

Über den Chemismus der gestauten Gewässer

Karl Knie

Flußstau werden in Österreich, wie in den anderen Alpenländern, fast immer zum Zwecke der Gewinnung von elektrischer Energie errichtet. Dadurch ist schon die Lage des Staues im Flußlauf bestimmt: wo der Fluß einerseits noch Gefälle und andererseits schon eine geregelte Wasserführung aufweist. Diese beiden Bedingungen erfüllt fast immer der Mittellauf.

Vor der Errichtung eines Flußstaues ist außer der technischen Lösung noch ein großer Fragenkomplex in Erwägung zu ziehen. Überlegungen müssen angestellt werden, ob und in welcher Hinsicht die Umweltsbedingungen im künftigen Stauraum beeinflusst und geändert werden.

Der Chemismus der gestauten und der nicht gestauten Oberflächengewässer wird ganz allgemein von folgenden Faktoren bestimmt:

1. Da der Ursprung aller Oberflächengewässer Quellbäche sind, muß in erster Linie auf die petrographischen Verhältnisse des Einzugsgebietes hingewiesen werden. Dies war schon Plinius dem Älteren (23—79 n. Chr.) bekannt. In seinem aus 37 Büchern bestehenden Sammelwerk „Historia naturalis“ prägte er den Satz: *Tales sunt aquae, qualis terra per quam fluunt* (So beschaffen sind die Wässer, wie beschaffen die Erde, durch welche sie fließen). In Betracht kommen die chemische Zusammensetzung der Gesteine, ihre Grob- und Feinstruktur sowie ihre Schichtung und ihr Oberflächeneffekt.

Granit- oder überhaupt Eruptivgesteinsmassive, Gneis- und Glimmerschiefergebiete enthalten vorwiegend silikatische, wegen ihrer chemischen Zusammensetzung und ihres dichten Gefüges schwer angreifbare Gesteine, von deren Hauptgemengteilen der Feldspat noch am leichtesten zersetzlich ist.

Wässer aus solchen Gebieten sind sehr weich, schlecht gepuffert, oft von leicht saurer Reaktion (pH-Wert 6,7 bis 6,9) und weisen ein Säurebindungsvermögen von etwa 0,5 mval/l und einen CaO Gehalt von 14 bis 30 mg/l auf.

Wässer aus Kalk- oder Dolomitstöcken sind schon wesentlich härter. Sie zeigen einen pH-Wert von 7,8 bis 8,1. Ihr Säurebindungsvermögen schwankt zwischen 2,5 bis 3,5 mval/l, ihr Kalkgehalt zwischen 70 bis 100 mg/l CaO.

Salzreiche und sehr harte Wässer sind im Bereich von Gipslagern (in Österreich besonders im Haselgebirge, Werfener Schiefer) beobachtet worden. Gips ist bekanntlich von allen gesteinsbildenden Mineralien am leichtesten angreifbar. Er ist nämlich in Wasser sehr leicht löslich, etwa zu 2000 mg/l $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Seine Löslichkeit wird sogar noch erhöht, wenn Säurereste anderer Art, wie zum Beispiel Chloride im Wasser gelöst sind. Wird in Gipswässern das Sulfat reduziert, so treten Schwefelwasserstoffwässer auf.

Stark gipshältige Wässer sind immerhin so selten, daß sie in Stauen in Österreich bisher nicht angetroffen wurden.

Wie bereits erwähnt, spielen für die Angreifbarkeit der Gesteine ihre Grob- und Feinstruktur, sowie ihre Schichtung und ihr Oberflächeneffekt eine große Rolle. Auch darf die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers, d. h. seine Verweilzeit im Wasserträger nicht unerwähnt bleiben. Extreme Verhältnisse in bezug auf Oberflächeneffekt und Verweilzeit sind gegeben für Wässer, welche fossile Seekreidebänke, feinstkörnige Ablagerungen von Kalziumkarbonat durchsetzen. Ähnliche Verhältnisse, nämlich hochaktive Oberfläche und lange Verweilzeit liegen auch in manchen Sandböden vor. Daher werden vielfach Wässer aus Sandböden härter und salzreicher gefunden als aus Kalkstöcken, deren Klüfte das Wasser schnell durchfließen lassen.

Damit Wasser überhaupt Mineralien in größerer Menge zu lösen vermag, muß es das lösende Agens, nämlich Kohlensäure enthalten. Regenwasser hat für gewöhnlich nur sehr wenig Kohlensäure gelöst. Erst wenn es beim Auftreffen auf die Erde Humusschichten durchdringt, belädt es sich mit reichlichen Mengen an Kohlensäure, welche dort durch Lebens- und Verwesungsprozesse gebildet wird. Je mehr Kohlensäure ein Wasser enthält, desto größer ist auch seine Aggressivität.

