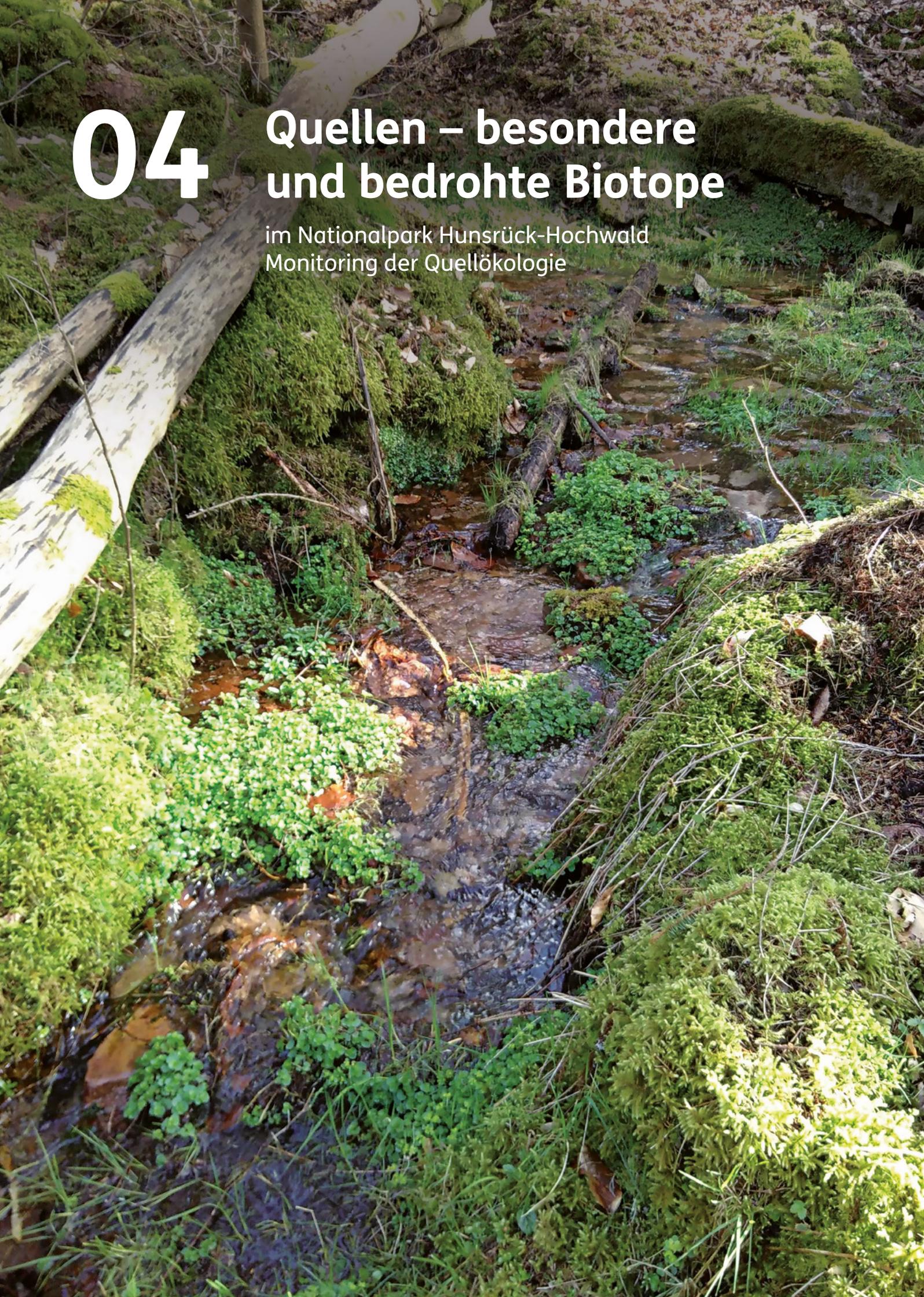


04

Quellen – besondere und bedrohte Biotope

im Nationalpark Hunsrück-Hochwald
Monitoring der Quellökologie



Quellen sind als besondere Biotope und Schnittstellen zwischen Grund- und Oberflächenwasser wichtige Orte der Biodiversität. Im Nationalpark wurden 25 ausgewählte Quellen untersucht im Hinblick auf ihre Struktur, Hydrochemie sowie ihre Flora und Fauna. Es wurden relativ stark versauerte Quellen mit geringen bis mäßigen strukturellen Beeinträchtigungen kartiert, welche teils in halboffenen Hangmooren und teils in meist lichten Fichtenwäldern lagen. Wenige Quellen waren unversauert oder befanden sich in Laubwäldern. Sie beherbergten meist die größte Artenvielfalt. Es wurden 81 Tierarten und etwa ebenso viele Pflanzenarten nachgewiesen, etwa 15 % davon auf der Roten Liste. Die meisten Arten waren typisch für Quellen und Oberläufe, saure Gewässer und deren Randbereiche. Auch waren etliche spezielle Moorarten darunter. Die Geologie der Grundwasseraustritte prägte die jeweilige Flora und Fauna. Es wird empfohlen, die naturnahen und divers besiedelten Quellen des Nationalparks stärker zu schützen.

Der Autor

Dr. Holger Schindler ist freiberuflicher Geschäftsführer von ProLimno, Büro für Gewässerökologie, im Naturschutz aktiv (BUND Rheinland-Pfalz, kommunale Ebene), vorher war er wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der TU Kaiserslautern, beim BUND in Mainz sowie als selbständiger Gutachter tätig. Dissertation über die Auswirkungen von Umweltfaktoren auf Struktur und Lebensgemeinschaften von Quellen in Rheinland-Pfalz (2005), Mitarbeit im Institut für Grundwasserökologie Landau.



Quellen als Gewässerursprünge – besondere Biotope im Nationalpark

Quellen sind austretendes Grundwasser und Oberflächenwasser gleichzeitig. Sie weisen Bedingungen auf, die beiden Teilbereichen entsprechen. Sie sind gleichmäßig kühl temperiert wie das Grundwasser der entsprechenden Höhenlage, also zwischen 8 und 10 °C. Ab dem Quellaustritt kommt es durch Kontakt mit Luft und Boden zu neuen Bedingungen, welche Tieren und Pflanzen spezielle Lebensräume bieten. Auch Grundwasser ist schon besiedelt, wobei der Höhlenflohkrebs in sauren Quellen des Nationalparks häufig vorkommt. Hier hat er keine Konkurrenz von säureempfindlichen, größeren Bachflohkrebsen, die auch gerne Falllaub fressen.

