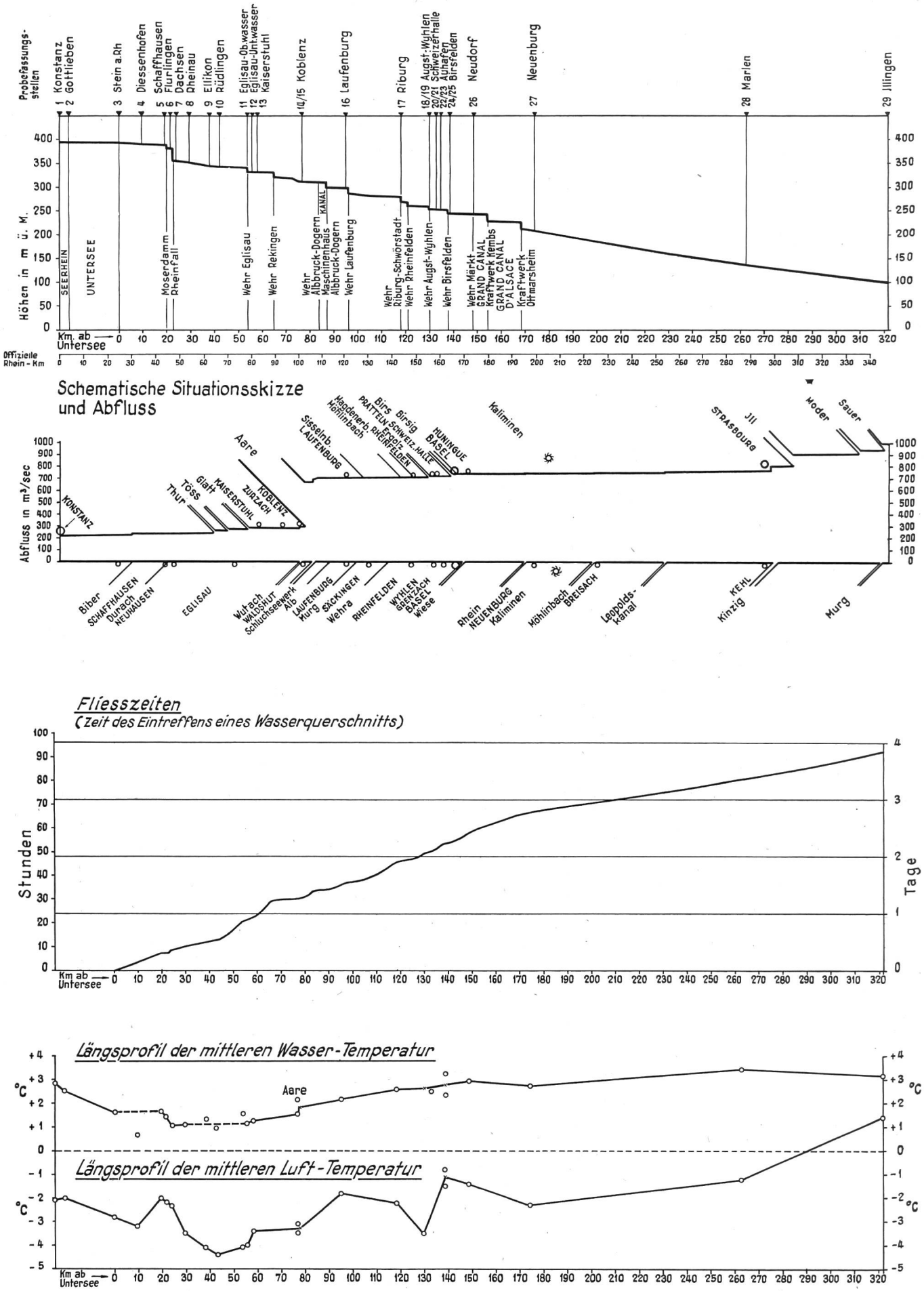

Abb. 1 Schematische Situationsskizze, Längsprofile der hydrographischen Daten und der Temperaturen

die Aare vor ihrer Einmündung in den Rhein untersucht und die betreffende Probefassungsstelle in die laufende Numerierung einbezogen.

Die Festlegung der an allen Probefassungsstellen zu untersuchenden Faktoren und die einheitliche Methodik für deren Bestimmung erfolgte durch den von der Fachkommission bestellten «*Arbeitsausschuß für die Koordination der Untersuchungsmethodik am Hochrhein*». In diesem Ausschuß sind sämtliche Laboratorien vertreten, die an der koordinierten Rheinuntersuchung mitgearbeitet haben oder anderweitig Untersuchungen am Hochrhein durchführen. Bei den meisten Bestimmungen konnte sich der Arbeitsausschuß auf die bereits seinerzeit vom Methodenausschuß der RPG-NW-Kantone festgelegten und bei der Aare-Untersuchung angewandten Methoden einigen, wobei ergänzend lediglich einige Präzisierungen angebracht wurden. Gegenüber dem ursprünglichen Programm neu wurde die Bestimmung der Alkalität eingeführt. Abänderungen ergaben sich bei der Bestimmung der Nitrate sowie bei der Ermittlung der Sauerstoff-Sättigungskonzentration.

Die Untersuchungen vom März 1956 wurden zu Lasten verschiedener Auftraggeber durchgeführt, nämlich der schweizerischen Kantone *Aargau* (Stellen 13—15), *Basel-Landschaft* (Stellen 16—19), *Basel-Stadt* (Stellen 24—26), *Schaffhausen* (Stellen 4—5), *Thurgau* (Stellen 2—3) und *Zürich* (Stellen 9—12) sowie des *Regierungspräsidiums Südbaden* (Stellen 27—29), der *Stadt Konstanz* (Stelle 1), der *Elektrizitätswerk Rheinau AG* (Stellen 6—8) und der *Geigy-Werke Schweizerhalle AG* (Stellen 20—23).

In die Durchführung der *chemischen Untersuchungen* teilten sich folgende 11 Laboratorien (in Klammern die Vertreter dieser Laboratorien im Arbeitsausschuß für die Koordination der Untersuchungsmethodik am Hochrhein):

Probefassungsstellen Nr.	
1	Chemisches Untersuchungsamt der Stadt Konstanz (Dir. J. Mauz, Dr. H. Fast)
2	Kantonschemiker des Kantons Thurgau (Kantonschemiker Dr. M. Henzi)
3 4 5	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Dr. F. Zehender)[3]
6 7 8	Chemisches Laboratorium der Stadt Zürich (Stadtchemiker Dr. H. Forster, Dr. E. Märki)[3]
9 10 11 12	Kantonales Laboratorium Zürich, Limnologische Abteilung (PD Dr. E. Thomas)
13 14 15	Chemisches Laboratorium des Kantons Aargau (dipl. sc. nat. Heinz Ambühl)
16 17 18 19	Laboratorium Dr. H. Schmaßmann, Liestal (Dr. H. Schmaßmann, Th. Strickler; Mitarbeiter bei der Rheinuntersuchung: Dr. W. Schmaßmann)
20 21 22 23	Geigy-Werke Schweizerhalle AG (dipl. chem. M. Larsen, Ing. chem. S. Türkölmez)
24 25 26	Kantonschemiker des Kantons Basel-Stadt (Kantonschemiker Dr. R. Müller, G. Ernst)
27	Regierungspräsidium Südbaden, Abteilung Wasserwirtschaft (Dr. Geisler)
28 29	Staatliche Lebensmitteluntersuchungsanstalt Karlsruhe (Dir. Dr. Bäurle, Dr. G. Ebeling, Dr. H. E. Klotter)

Mit *Probefassungen*, Probetransporten und anderer Mithilfe bei den Felduntersuchungen waren ferner an den Arbeiten beteiligt (in Klammern die bei der Rheinuntersuchung vom 25. März 1956 verantwortlichen Leiter):

Probefassungsstellen Nr.	
4	Wasserrechtsamt des Kantons Thurgau (R. Tschudin)
3 5 6	Kantonsingenieur des Kantons Schaffhausen (Ing. J. Bernath)
7 8 9 10 11 12	Abteilung Wasserbau und Wasserrecht der Direktion der öffentlichen Bauten des Kantons Zürich (Ing. H. Bachofner)
13 14 15	Gewässerschutzamt des Kantons Aargau (Ing. F. Baldinger)
16 17 18 19	W. & J. Rapp AG (Ing. E. Wylemann, P. Strub) Kantonales Wasserwirtschaftsamt Baselland (W. Baumann, Adjunkt)
27 28 29	Regierungspräsidium Südbaden, Abteilung Wasserstraßen (Regierungsbaudirektor Uhde, Baurat Bensing)

2. Methodik

a) Probefassung

Die Probefassung wurde nach den gleichen Grundsätzen wie bei der Aare-Untersuchung durchgeführt. Dementsprechend erfolgten die Sauerstoff- und BSB_5-Bestimmungen in stündlich erhobenen Einzelproben, wobei für die sorgfältige Überführung des Wassers in die Flaschen besondere Vorschriften erlassen wurden. Die übrigen Bestimmungen wurden in einstündigen Sammelproben ausgeführt, die aus je 6 in 10minütigen Intervallen gefaßten Teilproben bestanden.

In Abweichung von diesem Untersuchungsprogramm wurden bei den Probefassungsstellen 20, 21, 22 und 23 alle Untersuchungen an stündlichen Einzelproben ausgeführt.

Für die nicht bald nach der Probefassung durchführbaren Bestimmungen der Chloride, der Alkalität und der Nitrate wurde festgelegt, daß die Proben mit 5 cm^3 Chloroform per Liter zu konservieren seien.

b) Temperaturen

Die Wasser-Temperaturen wurden auf $^1/_{10}$° C genau gemessen. Von der Probefassungsstelle 1 bis zur Probefassungsstelle 27 wurden die für die Bestimmung der Wassertemperatur verwendeten örtlichen Thermometer mit einem vom Eidg. Amt für Maß und Gewicht geprüften Thermometer durch Ing. F. Baldinger und Dr. H. Schmaßmann an Ort und Stelle verglichen und die gemessenen Werte auf Grund dieses Vergleichs korrigiert. Auf die trotz dieser Kontrolle möglichen Meßfehler wird bei der Besprechung der Temperaturen im Hochrhein zwischen dem Untersee und der Aaremündung zurückzukommen sein.

