

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 40 (1999)
Heft: 2

Artikel: Trinkwassergewinnung in bewaldeten und offenen Wasserstellen der Langen Erlen : mikrobielle Aktivität und Biomasse im Boden
Autor: Rüetschi, Daniel / Schmid, Markus / Geissbühler, Urs / Wüthrich, Christoph
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088512>

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: 18.04.2026

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

Trinkwassergewinnung in bewaldeten und offenen Wasserstellen der Langen Erlen: Mikrobielle Aktivität und Biomasse im Boden

Daniel Rüetschi, Markus Schmid, Urs Geissbühler
und Christoph Wüthrich

Zusammenfassung

Das Trinkwasser von Basel wird v.a. mittels künstlicher Grundwasseranreicherung gewonnen. In den Langen Erlen wird dazu Rheinwasser in bewaldeten Wasserstellen versickert, wo das Wasser während der Bodenpassage mechanisch und biologisch gereinigt wird. Dieses System ist seit vielen Jahrzehnten in Betrieb und liefert eine sehr gute Grundwasserqualität. Identische Systeme finden sich kaum, so dass die Reinigungsprozesse während der Passage durch die ungesättigte Zone nur wenig erforscht sind. Mittels Messung der mikrobiellen Bodenaktivität und der mikrobiellen Biomasse als indirekte Indikatoren für die Reinigungsleistung untersuchten wir die biologischen Reinigungsprozesse in den Waldböden. Die Reinigung findet nicht nur, wie bisher angenommen, in den obersten Zentimetern der Bodenpassage, sondern auch in grösserer Bodentiefe (bis mindestens 1 m) statt. Die Reinigungsprozesse in diesen tieferen Schichten garantieren, dass die Grundwasserqualität auch im Winter konstant gut bleibt, wenn die Aktivität an der Bodenoberfläche temperaturbedingt geringer ist. Offene Wasserstellen mit Riedvegetation zeigen gleichwertige bis sogar leicht bessere Reinigungsleistungen als bewaldete und stellen gleichzeitig einen besseren Lebensraum für gefährdete, auentypische Pflanzen- und Tierarten dar.

Adresse der Autoren: Daniel Rüetschi, Markus Schmid, Urs Geissbühler und Christoph Wüthrich, Abteilung Physiogeographie und Landschaftsökologie, Geographisches Institut der Universität Basel, Spalenring 145, CH-4055 Basel

1 Einleitung

95 % des Trinkwassers für den Kanton Basel-Stadt wird mittels künstlicher Anreicherung des Grundwassers gewonnen (29.6 Mio. m³/Jahr). Davon wird die Hälfte in den Langen Erlen, im Gebiet der ehemaligen Wieseau, erzeugt. Das Rohwasser wird dem Rhein entnommen und über 85 cm mächtige Sandfilter vorfiltriert, um Schwebstoffe aus dem Wasser zu entfernen. Das Filtratwasser (ca. 60'000 m³ pro Tag) wird anschliessend in 11 bewaldete Wasserstellen geleitet, welche im ganzen schweizerischen Teil der Wiesebene verteilt sind (Abb. 1) und gesamthaft eine Fläche von ca. 22 ha bedecken.

Die Wasserstellen sind meist mit Hybridpappeln, sowie Eschen und Erlen bestockt, mit einem etwa 1 m hohen Erdwall umgeben und in der Regel in drei Felder unterteilt (Abb. 2). Ein Feld wird dabei während 10 Tagen bewässert, worauf sich eine Abtrocknungsperiode von 20 Tagen anschliesst. Das Wasser sickert zuerst durch eine Humus- und eine Auenlehmschicht von je ca. 20-30 cm Tiefe sowie eine 2.5-3.5 m mächtige Kies- und Sandschicht, bevor es das Grundwasser erreicht. Dieses wird nach ca. 200-800 m Fliessstrecke wieder zur Oberfläche gepumpt und als Trinkwasser ins Leitungsnetz eingespiesen. Bei der Bodenpassage im Wald wird das Wasser mechanisch und biologisch gereinigt, durch Ausfilterung von Schwebstoffen und durch mikrobiellen Abbau von Schadsubstanzen (organische Substanzen und unerwünschte Mikroorganismen, wie coliforme Bakterien). Es zeigte sich