Die Naturnähe und Umfeldbedingungen entscheiden neben Wassermenge und -verteilung über die Artenausstattung in einer Quelle, wobei der Quellbereich je nach Schüttungsmenge von wenigen bis zu Dutzenden Metern Fließlänge gehen kann. Das Umfeld wird im Nationalpark in der Regel von Wald gebildet, wobei hier standortheimische Laubwälder eine wichtige Rolle spielen. Nur an ihr Laub sind die Quellorganismen angepasst und können es als Nahrung im sonst fast nährstofffreien Wasser verwerten.

Auch der Lichthaushalt ist wichtig. Wachsen geschlossene Nadelbaumbestände wie z. B. die Fichte am Ufer und im Umfeld, können im relativen Dunkel nur Moose gedeihen. Typische Quellpflanzen wie das Milzkraut brauchen jedoch winterhelle Bedingungen, in denen sie wachsen und blühen.

Im Überblick

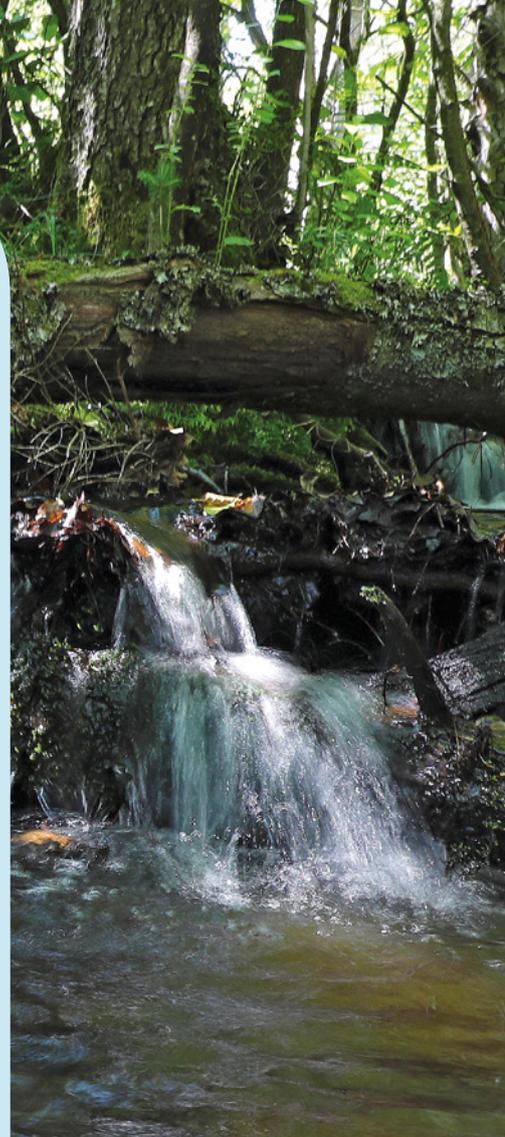
- Quellen sind bedeutende Biotope und weisen je nach örtlichen Bedingungen eine wechselnde und spezielle Fauna und Flora auf. Sie erweitern die Erkenntnisse zu Biodiversität im Nationalpark, z. B. zu Köcherfliegen, Wasserkäfern, Zweiflüglern, Schnecken, Muscheln, Krebsen, Steinfliegen, Libellen und Wirbeltieren.
- Quellen sind als Spiegel ihrer Einzugsgebiete für ein Gewässer- und Umweltmonitoring geeignet, insbesondere für Klimawandelfolgen und Versauerungsprozesse.
- Quellen sind geschützte Biotope, aber bedroht durch vielfältige Eingriffe wie Fassung, Ausbau und weitere Beeinträchtigungen. Der Rückgang der Grundwasserneubildung führt zu gravierendem Lebensraumverlust, weshalb ein konsequenter Schutz erforderlich ist, sodass sich diese Lebensräume mit ihren hochspezialisierten Quell- und Moorarten natürlich entwickeln können.
- Ein Quellenmonitoring im Nationalpark liefert wichtige Daten zu dessen Umweltüberwachung und -veränderungen, dafür sind die Wasserchemie, die Morphologie/Struktur, die Fauna und die Flora geeignet. Es gibt standardisierte Verfahren in Rheinland-Pfalz zur Kartierung und Bewertung von Quellen, wie ihrer Struktur (Verfahren QABS) und Fauna.

Die Gewässertiere nutzen das Laub des Vorjahres bis weit in den Sommer hinein, wo Wasserinsekten schlüpfen, sich paaren und Eier ablegen. Dauerhaft aquatische Arten wie Krebse, Strudelwürmer, Schnecken und Muscheln brauchen eine gleichbleibende Wasserführung. Sommerliche Austrocknung führt zu einem hohen Insektenanteil, was im Hunsrück nicht unüblich ist und im fortschreitenden Klimawandel wahrscheinlich noch zunehmen wird.

Obwohl Quellen nach dem Bundesnaturschutzgesetz geschützt sind, gibt es noch vielfache Schädigungen der oft kleinen und unscheinbaren Gewässerbiotope. Früher wurden Quellen vor allem in der Nähe von Siedlungen gefasst, um ihr Wasser zu nutzen. Auch für den Tourismus

im Wald war das so, man sah in Quellen nur Wasser, nicht jedoch Biotope mit ökologischer Funktion. Dies hat sich heute geändert (Gesetzeslage) bzw. ändert sich noch im Bewusstsein der Bevölkerung, wozu Behörden und Umweltverbände beitragen.

Typische Schädigungen sind neben Ausbau und Einfassung des Quellaustritts auch die umgebende Landnutzung. Feuchtflächen galten als störend und wurden mit Gräben, Rohren und Dränagen entwässert, um intensivere Landwirtschaft zu betreiben oder um nicht heimische, aber forstwirtschaftlich ertragreiche Baumarten anzupflanzen.



Die ausgewählten Quellen im Nationalpark und ihre Untersuchungen

Die Höhenzüge der Mittelgebirgslandschaft des Nationalparks Hunsrück-Hochwald bestehen weitgehend aus devonischen Quarziten oder Tonschiefer und wären natürlicherweise von bodensauren Buchenwäldern und Erlen-, Auen-, Blockschutt-, Eichen-, Schlucht- und Moorwäldern bestockt. Typisch sind meist quellgespeiste Hangbrücher oder -moore, bei denen eine oder mehrere Quellen eine Fläche durchsickert und diese großflächig vernässt. Hangbrücher wurden früher gezielt mit Grabensystemen entwässert und mit Fichten aufgeforstet.