Außer der Wasser-Temperatur wurde auch die an den Probefassungsstellen herrschende Luft-Temperatur gemessen. Im Gegensatz zu den Wasser-Thermometern besaßen jedoch die meisten der verwendeten Luft-Thermometer nur eine Genauigkeit von etwa ½°.

c) Chloride

Die Bestimmung der Chlorid-Konzentration erfolgte nach der Mercurinitrat-Diphenylcarbazon-Methode[4], welche schon bei der Aare-Untersuchung angewandt

[3] Mitarbeiter für die gemeinsame Untersuchung der Stellen 3—8: Dr. E. Märki, P. Zimmermann, H. Gasser, B. Kiem.

[4] Hostettler, Schild und Hänni, Mitteilungen aus dem Gebiet der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene 39 (1948).

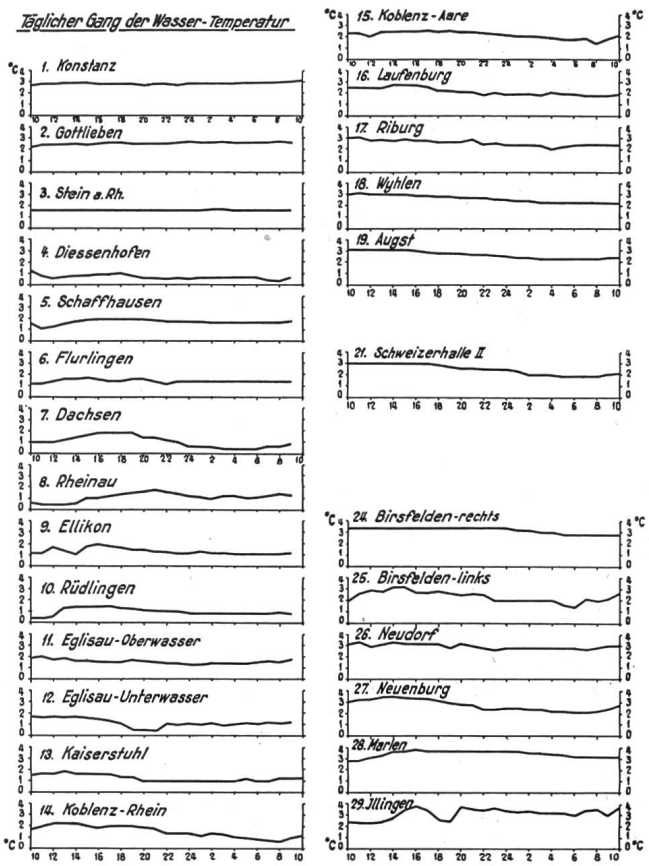

Abb. 2 Täglicher Gang der Wassertemperatur

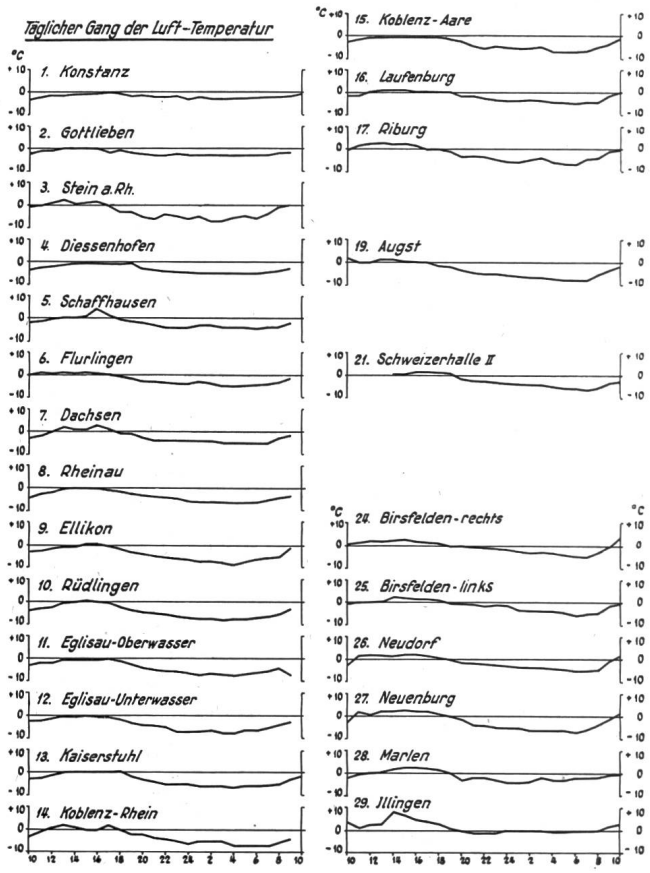

Abb. 3 Täglicher Gang der Lufttemperatur

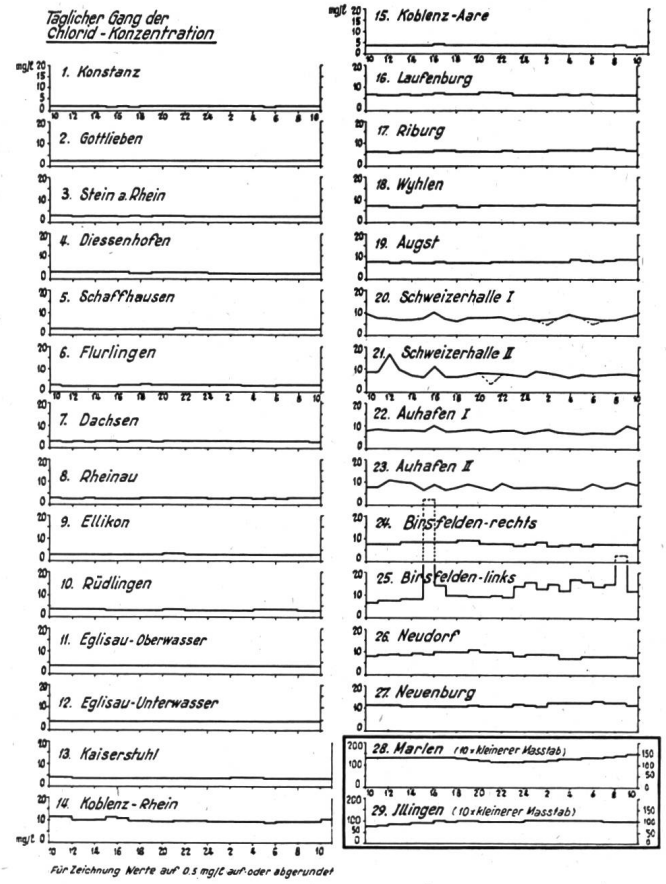

Abb. 4 Täglicher Gang der Chlorid-Konzentration

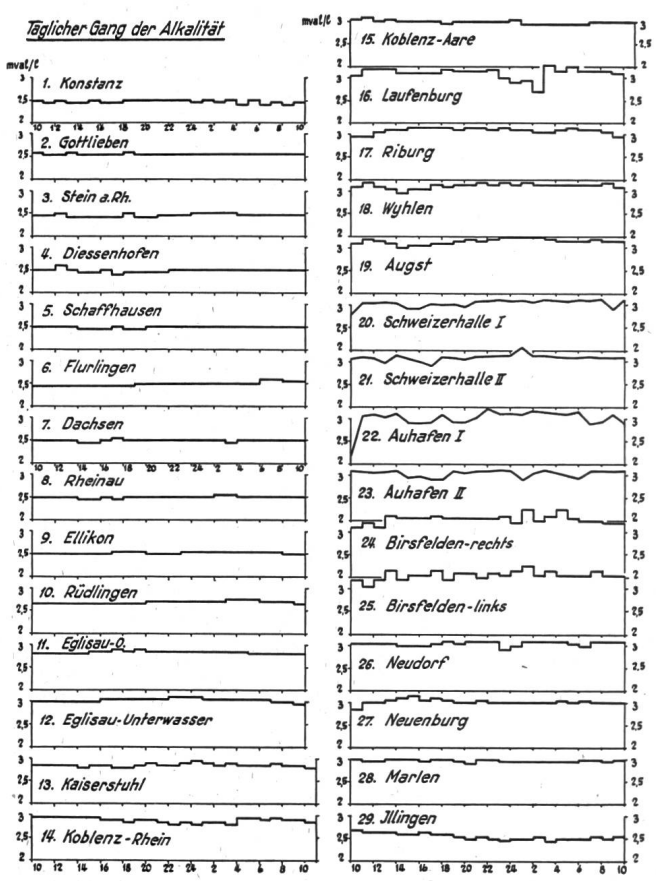

Abb. 5 Täglicher Gang der Alkalität

Temperaturen, Chlorid-Konzentration und Alkalität **Tabelle 2**

Station	Wassertemperatur			Lufttemperatur			Chlorid-Konzentration			Alkalität		
	Minimum	Maximum	Tagesmittel	Minimum	Maximum	Tagesmittel	Minimum	Maximum	Tagesmittel	Minimum	Maximum	Tagesmittel
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	mg/l	mg/l	mg/l	mval/l	mval/l	mval/l
1. Konstanz	2,7	3,0	2,83	—3,3	—0,2	—2,1	1,6	2,4	1,88	2,4	2,5	2,47
2. Gottlieben	2,2	2,7	2,54	—3,0	0,0	—2,0	2,3	2,7	2,48	2,55	2,6	2,56
3. Stein a. Rh.	1,6	1,7	1,61	—7,0	2,5	—2,8	2,4	2,9	2,63	2,4	2,5	2,45
4. Dießenhofen	0,3	1,2	0,68	—5,1	—0,5	—3,2	2,6	2,9	2,71	2,4	2,6	2,49
5. Schaffhausen	1,1	1,9	1,66	—4,5	4,0	—2,0	2,6	2,8	2,65	2,45	2,5	2,49
6. Flurlingen	1,2	1,7	1,43	—5,0	1,0	—2,2	2,6	3,4	2,79	2,45	2,6	2,49
7. Dachsen	0,4	1,8	1,03	—5,0	3,0	—2,3	2,6	3,0	2,80	2,45	2,55	2,50
8. Rheinau	0,5	1,7	1,10	—6,2	0,0	—3,5	2,6	3,0	2,76	2,45	2,55	2,50
9. Ellikon	1,1	2,0	1,34	—8,5	0,5	—4,1	3,2	3,4	3,22	2,5	2,55	2,52
10. Rüdlingen	0,4	1,5	0,96	—8,0	0,5	—4,4	3,2	3,4	3,29	2,65	2,75	2,68
11. Eglisau-Oberwasser	1,3	2,0	1,55	—7,0	0,0	—4,1	3,4	3,4	3,40	2,8	2,9	2,84
12. Eglisau-Unterwasser	0,4	1,7	1,17	—7,5	0,0	—4,0	3,8	3,8	3,80	2,95	3,1	3,03
13. Kaiserstuhl	1,0	1,8	1,25	—6,5	0,5	—3,4	3,3	3,8	3,60	2,8	2,95	2,85
14. Koblenz-Rhein	0,7	2,2	1,55	—7,0	2,0	—3,1	9,2	11,7	9,96	2,8	2,95	2,90
15. Koblenz-Aare	1,4	2,5	2,14	—7,0	—0,5	—3,5	3,2	4,3	3,90	2,95	3,1	3,00
16. Laufenburg	1,8	2,7	2,16	—4,3	1,0	—1,8	6,3	7,5	6,81	2,7	3,3	3,11
17. Riburg	2,0	3,1	2,60	—6,4	2,3	—2,2	6,2	7,5	6,79	2,95	3,15	3,09
18. Wyhlen	2,3	3,1	2,65	—	—	—	6,9	8,1	7,47	2,95	3,2	3,13
19. Augst	2,3	3,1	2,68	—7,5	1,0	—3,5	6,8	8,7	7,50	3,0	3,25	3,15
20. Schweizerhalle I	—	—	—	—	—	—	4,8	10,6	7,43	2,81	3,11	3,03
21. Schweizerhalle II	1,9	3,0	2,50	—6,2	1,6	—	3,6	16,8	8,08	2,90	3,31	3,09
22. Auhafen I	—	—	—	—	—	—	6,4	10,0	7,69	2,13	3,22	3,00
23. Auhafen II	—	—	—	—	—	—	6,6	10,9	8,16	2,89	3,12	3,04
24. Birsfelden-rechts	2,8	3,4	3,23	—4,8	2,8	—0,8	7,0	9,5	8,12	3,1	3,5	3,29
