

Hydrologische Verhältnisse am Rhein

Autor(en): **Walser, Emil**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **67 (1975)**

Heft 5-6

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-920913>

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.

Emil Walser*

Einleitung

Bei der Betrachtung eines Stromgebietes von vorwiegend technischem Standpunkt aus bilden die hydrologischen Verhältnisse einen wichtigen, zentralen Ausgangspunkt. Die Hydrologie, wie sie heute definiert ist¹, beschreibt als naturwissenschaftliche Disziplin die unter dem Stichwort «Wasserkreislauf» zu verstehenden Vorgänge und Zustände; sie ist deshalb auch berufen, Grundlagen für die Wasserwirtschaft im weitesten Sinne (Nutzung und Schutz, Menge und Qualität) zu liefern. Dies erfordert, dass die Resultate der hydrologischen Erhebungen übersichtlich vereinigt, zu statistischen Kennwerten verarbeitet und als homogene Datenreihen publiziert werden, die als Ausgangspunkte für Berechnungen verwendet und für spezielle Anwendungen in die Form von mathematischen Modellen gebracht werden können. Da die hydrologischen Vorgänge sich in immer wieder neuen Variationen abspielen und da neben den kurzfristigen auch langfristige Veränderungen (Klimaschwankungen, menschliche Einwirkungen) auftreten, ist diese Arbeit nie abgeschlossen.

In einem Stromgebiet wie in demjenigen des Rheins wird das hydrologische Geschehen im Strom selbst durch ganz verschiedenartige Vorgänge in zahlreichen, sich voneinander unterscheidenden Teileinzugsgebieten bestimmt. Charakterisierend ist dabei, dass diese Einflüsse sich infolge der eindeutigen Fliessrichtung flussabwärts fortpflanzen, nicht aber flussaufwärts, wenn man vom meteorologischen Sektor der Hydrologie und von Rückstauwirkungen im Mündungsgebiet absieht. Es ist deshalb begreiflich, dass man in tieferliegenden Gebietsteilen an den Vorgängen weiter oben mehr Interesse zeigt als umgekehrt und dass dieses Interesse nicht an den Staatsgrenzen haltmacht. Eine umfassende Betrachtung der Stromgebiete setzt sich mehr und mehr durch. Schon im Jahre 1957 war in einem Gespräch mit dem damaligen Präsidenten der deutschen Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz der Gedanke an ein Jahrbuch für das ganze Rheingebiet aufgeblitzt; für eine sofortige Verwirklichung war indessen damals die Zeit noch nicht reif. Erst mit dem im Jahre 1965 angelaufenen weltweiten Internationalen Hydrologischen Dezennium, das ab 1975 in etwas veränderter Form weitergeführt wird, war der Rahmen geschaffen für eine gestraffte zwischenstaatliche, die Hydrologie als Hauptgegenstand behandelnde Zusammenarbeit aller am Stromgebiet beteiligten Länder. Auf niederländische Initiative hin konstituierte sich im Jahre 1970 die Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes, die über ein vollamtlich arbeitendes, auch technische Organe umfassendes Sekretariat verfügt. Die Kommission hat schon beträchtliche Arbeit geleistet und plant auf 1976 die Herausgabe erster Publikationen.

Ihre Aufgabe sieht die Kommission nicht im Anstellen eigener Erhebungen, sondern in der Sammlung des von ihr bei den einzelnen Ländern angeforderten Materials und dessen Verarbeitung zu Darstellungen, welche das Stromgebiet des Rheins zwar unter Herausarbeitung von dessen Vielgestaltigkeit, aber in einheitlicher, auf das Ganze ausgerichteter Form umfassen. Damit wird die Vergleichbarkeit der einzelnen Teilgebiete und die Einsicht in

deren Einfluss auf den Rhein selbst bedeutend erleichtert, ganz abgesehen davon, dass dem Benützer das mühsame Zusammensuchen aus verschiedenartigen Publikationen erspart bleibt, solange er sich nicht an das intensive Studium von Einzelheiten macht. Schliesslich gilt auch hier der Spruch, wonach das Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile.

Es ist nicht verwunderlich, dass der Rheinstrom, der wirtschaftlich hochentwickelte und dichtest bevölkerte Teile Europas durchfließt, schon früh zu Studien über hydrologische Aspekte Anlass gab. So hat, um ein Beispiel aus der Schweiz zu erwähnen, Hans Conrad Escher von der Linth (1767 bis 1823) schon im Jahre 1821 in Basel vor der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft über seine Berechnung der Abflussmengen des Rheins in den Jahren 1809 bis 1820 referiert. Seither sind nationale hydrologische Dienststellen entstanden, welche die systematische Beobachtung und Messung der Gewässer an die Hand genommen, ausgebaut und in neuerer Zeit auch auf die Wasserqualität ausgedehnt haben und hierüber regelmässig ihre Jahrbücher herausgeben. Auf technische Anwendungen ausgerichtete Organisationen² sammeln sodann einschlägige Beobachtungs- und Messresultate und verarbeiten dieselben zu Unterlagen für ihr spezifisches Arbeitsgebiet, wobei nun auch die Wasserqualität einen wichtigen Platz einnimmt. Regionale Planungsaufgaben führen zu detaillierten hydrologischen Gebietsstudien unter Einbezug des Grundwassers und an oft kleinen aber intensiv beobachteten Forschungsgebieten arbeiten Institute und bildet sich eine neue Hydrologengeneration aus. So nimmt die Menge hydrologischer Angaben und Darstellungen immer mehr zu und damit die Notwendigkeit, die Uebersicht zu bewahren, aber auch die Möglichkeit zu deren Nutzbarmachung für grössere Zusammenhänge. Die von der erwähnten Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes angestrebte Synthese der Teilarbeiten erhält dadurch eine gewichtige Aktualität.

