

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 43 (2002)
Heft: 3

Artikel: Tägliche Schwankungen des limoökologischen Milieus in den Versickerungsflächen der "Langen Erlen"
Autor: Stucki, Oliver / Geissbühler, Urs / Wüthrich, Christoph
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088432>

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: 15.01.2026

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

Tägliche Schwankungen des limnoökologischen Milieus in den Versickerungsflächen der "Langen Erlen"

Oliver Stucki, Urs Geissbühler & Christoph Wüthrich

Zusammenfassung

In der ehemaligen Auenlandschaft der Wiese ("Lange Erlen") wird heute etwa 50 % des Trinkwassers der Stadt Basel gefördert, wozu in Wässerstellen vorfiltriertes Rheinwasser zur Grundwasseranreicherung ausgebracht wird. Im Rahmen eines MGU-Projektes wurde die Wässerstelle "Hintere Stellimatte" versuchsweise in eine Horizontalfilteranlage umgebaut und mit Wiesewasser aus dem Mühleiteich bewässert. Um die hydroökologischen Veränderungen in der Wässerstelle im Laufe eines Bewässerungszyklus zu verstehen, wurden in den Jahren 2001 und 2002 im Mühleiteich, in der Wässerstelle und in darin erstellten Tümpeln wasserchemische Parameter in hoher zeitlicher Auflösung aufgezeichnet. Für den Sauerstoffgehalt, den pH-Wert, die Leitfähigkeit und die Wassertemperatur konnten dabei charakteristische Tagesganglinien festgestellt werden. Es zeigte sich, dass in der Wässerstelle bei Bewässerung gewisse Parameter direkt von den Verhältnissen im Mühleiteich abhängen, während bei abgestellter Bewässerung verschiedene Prozesse vor allem durch das Lichtangebot geregelt werden. Die Bedeutung dieser Befunde hinsichtlich der Etablierung von autotypischen Pflanzen und Tieren wird diskutiert.

1 Einleitung

Von der fast völligen Entkopplung von Fluss und Aue im städtischen Raum ausgehend, wurde im Rahmen der Stiftung Mensch-Gesellschaft-Umwelt (MGU) ein transdisziplinäres Forschungsprojekt initiiert, das die Machbarkeit einer Wiederherstellung ursprünglicher Prozesse und Funktionen in einer urbanen Auenland-

Adresse der Autoren: Dipl.-Geogr. Oliver Stucki, Dipl.-Geogr. Urs Geissbühler, Dr. Christoph Wüthrich, Geographisches Institut der Universität Basel, Abteilung Physiogeographie und Landschaftsökologie, Klingelbergstr. 27, CH-4056 Basel

schaft untersucht. Das gewählte Untersuchungsgebiet “Lange Erlen” bietet für eine Revitalisierung aufgrund der vielfältigen Nutzungsansprüche sehr schwierige Voraussetzungen, die auch in anderen urbanen Räumen Revitalisierungsprojekte erschweren oder verhindern (vgl. *Wüthrich et al. 2001*).

Innerhalb dieses Projektes werden sowohl ökologische wie auch sozioökonomische Fragestellungen bearbeitet. Der vorliegende Artikel beleuchtet die Prozesse, die einerseits im Mühleiteich und andererseits innerhalb der Wasserstelle während und nach der Bewässerung ablaufen und Auswirkungen auf die täglichen Schwankungen des limnoökologischen Milieus haben. Insbesondere sollen Interferenzen zu Selbstreinigungsprozessen in der Vegetationsschicht geklärt werden, da gemäss dem Leitbild das gereinigte Wasser zur Aufwertung der Habitatsfunktion und zur Grundwasseranreicherung in revitalisierten Wassergräben und Feuchtfeldern genutzt werden soll.

1.1 Wasserstelle “Hintere Stellmatte”

Die “Hintere Stellmatte” wurde 1977 als Vertikalbodenfilteranlage erstellt und besteht aus drei Feldern. Aufgrund niedriger Infiltrationsleistung (vgl. *Dill 2000*), naturnaher und schützenswerter Bestockung (vgl. *Siegrist 1997, Warken 2001*) und geringer wirtschaftlicher Effizienz eignete sie sich besonders gut zur Umwandlung in eine naturnahe Horizontalfilteranlage. Seit August 2000 wird sie daher mit verändertem Bewässerungsregime aus dem Mühleiteich gespiesen, wobei das Wasser entlang dem natürlichen Gefälle in die Wasserstelle fliesst. Es wird kein trübes Wasser eingeleitet, da häufig Bakterien und Schadstoffe an den Trübstoffen angelagert sind und die Wasserstelle durch die hohen Schwebstofffrachten schneller kolmatieren würde. Gleichwohl wird der Stoffeintrag in die Wasserstelle erhöht, da vor der Einleitung keine Filterung des Wassers über Kies- oder Sandfilter stattfindet (vgl. *Wüthrich et al. 2001, 103f*). Seit der Bewässerung mit Wiesewasser wurden in den nahegelegenen Grundwasserbrunnen der Wasserversorger keine negativen Auswirkungen festgestellt (vgl. *Wüthrich & Geissbühler 2002*).

Mit der Länge der Fliessstrecke in der Wasserstelle breitet sich das Wasser langsam in der Vegetationsschicht aus, wo es von den Pflanzen aufgenommen wird, verdunstet oder nach relativ kurzer Verweildauer versickert. Nur in einigen Pfützen und Fahrspuren staut sich nach Abschluss der Bewässerung das Wasser über längere Zeit und ermöglicht ein begrenztes Überleben der aquatischen Organismen während der Trockenperiode. Zur Wiederherstellung des ursprünglich vorhandenen Mikroreliefs wurden im Juni 2002 zwei zusätzliche Tümpel von je ca. 6 m² Fläche und rund 45 cm Tiefe gegraben, von denen einer perennierend, der andere episodisch wasserführend ist. Diese Tümpel ermöglichen die Untersuchung von Prozessen, die erst mit der Zeit im stehenden Wasser in Gang kommen. Sie bilden ausserdem ein Rückzugsgebiet für die aus dem Mühleiteich einwandernde aquatische Fauna innerhalb der Wasserstelle (vgl. *Baltes 2001*).

