

## Die Donau bei Ulm

Dr. Hermann Lechler

Die Wasserführung der Donau beträgt am Pegel Berg bei Ehingen, rund 28 Kilometer oberhalb Ulms, und in Ulm am Pegel „Obere Bastion“, nach dem Zufluß des Illerwassers, aber oberhalb der Blaumündung, im Durchschnitt der Jahre 1931—1938 in Kubikmetern je Sekunde:

	NQ	MQ	MNQ	MHQ	HQ
Berg	9,0	12,8	37,8	195	492
Ulm	34,0	43,6	123	567	846

Hierbei bedeutet:

Q = Abflußmenge in cbm/sec.

N = Niedrigster Wert im betrachteten Zeitraum

MN= Mittlerer niedrigster Wert im betrachteten Zeitraum

M = Mittlerer Wert im betrachteten Zeitraum. Arithmetisches Mittel

MH= Mittlerer höchster Wert im betrachteten Zeitraum

H = Höchster Wert im betrachteten Zeitraum

Das Abflußjahr geht jeweils vom 1. November des Vorjahres bis zum 31. Oktober. Zwischen Berg und Ulm liegen die Kraftwerke Öpfingen, mit einem Stausee von 450000 m<sup>2</sup>, Donaustetten mit einer Kette von Seen von insgesamt 600 000 m<sup>2</sup>, und Wiblingen ohne Stausee, jedoch ebenfalls an einem Seitenkanal. Erst unterhalb dieser Kraftwerke fließt die Iller von rechts in die Donau. Durch die Speicherwirkung der Stauseen erreicht die Donau eine Nutzwasserwirkung von 75 cbm/sec. an 200 Tagen im Jahr, anstatt nur an 50 Tagen. Die Iller hat eine mittlere j Wasserführung von 60 cbm/sec. gegenüber der Donau oberhalb der Illermündung von 66,2 cbm/sec. Nach anderen Angaben beträgt die mittlere Wassermenge der Iller 57 cbm/sec., der Donau 53 cbm/sec. Das Maximum der durchschnittlichen monatlichen Wasserführung liegt beim Pegel Berg mit 53,7 cbm/sec. im März, bei Ulm dagegen infolge des Einflusses der Iller im Mai mit 169 cbm/sec. Diese Durchschnittswerte beziehen sich ebenfalls auf die Jahre 1931 bis 1938. Die eigentliche Illermündung liegt rund 2,5 km oberhalb der Herdbrücke in Ulm, j die Mündung des Illerkanals 1,4 km. Seit März 1953 ist ungefähr 4,2 km unterhalb dieser Brücke das im Flußlauf, nicht an einem Seitenkanal, liegende Laufkraftwerk Böfing Halde in Betrieb, durch das die Donau 4,6 km weit aufwärts, bis zur Eisenbahnbrücke Ulm—München gestaut ] wird. Es erreicht eine •Nutzwassermenge von 150 cbm/sec. an 80 Tagen im Jahr. Zwischen Berg und der Illermündung sind die wichtigsten Zuflüsse von links die Schmiech, von rechts Riß,

Westernach, Roth;| unterhalb des Pegels Ulm, Obere Bastion, fließt innerhalb des Stadtgebiets von Ulm die Blau auf der linken Uferseite ein. Im Jahre 1900 betrug die höchste Wasserführung der Donau bei Ulm 1469 cbm/sec. Der Pegel befand sich damals unterhalb der Blaumündung im Stadt-bereich, bei der des öfteren erwähnten Herdbrücke. In diesem Jahr wurden von Angele Messungen und Berechnungen über Pegelstand, Abflußmenge und mittlere Strömungsgeschwindigkeit durchgeführt, deren Ergebnisse wir wiederholen:

Pegelstand m	mittlere Geschwindigkeit m/sec	Abflußmenge cbm/sec.	
+ 0.56	1.00	46	gemessen
+ 1.3	1.37	120	
+ 1.72	1.62	201	
+ 2.25	1.94	338	
+ 2.70	2.19	460	
+ 3.10	2.45	600	berechnet
+ 4.00	2.94	963	
+ 5.00	3.55	1469	

