

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Solothurn
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Solothurn
Band: 31 (1984)

Artikel: Chemische Untersuchung von Oberflächen- und Trinkwässern der Region Olten 1980/1981
Autor: Müller, Urs / Keller, Bruno
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-543269>

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: 08.02.2026

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

CHEMISCHE UNTERSUCHUNG
VON OBERFLÄCHEN- UND TRINKWÄSSERN
DER REGION OLTEN
1980/1981

URS MÜLLER UND BRUNO KELLER

1.	THEORETISCHER TEIL	111
1.1.	<i>Anmerkung</i>	111
1.2.	<i>Einleitung</i>	111
1.2.1.	Chemische Untersuchung der Oltner Gewässer Aare und Dünnern 1980	111
1.2.2.	Chemische Untersuchung von Oberflächen- und Trinkwässern der Region Olten 1981	112
1.3.	<i>Messmethodik</i>	113
1.4.	<i>Resultate</i>	113
1.4.1.	Chemische Untersuchung der Oltner Gewässer Aare und Dünnern 1980	113
1.4.2.	Chemische Untersuchung der Aare und der Dünnern in Olten 1981	114
1.4.3.	Chemische Untersuchung von Trinkwässern der Region Olten 1981	115
1.5.	<i>Diskussion der Ergebnisse</i>	116
1.5.1.	Vergleich der beiden Gewässer Aare und Dünnern	116
1.5.2.	Trinkwässer der Region Olten	118
1.6.	<i>Zusammenfassung und Ausblick</i>	119
2.	EXPERIMENTELLER TEIL	120
2.1.	<i>Oberflächenwässer</i>	120
2.1.1.	Probenahme, Wassertemperatur, O ₂ -Gehalt	120
2.1.2.	O ₂ -Sättigungsgrad und BSB ₅	121
2.1.3.	pH-Wert, spezifische elektrische Leitfähigkeit, Gesamthärte, Carbonathärte, KMnO ₄ -Verbrauch und Cl ⁻ -Gehalt	122
2.1.4.	Photometrische Bestimmungen der Gehalte an NH ₄ ⁺ /NH ₃ , NO ₃ ⁻ und PO ₄ ³⁻ ...	123
2.1.5.	Reagenzien	123
2.2.	<i>Trinkwässer</i>	124
2.2.1.	Probenahme und Wassertemperatur	124
2.2.2.	pH-Wert, NO ₃ ⁻ -Gehalt und Cl ⁻ -Gehalt	124
2.2.3.	Säure- und Basenverbrauch, Gesamthärte, Ca ²⁺ -Gehalt und SO ₄ ²⁻ -Gehalt	124
2.2.4.	Photometrische Bestimmung des NO ₃ ⁻ -Gehalts	125
2.2.5.	Berechnungen der Carbonathärte, der Nichtcarbonathärte, der Gehalte an Mg ²⁺ und an freier, gelöster Kohlensäure	125
2.2.6.	Reagenzien	125
3.	LITERATURVERZEICHNIS	126

1. THEORETISCHER TEIL

1.1. *Anmerkung*

Arabische Zahlen in eckigen Klammern weisen auf das Literaturverzeichnis (s.S. 126) hin.

1.2. *Einleitung*

1.2.1. Chemische Untersuchung der Oltner Gewässer Aare und Dünnern 1980

Animiert durch die 1976, 1979 und 1980 durchgeführten Gewässeruntersuchungen der Aare in der Region Olten [1 bis 3] liessen einige Schüler der Klasse 2b der Oberrealschule der Kantonsschule Olten (Schuljahr 1980/81) die Verfasser dieses Berichtes anfragen, ob sie sich als Betreuer für eine Untersuchung der beiden Oltner Gewässer zur Verfügung stellten. Im Rahmen einer Klassenarbeit in Gruppen unter der Leitung des Deutschlehrers dieser Klasse wurden noch andere Themen behandelt, die nicht in direktem Zusammenhang mit diesem Projekt waren. Eine durch die ganze Klasse selbst gestaltete Jugend-Seite im Oltner Tagblatt [4] legte Zeugnis ab von der Begeisterung, mit der Jugendliche unter geeigneter Anleitung mit anspruchsvollen Problemen sich auseinanderzusetzen gewillt sind. Unsere spontane Zusage wurde nicht zuletzt durch die Herausforderung, die Leistungsfähigkeit des neu eingerichteten Labors der Abteilung Chemie unserer Schule an dieser Aufgabe zu messen, bewirkt. Dank des Entgegenkommens von Schulleitung, Verwaltung und Abwärtsdienst konnte diese Untersuchung mit den notwendigen Vorbereitungsarbeiten während der Herbstferien 1980 durchgeführt werden.

Nach einer soliden Einführung der Schüler in die Theorie und die Praxis der vorgesehenen analytischen Verfahren wurden zu vier verschiedenen Zeiten des ausgewählten Messtages (Donnerstag, 16. Oktober 1980) an Proben aus Aare und Dünnern in Olten folgende physikalischen und chemischen Parameter erfasst:

Wassertemperatur, pH-Wert, spezifische elektrische Leitfähigkeit, Gesamthärte, Carbonathärte, O₂-Gehalt, O₂-Sättigungsgrad, BSB, (= biochemischer Sau-

erstoffbedarf in fünf Tagen), KMnO_4 -Verbrauch, $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ -Gehalt, NO_3^- -Gehalt und PO_4^{3-} -Gehalt.