25. Birsfelden-links	1,4	3,2	2,34	—5,3	2,7	—1,5	7,0	52,5	14,04	3,05	3,5	3,31
26. Neudorf	2,7	3,3	2,96	—4,9	2,1	—1,4	7,0	11,0	8,83	2,9	3,1	3,06
27. Neuenburg	2,1	3,5	2,74	—7	2,5	—2,3	11,0	13,0	11,62	2,85	3,15	3,02
28. Marlen	2,8	3,8	3,47	—4	2,4	—1,2	116	150	130,8	2,95	3,0	2,97
29. Illingen	2,3	3,8	3,13	—1,0	8,0	1,4	79	107	99,5	2,45	2,70	2,55

worden war und insbesondere bei geringen Konzentrationen heute das genaueste Verfahren darstellt. Die Angaben der Einzelwerte erfolgten grundsätzlich auf $^1/_{10}$ mg/l genau. (Streuung der Einzelanalyse ± 0,2 mg Cl'/l.) Lediglich die hohen Konzentrationen der Stellen 28 und 29 sind nur auf $^1/_1$ mg/l genau bestimmt worden. An diesen beiden Stellen erfolgte die Bestimmung der Chlorid-Konzentration wegen der erhöhten Werte nach Mohr (Streuung der Einzelanalyse ± 1 mg Cl'/l).

d) Alkalität

Die Alkalität wurde mit Salzsäure gegen Methylorange titriert[5]. Die Bestimmung erfolgte allgemein mindestens auf $^1/_{20}$ mval/l (= 0,25 franz. Härtegrade) genau (Streuung der Einzelanalyse ± 0,05 mval/l).

e) Anorganische Stickstoff-Verbindungen

Die *Ammonium*-Konzentration wurde nach Neßler ohne vorangehende Destillation[6] und die *Nitrit*-Konzentration nach dem Verfahren von Grieß-Ilosvay[7] kolorimetrisch bestimmt. Beide Bestimmungen wurden so bald wie möglich nach der Probefassung mit Vergleichslösungen durchgeführt. Die Angabe der Resultate erfolgte beim Ammonium auf $^1/_{100}$ mg N/l und beim Nitrit auf $^1/_{1000}$ mg N/l genau (Streuung der Einzelanalyse ± 0,02 mg N/l bzw. ± 0,002 mg N/l).

Im Rahmen des Arbeitsausschusses für die Koordination der Untersuchungsmethodik am Hochrhein hatten Dr. R. Müller und O. Widemann die verschiedenen Methoden der *Nitrat*-Bestimmung einer eingehenden Prüfung unterzogen[8]. Diese Untersuchungen hatten ergeben, daß die zuverlässigsten Resultate bei der Anwendung der Natriumsalicylat-Methode[9] erhalten werden (Streuung der Einzelanalyse ± 0,1 mg N/l). Dieses Verfahren fand deshalb auch bei der vorliegenden Rheinuntersuchung Anwendung, während bei der Aare-Untersuchung 1952 noch nach der Phenoldisulfosäure-Methode gearbeitet worden war.

f) Kaliumpermanganat-Verbrauch

Der Kaliumpermanganat-Verbrauch wurde nach der Kubelschen Methode[10] bestimmt, wobei die Zugabe der Schwefelsäure spätestens innert 5 Stunden nach der Probefassung erfolgte (Streuung der Einzelanalyse ± 0,3 mg/l).

Da der Kaliumpermanganat-Verbrauch bisher in den schweizerischen Laboratorien zumeist im Originalwasser, in den deutschen Laboratorien dagegen im abgesetzten Wasser bestimmt worden war, wurde ferner festge-

[5] Schweiz. Lebensmittelbuch, 4. Ausg., S. 197 (1937).

[6] Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung, S. 70 (1954).

[7] Schweiz. Lebensmittelbuch, 4. Ausg., S. 201 (1937).

[8] R. Müller und O. Widemann, Die Bestimmung des Nitrat-Ions in Wasser. Jahrbuch vom Wasser 22 (1955).

[9] Schweiz. Lebensmittelbuch, 4. Ausg., S. 203 (1937).

[10] Schweiz. Lebensmittelbuch, 4. Ausg., S. 198 (1937).

