

Holger SCHINDLER und Hans Jürgen HAHN

Beobachtungen zu Quellen im Pfälzerwald

Was sagt uns die Quellschüttungsmenge über den Zustand der Quellen im Klimawandel?

<https://doi.org/10.63653/pbfg9988>

Die Wald- und Offenlandquellen im Gebiet des Pfälzerwaldes werden schon seit 1995 mit teils hohem wissenschaftlichem Aufwand kartiert und beprobt (FIEDLER-WEIDMANN & HAHN 1996; SCHINDLER 2005; WINTER & SCHINDLER 2012). Forschende können auf diese breit angelegten Datensätze zurückgreifen und Veränderungen dieser wertvollen Inselbiotope sichtbar machen. Dies betrifft insbesondere Quellschüttungsveränderungen. War ein Rückgang dieser Veränderungen bis 2022 noch schwer nachweisbar, so änderte sich dies mit Arbeiten ab 2023, wo statistisch sehr klare Rückgänge im Vergleich zu älteren Erhebungen vor der und um die Jahrtausendwende nachgewiesen wurden. Dies bringt über verkleinerte Biotopflächen auch die Lebensgemeinschaften dieser besonders besiedelten Biotope in Bedrängnis, sodass Schutzmaßnahmen für Quellbiotope immer dringlicher werden.

Quellen im Biosphärenreservat Pfälzerwald

In Zeiten des Klimawandels gehören Quellen als Brennpunkte der Artenvielfalt zu den Top-Zeigern für Veränderung. Immer mehr rücken sie in den Fokus – nicht nur in der Wissenschaft (LICHTENWÖHRER et al. 2022). Aktuell gehen Interessenskonflikte um das kostbare Nass zwischen Großkonzernen und Naturschutzverbänden durch die Presse und auf politischer Seite wurde die Nationale Wasserstrategie beschlossen (NWS 2023).

Buntsandsteingeprägte Waldquellen mit noch hoher Schüttung, aber deutlichem Temperaturanstieg

Unter dem Pfälzerwald mit seinem Buntsandstein finden sich nach dem Oberrheingraben die größten Grundwasserreserven des Landes Rheinland-Pfalz – und stark schüttende Quellen mit hervorragender Trinkwasserqualität. Beim Pfälzerwald handelt es sich um das größte zusammenhängende Waldgebiet Deutschlands und das Klima ist deutlich kühler als in den

Abbildung 1:

Schüttung des Schwabensbrunnens im April 2001 und 2025 im Vergleich (Foto: Holger Schindler)

meisten anderen Regionen der Pfalz. Trotzdem lässt sich auch hier ein Anstieg der durchschnittlichen Lufttemperatur um 1,7°C nachweisen. Diese Erwärmung spiegelt sich nach neuen Ergebnissen bereits jetzt in einem Anstieg der mittleren Grundwassertemperatur, somit auch der mittleren Quellwassertemperatur und den Lebensgemeinschaften in Quellen (KÜRY et al. 2016). Das Sterben kälteliebender Bacharten in Hitzeperioden wurde bereits an Forellen und Muscheln beobachtet. Sie müssen zunehmend in die (noch) kühleren Oberläufe wandern, sodass die Konkurrenz zu vorhandenen Oberlauf- und Quellarten steigt.

Vielfältiger, geschützter Lebensraum mit eigener Biozönose und hoch spezialisierten Arten

Quellen sind gesetzlich nach § 30 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) vor Veränderungen geschützt, wobei die besondere Bedeutung der Quellen erst seit etwa 30–40 Jahren bekannt ist. Sie weisen je nach örtlichen Bedingungen eine spezielle Fauna und Flora auf. In Mitteleuropa sind bislang etwa 1.500 Tierarten in heimischen Quellen nachgewiesen, davon etwa 500 Quellspezialisten. So kommen beispielsweise Köcherfliegen, Wasserkäfer, Zweiflügler, Schnecken, Muscheln, Krebse, Steinfliegen, Libellen und Wirbeltiere wie der Feuersalamander vor. Viele Arten sind geschützt beziehungsweise auf der Roten Liste, was im fortschreitenden Klimawandel wahrscheinlich zunehmen wird. Auch quellspezifische Pflanzen wie das Milzkraut, weitere Kräuter und viele wassergebundene Moose wachsen in und um Quellen.