Das Verdienst für das Gelingen der Untersuchung kommt vor allem den fünf beteiligten Kantonsschülern S. Aregger, K. Hess, J. Pfister, M. Tuccillo und C. Vallan zu, doch haben wir auch Herrn A. Bussmann, Chef der Abteilung Gewässerschutz des Kantonalen Wasserwirtschaftsamtes, Solothurn, zu danken für das entgegengebrachte Interesse, die wertvollen Diskussionen und die materielle Unterstützung.

1.2.2. Chemische Untersuchung von Oberflächen- und Trinkwässern der Region Olten 1981

Ermutigt durch die bei der ersten Untersuchung von 1980 gemachten guten Erfahrungen boten wir im Sommersemester 1981 im Freikurs «Chemiepraktikum II für Fortgeschrittene» anstelle der üblichen Einzelversuche erstmals geschlossene Themenkreise zur Auswahl an. Neun Maturanden aus den Klassen 8b des Gymnasiums bzw. 5a des Wirtschaftsgymnasiums der Kantonsschule Olten entschlossen sich, sowohl Oberflächen- als auch Trinkwässer der Region chemisch unter die Lupe zu nehmen. Tatkräftig und kompetent ermöglichten diese Untersuchung folgende Damen und Herren: D. Bitterli, F. Fritsch, A. Geiser, Carla Guntern, D. Haefeli, D. Hoch, H. Kuppelwieser, L. Marino und H. Richner.

Theoretisch und praktisch gründlich vorbereitet entnahmen sie am vorgesehenen Messtag (Montag, 15. Juni 1981) Wasser aus Aare und Dünnern in Olten und Trinkwasserproben aus Haushalten in Olten, Wangen, Wolfwil und Egerkingen.

Bei den Flusswasseruntersuchungen verzichteten wir im Vergleich zu 1980 auf die Bestimmung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit und der Gesamt- und Carbonathärte, ermittelten aber zusätzlich den Cl^- -Gehalt.

Beim Trinkwasser wurden weggelassen spezifische elektrische Leitfähigkeit, O_2 -Gehalt, O_2 -Sättigungsgrad, BSB₅, KMnO_4 -Verbrauch, $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ -Gehalt und PO_4^{3-} -Gehalt. Hingegen kamen neu hinzu folgende Ermittlungen: Säureverbrauch, Basenverbrauch, Nichtcarbonathärte, Ca^{2+} -Gehalt, Mg^{2+} -Gehalt, Gehalt an freier, gelöster Kohlensäure, Cl^- -Gehalt und SO_4^{2-} -Gehalt.

Sowohl der Chef des Gewässerschutzes, Herr A. Bussmann, als auch der Kantonschemiker, Herr Dr. U. Fröhlicher, unterstützten unser Vorhaben und bekräftigten ihre Bereitschaft zu «geistiger» und materieller Hilfe, wofür wir hier unseren Dank aussprechen möchten!

1.3. *Messmethodik*

Wir hielten uns soweit als möglich an die amtlichen Vorschriften für die Analyse von Oberflächenwässern [5] und für die Analyse von Trinkwässern [6], die für viele der erfassten Messgrössen praktisch dieselben Methoden vorsehen. In einigen Fällen stützten wir uns auf die mit den eidgenössischen Richtlinien [5] konformen internen Vorschriften des Solothurnischen Gewässerschutzlabors, die uns lebenswürdigerweise zur Verfügung gestellt wurden.

Einzelheiten entnehme man dem Experimentellen Teil (s.S. 120) dieses Berichts!

1.4. *Resultate*

1.4.1. Chemische Untersuchung der Oltner Gewässer Aare und Dünnern 1980 (s. Tabellen 1 und 2, S. 114)

Der Messtag des 16. Oktober 1980 war charakterisiert durch kühles und trübes Wetter: Die Lufttemperaturen betrugen 6°C um 0700 Uhr, etwa 14°C kurz nach Mittag, als die Sonne sich ganz kurz zeigte, und 11°C um 1900 Uhr [7]; trotz geschlossener Wolkendecke kam es nur am Morgen früh zu wenigen Regenspritzern. Das vorher sonnig-milde Herbstwetter wurde in der Nacht vom 7. auf den 8. Oktober durch kühle, niederschlagsreiche Witterung abgelöst, was die Abflussmengen der beiden untersuchten Fliessgewässer stark beeinflusste (Aare: 7.10. mit 165 m³/s, 8.10. mit 245 m³/s; Dünnern: 7.10. mit 0,91 m³/s, 8.10. mit 11,2 m³/s [8a]). Als Folge des Durchgangs einer Kaltfront fielen in 48 Stunden 56 mm Regen, und auch die Tage bis zu unserem Messtag brachten noch zusätzlich 12 mm Niederschlag [7].