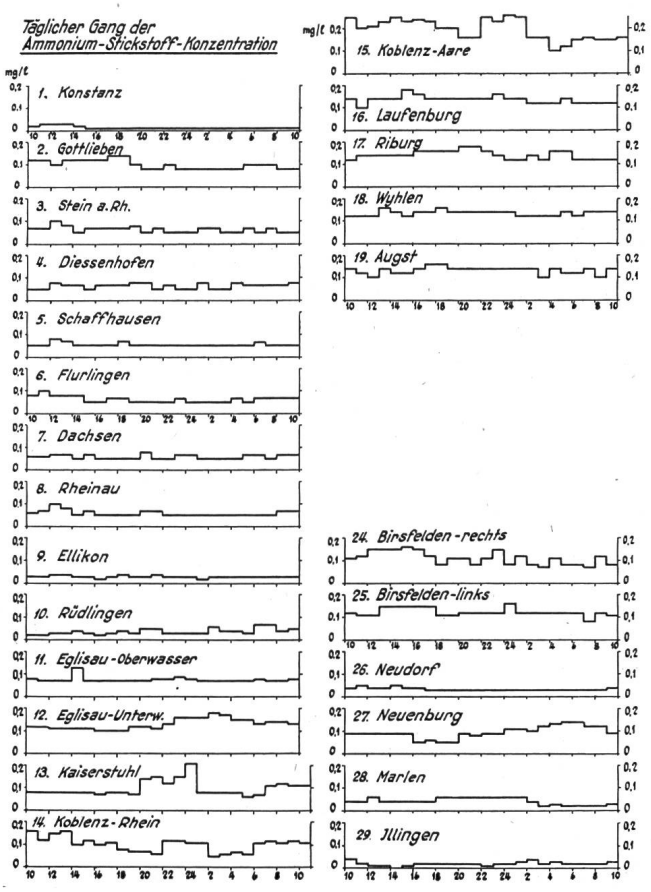

Abb. 6 Täglicher Gang der Ammonium-Stickstoff-Konzentration

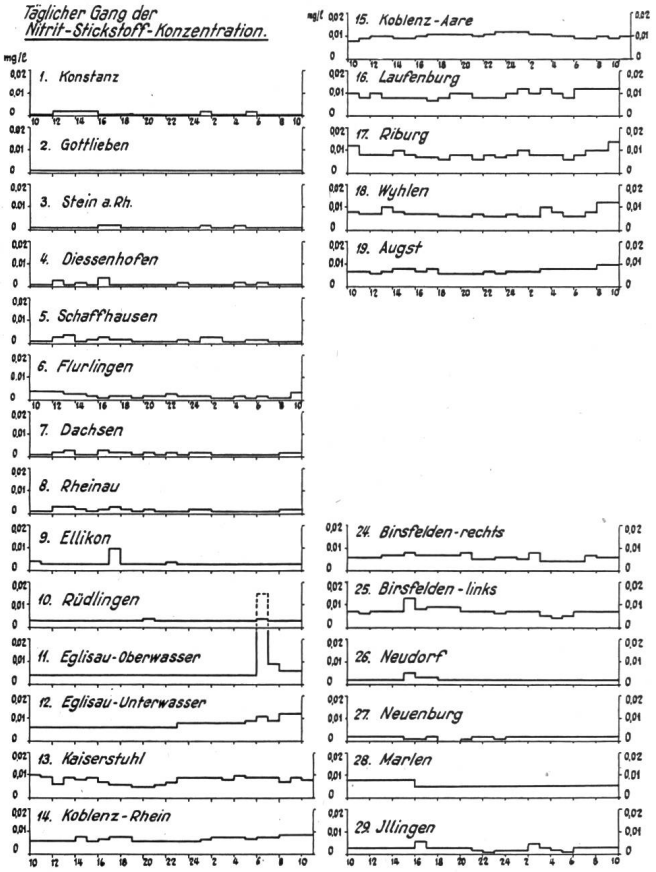

Abb. 7 Täglicher Gang der Nitrit-Stickstoff-Konzentration

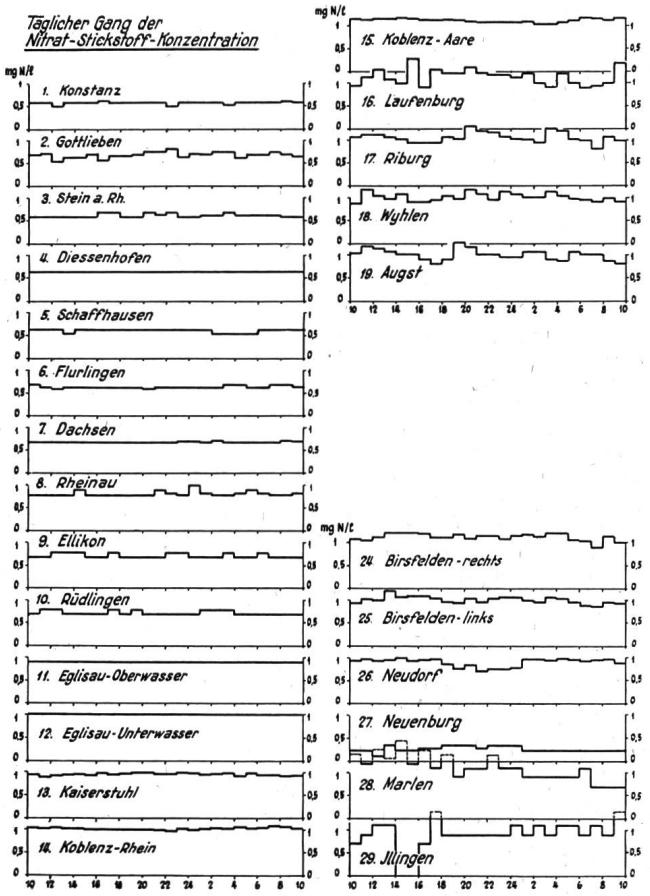

Abb. 8 Täglicher Gang der Nitrat-Stickstoff-Konzentration

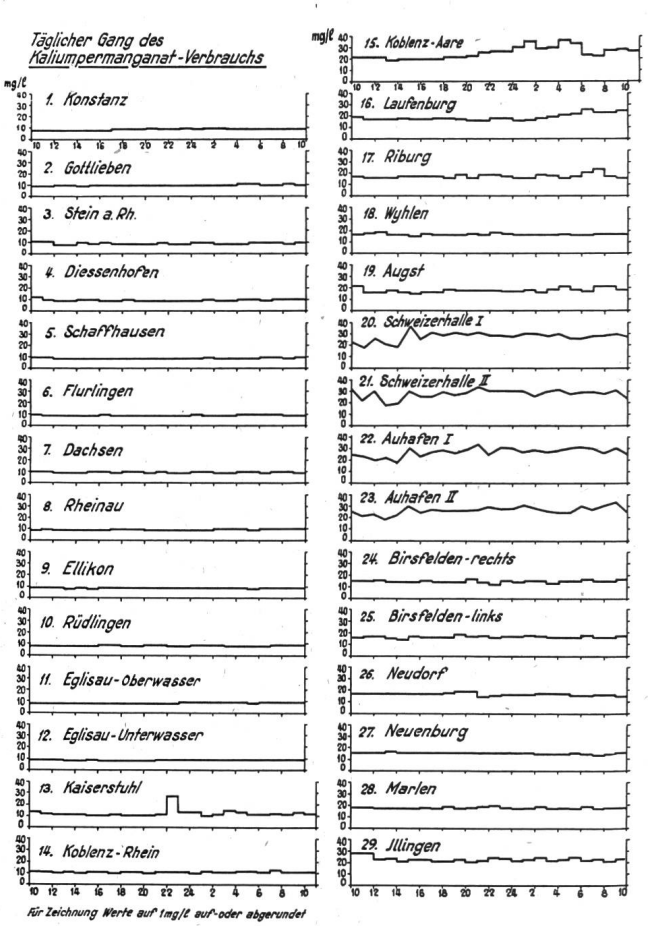

Abb. 9 Täglicher Gang des Kaliumpermanganat-Verbrauchs

Anorganische Stickstoff-Verbindungen und Kaliumpermanganat-Verbrauch **Tabelle 3**

Station	Ammonium-Stickstoffkonzentration			Nitrit-Stickstoffkonzentration			Nitrat-Stickstoffkonzentration			Kaliumpermanganatverbrauch				
										$KMnO_4$-Verbrauch des Originalwassers		Tagesmittel		
	Minimum	Maximum	Tagesmittel	Minimum	Maximum	Tagesmittel	Minimum	Maximum	Tagesmittel	Minimum	Maximum	Orig.-wasser	Abges. Wasser	Differenz
	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1. Konstanz	< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,001	0,002	< 0,001	0,50	0,61	0,57	7,9	9,9	8,88	8,77	—0,11
2. Gottlieben	0,08	0,14	0,10	0,001	0,001	0,001	0,54	0,81	0,68	8,5	10,7	9,95	9,95	0,00
3. Stein a. Rh.	0,05	0,10	0,06	0,001	0,002	0,001	0,59	0,68	0,62	7,9	11,4	9,35	8,88	—0,47
4. Dießenhofen	0,05	0,08	0,07	0,001	0,004	0,001	0,63	0,63	0,63	8,5	11,7	9,45	8,93	—0,52
5. Schaffhausen	0,05	0,08	0,05	0,001	0,004	0,002	0,54	0,63	0,61	8,5	10,4	9,03	8,51	—0,52
6. Flurlingen	0,05	0,10	0,06	0,001	0,004	0,002	0,59	0,68	0,63	8,5	10,1	9,17	8,89	—0,28
7. Dachsen	0,05	0,08	0,06	0,001	0,003	0,002	0,68	0,72	0,69	8,8	10,4	9,42	9,14	—0,28
8. Rheinau	0,05	0,10	0,06	0,001	0,003	0,002	0,77	0,99	0,80	8,8	10,4	9,40	9,10	—0,30
9. Ellikon	0,03	0,04	0,03	0,003	0,01	0,003	0,68	0,79	0,72	8,1	8,8	8,54	8,28	—0,26
10. Rüdlingen	0,02	0,07	0,04	0,003	0,004	0,003	0,68	0,79	0,71	8,2	8,8	8,45	8,06	—0,39
11. Eglisau-Oberwasser	0,07	0,13	0,08	0,004	0,04	0,006	0,90	0,90	0,90	7,9	8,8	8,38	8,12	—0,26
12. Eglisau-Unterwasser	0,10	0,18	0,13	0,006	0,012	0,008	1,01	1,01	1,01	8,1	9,3	8,62	8,20	—0,42
13. Kaiserstuhl	0,06	0,21	0,10	0,005	0,010	0,008	0,90	0,98	0,95	10,0	27,1	12,22	11,54	—0,68
14. Koblenz-Rhein	0,05	0,16	0,10	0,006	0,009	0,007	0,99	1,08	1,03	10,3	15,2	11,62	11,02	—0,60
15. Koblenz-Aare	0,10	0,26	0,20	0,008	0,012	0,010	1,04	1,18	1,13	19,5	44,6	27,46	25,43	—2,03
16. Laufenburg	0,10	0,18	0,14	0,007	0,012	0,010	0,90	1,54	1,14	16,1	25,6	18,93	16,85	—2,08
17. Riburg	0,12	0,18	0,14	0,006	0,014	0,008	0,81	1,31	1,07	15,8	24,0	17,53	15,43	—2,10
18. Wyhlen	0,12	0,16	0,13	0,006	0,012	0,007	0,86	1,18	1,01	14,9	17,7	16,53	14,78	—1,75
19. Augst	0,10	0,16	0,13	0,006	0,010	0,007	0,81	1,29	1,01	15,2	22,1	18,01	16,39	—1,62
20. Schweizerhalle I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18,1	36,9	27,50	18,48*	—9,02*
21. Schweizerhalle II	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,9	33,8	27,72	19,23*	—8,49*
22. Auhafen I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18,4	33,8	27,01	19,08*	—7,93*
23. Auhafen II	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18,1	32,6	26,40	18,37*	—8,03*
24. Birsfelden-rechts	0,07	0,16	0,11	0,004	0,008	0,006	0,88	1,22	1,12	11,9	17,2	14,81	—	—
25. Birsfelden-links	0,08	0,16	0,13	0,006	0,013	0,007	0,86	1,22	1,01	14,1	19,4	16,55	—	—
26. Neudorf	0,03	0,05	0,03	< 0,003	0,005	< 0,003	0,70	0,99	0,90	13,9	18,6	16,63	—	—
27. Neuenburg	0,05	0,14	0,10	0,000	0,002	< 0,002	0,12	0,35	0,27	14,4	16,8	15,72	15,23	—0,49
28. Marlen	0,02	0,06	0,04	0,005	0,008	0,006	0,7	1,7	1,1	16,7	19,9	17,82	16,20	—1,62
29. Illingen	0,00	0,04	0,02	0,001	0,006	0,003	0,0	1,4	0,9	20,6	28,3	23,02	21,12	—1,90

* abfiltriertes Wasser

legt, daß die Bestimmung bei der gemeinsamen Rheinuntersuchung vergleichsweise nach beiden Verfahren durchzuführen sei.

