

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 67 (1975)
Heft: 5-6

Artikel: Der Rhein als Trink- und Brauchwasserspender
Autor: Der Veen, Cornelis Van
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-920922>

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: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

facto «nicht oder wenig freien» Donau ist eine deutsche Binnenwasserstrasse, für deren Regime die Bundesrepublik Deutschland allein zuständig ist. Seinen Zweck der Verbindung wird der Kanal aber nur in dem Mass erfüllen können, als die Schiffe ungehindert und unbeschränkt passieren können. Ein freier Kanal müsste jedoch bei der heutigen Verschiedenartigkeit von Schiffahrts- und Wirtschafts-Regime im Rhein- bzw. Donau-Raum zu rechtsungleicher Behandlung führen: Donauschiffe der Oststaaten könnten durch den Kanal ins freie Rheinstromgebiet gelangen und dort eine expansive Zusatzbeschäftigung aufbauen, wobei der beim Erwerb westlicher Devisen erhältliche Bonus jede Frachtunterbietung ermöglicht. Umgekehrt hätten die privatwirtschaftlich betriebenen Schiffe der Rheinuferstaaten keine äquivalenten Möglichkeiten im Donau-Raum; sie müssten schon froh sein, Rückladungen zu vernünftigen Frachtsätzen zu erhalten.

Der Verwaltungsrat der Arbeitsgemeinschaft der Rheinschiffahrt e. V. hat aus solchen Ueberlegungen am 25. Januar 1974 eine Resolution verabschiedet, wonach die Freiheit der Rheinschiffahrt durch Änderung von Art. 1 der Mannheimer Akte auf die Signatarstaaten eingeschränkt werden soll. Eine solche Änderung würde es nahelegen, die Ausdehnung des Geltungsbereichs der Mannheimer

Akte auf den Verbindungskanal zu erwägen. Namentlich aber brächte sie eine rechtlich angeglichene Ausgangsbasis für die zwischenstaatliche Regelung des Rhein—Donau-Verkehrs, die nur im Einvernehmen mit der Rheinzentralkommission und der EWG getroffen werden sollte.

Die politischen Karten im Weltatlas haben sich im Lauf der Jahrhunderte immer wieder geändert. Das wird auch in Zukunft so sein. Die physikalische Karte Europas wird aber in zehn Jahren mit der Rhein—Rhône- und der Rhein—Main—Donau-Verbindung zwei durchgehende Achsen aufweisen. Die Rheinschiffahrt wird dann mehr und mehr zum Bestandteil der europäischen Binnenschiffahrt werden.

Bildernachweis:

Photo Nr. 1 E. Balzer, Basel; Nr. 2, 13 F. Wanner; Nr. 3 K. Spitzlay, Duisburg-Meiderich; Nr. 6 Vereniging de Amsterdams Havengebouw, Amsterdam; Nr. 7 Havenbedijf der Gemeente Rotterdam; Nr. 8 G. + H. Laukart, Düsseldorf; Nr. 9 Krupp; Nr. 10 Wolfgang Hub, Duisburg; Nr. 12 H. Berloff, Riehen; Nr. 14, 17 C. Kramer, Rotterdam; Nr. 16 Niederländische Fremdenverkehrszentrale; Nr. 18 KLM, Zürich.

Adresse des Verfassers:

Dr. H. Wanner, Direktor der Bragtank AG,
4019 Basel

DER RHEIN ALS TRINK- UND BRAUCHWASSERSPENDER

Cornelis van der Veen

DK 621.033/034: (282.243.1)

1. Einleitung

«Trinkwasser ist das wichtigste Lebensmittel; es kann nicht ersetzt werden.» Dies ist der Leitsatz aus dem deutschen Normblatt DIN 2000 über die zentrale Trinkwasserversorgung. Trinkwasser darf, gemäß des niederländischen Wasserleitungserlasses, keine Stoffe in solchen Konzentrationen enthalten, dass die Substanzen die Gesundheit des Menschen beeinträchtigen können.

In anderen Staaten gibt es andere Definitionen und Vorschriften, die jedoch grundsätzlich ähnlich sind. Im Mittelpunkt der Aufgabenstellung eines Wasserwerkes steht also die Volksgesundheit.

Daneben hat die Trinkwasserversorgung allmählich eine immer größere Bedeutung für die industrielle Entwicklung bekommen. Dies ist auch im Rheineinzugsgebiet der Fall.

Trinkwasser muss in erster Linie zum Trinken und Kochen geeignet sein. Wenn es als Brauchwasser zum Beispiel zum Waschen und Spülen verwendet wird, liegen die Qualitätsanforderungen im allgemeinen niedriger und sind denjenigen des Trinkwassers untergeordnet.

In den zurückliegenden Jahren wurde häufig die Frage gestellt, ob ein zweites Leitungsnetz für Brauchwasser nicht zu empfehlen sei. Diese Frage muss verneinend beantwortet werden. In erster Linie aus hygienischen Gründen. Irrtümlicher Verzehr von Wasser aus dem falschen Hahn sowie die Gefahr von Fehlanschlüssen der beiden Netze sind nicht auszuschließen. Außerdem würde die Verweilzeit des Wassers im Trinkwasserleitungsnetz erhöht werden, wodurch eine Beeinträchtigung der Wasserqualität auftreten kann. Einen zweiten beträchtlichen Nachteil bildet der Kostenfaktor. Das Verlegen eines neuen Leitungsnetzes ist besonders kostspielig, und der Wasserpreis müsste dementsprechend erheblich erhöht werden.



In einzelnen Fällen kann jedoch erwogen werden, an die Industrie ein Wasser zweiter Qualität zu liefern. Ob dies verwirklicht werden kann, hängt von mehreren Faktoren, unter anderem der geographischen Lage, der benötigten Wassermenge und Kontinuität der Abnahme ab. Manchmal verlangt die Industrie ein Wasser von besserer Qualität als das Trinkwasser. Dies ist bei Anwendung des Wassers als hochwertiges Prozesswasser oder als Kesselspeisewasser der Fall.

Das Trinkwasser bedarf dann einer industriellen Nachbehandlung. Die Wasserwerke sind also auf die Aufbereitung einer einzigen hochstehenden Qualität Trinkwasser angewiesen.