Tabelle 1: Messungen des Wassers der Aare vom 16. Oktober 1980

Ort der Probenahmen: Eisenbahnbrücke der Linie Olten–Solothurn in Olten, ca. 5 m vom baumbestanden westlichen Ufer entfernt, ruhige Strömung, recht klares Wasser, Abflussmenge 235 m³/s [8a]

Zeit der Probenahme:	0520	0910	1455	2150	
Wassertemperatur:	13,1	13,3	13,8	13,5	°C
pH-Wert:	7,9	8,0	7,9	7,9	
spez. el. Leitfähigk.:	326	323	326	330	µS/cm
Gesamthärte:	–	1,90	–	1,85	mmol Ca ²⁺ /l
Carbonathärte:	–	1,40	–	1,40	mmol Ca ²⁺ /l
O ₂ -Gehalt:	9,0	8,8	9,1	8,7	mg O ₂ /l
O ₂ -Sättigungsgrad:	93	91	96	91	%
BSB ₅ :	1,8	1,4	1,7	1,6	mg O ₂ /l
KMnO ₄ -Verbrauch:	31	23	23	23	mg KMnO ₄ /l
NH ₄ ⁺ /NH ₃ -Gehalt:	0,19	0,13	0,12	0,07	Summe (NH ₄ ⁺ + NH ₃) als mg NH ₃ /l
NO ₃ ⁻ -Gehalt:	5,6	5,5	5,5	5,3	mg NO ₃ ⁻ /l
PO ₄ ³⁻ -Gehalt:	0,36	0,26	0,25	0,25	mg PO ₄ ³⁻ /l

Tabelle 2: Messungen des Wassers der Dünnern vom 16. Oktober 1980

Ort der Probenahmen: Überbrückung Leberngasse in Olten, starke Strömung, recht klares Wasser, Abflussmenge 2,18 m³/s [8a]

Zeit der Probenahme:	0540	0925	1510	2205	
Wassertemperatur:	9,9	10,0	11,2	10,9	°C
pH-Wert:	8,0	8,1	8,3	8,1	
spez. el. Leitfähigk.:	542	518	512	516	µS/cm
Gesamthärte:	–	2,90	–	2,90	mmol Ca ²⁺ /l
Carbonathärte:	–	2,40	–	2,40	mmol Ca ²⁺ /l
O ₂ -Gehalt:	–	10,7	10,6	10,1	mg O ₂ /l
O ₂ -Sättigungsgrad:	–	103	105	99	%
BSB ₅ :	–	2,5	2,2	2,6	mg O ₂ /l
KMnO ₄ -Verbrauch:	19	18	20	18	mg KMnO ₄ /l
NH ₄ ⁺ /NH ₃ -Gehalt:	0,10	0,14	0,10	0,06	Summe (NH ₄ ⁺ + NH ₃) als mg NH ₃ /l
NO ₃ ⁻ -Gehalt:	15,2	14,2	15,0	14,0	mg NO ₃ ⁻ /l
PO ₄ ³⁻ -Gehalt:	0,80	0,72	0,99	0,93	mg PO ₄ ³⁻ /l

1.4.2. Chemische Untersuchung der Aare und der Dünnern in Olten 1981 (s. Tabelle 3, S. 115)

Der Messtag des 15. Juni 1981 war geprägt durch sommerlich-warmes Wetter: Lufttemperaturen von 14°C um 0700 Uhr und 27°C um 1300 und 1900 Uhr,

Sonnenscheindauer 14,1 Stunden, letzte messbare Niederschläge 7 Tage zurückliegend [7].

Die Abflussmengen der beiden Gewässer lagen aber deutlich höher als am 16. Oktober 1980 mit 409 m³/s für die Aare und 2,67 m³/s für die Dünneren [8b].

Tabelle 3: Messungen des Wassers der Aare und des Wassers der Dünneren vom 15. Juni 1981

Ort der Probenahmen: Aare: Ort wie Tabelle 1, relativ ruhige Strömung, Abflussmenge 409 m³/s [8b]
Dünneren: Ort wie Tabelle 2, starke Strömung, Abflussmenge 2,67 m³/s [8b]

	Aare:	Dünneren:	
Zeit der Probenahme:	0930	0910	
Wassertemperatur:	16,2	13,6	°C
pH-Wert:	8,2	8,0	
O ₂ -Gehalt:	9,5	10,6	mg O ₂ /l
O ₂ -Sättigungsgrad:	105	111	%
BSB ₅ :	1,5	2,9	mg O ₂ /l
KMnO ₄ -Verbrauch:	12	8	mg KMnO ₄ /l
NH ₄ ⁺ /NH ₃ -Gehalt:	0,11	0,45	Summe (NH ₄ ⁺ + NH ₃) als mg NH ₃ /l
NO ₃ ⁻ -Gehalt:	4,1	12,5	mg NO ₃ ⁻ /l
PO ₄ ³⁻ -Gehalt:	0,17	0,68	mg PO ₄ ³⁻ /l
Cl ⁻ -Gehalt:	5,0	10,1	mg Cl ⁻ /l

1.4.3. Chemische Untersuchung von Trinkwässern der Region Olten 1981 (s. Tabelle 4, S. 116)

Die dem Messtag (15. Juni 1981) vorausgegangene sommerlich-warme Witterung ist der eine Grund für die relativ hohen Wassertemperaturen, der andere ist darin zu suchen, dass die Trinkwasserproben nicht an der Quelle (z.B. Grundwasserfassung), sondern am Ort des unmittelbaren Verbrauchs (Küche, Waschküche, Bad der jeweiligen Haushaltung) genommen worden sind. Nach den Richtlinien für die Beurteilung und Hinweise zur Analyse ([6], S. 5) sollte die Temperatur möglichst unter 15°C und im Idealfall zu jeder Jahreszeit zwischen 8 und 12°C liegen.