1.2 Bezug zur echten Auenlandschaft

Das Überschwemmungsregime ist der wichtigste ökologische Faktor in der Aue. Dadurch ist eine Flussauenlandschaft in ständigem Wandel. Die landschaftsformenden Hochwässer öffnen einerseits mittels der zerstörerischen Kraft des Wassers Lebens- und Wachstumsräume und regulieren somit den Bestand an Pflanzen- und Tierarten und machen andererseits durch die Zufuhr von Nährstoffen die Aue sehr fruchtbar. Die natürlichen Auen weisen daher eine Vielzahl von Standortfaktoren auf, die ein komplexes Mosaik von extrem verschiedenen Lebensräumen bilden, die die ganze Bandbreite von voll-aquatischen bis zu voll-terrestrischen Bedingungen abdecken (vgl. *BUWAL* 1997).

Die Dynamik frei fliessender Gewässer beschränkt sich jedoch nicht nur auf Sedimentations- und Erosionsprozesse, sie zeigt sich auch in stoffhaushaltlichen Umsetzungs- und Anlagerungsprozessen. Das Dämpfen von Spitzenbelastungen, die Absorption von gelösten Stoffen und der Abbau von totem organischem Material sind wesentliche Beiträge zur Reinhaltung des Oberflächen- und Grundwassers. Diese Reinigungsleistung und Pufferfunktion von natürlichen Auenlandschaften wird als Möglichkeit gesehen, bei künstlicher Grundwasseranreicherung die Wasserqualität so zu verbessern, dass nach der Versickerung keinerlei nachteilige Effekte auf die Grundwasserqualität und die Trinkwasserversorgung auftreten.

Der Versuch in der "Hinteren Stellmatte" sollte darüber Aufschluss geben, ob die Einleitung von Wiesewasser zur Etablierung von Feuchtgebieten in der Ebene grundsätzlich möglich ist. In der Wasserstelle soll das Wasser auf dem horizontalen Fliessweg entlang dem natürlichen Gefälle durch die sich etablierenden Riedpflanzen vorgereinigt werden, bevor es zur Revitalisierung von Wassergräben und Feuchtflächen verwendet wird. Gleichzeitig wird damit ein Teil der natürlichen Auedynamik simuliert, wodurch viele in natürlichen Auen ablaufende Prozesse reaktiviert werden (eine teilweise Wiederherstellung des Wirkungsgefüges). Das Mikrorelief der "Hinteren Stellmatte" ist durch die beiden neu geschaffenen Tümpel vielfältiger geworden und erlaubt nun auch die Untersuchung von stehenden Kleingewässern.

1.3 Tagesperiodizität

Durch die Wirkung der Sonneneinstrahlung unterscheiden sich die tagsüber ablaufenden Prozesse im überfluteten Bereich erheblich von denen nachts, wodurch sich auch das limnoökologische Milieu periodisch verändert. Aufgrund dieser Veränderungen ist es möglich, auf die biologische Aktivität in einem Gewässer zu schließen.

Am Anfang der Untersuchungen in der "Hinteren Stellmatte" stand die Frage, wie sich für aquatische Organismen wichtige Lebensraumfaktoren in hoher zeitlicher Auflösung verhalten. Im Laufe der Feldarbeit wurden weitere Aspekte herausgearbeitet, z. B.:

- Wie ausgeprägt sind bei den einzelnen Parametern Tag- und Nachtunterschiede und damit Tagesganglinien?
- Wie verhalten sich die Tagesganglinien in Bezug auf äussere Einflüsse, wie Strahlungswetterlagen, Regen, etc.?

- Lassen sich aus Einzelmessungen Rückschlüsse auf die Reinigungsprozesse ziehen?
- Ist eine Veränderung der Tagesgänge im Laufe der Vegetationsperiode ersichtlich oder wird dies von anderen Effekten (z. B. Wassertemperatur) überdeckt?
- Sind die Tagesganglinien, die in der Versickerungsfläche auftreten, bereits im Mühlebach vorhanden?
- Wie verändern sich die wasserchemischen Bedingungen in den neu geschaffenen Tümpeln beim Wechsel von einer Bewässerungsphase zur Abtrocknungsphase?

2 Methoden

Die in diesem Artikel vorgestellten Resultate wurden jeweils in der Zeit des intensivsten Pflanzenwuchses während zwei Jahren zusammengetragen. In der Zeit vom 30. März bis 16. Juli 2001 wurde während insgesamt elf Wochen eine Messstation in der Wasserstelle (Almemo-System) und vom 18. Juni bis 16. Juli 2001 eine Messstation im Mühlebach (YSI-Sonde) betrieben (vgl. *Stucki 2002*). Im folgenden Jahr waren zwischen dem 1. Mai und dem 5. Juli 2002 zwei Stationen in Betrieb: eine im Mühlebach sowie eine in den zwei neu erstellten Tümpeln in der Wasserstelle (beides YSI-Sonden; vgl. Abb. 1). Die Aufzeichnung der Daten erfolgte jeweils im 30 min-Zyklus.