2. Der Trink- und Brauchwasserbedarf

Einen interessanten Einblick in die Wasserbedarfsfrage bietet ein Bericht des Battelle-Institutes in Frankfurt/Main, das im Auftrag des deutschen Bundesministeriums des

Innern eine Prognose des Wasserbedarfes in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000 aufgestellt hat [Lit. 1]. Aus der diesem Bericht entnommenen Tabelle 1 ist die Bedarfsentwicklung der privaten Haushalte in der Bundesrepublik nach Bedarfskomponenten in Bedarf je Einwohner und Tag angegeben. Dies sind Mittelwerte für die Bundesrepublik. Die Entwicklung des industriellen Wasserbedarfs läuft mehr oder weniger mit derjenigen der Haushalte parallel, wie aus Tabelle 2 hervorgeht.

In anderen Rheinanliegerstaaten ist eine ähnliche Entwicklung zu beobachten. Der Bedarf der Haushalte und der Industrie, pro Einwohner und Tag ausgedrückt, ist von Ort zu Ort sehr unterschiedlich. In Tabelle 3 sind für einige Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet die Daten zusammengetragen.

Als Rohstoff für die öffentliche und industrielle Wasserversorgung kommt entweder Grundwasser oder Oberflächenwasser in Betracht.

Die Nutzung des Grundwassers kann jedoch nicht unbegrenzt intensiviert werden. Würde mehr Grundwasser gefördert werden als Niederschlagswasser in den Boden einsickert, dann hat dies unerwünschte Folgen, wie zum Beispiel Senkung des Grundwasserspiegels und ein Austrocknen des Bodens. In den Niederlanden mit ihren spezifischen hydrologischen Verhältnissen würde das tiefergelegene salzige Grundwasser nach oben quellen und das Meerwasser im Untergrund sich weiter landeinwärts bewegen. Damit würde eine bleibende Versalzung des Landes drohen.

Wasserbedarf der privaten Haushalte in der BRD nach Bedarfskomponenten in Bedarf je Einwohner und Tag (in Liter).
Tabelle 1

Jahr	1969	1975	1980	1985	2000
Baden/Duschen	28,3	38,8	48,8	58,9	90,0
WC-Benutzung	36,8	43,2	48,9	52,2	59,0
Geschirrspülen	6,4	7,8	9,2	10,2	11,6
Wäschewaschen	17,4	16,1	16,0	16,0	16,0
Trinken/Kochen	4,0	3,0	3,0	3,0	2,5
Raumreinigung	3,0	3,0	2,5	2,5	2,0
Körperpflege	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Autopflege	1,6	2,1	2,3	2,4	2,6
Hausgartenbewässerung	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Kleinstgewerbe	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Insgesamt	117,5	134,1	150,7	165,2	203,7

Wasserbedarf in der BRD in Milliarden m³/Jahr
Tabelle 2

	1969	2000
Private Haushalte	2,6	4,7
Industrie (ohne Kühlwasser)	2,9	5,4

Bedarf der privaten Haushalte und der Industrie in Bedarf/Einwohner und Tag im Jahre 1973
Tabelle 3

Wasserwerk	Verbrauch der Haushalte und Industrie l/Einwohner/Tag
St. Gallen	326
Zürich	464
Wiesbaden	228
Düsseldorf	327
Amsterdam	231

[] Literaturhinweise am Ende dieses Berichtes

Jahresmittelwerte des Rheinwassers an der deutsch-niederländischen Grenze (Stromkm 865)
Tabelle 4

		1959 ¹	1964 ¹	1971 ¹
Abflussmenge	m ³ /s	1584 ²	1421 ²	1451 ²
Sauerstoff	mg/l	5,9	5,4	4,4
Sättigungsindex (O ₂)	%	57	50	40
Elektr. Leitfähigkeit	μS/cm (20 °C)	—	920	1069
Chlorid	mg/l	180	187	231
Sulfat	mg/l	—	102	100
Nitrat	mg/l	8,4	10,7	10,9
Ammonium	mg/l	2,3	3,2	3,2
Orthophosphat	mg/l	0,26	0,57	0,94
Gesamthärte	D °	15,1	14,9	15,8
Phenol	μg/l	27	38	48
KMnO ₄ -Verbrauch (unf.)	mg/l	42	62	54
BSB ₅	mg/l	7,8	8,7	10,4

¹ Nach Zahlentafeln der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung, Koblenz.

² Nach Angabe der Rijkswaterstaat, Den Haag.

Aus diesen Gründen ist eine weitere Nutzung des Grundwassers nur sehr beschränkt zu verwirklichen; für die Zukunft sind die Wasserwerke unausweichlich, parallel zum wachsenden Trinkwasserbedarf, in zunehmendem Masse auf Oberflächenwasser und damit auf den Rhein und seine Nebenflüsse angewiesen. Die Akzentverschiebung geht zum Beispiel deutlich aus der Prognose für die Niederlande hervor (siehe Bild 2). Zurzeit ist das Verhältnis der entnommenen Mengen Grund- und Oberflächenwasser etwa 2:1, im Jahre 2000 wird dieses Verhältnis bei noch zugenommener Menge gewonnenen Grundwassers voraussichtlich 1:2 betragen.

Die Bedeutung des Rheins und seiner Nebenflüsse für die Trink- und Brauchwasserversorgung wird in Zukunft deshalb noch beträchtlich wachsen.

3. Das wesentliche Problem der Rheinwasserwerke

Vor einigen Jahrzehnten war eine sehr einfache Behandlung des entnommenen Rheinwassers ausreichend, um es als Trinkwasser abgeben zu können. Das Wasserwerk Düsseldorf zum Beispiel war bis zum Jahre 1950 in der glücklichen Lage, dem über Uferfiltration gewonnenen Flusswasser lediglich eine Sicherungchlorierung beigeben zu müssen. Durch die stark zugenommene Verunreinigung des Rheins stehen die Wasserwerke zwei Problemarten gegenüber: der in absolutem Sinne zugenommenen Verunreinigung und der vermehrten Verschiedenheit der verunreinigenden Substanzen.

Die Zunahme der Verunreinigung des Rheins wird aus Tabelle 4 sichtbar, in der ein Vergleich zwischen der Beschaffenheit des Rheinwassers an der deutsch-niederländischen Grenze in den Jahren 1959, 1964 und 1971 aufgeführt ist [2].

Diese Zunahme hat zur Folge, dass die bestehenden Aufbereitungsanlagen, insbesondere in Niedrigwasserzeiträumen, extrem belastet werden. Vielfach musste ein Rückgang der Trinkwasserqualität festgestellt werden.

