

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 49 (1957)
Heft: 5

Artikel: Die Verunreinigung des Rheins vom Bodensee bis Karlsruhe
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-920828>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://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* bestellt¹. 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 untersucht². 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

Vorschlag 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 Untersuchungamt 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 nummeriert 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 m ³ /s | 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).

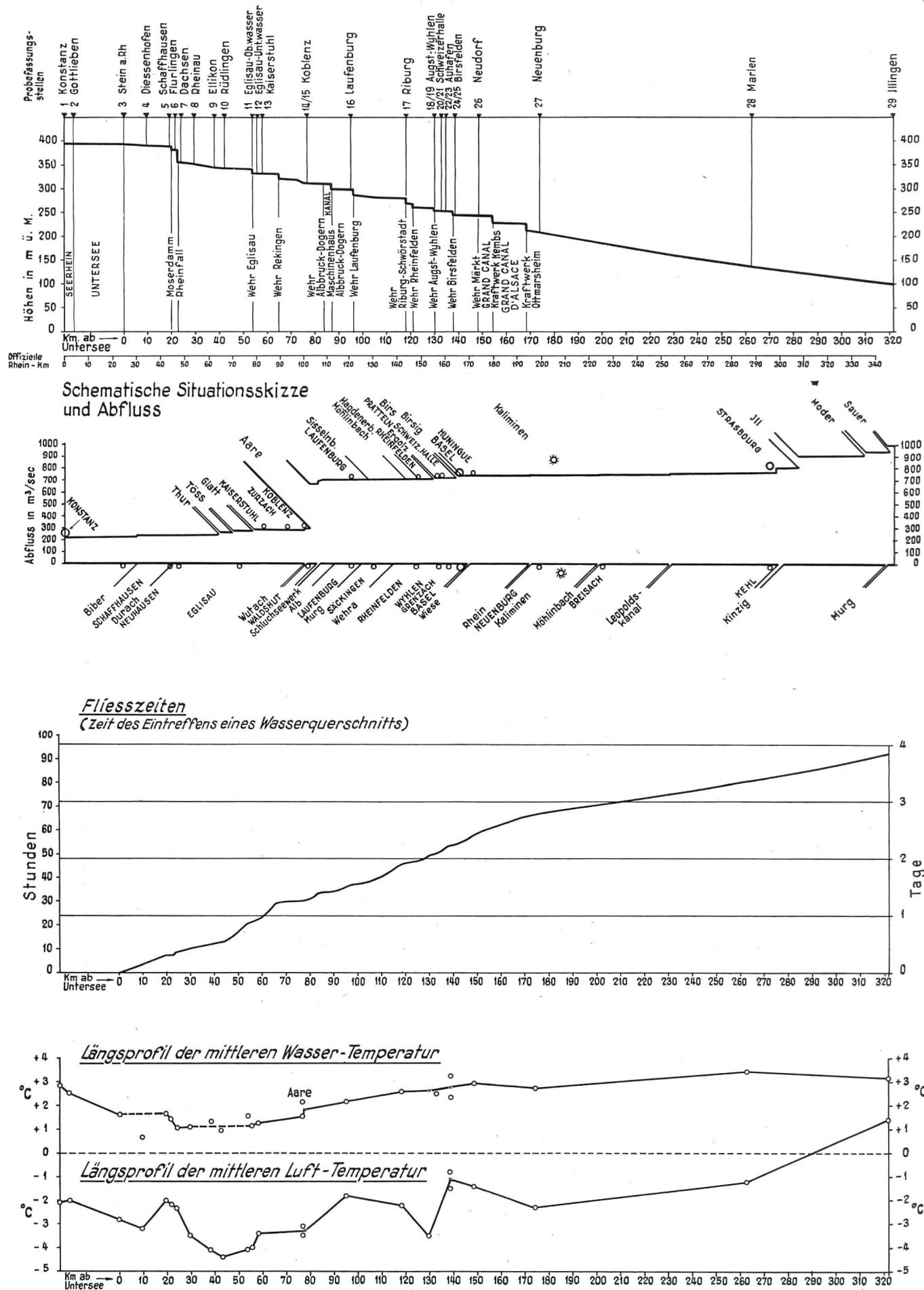


Abb. 1 Schematische Situationsskizze, Längsprofile der hydrographischen Daten und der Temperaturen

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):

**Probefassungs-
stellen Nr.**

Mit Probefassungen, Probetransporten und anderer Mithilfe bei den Felduntersuchungen waren ferner an

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

den Arbeiten beteiligt (in Klammern die bei der Rheinuntersuchung vom 25. März 1956 verantwortlichen Leiter):

Probefassungsstellen Nr.