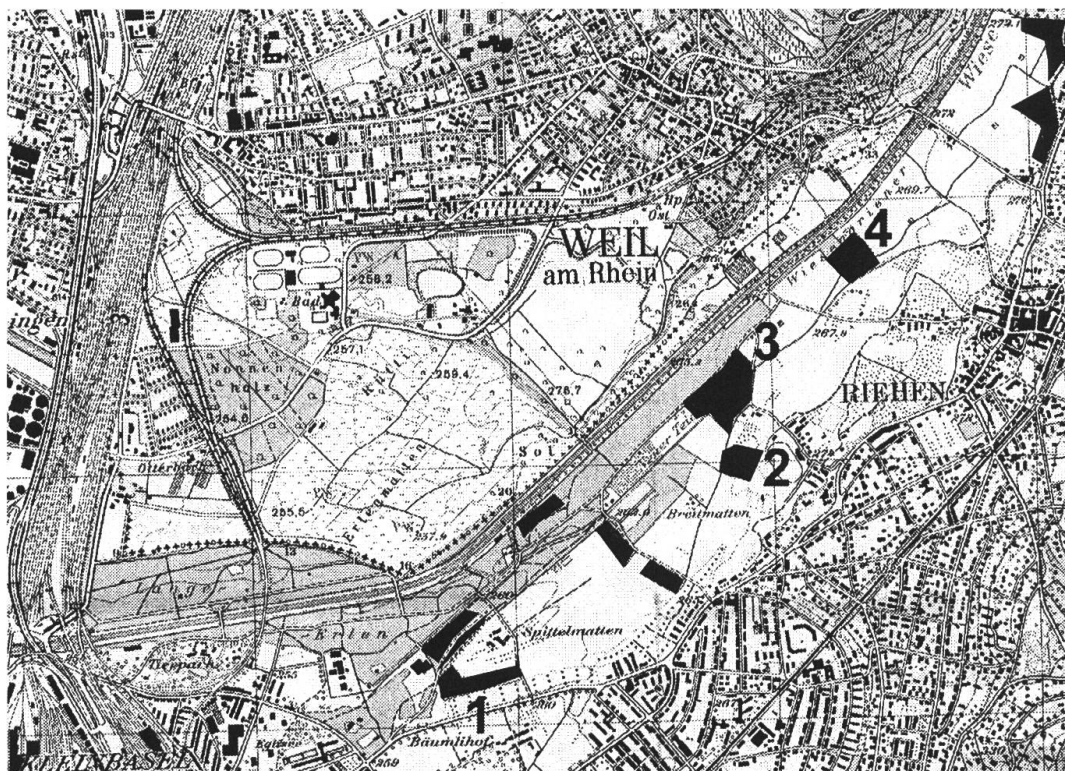


Abb. 1 Lage der Wasserstellen (schwarz markiert) in den Langen Erlen (Ausschnitt der Landeskarte 1:25'000, Blatt 1047, Basel, 1988. Reproduziert mit Bewilligung der Landestopographie vom 07.04.1999). 1: Spittelmatten, 2: Verbindungsweg, 3: Grendelgasse rechts, 4: Wiesengriener (s. dazu Tab. 1).



Abb. 2 Ansicht einer Wasserstelle.

empirisch, dass die Abtrocknungsperiode von 20 Tagen die Filterleistung des Bodens langfristig erhält und gute Bedingungen für das Wachstum der Waldbäume und den Abbau von Schadsubstanzen im Wasser durch Mikroorganismen bietet.

Dieses System funktioniert teilweise seit 80 Jahren (vor 1964 mit Wiesewasser) und liefert Trinkwasser sehr guter Qualität (IWB 1997). Es scheint in ganz Europa kaum vergleichbare Trinkwasseraufbereitungssysteme zu geben, und es liegen nur wenige Erkenntnisse über die Reinigungsprozesse in den Waldböden vor. Deshalb wurden am Departement Geographie der Uni Basel (Abteilungen Physiogeographie und Landschaftsökologie und Natur-, Landschafts- und Umweltschutz- Biogeographie) in Kooperation mit den Industriellen Werken Basel (IWB) mehrere Forschungsarbeiten über die Wasserstellen in den Langen Erlen durchgeführt (Geissbühler 1998, Schmid 1997, Rüetschi in prep.). Neben der Funktionsweise der biologischen Reinigung in den Böden wurden auch naturschützerische Fragestellungen untersucht. Es zeigte sich, dass viele der Wasserstellen Rückzugsgebiete für Auenarten darstellen, die in der heutigen Kulturlandschaft stark gefährdet sind (Siegrist 1997, Luka et al. 1997). Die Artenvielfalt vieler der mit Hybridpappeln bestockten Wasserstellen könnte erhöht werden, wenn Teile des Waldbestandes in Riedlandschaften mit Schilf, Seggen und Binsen umgewandelt werden könnten und damit der ehemaligen Auenlandschaft näher kämen. Dabei gilt es aber zu berücksichtigen, dass empirische Erfahrungen der IWB zeigten, dass durch die Bodenbedeckung mit Wald eine konstant optimale Grundwasserqualität erhalten werden konnte.

2 Methoden

2.1 Messstandorte

Als Messstandorte ausgewählt wurde je ein Feld in vier Wasserstellen (Tab. 1):

Tab. 1 Beschreibung der Messstandorte.

Wasserstelle	Bewässerte Fläche	Versickerungsleistung	Bestockung
Spittelmatten, Feld 2	0.29 ha	1.2 m ³	bewaldet, v.a. Weiden, Hybridpappeln und Erlen
Verbindungsweg, Feld 1	0.38 ha	0.7 m ³	bewaldet, v.a. Hybridpappeln
Grendelgasse rechts, Feld 1	0.67 ha	2.0 m ³	bewaldet, v.a. Erlen, Hybridpappeln und Eschen
Wiesengriener, Feld 3	0.23 ha	2.8 m ³	offen, v.a. Rohrglanzgras <i>Phalaris arundinacea</i>

Das Kriterium zur Auswahl der bewaldeten Standorte war die unterschiedliche Versickerungsleistung, da sie entscheidenden Einfluss hat auf die Verweilzeit des Wassers in der ungesättigten Zone und damit auf die den Mikroorganismen zur Verfügung stehende Zeit zum Abbau von Schadsstoffen.

Die offene Wasserstelle Wiesengriener war ursprünglich ebenfalls mit einem Hybridpappelforst bestockt, der aber im Januar 1994 zur Holznutzung geschlagen wurde. Unter den Hybridpappeln konnte sich ein Bestand an Rohrglanzgras etablieren, der nach dem Holzschlag innerhalb weniger Monate die ganze Fläche einnahm.