Anläßlich der Untersuchung vom 13./14. März 1956 hatten sich bei verschiedenen Faktoren, insbesondere beim Kaliumpermanganat-Verbrauch, zwischen den vom Kantonalen Laboratorium Zürich untersuchten Probefassungsstellen 11/12 und der vom Chemischen Laboratorium des Kantons Aargau untersuchten Probefassungsstelle 13 erhebliche Veränderungen ergeben. Um die Echtheit dieser Veränderungen zu überprüfen, haben die beiden Laboratorien in der Folge vergleichende Untersuchungen durchgeführt, welche in allen Teilen eine vollständige Übereinstimmung ergaben. In entsprechender Weise wurde auch die zwischen den Stellen 18/19 und 20/23 festgestellte Zunahme des Permanganatverbrauchs vom Laboratorium Dr. H. Schmaßmann und von den Geigy-Werken Schweizerhalle durch vergleichende Untersuchungen an ein und denselben Wasserproben bestätigt. Die in beiden Fällen beobachteten Veränderungen sind somit nicht auf methodische Unterschiede zurückzuführen.

g) Biochemischer Sauerstoffbedarf

Der Arbeitsausschuß für die Koordination der Untersuchungsmethodik am Hochrhein hat sich in mehreren Sitzungen mit der Frage der bei der Bestimmung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs bestehenden Fehlermöglichkeiten befaßt und einige seiner Mitglieder haben hierüber spezielle Untersuchungen durchgeführt.

Die Größe des BSB ist eine Funktion der Zeit und der Reaktionsgeschwindigkeit, welche ihrerseits bei ein und derselben Wasserprobe u. a. erheblich von der Temperatur abhängig ist. Die Versuchsbedingungen müssen deshalb standardisiert werden; aber auch unter diesen Voraussetzungen ist eine vergleichende Interpretation kleiner BSB-Werte von Wasserproben verschiedener Probenahmestellen nur mit Vorbehalten möglich. Mit Rücksicht auf die international anzustrebende Vereinheitlichung der Methoden spricht die in den verschiedenen Ländern gepflogene Praxis eindeutig dafür, als *Standard-Methode* den biochemischen Sauerstoffbedarf in 5 Tagen bei 20° zu empfehlen. Dieser wird kurz als BSB_5 bezeichnet. Der BSB_5 ist die Menge gelösten Sauerstoffs, welche in 5 Tagen bei 20° per Volumeneinheit einer Wasserprobe unter aeroben Bedingungen und unter Lichtabschluß infolge der Atmungstätigkeit der Organismen verbraucht wird.[11]

[11] H. Schmaßmann, Bedeutung und Fehlergrenzen der BSB_5-Bestimmung im Rheinwasser (Manuskript im Protokoll des Arbeitsausschusses für die Koordination der Untersuchungsmethodik am Hochrhein vom 9./10. 9. 55).

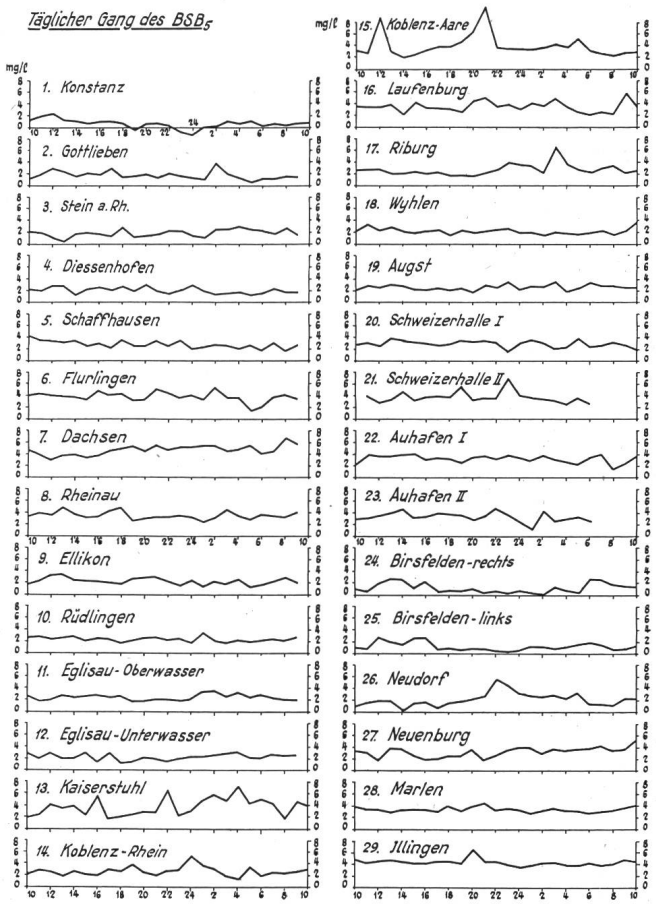

Abb. 10 Täglicher Gang des BSB_5

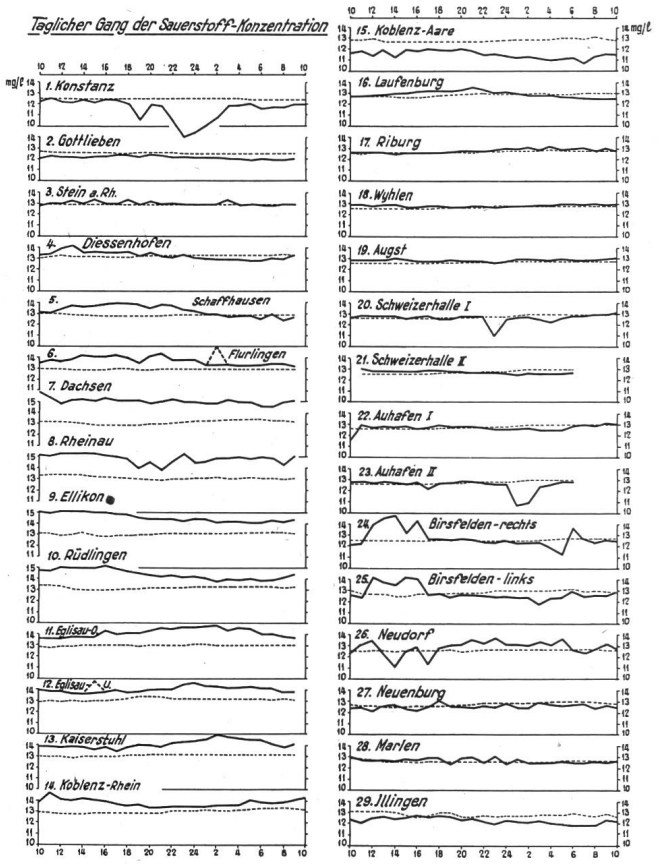

Abb. 11 Täglicher Gang der Sauerstoff-Konzentration

Dieser Definition entspricht die für die Rheinuntersuchung erlassene Vorschrift, nach welcher die Bestimmung durch Bebrütung im Dunkeln während 5 Tagen bei 20° ± 1° C zu erfolgen hatte.

Die Streuung der Einzelbestimmung beträgt je nach den örtlichen Verhältnissen bei Werten von weniger als 5 mg/l ungefähr ± 0,5 bis ± 1 mg/l.

h) Sauerstoff

Die *Sauerstoff-Konzentration* wurde nach der Natriumazid-Modifikation der Winkler-Methode[12] bestimmt. Die Angabe der Werte der Sauerstoff-Konzentration und des BSB_5 erfolgte auf $^1/_{10}$ mg/l genau (Streuung der Einzelanalyse ± 0,1 mg/l).

Die Ermittlung der *Sauerstoff-Sättigungs-Konzentration* war im Arbeitsausschuß für die Koordination der Untersuchungsmethodik am Hochrhein eingehend diskutiert worden. Um allgemein anwendbare und vergleichbare Werte der Sauerstoff-Sättigungs-Konzentration zu erhalten, wurde empfohlen[13],

a) die Sauerstoff-Sättigungs-Konzentration für einen dem mittleren Ortsdruck entsprechenden Gesamtdruck der bei der Temperatur des Wassers wasserdampfgesättigten Atmosphäre zu berechnen,

b) den mittleren Ortsdruck nach der von H. Schmaßmann[14] vorgeschlagenen einfachen barometrischen Höhenformel zu ermitteln, und

c) der Berechnung die von Gameson und Robertson mitgeteilte, sich auf die Untersuchungen von Truesdale, Downing und Lowden stützende empirische Formel für die Sauerstoff-Sättigungs-Konzentration bei einem Gesamtdruck der wasserdampfgesättigten Atmosphäre von 760 Torr zugrunde zu legen[15].

Dieser Empfehlung entsprechen auch die in den Mitteilungen des Komitees für limnologische Methoden der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie von C. H. Mortimer angegebenen Richtlinien sowie der von R. Burkard konstruierte O_2-Kalkulator[16].

[12] Schweiz. Lebensmittelbuch, 4. Ausg., S. 209 (1937); ferner 5 g Natriumazid per Liter Natronlauge.

[13] H. Schmaßmann, Die Ermittlung der Sauerstoff-Sättigungskonzentration. — Schweiz. Zeitschrift für Hydrologie 18 (1956).