2. Methodik

a) *Probefassung*

Die Probefassung wurde nach den gleichen Grundsätzen wie bei der Aare-Untersuchung durchgeführt. Dementsprechend erfolgten die Sauerstoff- und BSB₅-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 Nitrat wurde festgelegt, daß die Proben mit 5 cm³ Chloroform per Liter zu konservieren seien.

b) Temperaturen

Die Wasser-Temperaturen wurden auf $\frac{1}{10}$ °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 $\frac{1}{2}^{\circ}$.

c) Chloride

Die Bestimmung der Chlorid-Konzentration erfolgte nach der Mercurinitrat-Diphenylcarbazon-Methode⁴, 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).

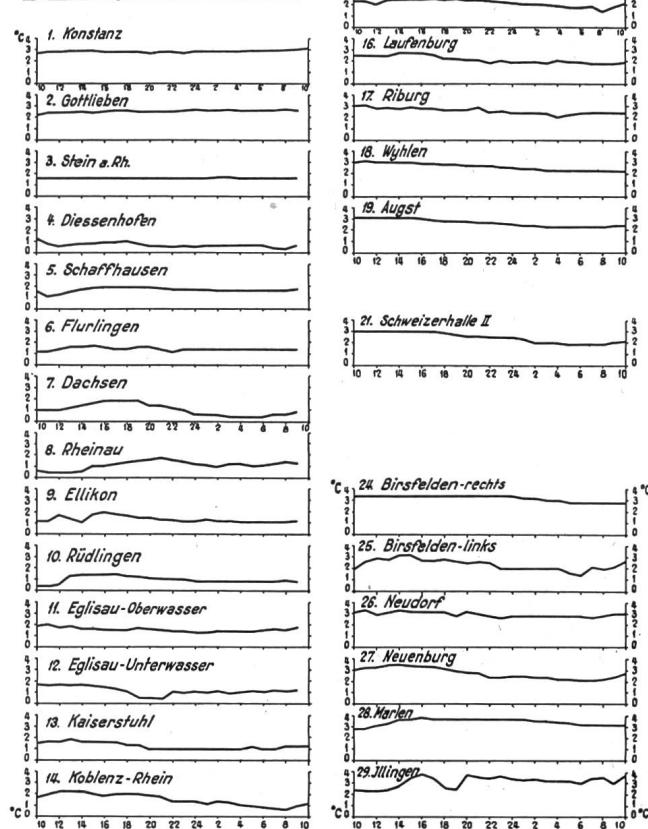
Täglicher Gang der Wasser-Temperatur

Abb. 2 Täglicher Gang der Wassertemperatur

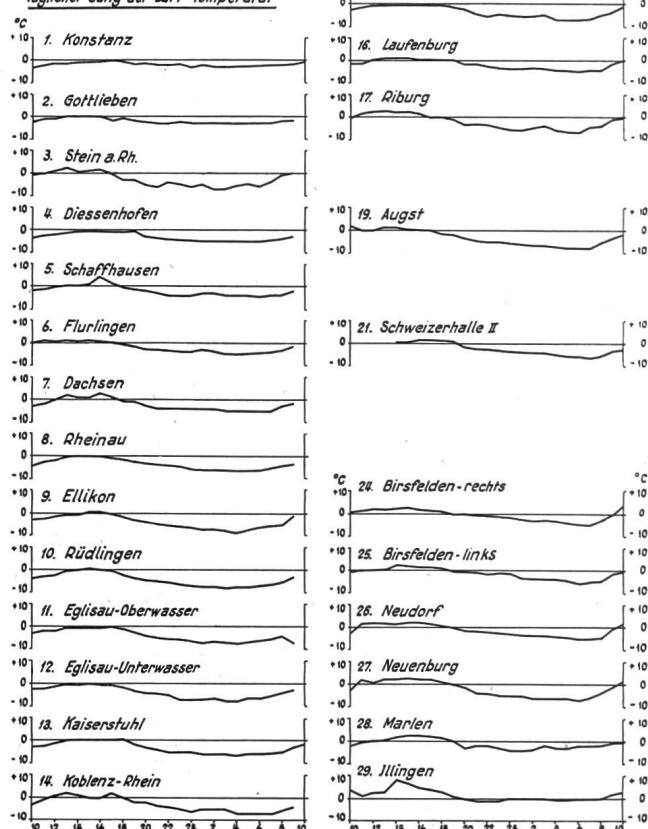
Täglicher Gang der Luft-Temperatur

Abb. 3 Täglicher Gang der Lufttemperatur

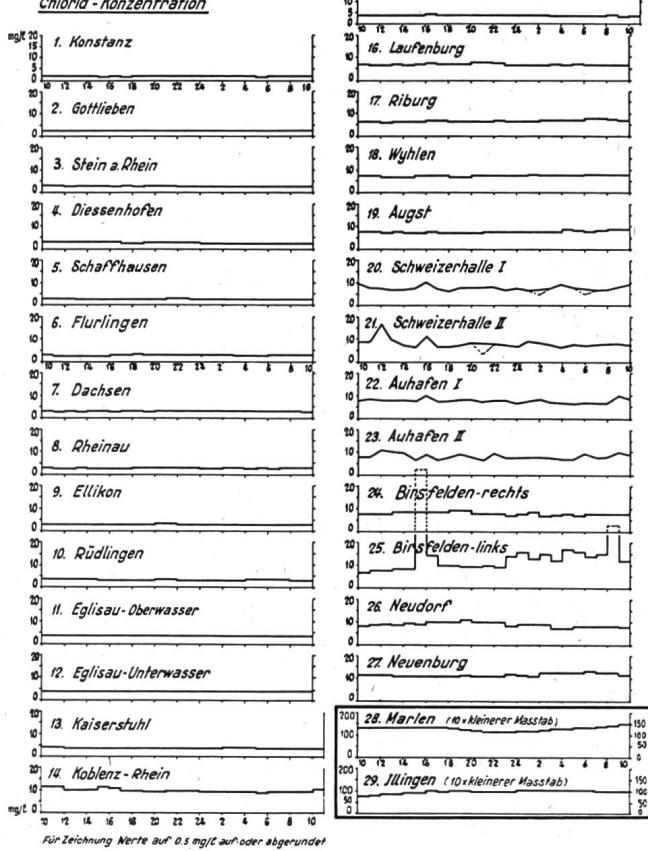
Täglicher Gang der Chlorid-Konzentration