Tabelle 4: Messungen von Trinkwässern der Region Olten vom 15. Juni 1981

Ort der Probenahmen: Nr. 1: Haushalt Müller, Steinbruchweg 16, 4600 Olten
 Nr. 2: Haushalt Hoch, Schänggelistr. 33, 4612 Wangen
 Nr. 3: Haushalt Richener, Schlossgasse 165, 4855 Wolfwil
 Nr. 4: Haushalt Bitterli, Kanzelstr. 380, 4622 Egerkingen

	Nr. 1:	Nr. 2:	Nr. 3:	Nr. 4:	
Wassertemperatur:	15,5	12,2	13,3	16,4	°C
pH-Wert:	7,39	7,19	7,31	7,38	
Säureverbrauch:	5,4	5,5	4,2	4,9	mval/l
Basenverbrauch:	-0,4	-0,6	-0,4	-0,4	mval/l
Gesamthärte:	6,4	0,3!	5,2	5,9	mval/l
Carbonathärte:	5,4	5,5	4,2	4,9	mval/l
Nichtcarbonathärte:	1,0	-5,2!	1,1	1,0	mval/l
Ca ²⁺ -Gehalt:	5,84	0,39!	5,04	5,54	mval/l
Mg ²⁺ -Gehalt:	0,592	-0,096!	0,192	0,396	mval/l
Gehalt an freier, gelöster Kohlensäure:	19	27	18	18	mg CO ₂ /l
NO ₃ ⁻ -Gehalt:	22	19	33	14	mg NO ₃ ⁻ /l
Cl ⁻ -Gehalt:	15,3	—	—	—	mg Cl ⁻ /l
SO ₄ ²⁻ -Gehalt:	11	21	18	27	mg SO ₄ ²⁻ /l

Anmerkung: Das Trinkwasser Nr. 2 durchläuft vor der Entnahme einen Wasserenthärter (Culligan Water Conditioner)

1.5. Diskussion der Ergebnisse

1.5.1. Vergleich der beiden Gewässer Aare und Dünern

Unsere erste Messreihe vom 16. Oktober 1980 (Aare: Tabelle 1, S. 114; Dünern: Tabelle 2, S. 114), je vier Messungen über den ganzen Tag verteilt, erlaubt keine eindeutigen Schlüsse bezüglich einer Abhängigkeit der «Verschmutzungsfaktoren» KMnO₄-Verbrauch, NH₄⁺/NH₃-Gehalt, NO₃⁻-Gehalt und PO₄³⁻-Gehalt von der Tageszeit, da die zeitlichen Schwankungen zu gering und zu wenig eindeutig sind.

Unterschiede in Wassertemperatur, spezifischer elektrischer Leitfähigkeit, Gesamthärte, Carbonathärte und O₂-Sättigungsgrad zwischen Aare und Dünern sind auf die unterschiedlichen Charakteren der beiden Fliessgewässer zurückzuführen: Der mittelgrosse Fluss Aare besitzt wegen seiner grösseren Abflussmenge und des weiter oben liegenden Reservoirs des Bielersees eine grössere Träg-

heit in bezug auf die Angleichung der Wassertemperatur an die Lufttemperatur als das Regionalflüsschen Dünneren, dessen härteres Wasser einerseits auf das im Jura (Kalk und Gips führende Formationen!) liegende Quellgebiet, andererseits auf die Tatsache zurückzuführen ist, dass im Falle der Aare das aus dem Bielersee stammende Seeplankton bei der Photosynthese Hydrogencarbonat HCO_3^- verbraucht und damit die Carbonathärte vermindert. Die höhere Turbulenz führt bei der Dünneren zu einer Übersättigung mit Luftsauerstoff, während bei der Aare der erfreulich hohe O_2 -Sättigungsgrad vermutlich teilweise auf die Produktion von Sauerstoff durch das schon angesprochene Seeplankton hinweist, was an sonnigen Sommertagen – unsere Messungen fanden an einem trüben Herbsttag statt! – zu einem Ansteigen der Werte führen müsste bei Tag und zu einem Minimum gegen Ende der Nacht. Die spezifische elektrische Leitfähigkeit ist praktisch vollständig auf die Mineralisation des Wassers mit Calciumhydrogencarbonat (die Carbonathärte bestimmend) und mit Calciumsulfat (die permanente Härte als Differenz von Gesamt- und Carbonathärte ausmachend) zurückzuführen, was sich in der Proportionalität von Gesamthärte und spezifischer elektrischer Leitfähigkeit zeigt.

Nicht nur bei den Messungen im Herbst 1980, sondern auch bei der Stichprobe vom 15. Juni 1981 (Tabelle 3, S. 115) fallen die deutlich höheren Gehalte der «Nährstoffe» Nitrat NO_3^- und Phosphat PO_4^{3-} in der Dünneren auf. Der höhere Gehalt an Stickstoffverbindungen (Ammoniumsalze und Nitrate) ist hauptsächlich durch die Landwirtschaft bedingt, während die höheren Gehalte an Phosphaten und Chloriden eher auf eine zivilisatorisch bedingte Mehrbelastung hinweisen. Im übrigen ist der Ammoniumgehalt starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Zusätzlich besteht eine wechselseitige Beziehung zwischen NH_4^+ , NO_3^- und organisch gebundenem N (Kjeldahl-N), den wir nicht bestimmt haben.