[14] H. Schmaßmann, Die Sauerstoffsättigung natürlicher Gewässer, ihre Ermittlung und ihre Bedeutung in der Hydrologie. — Schweiz. Z. f. Hydr. 11 (1949).

[15] Gameson und Robertson, The Solubility of Oxygen in Pure Water and Sea Water. — Journal for applied chemistry 5 (1955).

Truesdale, Downing and Lowden, The Solubility of Oxygen in Pure Water and Sea Water. — J. appl. Chem. 5 (1955).

[16] C. H. Mortimer, The oxygen content of air-saturated fresh waters, and aids in calculating percentage saturation. — Mitteilungen der internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie 6 (1956).

R. Burkard, Zur Ermittlung der relativen Sauerstoffsättigung von Wasser. — Jahrbuch vom Wasser 22 (1955).

Biochemischer Sauerstoffbedarf und Sauerstoffkonzentration **Tabelle 4**

Station	BSB_5			Sauerstoffkonzentration					Sauerstoff-Sättigungsindex			
				Aktuelle Sauerstoffkonzentration		Tagesmittel						
	Minimum	Maximum	Tagesmittel	Minimum	Maximum	Aktuelle Konzentration	Sättigungskonzentration	Differenz	Minimum	Maximum	Tägliche Amplitude	Tagesmittel
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%	%	%	%
1. Konstanz	—1,4	2,3	0,65	9,0	12,5	11,55	12,47	—0,92	72	100	28	92,6
2. Gottlieben	0,8	3,9	1,80	11,9	12,4	12,13	12,55	—0,42	95	98	3	96,7
3. Stein a. Rh.	0,4	2,9	1,86	12,8	13,3	12,98	12,89	0,09	99	104	5	100,8
4. Dießenhofen	1,3	3,0	2,08	12,8	14,2	13,26	13,25	0,01	96	108	12	100,1
5. Schaffhausen	1,7	4,2	2,80	12,5	13,9	13,27	12,88	0,39	96	109	13	103,0
6. Flurlingen	1,5	5,1	3,80	13,2	15,0	13,76	12,98	0,78	102	115	13	106,0
7. Dachsen	3,1	6,8	4,70	14,5	15,9	15,03	13,16	1,87	108	120	12	114,2
8. Rheinau	2,4	4,8	3,49	13,8	15,3	14,86	13,14	1,72	107	118	11	113,1
9. Ellikon	1,3	3,5	2,27	14,1	15,1	14,55	13,07	1,48	107	117	10	111,4
10. Rüdlingen	1,7	3,5	2,33	13,8	15,2	14,42	13,21	1,21	104	117	13	109,3
11. Eglisau-Oberwasser	1,6	3,6	2,39	13,6	14,8	14,14	12,98	1,16	105	114	9	108,9
12. Eglisau-Unterwasser	1,3	3,1	2,31	13,6	14,8	14,05	13,14	0,91	103	114	11	107,0
13. Kaiserstuhl	1,7	7,3	3,78	13,4	14,9	14,10	13,12	0,98	103	113	10	107,5
14. Koblenz-Rhein	1,5	5,3	2,70	13,4	14,7	13,80	13,04	0,76	102	114	12	105,9
15. Koblenz-Aare	2,0	10,8	4,00	10,7	12,0	11,50	12,82	1,32	83	94	11	89,8
16. Laufenburg	2,2	5,7	3,55	12,5	13,5	12,93	12,83	0,10	96	105	9	100,7
17. Riburg	1,7	6,3	2,76	12,5	13,2	12,80	12,71	0,09	99	102	3	100,8
18. Wyhlen	1,6	3,3	2,17	12,7	13,0	12,84	12,71	0,13	100	103	3	101,1
19. Augst	1,8	3,6	2,66	12,7	13,0	12,88	12,71	0,17	100	103	3	101,5
20. Schweizerhalle I	1,7	4,0	3,00	11,1	13,0	12,69	12,79	—0,10	87	102	15	99,3
21. Schweizerhalle II	2,6	7,0	—	12,5	13,0	—	12,79	—	97	103	6	—
22. Auhafen I	1,5	4,1	3,23	11,6	13,1	12,70	12,79	—0,09	92	102	10	99,3
23. Auhafen II	1,4	4,7	—	10,7	12,8	—	12,79	—	83	102	19	—
24. Birsfelden-rechts	0,1	2,8	1,14	11,3	14,7	12,77	12,55	0,22	89	117	28	101,7
25. Birsfelden-links	0,3	2,7	1,21	11,8	14,2	12,79	12,86	—0,07	91	114	23	99,5
26. Neudorf	0,3	5,6	2,17	11,1	13,7	12,84	12,64	0,20	89	108	19	101,6
27. Neuenburg	1,8	4,2	3,19	12,1	12,9	12,56	12,78	—0,22	96	103	7	98,3
28. Marlen	2,9	4,5	3,38	12,4	13,1	12,67	12,65	0,02	98	104	6	100,0
29. Illingen	3,6	6,6	4,31	11,8	12,7	12,25	12,82	—0,57	91	101	10	95,4

Beim Vergleich mit den in früheren Publikationen, z. B. im Bericht über die Aare-Untersuchung und im Bericht der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins (Untersuchungsjahr 1953/54), mitgeteilten Sauerstoff-Sättigungs-Konzentrationen ist zu beachten, daß diese gegenüber den mit dem neuen Verfahren erhaltenen Werten zu hoch und damit die Sauerstoff-Sättigungs-Indices (% der Sättigung) zu niedrig sind.

Wegen der teils kleinen Unterschiede wurden bei der vorliegenden Rheinuntersuchung alle Werte nach der von H. Schmaßmann angegebenen Formel berechnet und erst dann auf $^1/_{10}$ mg/l auf- oder abgerundet.

Anmerkung: Die vorstehend bei den einzelnen Methoden erwähnten Streuungen der Einzelanalysen gelten für die Bearbeitung einer Wasserprobe durch ein und denselben Analytiker. Bei der vorliegenden Rheinuntersuchung, an welcher verschiedene Laboratorien beteiligt waren, ist mit der Möglichkeit zu rechnen, daß trotz sorgfältiger Vereinheitlichung der Methoden gewisse zusätzliche Streuungen zwischen den Resultaten entstanden, die auf kleine Verschiedenheiten in der Arbeitstechnik der Untersuchungsanstalten zurückzuführen sind.

B. Untersuchungsresultate und übrige Beurteilungsunterlagen

1. Hydrographie

a) Charakter der Teilstrecken und Abfluß

Die Lage der auf der untersuchten Stromstrecke bereits vorhandenen Staustufen und Seitenkanäle sowie der noch nicht hydroelektrisch genutzten Abschnitte geht aus dem *Längsprofil* (Abbildung 1) hervor. In der schematischen *Situationsskizze* (Abbildung 1) sind die wichtigsten Zuflüsse des Rheins sowie die Lage der direkt am Strom gelegenen größeren Ortschaften eingezeichnet. Aus dieser Situationsskizze sind auch die Zunahmen des Abflusses und die Herkunft der die Abflußvermehrung verursachenden Wassermengen ersichtlich.

Die wichtigsten hydrographischen Daten der einzelnen Probefassungsstellen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Außer der neuen offiziellen *Rheinkilometrierung* ab Brücke Konstanz sind in dieser Tabelle auch die effektiven Rheinkilometer ab Untersee angegeben, wobei die Verkürzung der Fließstrecke durch den Kanal des Kraftwerks Albbruck-Dogern berücksichtigt ist. Die Höhenangaben betreffen die ungefähre *Höhe des Wasserspiegels* am Untersuchungstag und beziehen sich auf den neuen Schweizer Horizont, der bei der vorliegenden Angabe in ganzen Metern ungefähr mit dem deutschen NN übereinstimmt.

Die Angabe der *Abflußmengen* stützt sich auf die uns vom Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft und von der Wasser- und Schiffahrtsdirektion Freiburg mitgeteilten Daten der am Rhein und an den Nebenflüssen gelegenen Pegelstationen. Aus den betreffenden Mittelwerten vom 13. und 14. März 1956 wurden die Abflußmengen für die einzelnen Probefassungsstellen interpoliert. Die verhältnismäßig große Zunahme des Abflusses zwischen den Probefassungsstellen Koblenz und der Probefassungsstelle Laufenburg ist zur Hauptsache darauf zurückzuführen, daß beim Kraftwerk Waldshut Wasser aus dem Schluchsee in den Rhein gelangt (Differenz zwischen Zufluß und Rückpumpen im Mittel des 13. und 14. 3. 1956 = 19 m^3/s) und daß die Staustufe Albbruck-Dogern einen zusätzlichen Stauraum besitzt, in welchem Abflußschwankungen ausgeglichen werden können.

Für die Berechnung der Stoffanfall-Werte sind auf Tabelle 1 außer den Abflußmengen in m^3/s auch die Werte des täglichen Gesamtabflusses angegeben.

b) Fließzeiten

Für die Beurteilung der Untersuchungsresultate müssen wir versuchen, uns über die Fließzeiten Rechenschaft abzulegen. Auf Grund der allerdings sehr lückenhaften Unterlagen wurde eine schätzungsweise Bestimmung der Fließzeiten im Hochrhein und im Grand Canal d'Alsace durchgeführt. Zum Teil handelt es sich dabei um eine Interpolation[17] von mittleren Fließgeschwindigkeiten, die für bestimmte Abflußmengen publiziert worden sind[18]. Ferner wurden die vom Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft an den Pegelstationen Rheinklingen, Nohl, Rekingen und Rheinfelden beim ungefähren Abfluß des Untersuchungstages bestimmten mittleren Fließgeschwindigkeiten berücksichtigt. Die Durchflußzeit durch das Rheinfallbecken wurde auf Grund des Inhalts dieses Beckens und des Abflusses geschätzt[19]. Für die Staustufe Birsfelden standen direkte Bestimmungen der Fließzeit mit Hilfe von Fluorescein-Färbung zur Verfügung, welche von den Geigy-Werken Schweizerhalle AG und Dr. H. Schmaßmann ausgeführt worden waren.