Abb. 4 Täglicher Gang der Chlorid-Konzentration

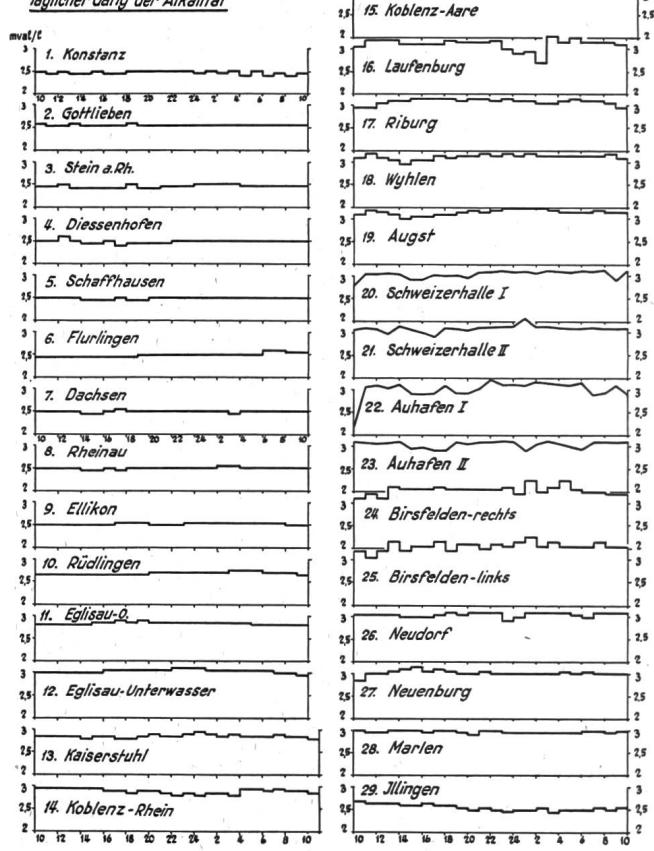
Täglicher Gang der Alkalität

Abb. 5 Täglicher Gang der Alkalität

Temperaturen, Chlorid-Konzentration und Alkalität

Tabelle 2

| Station | Wassertemperatur | | | Lufttemperatur | | | Chlorid-Konzentration | | | Alkalität | | |
|-------------------------|------------------|-------|--------|----------------|-------|--------|-----------------------|-------|--------|-----------|--------|--------|
| | Minim- | Maxi- | Tages- | Minim- | Maxi- | Tages- | Minim- | Maxi- | Tages- | Minim- | Maxi- | Tages- |
| | °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 $\frac{1}{10}$ mg/l genau. (Streuung der Einzelanalyse $\pm 0,2$ mg Cl'/l.) Lediglich die hohen Konzentrationen der Stellen 28 und 29 sind nur auf $\frac{1}{1}$ 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 titriert⁵. Die Bestimmung erfolgte allgemein mindestens auf $\frac{1}{20}$ mval/l (= 0,25 franz. Härtegrade) genau (Streuung der Einzelanalyse $\pm 0,05$ mval/l).

e) Anorganische Stickstoff-Verbindungen

Die Ammonium-Konzentration wurde nach Neßler ohne vorangehende Destillation⁶ und die Nitrit-Konzentration nach dem Verfahren von Grieß-Ilosvay⁷ kolorimetrisch bestimmt. Beide Bestimmungen wurden so bald wie möglich nach der Probefassung mit Vergleichslösungen durchgeführt. Die Angabe der Resultate erfolgte beim Ammonium auf $\frac{1}{100}$ mg N/l und beim Nitrit

auf $\frac{1}{1000}$ mg N/l genau (Streuung der Einzelanalyse $\pm 0,02$ mg N/l bzw. $\pm 0,002$ 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 unterzogen⁸. Diese Untersuchungen hatten ergeben, daß die zuverlässigsten Resultate bei der Anwendung der Natriumsalicylat-Methode⁹ erhalten werden (Streuung der Einzelanalyse $\pm 0,1$ 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 Methode¹⁰ bestimmt, wobei die Zugabe der Schwefelsäure spätestens innert 5 Stunden nach der Probefassung erfolgte (Streuung der Einzelanalyse $\pm 0,3$ 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).