Unsere Messungen sollen in keiner Weise die Tätigkeit der zuständigen Amtsstelle konkurrenzieren. Wir sind uns auch bewusst, dass das Fehlen weiterer Messgrößen, z.B. des totalen organischen Kohlenstoffgehalts, sowie die geringe Anzahl von Messresultaten eine eingehende Beurteilung der Wasserqualität nicht zulässt. Trotzdem seien unsere Ergebnisse für die Aare vom 15. Juni 1981 beispielhaft den Qualitätszielen für Fliessgewässer und Flusssstau [9] gegenübergestellt:

Messgrößen:	Messwert Aare:	Qualitätsziel:
Temperatur	16,2°C	<25°C
pH-Wert	8,2	keine nachteilige Veränderung des natürlichen Wertes
Sauerstoff	9,5 mg O ₂ /l	>6 mg O ₂ /l
BSB ₅	1,5 mg O ₂ /l	<4 mg O ₂ /l
Ammonium/ Ammoniak	0,088 mg N/l	0,5 mg N/l
	0,0047 mg freies NH ₃ /l	0,1 mg freies NH ₃ /l
Chloride	5,0 mg Cl ⁻ /l	100 mg Cl ⁻ /l
Nitrate	4,1 mg NO ₃ ⁻ /l	25 mg NO ₃ ⁻ /l

Für die geprüften Parameter werden die Qualitätsziele erreicht, doch ist wegen der Vielzahl anderer, von uns nicht bestimmter Werte eine Einschränkung vorzubehalten. Im übrigen bemängeln wir das Fehlen eines Richtwertes für Phosphate, die eines der schwerwiegendsten Probleme unserer Gewässer darstellen!

Wir glauben die Qualität des Aarewassers als recht gut bezeichnen zu dürfen (vgl. [3]): Neben den erreichten, allerdings nicht vollzähligen Qualitätszielen sprechen für unsere Beurteilung der praktisch dem Maximum entsprechende O₂-Sättigungsgrad und die hohe oxidative Selbstreinigungskraft des Wassers, belegt auch durch den kleinen Quotienten aus NH₄⁺- und NO₃⁻-Konzentration. Die fehlenden biologischen Untersuchungen allerdings erlauben keine Schlüsse über die bakterielle Verseuchung!

Trotz der höheren Gehalte an NH₄⁺/NH₃, NO₃⁻, PO₄³⁻ und Cl⁻ bei den Messungen vom 15. Juni 1981 (s. Tabelle 3, S. 115) liefert die Dünneren nur einen geringfügigen Beitrag an die Gesamtbelastung der «saubereren» Aare. Dies zeigen deutlich die Frachtwerte, d.h. die pro Zeiteinheit vom Fließgewässer wegtransportierten Stoffmassen:

Frachtwerte:	Aare:	Dünneren:	
NH ₄ ⁺ /NH ₃	0,044	0,001	Summe (NH ₄ ⁺ + NH ₃) als kg NH ₃ /s
NO ₃ ⁻	1,69	0,033	kg NO ₃ ⁻ /s
PO ₄ ³⁻	0,071	0,002	kg PO ₄ ³⁻ /s
Cl ⁻	2,09	0,028	kg Cl ⁻ /s

1.5.2. Trinkwässer der Region Olten

Unter Berücksichtigung der Richtlinien für die Beurteilung von Trinkwasser, wie sie auf den Seiten 5 bis 8 in [6] festgehalten sind, erlauben unsere unvollständigen Erhebungen – Auswahl der gemessenen Parameter, Fehlen der mikrobiologischen Untersuchung – nur folgende allgemeinen Feststellungen:

Alle untersuchten Wässer weisen den dem Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht entsprechenden pH-Wert auf und besitzen, natürlich mit Ausnahme des aufbereiteten Wassers Nr. 2 (Tabelle 4, S. 116), eine Gesamthärte von etwa 30 französischen Härtegraden ($1 \text{ mval/l} \triangleq 5 \text{ franz. Härtegr.}$), was der Qualifikation «ziemlich hart» entspricht. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass in unserer Gegend das Trinkwasser meistens den mit dem kalkhaltigen Gestein in Berührung stehenden Grundwasserströmen entnommen wird.

Der Gehalt an Nitraten übersteigt in keinem der vier Beispiele den Richtwert von $40 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$, doch stellt die Tatsache steigender Nitratgehalte des Grundwassers [10], vermutlich verursacht durch die Auslaugung von landwirtschaftlich genutzten Böden (Brachland?), ein gewisses Alarmzeichen dar.

Ob der Chloridgehalt natürlichen Ursprungs (Kontakt des Grundwassers mit salzhaltigem Gestein) ist oder zivilisatorisch (Düngemittel, Abwässer, Abfalldeponien) bedingt ist, können wir nicht beurteilen. Geschmacklich machen sich erst Gehalte von über $200 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$ bemerkbar (Literaturstelle [6], S. 7).

Der Sulfatgehalt kommt durch das Lösen von Gips (= Calciumsulfat-2-hydrat $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) aus den entsprechenden geologischen Formationen zustande. Er ist gering und liegt deutlich unter dem für Trinkwasser höchstzulässigen Wert von $200 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{l}$; über diesem Wert treten Verdauungsstörungen auf, erhält das Wasser aggressive Eigenschaften und kann betonzerstörend wirken (nach [6], Seiten 7/8).