Wichtig: Naturnahe, laubgeprägte Waldgesellschaften

Nur an standortheimische Laubwälder und ausschließlich an ihr Laub sind die Quellorganismen angepasst und können es als Nahrung im sonst fast nährstofffreien Wasser verwerten. Auch der Lichthaushalt ist wichtig. Geschlossene Nadelbaumbestände am Ufer und im Umfeld, wie beispielsweise die der Fichte, lassen nicht nur noch Moose gedeihen, sondern tragen auch zur Versauerung bei und entziehen dem Boden ganzjährig Wasser. Dagegen haben naturnahe Laubwälder viele positive Auswirkungen auf den Lebensraum Quelle, die Grundwasserneubildung und die (Trink-)Wasserqualität. Viele Quellen sind trotz Schutzstatus anthropogen stark beeinträchtigt. Nutzungen und Umfeldveränderungen der Quellbereiche umfassen Trinkwasserfassungen, sonstige Wasserentnahmen und Ausbau sowie Verrohrungen

und Verfüllungen, was einen direkten Lebensraumverlust zur Folge hat.

Vielfältige Ansprüche in Zeiten des Klimawandels

Insgesamt gehen die Quellschüttungen mit der Klimaerwärmung zum Teil deutlich zurück. Nach aktuellen Daten des Landesamtes für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU) beträgt der Rückgang der Grundwasserneubildung im Pfälzerwald 28 % in den letzten 20 Jahren. Schütten Quellen in tieferen Lagen und Tallagen noch relativ gleichmäßig, so versiegen sie in den Hochlagen mit kleinen Einzugsgebieten zunehmend. Hinzu kommen hohe sommerliche Wasserentnahmen zu Trinkwasserzwecken, die vor allem in Trockenjahren zu massivem Wasserverlust in der Landschaft bis hin zu örtlicher Grundwasserzehrung durch Tiefbrunnen führen können (FLUSS et al. 2021). Da der Buntsandstein eine große Bedeutung für die Versorgung auch angrenzender Regionen hat, verschärfen diese Wasserentnahmen die Situation durch die geringere Grundwasserneubildung zusätzlich.

Quellen als Klimawandelzeiger: Ergebnisse langjähriger Monitorings

An der Schnittstelle Quelle mit den gleichbleibenden Bedingungen ihrer Wassereigenschaften (Temperatur, Austrittsmenge) sind mittel- und langfristige Klimawandelfolgen besonders gut sichtbar. Es gibt standardisierte Verfahren in Rheinland-Pfalz zur Kartierung und Bewertung von Quellen sowie ihrer Struktur (Quellen-Aufnahme und Bewertungs-Software des Landes Rheinland-Pfalz [QABS]). Über ein repräsentatives Waldquellenmonitoring der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF) in Trippstadt werden seit 2004 im Biosphärenreservat Pfälzerwald 30 Quellen umfassend untersucht (WINTER & SCHINDLER 2012; SEGATZ & SCHINDLER 2018). Neben einzelnen Verschlechterungen der Besiedlung (Arten- und Individuenzahlen) durch Neufassung und Pflege sowie Forstarbeiten hat sich bei der Fauna insgesamt wenig verändert, es wurden leichte Verbesserungen, vor allem durch eigendynamische Prozesse, festgestellt (108 Tierarten, 45 Quellarten, elf Erstnachweise im Pfälzerwald, sieben Rote-Liste-Arten). Bei der Flora wurde eine leichte Zunahme der Gefäßpflanzenarten und eine Abnahme der Moosarten festgestellt, was an Kleinklima- und Mikrohabitatveränderungen (Klimawandel) oder an Nährstoffmobilisierungen liegen kann.