Der Einfluß der Kraftwerke verändert die Wasserführung der Donau im Laufe des Tages sehr stark. Nach einer mündlichen Mitteilung des Technischen Landesamtes in Stuttgart soll auf Grund einer vorläufigen Schätzung die Schwankung bis zu 50% der mittleren täglichen Wasserführung gehen. Die Wirkung des Öpfinger Staues auf die jahreszeitliche Wasserführung macht sich nach dem Jahrbuch für Gewässerkunde, Abflußjahr 1939, bis zum Pegel Schwabelweiß, 209,9 km unterhalb von Ulm, bemerkbar. Infolge der im vergangenen Jahrhundert durchgeführten Begradigungen der Donau hat sich das Flußbett bei der Herdbrücke in Ulm vom Jahre 1880 bis zum Jahre 1901 um 70 cm eingetieft.

Kurz unterhalb Berg fließen von links die Abwässer einer Zellstofffabrik in die Donau. Die Abwässer der Städte Ulm und des gegenüberliegenden Neu-Ulm, mit zusammen rund 100 000 Einwohnern und vielgestaltiger Industrie, flößen bis Oktober 1952 unterhalb der Städte getrennt in den Fluß, nunmehr werden sie kurz unterhalb des Kraftwerks Böfing Halde gemeinsam von rechts, vorläufig noch ungeklärt, eingeleitet. Das Größenverhältnis von Ulm zu Neu-Ulm ist ungefähr 4:1. Die Zellstoffabwässer haben bald nach Inbetriebnahme der Fabrik zu beinahe jährlich auftretenden Fischsterben geführt. Es ist zu hoffen, daß die in letzter Zeit erfolgte Modernisierung der Kläreinrichtungen wieder normale Verhältnisse herbeiführt.

In dieser Arbeit soll in erster Linie das Verhalten des Sauerstoffs - unter den in der Ulmer Donau gegebenen Verhältnissen untersucht werden. Der Sauerstoffgehalt des Wassers wurde nach der Methode von Winkler bestimmt und in Milligramm je

Liter berechnet. Die Sättigung, das ist das Verhältnis der tatsächlich vorhandenen Sauerstoffmenge zu der bei der betreffenden Wassertemperatur höchstmöglich löslichen, wurde nach der Tabelle in dem Buch von Czerny berechnet. Außerdem wurde die Zehrung bestimmt, das ist der Sauerstoffverbrauch der 48 Stunden im Dunkeln aufbewahrten Wasserproben, und ebenfalls in Milligramm je Liter berechnet. Dazu ziehen wir noch die Alkalität in Betracht, die besonders in der Fischereibiologie eine große Rolle spielt. Diese wurde bestimmt durch Titrieren der mit Methylorange versetzten 100 ccm-Wasserprobe mit 1/10 normaler Salzsäure. Vervielfacht man die so erhaltenen Werte mit 2,8, so erhält man die Karbonathärte in deutschen Graden. Für unsere Zwecke genügt jedoch die Angabe der Alkalitätswerte (Oberflächenproben).

Zunächst behandeln wir die Frage, ob und wie weit flußab sich das Wasser aus der Iller und der oberen Donau unterscheiden läßt, wofür wir zwei Beispiele anführen.

Donnerstag, 21. August 1952

Ort der Probeentnahme	Alk.	O <sub>2</sub> mgl	t°C	O <sub>2</sub> %	Zeit
Iller, rechtes Ufer, 200 m oberhalb Mündung	3.8	9.5	17.3	98	11:45
Donau, rechtes Ufer, 350 m unterhalb Illermündung	3.8	9.6	16.8	98	11:10
Donau, rechtes Ufer, 2 km unterhalb Illermündung	4.0	8.8	16.5	89	10:10
Donau, rechtes Ufer, 3.8 km unterhalb Illermündung	4.0	8.8	16.6	89	8:45
Donau, linkes Ufer, gegenüber Mündung des Illerkanals, 1,1 km unterhalb der Illermündung	4.6	7.9	16.9	81	13:00

Mittwoch, 17. Juni 1953, nach Inbetriebnahme des Kraftwerkes Böfingerhalde und der neuen Abwassereinleitung

