

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
DEPARTMENT LIFE SCIENCE UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

Bestimmung der Wasserqualität mit Photometer und Messsonde



Praktikumsbericht Angewandte Umweltchemie 3. Semester

von

Rolf Thalmann, Adrian-Marc Michel, Dorthe Ozod-Seradj

Bachelorstudiengang 2011

Abgabedatum: 25.10.2012

Studienrichtung: Umweltingenieurwesen

Fachkorrektorin:

Christa Gufler

ZHAW Wädenswil

1 Einleitung

Die Oberflächengewässer und das Grundwasser stellen nicht nur einen einzigartigen Lebensraum für Flora und Fauna dar, sondern dienen uns Menschen auch gleichzeitig als potentielle Trinkwasserquelle. Daher bedarf es deren Schutz und nachhaltiger Nutzung. Man sollte sich im Klaren darüber sein, was für Auswirkungen verschmutzte Gewässer haben können und wie dies in Zukunft verhindert werden kann. Angesichts der immer grösser werdenden Bevölkerungszahl auf dem Planeten ist dies nicht einfach. Weltweit gesehen werden zurzeit lediglich 10% der Abwässer gereinigt in einen Vorfluter entlassen (Bundesregierung Deutschland, 2012). Diese tiefe Prozentzahl zeigt, welche Relevanz das Thema Gewässerverschmutzung in der Zukunft global erlangen könnte.

Auch in der Schweiz kennt man das Problem von stark verschmutzten Gewässern. Durch den ständig wachsenden Wohlstand in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts, sowie durch die Intensivierung der Landwirtschaft, wurden immer mehr Chemikalien in die Gewässer hinaus getragen. Durch den Bau von Abwasserreinigungsanlagen (ARA), sowie durch verschärfte Einschränkungen beim Einsatz von Düngern und sonstigen Chemikalien (z.B. Phosphat), konnte diesem Trend entgegen gewirkt werden. In der Schweiz sind heute 97% der Haushalte an kommunale Abwasserreinigungsanlagen angeschlossen (Bundesamt für Umwelt, 2005). Es erstaunt daher kaum, dass die Schweizer Gewässer hinsichtlich Wasserqualität in einem guten Zustand sind (Krebs, 2012)

Um die Wasserqualität weiterhin auf einem hohen Niveau zu halten, braucht es neben effektiven, funktionierenden ARA's auch eine ständige Begutachtung des Nährstoffgehalts. Dieser wird mit Hilfe von chemischen und physikalischen Messmethoden bestimmt. Dadurch lassen sich Rückschlüsse auf den chemischen und dementsprechend auch ökologischen Zustand des Gewässers ziehen.

Im Rahmen des Praktikums Photometrie wurden verschiedene Wasserproben auf ihren Nährstoffgehalt hin analysiert. Bei den vier Stichproben handelt es sich um eine Gewässerprobe aus dem Zürichsee, eine Regenwasserprobe aus einem Hausregentank in Zollikon und je eine Probe aus dem Leitungswasserhahn der ZHAW in Wädenswil, sowie eine aus der Aquaponic-Versuchsanlage der ZHAW in Wädenswil.

Zusätzlich wurden weitere, für die Bewertung relevante, chemische und physikalische Parameter wie Sauerstoffkonzentration, pH-Wert, Temperatur und Leitfähigkeit gemessen, da diese einen wesentlichen Einfluss auf die Zusammensetzung der aquatischen Ökosysteme haben können.

2 Material und Methoden

2.1 Probenentnahme

Wasserart	Entnahmeort	Datum
Aquaponic-Wasser	Tilapia-Zuchtbecken, ZHAW Wädenswil	08.10.2012
Seewasser	Zürichsee, Schiffsteg Wädenswil	08.10.2012
Regenwasser	Hausregenerwassertank, Zollikon	08.10.2012
Leitungswasser	Labor GA 109, ZHAW Wädenswil	08.10.2012

Tabelle 1: Entnahmeort und Entnahmedatum der Wasserproben

Die Probenentnahme des Aquaponic-, See- und Regenwassers erfolgte jeweils in einer Tiefe von 50 cm. Die Probe des Leitungswassers wurde direkt aus dem Hahn entnommen. Die verwendeten Probenahmeflaschen wurden vor der Entnahme mit der abzufüllenden Probe ausgespült, um allfällige Verfälschungen durch andere Flüssigkeiten zu vermeiden.