2.2 Messung der Bodenrespiration

In diesem System der künstlichen Grundwasseranreicherung, das seit vielen Jahrzehnten in Betrieb ist, können chemische Prozesse im Untergrund nur noch einen kleinen Teil zur Entfernung von Schadsstoffen beitragen (z. B. Ausfällung, Adsorption, usw.). Somit sind biologische Aktivitäten durch Mikroorganismen im Porensystem des Bodens (Bakterien und Pilze) für den Hauptteil der Reinigung entscheidend. Die Freisetzung von Kohlendioxid (CO₂) als Endprodukt des aeroben mikrobiellen Abbaus (Bodenrespiration) erlaubt eine gute Aussage über die biologische Aktivität eines bestimmten Bodenhorizontes (Wüthrich 1994, S. 20). Deshalb untersuchten wir die Produktion an CO₂ in Abhängigkeit von Bodentiefe und jahreszeitlicher Variabilität als indirekten Indikator für die Reinigungsleistung des Systems.

Die Bodenrespiration wurde mittels Labormessung von Bodenwürfeln von etwa 10 x 10 x 10 cm durch Infrarot-Gasanalyse (Li-6252, Licor, USA) bestimmt. Hierzu wurde die CO₂-Bildung des Bodenwürfels in der Messkammer gegen eine leere Referenzkammer gemessen, wobei beide Kammern konstant von 200 ml/min Aussenluft durchströmt wurden (offenes, differentielles Messsystem; Wüthrich 1994). Aus Profilgruben (meist bis in 1 m Tiefe) wurden jeweils pro Bodenhorizont

drei Proben entnommen. Da der Bodenaufbau in den Wässerstellen relativ heterogen war, stammen die Proben aus verschiedenen Profilgruben nicht immer aus der gleichen Tiefe. Die Proben wurden in einem offenen Polyethylen (PE)-Becher über Nacht bei der im Feld gemessenen Bodentemperatur in einem Kühlraum gelagert und am nächsten Tag gemessen.

Die gemessenen Proben wurden anschliessend bei 105°C über 36 Stunden getrocknet und nach einer Vermörserung gesiebt (2 mm), um die CO₂-Bildung auf 100 g trockenen Feinboden beziehen zu können. Dies, da die Mikroorganismen v.a. das Porensystem des Feinbodenmaterials, jedoch kaum Kies und Steine besiedeln.

2.3 Messung der mikrobiellen Biomasse

Die Anwesenheit von Mikroorganismen in Bodenhorizonten deutet auf verfügbare Nährstoffe und damit auf noch nicht vollständig erfolgte Reinigung hin. Deshalb ist auch die mikrobielle Biomasse ein guter indirekter Indikator für Reinigungsprozesse im Boden. Die Bestimmung der mikrobiellen Biomasse – ausgedrückt als Gehalt an organischem Kohlenstoff – wurde mit der Chloroform-Fumigation-Extraktions-Methode (CFE) vorgenommen (*Vance et al.* 1987, *Jørgensen* 1996). In der Profilgrube wurde von jedem Horizont aus drei Wänden der Grube Material entnommen und daraus eine Mischprobe hergestellt. Diese wurde im Labor feucht gesiebt (2 mm), um den Feinboden zu gewinnen. Der Feinboden wurde anschliessend über maximal 3-4 Wochen bei 2°C in PE-Beuteln verschlossen gelagert. Aus dem Feinbodenmaterial eines Horizontes wurden jeweils zwei Replikate à 20 g Trockengewichtsäquivalenten während 24 Stunden mit Chloroform begast, um die Zellwände der Mikroorganismen aufzuschliessen. Sowohl diese begasten, wie auch zwei unbegaste Bezugsproben aus demselben Horizont, wurden anschliessend mit einer 0.5 molaren Kaliumsulfat-Lösung extrahiert. Danach wurde in beiden Extrakten der gelöste organische Kohlenstoff mit einem TOC-Analysator (TOC-5000 A, Shimadzu, Japan) pyrometrisch bestimmt. Hieraus kann der mikrobielle Biomassen-Kohlenstoff berechnet werden.

2.4 Weitere Parameter

Als wichtige ökologische Steuergrössen für den biologischen Abbau wurden die Bodentemperatur (Thermistoren und Datalogger), die Bodensaugspannung (Tensiometer) als Mass für die Abtrocknung des Bodens und der Sauerstoffgehalt (Sauerstoffelektrode) des Versickerungswassers gemessen (jeweils bis 40 cm Bodentiefe). Auch weitere Parameter wurden untersucht, auf die an dieser Stelle aber nicht eingegangen wird.

3 Resultate

3.1 Tiefenprofil der mikrobiellen Aktivität und Biomasse

Die mikrobielle Aktivität und die mikrobielle Biomasse konzentrierten sich auf die oberen Bodenschichten, blieben aber auch in tieferen Schichten (bis 90 cm) noch messbar (Abb. 3). Die Biomasse nahm bis 90 cm mit 96 % gegenüber den obersten 10 cm deutlich stärker ab als die Bodenrespiration (50 %). Die Bodenrespiration war in der Regel nur bis in eine Tiefe von 1-2 m nachweisbar (max. 3.4 m), die Biomasse hingegen in geringen Mengen bis zum Molasseuntergrund in etwa 10.6 m Tiefe (Daten nicht gezeigt). Unterhalb einer Tiefe von 1 m nahm die mikrobielle Biomasse nur noch langsam ab.