Donau, linkes Ufer, 3,8 km unterhalb Illermündung	4.5	7.3	15.2	72	11:15
Donau, linkes Ufer, 150 m oberhalb Kraftwerk Böfingerhalde	4.1	8.3	15.0	82	12:30
Donau, linkes Ufer, 200 m unterhalb Kraftwerk Böfingerhalde	4.0	8.8	15.1	87	14:30
Donau, rechtes Ufer, 100 m oberhalb Kraftwerk Böfingerhalde	4.0	8.6	14.9	84	14:00

Die Iller zeichnet sich zu allen Zeiten durch einen niedrigeren Alkalitätsgrad und höheren Sauerstoffgehalt, größere Reinheit, vor der oberen Donau aus. Am ersten Beispiel sieht man, wie die Alkalität flußabwärts am rechten Ufer zunimmt, der Sauerstoffgehalt dagegen ab. Die Probe am linken Ufer unterscheidet sich wesentlich von denen am rechten. Das zweite Beispiel zeigt die Abnahme der Alkalität und Zunahme des Sauerstoffgehaltes am linken Ufer.

Als zweite Frage behandeln wir den Einfluß der Zellstoffabwässer. Untersuchungen der Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene in Berlin und des Instituts für Seenforschung in Langenargen am Bodensee aus den Jahren 1938/39 vor Inbetriebnahme der Fabrik, ergaben einen einwandfreien Zustand der Donau zwischen Ehingen, das ist bei Berg, und Ulm. Nur durch die Humusstoffe aus den Moorabflüssen der rechten Zuflüsse sei die Donau etwas belastet; diese würden jedoch durch den hohen Kalkgehalt des Donauwassers rasch mineralisiert. Meine eigenen Untersuchungen in den Jahren 1952/1953 begannen bei Rottenacker, rund 5,7 km oberhalb Berg. Insgesamt 6 Proben, die oberhalb dem Bereich der Abwasserwirkung der Zellstofffabrik entnommen wurden, ergaben einen durchschnittlichen Sauerstoffgehalt von 10,32 mgl, und eine Zehrung in 48 Stunden von 1,28 mgl. Ich muß hier kurz darauf eingehen, auf welche Weise ich zu diesen zusammenfassenden Werten gekommen bin. Ordnet man die erhaltenen Werte für den Sauerstoffgehalt in ein Koordinatensystem ein, dessen einer Ast die Lage des Orts der Probeentnahme, der andere den Sauerstoffgehalt darstellt, so erhält man sechs deutlich in Bezug auf den Sauerstoffgehalt voneinander abgegrenzte Punktschwärme, für die dann die Mittelwerte berechnet wurden. Bevor wir die weiteren Punktschwärme besprechen, sei ein Einzelbeispiel über den Einfluß der Zellstoffabwässer eingeschaltet. Diese münden rund 250 m unterhalb des Pegels Berg am linken Ufer in die Donau, und 1,1 km unterhalb des Pegels auf der gleichen Seite die Schmiech.

Donnerstag, 25. September 1952

Ort der Probeentnahme	Alk.	O <sub>2</sub> mgl	t°C	O <sub>2</sub> %	Zehrung mgl	Zeit
Donau, rechtes Ufer, 150 m oberhalb Nasgenstadt, 2,15 km unterhalb Abwassereinleitung	5.0	11.76	12.8	110	1.83	13:00
Donau, linkes Ufer, genau gegenüber voriger Station 5	5.3	7.1	13.8	69	4.4	14:05
Donau, linkes Ufer, 100 m unterhalb Gamerschwang, 4,35 km unterhalb Abwassereinleitung	—	8.0	13.7	77	2.9	15:25
Donau, rechtes Ufer, 250 m oberhalb Öpfingen, 5,6 km unterhalb Abwassereinleitung	4.9	8.7	13.4	82	1.7	16:05

Die Proben oberhalb Nasgenstadt zeigen deutlich den krassen Unterschied zwischen rechtem und linkem Ufer und den Einfluß der Abwässer. Bei Öpfingen, über 5 km unterhalb der Einleitung, beträgt die Sättigung erst wieder 82%.

Ich fahre nun mit der Besprechung der Punktschwärme fort, von denen im ganzen 6 Gruppen gefunden wurden.