Die oft lehmigen Böden und Gesteinsarten sind meist wasserundurchlässig, so dass wenig Grundwasser neu gebildet wird, Regenwasser läuft eher oberflächennah ab. Die Gewässer im Nationalpark sind weich und natürlich sauer, Letzteres durch menschliche Einflüsse verstärkt. Dies wirkt sich auf Gewässerlebewesen in Form einer Artenverarmung aus.

Seit einiger Zeit wird eine rückläufige Grundwasserneubildungsrate in Rheinland-Pfalz beobachtet, was auch den Hunsrück betrifft (Kampf 2021). Im Rheinischen Schiefergebirge wird von einem Rückgang der zukünftigen Grundwasserneubildung um -23% und des mittleren Niedrigwassers der Bäche und Flüsse um -34 bis -43% ausgegangen (Kampf 2021).

Hiervon werden auch die Quellen im Nationalpark betroffen sein, so dass die Erfassung des Zustands der Quellen und ihrer Biodiversität geboten ist. Die vorliegende Arbeit stellt Untersuchungen an 25 systematisch kartierten Quellen im Nationalpark vor. Hierbei wurden die Struktur, Physiko-Chemie, Flora und Fauna untersucht. Die ausgewählten naturraumtypischen Quellen sind repräsentativ und flächig im Untersuchungsgebiet verteilt. Die Quellen wurden im Dezember 2022 und Frühjahr/Frühsummer 2023 untersucht (**Abb. 1, Tab. 1**).

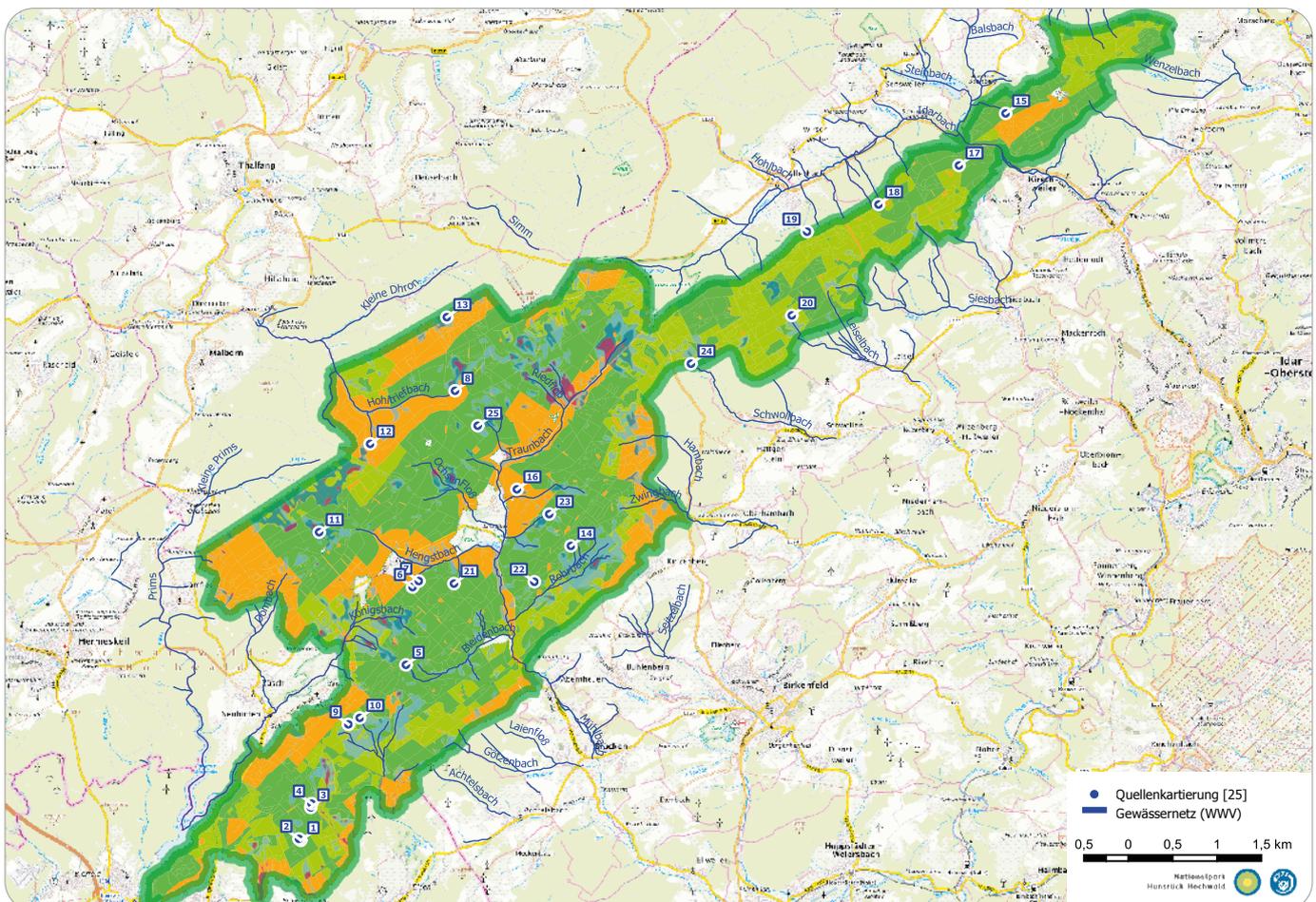


Abb. 1: Lage der untersuchten Quellen im Nationalpark (Darstellung nach Nationalparkverwaltung)

Die Untersuchungen erfolgten mit Standard-Erfassungsmethoden zur Struktur (QABS RLP), Wasserchemie, Fauna und Flora. Die Auswertung bezog Literaturergebnisse ein (Kreft 2016, Schindler 2002/2005). Neben dem Gesamtbericht wurden Quellen-Steckbriefe erstellt.

