

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie

Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel

Band: 55 (2014)

Heft: 3

Artikel: Künstliche Grundwasseranreicherung für die Trinkwassergewinnung : Untersuchungen zur Nachhaltigkeit der Reinigungsleisten bei der Bodenpassage am Standort "Lange Erlen" (Basel)

Autor: Storck, Florian R. / Schütz, Kirsten / Wülser, Richard / Nagel, Peter / Alewell, Christine

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088178>

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>

Künstliche Grundwasseranreicherung für die Trinkwassergewinnung: Untersuchungen zur Nachhaltigkeit der Reinigungsleistung bei der Bodenpassage am Standort "Lange Erlen" (Basel)

Florian R. Storck, Kirsten Schütz, Richard Wülser, Peter Nagel und Christine Alewell

Zusammenfassung

In der Trinkwassergewinnungsanlage Lange Erlen in Basel wurden der Rückhalt von organischen Verbindungen und die zugrunde liegenden Prozesse sowie der Einfluss der Mikroorganismen und der Bodenfauna untersucht. In modellhaften Säulenversuchen und in Feldstudien erwies sich das System als sehr leistungsfähig und nachhaltig. Die Reinigungsleistung beruht nur zum Teil auf Verdünnung, einen wesentlichen Anteil haben biologische Prozesse. Das Wässerungsregime beeinflusst auch die Mikroorganismen (Artenzusammensetzung, Biomasse, Aktivität) und die Regenwurmfauna (Artenzusammensetzung, Biomasse, Dichte).

1 Einleitung

Im Rahmen zweier von den Industriellen Werken Basel (IWB) geförderten Arbeiten wurde von *Storck* (2014) und *Schütz* (2008) die künstliche Grundwasseranreicherung Lange Erlen der IWB untersucht. Dort wird Rheinwasser in bewaldeten Wässerstellen (WS) zur Aufbereitung und anschliessenden Trinkwassergewinnung versickert. Während der Untergrundpassage von den WS zu den Brunnen (Abb. 1) wird das infiltrierte Wasser auf natürliche Weise gereinigt, wobei die Konzentration von gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC – “dissolved organic carbon”) und von zahlreichen organischen Spurenstoffen stark abnimmt. In den Langen Erlen wurden bereits in mehreren Forschungsprojekten unterschiedliche Fragestellungen untersucht. So etwa die hydro-

Adresse der Autoren: Florian R. Storck, DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruher Strasse 84, D-76139 Karlsruhe; E-Mail: florian.storck@tzw.de; Kirsten Schütz, D-79639 Grenzach-Wyhlen; Richard Wülser, IWB Wasserlabor, Margarethenstrasse 40, CH-4002 Basel; Peter Nagel, Departement Umweltwissenschaften, Forschungsgruppe Biogeographie, Universität Basel, St. Johanns-Vorstadt 10, CH-4056 Basel; Christine Alewell, Departement Umweltwissenschaften, Forschungsgruppe Umweltgeowissenschaften, Universität Basel, Bernoullistrasse 30, CH-4056 Basel



Abb. 1 Brunnenhäuschen (Brunnen 9) in den Langen Erlen im März 2006, im Vordergrund sind einige der zwischen Brunnen 9 und der Wässerstelle Hintere Stellimatten gelegenen Grundwassermessstellen zu erkennen. Die historischen Brunnenhäuschen sind auffälliger als moderne schlichte Schachtabdeckungen ohne oberirdische Aufbauten. Zudem sind sie praktisch und bieten mitunter Raum und Infrastruktur für Versuchsinstanationen.

Foto: K. Schütz

geologischen Verhältnisse und Interaktionen des Flüsschens Wiese mit dem Grundwasser, besonders im Zuge der geplanten Revitalisierung der Wiese (zum Beispiel von *Zechner* 1996, *Regli* et al. 2000, *Leibundgut* et al. 2008). Die Funktionsweise und Historie der Wässerstellen wurde unter anderem in der Dissertation von *Rüetschi* (2004) ausführlich beschrieben.

Trotz der zahlreichen Projekte war bisher die Frage offen, was genau mit dem gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) und den im Rhein vorhandenen Spurenstoffen passiert, die bei der Wässerung in die Langen Erlen eingebracht werden und nach der Bodenpassage nicht oder nur in sehr stark verringelter Konzentration zu finden sind. Um diese Frage zu klären, untersuchte *Storck* (2014) den Beitrag der Prozesse “Verdünnung mit natürlichem Grundwasser”, “biologischer Abbau” und “Sorption” zur Reinigungsleistung des Systems. Die einzelnen Mechanismen wurden in Feldstudien und in Perkolationsversuchen mit Bodensäulen im Labor erforscht. Von besonderem Interesse waren dabei Parameter, die die Reinigungsleistung der künstlichen Grundwasseranreicherung bezüglich DOC und Spurenstoffen vermindern oder steigern können. *Schütz* (2008) betrachtete das Infiltrationsvermögen der Wässerstellen im Zusammenspiel mit biologischen Prozessen (Bodenfauna), ausserdem die Zusammensetzung der mikrobiologischen Gemeinschaft und ihrer enzymatischen Ausstattung und Aktivität in Abhängigkeit vom Infiltrationsregime. Beide Arbeiten sollten somit neben wissenschaftlichen Erkenntnissen auch Hinweise darauf liefern, was den zukünftigen Betrieb der Wässerstellen und damit eine sichere Trinkwasserversorgung für den Kanton Basel-Stadt und einige basellandschaftliche Gemeinden womöglich beeinträchtigen oder verbessern könnte.