1.6. Zusammenfassung und Ausblick

Zwei verschiedene Gruppen von Schülern der Kantonsschule Olten untersuchten unter unserer Anleitung sowohl Aare- und Dünner- als auch Trinkwasser aus unserer Region. Da die Auswahl der gemessenen Parameter sich der Zahl der beteiligten Personen, der ihnen zur Verfügung stehenden Zeit und vor allem der Kapazität des schuleigenen Labors anzupassen hatte, liessen die Resultate nur grobe Schlüsse zu: das Aarewasser wies in Olten eine zufriedenstellende Qualität auf und die untersuchten vier Trinkwasserproben zeigten keine Abweichungen von den Erwartungen.

Es lag uns natürlich fern, der Gewässerschutzabteilung und dem Kantonalen Labor als für die Überwachung der Oberflächen- und Trinkwässer verantwortlichen Amtsstellen Konkurrenz zu sein, vielmehr lag das Ziel dieser Untersuchungen im Erzieherischen. Interessierten und lernwilligen Kantonsschülern

sollte die Gelegenheit gegeben werden, sich aktiv am Beispiele von Wasseranalysen exemplarisch in die Belange des Umweltschutzes einzuarbeiten. Ebenso sollte gezeigt werden, dass die Ermittlung analytischer Daten im Spurenbereich einen erheblichen Aufwand erfordert.

Für zukünftige Arbeiten erwägen wir, weitere Messgrößen einzubeziehen. Interessante Untersuchungsgebiete lägen beispielsweise bei der Belastung des Wassers mit Schwermetallen oder bestimmten organischen Stoffen.

Möge dieser Bericht für Mittelschullehrer der Chemie und Biologie Anreiz sein, ähnliche Untersuchungen zu wagen. Gelegenheiten bieten die in vielen Schulen institutionalisierten Kurs-, Studien- oder Konzentrationswochen.

2. EXPERIMENTELLER TEIL

2.1. *Oberflächenwässer*

2.1.1. Probenahme, Wassertemperatur, O₂-Gehalt

Die Probenahme erfolgte von den entsprechenden Brücken aus mit Hilfe eines an einem langen Seil befestigten Kunststoffeimers, der des Temperaturnausgleichs wegen längere Zeit im fließenden Wasser belassen wurde. Sofort nach dem Hochziehen wurde die Wassertemperatur gemessen und es wurden Wasserproben für die Bestimmung des BSB₅ (siehe 2.1.2., S. 121) und für die Messungen im schuleigenen Labor (siehe 2.1.3., S. 122, und 2.1.4., S. 123) abgefüllt. Die Anzeige des dem Gewässerschutzlabor Solothurn entlehnten Thermometers mit 1/5-Grad-Einteilung wurde später in einem Laborversuch verglichen mit den Anzeigen eines Thermometers mit 1/10-Grad-Einteilung und eines elektrischen Temperaturmessgerätes der Firma Doric (Trendicator 400 Type K/°C mit 0,1-Grad-Digitalanzeige; NiCr-Ni-Messfühler), beides Leihgaben der Abteilung Physik unserer Schule. Im Messbereich zwischen 8 und 19°C zeigte das Thermometer des Gewässerschutzlabors eine mittlere negative Abweichung von 1,3°C gegenüber dem Mittelwert der beiden anderen Vergleichsmessgeräte, deren Anzeigen nie mehr als 0,2°C auseinanderlagen. Diese Tatsache bewog uns, alle Ablesungen auf dem Leihgerät des Gewässerschutzlabors um 1,3°C nach oben zu korrigieren!

Der O₂-Gehalt wurde mit dem Gerät «Oxygest» der Firma Kontron, dessen sich auch das Gewässerschutzlabor Solothurn bedient, direkt im fliessenden Wasser polarometrisch gemessen, wobei die Mess-Elektrode durch ein speziell langes Kabel mit dem Messgerät verbunden war.

Wir möchten hier der genannten Amtsstelle herzlich für die leihweise Überlassung ihres Gerätes danken!

2.1.2. O₂-Sättigungsgrad und BSB₅

Der O₂-Sättigungsgrad wurde wie folgt rechnerisch ermittelt:

Der O₂-Gehalt bei Sättigung ist sowohl vom Luftdruck als auch von der Temperatur des Zweiphasensystems Wasser, O₂-gesättigt/Luft, wasserdampfgesättigt abhängig. Die Tabellenwerte ([6], Seite 17) wurden nach der Formel

$$\lg c_{O_2} = \lg q_{O_2} - \frac{h}{18400}$$

auf die mittlere Meereshöhe von 400 m der beiden Entnahmestellen umgerechnet (nach [6], Seite 18), wobei

c_{O_2} = Sauerstoffsättigungskonzentration in mg/l

q_{O_2} = der Tabelle für Sauerstoffsättigung bei der entsprechenden Wassertemperatur entnommener Wert in mg/l

h = Ortshöhe über Meer in Metern

Der Wert c_{O_2} stellt die Bezugsgrösse von 100% dar, mit dem der gemessene O₂-Gehalt verglichen wurde.

Bei der Probenahme wurden auch speziell Wasserproben in 250 ml-Pulverschliffflaschen mit exakt passenden PE-Stopfen so genommen, dass keine Luft miteingeschlossen werden konnte (visuelle Kontrolle). Diese Flaschen wurden 5 Tage (± 10 Stunden) lang bei $20 \pm 1^\circ\text{C}$ im Dunkeln stehen gelassen. Darauf erfolgte die Messung des O₂-Gehalts mit dem elektrometrisch arbeitenden Leihgerät unter intensivem Rühren der Probe; um dabei ein Lösen von Luftsauerstoff aus der Umgebung zu verhindern, wurde die Mess-Elektrode nach Zugabe

des Magnetrührstäbchens (Magnetrührwerk) mit einer passenden Gummimanschette exakt in den Schliff der Pulverflasche eingepasst.