Pro Jahr werden schätzungsweise 150 bis 200 neue chemische Substanzen in den Rhein abgeleitet. Es ist fast nicht möglich, festzustellen, ob diese alle von den Aufbereitungsanlagen der Wasserwerke in ausreichendem Masse zurückgehalten werden können. Damit zusammenhängend ergibt sich das Problem, dass aus praktischen Gründen nur ein Teil der verunreinigenden Substanzen im Laboratorium ständig überwacht werden kann. Einerseits ist die Laboratoriumskapazität beschränkt, andererseits



Bild 1 Der Rhein an der deutsch-niederländischen Grenze.

die genaue Zusammensetzung des Rheinwassers nicht bekannt.

Die Wasserwerke versuchen durch intensive Forschung ihre Leistungen zu verbessern. Neben den Wasserwerken liefern auch Forschungsinstitute, wie zum Beispiel das Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe (Direktor: Prof. Dr. H. Sontheimer) und das Prüfungs- und Forschungsinstitut der niederländischen Wasserwerke (KIWA

AG), beträchtliche Beiträge zur Verbesserung der Leistungen der bestehenden Aufbereitungsverfahren und zur Entwicklung neuer Techniken.

In Tabelle 5 ist ein Überblick von Aufbereitungsverfahren und ihrer gütemässigen Wirkungen dargestellt. Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die Wirkung der verschiedenen Aufbereitungsstufen in mancherlei Hinsicht zwar gut, aber dennoch beschränkt sein kann, das heisst, dass weni-

Ueberblick von Aufbereitungsmethoden und -wirkungen (gütemässig)¹

Tabelle 5

	Path. Bakt.	Viren	Cyanid	Nitrit	Trübung	Farbe	Geruch, Geschmack	Eisen, Mangan	Assimili- bares Org. Material	Ammonium	Aggressi- vität	Härte	Gesamt gelöste Salze
1. Speicherung in Becken	++	++	++	++	++	+	+	—	+	+	+	—	—
2. Künstliche Infiltration	+++	++	++	++	++	+	+	—	++	+	+	—	—
3. Schnellfiltration				+++	++			+++	+	+++			
4. Langsamfiltration	+++	++	+	++	+	+	+	+++	++	++			
5. Belüftung				++			+						
6. Koagulation und Flockung	++	++				++	+				—	—	
7. A-Kohle							+		++		—	—	
8. Ozon	+++	+++	+++	+++	—	+	++	+	—	—	—	—	
9. Chlor	+++	+++	+++	+++	—	+	—	—	—	—	—	—	
10. Entsäuerung											+++		
11. Niederschlagsbildung (Enthärtung)						++		+++		+++	+++	+++	
12. Ionenaustauscher													
13. Destillation	+++	+++		+++	+++	+++	++	+++	++?	—	—	+++	+++
14. Elektrodialyse												++	
15. Hyperfiltration	+++?	+++? +	+	+++	+++	+	+++	++?	+	—	—	++	++

¹ Nach Boes und Snoek
— Keine Wirkung
— Negative Wirkung
+ Deutliche Wirkung
++ Weitgehende Wirkung
+++ Vollständige Wirkung

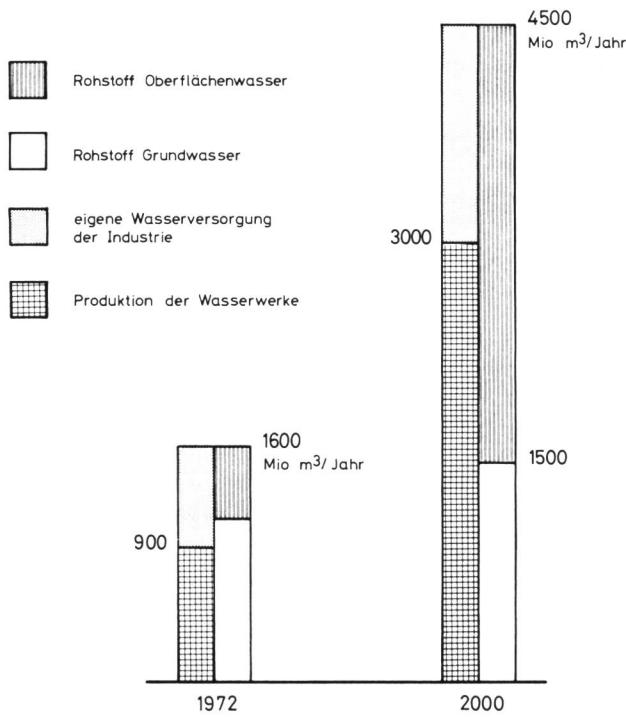


Bild 2 Wasserversorgung der Niederlande 1972 und 2000.

ger als 100 Prozent der verunreinigenden Stoffe entfernt werden. Die technischen Möglichkeiten zur Trinkwasser-aufbereitung sind also grundsätzlich begrenzt. Das bedeutet, dass man die Rheinverschmutzung nicht ungestraft zu-nehmen lassen kann.

4. Die Beschaffenheit des Rheinwassers

Vor einigen Jahrzehnten war das Rheinwasser noch der-
art sauber, dass es von den Schiffern als Trinkwasser ver-
wendet wurde. Die industrielle Expansion sowie die zuneh-

mende Bevölkerungszahl haben mittelbar zu einer ständi-
gen Verschlechterung der Flusswasserbeschaffenheit ge-
führt, die in den letzten Jahren einen Tiefstand erreicht
hat.

Die Konzentration der Schmutzstoffe und damit die
Wassergüte werden im wesentlichen von drei Faktoren be-
stimmt: von der abgeleiteten Menge Schmutzstoffe, vom
Selbstreinigungsvermögen des Stromes und von der Was-
serführung.

Die Wasserführung eines Flusses ist massgebend für
die Verdünnung der abgeleiteten Schmutzstoffe. In abfluss-
reichen Jahren werden deshalb relativ niedrige Konzentra-
tionen gemessen. Eine Zunahme der abgeleiteten Mengen
an Schmutzstoffen kann dadurch getarnt werden. Das
Selbstreinigungsvermögen eines Flusses ist ein Prozess,
bei dem gewisse organische Stoffe durch im Gewässer an-
wesende Mikroorganismen abgebaut werden, was im all-
gemeinen zu einer Qualitätsverbesserung des Wassers
führt. Es ist ein Oxydationsprozess, der von verschiedenen
Parametern, wie zum Beispiel Wassertemperatur, Sau-
erstoffgehalt, Fliessgeschwindigkeit, Tiefe des Gewässers
und Zeit abhängig ist. Viele Stoffe sind jedoch nicht ab-
baubar, so dass stromabwärts des Flusses nur eine An-
reicherung auftreten kann.