2 Untersuchungsgebiet

Die Langen Erlen sind ein im Nordosten der Stadt Basel gelegenes ursprüngliches Auengebiet des Flüsschens Wiese, das wegen der Hochwasserproblematik (Golder 1991) und der Nutzung für die Trinkwassergewinnung seit gut 100 Jahren eingedeicht ist und nicht mehr überschwemmt wird. Das Areal wird im Osten vom Dinkelberg, im Nordwesten vom Tüllinger Berg begrenzt und reicht eigentlich bis zur Mündung der Wiese in den Rhein, wird aber heute von den Siedlungen der Agglomeration Basel umschlossen und begrenzt (Abb. 2). Der bis zu 20 m mächtige Aquifer besteht vor allem aus sandig-kiesigem Sediment und Geröll der Wiese (silikatisch) und des Rheins (silikatisch/carbonatisch), die auf den undurchlässigen Schichten der Elsässer Molasse abgelagert wurden (Zechner 1996). Grundwasser strömt dem Aquifer zu einem geringeren Teil aus dem Wiesetal und lateral vom Dinkelberg zu, ausserdem infiltriert Oberflächenwasser aus der Wiese (Zechner 1996). Den Hauptanteil zur Wasserbilanz steuert jedoch die künstliche Infiltration von Rheinwasser bei, die ungefähr der Entnahme zur Trinkwassergewinnung entspricht (Storck et al. 2012a). Das Grundwasser fliesst grob von Ostnordost nach Westsüdwest. Der Aquifer ist von meist geringmächtigen Böden bedeckt, die sich aus bzw. auf den Ablagerungen der Wiese entwickelt haben. In der ungesättigten Bodenzone und dem Übergangsbereich zum Aquifer wechseln sich kleinräumig reduzierte und oxidierte Horizonte ab, was während Baumassnahmen (Erneuerung