2.1.3. pH-Wert, spezifische elektrische Leitfähigkeit, Gesamthärte, Carbonathärte, KMnO_4 -Verbrauch und Cl^- -Gehalt

Der pH-Wert wurde mittels einer kombinierten Glaselektrode EA 121 auf einem pH-Meter E 603 (Digitalanzeige auf 0,01 Einheiten) der Firma Metrohm gemessen. Eine sorgfältige Zwei-Punkt-Eichung bei 20°C mit Merck-Puffer-Titrissen® pH = 7,00 und 2,00 ging den Messungen des Flusswassers voraus, dessen Temperatur stets zwischen der Wassertemperatur des Flusses und der Raumtemperatur von 20°C lag. Die Ablesewerte wurden wegen der Rundung auf Zehntel-pH-Einheiten nicht auf 20°C umgerechnet!

Alle Messungen wurden übrigens unmittelbar nach Rückkehr von der Probenahme in das Labor durchgeführt. Für die Bestimmung der Gehalte an NH_4^+ / NH_3 , NO_3^- , PO_4^{3-} und Cl^- wurden die benötigten Wassermengen durch ein 0,45 µm-Filter (Abteilung Biologie der Kantonsschule Olten) filtriert. Für die Laboruntersuchungen wurden bei der Probenahme (2.1.1., S. 120) Einliter-PE-Flaschen abgefüllt und schonungsvoll transportiert.

Die spezifische elektrische Leitfähigkeit wurde auf dem Metrohm-Conductometer E 518 mit der Messzelle EA 608 (Zellkonstante 0,84, cm^{-1}) unter gleichzeitiger Feststellung der Temperatur des Wassers mit dem unter 2.1.1., S. 120, beschriebenen elektrischen Gerät gemessen. Die Ablesewerte wurden mittels Temperatur-Korrekturfaktoren (S. 12 in [6]) auf 20°C umgerechnet!

Gesamthärte und Carbonathärte wurden nach zwei Vorschriften aus dem Schülerpraktikum [11] ermittelt.

Die Bestimmung des KMnO_4 -Verbrauchs erfolgte nach der Methode 13 aus [5a] mittels der internen Vorschrift des Gewässerschutzlabors Solothurn vom Oktober 1975.

Der Cl^- -Gehalt wurde nach der Methode 18 aus [6] bestimmt; die interne Vorschrift des Gewässerschutzlabors vom Oktober 1975 stützt sich auf ein Verfahren der EAWAG (Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz) vom November 1964. Alle genannten Vorschriften bestimmen die Chlorid-Ionen durch Titration mit Quecksilber(II)-Ionen.

2.1.4. Photometrische Bestimmungen der Gehalte an $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$, NO_3^- und PO_4^{3-}

Sowohl die Bundesvorschriften für Wasseruntersuchungen [5] als auch für Trinkwasseruntersuchungen [6] sehen für die genannten Teilchen die gleichen Verfahren vor.

In allen drei Fällen stützten wir uns auf interne Vorschriften des Gewässerschutzlabors Solothurn ab. Da deren Eichgeraden auf das Jahr 1974 zurückgingen, stellten wir auf unserem Gerät, einem Doppelstrahl-Spektrophotometer Uvikon 800 der Firma Kontron (eingestellte Spaltbreite 2,0 nm), eigene Eichkurven (Extinktion E vs. Konzentration c) auf. Wir erhielten ausgezeichnete Proportionalität zwischen den beiden Grössen, die Korrelationskoeffizienten für die lineare Regression lagen bei 0,999 und darüber! Die Berechnungsfaktoren zeigten gegenüber denen der internen Vorschriften des Gewässerschutzlabors Solothurn nur geringfügige Abweichungen. Im Falle der ortho-Phosphat-Bestimmung mussten wir auf eine durch eigene Spektren abgestützte Messwellenlänge von 710 nm ausweichen, da unser Gerät nur bis zu 860 nm zu messen gestattet. Im übrigen sehen auch die Vorschriften in [5] und [6] neben der Messwellenlänge von 880 nm eine solche von 700 nm vor. Für alle Extinktionsmessungen verwendeten wir 2-cm-Küvetten aus optischem Spezialglas oder Quarzglas. Damit erhielten wir folgende empirische Auswertungsformeln:

$$c(\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3) = 3,572 \cdot E_{425 \text{ nm}} \text{ mg NH}_3/\text{l}$$

$$c(\text{NO}_3^-) = 12,28 \cdot E_{420 \text{ nm}} \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$$

$$c(\text{PO}_4^{3-}) = 3,156 \cdot E_{710 \text{ nm}} \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{l}$$

Die Berechnung des Gehaltes an freiem Ammoniak erfolgte nach der in [5a], Seiten 64/65, angegebenen Formel.

2.1.5. Reagenzien

Zur Herstellung der verschiedenen Reagenzien bedienten wir uns analysenreiner Substanzen der Firma Merck, ausgenommen Kaliumantimonyltartrat, welches in der Qualität «rein» von der Firma Siegfried bezogen wurde.

Titrationmittel wurden soweit möglich aus Merck-Titrisolen® (Ampullen für einen Liter Lösung) bereitet.