Da die Verunreinigung des Rheins besonders vielfältig
ist, können nur einige der wichtigsten Aspekte näher er-
läutert werden.

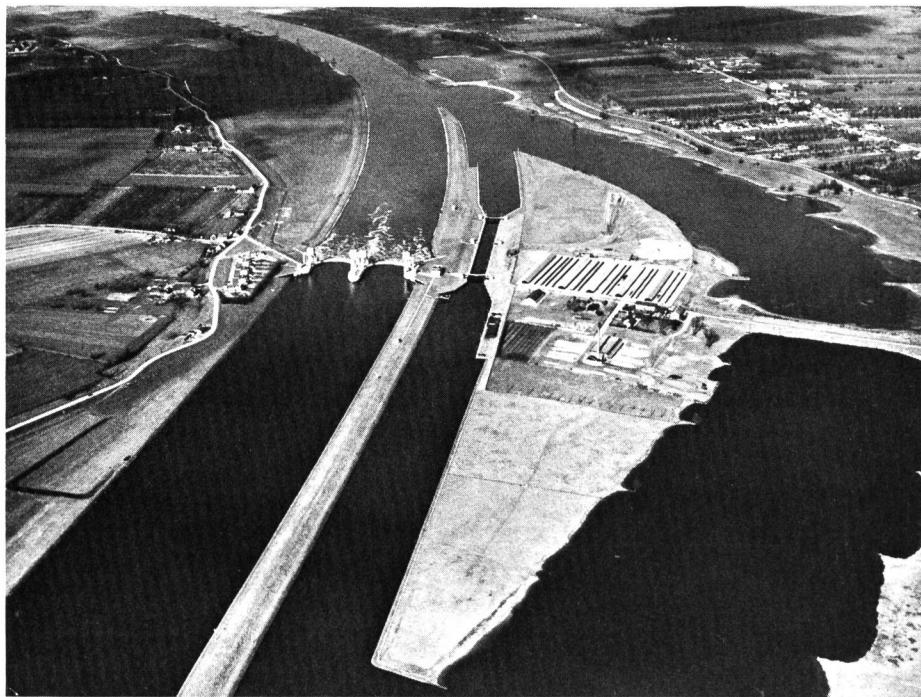
4.1 GERUCHS- UND GESCHMACKSSTOFFE

Da Trinkwasser einwandfrei geruch- und geschmacklos
sein soll, ist das Vorkommen von Geruchs- und Ge-
schmacksstoffen im Rheinwasser ein wesentlicher Quali-
tätsaspekt. Es waren gerade diese Substanzen, die am
Niederrhein vor etwa 20 Jahren in erster Linie zu einer er-
weiterten physikalisch-chemischen Wasseraufbereitung An-
lass gegeben haben. Seit dieser Zeit sind die Konzentra-
tionen dieser besonders unangenehmen Störstoffe weiter
angestiegen. Am Niederrhein liegen die mittleren Geruchs-
schwellenwerte heute über 100, wobei aber in Einzelunter-



Bild 3
Der Rhein bei Arnheim.

Bild 4
Stau- und Schleusenanlage in der Lek (Rheinarm) bei Hagenstein.



suchungen Werte bis 800 gemessen wurden [3]. Das heisst also, dass das Rheinwasser mit 800 Teilen geruchsfreiem Wasser verdünnt werden muss, um gerade keinen Geruch mehr feststellen zu können.

Ende der fünfziger Jahre wurde am Niederrhein ein starker Anstieg der Geruchsbelastung gemessen, und in den letzten drei Jahren wurde ermittelt, dass dieser Anstieg nunmehr auch am Mittelrhein eingetreten ist.

Auch das Vorkommen von Geschmacksstoffen auf der niederländischen Rheinstrecke hat sich im Jahre 1974 trotz der günstigen Wasserführung gegenüber dem Vorjahr nicht verringert.

4.2 SCHWERMETALLE

Viele Spurenelemente sind für das Leben von Menschen, Pflanzen und Tieren notwendig, wobei häufig sehr kleine Konzentrationen eine optimale Wirkung herbeiführen können. Grössere Mengen können jedoch Wachstum und Stoffwechsel der Organismen beeinträchtigen oder sogar einen toxischen Einfluss ausüben. Die Toxizität der Schwermetalle stellt ein kompliziertes Problem dar, denn bei gleichzeitiger Zufuhr mehrerer toxisch wirkender Metallverbindungen auf einen Organismus, addiert sich im allgemeinen die Wirkung. Bei einigen Metallionen-Kombinationen ($\text{Ni} + \text{Zn}$, $\text{Cu} + \text{Zn}$, $\text{Cu} + \text{Cd}$) soll sogar eine über die normale Addition hinausgehende Vervielfachung der Wirkung bis zum fünffachen Wert beobachtet worden sein [4]. Daneben können metallorganische Verbindungen entweder stärker (zum Beispiel Aethylquecksilberchlorid) oder viel geringer toxisch (zum Beispiel Kupfersalicyaldoxim) sein, als das Metallion.

Tabelle 6 gibt einen Ueberblick über das Vorkommen von Schwermetallen im Rheinwasser.

Die Schwermetallführung des Rheins hat bereits zu ökologischen Schäden geführt. Im niederländischen Wattenmeer zum Beispiel, das mit entlang der niederländischen Küste fliessendem Rheinwasser gespeist wird, ist ein beträchtlicher Rückgang des Seehundbestandes zu beobachten, was auf das Vorkommen von zu hoher Quecksilberkonzentration zurückzuführen ist.

4.3 EUTROPHIEFÖRDERNDE STOFFE

Durch die Einleitung von Phosphaten und Nitraten in die Gewässer wird das Algenwachstum gefördert. Stark schwankende Sauerstoffkonzentrationswerte im Sommer (während des Tages hohe Werte durch Sauerstoffproduktion, nachts niedrige Werte durch Sauerstoffverbrauch) sowie Belastung der Gewässer durch Absterben der Algen sind die ungünstigen Folgen. Wegen Algenblüte, die zur Verstopfung der Filteranlagen führte, musste das Wasserwerk Andijk am IJsselmeer schon einmal seine Aufbereitung einstellen. Nach Angaben von Prof. Dr. Ambühl, Zürich, stammen 70 Prozent des Stickstoffes, der in die schweizerischen Seen gelangt, aus der Landwirtschaft, und mehr als 50 Prozent der Phosphate werden mit dem häuslichen Abwasser abgeleitet. Untersuchungen haben gezeigt, dass bereits soviel Phosphat aus dem Boden ausge spült wird, dass hierdurch allein schon für viele Seen die kritische Grenze für eine Eutrophierung überschritten wird. Die Probleme der eutrophiefördernden Stoffe sind nur mit sehr eingreifenden Massnahmen zu lösen.