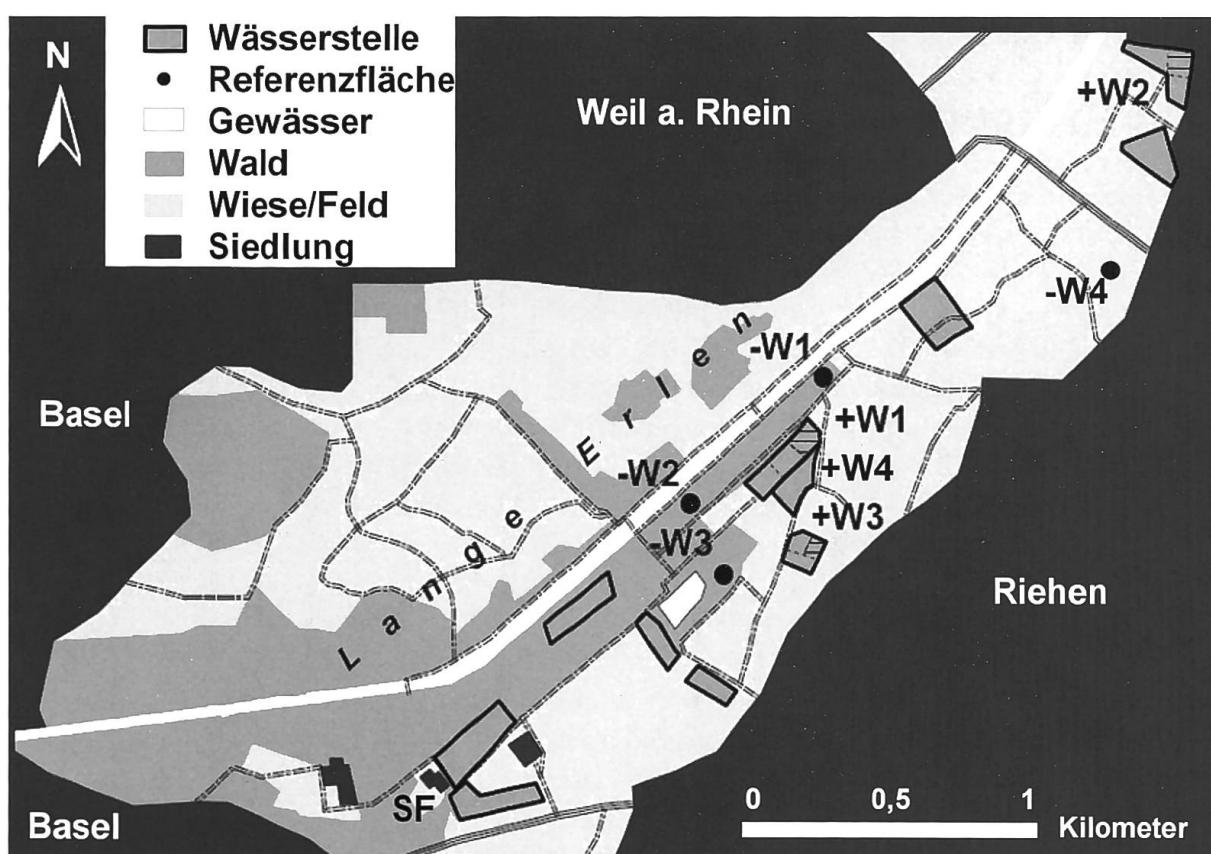


Abb. 2 Landnutzung und Lage der untersuchten Wässerstellen (+W) und der ungewässerten Referenzflächen (-W) in den Langen Erlen. +W1: Grendelgasse Rechts, +W2: Hintere Stellimatten, +W3: Verbindungs weg, +W4: Grendelgasse Links, -W1: Gemeindematten Nord, -W2: Gemeindematten Süd, -W3: Brunnen 10, -W4: Bachtelenweg. SF bezeichnet das Gebäude der Schnellfilteranlage im Süden der Langen Erlen, wo die Laborsäulen anlage aufgebaut war (modifiziert und ergänzt nach Schütz 2008).

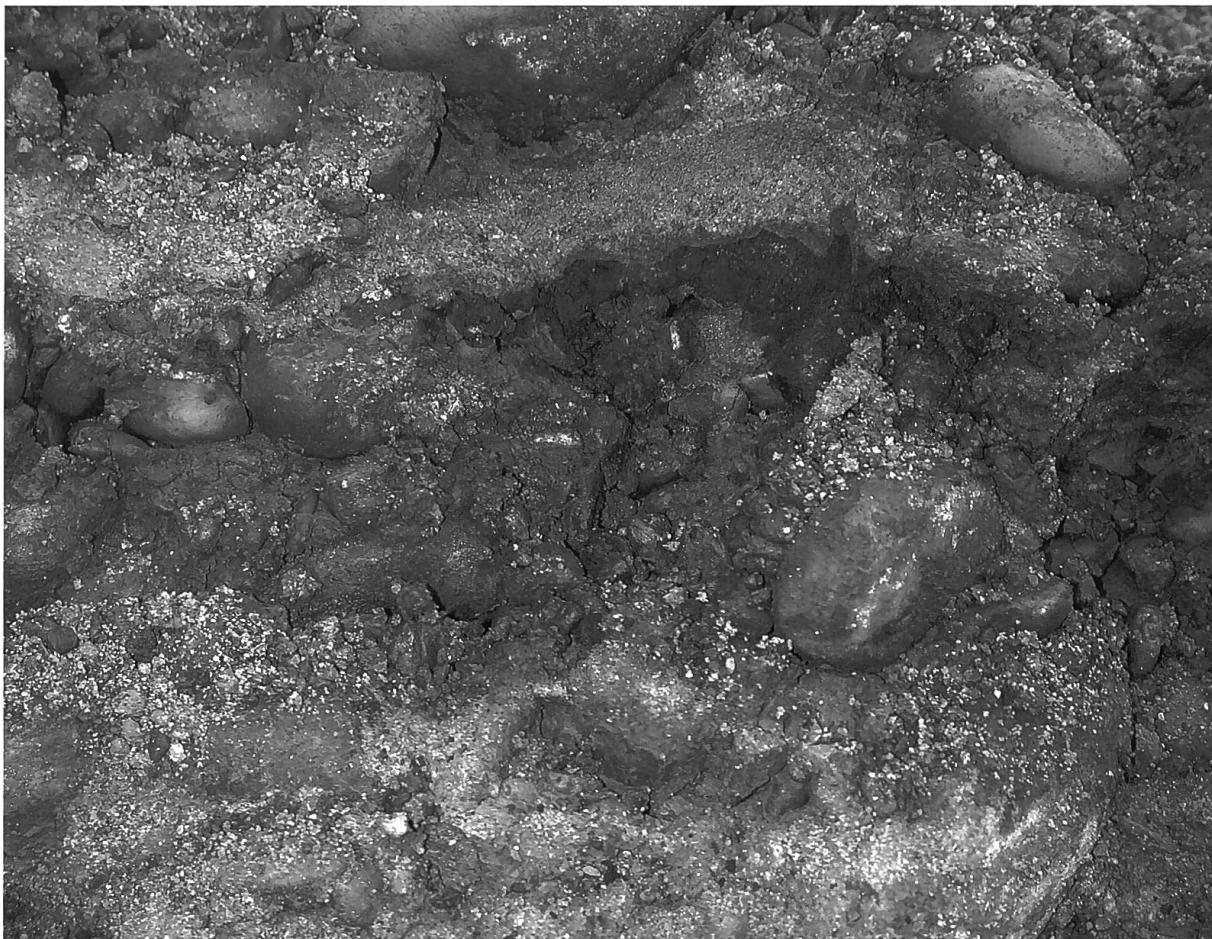


Abb. 3 Frisch angeschnittener Bodenhorizont in 2.2 bis 2.7 m Tiefe mit Ausfällungen von Sesquioxiden (horizontale, schwarze und braune Strukturen). Das Bild gibt den Blick auf eine nahezu senkrechte Baugrubenwand am Bachtelenweg im November 2005 wieder. Die Kiese und Steine im Bild haben einen Durchmesser bis zu einigen Zentimetern.