Für den Oberrhein unterhalb Ottmarsheim wurden die mittleren Fließgeschwindigkeiten und Fließzeiten von der Wasser- und Schiffahrtsdirektion Freiburg auf Grund von Abflußmessungen bei Breisach und Marlen und unter Berücksichtigung der auf den Teilstrecken vorhandenen Wasserspiegelgefälle ermittelt. Diese Ergebnisse konnten durch Chlorid-Bestimmungen überprüft werden, welche anläßlich eines normalen Wochenend-Unterbruchs der Abwassereinleitungen aus der Kaliindustrie im März 1955 bei Marlen und bei Maxau durchgeführt worden waren. Beginn der Entlastung, größte Salzlastermäßigung und Beginn des Wiederanstiegs der Salzbelastung pflanzten sich dabei mit den berechneten mittleren Fließgeschwindigkeiten fort — mit der Einschränkung, daß durch die Einleitung in Ufernähe die Veränderung der Belastung eine etwa drei Stunden betragende Anlaufzeit benötigt, bis sie die mittlere Fließgeschwindigkeit erreicht.

Aus den verschiedenen Unterlagen ergeben sich u. a. folgende approximative Fließzeiten:

Von	*bis*	*Stunden*	Total ab Stein
Stein a. Rh.	Rheinfall	7—8	8
Rheinfall	Brücke Rüdlingen	5	13
Brücke Rüdlingen	Kraftwerk Eglisau	8	21
Kraftwerk Eglisau	Kraftwerk Reckingen	8	29
Kraftwerk Reckingen	Aaremündung	2—3	31
Aaremündung	Kraftwerk Laufenburg	6	37
Kraftwerk Laufenburg	Säckingen	1—2	39
Säckingen	Kraftwerk Ryburg-Schw.	7	46
Kraftwerk Ryburg-Schw.	Brücke Rheinfelden	1—2	47
Brücke Rheinfelden	Kraftwerk Augst-Wyhlen	3	50
Kraftwerk Augst-Wyhlen	Kraftwerk Birsfelden	4	54
Kraftwerk Birsfelden	Abzweigung Grand Canal	3—4	58
Abzweigung Grand Canal	Neuenburg	9	67
Neuenburg	Marlen	13—14	80
Marlen	Illingen	11—12	92

Die gesamte Fließzeit vom Untersee bis Illingen ist demnach zu rund 4 Tagen zu schätzen (Abbildung 1).

Bei der Aare-Untersuchung hatte die zeitliche Verschiebung der Extremwerte des Kaliumpermanganat-Verbrauchs ab Hohfuhren eine Kontrolle der hydraulisch ermittelten Fließzeiten ermöglicht. Bei der Rheinuntersuchung ist ein solcher Vergleich wegen der geringen Häufigkeit geeigneter Konzentrationsspitzen nur in beschränktem Maße durchführbar.

Soweit jedoch eine *Kontrolle mit Hilfe der chemischen Werte* möglich ist, werden die hydraulisch geschätzten Fließzeiten in ihrer Größenordnung bestätigt, worauf bei der Besprechung der einzelnen Teilstrecken zurückzukommen sein wird.

c) Lage der Probefassungsstellen und spezielle Abflußverhältnisse

Für die Beurteilung der Untersuchungsergebnisse müssen wir uns darüber Rechenschaft ablegen, wie weit aus den an einer Probefassungsstelle erhaltenen Konzentrationswerten auf den Stoffanfall im betreffenden Stromquerprofil geschlossen werden darf. Kann man den Stoffanfall zumindest annäherungsweise als Produkt des Konzentrationswertes an der Probefassungsstelle und des Abflusses im Stromquerschnitt berechnen, so bezeichnen wir nachfolgend die Probefassungsstelle als für den gesamten Stromquerschnitt repräsentativ oder kurz einfach als *repräsentativ*. Zeigt dagegen die Probefassungsstelle Verhältnisse, die nicht im ganzen Stromquerschnitt vorhanden sind — z. B. wenn sie in einer Abwasserfahne liegt — so kann sie nicht als repräsentativ für den Stromquerschnitt gelten.

[17] Auf den Staustufen wurde dabei angenommen, daß die Fließgeschwindigkeit bei den vorliegenden Abflußverhältnissen annähernd proportional dem Abfluß sei. Auf Grund von Messungen beim Limnigraph Rheinfelden wurde für die ungestauten Strecken angenommen, daß die Strömungsgeschwindigkeit des Untersuchungstages ($Q_{Rheinfelden}$ = 720 m^3/s) etwa 80 % der Geschwindigkeit bei $Q_{Rheinfelden}$ = 1047 m^3/s, von welchem Zustand Angaben vorliegen, betragen habe.

[18] K. Kobelt, Über eine künstlich erzeugte Hochwasserwelle in der Aare. — Mitt. Amt für Wasserwirtschaft Nr. 14 (1921).

Entwurf für den Ausbau der Rheinschiffahrtsstraße Basel—Bodensee. — Mitt. Amt für Wasserwirtschaft Nr. 35 (1942).

Regierungsrat Basel-Stadt, Ratschlag betreffend die Anpassung des Kanalisationssystems und der Rheinufer an den Rückstau des Kraftwerks Kembs (1930).

Führer durch die schweizerische Wasser- und Elektrizitätswirtschaft (1949) (Kanal Albbruck-Dogern).

Das Kraftwerk Rheinau. — «Wasser- und Energiewirtschaft» (1954).

Lefoulon, Le Grand Canal d'Alsace. — «Wasser- und Energiewirtschaft» (1954).

[19] Alb. Heim, Geologie des Rheinfalls (1931), berechnet aus Lotungen von Dr. P. Haberbosch (jetzt Geschäftsleiter der RPG-NW) im Jahre 1921.

Stoffanfall-Werte **Tabelle 5**

		Milligramm per Liter Tagesmittel				Anfall in t/Tag		Anfall-Äquivalente in t/Tag	
		Chloride	Anorganische Stickstoffverbindungen	$KMnO_4$-Verbrauch	BSB_5	Chloride	Anorganische Stickstoffverbindungen	$KMnO_4$-Verbrauch	BSB_5
1	Konstanz	1,88	0,58	8,88	0,65	36	11,3	172	13
2	Gottlieben	2,48	0,78	9,95	1,80	48	15,1	193	35
3	Stein a. Rh.	2,63	0,68	9,35	1,86	53	13,7	189	38
4	Dießenhofen	2,71	0,70	9,45	2,08	55	14,3	193	42
5	Schaffhausen	2,65	0,66	9,03	2,80	55	13,6	186	58
6	Flurlingen	2,79	0,69	9,17	3,80	58	14,4	191	79
7	Dachsen	2,80	0,75	9,42	4,70	59	15,7	197	98
8	Rheinau	2,76	0,86	9,40	3,49	58	18,1	197	73
9	Ellikon	3,22	0,75	8,54	2,27	68	15,8	179	48
11	Eglisau Oberw.	3,40	0,99	8,38	2,39	82	23,8	201	57
13	Kaiserstuhl	3,60	1,06	12,22	3,78	89	26,3	303	94
14	Koblenz Rhein	9,96	1,14	11,62	2,70	257	29,4	300	70
14+15	Koblenz Total	6,58	1,25	20,48	3,44	385	73,2	1198	201
16	Laufenburg	6,81	1,29	18,93	3,55	412	78,0	1145	215
17	Riburg	6,79	1,22	17,53	2,76	414	74,4	1069	168
18+19	Augst-Wyhlen	7,48	1,15	17,27	2,42	459	70,6	1060	149
24+25	Birsfelden	11,08	1,20	15,68	1,18	680	73,7	963	72
27	Neuenburg	11,62	0,37	15,72	3,19	739	23,5	1000	203
28	Marlen	130,8	1,15	17,82	3,38	8633	75,9	1176	223

Die sich auf Grund der hydraulischen Verhältnisse und weiterer Beobachtungen ergebende Beurteilung der Probefassungsstellen wird bei der Besprechung der einzelnen Teilstrecken diskutiert.

2. Chemische Untersuchungsresultate

Das Material der chemischen Untersuchungen, der Temperaturmessungen und der Sauerstoff-Sättigungsberechnungen umfaßt ohne die Resultate ergänzender, fakultativer Untersuchungen insgesamt 8627 Zahlenwerte.

Aus diesem Material sind in den Tabellen 2 bis 4 die an allen Stellen beobachteten *Extrem- und Mittelwerte* der einzelnen Faktoren wiedergegeben. Die Angaben beziehen sich bei den Sammelproben auf die Zeit von 10 Uhr des ersten Tages bis 10 Uhr des zweiten Tages, bei den Einzelproben auf die Zeit von 10 Uhr des ersten Tages bis 9 Uhr des zweiten Tages. Dort, wo eine 25. Sammelprobe von 10 bis 11 Uhr oder eine 25. Einzelprobe um 10 Uhr des zweiten Tages erhoben worden war, wurde diese in den Tabellen 2 bis 4 nicht berücksichtigt.

Der Verlauf der täglichen Schwankungen ist aus den Abbildungen 2 bis 11, derjenige der Mittelwerte im Längsprofil aus der Abbildung 12 ersichtlich.