Abb. 1 Einer der zwei neu geschaffenen Tümpel in der Wasserstelle mit der Installation für die Messungen mit der YSI-Sonde (4.9.2002).
Photo: U. Geissbühler

Parallel dazu wurde über den gesamten Zeitraum (seit August 2000) im Mühle-
teich permanent die Trübung und die UV-Extinktion gemessen. Eine Zusammen-
fassung dieser Daten wurde bereits bei *Wüthrich & Geissbühler* (2002) dargestellt.

2.1 Almemo-System & YSI-Sonde

Während der Feldmessung in der Wasserstelle kam das Almemo-Messgerät 2290-8
V5 (Fa. Ahlborn) zur Anwendung. Dieses Handgerät mit Loggerfunktionen ist ein
Vertreter einer neuen Generation von Messgeräten, bei dem der Anschluss von Sen-
soren und Peripheriegeräten über einen Stecker mit integriertem Datenträger er-
folgt. Die Parameter der angeschlossenen Sensoren und Geräte sind frei program-
mierbar. Dadurch sind kalibrierte Sensoren austauschbar, da die Messwertkorrek-
turen, Skalierungen und Dimensionen im Stecker gespeichert werden (*Ahlborn*
1999).

Die YSI-Sonde 6600 ist ein kompaktes, torpedoförmiges Messgerät für mehrere
wasserchemische Messgrößen (Multiparametersonde). Sie wurde im Mühle-
teich und in den Tümpeln eingesetzt. Die Steckplätze an der Sonde sind individuell mit
Sensoren zu besetzen. Es ist jederzeit möglich, die in der Sonde gespeicherten Da-
ten mit dem Anzeigegerät auszulesen, womit die Messwerte ohne Unterbrechung
der laufenden Messung auf ihre Plausibilität überprüft werden können (*YSI* 1999).
Eine ausführliche Beschreibung der beiden Systeme findet sich in *Stucki* (2002).

2.2 Eingesetzte Sensoren

Im Rahmen der Beprobungen wurden drei Sensoren eingesetzt: O₂/Temperatur,
Leitfähigkeit/Temperatur und pH-Wert. Um die minimale Anströmgeschwindig-
keit für den O₂-Sensor im Tümpel zu erhöhen, wurde ein Propeller installiert, der
permanent eine schwache Zirkulation erzeugt. Die Tab. 1 gibt eine Übersicht über
die Parameter und Messbereiche der verwendeten Sensoren.

Tab. 1 Übersicht über die eingesetzten Sensoren.

Hersteller	Parameter	Typ	Einheit	Messbereich	Auflösung
Almemo-System					
Ahlborn	Sauerstoff	FYA640O2	mg/L	0 - 40	0.1
Ahlborn	Sauerstoff	FYA640O2	% Sättigung	0 - 260	1
Ahlborn	Wassertemperatur	FYA640O2	°C	-5 - 50	0.01
Ahlborn	Leitfähigkeit	FYA641LF	mS/cm	0 - 20	0.01
Mettler	pH	InLab 417	Einheit	0 - 14	0.01
YSI-Sonde					
YSI	Sauerstoff	6562	mg/L	0 - 50	0.01
YSI	Sauerstoff	6562	% Sättigung	0 - 500	0.1
YSI	Wassertemperatur	6560	°C	-5 - 45	0.01
YSI	Leitfähigkeit	6560	mS/cm	0 - 1000	0.001
YSI	pH	6561	Einheit	0 - 14	0.01

2.3 Laboranalytik

Zu den Online-Aufzeichnungen wurden an ausgewählten Tagen zusätzlich an den Messstationen Schöpfproben gewonnen, die einerseits direkt vor Ort mit Feldmessgeräten untersucht wurden (Sauerstoff, Leitfähigkeit, Temperatur, pH) und somit als Referenzmessung dienen, andererseits wurden die Proben im Labor der Wasserversorger (IWB) bezüglich Bakteriologie (*E.coli* und aerobe mesophile Keime) und im Labor des Geographischen Instituts auf allgemeine wasserchemische Eigenschaften hin analysiert. Diese Untersuchungen beinhalteten die UV-Extinktion (SAK 254), DOC-Gehalt, Phosphat-, Nitrat- und Ammoniumkonzentrationen und wurden nach standardisierten Methoden durchgeführt (vgl. *Wüthrich & Leser* 2002).

3 Resultate

Während Strahlungswetterlagen sind im Mühleteich Temperaturdifferenzen von 4–5 K die Regel, bei regnerischem Wetter sind die Tagesgänge der Wassertemperatur stark gedämpft (0–1 K). Ähnlich verhält sich die Sauerstoffkonzentration, deren Tagesgang das Maximum jeweils um die Mittagszeit und das Minimum um Mitternacht erreicht. Beim pH-Wert können bei Strahlungswetterlagen Differenzen von mehr als einer Einheit auftreten. Das Maximum liegt dabei zwischen 16 und 19 Uhr, das Minimum zwischen 5 und 6 Uhr. Der Tagesgang der Leitfähigkeit ist im Mühleteich weniger deutlich, da er aufgrund der häufig (auch in kleinem Umfang) auftretenden Trübungsschübe sehr sprunghaft ist. Eine Zusammenstellung von typischen Schwankungsbreiten bei Strahlungswetterlagen ist in Abb. 2 und in Tab. 2 zu sehen.

Bei Bewässerung weisen alle Parameter in der Wasserstelle deutliche Tagesganglinien auf, die besonders bei Strahlungswetterlagen ausgeprägt sind (vgl. Abb. 2a). Bei zunehmender Bewölkung werden sie mehr und mehr gedämpft und bei Regenwetter zeigen sie ein chaotisches Verhalten. Dies wird durch zeitweises Abschalten der Bewässerung bei zu hoher Trübung im Mühleteich verstärkt.