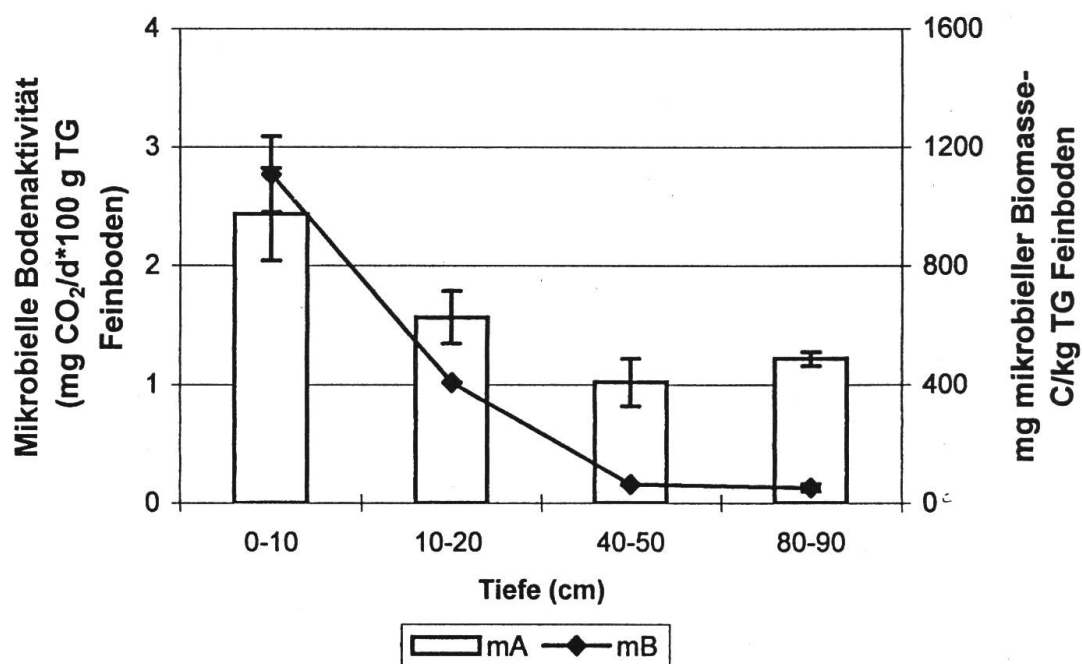


Abb. 3 Tiefenprofil der mikrobiellen Aktivität (mA) und Biomasse (mB) in der Wasserstelle Verbindungsweg am 12.05.1998.

3.2 Jahreszeitliche Schwankungen der mikrobiellen Aktivität und Biomasse in den bewaldeten Wasserstellen

Der Verlauf sowohl der mikrobiellen Bodenaktivität wie auch der Biomasse zeigte starke jahreszeitliche Schwankungen (Abb. 4 und 5). Im Winter war das Aktivitätsmaximum in 30-40 cm Tiefe zu finden (28 % höhere Aktivität als in den obersten 10 cm), in den übrigen Jahreszeiten hingegen nahe der Bodenoberfläche (im Herbst 30 % höhere Aktivität als in 30-40 cm Tiefe).

Die mikrobielle Biomasse zeigte ebenfalls ein Minimum im Winter, jedoch war die Hauptmenge der Biomasse auch im Winter an der Oberfläche festzustellen (47 % mehr Biomasse als in 30-40 cm Tiefe). Im Unterschied zur Bodenrespiration

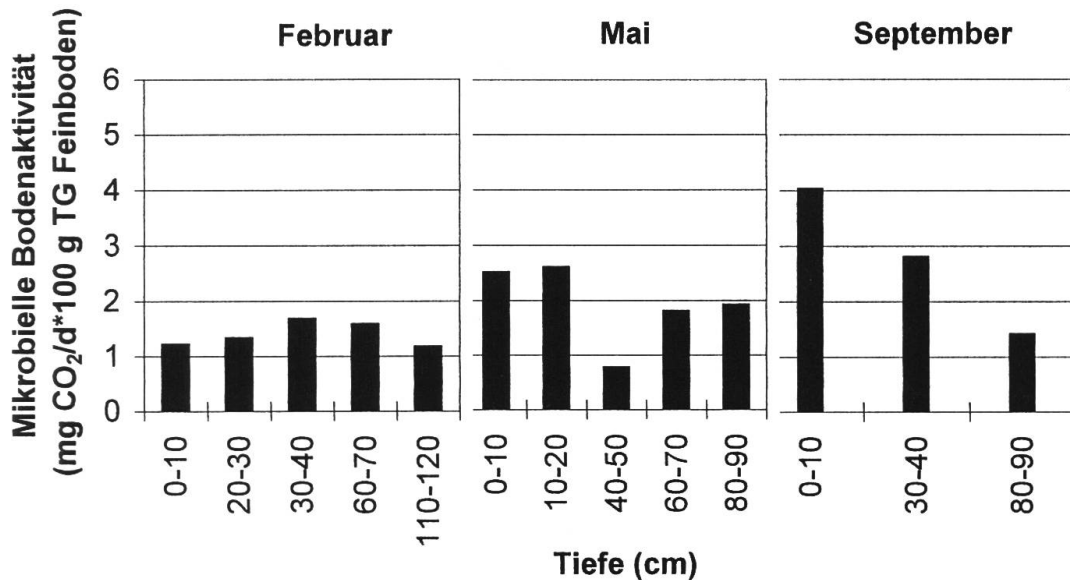


Abb. 4 Saisonale Schwankungen der mikrobiellen Bodenaktivität im Tiefenprofil (Spittelmatten und Grendelgasse); dargestellt sind Mittelwerte (n = 3).

war die Biomasse im Winter auch in tieferen Bodenschichten (30-70 cm) gegenüber den anderen Jahreszeiten deutlich reduziert. Im Herbst nahm der Unterschied zwischen höheren und tieferen Bodenschichten stark zu (etwa 75 % mehr Biomasse in den obersten 10 cm als in 30-40 cm Tiefe).