PH-Wert erhöht sich, Schüttungen nur in Einzelfällen verändert

Eine mittlerweile leichte pH-Wert-Erhöpfung bei gleichzeitig signifikanter Abnahme von Sulfat, DOC und Aluminium verbessert die Lebensbedingungen für eine natürliche Quellflora und -fauna und gibt einen Hinweis auf den Rückgang schwefelsaurer Emissionen sowie der Versauerung insgesamt (SEGATZ & SCHINDLER 2018). Nur in Einzelfällen ging die Schüttung zurück und wirkte sich auf die Biologie aus. Insgesamt gab es bis 2022 keine statistisch nachweisbaren Änderungen, vermutlich da die Folgebeprobungen nach 2004 vor allem in nassen Perioden stattfanden. Insgesamt lagen die Schüttungen zwischen 0 und sieben Litern pro Sekunde (Median: 1 l/s). Doch bereits 2016 trockneten einzelne Oberhangquellen aus und die Quellbereiche verkleinerten sich.

Nach Trockenjahren: Schüttungsrückgang und periodisches Versiegen

Ab 2023 wurde in einer Masterarbeit erstmalig ein signifikanter Rückgang der Schüttung im Vergleich zu Messungen um die Jahrtausendwende nachgewiesen (Median 3,25 l/s 1996/2002; Median 1,05 l/s 2023), wobei Spätwintermessungen 2022/23 mit Frühjahrswerten 1995/2002 verglichen wurden, sodass die Werte streng genommen nicht ganz vergleichbar sind. Der deutliche Schüttungsrückgang bis hin zu periodischem Trockenfall wirkt sich insbesondere auf quelltypische und quellliebende Arten aus, da sich das Habitat verkleinert, das Fließgewässer unterbrochen wird und teils auch verockerte. Dies erhöht die Konkurrenz innerhalb der Lebensgemeinschaften und isoliert die Populationen. Inwieweit die Temperaturänderung eine Rolle spielt, ist noch in der Diskussion (Von FUMETTI & ABERHALDEN 2024; EBNER et al. 2019; EBNER et al. 2022; TIMONER et al. 2020; KLOCKMANN et al. 2016).

Aktuelle Daten: Schüttungsergebnisse der letzten zwei Jahre

Neue Erhebungen an 22 (jeweils April) beziehungsweise 35 (März und April) ausgewählten Quellen im Vergleich zu historischen Untersuchungen im mittleren Pfälzerwald (FIEDLER-WEIDMANN & HAHN 1996; Abbildung 2) und dem südlich gelegenen Wasgau (SCHINDLER, GUTENSOHN & HAHN 2002; Abbildung 3) zeigen jeweils einen signifikanten Schüttungsrückgang im Vergleich zu Werten von vor 25 bis 30 Jahren. Trotz des relativ niederschlagsreichen Jahres 2024 konnte im Wasgau an elf Quellen im April 2025 (Median = 3,2 l/s) ein signifikanter

Quellschüttungen zentraler Pfälzerwald
(Aprilbeobachtung) 1995 versus 2024 und 2025