Eine Zusammenstellung einiger Scheitelwerte bei Strahlungswetterlagen zeigt Tab. 2. Dabei ist ersichtlich, dass in der Wasserstelle

- die Wassertemperatur das Maximum zwischen 19 und 21 Uhr und das Minimum zwischen 7 und 9 Uhr aufweist,
- der Tagesgang der Sauerstoffkonzentration das Maximum um die Mittagszeit und das Minimum um Mitternacht hat,
- der pH-Wert sein Maximum am späten Nachmittag und das Minimum am frühen Morgen erreicht und
- die Leitfähigkeit das Maximum in der zweiten Nachthälfte bis in den frühen Morgen und das Minimum am frühen Nachmittag hat.

Die Messstelle im Mühleteich hat gezeigt, dass die Verhältnisse im Mühleteich bei Bewässerung in die Wasserstelle übertragen werden. Die tageszeitlichen Schwankungen in der Wasserstelle sind jedoch gegenüber jenen im Mühleteich etwas gedämpft.

Tab. 2 Vergleich von Wasserstelle, Mühlebach und Tümpel an ausgewählten Tagen bei Strahlungswetterlagen (vgl. Abb. 2).

Datum	Sauerstoffkonzentration				pH-Wert				Leitfähigkeit				Wassertemperatur			
	Max.		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
	mg/L	Zeit	mg/L	Zeit	pH	Zeit	pH	Zeit	µS/cm	Zeit	µS/cm	Zeit	°C	Zeit	°C	Zeit
Wasserstelle während Bewässerung im Jahr 2001																
9.5.	9.1	12:31	6.6	22:01	7.82	16:31	7.26	04:31	109	05:31	102	12:01	14.27	19:31	10.61	07:01
10.5.	8.6	11:31	6.0	23:31	7.95	16:01	7.16	06:01	116	00:01	107	12:31	15.22	17:31	12.00	08:01
11.5.	7.7	12:01	5.6	23:01	7.74	17:01	7.14	07:31	121	00:31	104	13:01	15.13	18:31	11.56	08:01
12.5.	7.6	11:31	5.0	23:01	7.95	17:31	7.12	05:31	121	05:31	109	13:31	15.82	18:31	12.15	08:31
13.5.	7.5	11:31	4.9	22:31	8.27	17:31	7.07	06:01	126	05:01	111	14:31	16.11	20:01	12.35	08:31
Mühlebach im Jahr 2002																
31.5.	11.28	12:00	9.39	23:30	8.67	17:30	7.57	05:30	134	17:31	124	12:30	17.04	20:30	12.46	10:00
1.6.	11.14	13:00	9.12	23:30	8.72	19:00	7.57	05:30	137	04:00	126	13:30	17.83	21:30	13.44	10:00
2.6.	10.83	13:00	8.89	23:30	8.83	17:30	7.56	06:00	140	04:30	127	16:00	18.70	21:30	14.51	09:30
3.6.	10.61	12:00	8.80	01:30	8.58	16:00	7.58	05:30	142	07:30	131	13:30	18.41	00:00	15.00	11:00
4.6.	10.76	12:30	8.83	23:30	8.68	17:30	7.56	06:00	145	17:30	127	10:00	18.01	20:00	13.80	08:30
Tümpel in der Wasserstelle nach Bewässerung im Jahr 2002																
31.5.	10.42	17:30	6.43	07:30	8.48	17:30	7.56	01:30	156	20:00	136	01:00	18.33	18:30	11.99	08:00
1.6.	11.00	17:00	6.63	06:30	8.71	17:00	7.91	06:00	175	21:00	155	00:00	19.53	18:00	13.07	07:30
2.6.	12.34	18:00	6.35	07:30	8.84	18:00	7.97	07:00	186	23:30	171	00:00	20.53	18:00	14.14	07:30
3.6.	13.97	16:30	6.71	07:00	8.96	17:00	8.08	07:30	189	22:30	177	17:30	18.85	16:30	15.90	07:30
4.6.	16.17	16:00	7.86	07:00	9.11	18:00	8.27	07:00	191	06:30	176	16:30	21.56	18:00	15.90	07:00