Die Grundwasserqualität zeigte kaum jahreszeitliche Schwankungen, sondern blieb während des ganzen Jahresverlaufs konstant auf gutem Niveau (Daten nicht gezeigt).

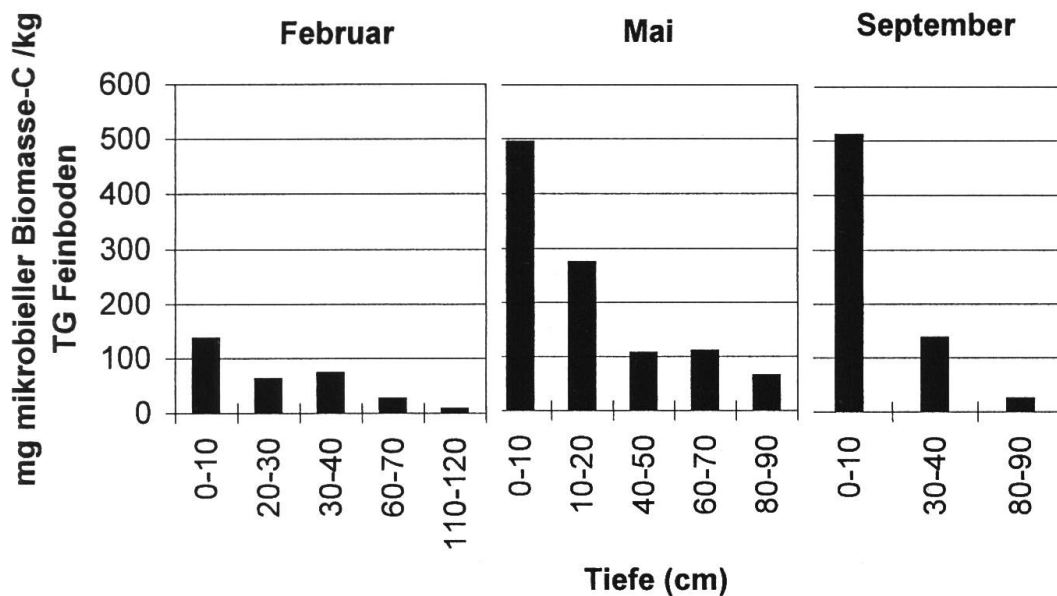


Abb. 5 Saisonale Schwankungen der mikrobiellen Biomasse im Tiefenprofil (Spittelmatten und Grendelgasse; n = 2).

3.3 Vergleich zwischen offener und bewaldeter Wasserstelle

Ein grosser Unterschied war bezüglich der mikrobiellen Aktivität zwischen der offenen (Wiesengriener) und der bewaldeten Wasserstelle (Spittelmatten) feststellbar (Abb. 6): Während zwischen beiden Standorten von Februar bis Mai kein Unterschied vorlag, war Anfangs Juni eine deutliche Erhöhung der Aktivität im Wiesengriener gegenüber der Wasserstelle Spittelmatten zu finden (Mitte Juni: ca. 40 % höher), die sich bis zum Ende der Messperiode im August fortsetzte und an beiden Juniterminen und im August signifikant war (t-Test, $p < 0.01$).

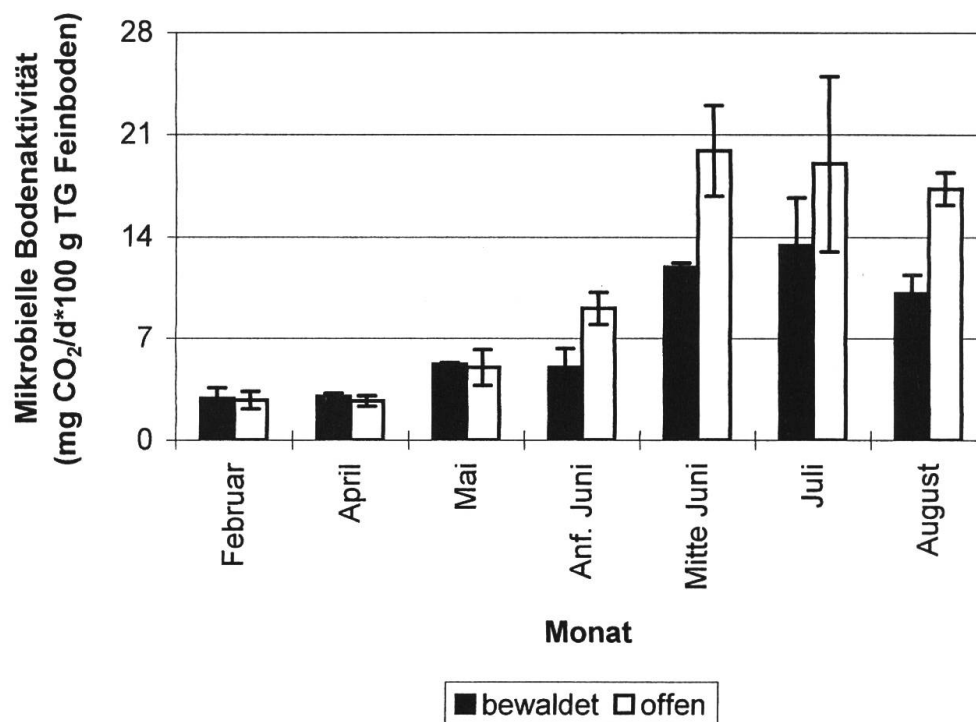


Abb. 6 Vergleich der mikrobiellen Bodenaktivität zwischen bewaldeter (Spittelmatten) und offener Wasserstelle (Wiesengriener; $n = 3$).