Bei der Entnahme der Probe galt es die Zufuhr von Sauerstoff zu vermeiden. Aus diesem Grund wurden die 500 ml Probenahmeflaschen erst unter Wasser geöffnet und auch dort, nach randvoller Füllung, wieder geschlossen. Bei der Entnahme der Leitungswasserprobe direkt aus dem Hahn, wurde darauf geachtet die Flasche randvoll zu befüllen. Die Lagerung der Proben erfolgte bei 4°C und bei Dunkelheit. Damit wurden biologische Prozesse verlangsamt und die dadurch entstehenden Verfälschungen gering gehalten. Aus demselben Grund wurden die Proben innerhalb von 24 Stunden untersucht. (Tabelle 1)

2.2 Chemische und physikalische Parameterbestimmung

Die Bestimmung der physikalischen Parameter Temperatur und Leitfähigkeit, sowie der chemischen Parameter Sauerstoffgehalt und pH-Wert, wurde mit der Multisonde HQ40d von Hach Lange durchgeführt.

Die Proben des Leitungs-, See- und Regenwassers konnten für die Bestimmung des

Gesamtphosphorgehaltes unverdünnt verwendet werden. Die Aquaponic-Probe musste vor der Durchführung des Küvetten Tests im Verhältnis 1:5 mit deionisiertem Wasser verdünnt werden.

2.3 Bestimmung des Gesamtphosphorgehaltes

Die Ermittlung des Gesamtphosphorgehalts der Wasserproben erfolgte mit dem Küvetten Test LCK 349 (0.05-1.50 mg/l PO₄-P; 0.15-4.50 mg/l PO₄) von Hach Lange. Die Küvetten wurden entsprechend der Anleitung mit dem Heizblock HT 200S von Hach Lange erhitzt. Mit dem Spektralphotometer DR 3800 von Hach Lange wurde der Gesamtphosphorgehalt der Proben gemessen. Bei der Aquaponic-Probe musste der im Photometer gemessene Wert aufgrund der vorangegangenen Verdünnung mit 5 multipliziert werden.

In diesem Bericht wird nur die Methode zur Bestimmung des Gesamtphosphorgehaltes beschrieben. Die Werte für Nitrat, Ammonium und CSB wurden durch die anderen Teams bestimmt und von diesen übernommen.

3 Resultate

3.1 Chemische Parameter

Die gemessenen pH-Werte lagen beim Zürichsee deutlich im basischen Bereich und auch die Messwerte für das Leitungswasser und die Aquaponicprobe lagen im basischen Bereich. Die Regenwasserprobe hingegen zeigte leicht saure Werte. Der Sauerstoffgehalt war im Zürichsee im Vergleich zu den anderen Proben am grössten. Der Gehalt an Phosphor, Nitrat, sowie Ammonium war in der Aquaponicprobe mit Abstand am höchsten. Der chemische Sauerstoffbedarf konnte in der Aquaponicprobe nicht ermittelt werden, da er ausserhalb des Messbereichs lag. In der Regenwasserprobe hingegen war er bis zu dreimal höher als im Leitungswasser und im Zürichsee. (Tabelle 2)

Tabelle 2: Gemessene Werte der chemischen Parameter Gesamtphosphor (TP), chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Nitrat-Stickstoff (NO₃-N), Ammonium-Stickstoff (NH₄-N), pH-Wert und Sauerstoffgehalt (angegeben in mg/l und %). Die mit dem kleiner-als-Zeichen (<) versehenen Werte liegen ausserhalb des Messbereichs.

	Zürichsee	Regenwasser	Aquaponic	Leitungswasser
pH	8.44	6.83	7.78	7.65
O ₂ (mg/l)	8.76	7.25	7.20	7.28
O ₂ (%)	109.0	89.9	90.5	93.5
TP (mg/l)	< 0.050	< 0.050	1.335	0.181
CSB (mg/l O ₂)	6.05	18.70	<5.00	9.16
NH ₄ -N (mg/l)	0.037	0.018	0.067	0.019
NO ₃ -N (mg/l)	0.329	0.926	6.720	1.330

3.2 Physikalische Parameter

Die Temperatur war bei allen Proben ungefähr gleich. Grosse Unterschiede traten bei der Leitfähigkeit auf. Die Aquaponicprobe zeigte die mit Abstand am höchsten Werte. Die Leitfähigkeit des Leitungswassers war zweimal höher als diejenige des Zürichsees. Das Regenwasser hatte nur eine sehr geringe Leitfähigkeit. (Tabelle 3)

Tabelle 3: Gemessene Werte der physikalischen Parameter Leitfähigkeit und Temperatur.

	Zürichsee	Regenwasser	Aquaponic	Leitungswasser
Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	248.0	32.6	607.0	422.0
Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	23.1	23.1	23.8	24.9

4 Diskussion

Die Beurteilung der Qualität der entnommenen Wasserproben erfolgt anhand der gemessenen chemischen und physikalischen Parameter. Besonders für die ganzheitliche Beurteilung der Gewässerqualität wären weitere, in dieser Untersuchung nicht festgehaltene, Parameter wichtig. Hierbei handelt es sich um Parameter wie z.B. Uferbewuchs, Beschattung, biologische Aktivität, Abflussmenge, Einzugsgebiet, sowie Wetter und Temperatur. Ausserdem unterliegen einige der gemessenen Parameter Schwankungen, weswegen eine einmalige Beprobung nicht zu einem repräsentativen Ergebnis führt. So weisen der Ammoniumgehalt, Sauerstoffgehalt und auch der pH-Wert tages- bzw. jahreszeitliche Schwankungen auf.