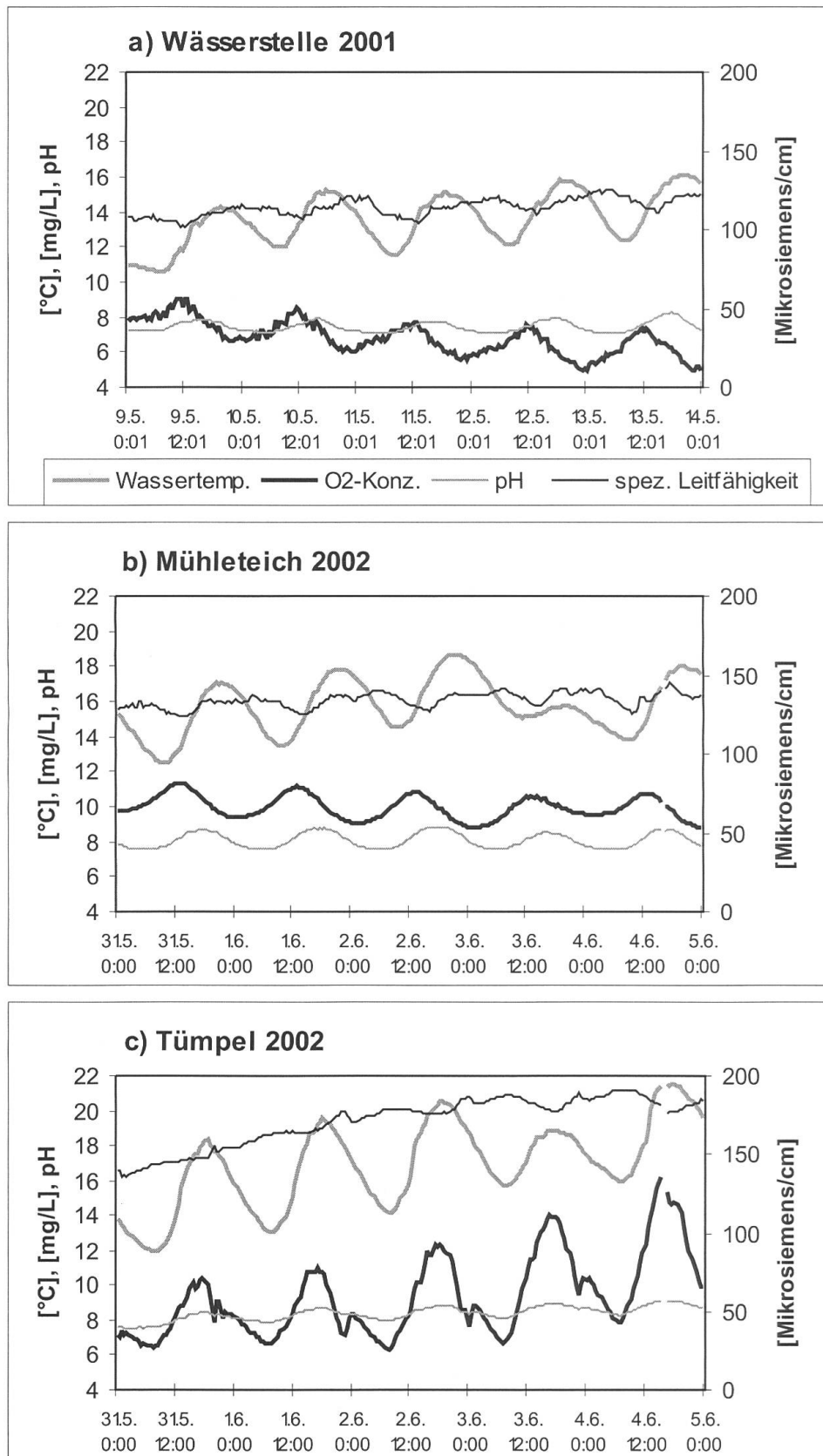


Abb. 2 Tagesganglinien von Wassertemperatur, Sauerstoffkonzentration, pH-Wert und spezifischer Leitfähigkeit a) in der Wasserstelle (2001), b) im Mühlebach (2002) und c) im Tümpel (2002).

Im Gegensatz zum Mühleiteich (Abb. 2b) und zur bewässerten Wasserstelle (Abb. 2a) zeigen sich in den Tümpeln (Abb. 2c) ausserhalb der Bewässerungszeit vom Lichtangebot beeinflusste Tagesganglinien mit entsprechend grossen Amplituden. Die Sauerstoffkonzentration hat ihr Maximum am späten Nachmittag bis frühen Abend, während die minimale Konzentration am frühen Morgen festzustellen ist. Ein zeitlich entsprechendes Verhalten liegt bei der Wassertemperatur und den pH-Werten vor. Zur Leitfähigkeit kann keine einheitliche Maximum- bzw. Minimumperiode eruiert werden. Generell wird jedoch nach Abschalten des Zustroms ein tägliches Ansteigen der Absolutwerte beobachtet. Je weiter die Bewässerung zurückliegt, umso höher werden die Leitfähigkeitswerte.

In Abb. 3 ist der Effekt der einsetzenden Bewässerung auf die Tagesganglinien im Tümpel zu sehen. Erreicht Wasser aus dem Mühleiteich die Messstation im Tümpel, zeigen alle Parameter sofort eine direkte Beeinflussung. Die Werte gleichen sich nominell und zeitlich jenen im Mühleiteich an, z. B. verschiebt sich das Maximum und Minimum der Sauerstoffkonzentration auf Mittag und Mitternacht. Die Tagesganglinien sind in dieser Zeit gedämpft, verschieben sich jedoch nach Unterbruch der Wasserzufuhr – der biologischen Aktivität folgend – wieder auf das höhere Niveau mit grösseren täglichen Amplituden.