4.4 DIE THERMISCHE BELASTUNG DES RHEINS

Für das Trinkwasser stellt eine erhöhte Temperatur eine Beeinträchtigung dar. Gemäss des schweizerischen Lebensmittelbuches zum Beispiel «soll die Temperatur möglichst unter 15°C und im Idealfall zu jeder Jahreszeit zwischen 8 und 12°C liegen».

Schwermetalle in unfiltriertem Rheinwasser an der deutsch-niederländischen Grenze (Stromkm 886) im Jahre 1973
[Lit. 5]

Tabelle 6

	Jahresmittelwert der Konzentration in $\mu\text{g/l}$	Fracht in Tonnen pro Jahr
Chrom	53	3 150
Kupfer	26	1 520
Zink	212	12 300
Cadmium	2,0	120
Quecksilber	1,2	70
Blei	33	1 900
Arsen	6	350



Bild 5

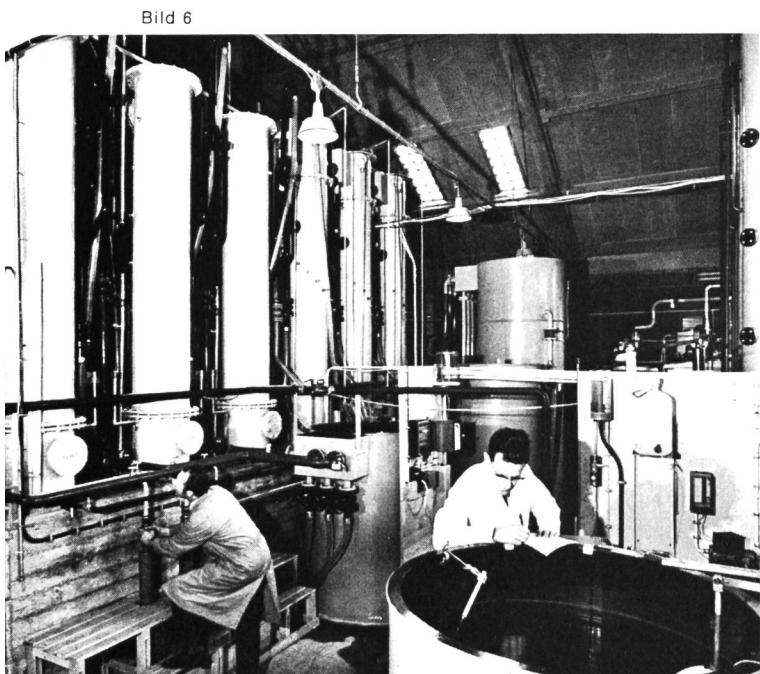


Bild 6



Bild 5 Die Lek (Rheinarm) in der Nähe von Vreeswijk.

Bild 6 Versuchsanlage der Wasserwerke Amsterdam.

Bild 7 Infiltrationsgebiet der Wasserwerke Amsterdam an der Nordseeküste. Das Wasser auf dem Bild ist Rheinwasser, das mittels einer 55 km langen Rohrleitung herbeigeführt wird.

Insbesondere bei Wasserwerken, die Oberflächenwasser aufbereiten und am Unterlauf des Rheins liegen, können diese Idealwerte nicht ständig eingehalten werden. Die natürliche Höchsttemperatur des Rheins an der deutsch-niederländischen Grenze beträgt etwa 25 °C.

Aus Qualitätsgründen ist es jedoch von grosser Bedeutung, die künstliche Erwärmung des Rheinwassers in engen Grenzen zu halten, einerseits wegen der Qualität des Trinkwassers, das kühl sein muss, und der Möglichkeit, dass sich im Fluss Algensorten — zum Beispiel Blaualgen — entwickeln, die Giftstoffe abscheiden, andererseits wegen der sehr starken Verunreinigung des Rheins mit organischen Stoffen, so dass Sauerstoffmangel auftreten kann.

4.5 ORGANISCHE CHLORVERBINDUNGEN

Die Gruppe der organischen Chlorverbindungen fordert wegen ihrer toxischen Eigenschaften und Persistenz besondere Aufmerksamkeit. Mit Recht sind die organischen Halogenverbindungen von der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung auf die schwarze Liste gesetzt, also auf die Liste solcher Substanzen, deren Einleitung zu verbieten ist. Bereits oberhalb von Basel beginnt eine erhebliche chemische Verunreinigung des Rheins mit diesen Stoffen. Die Konzentration an organischen Chlorverbindungen steigt bis zum Niederrhein deutlich an. Etwa 10 Prozent aller gelösten organischen Substanzen im Rhein gehören dieser Substanzgruppe an.

Die Entfernung dieser Stoffe mit den üblichen und bewährten Verfahren zur Trinkwasseraufbereitung verursacht aber in vielen Fällen erhebliche Schwierigkeiten. Insbesondere die hochchlorierten Kohlenwasserstoffe sind wegen ihrer Persistenz besonders störend.

Wie bereits erwähnt, stehen den Wasserwerken mehrere Verfahren zur Trinkwasseraufbereitung zur Verfügung. Mittels einer Versuchsanlage wird meistens ermittelt, welche Aufbereitungsstufen und welche Reihenfolge bei der vorhandenen Rohwasserqualität notwendig sind, um ein einwandfreies Trinkwasser aufzubereiten. Da die Wasserqualität an den verschiedenen Entnahmestellen im Rheineinzugsgebiet sehr unterschiedlich ist, sehen die Aufbereitungsschemas dementsprechend unterschiedlich aus.

In Tabelle 7 ist eine Uebersicht der Aufbereitungsschemas einiger Wasserwerke aufgeführt. Daraus ist zu schliessen, dass stromabwärts des Rheins eine immer intensivere Aufbereitung angewandt werden muss. Der Vergleich des heutigen Aufbereitungsverfahrens von Düsseldorf mit der Lage im Jahre 1950, als nur Uferfiltration mit einer Sicherungsklorierung angewandt werden musste, zeigt nochmals, dass die Verunreinigung des Rheins im Laufe der Jahre erheblich zugenommen hat.