Die Vermehrung der hydrologischen Beobachtungspunkte und -objekte zeigt sich noch von einer anderen Seite her. Es hat sich nämlich als notwendig erwiesen, in der Erstellung hydrologischer Bilanzen weiter zu gehen als früher, indem dieselben örtlich und zeitlich zu spezifizieren sind. Bilanzen müssen auch für verhältnismässig kleine Gebiete ausgearbeitet werden und zwar für die einzelnen Jahreszeiten, für nasse und trockene Jahre. Das erfordert aber eine systematische Ausweitung der Beobachtungen und Messungen über einzelne Punkte des Gewässersystems hinaus auf die Flächen der Einzugsgebiete, wo der Niederschlag, die Schneedecke, die Verdunstung und das Grundwasser als grundlegende Elemente in Erscheinung treten. Infolge der zunehmenden Verfeinerung der Berechnungen spielen dabei auch die Wechselwirkungen zwischen Oberflächen- und Grundwasser eine grössere Rolle.

Für die Interpretation spezieller Erhebungen, besonders über das Grundwasser und über die Wasserqualität, sind

* Der Verfasser dankt dem Eidg. Amt für Wasserwirtschaft für dessen Mitwirkung an der Bearbeitung dieses Beitrages.

¹ UNESCO, NS/188; OMM, Annex zu Resolution 13 (Cg-VI).

² Zum Beispiel: Zentralkommission für die Rheinschifffahrt, Internationale Rheinregulierung Illmündung-Bodensee, Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung, Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet.

in den meisten Fällen die Wasserstände und Abflussmengen der Oberflächengewässer heranzuziehen; die genannten jüngeren Spezialgebiete kommen nicht ohne die «klassische» Hydrologie aus. Die betreffenden Spezialisten — Geologen, Chemiker, Hydrobiologen — sind zwangsläufig bei ihrem Eindringen in die Zusammenhänge auch als Hydrologen tätig³. Das bringt der «Familie» der Hydrologen⁴ eine bedeutende Erweiterung, und es ist — nicht

zuletzt auch aus Gründen der Arbeitsökonomie — erwünscht, dass diese Spezialisten sich als willkommene Familienglieder fühlen können, die ihre Mitgift mitbrachten und nun auch ihrerseits an der Familientradition der Hydrologie (Daten, Methoden, Erfahrungen) Teil haben, dies um so mehr, als sie meistens auch schon in Beziehung zum nächsten Verwandten der Hydrologie, zur Meteorologie, stehen.

Hydrologische Hauptaspekte des Rheingebietes

Bei einer heutigen hydrologischen Beschreibung des Rheingebietes kann nicht an dem Umstand vorbeigesehen werden, dass die einleitend geschilderten Entwicklungen im Gange sind und dass an einer gründlichen, von neuesten Gesichtspunkten aus angelegten Synthese gearbeitet wird. Sodann ist zu berücksichtigen, dass bereits früher zahlreiche Aufsätze über das Rheingebiet oder einzelne Teile desselben erschienen sind. Um die deshalb unvermeidlichen Wiederholungen auf ein Mindestmass zu beschränken, wird die folgende Beschreibung der hydrologischen Hauptaspekte des Rheingebietes knapp gehalten, mit Hinweisen auf frühere ausführlichere Arbeiten. Damit wird auch Raum gewonnen für die zwei anschließenden Abschnitte, deren spezielle Fragestellung aus der Praxis der jüngsten Jahre hervorging und die somit aktuelle Einzelheiten unseres Themas beleuchten.

Bei der Begrenzung des Einzugsgebietes (Bild 1) fällt vor allem die Einschnürung bei Basel auf, an welche sich südlich der Gebietsteil des Hoch- und des Alpenrheins anschliesst. Nach Norden weitet sich das Einzugsgebiet rasch aus, wobei besonders das Maingebiet kräftig nach Osten ausgreift. Noch weiter nördlich, an die Gebiete der Lahn und der Mosel anschliessend, wird das Einzugsgebiet des Rheins schmaler, im Westen liegt die Gebietsgrenze stromabwärts der Erftmündung nahe am Rhein, während im Osten die Ruhr und die Lippe noch einmal eine Ausweitung bringen. Kurz nach Rees verzweigt sich der Rhein in die nach Westen fliessenden Arme Waal und Lek, von welcher letzterem noch die IJssel nach Norden abzweigt; damit sind wir im Deltagebiet angelangt mit den verschiedenen Mündungen in die Nordsee [6].

Die Einzugsgebietsgrenze ist nicht überall eindeutig durch die Topographie gegeben; unterirdische Wasserläufe können Verbindungen zu benachbarten Stromgebieten herstellen. Der für das Rheingebiet bedeutendste derartige Wasserübertritt ist derjenige aus dem oberen Donaugebiet nach dem Untersee, wo oberhalb Friedingen beträchtliche zeitlich variable Teile des Donauwassers versinken und unterirdisch dem Rheingebiet zufließen [6], was in Trockenzeiten zum völligen Versiegen der Donau führen kann⁵. Im schweizerischen Rheingebiet bestehen kleinere Unsicherheiten im Jura, speziell in den Gebieten ohne Oberflächenabfluss der Freiberge, wo Verbindungen zum Rhonegebiet nicht auszuschliessen sind.

Die Verteilung der Einzugsgebietsflächen nach ihrer Höhenlage ist in Bild 2 dargestellt. Der höchste Punkt im ganzen Rheingebiet ist das Finsteraarhorn, 4274 m ü. M., im Teilgebiet unterhalb Basel der Feldberg, 1493 m ü. M. Die Längenprofile in Bild 3 weisen auf die grossen Unter-

schiede im Gefälle, des Alpenrheins und der alpinen Zuflüsse oberhalb der Seen einerseits, und des Niederrheins und der Zuflüsse im Einzugsgebiet unterhalb Basels andererseits hin.