Foto: F.R. Storck

von Wasserleitungen beim Brunnen 10, Hochwasserentlastung des Aubachs beim Bachtelenweg) gut an Ausfällungen von Sesquioxiden zu erkennen war (Abb. 3) und die frühere Auendynamik bzw. gegenwärtige intermittierende Wässerung widerspiegelt.

Dennoch ist das Grundwasser in den Entnahmestellen überwiegend zu mehr als 60 % mit Sauerstoff gesättigt. Die obersten, oftmals lehmigen Bodenhorizonte sind teils reich an organischem Kohlenstoff (SOC – “soil organic carbon”, bis 4.2 %). In den Wässerstellen wachsen Bäume, Büsche und krautige Pflanzen wie *Alnus glutinosa* (L.) Gaert., *Euonymus europaeus* L., *Sambucus nigra* L., *Urtica dioica* L. und *Rubus fruticosus* L. Insbesondere letztere lassen auf eine gute Versorgung mit Stickstoff schließen. Exemplarisch untersucht wurden die bewaldeten Wässerstellen (WS) “Grendelgasse Rechts” (+W1) im Zentrum, “Hintere Stellimatten” (+W2) im nordöstlichsten Abschnitt der Langen Erlen sowie “Verbindungsweg” (+W3) (Abb. 4) und “Grendelgasse Links” (beide im Zentrum der Langen Erlen gelegen). Um Effekte der künstlichen Infiltration aufzuspüren, wurden zum Vergleich ungewässerte Flächen am “Bachtelenweg” und beim “Brunnen 10” sowie bei den “Gemeindematten Nord und Süd” herangezogen, die in den letzten Jahrzehnten vor allem als Grünland genutzt wurden.



Abb. 4 Impression von der Wässerstelle Verbindungsweg (+W3) während einer Wässerungsphase von Feld 1 im Juli 2006. Die aus dem Wasser ragenden Rohre sind Grundwassermessstellen, der Tisch dient der Aufnahme von Messgeräten. Die Installationen wurden bereits in Vorgängerarbeiten u. a. von Rüetschi (2004) genutzt.
Foto: F.R. Storck

3 Entfernung von DOC – Methoden und Ergebnisse

Storck & Alewell (2009) konnten mit Hilfe stabiler Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$) und der Chloridkonzentration zeigen, dass die Verdünnung mit natürlichem Grundwasser nur eine geringe Rolle spielt, wenn in den Wässerstellen Rheinwasser infiltriert wird. Die beobachteten Konzentrationsminderungen des DOC sind also nicht alleine auf Verdünnung zurückzuführen.

Ein Vergleich der Gehalte an organischem Kohlenstoff in der Festphase unter den Wässerstellen (+W2, +W3) und unter ungewässerten Referenzflächen (-W4) ergab keine Hinweise auf eine Akkumulation von organischem Kohlenstoff. Vielmehr deuteten Untersuchungen der stabilen Isotopensignatur $\delta^{13}\text{C}$ von organischem Material in der Festphase (+W2, +W3, -W3, -W4) sowie von Kohlensäure und CO_2 in der Wasser- bzw. Gasphase (+W2, +W3, -W3; -W4 nur Wasserphase) auf einen Abbau organischer Substanz. Ähnliche Schlüsse erbrachte ein Vergleich von Sauerstoff- und Nitratkonsum mit dem DOC-Rückhalt und der Gesamtkohlensäureproduktion auf dem Fliessweg (+W2, +W3, -W3; -W4 nur Wasserphase). Bezogen auf die Menge an Kohlenstoff wird offenbar sogar weit mehr organisches Material, das in der Festphase gebunden ist, mineralisiert, als DOC aus dem Infiltrat entfernt wird. Eine biologisch besonders aktive Zone wurde in

Tiefen zwischen 1 und 3 m ausgemacht, was Vermutungen von *Rüetschi* (2004) bestätigte. Ein temporär hoher Nitratkonsum sowie erhöhte Konzentrationen von N₂O und Methan im Untergrund bei gleichzeitiger Sauerstoffsättigung des infiltrierten Wassers über 50 % liessen auf das Vorliegen unterschiedlicher Redoxbedingungen auf engstem Raum schliessen (*Alewell et al.* 2008).

4 Entfernung von Spurenstoffen – Methoden und Ergebnisse

Die Entfernung von Spurenstoffen in den WS wurde von *Storck et al.* (2010, 2012b) in Säulenversuchen nachgestellt (Abb. 5). Dazu wurde kiesig-sandiges Material aus Unterbodenhorizonten der WS entnommen (beispielhaft in Abb. 6) und mit Rheinfiltrat perkoliert. Das Material erwies sich trotz kurzer Aufenthaltszeiten in den Säulen von < 1 Tag als erstaunlich effizient für den Rückhalt der iodierten Röntgenkontrastmittel (RKM) Iopromid, Iomeprol, Iohexol und Ioxitalaminsäure sowie des künstlichen Moschusduftstoffes Galaxolid. Atrazin und das RKM Amidotrizoësäure konnten nicht entfernt werden. Für die meisten Substanzen ist ein biologischer Ab- bzw. Umbau die wahrscheinlichste Ursache der auch im Feld beobachteten Konzentrationsminderungen (vgl. *Storck et al.* 2012a). Die biologische Aktivität des kiesig-sandigen Materials in den Säulen konnte durch Zugabe von geringen Mengen Zucker stimuliert werden. Damit einher ging eine teilweise deutlich erhöhte Spurenstoffentfernung für einige der untersuchten Stoffe wie etwa Galaxolid, Iopromid und Iohexol. Eine Zugabe von grösseren Zuckermengen führte jedoch zu einer Änderung