Gruppe I	10.32 mg/l O <sub>2</sub> sofort	1.28 mg/l Zehrung	6 Proben
Gruppe II	7.85 mg/l O <sub>2</sub> sofort	2.9 mg/l Zehrung	4 Proben
Gruppe III	4.972 mg/l O <sub>2</sub> sofort	2.73 mg/l Zehrung	3 Proben
Gruppe IV	55.86 mg/l O <sub>2</sub> sofort	1.55 mg/l Zehrung	11 Proben
Gruppe V	8.4 mg/l O <sub>2</sub> sofort	1.48 mg/l Zehrung	16 Proben
Gruppe S VI	10.57 mg/l O <sub>2</sub> sofort	1.83 mg/l Zehrung	6 Proben

Örtlich erstrecken sich die Probeentnahmen bei:

Gruppe I	von Rottenacker = km 0 bis km 7,8 bei Nasgenstadt, rechtes Ufer
Gruppe II	von km 7,8 bei Nasgenstadt, linkes Ufer, bis km 13 bei Öpfingen, oberhalb des Kraftwerkes und des Stausees
Gruppe III	von km 14, unterhalb des Kraftwerkes Öpfingen bis km 17 beim Wehr für das Kraftwerk Donaustetten, wo der Seitenkanal zur Speisung der Kette der Stauseen abzweigt.
Gruppe IV	von km 23 unterhalb des Kraftwerkes Donaustetten bis km 32,5 unterhalb der Mündung des Illerkanals, linkes Ufer
Gruppe V	von km 32,5 unterh. der Mündung des Illerkanals bis km 43 bei Ober-Elchingen, rund 9,6 km unterhalb der Herdbrücke in Ulm und 5,4 km unterhalb des Kraftwerkes Böfingeralde

Die Proben zu diesen Gruppen wurden in der Zeit von Mitte Juni bis Mitte Oktober der Jahre 1952 und 1953 entnommen. Auf die Probe S VI kommen wir später zu sprechen.

Den niedersten Sauerstoffgehalt hat die Gruppe III zwischen dem Kraftwerk Öpfingen und der Zuleitung zur Donaustetter Seenkette, die höchste Zehrung dagegen schon die Gruppe II. Dies ist verständlich, denn der Sauerstoffgehalt oder besser gesagt, der Sofortgehalt an Sauerstoff kann erst dann wieder höher werden, wenn die Menge der fäulnisfähigen, Sauerstoff verbrauchenden Stoffe im Wasser schon abgenommen hat.

Die Gruppe V müssen wir etwas näher untersuchen, da in ihrem Bereich die Wirkung des Illerwassers und der Veränderungen durch die Inbetriebnahme des Kraftwerkes Böfingeralde und des neuen Abwasserkanals sich zeigen kann.

Teilen wir die Proben zunächst ohne Rücksicht auf das Jahr in Proben vom rechten und Proben vom linken Ufer ein, so erhalten wir:

Rechtes Ufer	8.67 mg/l O <sub>2</sub> sofort	1.26 mg/l Zehrung	7 Proben
Linkes Ufer	8.19 mg/l O <sub>2</sub> sofort	1.64 mg/l Zehrung	9 Proben

Der Unterschied zwischen Illerufer und linkem Ufer wird auch hier und auf diese Weise deutlich erkennbar. Teilen wir jede dieser beiden Untergruppen nochmals nach den Jahren auf, so ergibt sich:

1952	Rechtes Ufer	8.68 mg/l O <sub>2</sub> sofort	1.30 mg/l Zehrung	4 Proben
	Linkes Ufer	8.65 mg/l O <sub>2</sub> sofort	2.23 mg/l Zehrung	4 Proben
1953	Rechtes Ufer	8.67 mg/l O <sub>2</sub> sofort	1.20 mg/l Zehrung	3 Proben
	Linkes Ufer	7.82 mg/l O <sub>2</sub> sofort	1.18 mg/l Zehrung	5 Proben