5. Die Wünsche der Wasserwerke für die Rheinwasserqualität

Wenn eine Industrie Rohstoffe für ihre Produktion beschafft, werden von ihr in der Regel Qualitätsanforderungen gestellt. Bei Ablieferung des Rohstoffs nimmt der Auftraggeber meistens Proben zur Kontrolle.

Aufbereitungsschema einiger Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet

Tabelle 7

WASSERWERK	ST. GALLEN (Werk Riet)	ZÜRICH (Werk Lengg)	WIESBADEN (Werk Schierstein)	DÜSSELDORF (Werke Flehe-Staad-Holthausen)	AMSTERDAM (Werk Weesperkarspel, im Bau)	AMSTERDAM (Dünenwasserwerk)
Vorfluter	Bodensee	Zürichsee	Rhein	Rhein	Amsterdam-Rhein-Kanal	Lek (Rheinarm)
Aufbereitungsschema	Kalk-Flockung Schnellfilter Langsamfilter Ozonung A-Kohle-Filter Sicherheits-chlorung (Chlordioxid)	Chlorung Mikro-Flockung Zweischicht-filter Kalkzugabe Ozonung A-Kohle-Filter Langsamfilter Sicherheits-chlorung (Chlordioxid)	Belüftung Sedimentation und biologische Vorreinigung Chlorung Flockung Schnellfilter A-Kohlefilter Bodeninfiltration Belüftung Langsamfilter Sicherheits-chlorung	Uferfiltration Ozonung Zweischichtfilter A-Kohle-Filter NaOH-Dosierung Sicherheits-chlorung ggf. Enthärtung A-Kohle-Zugabe Koagulation Schnellfilter Langsamfilter Sicherheits-chlorung	Koagulation Sedimentation und biologische Vorreinigung Schnellfilter Ozonung ggf. Enthärtung A-Kohle-Zugabe Koagulation Schnellfilter Langsamfilter Sicherheits-chlorung	Koagulation Schnellfilter Chlorung Bodeninfiltration (in den Dünen) Belüftung A-Kohle-Zugabe (Pulverform) Schnellfilter Langsamfilter Sicherheits-chlorung

Werden die Anforderungen nicht erfüllt, so wird das gelieferte Material für untauglich erklärt, und der Lieferant hat die Pflicht, den Rohstoff durch anderen zu ersetzen. Jede Industrie kann sich also die Qualität ihrer Rohmaterialien selber bestimmen.

Die Trinkwasserwerke am Rhein befinden sich aber in der schwierigen Lage, dass sie einwandfreies Trinkwasser aus einem Rohstoff aufbereiten müssen, dessen Beschaffenheit sie nicht bestimmen können. Sie müssen aufbereiten, was der Entnahmestelle zufliest.

Es dürfte klar sein, dass die Wasserwerke diese Sachlage nicht gelassen hinnehmen können und dürfen, da die Anforderungen für das abzugebende Trinkwasser gesetzlich erfüllt werden müssen und die technischen Möglichkeiten zur Entfernung von verunreinigenden Stoffen beschränkt sind. Einige Substanzen, wie zum Beispiel Chlorid und das radioaktive Tritium fliessen sogar vollständig durch die Aufbereitungsanlagen. Die 78 Wasserwerke, die in der Internationalen Arbeitsgemeinschaft der Wasser-

werke im Rheineinzugsgebiet (IAWR) zusammengeschlossen sind und die etwa die Hälfte der 40 Millionen Einwohner des Rheineinzugsgebietes mit Trinkwasser versorgen, haben deshalb ihre Wünsche für die Beschaffenheit des Rheinwassers in einem Memorandum «Rheinwasserverschmutzung und Trinkwassergewinnung» niedergelegt. Ausgangspunkt dabei ist, den Wasserwerken unter allen Umständen die Gewinnung von einwandfreiem Trinkwasser zu ermöglichen. Dieses Ziel wird am besten in der Weise erreicht, dass eine Rheinwasserqualität angestrebt wird, bei der die Aufbereitung von Trinkwasser allein mit Hilfe natürlicher Verfahren, zum Beispiel durch eine Langsam-sandfiltration oder Uferfiltration, ermöglicht wird.

Durch die zusätzliche Anwendung von physikalisch-chemischen Aufbereitungsverfahren wird unter solchen Gegebenheiten eine Sicherheitsspanne erreicht, die es gestattet, dass auch bei Unfällen, die an einem solchen Strom wie dem Rhein nie ganz auszuschliessen sind, noch eine zufriedenstellende Trinkwasserqualität erreicht werden kann.



Bild 8
Idyllische, an vergangene Zeiten erinnernde niederländische Landschaft mit Windmühle.

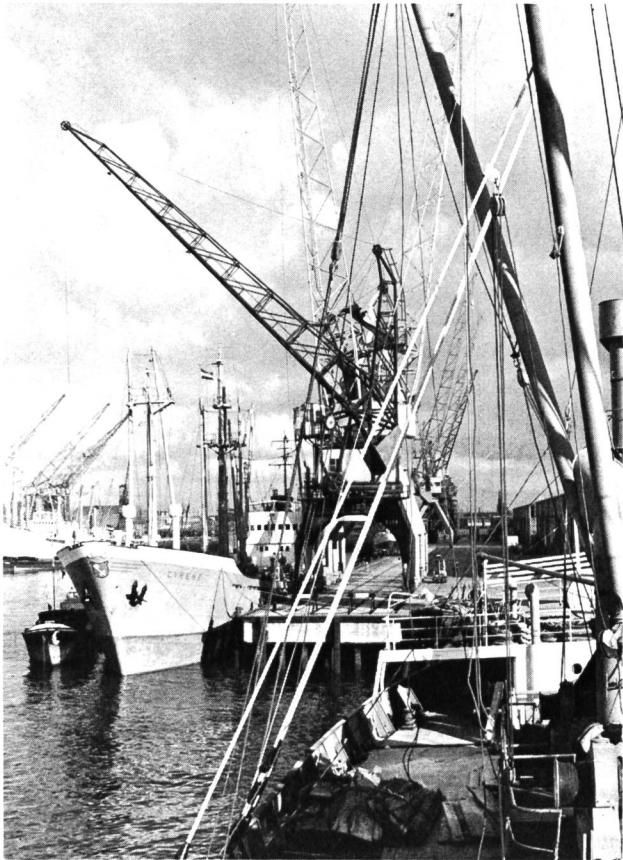


Bild 9 Im Hafen von Rotterdam.