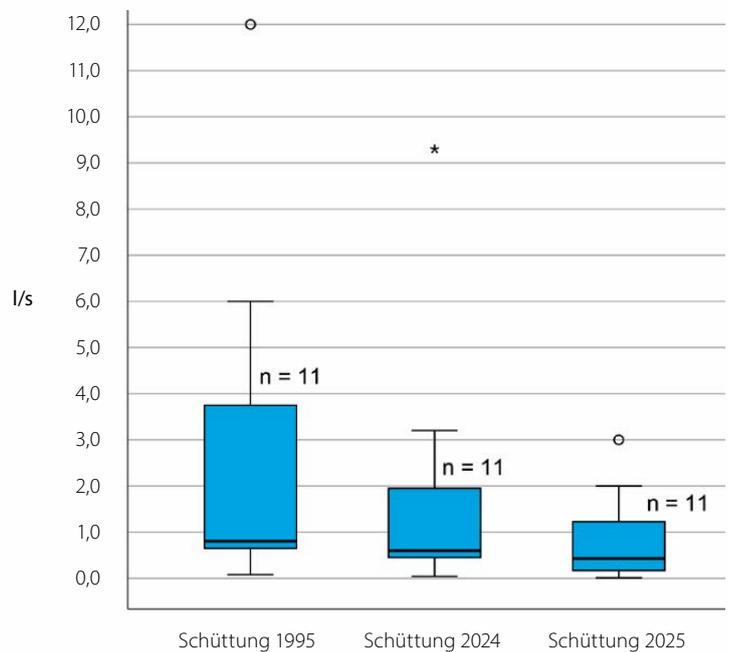


Abbildung 2:

Vergleichende Schüttungen ausgewählter Bergwaldquellen der Aprilbeobachtung in l/s aus den Jahren 1995 (n = 11, links), 2024 (n = 11, Mitte) und 2025 (n = 11, rechts) im zentralen Pfälzerwald

Quellschüttungen südlicher Pfälzerwald
(Aprilbeobachtung) 2001 versus 2025

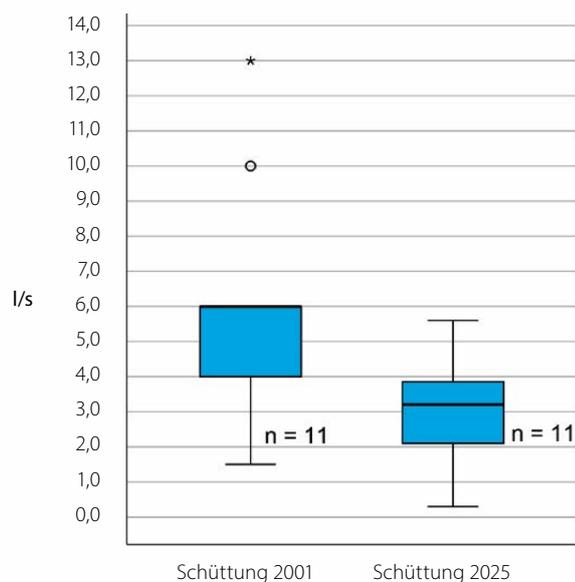


Abbildung 3:

Vergleichende Schüttungen ausgewählter Quellen der Aprilbeobachtung in l/s aus den Jahren 2001 (n = 11, links) und 2025 (n = 11, rechts) der talrandgeprägten Quellenlandschaft im Wasgau (südlicher Pfälzerwald)