Die natürlichen Seen von mehr als 20 km² Oberfläche sind in Bild 1 eingetragen; diese liegen alle im Gebiet oberhalb Basel. Sieht man vom Brienersee und vom Thunersee (564 und 558 m ü. M.) ab, so befinden sich die übrigen neun Seen innerhalb einer nur über 39 Meter reichenden Höhenzone, nämlich zwischen 395 m ü. M. (Bodensee Untersee) und 434 m ü. M. (Vierwaldstättersee). Die totale Oberfläche dieser elf Seen beträgt 1165,7 km² oder 3,2 % des Einzugsgebietes bis Basel, 0,7 % des Gesamteinzugsgebietes bis Rees.

Entsprechend seiner Erstreckung von den Alpen bis zur Nordsee weist das Rheingebiet in seinen Teilen stark voneinander verschiedene Klimazonen auf [6]. Das Gebiet oberhalb Basel unterscheidet sich stark von demjenigen zwischen Basel und Rees: Die jährliche mittlere Niederschlagshöhe beträgt oberhalb Basel 1420 mm, unterhalb 750 mm. Im ersteren fallen im Sommer grosse, im Winter kleine Niederschläge [4], im letzteren ist das Umgekehrte der Fall [6]. Dementsprechend sind auch die Abflusshöhen verschieden: Jährliche mittlere Abflusshöhe oberhalb Basel über 800 mm, zwischen Basel und Rees etwa 300 mm [7]. Im jahreszeitlichen Abflussregime kommt beim Gebiet oberhalb Basel mit seinen teilweise hochliegenden Gebietsflächen noch der Einfluss der fröhsommerlichen Schneeschmelze hinzu [5]. Die Gletscher liefern sodann in den Sommermonaten einen bei Trockenheit willkommenen Zuschuss an Wasser; sie wirken zudem über die einzelnen Jahre hinweg ausgleichend auf das Abflussregime [7]. Die Seen gleichen vor allem kurzfristige Abflussschwankungen aus, auch zwischen den einzelnen Jahreszeiten findet ein teilweiser Ausgleich statt, ohne dass indessen der Rhythmus: Grosse Sommer-, kleine Winterabflussmengen aufgehoben würde [5]. In höhergelegenen Gebieten ohne Gletscher sind es meist die vorsommerlichen Monate, welche infolge der Schneeschmelze die grössten Abflussmengen bringen, während dort im Hochsommer die stärkere Verdunstung den Abfluss reduziert [4].

Im Bild 1 sind für einige Punkte des Rheins und seiner Zuflüsse die Abflussverhältnisse ([1], [2]) durch sternartige Darstellungen anschaulich gemacht. Der Flächeninhalt der Kreise ist proportional der mittleren jährlichen Abflussmenge. Von der dem Neujahr entsprechenden Südrichtung aus sind im Uhrzeigersinn die zwölf Monate als Strahlen aufgetragen, wobei die Länge der Strahlen, vom Kreisumfang an gerechnet, angibt, wieviel Prozent des

³ Diese Feststellung ist im schweizerischen Rheingebiet durch zahlreiche, von Geologen bearbeitete Grundwasserstudien belegt, wie auch durch die Studie der EAWAG: «Gewässerschutz 2000».

⁴ Dieser Ausdruck kommt auch in Texten internationaler Organisationen vor.

[] Hinweise auf Literatur am Ende des Berichts.

⁵ Siehe auch WEW 1974, S. 321 und ff.

Jahresmittels das betreffende Monatsmittel ausmacht. Ge-
rechnet wurde auf Grund der Zahlen in m^3/s , so dass das
Mittel der 12 Strahlenlängen immer 100% ergibt (siehe
auch die Legende in Bild 1). Verfolgen wir nun den Rhein
in seiner Fließrichtung, dann finden wir zunächst den

Punkt oberhalb des Bodensees, wo das geschilderte, alpi-
ne Regime am stärksten ausgeprägt ist, unterhalb des Bo-
densees dasselbe, um ein wenig ausgeglichener. Der
Beitrag der Aare einschliesslich Reuss und Limmat ist vom
gleichen Typ, jedoch noch etwas mehr ausgeglichen, wie