Abb. 5 Laborsäulen anlage aus Edelstahl (links und rechts, Höhe 1 m, Durchmesser 50 cm) mit Mess- und Regeltechnik (Bildmitte) zur automatisierten Gas- und Wasserprobenahme und zur Aufzeichnung verschiedener Parameter wie Temperatur, Durchfluss, CO₂-Konzentration. Der Säulenkorpus wurde nach Plänen von F.R. Storck überwiegend von den Werkstätten der IWB gefertigt, die Steuer-, Mess- und Regelungseinheiten von F.R. Storck konzipiert, programmiert und zusammengesetzt. Standort der Säulen anlage war die Schnellfilteranlage der IWB im Süden der Langen Erlen.

Foto: F.R. Storck



Abb. 6 Im November 2005 wurde mit Rotationskernbohrungen in Feld 1 der Wässerstelle Verbindungs weg (+W3) Material gewonnen. Die hellen und dunklen Balken auf der Massstabsleiste sind jeweils 10 cm lang. Das Material wurde für Perkolationsversuche in die Laborsäulenanlagen eingefüllt, nachdem Teilproben zur Analyse auf verschiedene Parameter entnommen worden waren.

Foto: F.R. Storck

des Redoxmilieus hin zu reduzierenden Bedingungen einschliesslich Methanogenese und zu einer Verringerung der Reinigungsleistung für einige Substanzen. Ein derartiger redoxabhängiger Stoffrückhalt ist auch für Uferfiltrationssysteme bekannt (Storck et al. 2012c).

Eine Belastung der Wässerstellen mit biologisch leicht abbaubaren Verbindungen wie dem modellhaft verwendeten Zucker ist bis zu einem gewissen Ausmass tolerierbar. Bei höheren Belastungen kann jedoch die Reinigungsleistung für verschiedene Spurenstoffe vermindert werden, und es können weitere unerwünschte Effekte auftreten. In den Säulen wurden bei hoher Zuckerkonzentration und dem dadurch induzierten Wechsel der Redoxbedingungen Manganverbindungen mobilisiert, die im realen System bei der Trinkwasserproduktion stören würden. Zudem nahm die CO₂-Produktion stark zu, was im Feld zu Kapazitätsproblemen bei der Entsäuerung im Wasserwerk führen könnte. Schliesslich konnten die Säulen trotz gesteigerter biologischer Aktivität die Zuckerzufuhr nicht mehr restlos bewältigen, und die Ablaufkonzentration an gelöstem organischem Kohlenstoff stieg stark an. Falls dieses Szenario in den Wässerstellen auftreten sollte, dürfte es im Wasserwerk zu einer Überforderung der Aktivkohlereinigung und der UV-Desinfektion führen, ausserdem wäre eine Wiederverkeimung des Wassers wahrscheinlich.

5 Fauna und mikrobiologische Verhältnisse – Methoden und Ergebnisse

Schütz (2008) untersuchte Regenwürmer und gruppierte die Arten nach ihrer Lebensweise bzw. dem Hauptaufenthaltsort. Epigäische Arten, z. B. *Lumbricus rubellus* (Abb. 7), leben immer im obersten Teil des Bodens, insbesondere im Humus und in der Streuauflage. Anözische Arten sind Tiefgräber (z. B. *L. terrestris* bis 3 m Tiefe) und kommen nur zur Nahrungsentnahme in obere Bodenhorizonte. Dabei verfrachten sie diese in grössere Tiefen, wodurch sie entscheidend zur Bodenverbesserung beitragen. Die individuelle Lebensdauer beträgt bei *L. rubellus* etwa ein Jahr und bei *L. terrestris* mehrere Jahre, letzterer wird auch erst nach einem Jahr geschlechtsreif und hat eine geringere Vermehrungsrate als *L. rubellus*. *L. terrestris* kommt überall vor, wo die Böden tiefgründig sind (also auch im Ackerland). Endogäische Arten leben im mineralischen Boden mit stärker und feiner zersetztchem Material in ca. 30 bis 50 cm Tiefe (z. B. *Aporrectodea caliginosa*).