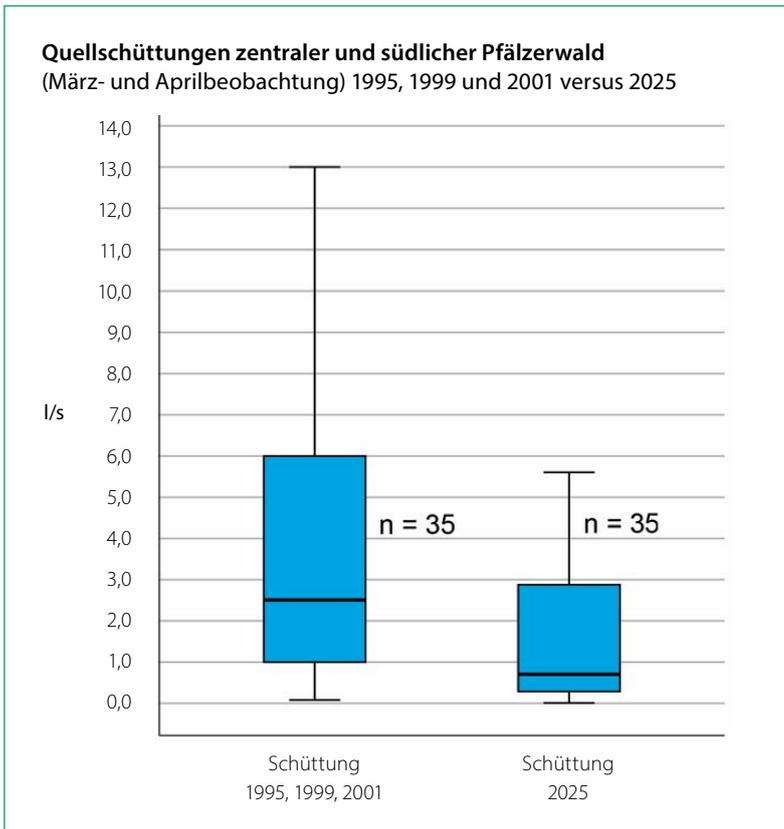


Abbildung 4: Schüttungen aller Quellen aus der Frühjahrsbeobachtung (März/April) in l/s im zentralen und südlichen Pfälzerwald; links: Zusammengefasste Messwerte aus den Beprobungsjahren, die vor dem Hitzejahr 2003 lagen: 1995 (n = 11), 1999 (n = 1) und 2001 (n = 23) im Vergleich zum Jahr 2025 (n = 35, rechts)

Rückgang im Vergleich zum Jahr 1995 (Median = 6,0 l/s) nachgewiesen werden ($p < 0,006$, $n = 22$). Auch im zentralen Pfälzerwald wurde an elf weiteren Quellen im Frühjahr 2025 (Median = 0,43 l/s) ein signifikanter Rückgang der Schüttung im Vergleich zum Jahr 1995 (Median = 0,8 l/s) beobachtet ($p < 0,003$, $n = 22$). An diesen höhergelegenen Quellen zeigte sich 2024 ein deutlicher Unterschied innerhalb der Schüttungen zwischen Luv- und Leeseiten beziehungsweise Ost- und Westhängen. Unter einem signifikanten Wasserverlust innerhalb des meteorologischen Winterhalbjahrs litten 2024 vor allem die zentral und östlich liegenden Ober- und Mittelhangquellen, wohingegen bei westlich und oft etwas tiefer liegenden Quellen leichte Schüttungszunahmen beobachtet wurden. Abbildung 3 fasst beide Untersuchungen sowie Messungen an weiteren Quellen zusammen. Auch hier waren die Unterschiede signifikant ($p < 0,001$, $n = 35$).

Insgesamt ist also bislang von einem Trend zu geringeren Schüttungen bis zu einer möglichen (Teil-) Austrocknung im Sommer unserer Gewässer auszugehen. Die meisten Klimamodelle sagen hier trockenere Verhältnisse voraus (DWD, Institut für Klimawandelfolgen Rheinland-Pfalz).

Flächendeckender Schutz und Monitoring immer bedeutsamer

Aus diesem Grund müsste mit einem systematischen Schutz und Monitoring von Quellen (und ihren Einzugsgebieten) begonnen beziehungsweise diese verstärkt werden. Erste Ansätze sind vorhanden und einzelne Renaturierungen (Naturschutzverband BUND, Daniel-Theysohn-Stiftung Ludwigswinkel) auch schon umgesetzt: So will etwa die Biosphärenreservatsverwaltung in Zukunft Quellen im Pfälzerwald erfassen und verbessern. Ein Erfassungswerkzeug ist mit dem Quellenleitfaden (Verfahren QABS) des Landes verfügbar.