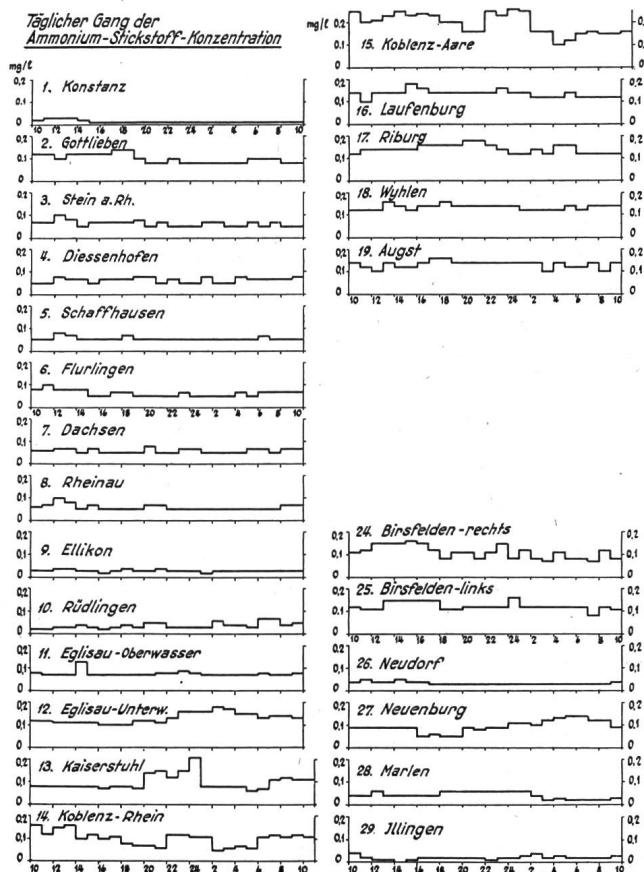


Abb. 6 Täglicher Gang der Ammonium-Stickstoff-Konzentration

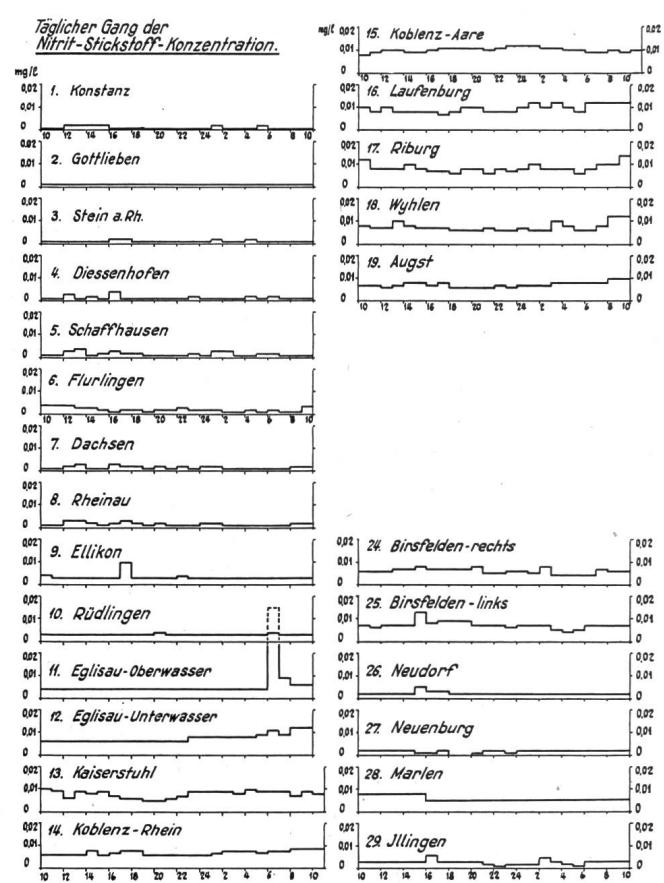


Abb. 7 Täglicher Gang der Nitrit-Stickstoff-Konzentration

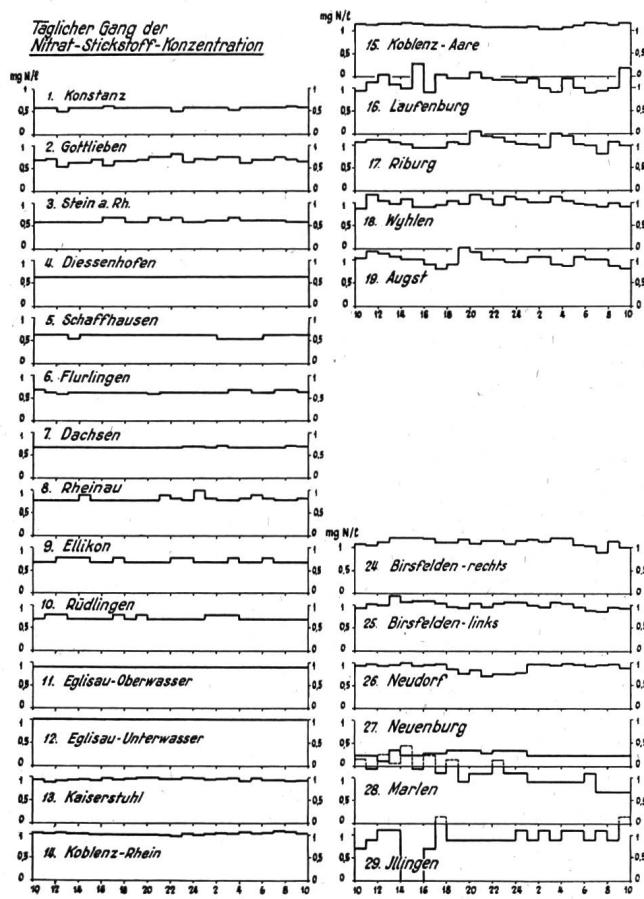


Abb. 8 Täglicher Gang der Nitrat-Stickstoff-Konzentration

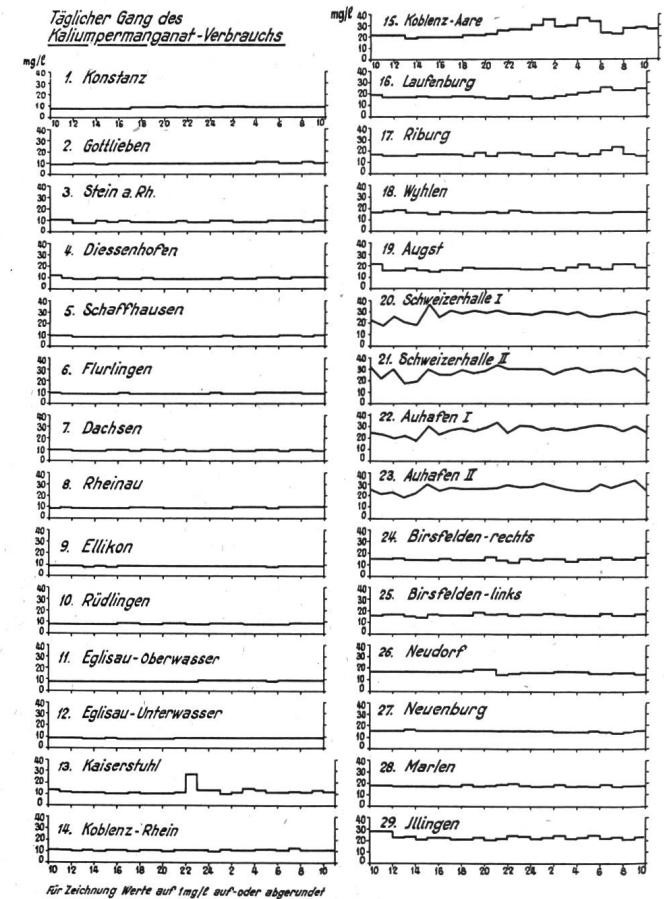


Abb. 9 Täglicher Gang des Kaliumpermanganat-Verbrauchs

Anorganische Stickstoff-Verbindungen und Kaliumpermanganat-Verbrauch

Tabelle 3

| Station | Ammonium-Stickstoffkonzentration | | | Nitrit-Stickstoffkonzentration | | | Nitrat-Stickstoffkonzentration | | | Kaliumpermanganatverbrauch | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|--------|--------|--------------------------------|--------|---------|--------------------------------|--------|--------|--|-------|-------------|--------|--------|------|
| | | | | | | | | | | KMnO ₄ -Verbrauch des Originalwassers | | Tagesmittel | | | |
| | Minim. | Maxi- | Tages- | Minim. | Maxi- | Tages- | Minim. | Maxi- | Tages- | Minim. | Maxi- | Orig.- | Abges. | Diffe- | |
| | 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 | 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 Probe fassungsstellen 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 mehrere

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 einer 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 BSB₅ bezeichnet. Der BSB₅ 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-Bestimmung im Rheinwasser (Manuskript im Protokoll des Arbeitsausschusses für die Koordination der Untersuchungsmethodik am Hochrhein vom 9./10. 9. 55).