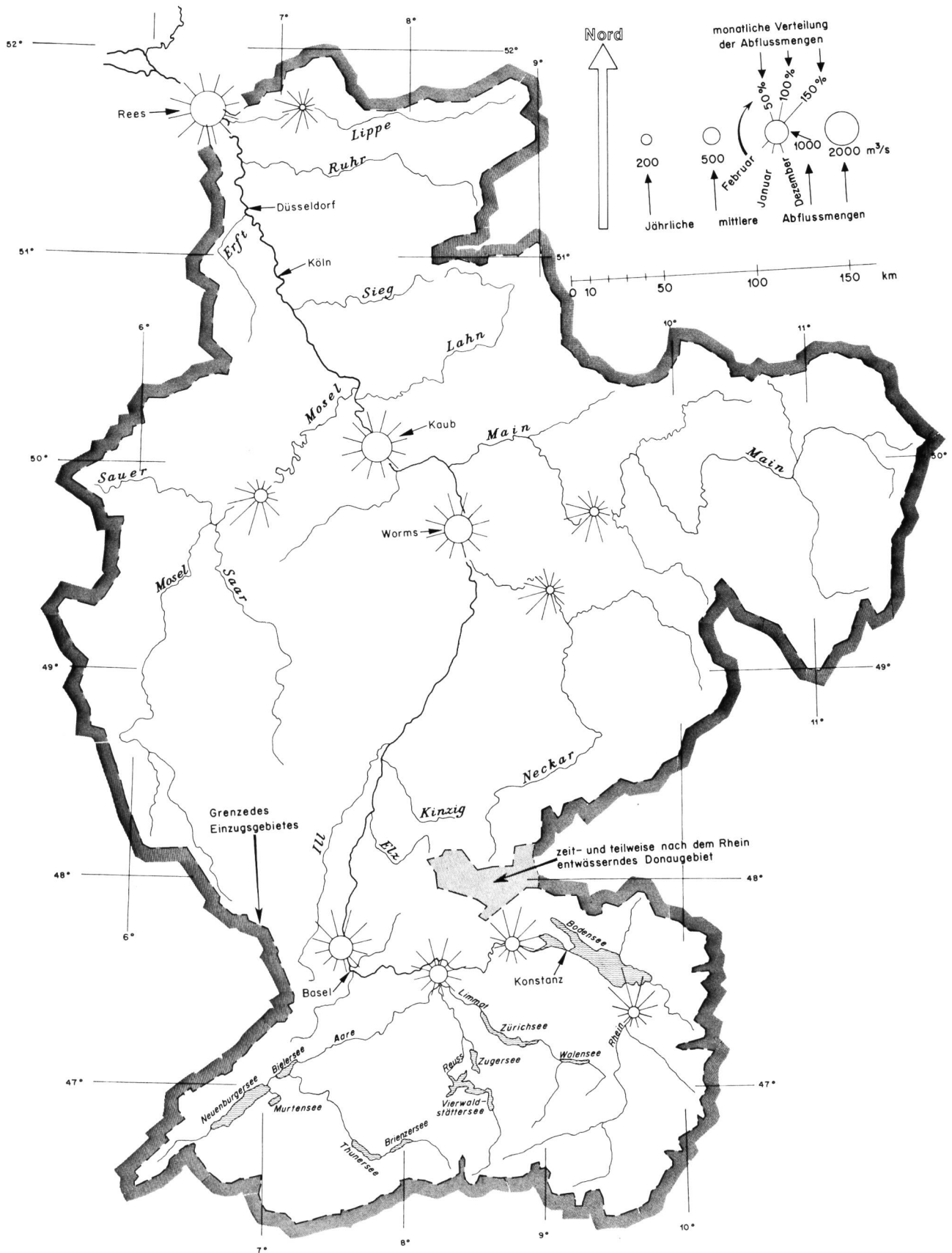


Bild 1 Generelle Gewässerkarte des Rheingebietes, mit natürlichen Seen von mehr als 20 km^2 Oberfläche. Darstellung des Jahresregimes der Abflussmengen an einigen Punkten des Rheins sowie an der Aare, am Neckar und am Main, an der Mosel und an der Lippe. Geographische Längen östlich von Greenwich.

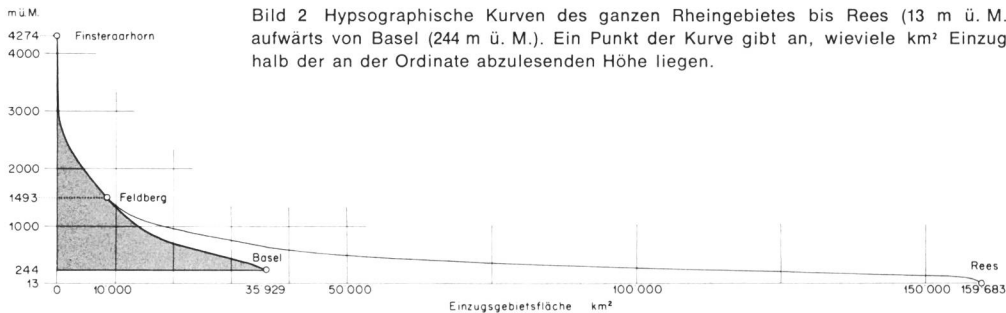


Bild 2 Hypsographische Kurven des ganzen Rheingebietes bis Rees (13 m ü. M.) und des Teilgebietes stromaufwärts von Basel (244 m ü. M.). Ein Punkt der Kurve gibt an, wieviele km² Einzugsgebietsfläche (Abszisse) oberhalb der an der Ordinate abzulesenden Höhe liegen.

auch das daraus resultierende Abflussregime in Basel, das der Rhein auf seinem Weg nach Norden zunächst beibehält. Der Neckar weist nun aber ein ganz anderes Regime auf, das, mit kleinen Unterschieden, auch für die weiter nördlich einmündenden Zuflüsse gilt: Grosse Winterabflüsse, kleine Sommer- und Herbstabflüsse. An den drei dargestellten Punkten des Neckars, des Mains und der Mosel weist der September, an der Lippe der Oktober das kleinste Mittel auf, während das grösste auf einen der Monate von Dezember bis März fällt. Da diese Zuflüsse aber mengenmässig gegenüber dem Rhein wesentlich kleiner sind (Kreisel!), erfolgt die Umwandlung seines Abflussregimes gegen Norden nur allmählich (Worms, Kaub). Bei Rees indessen ist nun auch für den Rhein der Februar der Monat mit der grössten Abflussmenge geworden, die kleinste weist dort der Monat Oktober auf.

Zur hydrologischen Beschreibung eines Gewässersystems gehören auch Angaben über «Inhaltsstoffe und Wasserbeschaffenheit». Hier sind die spezialisierten Sammelwerke der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung und der Internationalen Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet zu erwähnen. Einen schönen Vollständigkeitsgrad hinsichtlich aller hydrologisch relevanten Daten seines Geltungsgebietes, ausser den meteorologischen, hat das Deutsche Gewässerkundliche Jahrbuch [2] erreicht, von dem bei der Abfassung dieses Aufsatzes der Band für das Abflussjahr

1969, erschienen 1974, vorlag. Auch im hydrographischen Jahrbuch der Schweiz [1] finden sich, in seinem fünften Teil, Angaben über die Wassertemperatur und -beschaffenheit, wobei über die letztere nicht nur Analysenresultate von Stichproben, sondern, als letzte Errungenschaft, auch von automatisch erhobenen, normalerweise wöchentlichen Sammelproben und Ergebnisse kontinuierlicher Registrierung einzelner Parameter gebracht werden (ab 1972).