Natürliche Beschattung und Stärkung aller Gewässer

Natürliche und naturnahe Quellen sollten erhalten oder geschädigte Quellen renaturiert werden, auch nicht mehr benötigte Quellen der Wasserversorgung. Alle Verrohrungen sollten entfernt werden. Ein effektiver und kostengünstiger Schutz sind hohe sommerliche Beschattungsgrade, angefangen von den Austritten über den Quellbach bis hin zum unteren Bachabschnitt durch standortheimische Strauch- und Baumarten (unter anderem Schwarzerle, Faulbaum, Weide, Rotbuche). Grundsätzlich schützt eine standortheimische, laubbaumgeprägte Vegetation alle Gewässerbereiche vor sommerlicher Erwärmung und fördert die Grundwasserneubildung im Wald.

Viel Renaturierungs- und Rückhaltepotenzial in der Feldflur

Leider ist die gesamte Bewirtschaftung der Landschaft und der Gewässer noch auf frühere Jahrzehnte mit ihrem relativen Wasserreichtum ausgerichtet. Man sieht dies an der Entwässerung der Landschaft in Wald und Feld durch Gräben und Dränagen. Sie müssten rückgebaut werden, um Regenwasser in der Landschaft zu halten und um Dürrephasen besser zu überstehen. Dies kann durch viele kleine (kostengünstige) Maßnahmen an Wegen wie Mulden und