Das in allen Fällen verwendete demineralisierte Wasser der abteilungseigenen Anlage der Firma Christ wurde regelmässig konduktometrisch auf Salzfreiheit überprüft: nie überstieg seine spezifische elektrische Leitfähigkeit $2 \mu\text{S}/\text{cm}$!

2.2. *Trinkwässer*

2.2.1. Probenahme und Wassertemperatur

In Befolgung der Spezialvorschriften für die Probenahme (Seiten 9 und 10 in [6]) wurde wie folgt vorgegangen:

Mindestens zehn Minuten lang wurde das Leitungswasser kräftig fließen gelassen, wobei Mineralwasserflaschen des Handels nach mehrmaligem Spülen für die Aufnahme der in das Labor zu überführenden Proben Verwendung fanden. Zugleich wurde die Wassertemperatur mit Hilfe gewöhnlicher Laborthermometer, deren Angaben durch ein Verfahren wie in 2.1.1., Seite 120, korrigiert wurden, bestimmt. Die Ablesungen erfolgten durch Interpolation auf Zehntelgrade genau.

2.2.2. pH-Wert, NO_3^- -Gehalt und Cl^- -Gehalt

Diese Bestimmungen erfolgten wie unter Oberflächenwässer, 2.1.3., S. 122, und 2.1.4., S. 123, beschrieben.

2.2.3. Säure- und Basenverbrauch, Gesamthärte, Ca^{2+} -Gehalt und SO_4^{2-} -Gehalt

Zur Eichung des pH-Meters wurden hier die Merck-Puffertitrisole® pH = 4,00 und pH = 9,00 verwendet, um die für den Säure- bzw. Basenverbrauch (Methode 14 in [6]) geltenden Titrationsendpunkte pH = 4,3 bzw. pH = 8,2 abzusichern. 0,1 M HCl bzw. NaOH befanden sich in Multi-Wechsellaufräten E 414-20 G auf einem Titrierstand E 436 E, die Registrierung des Verbrauchs erfolgte auf einem angeschlossenen Potentiographen E 336 A mit einer Genauigkeit von $\pm 0,03 \text{ ml}$ auf dem zugehörigen Papier (alles Geräte der Firma Metrohm).

Gesamthärtebestimmung und Bestimmung des Ca^{2+} -Gehalts erfolgten nach den in [6] vorgesehenen Methoden, wobei 0,1 M Komplexon-III-Lösung anstelle der vorgeschriebenen 0,05-molaren verwendet wurde, was aber bei der Berechnung der genannten Grössen Berücksichtigung fand.

Die Sulfat-Ionen wurden massanalytisch nach [6] bestimmt.

2.2.4. Photometrische Bestimmung des NO_3^- -Gehalts

Sie erfolgte wie in 2.1.4., S. 123, beschrieben.

2.2.5. Berechnungen der Carbonathärte, der Nichtcarbonathärte, der Gehalte an Mg^{2+} und an freier, gelöster Kohlensäure

Alle diese Grössen wurden nach den entsprechenden Methoden der Trinkwasseranalyse [6] berechnet und angegeben.

2.2.6. Reagenzien

Siehe unter 2.1.5., S. 123!

3. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Chemisch-biologische Gewässeruntersuchung der alten Aare und Luftuntersuchung der Oltner Innenstadt, Studienwoche im Rahmen einer Arbeit der Klasse 4b der Oberrealschule Olten über das Niederamt vom 28.6. bis 3.7. 1976, Leitung: Dr. B. Schätzle
- [2] Gewässeruntersuchung der alten Aare 1976 und 1979, Gruppenleiter: Dr. Bruno Schätzle
- [3] Gewässeruntersuchung der Aare 1980, Leitung: Dr. Bruno Schätzle
- [4] Oltner Tagblatt vom 21. Januar 1981, Beilage «OT Forum»
- [5] Richtlinien für die Probenahme und die Normung von Wasseruntersuchungsmethoden, Erlass des Eidg. Departements des Innern:
 - a) I. Teil (16. Mai 1969),
 - b) II. Teil (15. Oktober 1971)
- [6] Schweizerisches Lebensmittelbuch, 2. Band, Teil (Ringbuch) II, Kapitel 27 A (Trinkwasser), Eidg. Dokumentations- und Materialzentrale, 7. Lieferung 1972
- [7] Daten aus: Wetterbericht der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt in Zürich, täglich erscheinend
- [8] Persönliche Mitteilungen der Sektion Datenbearbeitung der Eidg. Landeshydrologie des Bundesamtes für Umweltschutz, Bern:
 - a) vom 22. Oktober 1980
 - b) vom 14. September 1981
- [9] Anhang zu: Verordnung (des Schweizerischen Bundesrates) über Abwassereinleitungen vom 8. Dezember 1975
- [10] Persönliche Mitteilung von Herrn A. Bussmann, Abteilung Gewässerschutz, Solothurn, vom 22. Juli 1981
- [11] a) Komplexometrische Bestimmung der Gesamthärte des Wassers, Vorschrift aus dem Schülerpraktikum der Abteilung Chemie der Kantonsschule Olten, vom 26. Februar 1980
b) Alkalimetrie: Bestimmung der Carbonathärte des Wassers, Vorschrift aus dem Schülerpraktikum der Abteilung Chemie der Kantonsschule Olten, vom 26. Februar 1980

Anschrift der Verfasser: Dr. Urs Müller, Kantonsschule Hardwald, 4600 Olten
Bruno Keller, Kantonsschule Hardwald, 4600 Olten