Tab. 1: Die 25 untersuchten Quellen des Quellenmonitorings mit Kurzbeschreibung

lf. Nr.	Nr.	Kurzbeschreibung	Bemerkung/Lage
1	T 1a	Fassung neben Haus	Eisentrog mit Rohr und freiem Ablauf
2	T 1b	Teich uh. Haus	künstl. Aufstau mit Fontäne, Ablauf in Wald
3	S 2	neben Haus	Graben, nahe Deckel, offene Situation
4	S 3	nahe Haus	oberhalb seitlich Haus, Torfmoosgraben mit Bachbett uh.
5	S 5	uh. Weg	100 m uh, Torfmoosgräben, Seggen, uh. junger Bruchwald
6	S 7	oberhalb Kaltenborn	uh. Lichtung, weiter oh. Koord., Sekundäraustritt an S 8
7	S 8	Kaltenborn	Milzkrautflur, neben Wurzelteller, Hauptaustritt oh., Gräben
8	S 9 b	Siegfriedquelle (S 9 a trocken)	gefasste Quelle mit Schwingmoor uh., touristisch
9	S 12	Lichtung	Graben gräser-/seggendominiert, dann Buche
10	S 13	Zulauf Waldtümpel	oh. kl. künstl. Tümpel, Graben mit wechselndem Austritt
11	S 14	Hahnenbruch	großflächiges, offenes Bruch uh. alter Brunnenstube
12	S 15	Quelle Hangmulde, Sattelborn	2 Quellaustritte, oh. Buche, uh. Fichte 70 m oh. U-Weg
13	S 16	Brunnenstube	starke Brunnenstube in Fi.-Forst, enger, dunkler Graben
14	S 20	Fichtengräben	in toter Fichte oh. aufgelass. Weg, viele Torfmoose
15	S 23	Qu. unterhalb Erdwall	uh. Forstwegen als br. Graben in Fichte mit Buche oh.
16	S 24	Gure Bure	touristische Quelle mit Steinfassung, Brücke, offener Ablauf
17	25/2	2 Fichtenrinnen	doppelter Austritt läuft in Fichtenwald zusammen
18	35/2	Dudelsackbruch	Erlenbereich in Fichtenwald, großflächig durchnässt
19	46/1	starke Brunnenstube inkl. oh.	starke Schüttung in Fichte mit Torfmoosen
20	131/1	Fahrgrabenaustritt	in Rückeschneise, teils in Wurzeltellermulden
21	161/1	schöner Quellsumpf	oh. Fi-Jungwäldchen mit wenigen Jungerlen
22	209/1	abknickender Graben	Jungbuche, uh. liegt dichter Fichtenwald
23	225/1	Bruchlichtung	oh. Weg, weitere Qu. 23 b liegt nordöstlich (Lichtung)
24	276/1	Qu. bachbegleitend (re.)	Milzkrautflur, umgefallene Fichten
25	467/1	lichte Fichte	parallele Gräben uh. aufgelass. Weg in Hangknick

Ergebnisse der Quelluntersuchungen

Die **Schüttung** der Quellen war im nassen Frühjahr 2023 vermutlich höher als durchschnittlich, der Median von 0,25 l/s lag etwas unter dem anderer Untersuchungen (Schindler 2005, **Abb. 2**). Quellen im Hunsrück zeigen eine Saisonalität mit sommerlichem Rückgang.

Der **pH-Wert**, welcher von der Geologie abhängig ist und starken Einfluss auf die Besiedlung hat, lag im Mittel sehr niedrig bei unter pH 5,0, die meisten Quellen sind stärker versauert. Insgesamt gab es 15 stark versauerte und 3 schwächer versauerte Quellen (Median 4,6, arithm. Mittel 4,9). Insgesamt ist das Versauerungsgeschehen leicht rückläufig, v. a. aufgrund des Rückgangs schwefelsaurer Emissionen aus Kraftwerken und Schwerindustrie.

Die Versauerung hängt auch mit der Waldwirtschaft zusammen, z.B. kommt es wegen Fichtenpflanzungen zur sauren Zersetzung von Fichtennadeln. Im Nationalpark sind die meisten Quellen von Nadelwald geprägt (v.a. Nr. 6, 13, 17, 22), wobei die Fichte zunehmend abstirbt bzw. entnommen wird.

Die **Leitfähigkeit** ist auch von der pufferarmen Geologie abhängig und lag meist im Bereich zwischen 30 und 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, was sehr gering ist. Die Wassertemperatur der Quellen lag im Mittel etwas über 8 °C bei einer Spanne von 7 bis 9,5 °C, was im Vergleich niedrig ist und die relativ große Höhenlage der Quellaustritte widerspiegelt. Sie entspricht in etwa dem langjährigen Jahresmittel der Lufttemperatur. Die Höhenlage der Quellen liegt im Schnitt bei 600 m ü.NN und die Mehrheit der Quellen im Bereich von 550 m bis 675 m ü.NN.

Bei der **Strukturbewertung** (QABS Rheinland-Pfalz) der Quellen wurden jeweils 7 und 6 Quellen als naturnah und bedingt naturnah, 8 Quellen als mäßig beeinträchtigt und 4 Quellen als geschädigt eingestuft. Stark geschädigte Quellen waren nicht dabei. Trotzdem ist der Anteil von negativ beeinflussten Quellen für einen Nationalpark recht hoch. Zwar wurden bewusst auch Fassungen hinzugenommen, aber das naturferne Umfeld mit starkem Nadelforst oder großflächige Hiebe ergaben oft schlechte Bewertungen, auch mechanische Beeinträchtigungen wie die Befahrung des Quellbereichs oder stärkerer Wildvertritt. Fassungen/Tümpel gab es an fünf, Brunnenstuben mit Wasserentnahmen (z.T. funktionslos) an vier Quellen.

Eine hangvertikale Rückegasse in weichem, nassem Boden führte dazu, dass der Quellbach in die entstehende Fahrrinne gelenkt wird. Dort floss er bis zum nächsten Weg ab, ging der Fläche verloren und endete im Weggraben, während das natürliche Gewässer abgeschnitten war und trocken fiel. Dies wurde inner- und außerhalb der kartierten Quellen beobachtet und sollte wegen der Schädigung der Biodiversität und der Beschleunigung des Wasserabflusses unterbleiben. In **Tabelle 2** sind jeweils Besonderheiten von Quellen und Umfeld kommentiert.