Ueber die Wassertemperatur liegen schon längere Messreihen vor; betreffend Vereisung wird auf den im Literaturverzeichnis unter [6] angeführten Aufsatz verwiesen. Die Tabelle 1 gibt eine Uebersicht über die im Rhein und in einzelnen seiner Zuflüsse gemessenen Wassertemperaturen.

Wassertemperaturen °C 10jährige Messreihen Tabelle 1

Station	niedrigster Wert	Mittel aller Messungen	höchster Wert	Mittel aller	
				Januarwerte	Juliwerte
Rhein, Bad Ragaz	0,1	7,2	15,5	2,7	11,3
Aare, Büren	0,7	10,6	22,6	3,8	17,7
Rhein, Waldshut	0,0	10,6	23,8	2,7	18,4
Rhein, Maxau	0,2	11,7	24,7	4,1	19,3
Neckar, Gundelsheim	0,4	12,6	27,0	4,2	21,1
Main, Griessheim	0,2	12,2	27,3	3,0	21,2
Mosel, Cochem	-0,2	12,2	27,1	3,4	21,0
Rhein, Köln	0,1	11,9	25,0	3,6	19,8

Abflussmengen des Rheins in Basel und in Rees, Statistischer Zusammenhang

In internationalen Organisationen werden zuweilen Aussagen über den Rhein mit Bezug auf dessen momentanen Abflusszustand in Rees gemacht. Für die schweizerischen Teilnehmer stellt sich dann die Frage, welche Abflussverhältnisse in der Schweiz, vor allem in Basel, einem so charakterisierten Zustand zeitlich entsprechen. Im Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft ist an Hand der Jahresreihe 1951 bis 1966 eine statistische Untersuchung angestellt worden, welche hierüber im Rahmen des Möglichen Klarheit verschafft.

Schon der Blick auf Bild 1 zeigt das grosse Zwischeneinzugsgebiet zwischen Basel und Rees auf (Einzugsgebiet des Rheins in Basel 35 929 km², in Rees 159 683 km², also das 4,4fache von Basel). Ohne einen Zusammenhang mit dem Stand des Rheins in Basel aufzuweisen, kann die Wasserführung im Zwischeneinzugsgebiet auf mannigfache Weise variieren, so dass schon aus diesem Grunde eine eindeutige Beziehung zwischen Basel und Rees nicht erwartet werden kann. Hinzu kommt die gleichfalls in Bild 1 ersichtliche Verschiedenheit des Jahrganges der Abflussmengen an den beiden in Frage stehenden Messstellen, die den Verzicht auf eine unterschiedslos alle Jahreszeiten umfassende Behandlung des Problems nahelegt. Günstig hin-

gegen wirkt sich auf die Untersuchung der Umstand aus, dass der Abfluss pro Flächeneinheit im Zwischeneinzugsgebiet bedeutend kleiner ist als oberhalb von Basel; die mittlere Abflussmenge des Rheins in Rees beträgt mit 2200 m³/s nicht etwa, wie aus dem Verhältnis der Einzugsgebiete angenommen werden könnte, das 4,4fache, sondern nur das 2,1fache derjenigen in Basel (1028 m³/s). Ebenfalls von Vorteil ist, dass beim Schluss von Rees auf Basel von einem Ganzen auf einen seiner Teile geschlossen wird und nicht umgekehrt.

Die Untersuchung wurde für jeden der 12 Monate getrennt durchgeführt, und es zeigte sich, dass auf diese Weise eine Aussage möglich ist. Die Tabelle 2 enthält das Resultat für jeden der 12 Monate. Alle Zahlen in der Tabelle bedeuten Abflussmengen des Rheins in Basel, ausgedrückt in Prozenten der ihnen zeitlich entsprechenden Mengen in Rees. Natürlich streuen auch innerhalb eines bestimmten Monats die Basler Werte, die zeitlich ein und derselben Wert in Rees entsprechen. Auf Grund der 16 untersuchten Jahre konnten indessen der Mittelwert und das Streuungsmass des Verhältnisses zwischen den betreffenden Wertepaaren monatsweise bestimmt werden.

Bild 3 Längenprofil des Rheins und einiger seiner Zuflüsse. Die Kilometrierung gilt nur für den Rhein, Längen- und Höhenmassstab sind für die Zuflüsse gleich wie beim Rhein. Bauwerke sind, weil eine andere Art der Darstellung erforderlich, nicht eingetragen.