Auch der Sauerstoffgehalt des Wassers spielt beim Lösungsprozeß eine gewisse unterstützende Rolle. Zum Beispiel wird bei der Lösung des Minerals Pyrit der Sulfidschwefel zu Sulfat oxydiert und das Eisen für die Umsetzung zum Bikarbonat oder Sulfat freigemacht.

2. Ein Faktor von überragender Bedeutung für den Chemismus eines Gewässers ist der Gasaustausch der Wassermassen mit den

angrenzenden Luftschichten. Zur Illustration sei angegeben, daß die Wasseroberfläche im Stauraum von Ybbs-Persenbeug 9,5 Mio. m² beträgt. In Betracht kommen die Gase Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff, wobei eine biologische Bedeutung nur den beiden ersteren zukommt, während Stickstoff nur die Rolle eines Verdünnungsmittels spielen dürfte. Abgesehen davon, daß Sauerstoff bei der Assimilation chlorophyllhaltiger Wasserpflanzen frei wird, werden Kohlensäure und Sauerstoff durch die Lebenstätigkeit der gesamten im Wasser vorhandenen Biomasse im größten Maßstabe verbraucht. Man denke nur an die ungeheuren Mengen von Kohlenstoff, welche zum Aufbau (Zellulose, Eiweiß) der im Wasser lebenden Wesen benötigt werden. Der Lieferant für diesen Kohlenstoff ist primär die Kohlensäure. Ihre kleine Menge im Wasser muß aus dem großen Vorrat im Luftraum ununterbrochen ergänzt werden. Wasser und Luft stehen diesbezüglich in einem dynamischen Gleichgewicht (Henry-Dalton'sches Gesetz). Wird dieses durch Verbrauch der Kohlensäure im Wasser gestört, so stellt sich der Gleichgewichtszustand durch Nachlieferung aus der Luftmasse immer und immer wieder ein. Beim direkten Austausch ist jedoch nur eine verhältnismäßig dünne Wasserschichte beteiligt.

3. Ein weiterer bestimmender Faktor für den Chemismus der Oberflächengewässer ist die Wechselwirkung zwischen Wassermassen und Flußbett, beziehungsweise Seewanne. Auch hier spielen die Verweilzeit und der Oberflächeneffekt, aber auch die mechanische Kraft der Welle eine gewisse Rolle. Die Auswirkungen dürften im allgemeinen als niedrig anzusetzen sein. Bei den Staugewässern sind jedoch zwei Umstände von besonderer Bedeutung. Ihr Wasserspiegel schwankt für gewöhnlich stark, außerdem müssen viele in den Wintermonaten infolge Wasserknappheit abgearbeitet werden. Daher liegen die Wände eines Staues oft trocken und sind, insbesondere während der kalten Jahreszeit ohne schützende und deckende Wassermassen dem aufschließenden Einfluß der klimatischen Faktoren besonders ausgesetzt. Je aufgeschlossener jedoch Mineralien sind, desto leichter kann die Kohlensäure des Wassers lösend angreifen. Weiters sei erwähnt, daß bei Aufstauung eines Gewässers fast immer Humusschichten (Äcker, Wiese, Wald) unter Wasser gesetzt werden. Bei einem Waldgebiet werden zwar vorher die Stämme abgeschnitten, doch bleiben die Strünke stehen. Aus diesen Gründen ist auch eine gewisse organische Belastung der Staugewässer gegeben, welche noch verschärft wird, wenn Trockenliegen der Wände mit Überflutetsein ständig wechselt.

4. Als letzter, aber äußerst wichtiger Faktor, sei die Strömungsgeschwindigkeit genannt. Doch ist der Einfluß auf den Chemismus eines Gewässers kein direkter, sondern nur ein indirekter. Nach Einsele unterscheiden wir 4 kritische Stufen

1. über 1,7 m/sec. Die Strömungsgeschwindigkeit hat schon destruktive Eigenschaften. Der Fluß räumt sein ganzes Geschiebe bis zum blanken Fels aus.

2. über 1,2 m/sec. Nur grober Schotter und Kies bleiben liegen, alles übrige wie Sand und Schlick kommen in Bewegung.

3. über 0,6 m/sec. Alles gröbere Geschiebe bleibt dauernd in Ruhe, feiner Sand wird noch fortbewegt.

4. über 0,25 m/sec. Auch feiner Sand wird abgelagert. Im Geschiebe ist nur mehr der organische Detritus, welcher erst unter 0,2 m/sec. zum Absinken kommt.