Aus den Resultaten derjenigen Probefassungsstellen, welche zumindest annähernd für den Gesamtabfluß als repräsentativ angesehen werden können, wurde der tägliche Anfall der Chloride und der anorganischen Stickstoff-Verbindungen als Produkt von Konzentration und Abfluß berechnet. Eine entsprechende Berechnung erfolgte für die Anfall-Äquivalente des Kaliumpermanganat-Verbrauchs und des Biochemischen Sauerstoffbedarfs. Die sich ergebenden Bilanzen sind in der Tabelle 5 zusammengestellt. Bei diesen Bilanzen ist vorausgesetzt, daß der Stoffhaushalt an den in Betracht fallenden Tagen außer den tageszeitlichen Variationen keine wesentlichen Änderungen erfahren hat, was — wie im einzelnen noch zu diskutieren sein wird — streng genommen nicht bei allen Stoffgruppen der Fall war.

3. Vergleich mit früheren Untersuchungen

Durch die am 13./14. März 1956 ausgeführten Untersuchungen wurde der Zustand und der Stoffhaushalt des Rheins bei einer verhältnismäßig niederen *Wasserführung* erfaßt. Der bei Rheinfelden festgestellte mittlere Abfluß von 706 m^3/s wird im Mittel der Periode 1935-1956 etwa an 97 Tagen pro Jahr (27 %) unterschritten. Ein ähnliches Verhältnis war bei der Aare-Untersuchung 1952 vorhanden gewesen. Wie im Bericht über jene Untersuchung ist somit auch hier festzustellen, daß sich die durch die Einleitung von Abwässern erfolgenden Belastungen während längeren Zeiträumen in stärkerem Maße auf die Wasserqualität ungünstig auswirken, als dies aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen hervorgeht.

Die Beurteilung der vorliegenden Untersuchungsserie wird auch ihre jahreszeitliche Stellung und die *thermischen Verhältnisse* zu berücksichtigen haben. Bei der im März bei niederer Wasserführung ausgeführten Untersuchung war ein verlangsamter Abbau der organischen Schmutzstoffe und eine geringere photosynthetische Sauerstoffproduktion als während der wärmeren Jahreszeit vorhanden. Ferner war die Löslichkeit des Sauerstoffs größer als bei höheren Temperaturen. Schließlich können die Ergebnisse dieser einmaligen, während 24 Stunden durchgeführten Untersuchungen auch anderen Zufälligkeiten unterworfen sein, wie z. B. wechselnden Abwasserzufuhren zum Rhein und seinen Nebenflüssen.

Resultate früherer am Hochrhein ausgeführter chemischer Untersuchungen vermögen uns indessen Hinweise darauf zu geben, wie weit die durch die Untersuchungen vom März 1956 gewonnenen Erkenntnisse auch bei anderen Verhältnissen Gültigkeit haben.

Die meisten dieser *früheren Untersuchungen* wurden an Einzelproben ausgeführt.

Wie u. a. aus den im März 1956 zum Teil erheblichen tageszeitlichen Schwankungen einzelner Faktoren hervorgeht, besitzen solche Einzelproben oft einen zufälligen Charakter. Bei der Sauerstoff-Konzentration ist dies z. B. dort der Fall, wo eine stärkere assimilatorische Sauerstoffproduktion vorhanden ist. Bezüglich der Schmutzstoffbelastung haben die Einzelproben dann einen zufälligen Charakter, wenn die Entnahmestelle zu nahe unterhalb größerer Abwassereinleitungen gelegen ist. Bei sorgfältiger Wahl der Probefassungsstellen geben sie jedoch, besonders wenn mehrere Untersuchungen zur Auswertung vorliegen, brauchbare Anhaltspunkte über den chemischen Zustand des Rheins. Insbesondere können aus den auf Grund von Einzelproben im Längsprofil festgestellten Veränderungen höchstens dann Schlüsse gezogen werden, wenn auf einer längeren Strecke eine eindeutig zunehmende, gleichbleibende oder abnehmende Tendenz besteht. Da jedoch bei den sich auf die Untersuchung von Einzelproben stützenden Verfahren an den einzelnen Probefassungstellen meist zahlreiche und über alle Jahreszeiten verteilte Probefassungen vorliegen, vermögen sie statistisch betrachtet doch Vergleichsmöglichkeiten mit den Ergebnissen der Untersuchung vom März 1956 zu bieten.

Solche *Längsprofil-Untersuchungen an Hand von Einzelproben* liegen vor allem von der Staustufe Augst-Wyhlen vom Jahre 1923 [20], von der Rheinstrecke Schaffhausen–Kaiserstuhl aus den Jahren 1938/1941 [21], vom Basler Rhein aus den Jahren 1948/1950 [22] und vom gesamten Hoch- und Oberrhein aus den Jahren 1948/1955 [23] vor.

Anderer Art sind die 1953/1954 von der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung ausgeführten Untersuchungen [24]. Die bei diesen Untersuchungen berücksichtigten Probefassungsstellen Eschenz, Kembs und Lauterbourg liegen auf der auch im März 1956 untersuchten Rheinstrecke. Dabei waren an jeder Probefassungsstelle sowohl vormittags als auch nachmittags je vier über das Querprofil verteilte Wasserproben gefaßt worden. Das Mittel der insgesamt 8 Proben kann besser als Einzelwerte mit den Tagesmitteln vom März 1956 verglichen werden. Daß in diesem Mittel die nachts auftretenden Werte nicht enthalten sind, wird — wenn wir die bei 24stündigen Untersuchungen festgestellten Schwankungen in Betracht ziehen — vor allem bei der Beurteilung der Sauerstoff-Konzentration zu berücksichtigen sein.

Die besten Vergleichsmöglichkeiten mit den Untersuchungen vom März 1956 bieten die Ergebnisse der bei anderen Abfluß- und Witterungsverhältnissen ausgeführten 24stündigen Untersuchungen. Resultate solcher Untersuchungen sind jedoch erst von der den Hauptzufluß des Hochrheins bildenden Aare (Untersuchung 1952), von der Stromstrecke Augst-Birsfelden [25] und aus dem Grand Canal d'Alsace [26] verfügbar.

Ferner wurden die Ergebnisse einer vom 29. Januar bis 1. Februar 1957 in den Staustufen Birsfelden und Kembs sowie bei Breisach durch die Staatliche Lebensmitteluntersuchungsanstalt Karlsruhe durchgeführten Untersuchung zum Vergleich herangezogen. Diese Untersuchung befaßte sich mit der Abklärung bestimmter Fragen, die durch die Untersuchung vom 13./14. März 1956 aufgeworfen worden waren. Sie erfolgte im Rahmen der von der genannten Anstalt im Auftrage der Wasser- und Schiffahrtsdirektion Freiburg teils im Längsprofil, teils an bestimmten Stellen mit 24stündigen Probefassungen durchgeführten regelmäßigen Rheinwasseruntersuchungen.

Außer der Aare liegen auch von anderen Nebenflüssen des Rheins verschiedene, teils sich auf Einzelproben, teils sich auf 24stündige Untersuchungen stützende Ergebnisse vor, so aus der Biber [27], aus der Töß [28], aus der Glatt [29], aus der Ergolz [30] und aus der Birs [31].

(Der zweite Teil des Berichtes bringt die Interpretation der Untersuchungsergebnisse und die Schlußfolgerungen; er wird im Oktober-Heft dieser Zeitschrift veröffentlicht.)

[20] E. Riggenbach, Physikalisch-chemische Untersuchungen im Staubecken Augst-Wyhlen. — Z. f. Hydr. 3 (1925).

[21] Waser, Blöchliger und Thomas, Untersuchungen am Rhein von Schaffhausen bis Kaiserstuhl 1938—1939 und 1940—1941. — Z. f. Hydr. 9 (1943).

[22] Dr. Th. Müller, Schlußbericht über die in der Zeit vom 28. April 1948 bis 5. Mai 1950 durch die Koordinationskommission für die Rheinsanierung durchgeführten Untersuchungen und den Verschmutzungszustand des Rheins im Gebiet des Kantons Basel-Stadt. — P. Wermuth, Bericht über die physikalisch-chemischen Untersuchungen des Rheinwassers im Zeitraume vom 28. April 1948 bis 3. Mai 1950. — Dr. W. Schmaßmann, Interpretation der physikalisch-chemischen und bakteriologischen Ergebnisse der Rheinwasseruntersuchungen vom 28. April 1949 bis 3. Mai 1950.

[23] G. Ebeling, Sauerstoffübersättigung in fließenden und stehenden Gewässern. — Jahrbuch vom Wasser 21 (1954). — G. Ebeling, Über den $KMnO_4$-Verbrauch (Manuskript im Protokoll der Fachkommission für regionale Abwasserfragen vom 24. August 1956).

[24] Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung. Bericht der Expertenkommission über die physikalisch-chemische Untersuchung des Rheinwassers (1956).

[25] Laboratorium Dr. H. Schmaßmann, Untersuchungen im Auftrage der Baudirektion des Kantons Basel-Landschaft und der Arbeitsgemeinschaft für die Projektierung der Trinkwassergewinnung Hard (1953—1955).

[26] Th. Strickler. Bericht über die chemische Untersuchung des Rheins beim Stauwehr des Kraftwerks Kembs vom 22./23. September 1951 (Manuskript).

[27] Untersuchungen der EAWAG gleichzeitig mit der Rheinuntersuchung am 13./14. März 1956 ausgeführt. Resultate in «Die Ergebnisse der koordinierten Rheinuntersuchung vom 13./14. März 1956» (Manuskript).

[28] E. Waser und G. Lardy, Die Töß und ihre wichtigsten Nebenflüsse. — Z. f. Hydr. 8 (1938).

[29] E. Waser, W. Husmann und G. Blöchliger, Die Glatt. — Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft 43 (1934).

[30] W. Schmaßmann, Die Ergolz als Vorfluter häuslicher und industrieller Abwasser. — Tätigkeitsberichte der Naturforschenden Gesellschaft Baselland 13 (1944).

[31] H. Schmaßmann, W. Schmaßmann und E. Wylemann, Die Oberflächengewässer, Grundwasservorkommen und Abwässer des untern Birstales. — Tätigkeitsber. Natf. Ges. Baselland 18 (1950).