Für die Beurteilung der Messwerte der Probe aus dem Zürichsee werden die Zielvorgaben aus folgendem Bericht der Baudirektion Zürich entnommen: Wasserqualität der Seen, Fließgewässer und des Grundwassers im Kanton Zürich, Kapitel See (Baudirektion Kanton Zürich, 2006). Darin werden die qualitativen Anforderungen der GSchV (Gewässerschutzverordnung) betreffend Gesamtphosphorgehalt und Chlorophyllgehalt quantitativ beziffert. Der Zürichsee gilt aufgrund der Geometrie seines Seebeckens, sowie dem potentiell natürlichen Nährstoffeintrag aus dem Einzugsgebiet als ein unter Referenzbedingungen mesotrophes Gewässer. Diese Einschätzung ist besonders wichtig für die Beurteilung des Gesamtphosphorgehaltes, da die Festlegung des Zielwertes darauf beruht. Der festgelegte Zielwert liegt bei 0.025 mg/l. Bei Einhaltung dieses Wertes kommt es nicht zu einem übermässigen Algenwachstum (Baudirektion Kanton Zürich, 2006). Ein genauer Wert konnte bei uns nicht bestimmt werden, da er unterhalb des Messbereichs von < 0.050 mg/l lag. Um eine genaue Beurteilung vornehmen zu können, müsste die Untersuchung mit einer sensitiveren Methode wiederholt werden. Laut GSchV darf der Grenzwert von 4 mgO₂/l Sauerstoffkonzentration zu keiner Zeit und in keiner Tiefe unterschritten werden. Der gemessene Wert für den Zürichsee liegt bei 8.76 mgO₂/l und damit im zulässigen Bereich. Für die weiteren gemessenen chemischen, wie auch physikalischen Parameter lassen sich keine quantitativen Vergleiche anstellen, da diese nur qualitativ oder gar nicht innerhalb der GSchV beschrieben wurden. Um anhand des Berichtes der Baudirektion Zürich eine Bewertung durchführen zu können, müsste zusätzlich der Chlorophyllgehalt bestimmt werden.

Die gemessenen Werte für das Leitungswasser wurden mit Hilfe der Toleranz- und Erfahrungswerte des Kantonalen Labors Zürich (Kantonales Labor Zürich, 2007) bewertet. Dabei entsprechen die Toleranzwerte denjenigen Werten, bei deren Überschreitung das Lebensmittel als verunreinigt oder sonst im Wert vermindert gilt. Im Schweizerischen Lebensmittelbuch (SLMB) sind als Beurteilungsrichtlinien sogenannte Erfahrungswerte aufgeführt. Die vom kantonalen Labor Zürich angegebenen Werte für Ammonium (NH₄) und Nitrat (NO₃) wurden für die Beurteilung in

$\text{NH}_4\text{-N}$ bzw. $\text{NO}_3\text{-N}$ umgerechnet. So ergibt sich für Ammonium ein Toleranzwert von 0.08mg/l und ein Erfahrungswert von 0.04 mg/l. Verwendet wurden die angegebenen Werte für Trinkwasser vom nicht reduzierten Typus, da es sich bei der untersuchten Wasserprobe nicht um sauerstoffarmes Wasser handelt. Der gemessene Wert liegt mit 0.019mg/l deutlich unterhalb der vorgegebenen Grenzen. Für Nitrat wird ein Toleranzwert von 9.05mg/l sowie ein Erfahrungswert von 5.6 mg/l angegeben. Mit 1.330 mg/l liegt der gemessene Wert also ebenso deutlich unterhalb der angegebenen Grenzen. In der von uns durchgeführten Bestimmung wurde Gesamtphosphor (anorganisches und organisches gelöstes Phosphor) bestimmt. Das Kantonale Labor Zürich gibt für den Phosphorgehalt jedoch nur Werte für Phosphat an. Hierbei handelt es sich nur um den gelösten anorganischen Phosphor. Bei der Beurteilung muss nun beachtet werden, dass der Wert für den Gesamtphosphorgehalt höher ist als derjenige für Phosphat. Der gemessene Wert von 0.181mg/l liegt unterhalb des Toleranzwertes von 1mg/l, jedoch oberhalb des Erfahrungswertes von <0.05mg/l. Die Beurteilung von CSB ist mit dem angegebenen Erfahrungswert nicht möglich, da die Untersuchung vom Kantonalen Labor Zürich auf dem KMnO_4 -Verbrauch beruht. KMnO_4 ist ein schwächeres Oxidationsmittel als das bei uns verwendete $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Der angegebene Erfahrungswert von <3mg/l ist tiefer und es verwundert nicht, dass der durch uns bestimmte Messwert von 9,16mg/l über diesem Grenzwert liegt. Der in der Probe gemessene pH-Wert liegt mit 7.65 im angegebenen Erfahrungswertbereich von 6.8-8.2. Gleiches gilt für die Leitfähigkeit. Diese liegt mit 422 $\mu\text{S/cm}$ im angegebenen Erfahrungswertbereich von 200-800 $\mu\text{S/cm}$.