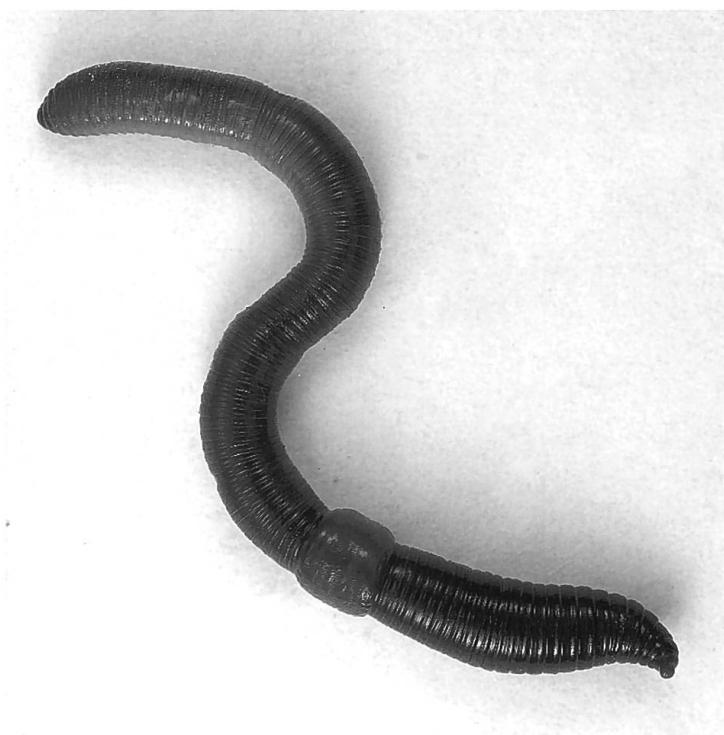
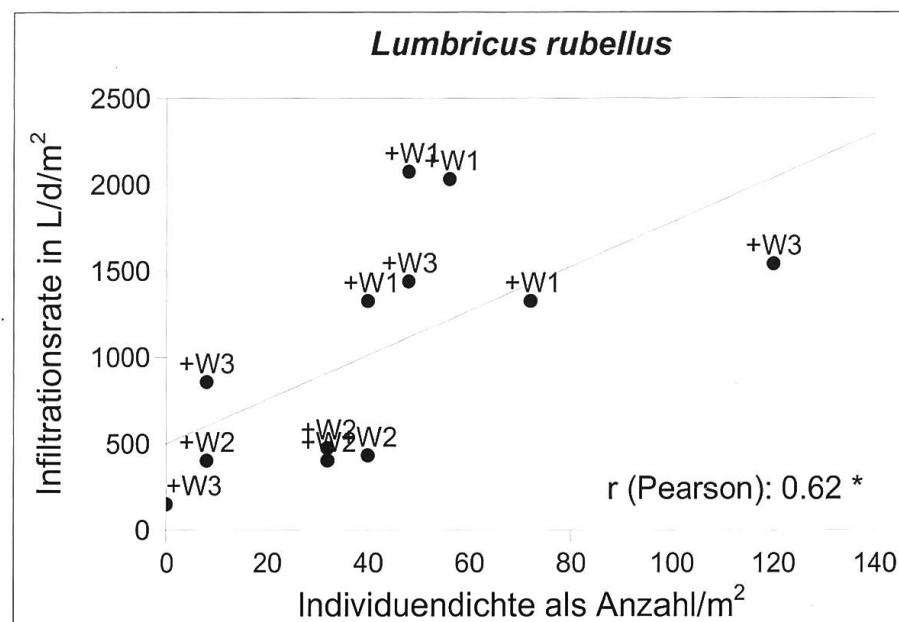


Abb. 7 *Lumbricus rubellus* (Hoffmeister, 1843) – Roter Waldregenwurm – lebt vor allem in der Streuauflage und im Humushorizont in Wäldern (auch Nadelwäldern!) und Grünland sowie in Komposthaufen und hat eine sehr hohe Vermehrungsrate. *L. rubellus* ist mit 70–120 mm Länge durchschnittlich wesentlich kürzer als *L. terrestris* (Linnaeus, 1758; Gemeiner Regenwurm, 90–300 mm). Beide Arten sind rötlich bis purpurfarben gefärbt, aber *L. terrestris* wird nach hinten blasser und besitzt zusätzlich einen rötlichen Rückenlängsstrich.
Foto: K. Schütz

Schütz (2008) fand auf gewässerten Flächen im Vergleich zu ungewässerten Flächen eine höhere Anzahl endogäischer und anözischer Spezies, insbesondere bei den anözischen Spezies war in den Wässerstellen auch die Biomasse deutlich grösser. Weiter konnte gezeigt werden, dass die Infiltrationsleistung der Wässerstellen mit der Gesamtzahl der Regenwürmer pro Fläche sowie dem Vorkommen bestimmter ökologischer Gruppen (endogäische und epigäische) bzw. Arten (*Allolobophora chlorotica* (Savigny) und *Lumbricus rubellus* (Hoffmeister)) korreliert ist (Abb. 8). Die Populationsdichte der Regenwürmer wurde positiv von der periodischen Überflutung der Wässerstellen beeinflusst. Besonders *L. rubellus* scheint durch das periodische Wässern der Flächen bevorteilt zu sein. Da die Gänge dieser in den Wässerstellen zahlenmässig besonders stark vertretenen Spezies auf die oberen Bodenschichten beschränkt sind (Edwards & Bohlen 1996), könnte ihr Beitrag zur Aufrechterhaltung der Infiltrationskapazität eine wichtige Rolle spielen (Schütz 2008, Schütz et al. 2008).

Abb. 8 Korrelation von Regenwurmdichte und Infiltrationsrate am Beispiel von *L. rubellus*. Die Abkürzungen +W1 bis +W3 bezeichnen die Wässerstellen im Untersuchungsgebiet (vgl. Abb. 2) (aus Schütz 2008).