Nur bei einem derartigen Gewässerzustand wird ausserdem auch bei langandauernden, extremen Niedrigwasserzeiträumen und in Fällen, wo die Aufbereitungsanlagen vorübergehend nicht optimal funktionieren, noch ein brauchbares Trinkwasser abgegeben werden können.

Eine Sicherheitsspanne ist auch deshalb erforderlich, weil eine ständige analytische Kontrolle aller störenden Wasserinhaltsstoffe aus praktischen Gründen nicht durchführbar ist.

Ausgehend von dieser Zielvorstellung und den derzeitigen Gegebenheiten werden von der IAWR zwei Gruppen von Grenzwerten vorgeschlagen:

Gruppe A, Grenzwerte im Rheinwasser bei alleiniger Anwendung von natürlichen Reinigungsverfahren. In dieser Gruppe werden die Grenzwerte zusammengefasst, die bei alleiniger Anwendung von natürlichen Verfahren zu einem einwandfreien Trinkwasser führen. Ziel aller Gewässerschutzmassnahmen am Rhein sollte es sein, diese Werte im Bereich der Entnahmestellen der Wasserwerke nicht zu überschreiten.

Die Gruppe B umfasst Grenzwerte bei Anwendung der bekannten und bewährten Verfahren zur weitergehenden Wasseraufbereitung. Die Einhaltung der in dieser Gruppe zusammengestellten Grenzwerte ermöglicht noch eine zufriedenstellende Trinkwasseraufbereitung mit dem am Rhein bewährten physikalisch-chemischen Verfahren, allerdings ohne ausreichende Sicherheitsspanne. Die Werte nach Gruppe B können nur als eine Uebergangslösung angesehen werden.

Es ist für die Trinkwasserversorgung unbedingt erforderlich, dass umgehend Massnahmen getroffen werden, um bei allen Parametern die Werte der Gruppe B zu erreichen. Darüber hinaus sollte das Langzeitprogramm, das

von der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung erarbeitet wird, so gestaltet werden, dass in absehbarer Zeit die Werte der Gruppe A erreicht werden.

Nebenbei sei bemerkt, dass der Rheinsanierung nicht nur die Trinkwassergrenzwerte zu Grunde gelegt werden sollten. Möglicherweise erfordern andere Verwendungsziele, wie zum Beispiel Landwirtschaft, Fischerei oder Erholung schärfere Einzelwerte.

In Tabelle 8 ist ein Vergleich zwischen den IAWR-Grenzwerten und den Messdaten im Unterlauf des Rheins vom Jahre 1974 aufgeführt. Daraus geht hervor, dass trotz der günstigen Wasserführung im vergangenen Jahr die meisten Grenzwerte oft in erheblichem Masse überschritten wurden.

6. Die Zukunft

Aus dem Vorstehenden ist klar geworden, dass die Bedeutung des Rheins und seiner Nebenflüsse für die Trink- und Brauchwasserversorgung in Zukunft noch erheblich wachsen wird. Die Verunreinigung des Rheins hat in den letzten Jahrzehnten ein unannehmbares Ausmass angenommen, so dass die Trinkwasserversorgung am Rhein in gütemässiger Hinsicht gefährdet ist.

Vergleich der IAWR-Grenzwerte mit den Messdaten vom Unterlauf des Rheins für das Jahr 1973
Tabelle 8

	Grenzwerte Gruppe A	Grenzwerte Gruppe B	Messwerte Max.	Mittel
ALLGEMEINE MESSIONSDATEN				
Sauerstoffdefizit (%)	20	40	68	44
Elektr. Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	700	1000	1295	958
Farbe (mg/l Pt)	5	35	94	48
Geruchsbelastung (Schwellenwert)	10	100	200	120
Geschmacksbelastung (Schwellenwert)	5	35	120	100
Susp. org. Stoffe (mg/l)	5	25	20	13
ANORGANISCHE WASSERINHALTSSTOFFE				
Gesamtgehalt an gelösten				
Stoffen (mg/l)	500	800	920	680
Chlorid (mg/l)	100	200	300	193
Sulfat (mg/l)	100	150	148	90
Nitrat (mg/l)	25	25	23	14
Ammonium (mg/l)	0,2	1,5	3,9	2,3
Eisen gesamt (mg/l)	1	5	6,2	1,5
Fluorid (mg/l)	1	1	0,6	0,3
Arsen (mg/l)	0,01	0,05	0,013	0,006
Blei (mg/l)	0,03	0,05	0,084	0,025
Chrom (mg/l)	0,03	0,05	0,115	0,045
Cadmium (mg/l)	0,005	0,01	0,009	0,002
Kupfer (mg/l)	0,03	0,05	0,097	0,024
Quecksilber (mg/l)	0,00005	0,001	0,002	0,0006
Zink (mg/l)	0,5	1,0	0,419	0,236
ORGANISCHE WASSERINHALTSSTOFFE				
Gel. org. geb. Kohlen-				
stoff (mg/l)	4	8	10,7	7,0
Chem. Sauerstoffbed. (mg/l)	10	20	36,0	21,0
Kohlenwasserstoffe (mg/l)	0,05	0,2	2,8	0,28
Detergentien (als TBS) (mg/l)	0,1	0,3	0,3	0,18
Wasser dampf flüchtige				
Phenole (mg/l)	0,005	0,01	0,03	0,014
Org. geb. Chlor, gesamt (mg/l)	0,05	0,1	0,38	0,2
Lipoph. org. Chlor-				
verbindungen (mg/l Cl)	0,01	0,02	0,1	0,05
Organochlorpestizide, gesamt (mg/l Cl)	0,005	0,01	0,002	0,0006
Organochlorpestizide, einzel (mg/l Cl)	0,003	0,005	0,0005	0,0001
Cholinesterasehemm. Stoffe (als Parathionäquivalent) (mg/l)	0,03	0,05	0,003	0,0007

Da unsere Gesellschaft immer komplizierter wird und ständig neue Produkte hergestellt werden, nehmen die Gefahren für die Beschaffenheit des Rheinwassers gleichfalls zu. Nach Auffassung der 78 Wasserwerke der IAWR muss die Sanierung des Rheins deshalb mit aller Kraft vorangetrieben werden, wobei der Sanierung in erster Linie die IAWR-Grenzwerte zu Grunde gelegt werden sollten.