Der hohe Anteil an abgestorbener oder entnommener Fichte führte dazu, dass vorher dauerbeschattete Quellen offener sind (Nr. 9, 14, 20, z.T. Nr. 25, 24, 18). Die Freistellung war besonders ausgeprägt im Thranenbruch. Offene Hangbrücher befinden sich um Quelle Nr. 11 und 23, in Ansätzen bzw. mit quelltypischem Laubwald auch bei Nr. 9, 21, 15 und 18. Die Nutzung der Hangbrücher hat zur

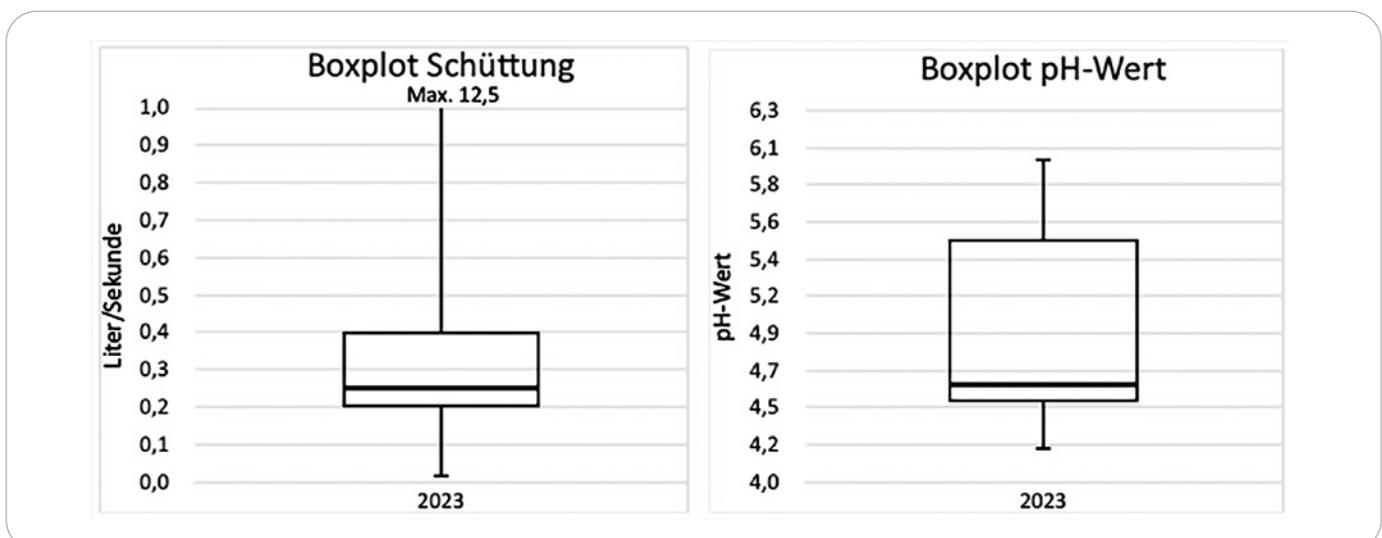


Abb. 2: Boxplot der Schüttung und des pH-Wertes vor Ort der Quellen 2023 (n = 25)

Ausbildung der heutigen Situation mit Nadelwäldern und Entwässerungen geführt, wobei Quellen an der Bildung der Hangmoore essentiell beteiligt sind, weshalb sie auch als Quellmoore bezeichnet werden können.

Als strukturelle Referenzquellen repräsentieren die naturnahen Quellen Nr. 4, 5, 12, 14, 21 und 24 die Entwicklungsziele im Nationalpark.

In den 25 Quellen wurden insgesamt 81 Taxa des **Makrozoobenthos** und davon 40 quelltypische Arten sowie 4 Moorarten nachgewiesen (v. a. Köcherfliegen, Wasserkäfer). Von den quelltypischen Arten waren 18 krenobiont (Quelle) und 22 krenophil (Quelle und Quellbach).

Tab. 2: Kurzübersicht über Struktur, Besonderheiten und Umfeld/Waldtyp der 25 Quellen

lf. Nr.	Nr.	Kurzbeschreibung/Besonderheiten/Umfeld/Waldtyp
1	T 1a	Fassung, Verrohrung (aber freier Ablauf)
2	T 1b	Verrohrung, aufgestauter Teich, Fontäne (aber freier Ablauf), versickert im weiteren Verlauf
3	S 2	Graben, vermutl. zur Wasserversorgung genutzt, freier, separater Gewässerlauf, Umfeld naturnäher
4	S 3	unbeeinflusst und Umfeld unverändert naturnah trotz nahem Haus, viel Torfmoos
5	S 5	abseitige Lage, viel Torfmoos, Seggen und junger Bruchwald
6	S 7	starker Fichtenforst, Ablauf in Graben, versiegt weiter unterhalb, Wiederaustritt nahe S 8
7	S 8	Milzkrautflur (weniger sauer), Austritt an Wurzelteller, in Fichtenwald
8	S 9 b	Teilfassung mit Verbau und touristischen Einflüssen, Schwingrasen/-moor unterhalb, rel. offen
9	S 12	Fichtenentnahme und dadurch offen, gräser- und seggendominiert, Buchenwald am Quellbach
10	S 13	Quellbach nach kurzer Strecke zu Tümpel aufgestaut, wahrsch. saisonal sich verlagernd, Buche
11	S 14	alte Brunnenstube, großflächiges, offenes, naturnahes Hangbruch (unterhalb Fichte)
12	S 15	naturnaher Quellbereich in Hangmulde unterhalb Buchenwald, dann Fichte im weit. Verlauf, Weg
13	S 16	starker Ausbau durch Brunnenstube, enger Graben, dichter Fichtenforst
14	S 20	abgestorbene Fichte, Gräben (alte Entwässerung), abseitige Lage, viel Torfmoos
15	S 23	Buchenwald oberhalb, dann Fichte, Ablauf in Graben, sonst unbeeinträchtigt
16	S 24	historische (Teil-)Fassung, Teilausbau mit Brücke, dann offener Ablauf, Laubwald
17	25/2	rinnenartige Quellbäche in dunklem Fichtenwald
18	35/2	weiteres Umfeld mit Fichtenwald, aber direkter Quellbereich auch mit Erlen, Gräben
19	46/1	starker Ausbau durch Brunnenstube, weiterer Austritt oberhalb an Weg, viele Torfmoose
20	131/1	in Rückeschneise + deutl. Fahrschaden (Rückefahrzeug), Ablauf in Fahrrinne, Umfeld naturnah
21	161/1	großflächiger Quellsumpf in Mischwald, uh. Fichtenjungwald
22	209/1	Austritt an aufgelassenem Weg, Buchenjungwald, Graben, uh. dichter Fichtenwald
23	225/1	offenes kleines Hangbruch oberhalb Forstweg, rel. offen, mit lichten Jungfichten
24	276/1	Milzkrautflur an bachbegleitendem, strukturreichem Quellaustritt (weniger sauer)
25	467/1	zwar fast reiner Fichtenforst, aber etwas lichter, großflächiger Quellhorizont, seitlich Buche (weit re.)