Extrahierbares DOC war in den Bodenhorizonten unter den Wässerstellen in deutlich geringerer Masse vorhanden als unter der ungewässerten Referenzfläche "Bachtelenweg". Dies passt gut zu den Befunden von Storck (2014), dass keine Akkumulation von DOC, sondern sogar eher ein zusätzlicher biologischer Abbau von SOC erfolgt. Die Konzentrationen von extrahierbarem Nitrat waren dagegen in den Böden unter den Wässerstellen höher, was insbesondere auf die permanente Zufuhr von Nitrat mit der Wässerung zurückzuführen sein dürfte. Generell zeigte sich eine Abnahme der extrahierbaren DOC- und Nitratkonzentrationen mit der Bodentiefe. Der Hauptanteil der Biomasse in den untersuchten 340 cm tiefen Profilen fand sich in den obersten Zentimetern des Bodens, jedoch wurden auch in Tiefen zwischen 40 und 340 cm noch erhebliche Anteile von 42 bis 58 % vorgefunden (Schütz et al. 2010). Letztere Zone im Unterboden scheint zudem biologisch besonders aktiv zu sein, da hier auch hohe Konzentrationen von CO₂ und N₂O gemessen wurden (Alewell et al. 2008).

Das Wässerungsregime beeinflusst deutlich die Zusammensetzung der mikrobiologischen Gemeinschaft. So war die mikrobielle Biomasse unter den WS bis in etwa 160 cm Tiefe meist höher als unter der ungewässerten Fläche am "Bachtelenweg". Ebenso war die mikrobielle Bodenatmung unter den WS bis 160 cm Tiefe stets deutlich intensiver als unter der Referenzfläche. Auch die Anteile von verschiedenen Phospholipidfettsäuren (PLFA – "phospholipid fatty acids"), die einen Rückschluss auf das Vorhandensein bestimmter Bakteriengruppen zulassen, wurden von der Wässerung beeinflusst. Besonders deutlich bemerkbar macht sich die intermittierende Infiltration im oberen Bereich der ungesättigten Zone, wo gram-negative Bakterien (Gram-negativ bezieht sich auf die Art des Nachweises dieser Bakteriengruppe mit einem wasserunlöslichen Farbkomplex, dem sog. Gramtest. Bei gram-negativen Bakterien kann der im Farbstest in der Zelle gebildete Komplex die Zellwand passieren, wenn mit Alkohol extrahiert wird, wodurch sich die Zelle entfärbt. Bei gram-positiven Bakterien bleibt die Färbung dagegen erhalten.) offenbar vom permanenten Wechsel der Bedingungen begünstigt werden (Schütz et al. 2009).

6 Diskussion und Fazit

Aus den Ergebnissen der Säulenversuche lässt sich ableiten, dass eine Verschmutzung des Rheins im Fassungsbereich für die Rohwasserentnahme auch mit leicht biologisch abbaubaren Stoffen sehr kritisch ist und ein Eintrag in die Wässerstellen möglichst unterbunden werden muss. Risiken bestehen etwa durch den Transport grosser Mengen von organischen Lösemitteln und anderen Verbindungen auf dem Rhein (*Wüller & Meury 2010*), aber auch Stofffreisetzung von Chemie- und Pharmabetrieben, Lebensmittelverarbeitern oder aus Abwasserreinigungsanlagen sind denkbar. In Bezug auf den Rückhalt der untersuchten Spurenstoffe und von DOC können die kiesig-sandigen Unterbodenhorizonte offenbar einen wichtigen Beitrag leisten. Für eine permanente Sorption von bei der Wässerung eingetragenem DOC und eine damit verbundene Erschöpfung der Reinigungsleistung der Wässerstellen gibt es keine Anhaltspunkte. In Abhängigkeit vom Infiltrationsregime leistet die Verdünnung mit natürlichem Grundwasser einen gewissen Beitrag zur Konzentrationsminderung bei DOC und Spurenstoffen.

Der wesentliche Reinigungsprozess bei laufender Infiltration scheint jedoch der biologische Abbau von organischen Verbindungen zu sein, der sich nicht nur auf den DOC, sondern auch auf den SOC erstreckt. Durch die Wässerung bedingte Unterschiede in der Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft zeigten sich vor allem in der besonders biologisch aktiven Zone in Tiefen zwischen 100 und 220 cm, weniger ausgeprägt auch darunter bis 340 cm Tiefe. Gerade in diesem Bereich zwischen durchwurzeltem Boden und einigen Dezimetern über dem Grundwasserspiegel scheint ein wesentlicher Anteil der Reinigungsprozesse abzulaufen.

Regenwürmer tragen auf natürliche Art und Weise dazu bei, die Infiltrationskapazität der WS aufrechtzuerhalten. Als Nebeneffekt erfolgt vermutlich auch eine schnellere Belüftung der Oberboden- und darunter liegenden Horizonte nach der Wässerung, die einen aeroben Abbau von Spurenstoffen fördert. Da in den Langen Erlen auch Hinweise auf anoxisches bzw. reduzierendes Redoxmilieu gefunden wurden und einige Spurenstoffe unter diesen Bedingungen besser abgebaut werden, könnte hierin eine Erklärung für die hohe Reinigungseffizienz des Gesamtsystems Lange Erlen sowohl für DOC als auch für verschiedene Spurenstoffe liegen. Die Ergebnisse der beiden Arbeiten legen nahe, dass das System Lange Erlen in Bezug auf die untersuchten Parameter nachhaltig betrieben wird und langfristig für die Trinkwasserproduktion nutzbar ist.