Die IAWR-Grenzwerte für die Beschaffenheit des Rheinwassers gewährleisten, mittels natürlicher Aufbereitungsverfahren, unter allen Umständen ein gesundes und gutes Trinkwasser. Obwohl durch die heutige wirtschaftliche Ression die Bereitschaft der Rheinanliegerstaaten zur Durchführung von Gewässerschutzmassnahmen zurückhaltende Tendenzen aufweist, sollte nicht vergessen werden, dass auch der Bau von Abwasserkläranlagen eine ökonomische Aktivität ist, welche einen günstigen Einfluss auf den Arbeitsmarkt und damit auf die ganze Wirtschaft ausübt.

- Abschliessend sei nochmals betont: Trinkwasser ist nicht zu ersetzen!

LITERATUR

1. Wasserbedarfsentwicklung in Industrie, Haushalten, Gewerbe, öffentlichen Einrichtungen und Landwirtschaft, Prognose des Wasserbedarfs in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2000; Bericht des Battelle-Institutes e. V., Frankfurt am Main (1972).
2. Zahlentafeln 1959, 1964 und 1971 der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung, Koblenz.
3. Jahresbericht 1974 der Internationalen Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet, Amsterdam.
4. Metallspuren im Wasser, ihre Herkunft, Wirkung und Verbreitung; K. Haberer und S. Normann, Vom Wasser 38, Band 1971, Verlag Chemie GmbH, Weinheim/Bergstrasse.
5. De samenstelling van het Rijn- en Maaswater in 1973, Werkgroep Waterkwaliteit der Rijncommissie Waterleidingbedrijven, Amsterdam.

Adresse des Verfassers:

C. van der Veen, Präsident der Internationalen Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet (IAWR)
Condensatorweg 54, Postfach 8169
Amsterdam-Sloterdijk

Photo Nr. 1 KLM Rotterdam; Nr. 3 Louis Brent, Arnhem; Nr. 4 Peter St. Molkenbaer, Rotterdam; Nr. 7 Ganert H. Vetteh, Amsterdam; Nr. 8 Niederländische Fremdenzentrale, Zürich; Nr. 9 Dienst van Gemeente-
werken, Rotterdam.

AKTUELLE INTERNATIONALE GEWÄSSERSCHUTZPROBLEME AM RHEIN

Friedrich Baldinger

DK 628.394.6 (282.243.1)

1. HYDROGRAPHIE

Ziemlich genau zwei Drittel der Fläche der Schweiz gehören zum Rheineinzugsgebiet. Die grösseren Zuflüsse des Rheins sind die Aare — bei ihrem Zusammenfluss mit dem Rhein ist sie eher grösser als dieser selbst —, die Reuss, die Limmat, in der Ostschweiz die Thur und die Töss, an der Sprachgrenze im Westen die Saane und im nördlichen Jura die Birs.

Ausgedehnte Grundwasservorkommen in den Talschlotten unterhalb der Endmoränen der letzten Eiszeit sind für die Wasserversorgung von grosser Bedeutung. In den Spalten, Klüften und Höhlen der Karbonat- und Sulfatgesteine im zentralen und westlichen Jura sowie in den Kalkalpen zirkuliert Karst-Grundwasser, das im Hinblick auf die vermehrte Verwendung für die Wasserversorgung mengen- und gütemässig immer intensiver erforscht wird.

Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe im Rheineinzugsgebiet beträgt rund 1420 mm. Im Durchschnitt der Jahre 1908 bis 1972 führte der Rhein bei Basel, unter Einschluss des deutschen und österreichischen Anteils (17 Prozent), 1027 m³/s Wasser von der Schweizer Grenze nordwärts. Der relative Wasserreichtum der Schweiz äussert sich unter anderem auch in der Tatsache, dass die durchschnittliche Jahresabflusshöhe des Rheins bei Basel mit etwa 930 mm dreimal grösser ist als diejenige im Gebiet zwischen Basel und der holländischen Grenze mit nur rund 300 mm. Trotz des scheinbar unerschöpflichen Schatzes kostlichen Wassers, stellen sich auch der Schweiz schwierige Probleme der Gewässerreinhaltung.

2. BESIEDELUNG UND VOLKSWIRTSCHAFT

Von den 6,3 Millionen Einwohnern der Schweiz leben 5,3 Millionen oder mehr als 84 Prozent im Rheineinzugsgebiet.

Die Bevölkerungsdichte von 190 Einwohnern je Quadratkilometer scheint verhältnismässig niedrig. In runden Zahlen ausgedrückt ist aber knapp ein Viertel der Landesfläche unproduktiv und unbewohnbar; ein weiteres Viertel ist glücklicherweise bewaldet. Berechnet man die Bevölkerungsdichte der ganzen Schweiz auf die Nettosiedlungsfläche und das landwirtschaftliche Kulturland, so kommt man auf die erstaunliche Zahl von 525 Einwohnern pro Quadratkilometer. 60 Prozent der Schweizerbevölkerung wohnen in Siedlungsagglomerationen und Städten mit mehr als 10 000 Einwohnern, und nur noch 40 Prozent haben ihren Wohnsitz auf dem Land.

Abgesehen von Genf und einigen Betrieben im Wallis und Tessin, befinden sich die meisten und bedeutendsten Unternehmungen der chemischen Industrie, der Metall-, Maschinen- und Apparatebranche sowie der Uhren-, Textil-, Papier- und Zellstoffherstellung im Rheineinzugsgebiet. Von den Arbeitsplätzen in Industrie und Gewerbe befinden sich 77 Prozent im Stromgebiet des Rheins.

3. WASSERVERSORGUNG SOWIE ABWASSER- UND ABFALLBESEITIGUNG

Nach den zur Verfügung stehenden statistischen Erhebungen der letzten Jahre schwankt der mittlere spezifische Wasserverbrauch in den grösseren Gemeinden zwischen 470 und 500 Liter je Kopf und Tag. Der kommunale Wasserbedarf wird zu 45 Prozent aus dem Grundwasser im engeren Sinn, zu 30 Prozent aus Oberflächengewässern — vornehmlich Seen — und nur noch zu 25 Prozent mit Quellwasser gedeckt. Der gesamte Wasserkonsum in Haushalt, Gewerbe und Industrie (ohne Landwirtschaft und Kernkraftwerke) beträgt rund 1,7 Milliarden Kubikmeter pro Jahr. Vor allem die grossen Industrien decken zu rund