Die Bodentemperatur in 10 cm Tiefe war im Wiesengriener durchgehend etwa 1-3°C höher (Tagesmittelwerte, Abb. 7). An beiden Standorten erreichte die Bodensaugspannung relativ bald nach Beendigung einer normalen Wässerungsperiode Feldkapazität ($pF 1.8$), d.h. die Bodenmakroporen waren belüftet. Nur beim betriebsbedingten Unterbruch der Wässerung zwischen dem 1. und 15. August, der mit einer Niederschlagsphase einherging, blieb der Boden durchgehend nass. Der Boden in der bewaldeten Wasserstelle trocknete stärker aus als in der offenen Wasserstelle. Die Sauerstoffgehalte im Bodenwasser von 0-40 cm Tiefe blieben während der Bewässerung an beiden Standorten deutlich im aeroben Bereich (6.0-8.5 mg/l; Daten nicht gezeigt).

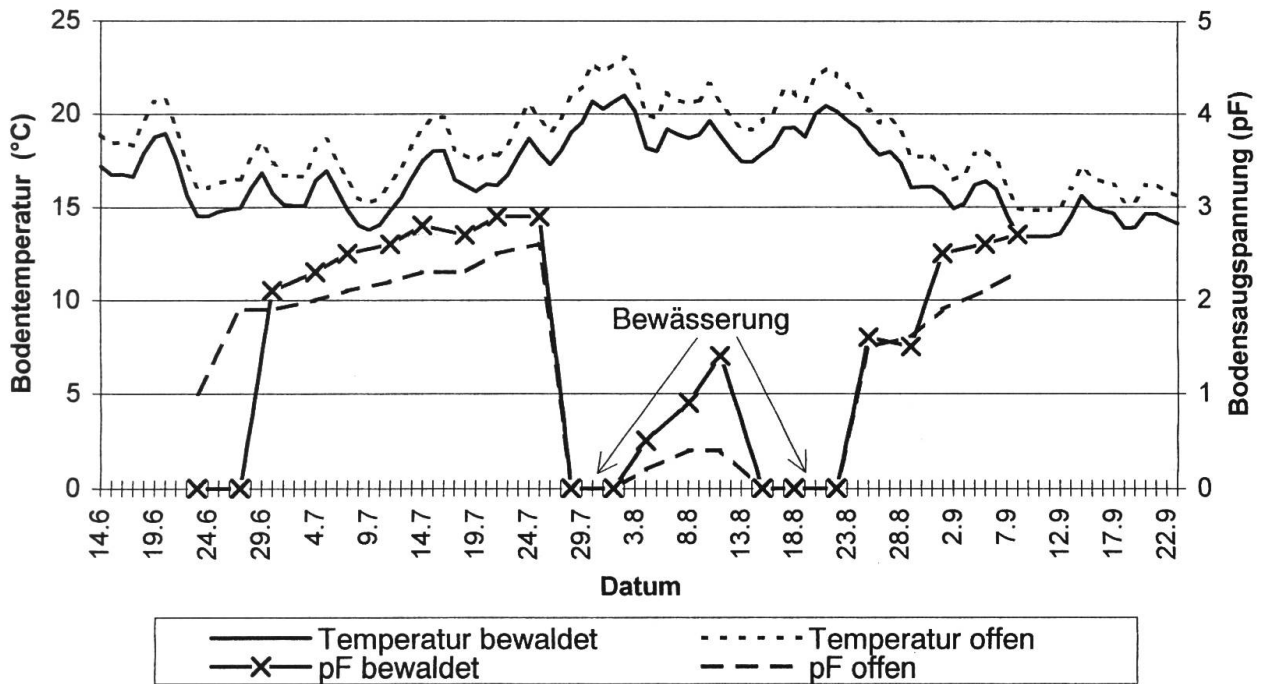


Abb. 7 Vergleich der Temperatur und Bodensaugspannung pF (dekadischer Logarithmus der Wasserspannung in cm Wassersäule) in jeweils 10 cm Bodentiefe zwischen bewaldeter (Spittelmatten) und offener Wasserstelle (Wiesengriener) im Sommer 1996.

4 Diskussion

4.1 Tiefenprofil der mikrobiellen Aktivität und Biomasse

In Grundwasseranreicherungsanlagen mit grossen Sandfilterbecken, wie sie z.B. entlang des Niederrheins oft vorkommen, geschieht die Reinigung v.a. im Biofilm an der Filteroberfläche (z.B. Frank 1982, 33 f.). Im Gegensatz dazu sind in den Waldböden der Langen Erlen auch tiefere Bodenschichten an den Reinigungsprozessen massgeblich beteiligt. Juhna & Sprogis (1998) fanden in einer Langsam-sandfilteranlage über einem Aquifer aus Quartärmaterial in Lettland, dass, trotz Biofilm an der Filteroberfläche, Abbauprozesse auch in der ungesättigten Zone darunter stattfanden, und dass auch in 1.7 m Bodentiefe noch immer etwa 40 % der Bakterienzahl der Oberflächenschichten zu finden waren (Juhna & Springe, 1998).