rot: schlecht bewertet, grün: gut bewertet

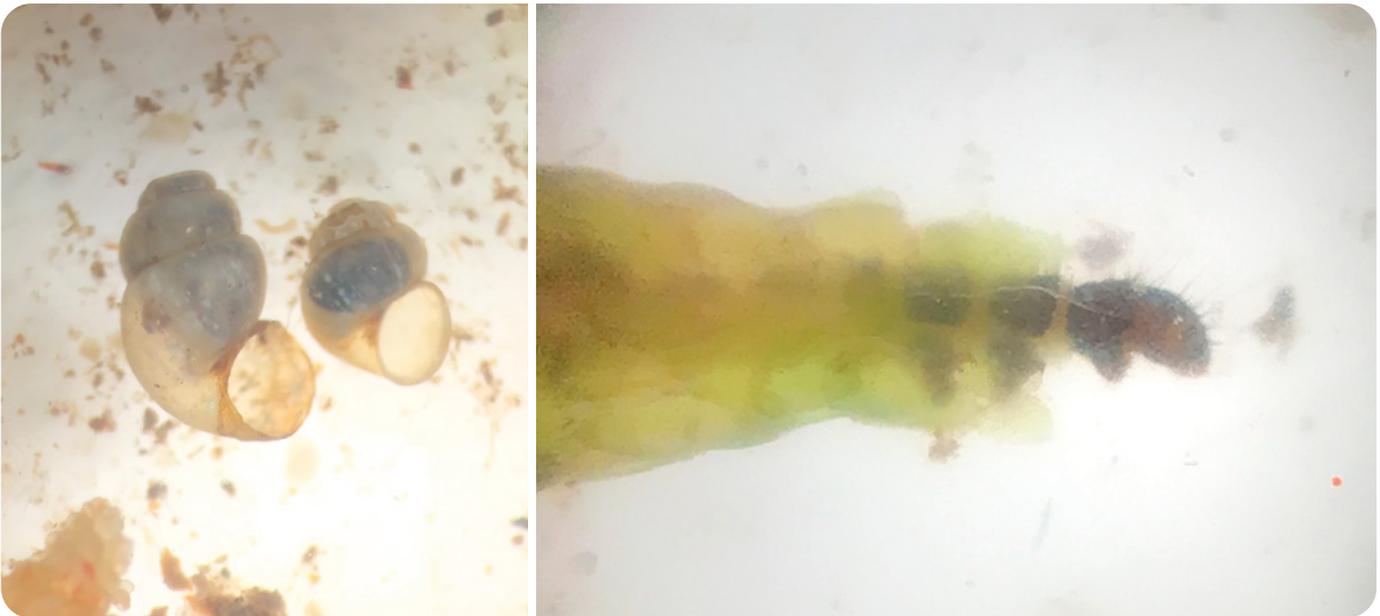


Abb. 3: links: Quellschnecke (*Bythinella dunkeri*), eine Verantwortungsart für Rheinland-Pfalz, rechts: Köcherfliege (*Ptilocolepus granulatus*), Charakterart wassermoosbesiedelter Quellen (Nachweise aus dem Nationalpark Hunsrück-Hochwald, H. Schindler)

Die höchsten Artenzahlen wurden mit 27 Arten und 19 quelltypischen Arten in Quelle Nr. 7 erreicht, dann folgte Quelle Nr. 12 mit 20 Arten und 10 Quellarten. Im Mittel wurden 10 Arten und 5 Quellarten pro Quelle gefunden, was im Vergleich zu anderen Untersuchungen wegen Versauerung, Eingriffen und Austrocknungseffekten eher niedrig ist (Schindler 2005).

Die quellbiologisch-faunistisch am besten bewerteten Quellen sind Quellen Nr. 22, 3 und 7 mit einer quelltypischen Besiedlung. Dann folgen Quellen 13, 14, 16, 19 und 12. Naturraumtypisch ist eine geringere durchschnittliche Schüttung in Verbindung mit leicht moorigen Verhältnissen, bei denen Moose viel Wasser aufsaugen und flächig verteilen. Ein Bachbett fehlt dann oft. Die Quellfauna ist hier geringer, stattdessen treten Moorbewohner hinzu. Der besiedlungsbestimmende pH-Wert korrespondiert oft mit der faunistischen Bewertung.

Fehlender Falllaubeintrag wirkt sich negativ auf die Fauna aus, während die Umwandlung von Nadel- in Laubwald zu einer Erhöhung der Artenzahl führt (Schindler 2005). Hier ist von einer mittelfristigen Verbesserung der Situation im Nationalpark auszugehen, da eine Entwicklung in Richtung Laubwald stattfindet und grundsätzlich auch immer gefördert werden sollte (Nr. 9, 14, 18, 24). Fassungen oder Gestaltungseingriffe verhindern dagegen eine quelltypische Fauna (Bsp.: Nr. 1, 2, 10).

Es fanden sich insgesamt 13 Rote-Liste-Arten, davon 11 auf der Vorwarnliste. Es wurde eine Art mit dem Status RL 2 (stark gefährdet: *Limnephilus elegans*) und eine Art mit dem Status RL 3 (gefährdet: *Bythinella dunkeri*, Abb. 3) nachgewiesen. *Limnephilus elegans* ist eine tyrphophile und seltene Moorart, welche im Hahnenbruch vorkommt. Die streng krenobionte und kaltstenotherme Quellschnecke *Bythinella dunkeri* kommt nur in zwei unversauerten Quellen vor. Sie ist eine Verantwortungsart für Rheinland-Pfalz (weltweiter Schwerpunkt).

Der Höhlenflohkrebs wurde in 19 Quellen nachgewiesen, was besonders an der fehlenden Konkurrenz des sonst häufigen und säureempfindlichen Bachflohkrebses lag. Von den 3 determinierten Arten (*Niphargus aquilex/schellenbergi/foreli*) wurden Exemplare zur molekulargenetischen Untersuchung weitergegeben.