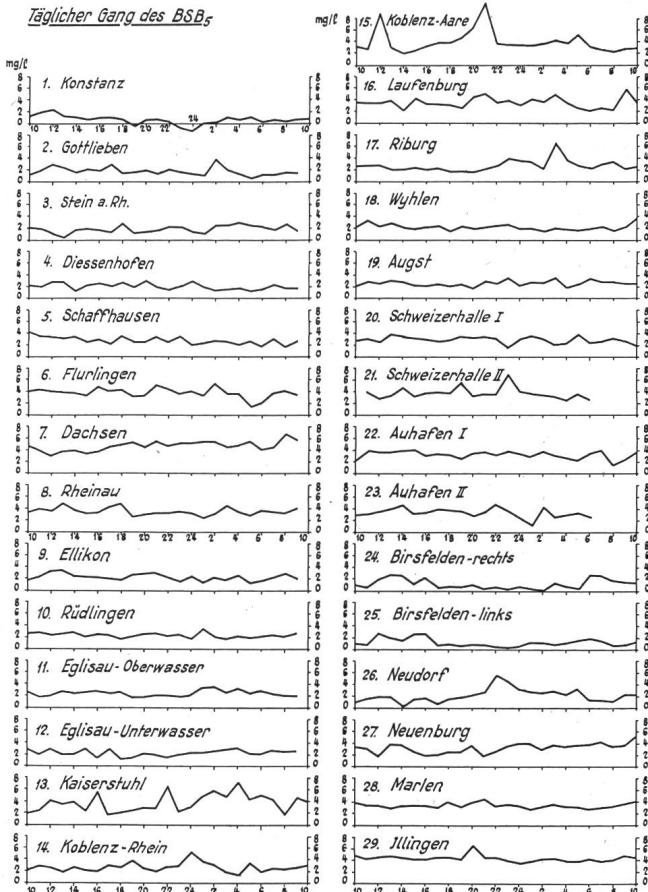
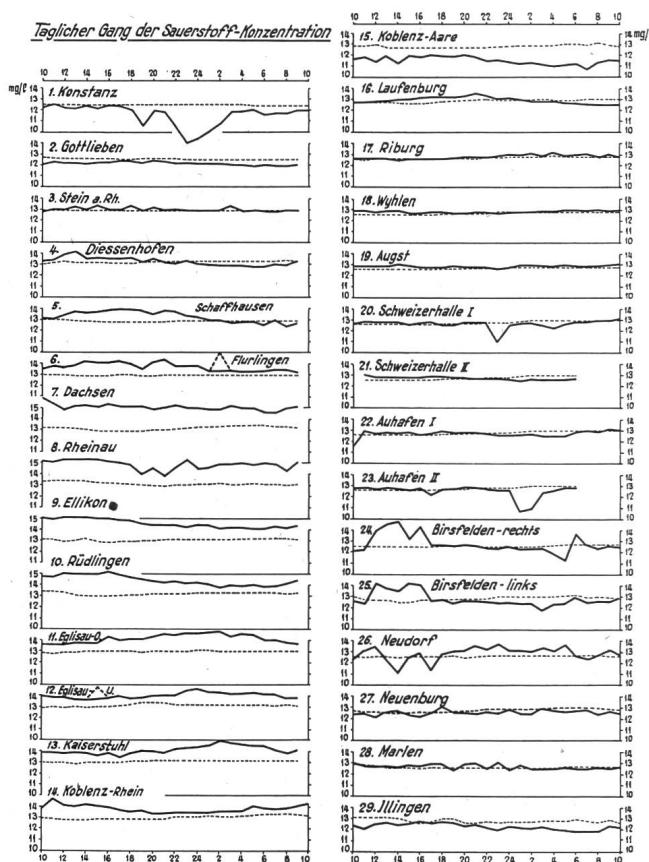
Täglicher Gang des BSB₅Abb. 10 Täglicher Gang des BSB₅Täglicher Gang der Sauerstoff-Konzentration

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 $20^\circ \pm 1^\circ \text{C}$ zu erfolgen hatte.