In den Wasserstellen der Langen Erlen zeigte es sich, dass die Mikroorganismen in Tiefen von 1 m proportional zu ihrer Biomasse sehr viel aktiver waren (höheres q_{CO_2}) als diejenigen an der Oberfläche, was auf eine effizientere Ausnützung des organischen Materials schliessen lässt. Dass in grösseren Tiefen (1-2 m) keine Aktivität, trotzdem aber geringe Biomassegehalte messbar waren, könnte auf die unterschiedlichen Sensitivitäten der Messmethoden zurückgeführt werden. Wahrscheinlicher ist, dass sich die Biomasse in einem inaktiven Stadium befand (die Messung von Biomasse und Aktivität bis zum Grundwasserstauer fand nach einem zweimonatigen Unterbruch der Wässerung im Dezember 1998 statt).

Die dargestellten Aktivitäts- und Biomasseprofile sind wegen der grossen Heterogenität der ehemaligen Auenböden in anderen Wasserstellen nicht absolut identisch, aber doch sehr ähnlich, wie weitere Daten in *Rüetschi et al.* (1998) zeigen.

4.2 Jahreszeitliche Schwankungen der mikrobiellen Aktivität und Biomasse in den bewaldeten Wasserstellen

Durch die tiefen Temperaturen in den oberflächennahen Bodenschichten im Winter waren sowohl Biomasse als auch Aktivität stark erniedrigt. Hier zeigte sich die Wichtigkeit der tieferen Bodenschichten im Reinigungsprozess: die Grundwasserqualität blieb gleich, weil tiefere Bodenschichten in der ungesättigten Zone die Abnahme der oberflächennahen Aktivität kompensieren konnten. Die winterliche Abnahme der Biomasse auch in tieferen Schichten (30-70 cm) könnte verschiedene Gründe haben: Die oberflächennahen Schichten könnten als Quellzone für tiefere Bodenschichten in der ungesättigten Zone dienen, d.h. die dortige Mikroorganismengemeinschaft wird von höheren Zonen ständig erneuert. Als Vektor würde hierbei Versickerungs-, bzw. Niederschlagswasser fungieren. Bei einem temperaturbedingten Nachlassen dieser Zufuhr würden daher auch die Biomassegehalte in tieferen Zonen zurückgehen.

Eine weitere Möglichkeit wäre, dass tiefe Bodentemperaturen (eine Woche vor der Probennahme während 8 Tagen eine Temperatur von 2°C in einer Tiefe von 40 cm) wärmeliebendere Bakterien verdrängen, so dass nur noch Generalisten oder kryophile Bakterien vorhanden, bzw. aktiv waren. Diese Hypothese wird gestützt durch die Tatsache, dass in einer Tiefe von 60-70 cm im Februar 23 % der im Mai vorhandenen Biomassemenge etwa 87 % der im Mai vorhandenen Aktivität erzeugten (Abb. 5 und 6), was auf eine hohe Effizienz unter Winterbedingungen hindeutet. Diese wäre zu erklären mit dem Wegfall der bei tieferen Bodentemperaturen ineffizienten thermophilen Bakterien.

4.3 Eignung von Wasserstellen mit Riedvegetation zur Grundwasseranreicherung

Der Holzeinschlag in der offenen Wasserstelle Wiesengriener bewirkte eine Änderung verschiedener Umweltfaktoren: Zunahme von Temperatur, Lichteinfall und mineralisierbarem Material (Schlagabfall). Auch änderte sich die Vegetationsbedeckung massiv: wo früher ein Pappelforst mit nur wenig Unterwuchs war, ist heute ein fast reiner, sehr dichter Bestand an Rohrglanzgras (ca. 1-1.5 m hoch), dessen Blätter und Streu den Boden stark bedecken und der eine viel grössere Feinwurzelmasse aufweist als der frühere Pappelforst. Die gezeigte höhere Aktivität im Wiesengriener lässt sich durch die höhere Temperatur (Abb. 7) und den erhöhten Anfall an leicht mineralisierbaren Wurzelexsudaten im Bereich der Rohrglanzgras-Bestände erklären. Möglicherweise führte der Kahlschlag zu einer verstärkten Stickstoffmineralisierung über eine längere Zeit, wie sie z.B. von *Bormann & Likens* (1994, S. 149) für einen nordamerikanischen Ahorn-Buchenmischwald über 3-5 Jahre nach einem experimentellen Kahlschlag festgestellt wurde. Die erhöhte Aktivität könnte deshalb auch durch diese bessere Nährstoffverfügbarkeit bedingt

sein. Als Folge der erhöhten Aktivität werden vermehrt Substanzen aus dem Versickerungswasser abgebaut, ohne dass hingegen anaerobe oder hypoxische Bedingungen zu befürchten sind. Die Wasserqualität ist deshalb im Vergleich zur bewaldeten Wasserstelle tendenziell besser.