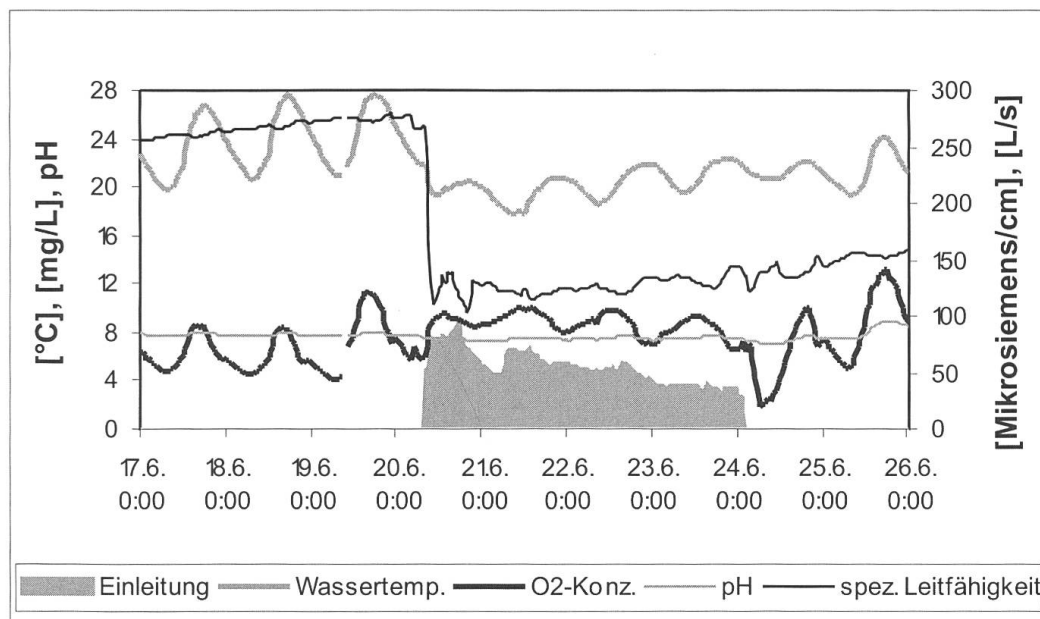


Abb. 3 Limnoökologisches Milieu im Tümpel beim Übergang vom Betrieb ohne Wasserzufuhr aus dem Mühleiteich zum Bewässerungsbetrieb (2002).

Eine ausführliche Beschreibung der Resultate der Wasserstelle und des Mühleiteichs aus dem Jahr 2001 findet sich in *Stucki* (2002).

4 Diskussion

Die Tagesganglinien von Temperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert und teilweise der Leitfähigkeit werden deutlich durch die meteorologischen Bedingungen beeinflusst. Bei Strahlungswetterlagen werden ausgeprägte tageszeitliche Schwankungen gemessen, bei Regenwetter hingegen fehlen diese. Neben den meteorologischen Bedingungen beeinflussen v. a. der Entwicklungszustand der Vegetation und der Tag-Nacht-Rhythmus (Jahreszeit) die tägliche Amplitude der Kurven (vgl. *Stucki* 2002, 70f).

4.1 Sauerstoffkonzentration

Sowohl im Mühleteich wie auch in der Wässerstelle werden O₂-Maxima um die Mittagszeit und Minima um Mitternacht festgestellt, während in den Tümpeln bei abgestellter Bewässerung das Maximum am späten Nachmittag und das Minimum am frühen Morgen erreicht wird. Für den Tümpel kann daraus klar auf die photoautotrophe Aktivität von limnischen Algen geschlossen werden, insbesondere findet tagsüber eine auffällige Sauerstoffübersättigung statt (vgl. z. B. *Gunkel* 1996, 92f, *Schwoerbel* 1999, 135, *Pott & Remy* 2000, 41f, *Trapp & Wolter* 1994, 94). Die Ursachen für die gemessenen Tagesganglinien im Mühleteich sind unklar, möglicherweise stammen die Schwankungen aus der Wiese, wobei sie wahrscheinlich auf die Überlagerung verschiedener Effekte zurückzuführen sind. Literaturangaben zu diesem Phänomen finden sich nur ansatzweise, so in *Brehm und Meijering* (1996, 50), *Allan* (1995, 26) und *Schwoerbel* (1999, 137f), die anhand von Gewässertypen, Fließgewässergliederung und Belastungsgraden ebenfalls verschiedene Tagesganglinien des Sauerstoffgehaltes nachweisen konnten.

Andererseits zeigt diese zeitliche Verschiebung der Tagesgänge, dass die limnökologischen Bedingungen in der Wässerstelle während der Bewässerung sehr stark von den Verhältnissen im Mühleteich geprägt sind, d. h. dass die Fließstrecke innerhalb der Wässerstelle zu kurz ist, um die Verhältnisse durch biologische Aktivität wesentlich zu verändern. Die biologischen Prozesse in der Wassersäule in den Tümpeln werden erst nach Unterbrechung der Bewässerung bestimmend.

In diesen gab es während der ganzen Untersuchungsperiode keine Anhaltspunkte für anaerobe Zustände (vgl. Abb. 2c und 3). Die Bakterienflora in den Tümpeln ist charakterisiert durch eine starke Anreicherung von aeroben mesophilen Keimen, was als Hinweis auf die hohe biologische Aktivität in den Tümpeln aufgefasst werden kann. Die coliformen Keime werden reduziert (vgl. Tab. 3).

Tab. 3 Vergleich der Bakteriologie im Mühleteich und im Tümpel (Mittelwerte).

	Mühleteich	Tümpel	Einheit
E.coli	774	400	KBE/100mL
Aerobe mesophile Keime (AMK)	5232	29374	KBE/mL
	n=34	n=6, bzw. 5 für AMK	

4.2 pH-Wert

Der Gehalt von O_2 und CO_2 im Gewässer ändert sich tagesperiodisch. Während des Tages wird CO_2 von den Pflanzen assimiliert, nachts wird durch Respiration auch von Pflanzen CO_2 produziert, woraus HCO_3^- entsteht. Die Nutzung von HCO_3^- als C-Quelle führt zu einem starken pH-Anstieg. In Gewässern mit hoher photoautotropher Produktion treten daher ausgeprägte Tagesgänge des CO_2 und des pH-Wertes auf. Dabei ist die Amplitude der Schwankung von der Menge der photoautotrophen Pflanzen und von der Sonneneinstrahlung sowie der Alkalinität des Wassers abhängig. In den Nachmittagsstunden treten die höchsten pH-Werte auf (Minimum an gelöstem CO_2), in der Nacht werden sowohl die CO_2 -Konzentration durch Gleichgewichtseinstellung des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichtes als auch der pH-Wert durch die Pufferkapazität des Gewässers auf normale Bereiche zurückgeführt (Schwoerbel 1999, 139f, Gunkel 1996, 75f, Böhmer & Rahmann 1992, 101).