Die Streuung der Einzelbestimmung beträgt je nach den örtlichen Verhältnissen bei Werten von weniger als 5 mg/l ungefähr $\pm 0,5$ bis $\pm 1 \text{ mg/l}$.

h) Sauerstoff

Die *Sauerstoff-Konzentration* wurde nach der Natriumazid-Modifikation der Winkler-Methode¹² bestimmt. Die Angabe der Werte der Sauerstoff-Konzentration und des BSB₅ erfolgte auf $1/10 \text{ mg/l}$ genau (Streuung der Einzelanalyse $\pm 0,1 \text{ mg/l}$).

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 empfohlen¹³,

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

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).

b) den mittleren Ortsdruck nach der von H. Schmaßmann¹⁴ 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 legen¹⁵.

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 O₂-Kalkulator¹⁶.

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 und 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 | | | Minim. | Maxim. | Tägliche Amplitude | Tages- |
| | Minim. | Maxim. | Tages- | Minim. | Maxim. | Aktuelle Konzentration | Sättigungs-konzentration | Differenz | | | | mittel |
| | 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 $\frac{1}{10}$ 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 Arbeits-technik 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 Albbrück-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 m³/s) und daß die Staustufe Albbrück-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 m³/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 Interpolation¹⁷ von mittleren Fließgeschwindigkeiten, die für bestimmte Abflußmengen publiziert worden sind¹⁸. 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 geschätzt¹⁹. 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

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 ($Q_{\text{Rheinfelden}} = 720 \text{ m}^3/\text{s}$) etwa 80 % der Geschwindigkeit bei $Q_{\text{Rheinfelden}} = 1047 \text{ m}^3/\text{s}$, 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 Albbrück-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.

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 Kaliproduktion 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 Hohfuhrn 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.

Stoffanfall-Werte

Tabelle 5

| | | Milligramm per Liter Tagesmittel | | | | Anfall in t/Tag | | Anfall-Äquivalente in t/Tag | |
|-------|----------------|-------------------------------------|--|----------------------------------|------------------|-----------------|--|----------------------------------|------------------|
| | | Chloride | Anorganische Stickstoff- verbin- dungen | KMnO ₄ - Verbrauch | BSB _s | Chloride | Anorganische Stickstoff- verbin- dungen | KMnO ₄ - Verbrauch | BSB _s |
| 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 m³/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 Untersuchungsreihe 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 assimulatorische 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 1923²⁰, von der Rheinstrecke Schaffhausen-Kaiserstuhl aus den Jahren 1938/1941²¹, vom Basler Rhein aus den Jahren 1948/1950²² und vom gesamten Hoch- und Oberrhein aus den Jahren 1948/1955²³ vor.

Anderer Art sind die 1953/1954 von der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung ausgeführten Untersuchungen²⁴. Die bei diesen Untersuchungen berücksichtigten Probefassungsstellen Eschenz, Kembs und Lauterbourg liegen auf der auch im März 1956 untersuchten Rheinstrecke. Dabei

²⁰ E. Rigganbach, 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 (1948).

²² Dr. Th. Müller, Schlußbericht über die in der Zeit vom 28. April 1948 bis 5. Mai 1950 durch die Koordinationskommission für die Rhein-sanierung durchgeführten Untersuchungen und den Verschmutzungszustand des Rheins im Gebiet des Kantons Basel-Stadt. — P. Wer-muth, 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 KMnO₄-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).

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-Birsfelden²⁵ und aus dem Grand Canal d'Alsace²⁶ 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 durchgeföhrten 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 durchgeföhrten regelmäßigen Rheinwas-reundersuchungen.

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 Biber²⁷, aus der Töß²⁸, aus der Glatt²⁹, aus der Ergolz³⁰ und aus der Birs³¹.

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

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 Basel 18 (1944).

³¹ H. Schmaßmann, W. Schmaßmann und E. Wylemann, Die Oberflächengewässer, Grundwasservorkommen und Abwässer des unteren Birstales. — Tätigkeitsber. Natf. Ges. Basel 18 (1950).