Bei der Beurteilung der Aquaponicprobe fallen besonders die im Vergleich zu den anderen Proben hohen Werte für Gesamtphosphor von 1.335mg/l, sowie von Nitrat (6.720mg/l) auf. Für die Beurteilung des Wassers werden die bereits oben genannten Zielvorgaben der Baudirektion Zürich (Baudirektion Kanton Zürich, 2006) verwendet. Der Zielwert für Phosphor liegt bei <0.025mg/l und wird in unserer Probe deutlich überschritten. Sowohl Nitrat als auch Phosphor gelangen über das Fischfutter ins Wasser. Der im Futter enthalten Phosphor wird nur zu einem geringen Anteil durch die Fische verwertet und kann sich so im Wasser anreichern. Besonderes Augenmerk sollte jedoch auf den Ammoniumgehalt gerichtet werden, da dieser im Zusammenhang mit dem pH-Wert eine wichtige Grösse in der Fischzucht darstellt. Der gemessene Wert von 0.067mg/l liegt unterhalb dem für Fließgewässer angegebenen Wert von 0.2mg/l. Der pH-Wert liegt mit 7.78 unterhalb der kritischen Grenze von pH 9.00, ab welcher sich das Verhältnis von Ammonium hin zum für Fische schädlichen Ammoniak verschieben würde.

Im Regenwasser fällt der im Vergleich mit den anderen Proben hohe CSB Gehalt von 18.70 mgO_2/l auf. Dieser im Vergleich erhöhte Wert lässt sich mit der Herkunft des Wassers erklären. Der CSB-Gehalt ist ein Mass für die im Wasser enthaltenen organischen Stoffe. Regenwasser fliesst vom gesamten Dach ab und kommt somit grossflächig in Kontakt mit organischen Materialien und Stoffen.

Abschliessend kann festgehalten werden das mit den von uns gemessenen Werten keine abschliessende Bewertung des Wassers aus dem Zürichsee durchgeführt werden kann, da entweder die Methode nicht sensitiv genug war oder die für die Bewertung aufgeführten Parameter, wie zum Beispiel Chlorophyll nicht bestimmt wurden. Die gemessenen Werte für das Leitungswasser liegen alle innerhalb der vorgegebenen

Bestimmung der Wasserqualität mit Photometer und Multisonde

Grenzwerte und erfüllen so die Qualitätsvorschriften des Kantonalen Labors Zürich. Auch die Werte innerhalb der Aquaponicprobe lassen sich erklären. Jedoch sollte immer auf den pH-Wert geachtet werden, um eine Bildung von Ammoniak zu verhindern. Für die Beurteilung des Regenwassers liegen keine Grenzwerte zu Grunde. Ein Vergleich erfolgt nur mit den anderen Proben. Bei der Qualitätsbestimmung des Regenwassers ist ausserdem eine Bewertung des Daches, von welchem gesammelt wird, nötig. So sollte Regenwasser, welches in Kontakt mit Kupfer, Zink oder Blei gekommen ist, nicht ungereinigt verwendet oder in die Kanalisation entlassen werden.

5 Literatur

Baudirektion Kanton Zürich. (2006). *Wasserqualität der Seen, Fliessgewässer und des Grundwasser im Kanton Zürich*. Zürich.

Bundesamt für Umwelt. (01. Januar 2005). <http://www.bafu.admin.ch>. Abgerufen am 19. Oktober 2012 von <http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/01295/01296/01297/index.html?lang=de>

Bundesregierung Deutschland. (2012). <http://www.bundesregierung.de>. Abgerufen am 19. Oktober 2012 von <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Magazine/MagazinEntwicklungspolitik/060/s2-gtz-ecosan-indien.html>

Kantonales Labor Zürich. (Juni 2007). *Für Trinkwasser gültige Toleranz-, Grenz- und Erfahrungswerte*. Zürich.

Krebs, R. (2012). *Angewandte Umweltchemie, Umweltingenieurwesen 3.Semester. Unterrichtsskript*. unveröffentlicht.