Literatur

- Aleweli C., Paul S., Lischeid G. & Storck F.R. 2008. Co-regulation of redox processes in freshwater wetlands as a function of organic matter availability? *Science of the Total Environment* 404(2–3): 335–342.
- Edwards C.A. & Bohlen P. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. New York, 1–426.
- Golder E. 1991. *Die Wiese – ein Fluss und seine Geschichte*. Baudepartement Basel-Stadt, Basel, 1–186.
- Leibundgut C., Külls C. & Adolph G. 2008. *Endbericht zur Modellierung und Isotopenuntersuchung in den Langen Erlen ERGO*. Bericht des Instituts für Hydrologie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., im Auftrag der Industriellen Werke Basel (IWB), Basel, 1–57.
- Regli C., Huggenberger P., & Küry D. 2000. *Revitalisierung Wiese. Austauschprozesse Fluss Grundwasser und Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften*. BS 7/114. Bericht des Geologisch-Paläontologischen Institutes, Universität Basel und Life Science AG, Basel, im Auftrag der Wiesekommission, Baudepartement Basel, 1–94 + app.
- Rüetschi D. 2004. *Basler Trinkwassergewinnung in den Langen Erlen. Biologische Reinigungsleistungen in den bewaldeten Wässerstellen*. Inauguraldissertation, Universität Basel, 1–448.
- Schütz K. 2008. *Artificial groundwater recharge in forests - soil fauna and microbiology*. Inauguraldissertation, Universität Basel, 1–137.
- Schütz K., Nagel P., Dill A. & Scheu S. 2008. Structure and functioning of earthworm communities in wood-

- land flooding systems used for drinking water production. *Applied Soil Ecology* 39(3): 342–351.
- Schütz K., Nagel P., Vetter W., Kandeler E. & Ruess L. 2009. Flooding forested groundwater recharge areas modifies microbial communities from top soil to groundwater table. *FEMS Microbiology Ecology* 67(1): 171–182.
- Schütz K., Kandeler E., Nagel P., Scheu S. & Ruess L. 2010. Functional microbial community response to nutrient pulses by artificial groundwater recharge practice in surface soils and subsoils. *FEMS Microbiology Ecology* 72(3): 445–455.
- Storck F.R. & Alewell C. 2009. Nachweis des Abbaus organischer Substanz während der künstlichen Grundwasseranreicherung mit Hilfe stabiler Kohlenstoff-Isotope. In: Wasserchemische Gesellschaft – Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (Hrsg.): *Kurzreferate, Wasser 2009, 18.–20.05.2009, Stralsund*. Berlin, 92–96.
- Storck F.R., Alewell C., Schmidt C.K., Krieger M. & Wülser R. 2010. Reinigungsleistung von kiesig-sandigen Auensedimenten am Beispiel von TOC, Galaxolid und Koffein sowie Röntgenkontrastmitteln. In: Wasserchemische Gesellschaft – Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (Hrsg.): *Kurzreferate, Wasser 2010, 10.–12.05.2010, Bayreuth*. Berlin, 253–257.
- Storck F.R., Schmidt C.K., Wülser R. & Brauch H.-J. 2012a. Effects of boundary conditions on the cleaning efficiency of riverbank filtration and artificial groundwater recharge systems regarding bulk parameters and trace pollutants. *Water Science & Technology* 66(1): 138–144.
- Storck F.R., Schmidt C.K., Wülser R. & Alewell C. 2012b. Fate of iodinated X-ray contrast media in a soil column percolation experiment simulating elevated dissolved organic carbon (DOC) by amendment of saccharose. In: Society of Environmental Toxicology and Chemistry Europe (SETAC Europe) (Hrsg.): *Abstract Book 6th SETAC World Congress/SETAC Europe 22nd Annual Meeting, 20.–24.05.2012, Berlin*. Brussels, 348.
- Storck F.R., Schmidt C.K., Lange F.T., Henson J.W. & Hahn K. 2012c. Factors controlling micropollutant removal during riverbank filtration. *Journal – American Water Works Association (AWWA)* 104(12): E643–E652.
- Storck F.R. 2014. *Verbleib von DOC und Spurenstoffen bei der Grundwasseranreicherung in den Langen Erlen (Basel)*. Veröffentlichungen aus dem DVGW-Technologiezentrum Wasser 63, Karlsruhe, zugl. Diss. u.d.T. Fate of dissolved organic carbon and organic trace pollutants in the artificial groundwater recharge site Lange Erlen (Basel), Technische Universität Berlin, 1–179.
- Wülser R. & Meury P. 2010. Risikokataster des Rheins oberhalb der Staustufe Birsfelden. In: *Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein (AWBR), Jahresbericht 2009*, Hrsg.: Geschäftsstelle der AWBR, Freiburg, Deutschland, 65–93.
- Zechner E. 1996. *Hydrogeologische Untersuchungen und Tracertransport-Simulationen zur Validierung eines Grundwassersmodells der Langen Erlen (Basel-Stadt)*. Inauguraldissertation, Universität Basel, 1–156.