Weitere besondere krenobionte Nachweise waren die Wasserkäfer *Hydroporus nigrita* und *H. obscurus*, die Köcherfliegenlarven *Apatania fimbriata*, *Adicella filicornis*, *Parachiona picicornis* und die Charakterart wassermoosbesiedelter Quellen *Ptilocolepus granulatus* (Abb. 3). Weniger selten und krenobiont sind der große Schwimmkäfer *Agabus guttatus*, die falllaubliebende Quellköcherfliege *Crunoecia irrorata*, der Zweiflügler *Pedicia rivosa*, die Quellkriebelmücke *Simulium crenobium* und die Dunkelmücke *Thaumalea* sp. Als Wirbeltier kam der Feuersalamander als Larve in drei Quellen vor.



Erwähnenswerte krenophile Arten sind die Quelljungfer *Cordulegaster bidentata*, der Quell-Hakenkäfer *Elmis latreillei* und die selteneren Köcherfliegenarten *Stenophylax vibex*, *Plectrocnemia geniculata* und *Limnephilus centralis*. Die letzte Art ist spezialisiert auf torfmoosreiche sumpfig-moorige Quellrinnsale. Weitere Moorarten sind der Wasserkäfer *Helophorus obscurus* und z. T. die Erbsenmuschel *Pisidium milium*. Faunistische Referenzquellen sind die Quellen Nr. 3, 7, 12, 18, 24 und z. T. Nr. 25 und 11. Diese Quellen repräsentieren als naturnahe, artenreicher besiedelte und oft weniger saure Quellen die Entwicklungsziele im Nationalpark. Quellen im Hunsrück sind zwar natürlich artenärmer als Quellen anderer Gebiete, aber auch von seltenen Spezialisten für saure Sümpfe und Moore besiedelt.

Insgesamt wurden 61 verschiedene **Farn- und Blütenpflanzen-Arten** im direkten Umfeld der Quellen nachgewiesen, meist typische Arten nasser Quellstandorte, aber auch feuchter Wälder. Am häufigsten war die Flatterbinse (*Juncus effusus*) an 22 Quellstandorten. Charakteristische Arten der Waldsümpfe und Hangmoore sind die Igel-Segge (*Carex echinata*, RL RLP V, 17 Quellen), die Grau-Segge (*Carex canescens*, RL RLP V, 6 Quellen) und der Rippenfarn (*Blechnum spicant*). Weiterhin wurden die

Zweinervige Segge (*Carex binervis*, RL RLP 3, RL D 3), die aufsteigende Gelb-Segge (*Carex demissa*, RL D V), die echte Gelb-Segge (*Carex flava*, RL RLP G, RL D V), die Zwiebel-Binse (*Juncus bulbosus*, RL RLP V), die Echte Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*, RL RLP V), der Sumpf-Haarstrang (*Peucedanum palustre*, RL RLP V) und die Sparrige Binse (*Juncus squarrosus*, RL RLP 3, RL D V) als weitere Rote-Liste-Arten erfasst.

Die Schnabel-Segge (*Carex rostrata*), das Alpen-Hexenkraut (*Circaea alpina*) und der Sprossende Bärlapp (*Spinum annotinum*) werden in Schäfer & Wey (2013) als moortypische seltene Arten aufgeführt.

Unter den **Torfmoosen** wurden am häufigsten *Sphagnum palustre* (19 Quellstandorte), *Sphagnum fallax* (11 Quellstandorte) und *Sphagnum denticulatum* var. *inundatum* (14 Quellstandorte) erfasst. Alle Torfmoose sind im Anhang V der FFH-Richtlinie aufgeführt. Bis auf jeweils 4 Arten stehen die erfassten Torfmoose in der Roten Liste Rheinland-Pfalz/Deutschland. Die gefundenen Torfmoose sind Charakterarten der Sümpfe und Moore in Wäldern oder Offenland. Die meisten von ihnen treten im Fichtenwald auf (Hölzer 2019). Am häufigsten in und an Quellbächen sind *Sphagnum inundatum* und *Sphagnum palustre*.

Die **Moose** der untersuchten Quellstandorte gehören überwiegend zu den Arten bodensaurer Standorte und anmooriger Wuchsorte. Fast überall wurden zwei oder mehr Torfmoosarten nachgewiesen. Nicht selten treten Torfmoose in Quellbereichen dominant auf. Durch die Nadelstreu der Fichtenforste kommt es zusätzlich zur Versauerung und zum Auftreten von Torfmoosen (vgl. Hölzer 2010). Einzig *Sphagnum squarrosum* gilt als Torfmoos-Art, die vergleichsweise basenreichere Standorte bevorzugt. Sie wurde nur an einem Quellstandort nachgewiesen. Auch das Lebermoos *Riccardia chamedryfolia* gehört zu den basischeren Quellstandorten, es wurde nur an zwei Quellen gefunden.

Vergleichbar verhält es sich mit den höheren Pflanzen. Auch hierbei handelt es sich überwiegend um mehr oder weniger säuretolerante Arten, die basenarme, kalkfreie Wuchsplätze besiedeln. Die Zeigerwerte-Auswertung der Gefäßpflanzenvorkommen ergab im Mittel Säure- bis Mäßigsäurezeiger, Feuchte- bis Nässezeiger und Stickstoffarmut- bis mäßig Stickstoffreichtumzeiger. Das Gegenblättrige Milzkraut (*Chrysosplenium oppositifolium*) zeigt etwas basenreicheres Wasser an (Quellen S 8 und S 9 b).

Aufgrund der häufig an den Quellen nachgewiesenen Quell-Sternmiere (*Stellaria alsine*) und des mehrfach bzw. vereinzelt nachgewiesenen Gegenblättrigen Milzkrauts (*Chrysosplenium oppositifolium*) und Bitteren Schaumkrauts (*Cardamine amara*) konnte an wenigen der untersuchten Quellstandorte die Bitterschaumkraut-Milzkraut-Quellflurgesellschaft (*Cardamino amarae-Chrysosplenietum oppositifolii*) festgestellt werden (Nr. 7, 24, z.T. 12, 21).

Das an einigen Quellbächen auftretende Lebermoos *Scapania undulata* ermöglicht die pflanzensoziologische Einordnung in die Gesellschaft des Welligen Spatenmooses, das *Scapanietum undulatae*. Diese Moosgesellschaft findet man vor allem an und in kalkfreien, sauberen, schnellfließenden Gewässern im Hügel- und Bergland (7 Quellen). Eine weitere an wenigen Quellen nachgewiesene Lebermoosart ist *Riccardia chamaedryfolia*, die ebenfalls kalkfreie Fließgewässer besiedelt. Auffällig und häufig war auch das Lebermoos *Pellia epiphylla*. Die Art wächst im Spritzwasserbereich und sumpfigen offenerdigen Stellen, ist aber keine typische Fließgewässer-Art, sondern eine Art feucht-nasser Mineralböden und Felsen. Die Beckenmoos-Gesellschaft *Pellietum epiphyllae* ist eine häufige Moosgesellschaft feuchter Standorte in Hunsrückwäldern.