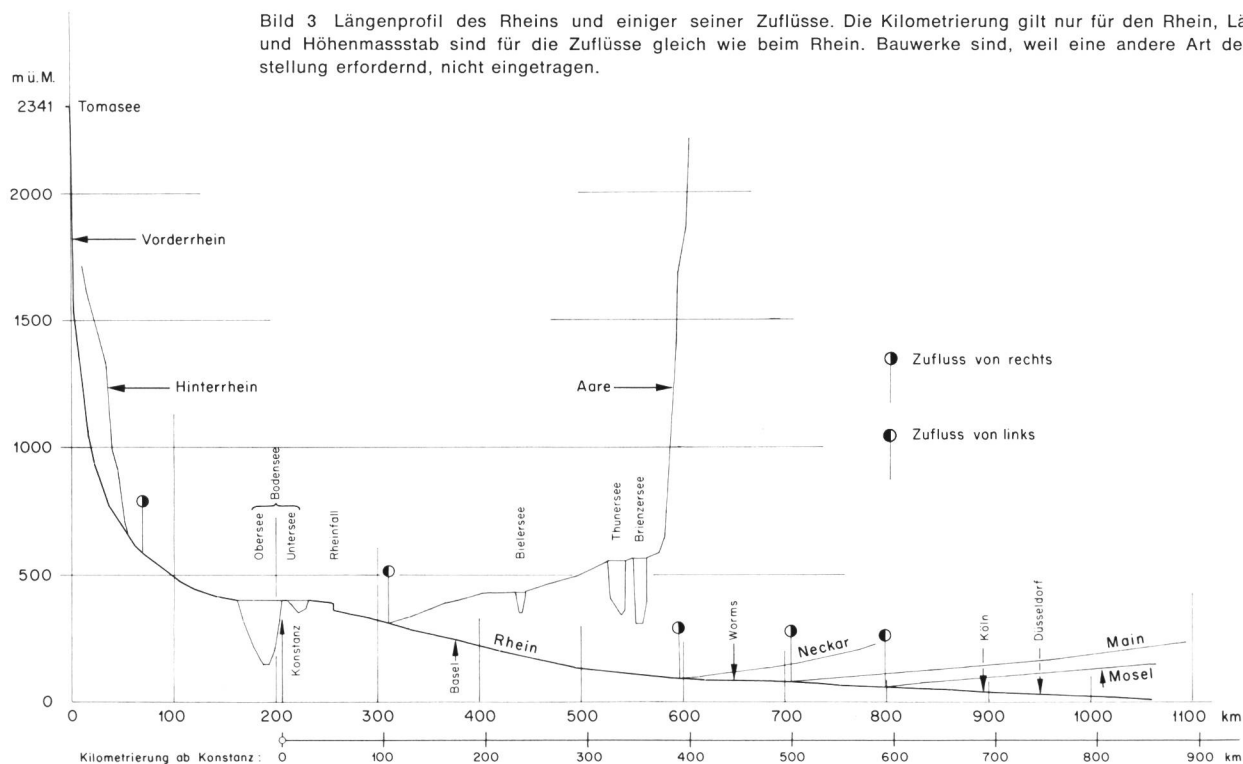


Tabelle 2

Monat	Abflussmenge des Rheins in Basel in % von derjenigen in Rees		
	im Mittel	in 50 % der Fälle zwischen	in 90 % der Fälle zwischen
Januar	30	22 und 37	12 und 47
Februar	30	23 und 36	15 und 44
März	37	32 und 42	25 und 49
April	43	37 und 48	28 und 57
Mai	61	52 und 70	40 und 82
Juni	67	57 und 77	42 und 92
Juli	69	63 und 76	54 und 85
August	67	59 und 74	50 und 83
September	60	54 und 66	46 und 74
Oktober	52	45 und 59	36 und 68
November	46	36 und 57	19 und 73
Dezember	35	28 und 42	18 und 52

Zunächst sind die Mittelwerte in der ersten Kolonne rechts neben den Monaten aufgetragen. Sie zeigen deutlich den Jahresgang der Beziehung. Hat man es z. B. mit einer Abflussmenge in Rees in einem Zeitpunkt des Monats September von 1800 m³/s zu tun, dann kann die gleichzeitig in Basel auftretende Menge auf 60 % von 1800 gleich 1080 m³/s geschätzt werden; handelt es sich aber um die gleiche Abflussmenge (1800 m³/s) in Rees im Monat März, dann ergibt die Schätzung für Basel 37 % von 1800 gleich 666 m³/s. Ueber die Zuverlässigkeit dieser Schätzungen informieren die weiter rechts anschliessenden Kolonnen. In ihnen ist angegeben, innerhalb welchen Bereichs 50 % bzw. 90 % der untersuchten Fälle lagen. Beim vorhin gewählten Beispiel ist also damit zu rechnen, dass in Basel, wenn es sich um den Monat September handelt, mit 50 % Wahrscheinlichkeit ein Wert zwischen 54 % und 66 %, also zwischen 972 und 1188 m³/s, und mit 90 % Wahrscheinlichkeit zwischen 46 % und 74 %, also zwischen 828 und 1332 m³/s zu beobachten sein wird. Handelt es sich aber um den Monat März, dann sind in 50 von 100 Fällen 32 % bis 42 %, d. h. 576 bis 756 m³/s und in 90 von 100 Fällen 25 % bis 49 %, also 450 bis 882 m³/s zu erwarten.

Bild 4 hilft das Resultat zu veranschaulichen. Es sind dort die Beziehung der Mittelwerte und der Streuungsbereich als Strahlenbündel für die extremen Monate Januar und Juli aufgetragen. Für eine bestimmte Abflussmenge bei Rees (Abszisse) kann an der Ordinate der am ehesten zu erwartende korrespondierende Wert für Basel und dessen Streuungsbereich für 50 % und 90 % abgelesen werden. Vom Monat Juli an würde sich von Monat zu Monat das Strahlenbündel senken und öffnen, bis es im Januar die eingezeichnete Lage und Form einnimmt, hernach erfolgt der Wiederanstieg bis zum Monat Juli.

Die Abflussmengen des Rheins bei Basel seit dem Herbst 1970

Der Gang der Wasserstände und der Abflussmengen des Rheins kann auch aus der Ferne mittels der hydrometrischen Station Rheinfeldern täglich verfolgt werden, da diese Station mit einer automatisch auf telefonische Abfrage antwortenden Apparatur ausgerüstet ist⁶. Seit dem Oktober

⁶ In Basel ist die Abflussbestimmung wegen des Rückstaus vom Kraftwerk Kembs komplizierter.