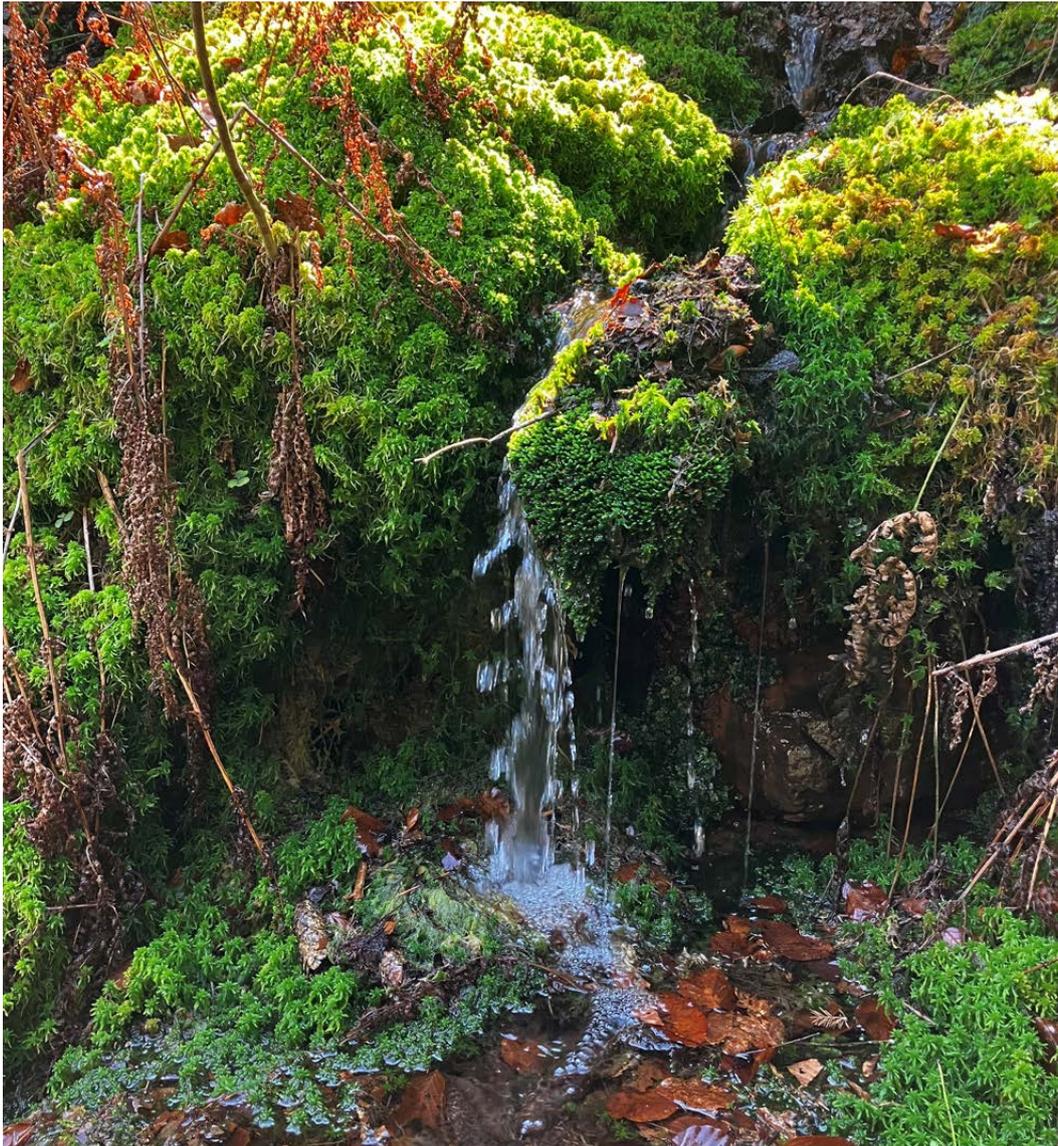


Abbildung 5:
Der große Buchelbrunnen –
ein Beispiel einer Quelle mit
zurückgehender Schüttung
(Bild: XXX).

Rohrdrosseln gefördert werden sowie durch Rückbau der Entwässerungen. Auch hier würden sich mehr Schattenspendler, vor allem im Sommer, positiv auswirken.

Sollte sich der aktuelle Klimatrend fortsetzen, so ist mit verschärften Negativeffekten, nicht nur in und um Quellen, sondern auch im gesamten Wasserhaushalt, zu rechnen. Dabei führt der Rückgang der Grundwasserneubildung zu gravierendem aquatischem Lebensraum- und Artenverlust, weshalb ein konsequenter Gewässerschutz erforderlich ist. Nur so werden sich Quell- und Fließgewässerlebensräume mit ihren teils hochspezialisierten und kälteliebenden Arten wieder natürlicher entwickeln können.

Literatur

- EBNER, J., RITZ, D. & VON FUMETTI, S. (2019): Comparative proteomics of stenotopic caddisfly *Crunoecia irrorata* identifies acclimation strategies to warming. – *Molecular Ecology* 00: 1–17
- EBNER, J., WYSS, M.-K., RITZ, D. et al. (2022): Effects of thermal acclimation on the proteome of the planarian *Crenobia alpina* from an alpine freshwater spring. – *Journal of Experimental Biology* 225.
- FLISS, R., BAUMEISTER, C., GUDERA, T. et al. (2021): Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasser und die Wasserversorgung in Süddeutschland. – *Grundwasser, Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie*, Springer Verlag, Heidelberg: 33–45.
- KLOCKMANN, M., SCHARRE, M., HAASE, M. et al. (2016): Does narrow niche space in a “cold-stenothermic” spring snail indicate high vulnerability to environmental change? – *Hydrobiologia* 765: 71–83.

KÜRY, D., LUBINI, V. & STUCKY, P. (2016): Empfindlichkeit von Quell-Lebensgemeinschaften gegenüber Klimaveränderungen in den Alpen. – Abschlussbericht des schweiz. Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern.

LICHTENWÖHRER, K., LEONHARDT, G., SEIFERT, L. et al. (2022): Erfassung von Klimawandelfolgen an Quellen in Bayern. – Leitfaden für eine langfristige Beobachtung von Quellen zur Erfassung von Klimawandelfolgen in Bayern, NPV Berchtesgaden (Hrsg.): Forschungsbericht 57, Verlag Plenk, Berchtesgaden: 76 S.