Welch bestimmender Faktor auf den Chemismus eines Gewässers die Strömungsgeschwindigkeit ist, sei an den beiden extremen Hauptformen unserer Binnengewässer (Fluß und See) aufgezeigt.

Die Strömungsgeschwindigkeit ist das erste Hauptcharakteristikum, welches Fluß und See voneinander unterscheidet. Sie ist auch zu definieren durch das Verhältnis zwischen Querprofil und Durchflußmenge. Je nachdem, wie sich dieses Verhältnis verschiebt, gravitiert das Gewässer zum Fluß- oder zum Seentyp.

Damit in unmittelbarem Zusammenhang ist das zweite charakteristische Hauptmerkmal, die Schichtung.

Flüsse zeigen keine Schichtung ihrer Wassermassen hinsichtlich ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften. Ihre Wässer sind von der Oberfläche bis zum Grund homogen. Wenn man daher zum Beispiel im Querprofil der Donau, abseits von Zubringern und Kanälen, Proben entnimmt, so weisen diese überall die gleichen Analysenwerte auf. Das gleiche Ergebnis ist bei Temperaturmessungen zu finden. Im Sommer werden daher auch über Grund die sommerwarmen Temperaturen der Oberfläche gefunden, ein für die biologische Selbstreinigung äußerst günstiger Umstand.

In einem tiefen See ist nahezu immer eine Schichtung anzutreffen. Wie Untersuchungen zeigen, nimmt die Temperatur von der Oberfläche zur Tiefe in einer charakteristischen Kurve ab, so daß sich in dieser Hinsicht die längste Zeit im Jahr eine dreigeteilte Schichtung ergibt. Das von der Temperatur abhängige spezifische Gewicht

der Wassermassen wirkt dabei noch stabilisierend. Der Sauerstoffgehalt nimmt fast immer von der Oberfläche zur Tiefe hin ab, hingegen nehmen der Salz- und Kohlensäuregehalt zu; insbesondere ist in den Kontaktschichten, also unmittelbar über Grund, eine rasche Zunahme von Eisen, Mangan, Stickstoff- und Phosphorverbindungen zu beobachten.

Zieht man die aufgezeigten Faktoren in Betracht, so wird ersichtlich, wie der Chemismus eines Staugewässers beschaffen sein muß, wobei der Gewässertyp, zu welchem der Stau gehört, sich aus der Strömungsgeschwindigkeit ergibt. Natürlich kommt auch der Form der Stauwanne eine mitbestimmende Rolle zu. Rasch durchflossene Flußstau, bei denen die Strömungsgeschwindigkeit keinerlei Schichtung der Wassermassen zuläßt, bei denen also die Wasser bis zum Grund sauerstoffgesättigt und im Sommer auch warm sind, tragen oft zu einer Verbesserung der Wassergüte bei, da ihre Selbstreinigungskraft durch die warmen, sauerstoffgesättigten Wasser stark gesteigert wird. Anders ist es in Speicherstauen, insbesondere wenn sie tief in das Land hineinreichende stille Buchten aufweisen. Dort bildet sich dann der Typus eines echten Sees aus. Solche Stau leiden vielfach unter Eutrophierung, die schon von Anfang an gegeben ist, wenn bei der Überflutung die Baumstrünke im Boden verbleiben, Buschwerk, Gras und Humus nicht weggeschafft, sondern einfach vom Wasser überflutet werden. Solch ein Gewässer ist in hohem Maße vom Anfang an schon organisch hoch belastet. Ist die Strömungsgeschwindigkeit sehr klein, ihr Wasserspiegel durch Bergänge und Hochwald vom Wind gedeckt, so tritt bald eine Schichtung mit einer sauerstoffarmen Zone auf. Algenblüten können infolge Überdüngung auftreten und eine weitere sekundäre Verunreinigung veranlassen. Dann ist der Chemismus eines solchen Staus sehr gut gekennzeichnet durch Sauerstoffarmut, hohen Gehalt an Kohlensäure, Eisen, Mangan, Phosphor- und Stickstoffverbindungen. Werden in solche Stau noch verunreinigte Wasser eingeleitet, so wird der Eutrophierungsprozeß gesteigert. Selbstverständlich wirkt bei einer Schichtung noch bestimmend mit, auf welche Art die Wasserentnahme für die Turbineneinläufe, beziehungsweise Leitungstollen erfolgt.

Liegen solch organisch belastete Stau in der Urgesteinszone, so kann es bei der Salzarmut solcher Wasser besonders leicht zur Anhäufung von aggressiver Kohlensäure kommen, welche eine große Gefahr für die Betonwerke und Eisenrohre ist.