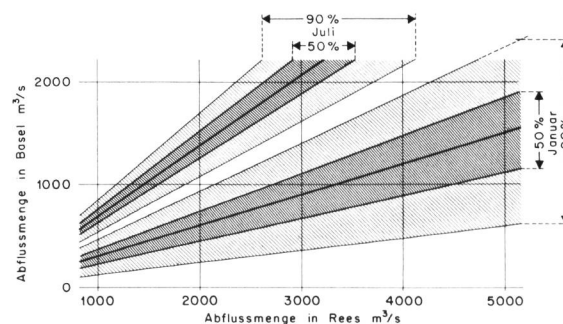


Bild 4 In ein und demselben Zeitpunkt in Basel und in Rees auftretende Abflussmengen des Rheins, für die Monate Juli und Januar dargestellt. Mittel und Streuungsbereich der untersuchten Fälle.

1970 war ein Rückgang der Wasserführung zu beobachten, deren Monatsmittel vom Januar 1971 bis zum Oktober 1972 nie die Monatsdurchschnitte der Vergleichsperiode ab 1935 erreichten, wobei der März 1972 mit nur 45 % des langjährigen Monatsdurchschnitts einen extremen Tiefpunkt ergab. Das Herbsthochwasser 1972 lieferte allerdings mit 161 % für den November und 112 % für den Dezember überdurchschnittliche Mengen, aber schon der Januar 1973 wies nur noch 63 %, der Februar 61 % auf. Von den 19 folgenden Monaten, bis und mit September 1974, liegt der Dezember 1973 mit 120 % am höchsten, am zweithöchsten der Mai 1973 mit 112 %, sechs weitere Monate wiesen 100 bis 105 % auf; die übrigen elf Monate waren wiederum unterdurchschnittlich; am tiefsten lag hier der März 1973 mit 64 %.

Im Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft hat man sich schon bald einmal gefragt, ob diese Sachlage noch als normal anzusehen sei oder ob es sich um Vorkommnisse ausserhalb des bisher Beobachteten handle, für welche nach Ursachen zu suchen sei. Das Resultat der Untersuchungen des Amtes sei vorweggenommen: Es sagt aus, dass die Abflussverhältnisse der untersuchten vier Jahre zwar nicht weit vom Rande des bisher Beobachteten liegen, dass aber ähnliches auch schon vorgekommen ist.

Obschon dann mit dem Oktober 1974 eine ausgesprochen überdurchschnittliche Monatsreihe eingeleitet wurde, ist es von Interesse, die bei der vorerwähnten Untersuchung zutage getretenen Verhältnisse mitzuteilen, da dieselben bei späteren ähnlichen Vorkommnissen wieder zum Vergleich herangezogen werden können.

Eine gute Vergleichsbasis lieferte die hydrometrische Station Basel, da für dieselbe Abflussmengenangaben seit dem Jahre 1808 vorliegen. Die Untersuchung beruht auf Jahresmitteln, zunächst der Kalenderjahre; die jahreszeitlichen Abflussverschiebungen infolge der Speicherwirtschaft können dabei als einigermaßen ausgeglichen betrachtet werden. Zunächst wurden sämtliche Jahresmittel der Abflussmenge in Basel in Prozenten des Mittels der 164jährigen Reihe bis 1971 (1028 m³/s) ausgedrückt. Betrachten wir nur die unterdurchschnittlichen Jahre, so finden wir als Extreme:

das Jahr 1921	mit 58,9 %
das Jahr 1949	mit 62,5 %
das Jahr 1832	mit 67,6 %
das Jahr 1857	mit 68,8 %
das Jahr 1971	mit 70,3 %

Das erste der uns interessierenden vier Jahre steht also an fünfter Stelle unter den Trockenjahren; die Jahre 1972 mit 74,9 % und 1973 mit 90,1 % befinden sich im Bereich zahlreicher anderer Jahre mit ähnlichen Werten.

Was nun aber besonders interessierte, war die mehrjährige Dauer der Unterschreitung des Mittelwertes. Es wurden deshalb aus der langjährigen Reihe diejenigen Jahrespaare oder -gruppen herausgesucht, bei denen an zwei oder mehr aufeinanderfolgenden Jahren die Abflussmengen unterdurchschnittlich waren. Dabei fand man Jahresgruppen bis zu sieben Jahren (1869 bis 1875). Diese sind in Bild 5 nach ihrem Abflussdurchschnitt in Prozenten des vorerwähnten langjährigen Mittels aufgetragen. Durch die tiefsten Punkte lässt sich eine Kurve ziehen, welche die untere Grenze des bisher Gemessenen darstellt. Punkte, die oberhalb dieser Kurve liegen, stellen Ereignisse im Rahmen des bisher Beobachteten dar. Man sieht nun, dass die uns interessierenden Jahre Punkte liefern, die zwar — was die zwei- bis vierjährigen betrifft — nahe der Grenzkurve, aber noch oberhalb derselben liegen.

Es fällt immerhin auf, dass die Grenzkurve, abgesehen von den Einzeljahren, ausschliesslich durch Punkte aus dem 19. Jahrhundert belegt ist. Die Punkte aus dem 20. Jahrhundert vor 1970 liegen beträchtlich höher; Gruppen von 5 bis 7 Jahren fehlen nach dem Jahr 1875 ganz. Die jüngstvergangenen Jahre 1971 bis 1974 haben also dafür gesorgt, dass der hier betrachtete hydrologische Teilaspekt unseres 20. Jahrhunderts sich demjenigen des 19. Jahrhunderts annähert, soweit dies die Gruppen von zwei bis vier Jahren betrifft. Es wäre nicht erstaunlich, wenn vor dem Ende des Jahrhunderts auch noch etwa eine fünf- bis siebenjährige unterdurchschnittliche Reihe auftreten würde, sofern die betreffenden Punkte oberhalb unserer Grenzkurve zu liegen kämen.