NWS (2023): Nationale Wasserstrategie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. – In: Kabinettsbeschluss vom 15. März 2023, Berlin; www.bmu.de/download/nationale-wasserstrategie-2023 (abgerufen am 15.05.2025).

SCHINDLER, H. (2005): Bewertung der Auswirkungen von Umweltfaktoren auf die Struktur und Lebensgemeinschaften von Quellen in Rheinland-Pfalz. – Dissertation an der Universität Koblenz-Landau oder Bericht 17 (2006) der Schriftenreihe des Fachgebietes Wasserbau und Wasserwirtschaft, Universität Kaiserslautern.

SEGATZ, E. & SCHINDLER, H. (2018): Waldquellenmonitoring im deutschen Teil des Biosphärenreservats Vosges du Nord – Pfälzerwald – Entwicklung von 2004 über 2010 bis 2016. – *Annales Scientifiques de la réserve de biosphère transfrontalière Vosges du Nord, Pfälzerwald* (2017–2018): 162–185.

TIMONER, P., MARLE, P., CASTELLA, E. et al. (2020): Spatial patterns of mayfly, stonefly and caddisfly assemblages in Swiss running waters in the face of global warming. – *Ecography* 43: 1065–1078.

VON FUMETTI, S. & ABERHALDEN, A. (2024): Monitoring potential impacts of climate change on the biodiversity of springs and springbrooks in the Central Alps. – *Aquatic Sciences* 86: 80.

WINTER, B. & SCHINDLER, H. (2012): Waldquellenmonitoring im Naturpark Pfälzerwald. – *Annales Scientifique de la réserve de biosphère transfrontalière Vosges du Nord, Pfälzerwald* 16 (2011–2012): 182–212.

Autoren



Dr. Holger Schindler

Jahrgang 1970

Studium der Biologie und Psychologie, Promotion in Kaiserslautern/Landau zu Quellen in Rheinland-Pfalz, tätig im Institut für Grundwasserökologie IGÖ GmbH und bei ProLimno, Büro für Süßwasserökologie, sowie im Naturschutzverband BUND.

ProLimno – Büro für Gewässerökologie und Institut für Grundwasserökologie (IGÖ GmbH)
67471 Elmstein

holger.schindler@prolimno.de
schindler@groundwaterecology.de



PD Dr. Hans Jürgen Hahn

Jahrgang 1963

Studium der Biologie und Promotion 1996 in Gießen, Habilitation 2006 in Landau in der Pfalz.

Institut für Umweltwissenschaften
Rheinland-Pfälzische Technische Universität in Landau

76829 Landau
hjhahn@rptu.de

Unveröffentlichte Berichte

FIEDLER-WEIDMANN, B. & HAHN, H. J. (1996): Quellbiotopkartierung im Buntsandstein des Pfälzerwaldes. – Fachgutachten des BUND für Umwelt und Naturschutz Deutschland, Landesverband Rheinland-Pfalz e. V. im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz.

SCHINDLER, H., GUTENSOHN, T. & HAHN, H. J. (2002): Pilotprojekt zur umweltgerechten Entwicklung von Quellen auf dem Gebiet der Verbandsgemeinde Dahner Felsenland. – Fachgutachten vom Institut für regionale Umweltforschung und Umweltbildung (IFU) an der Universität in Landau in Kooperation mit dem BUND, Landesverband Rheinland-Pfalz e. V. im Auftrag der Verbandsgemeinde Dahner Felsenland.

Zitiervorschlag

SCHINDLER, H. & HAHN, H. J. (2025): Beobachtungen zu Quellen im Pfälzerwald – Was sagt uns die Quellschüttungsmenge über den Zustand der Quellen im Klimawandel? – *Anliegen Natur* 47(2): online preview, 6 p., Laufen; <https://doi.org/10.63653/pbfg9988>.