Der Stauraum von Ybbs-Persenbeug, Niederösterreich, als Musterbeispiel eines Staues mit Flußcharakter.

Hydrologische Daten — laut Angabe der Werksleitung — gültig für Mittelwasser.

Länge des Stauraumes	33 km	
Größte Breite des Staueses	337 m	
Mittlere Breite des Staueses	230 m	
Kleinste Breite des Staueses	147 m	
Tiefe des Strombettes		
In der Mitte des Stauraumes	Str. km 2078	4,5 m
An der Wurzel	Str. km 2091	4 m
Vor der Wehranlage	Str. km 2061	15,0 m

Mittlere Profilgeschwindigkeit im Stauraum

An der Stauwurzel	Vm	2,1 m/sec
In der Mitte des Stauraumes	Vm	0,9 m/sec
Vor der Wehranlage	Vm	0,44 m/sec
Wasserspiegeloberfläche		9,53 Mio m ²
Gestauter Strombettinhalt		69,3 Mio m ³

Chemisch-physikalische Daten, auf Grund mehrjähriger Probenentnahmen

pH-Wert	7,6 bis 8,1
EL 18 ⁰	238 bis 346
SBV	2,28 bis 3,24 mval/lit
CaO	53 bis 78 mg/lit CaO
Sauerstoff-Gehalt	10,9 mg/lit O ₂ ; fast immer 100% gesättigt.

Bei einem gefundenen Sauerstoffgehalt von 10 mg/lit O₂ errechnet sich für den Strombettinhalt des Stauraumes eine Gesamtsauerstoffmenge von 693 t O₂. Diese Menge macht die ungeheure Selbstreinigungskraft eines Fließgewässers verständlich.

Der Stauraum von Ottenstein, Niederösterreich, als Musterbeispiel eines Staues mit Seencharakter

Wasserspiegeloberfläche (Vollstau)	4,5 Mio m ²
Gesamter Stauinhalt (Vollstau)	73 Mio m ³
Stauhöhe vor der Kuppestaumauer	65 m

Bei geringen Zuflüssen ist im Staubecken fast keine Strömung vorhanden, daher kann es im Laufe des Sommers zu einer thermischen und chemischen Schichtung kommen. Fließt in den Stau ein Hochwasser ein, gerät der Stausee in Bewegung und die Schichtung wird rasch zerstört.

Chemisch-physikalische Untersuchungsergebnisse auf Grund mehrerer Probenentnahmen.

pH-Wert	6,7
EL 18 ⁰	77
SBV	0,37 bis 0,48 mval/lit
CaO	7 bis 11 mg/lit
O ₂ -Gehalt	10,9 mg/lit. entsprechend einer 84 % -Sättigung
KMnO ₄ -Verbrauch	19 bis 22 mg/lit

Die sehr weichen Wässer des Staues sind nur wenig verschieden von den Wässern des Hauptzubringers (Kamp).

Literatur

1. Ambühl H.: „Die Bedeutung der Strömung als ökologischer Faktor“ Schweizer Zeitschrift für Hydrologie, Band XXI, 135/1959.
 2. „Donaukraftwerk Ybbs-Persenbeug 1959“ Öst. Donaukraftwerke AG.
 3. Einsele W.: „Die Strömungsgeschwindigkeit als beherrschender Faktor bei der limnologischen Gestaltung der Gewässer“ Österreichs Fischerei, Supp. Band 1. Heft 2/1960.
 4. Einsele W.: „Zur Frage des natur- und fischereigerechten Ausbaues der Inn- und Donaustau“ Österreichs Fischerei Heft 7/8, 1961.
 5. Einsele W.: „Flußbiologie, Kraftwerke und Fischerei“ Schriften des Öst. Fischereiverbandes, Heft 1.
 6. Müllner V.: „Kampkraftwerk Newag“ Österreichische Wasserwirtschaft, Jahrgang 9. Heft 12.
 7. Stundl K.: „Die Talsperren Österreichs“ Wien 1955. Im Selbstverlag des Österr. Wasserwirtschaftsverbandes.
 8. Stundl K.: „Der Lebensraum begradigter Gewässer“
- Anschrift des Verfassers: Dipl. Chemiker Dr. Karl Knie, Laboratoriumsvorstand, Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung, Wien-Kaisermühlen, Dampfschiffhafen.

Anschrift des Verfassers: Laboratoriumsvorstand Dipl.-Chem. Dr. Karl Knie, Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung, Wien-Kaisermühlen, Dampfschiffhafen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1961

Band/Volume: [1961](#)

Autor(en)/Author(s): Knie Karl

Artikel/Article: [Über den Chemismus der gestauten Gewässer 71-77](#)