Die drei letzten Monate des Jahres 1974 waren wasserreich, was sich auf die Lage des Punktes für 1971 bis

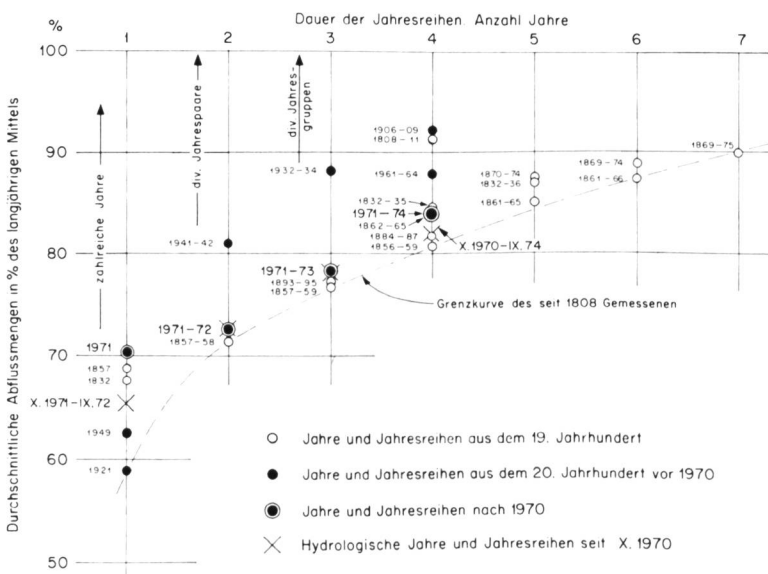


Bild 5
 Abflussmengen des Rheins in Basel. Einzeljahre und Gruppen aufeinanderfolgender Jahre, deren Abflussmittel unter dem Durchschnitt seit 1808 lag.

1974 (vier Jahre) auswirkt. (Die zur Zeit der Ausarbeitung dieses Berichtes vorliegenden provisorischen Zahlen ergeben für Basel im Kalenderjahr 1974 ein Mittel von 1036 m³/s oder 101 % des langjährigen Mittels, womit die Dauer der jüngsten unterdurchschnittlichen Jahresreihe auf drei Jahre, 1971 bis 1973, begrenzt würde.) Es lag deshalb nahe, die Untersuchung der vier Jahre zu wiederholen, indem mit hydrologischen Jahren, beginnend mit dem 1. Oktober, gerechnet wurde. Man musste dabei in Kauf nehmen, dass sich für das erste der vier Einzeljahre wegen der überdurchschnittlichen Monate Oktober bis Dezember 1970 (die zwar nicht so wasserreich waren wie im Jahre 1974) mit 80,3 % eine wesentlich höhere Abflussmenge ergab als bei der Rechnung nach Kalenderjahren; dafür weist nun das zweite, weil dort das Novemberhochwasser 1972 nicht eingeschlossen ist, mit 65,5 % den tiefsten der vier einzelnen Jahreswerte auf. Für das dritte und das vierte hydrologische Jahr ergeben sich 88,5 % und 92,0 %. Die zwei- und dreijährigen Mittel weichen bei der Rechnung nach hydrologischen Jahren sehr wenig von den Ergebnissen nach Kalenderjahren ab; beim vierjährigen Mittel (1. Oktober 1970 bis 30. September 1974) ergibt sich nun ein tieferer Wert, nämlich 82,0 % gegenüber 84,1 % bei der Rechnung nach Kalenderjahren. Man könnte hier einwenden, es gehe nicht an, hydrologische Jahre in eine auf Kalenderjahren beruhende Vergleichsbasis einzutragen. Der Einwand ist berechtigt, nur kann im vorliegenden Fall folgendes dazu gesagt werden: Würde man so vorgehen, dass für die Vergleichsbasis anstelle der Kalenderjahre aus jeder Trok-

kenperiode die ungünstigsten 12-, 24-, 36monatigen usw. Perioden herausgesucht würden, könnte sich daraus eine gegenüber der eingezeichneten tiefer, aber nicht höher liegende Grenzkurve ergeben. Die Aussage, die weiter oben als Resultat der Untersuchung gemacht wurde, würde somit auch dann gelten.

LITERATUR (Auswahl)

- [1] Hydrographisches Jahrbuch der Schweiz. Herausgegeben vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft, Bern.
- [2] Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Rheingebiet. Im Auftrag der gewässerkundlichen Dienststellen des Bundes und der Länder, herausgegeben vom Landesamt für Gewässerkunde Rheinland-Pfalz in Mainz.
- [3] Annuaire hydrologique de la France, publié par la Société hydrotechnique de France, Paris.
- [4] Walser, E.: Die Niederschlags- und Abflussverhältnisse im Einzugsgebiet des Rheins oberhalb Basel. Wasser- und Energiewirtschaft, Zürich. 46. Jahrgang, Mai-Juni-Juli 1954, Seiten 124/130.
- [5] Walser, E.: Le bassin du Rhin à l'amont de Bâle et l'influence des lacs sur le régime du fleuve. La Houille Blanche, Grenoble. 14e Année, No 2, Mars—Avril 1959, pages 115—124.
- [6] Eschweiler, W.: L'hydrologie du Rhin à l'aval de Bâle, Le Rhin entre Bâle et Emmerich. La Houille Blanche, Grenoble. 14e Année, No 2, Mars—Avril 1959, pages 125/160.
- [7] Walser, E.: Die Abflussverhältnisse in der Schweiz während der Jahre 1910 bis 1959. Wasser- und Energiewirtschaft, Zürich. Jubiläumsheft zur Fünfzigjahrfeier des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, Seiten 197/214.

Adresse des Verfassers:

E. Walser, dipl. Ing. ETH,
a. Vorsteher der Abt. Landeshydrographie
im Eidg. Amt für Wasserwirtschaft,
Spittelerstr. 12, 3000 Bern

Abendstimmung bei Stein am Rhein (Photo Gross, St. Gallen)