Im Jahre 1952 ist der Sauerstoffgehalt des Wassers auf beiden Ufern der gleiche, und die Zehrung am linken höher, im Jahre 1953 die Zehrung die gleiche, aber der Sauerstoffgehalt am linken Ufer geringer. Im Jahre 1953 wurde die Strömung des Wassers durch den Aufstau stark verlangsamt, die Möglichkeit der Sauerstoffaufnahme aus der Luft infolge des ruhigen Laufes, der größeren Wassertiefe verringert, so daß der Sauerstoffgehalt geringer wurde. Dagegen scheint der Abbau der sauerstoffzehrenden Stoffe im Wasser unter den Verhältnissen des Jahres 1953 im Staubereich des Böfingeralde Kraftwerkes auf den Stand der Gruppe I oberhalb der Einleitung der Zellstoffabwässer zurückgegangen zu sein, denn die Zehrung am linken Ufer entspricht nicht nur der am rechten, sondern auch der der Gruppe I. Damit gelangen wir zu der Frage der Wirkung von Stauen auf die Beschaffenheit des Wassers, wofür wir zwei Beispiele für die Wirkung des Öpfinger Staues anführen:

Donnerstag, 25. September 1952

Ort der Probeentnahme	O <sub>2</sub> mg/l	t°C	C <sub>2</sub> %	Zehrung mg/l	Zeit
Donau, rechtes Ufer, 250 m oberhalb Öpfingen und der Abzweigung des Kanals zum Stausee	8.7	13.4	82	1.7	16:05
Donau, rechtes Ufer, unterhalb Kraftwerk Öpfingen, im Abflußkanal	4.9	12.8	46	25	17:20

Donnerstag, 15. Oktober 1953

Donau, rechtes Ufer, 200 m unterhalb Öpfingen, im Zuflußkanal zum Stausee	7.6	12.6	71	2.6	15:15
Donau, linkes Ufer, unterhalb Zusammenfluß der alten Donau mit dem Abflußkanal	5.1	12.2	44	2.3	16:15

Die Verhältnisse sind hier wesentlich ungünstiger als im Böffinger Stauraum. Die Verschlechterung des Wassers findet sich auch beim Wiblinger Kraftwerk, das an einem Seitenkanal liegt, wie folgendes Beispiel zeigt:

Donnerstag, 12. August

Ort der Probeentnahme	O <sub>2</sub> mgl	t°C	C <sub>2</sub> %	Zehrung mgl	Zeit
Donau, linkes Ufer, 150 m oberhalb Stauanlage für Kraftw. Wiblingen im Staubereich	6.4	20.4	82	4.6	13:10
Donau, im Kanal zum Kraftwerk Wiblingen, linkes Ufer, 250 m oberh. des Kraftwerkes, rund 1,1 km unterhalb der ersten Station	43	19.2	46	3.8	10:40

Bei einem mit Abwässern belasteten Gerinne bringt jede Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit eine Herabsetzung des Sauerstoffgehaltes mit sich, die auch in der Ulmer Donau so groß ist, daß sie sich biologisch auswirken muß. Die unterhalb Berg in die Donau gelangenden Abwässer sind bei Ulm noch nicht vollständig abgebaut. Der neu in Betrieb genommene Böffinger Stau vollendet zur Zeit den Abbau.

Die Proben der Gruppe S VI, die sich ungefähr von km 27 oberhalb des Kraftwerkes Wiblingen und der Abzweigung des Zuflußkanals zu diesem bis km 33 bei der Herdbrücke in Ulm erstreckt, wurden in der kalten Jahreszeit, an einem einzigen Tag, Freitag, dem 21. November

1952, entnommen. Trotzdem zeigen sich, wenn auch in geringerem Ausmaß, die gleichen Erscheinungen wie bei den Sommerproben. So ist der Sauerstoffgehalt am rechten Ufer unterhalb der Mündung des Illerkanals mit 11,4 mgl. bei 2,8° G höher als am linken Ufer mit 10,5 mgl. bei 3,9° G, und im Kanal zum Wiblinger Kraftwerk geht der Sauerstoffgehalt auf 9,6 mgl. bei 4,2° C gegenüber dem Sauerstoffgehalt oberhalb bei der Wiblinger Brücke mit 10,8 mgl. bei 4,4° C zurück.