Die erhöhte Sonneneinstrahlung in die offene Wasserstelle führte zu einer erhöhten Bodentemperatur, allerdings ist diese deutlich geringer als durch die vermehrte Einstrahlung zu erwarten wäre. Hier zeigt sich der dämpfende Effekt der dichten Bedeckung durch das Rohrglanzgras, welche auch für eine gleichbleibende Grundwasserqualität wichtig ist: eine konstante Sauerstoffsättigung wird erhalten und eine Förderung von pathogenen Keimen durch höhere Temperaturen vermieden. Auch die Verdunstung und damit die Austrocknung des Bodens war, trotz höherer Bodentemperaturen, in der offenen geringer als in der bewaldeten Wasserstelle. Zwischen der Blatt- und Streuschicht und dem Boden war der Luftraum mit Wasserdampf gesättigt, wodurch die Verdunstungsrate stark herabgesetzt wurde. Die geringere Austrocknung des Bodens und die höheren Bodentemperaturen fördern die mikrobielle Aktivität, insbesondere in den oberflächennahen Schichten. Der hohe Sauerstoffgehalt im Bodenwasser während der Bewässerung zeigt, dass trotz höheren Temperaturen keine anaeroben Verhältnisse auftreten, welche die Effizienz der biologischen Reinigungsprozesse vermindert hätten. Die Auswirkungen des Holzschlages auf die Grundwasserqualität in der offenen Wasserstelle konnten anhand von Daten der IWB zurückverfolgt werden. Es zeigten sich kaum Differenzen zwischen dem bewaldeten und offenen Zustand. Einzig die Sauerstoffkonzentration sank nach dem Holzschlag etwas (vermutlich durch erhöhte Bodenrespiration und wegen starker Algenbildung in der Wasserstelle mit Sauerstoffzehrung während der Nacht), normalisierte sich aber in den folgenden Jahren wieder (Schmid 1997, S. 56).

Die gezeigten Ergebnisse sprechen dafür, dass durch eine Auflockerung der Waldbedeckung zugunsten einer diversen Riedvegetation mehr Lebensraum für auentypische Arten geschaffen werden könnte, ohne dass die Grundwasserqualität verschlechtert würde.

5 Fazit

Reinigungsprozesse finden nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in tieferen Bodenhorizonten statt, da sowohl mikrobielle Aktivität, als auch mikrobielle Biomasse in tieferen Horizonten zu finden sind.

- Diese tieferen Bodenhorizonte sind entscheidend für eine gleichbleibende Grundwasserqualität über das ganze Jahr. Dies gilt insbesondere im Winter, wenn die mikrobielle Abbauaktivität an der Bodenoberfläche durch tiefe Temperaturen stark vermindert ist.
- Offene Wasserstellen mit Riedvegetation führen nicht zwangsläufig zu schlechterer Grundwasserqualität. Sobald eine Riedvegetation etabliert ist, werden die Umweltbedingungen für die Aktivität der Mikroorganismen verbessert und

Reinigungsprozesse im Boden sogar noch verstärkt. Gleichzeitig lassen sich mit einem Mosaik von beschatteten und besonnten Flächen die Lebensbedingungen für autotypische Organismen stark verbessern (Siegrist 1997, 110 ff.).

Dank

Die Autoren danken den Industriellen Werken Basel (IWB) für die gute Kooperation und die Teilfinanzierung der Untersuchungen.

Literatur

- Bormann F.H. & Likens G.E. 1994. *Pattern and Process in a Forested Ecosystem*. Springer. New York, 1-253.
- Frank W.H. 1982. Historical development and present state of artificial groundwater recharge in the Federal Republic of Germany. In: *Artificial Groundwater Recharge. DVWK-Bulletin* 11. Parey. Hamburg, 13-41.
- Geissbühler U. 1998. *Veränderung der biologischen Filterung in den Wasserstellen der Langen Erlen im Winterhalbjahr*. Diplomarbeit am Departement Geographie, Universität Basel. 1-90.
- IWB 1997. *Die Wasserversorgung von Basel-Stadt*. Informationsbroschüre. Basel, 1-27.
- Jørgensen R.G. 1996. The fumigation-extraction method to estimate soil microbial biomass: calibration of the k_{EC} value. In: *Soil Biol. Biochem.* 28: 25-31.
- Juhna T. & Sprogis J. 1998. Current research into removal of natural organic matter at Baltezers artificial groundwater recharge plant, Latvia. In: Peters, J.H. et al. *Artificial Recharge of Groundwater*. A.A. Balkema. Rotterdam, 469-471.
- Juhna T. & Springe G. 1998. Distribution of microorganisms in the course of artificial recharge of groundwater at Baltezers waterworks, Riga. In: *Vatten* 54(4): 259-264.
- Luka H., Marggi W. & P. Nagel 1997. *Agonum nigrum* Dejean, 1828, neu für die Schweiz. Ein Beitrag zur Gesamtverbreitung und Ökologie der Art (Coleoptera, Carabidae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*. 70: 311-321.
- Rüetschi D., Schmid M., Geissbühler U. & C. Wüthrich 1998. Biological purification of recharge water by forested soils. In: Peters, J.H. et al. *Artificial Recharge of Groundwater*. A.A. Balkema. Rotterdam, 457-459.
- Rüetschi D., in prep. *Der Bewässerungszyklus der künstlichen Grundwasseranreicherung in den Langen Erlen bei Basel: Auswirkungen auf die Grundwasserqualität, die mikrobielle Bodenaktivität und die Filtrationsleistung*. (Arbeitstitel) Doktorarbeit am Departement Geographie, Universität Basel.

- Schmid M. 1997. *Eignung einer Riedwieseninfiltration für die künstliche Grundwasseranreicherung in den Langen Erlen*. Diplomarbeit am Departement Geographie, Universität Basel. 1-88.
- Siegrist L. 1997. *Die Ökodiversität der Wasserstellen Lange Erlen*. Diplomarbeit am Departement Geographie, Universität Basel. 1-126.
- Vance E.D., Brookes P.C. & Jenkinson D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. In: *Soil Biol. Biochem.* 19: 703-707.
- Wüthrich C. 1994. *Biologische Aktivität arktischer Böden mit spezieller Berücksichtigung ornithogen eutrophierter Gebiete (Spitzbergen und Finnmark)*. *Physiogeographica* 17: 1-222.