Die gemessenen Tagesganglinien des pH-Wertes zeigen im Mühleteich, in der Wasserstelle und in den Tümpeln ein ziemlich übereinstimmendes Bild und entsprechen den Literaturangaben. Sie weisen die Maxima am späten Nachmittag, die Minima am frühen Morgen auf. Daraus lässt sich schliessen, dass der pH-Wert hauptsächlich von der biologischen Aktivität bzw. vom CO_2 -Gehalt abhängt. Das Kohlendioxid stammt aus Atmungsprozessen in der Wasserstelle sowie aus der Boden- und Wurzelatmung (Riedpflanzen). Überraschenderweise sind die pH-Schwankungen im Mühleteich ausgeprägter als in den Tümpeln. Möglicherweise wird die Dämpfung durch den engen Kontakt des Wassers mit dem lehmigen, kalkhaltigen Tümpelboden verursacht (erhöhtes Puffervermögen).

4.3 Leitfähigkeit

Nach Allan (1995, 25f) setzen sich die gelösten Ionen des Wassers der meisten Fließgewässer der Welt zu über 50 % aus HCO_3^- -Ionen zusammen. Diese entstammen der Verwitterung von Carbonatgestein und vor allem aus gelöstem CO_2 . Das Auftreten von CO_2 , HCO_3^- und CO_3^{2-} in Lösung ist vom pH-Wert abhängig.

Die Leitfähigkeit des Wiesewassers beträgt um 110–130 $\mu S/cm$. In der Regel zeigt die Ganglinie der Leitfähigkeit an den drei Messstellen ein reziprokes Verhalten zum Sauerstoff und zum pH-Wert. Sie ist vom Sauerstoffgehalt bzw. vom CO_2 -Gehalt bestimmt, die wiederum beide von der Wassertemperatur abhängig sind. Obwohl die Leitfähigkeit mit der Wassertemperatur steigt und fällt, ist sie zu dieser zeitlich verschoben.

Das gelöste CO_2 im Wasser wird zu Kohlensäure (H_2CO_3) umgewandelt, die zu HCO_3^- und H^+ dissoziiert (Brehm & Meijering 1996, 85f). Nachts findet nun eine Anreicherung von CO_2 und damit auch von HCO_3^- statt (O_2 -Gehalt und pH-Wert sinken). Das veränderte O_2 - CO_2 -Verhältnis und der höhere HCO_3^- -Gehalt des Wassers bewirken aufgrund der höheren Ionenaktivität die beobachtete Erhöhung der Leitfähigkeit in der Nacht. Tagsüber resorbieren photoautotrophe Pflanzen CO_2 und HCO_3^- . Dies führt zur beobachteten Erniedrigung der Leitfähigkeit am Tag und zur Erhöhung des O_2 -Gehaltes und des pH-Wertes (Brehm & Meijering 1996, 89).

4.4 Hinweise auf die Lebensraumfunktion für limnische Organismen

Die dargestellten Schwankungen von Sauerstoffgehalt und pH-Wert im Überstau und in den neu geschaffenen Tümpeln zeigen, dass die periodische Einleitung von überwachtem Oberflächenwasser in die naturnahe Niederwald-Schilf-Landschaft aus der Sicht von limnischen Bewohnern einen vielfältigen und mit natürlichen Auenlandschaften durchaus vergleichbaren Lebensraum schafft. Die gemessenen Extremwerte liegen im Normalbereich von amphibischen Landschaften und stellen keine besonderen Anforderungen an die euryöken Lebensgemeinschaften der Auen. Durch die Beschattung und durch die verstärkte Pufferung über dem kalkhaltigen Substrat werden Schwankungen aus dem Fliessgewässer in der Wasserstelle eher gedämpft. Für verschiedene Parameter sind inzwischen signifikante Veränderungen nach Durchlauf der Wasserstelle nachweisbar (Stickstoffreduktion, Sauerstoffverbrauch, Anreicherung mit DOC, Erhöhung der UV-Extinktion, Erhöhung der Keimzahlen bei den aeroben mesophilen Keimen und Reduktion der Keimzahlen bei *Escherichia coli*; vgl. Wüthrich et al. 2001). Die Aufenthaltszeit im Überstau der Wasserstelle während der Einleitung von Oberflächenwasser ist jedoch zu kurz, um tiefgreifende Veränderungen – z. B. einen Wechsel der Trophiestufe – zu verursachen. Während der Überflutung bestimmt weitgehend das Regime im Mühleiteich das Regime der Wasserstelle.

Letzteres gilt auch für die Tümpel, welche in dieser Zeit aufgrund des steten Wasseraustauschs eher gedämpfte Tagesschwankungen aufweisen. Erst nach Unterbruch der Wasserzufuhr pendeln sich die limnoökologischen Verhältnisse auf Tümpel-typische Bedingungen mit relativ hohen Wassertemperaturen, hoher Leitfähigkeit und starken Tagesschwankungen ein. Mehrjährige Wasserpflanzen, die keine amphibischen Formen ausbilden und keinen oder einen zu geringen Verdunstungsschutz besitzen (z. B. *Elodea*) werden sich in dem episodisch wasserführenden Tümpel auch in Zukunft nicht festsetzen können. Ähnliches gilt für aquatische Invertebraten, die nicht in der Lage sind, trockenheitsresistente Überdauerungsformen zu bilden. Dieser Milieuwechsel von aquatisch zu terrestrisch, d. h. die Tatsache, ob eine Mulde episodisch oder perennierend mit Wasser gefüllt ist, wird bei normalem (10–14-tägigen) Bewässerungsbetrieb viel entscheidender für den Tier- und Pflanzenbestand in den Tümpeln als die gemessenen Tagesschwankungen und Milieuänderungen zwischen den Bewässerungsphasen, die von allen euryöken Lebensformen leicht kompensiert werden können.