Um ein Bild von der Mannigfaltigkeit der Verhältnisse der Ulmer Donau zu geben, erwähnen wir noch, daß auf der Strecke von Berg bis zur Landesgrenze, die rund 5,2 km oberhalb Oberelchingen liegt, sich nur 15,8 km Fließstrecken der vollen Donau befinden. Die gesamte Strecke beträgt rund 33,4 km. Hierbei ist auch der Staubereich des Böffinger und des Wiblinger Kraftwerkes nicht als Fließstrecke gerechnet. Dazu kommen noch Altwässer, die in rascher Verlandung begriffen sind. Aus dem Bereiche der Biologie sei nur ein Lebewesen herausgegriffen und sein Verhalten gekennzeichnet. Der sogenannte Abwasserpilz, Sphärotilus natans, eine Bakterienart, ist auch in der Donau ein wichtiger biologischer Indikator für die Wassergüte. In den Proben, die zum Punktschwarm I gehören, kommt er nur in der am weitesten unterhalb gelegenen Probe vor, oberhalb Nasgenstadt am rechten

Ufer, in ganz geringen, mikroskopisch nachweisbaren Mengen. Ganz anders dagegen an der gegenüberliegenden Uferseite. Hier ist der ganze Boden mit einem dicken Belag von Sphärotilusrasen bedeckt. Geht man in Nasgenstadt über die Brücke, so sieht man von oben, wenn man vom rechten Ufer kommt, eine immer größer werdende Menge von im Wasser treibenden Pilzflocken. Das linke Ufer ist auch hier dicht mit dem Pilzrasen bedeckt, was auch noch 500 m unterhalb Nasgenstadt der Fall ist. Drei Kilometer unterhalb Nasgenstadt, 250 m oberhalb Öpfingen wurde noch ein schwacher Belag gefunden, im Zulauf zum Stausee ist der Abwasserpilz noch vorhanden, dann aber erst wieder im Ulmer Stadtbereich, jedoch nur in sehr geringen Mengen, verursacht durch die städtischen Abwässer. So ist der Befund in der warmen Jahreszeit. In der kalten Jahreszeit dagegen, am 21. November 1953 war das Bakterium bis in den Kanal zum Wiblinger Kraftwerk als Bewuchs festzustellen, am 8. Dezember 1952 gegenüber der Mündung des Illerkanals mit dem Planktonnetz, und mit Fortschreiten der winterlichen Jahreszeit noch weiter unterhalb. Sphärotilus gedeiht am besten in der kalten Jahreszeit, weniger weil er eine Vorliebe für die Kälte hat, als wegen des Fehlens der Nahrungskonkurrenten, die ihm im Sommer die Nährstoffe wegnehmen. In der warmen Jahreszeit fällt beim Begehen der Donau der reiche, übermäßige Bestand an Wasser- und Überwasserpflanzen auf, an allen Stellen, an denen die Strömung aus irgendwelchen Gründen nachläßt, in Buchten, gestauten Strecken und ähnlichen Plätzen. Der Fluß versucht mit allen Mitteln, die ihm im Übermaß zugemutete Abwassermenge abzubauen, im Sommer gelingt ihm dies bis zu einem gewissen Grad mit Hilfe höherer Lebewesen, im Winter steht nur der Sphärotilus zur Verfügung, der sich dann stark ausbreitet. Mit Beginn der warmen Jahreszeit stirbt der Sphärotilus ab, die Flocken treiben ab, lagern sich an ruhigen Stellen ab, wo dann Schlamm-bänke und Fäulnisherde entstehen, die den Sauerstoff auf zehren und dadurch die höheren Lebewesen, insbesondere die Fische, zum Absterben bringen.

## Literatur

- Angele, A.: Wassermessungen an der Donau am Pegel zu Ulm. Jahresh. d. Ver. F. Math. u. Naturw. Ulm a. D. H. 11. 1903.
- Jahrbuch für die Gewässerkunde des Deutschen Reiches. Abflußjahr 1939. Berlin 1943.
- Kraftwerk Böffinger Halde-Ulm. Stadtverwaltung Ulm. 1953.
- Oberamtsbeschreibung des Oberamts Ulm. 1897.
- Wagner, G.: Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte. 2. Aufl. 1950. Oehringen.
- Czensny, R.: Untersuchungsverfahren zur chemischen Wasseranalyse. Schriftenreihe der Reichsanstalt für Fischerei. Bd. 1. Stuttgart 1943.