5 Fazit

Bei allen drei Messstationen zeichnen sich bei Strahlungswetterlagen für die meisten limnoökologischen Parameter deutliche Tagesganglinien ab. Gegenüber dem Mühleiteich werden auf dem Fliessweg durch die Wasserstelle die Tagesamplituden von Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit gedämpft, was auf die Reinigungsleistung und Pufferungsfunktion in der Vegetationsschicht der "Hinteren Stellimatte" hinweist. Nach der Bewässerung hingegen verstärkt die biologische Aktivität die Tagesamplituden in den Tümpeln, was insbesondere bei den Scheitelwerten des

Sauerstoffgehaltes sichtbar ist. Die Ganglinien lassen sich daher im Tümpel bei abgestellter Bewässerung v. a. durch das Lichtangebot erklären, während im Mühle-
teich und – davon beeinflusst – in der Wasserstelle andere Faktoren teilweise ein
grösseres Gewicht haben. Insbesondere die Sauerstoffkonzentration zeigt im Müh-
leteich ein Verhalten, das auf überlagerte Prozesse im Oberliegergebiet zurückge-
führt werden muss.

Weitere wichtige Erkenntnisse liefern die Messungen in den Tümpeln: Es kam
nie zu anaeroben Zuständen – im Gegenteil herrscht besonders tagsüber eine deutli-
che Übersättigung. Die durch die 14-tägigen Überflutungen verursachten Milieu-
veränderungen führen zu einer Abschwächung des bei Tümpeln tagesperiodisch
angelegten limnoökologischen Milieus. Damit werden aber Extremwerte eher ver-
mieden als erzeugt. Deswegen können die neu geschaffenen Tümpel – sofern sie pe-
rennierend angelegt werden – aus wasserchemischer Sicht ihrer Funktion als Rück-
zugsraum für eine vielfältige aquatische Fauna während Abtrocknungsphasen
durchaus gerecht werden. Auch episodisch angelegte Gewässer sind anzustreben,
da dort ein anderer Lebensformentypus der Aue – trockenheitsresistente und über-
dauerungsfähige Tiere sowie amphibische Pflanzen mit gut entwickeltem Verduns-
tungsschutz – ihre Nische finden und damit zur Steigerung der Biodiversität
beitragen.

Literatur

- Ahlborn 1999. *Almemo-Handbuch V5*. Ahlborn Mess- und Regelungstechnik
(Hrsg.), Holzkirchen, 1.1–8.17.
- Allan J.D. 1995. *Stream Ecology. Structure and function of running waters*. Lon-
don et al., 1–388.
- Baltes B. 2001. *Biomonitoring der Makrofauna von Wasserstellen. Grundlage
biogeographischer Erfolgskontrollen von Revitalisierungsmassnahmen*. Un-
veröffentlichter Bericht, Institut für Natur-, Landschafts- und Umweltschutz
der Universität Basel, 1–33 + Anhang.
- Böhmer J. & Rahmann H. 1992. *Gewässerversauerung. Limnologische Untersu-
chungen zur Versauerung stehender Gewässer im Nordschwarzwald unter
besonderer Berücksichtigung der Amphibienfauna*. Landsberg am Lech,
1–231.
- Brehm J. & Meijering M.P.D. 1996. *Fliessgewässerkunde. Einführung in die Öko-
logie der Quellen, Bäche und Flüsse*. Wiesbaden, 1–302.
- BUWAL 1997. *Die Auen der Schweiz*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Land-
schaft (Hrsg.), Faltblatt, Bern, 1–4.
- Dill A. 2000. *Die Böden in den hinteren Langen Erlen und ihr Infiltrations-
vermögen*. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Universität Basel,
1–142.
- Gunkel G. 1996. *Renaturierung kleiner Fliessgewässer*. Jena, 1–471.

- Pott R. & Remy D. 2000. *Gewässer des Binnenlandes*. Stuttgart, 1–255.
- Siegrist L. 1997. *Die Ökodiversität der Wasserstellen Lange Erlen. Zusammenhänge von Bewirtschaftung und ökologischer Vielfalt*. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Universität Basel, 1–126.
- Stucki O. 2002. *Tagesganglinien wasserchemischer Parameter in der Grundwasseranreicherungsfläche "Hintere Stellimatte". Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Leitfähigkeit, Redoxpotential, Wassertemperatur*. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Universität Basel, 1–127 + Anhang.
- Schwoerbel J. 1999. *Einführung in die Limnologie*. Stuttgart, 1–465.
- Trapp S. & Wolter H.-U. 1994. Der Zustand der Hase vor und nach Osnabrück. In: Bernhardt K.-G. (Hrsg.): *Revitalisierung einer Flusslandschaft*. Osnabrück, 89–98.
- Warken E. 2001. *Vegetationsdynamik in den Grundwasseranreicherungsflächen "Hintere Stellimatten"*. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Universität Basel, 1–101.
- Wüthrich C., Geissbühler U. & Rüetschi D. 2001. Revitalisierung und Trinkwasserschutz in der dicht genutzten Wiese-Ebene; Feuchtgebiete als Reinigungsstufe. *Regio Basiliensis* 42(1): 97–116.
- Wüthrich C. & Geissbühler U. 2002. Auenrevitalisierung in einer städtischen Grundwasserzone. Probleme und Chancen transdisziplinärer Forschung. *Regio Basiliensis* 43(1): 29–41.
- Wüthrich C. & Leser H. 2002. *Geoökologischer Laborkurs. Das Handbuch zum Kurs*. Geographisches Institut der Universität Basel, 1–105.
- YSI 1999. *6-Series Environmental Monitoring Systems. Operations Manual*. Ysi Incorporated (Hrsg.), Yellow Springs, 1–264.