Müller (2017) weist im Untersuchungsgebiet folgende FFH-Lebensraumtypen (LRT) nach: LRT 7140 Übergangs- und Schwingrasenmoore und LRT 91D0 Moorwälder. So befinden sich z.B. im Abflussbereich der Siegfriedquelle ein größeres Zwischenmoor und im Dudelsackbruch ausgedehnte Moor- und Bruchwälder. Bei vielen untersuchten Quellstandorten sind die genannten Biotope nur noch fragmentarisch vorhanden. Alle untersuchten naturnah entwickelten Quellaustritte sind nach BNatSchG geschützt, wenn auch nicht durch die EU-FFH-Richtlinie. Quellen mit wenigstens zwei Rote-Liste-Arten an Farn- und Blütenpflanzen waren Nr. 9, 11, 18, 3, 7, 8, 14, 20, 21, 25 und 1.

Die Quellen liegen meist am Wechsel von **geologischen Formationen**, z.B. von Taunusquarzit zu Tonschiefer, wobei die gewässerbeeinflussende Schicht oberhalb liegt. Es gab zwei Rotliegend-, fünf Schiefer-/Hangschutt- und 18 Taunusquarzit-Quellen. Die Schichtung im Hunsrück ist mit der Höhenlage gekoppelt, so dass Quarzitrücken die größte Höhenlage aufweisen, während Tonschiefer tiefer und das Rotliegende noch tiefer liegt. Je höher die Höhen- und Hanglage, desto geringer war die Schüttung, da das Einzugsgebiet kleiner wird.

Der pH-Wert wies einen gewissen Zusammenhang mit der Geologie auf (**Abb. 4**). Quarzitquellen waren im Schnitt deutlich saurer als Schieferquellen (nicht statistisch signifikant).

Bezüglich der Fauna wurde die Bewertung in drei geologischen Gruppen verglichen (**Abb. 4**). Die faunistische Bewertung nach Fischer (1996) zeigt den besten Bewertungsdurchschnitt bei Tonschieferquellen (höchste pH-Werte), auch beim Maximum der Faunabewertung. Die Rotliegendquellen weisen die schlechtesten Einstufungen auf, da die zwei Quellen gefasst sind. Die Quarzitquellen nehmen eine Mittelstellung ein, hier kamen bei geringeren Artenzahlen immer wieder säuretolerante (Moor-)Spezialisten vor.

Die 2023 ermittelten Ergebnisse entsprechen weitgehend auch denen der wenigen **vergleichbaren Untersuchungen** im Raum, die pH-Werte sind nahezu gleich, die Schüttungen gingen etwas zurück (Kreft 2016, Schmidt 2012, Feltes 2003, Schindler 2005). Die Fauna und Flora wurde 2023 erstmalig intensiver untersucht mit nun bedeutend mehr Arten. Naturschutzfachlich wurden ähnliche Quellen damals wie heute bestätigt.

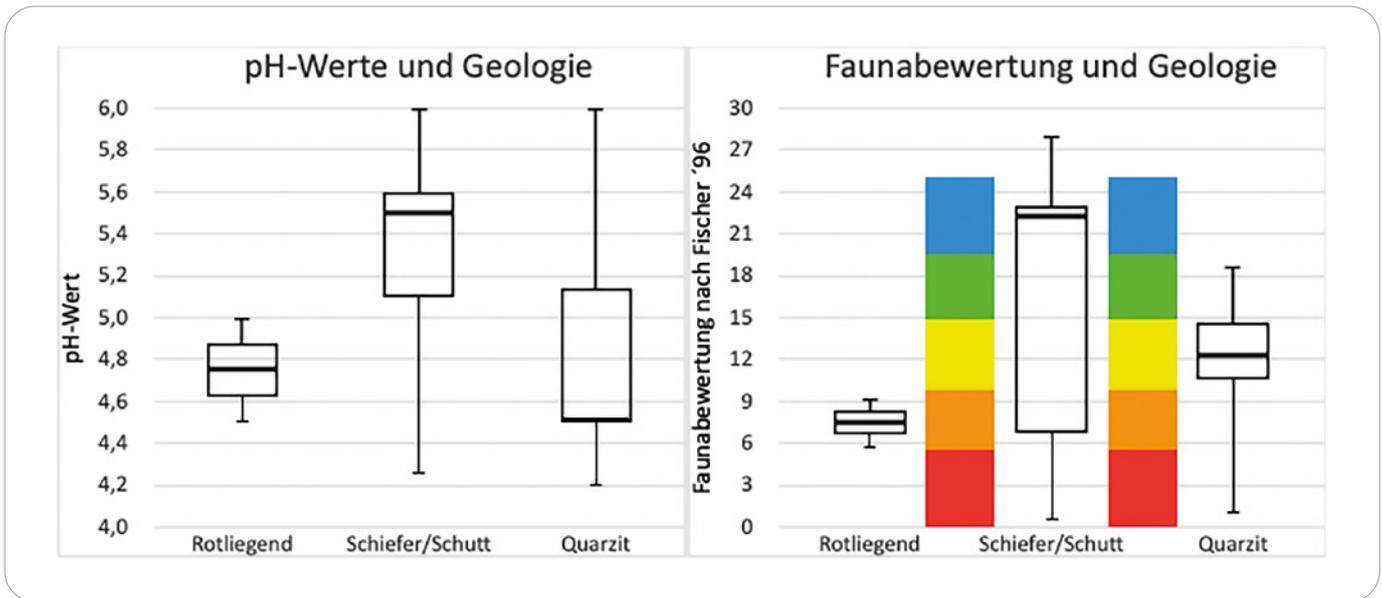


Abb. 4: Boxplot: pH-Wert der Quellen, Faunabewertung und Geologie (3 Gruppen, n = 25/26, Farben der Bewertungsklassen von blau = sehr gut bis rot = sehr schlecht)

Insgesamt sollte eine stärkere Berücksichtigung der Quellbereiche bei Managemaßnahmen erfolgen. Hier kann die Empfehlung gegeben werden, die Quellbereiche bei Arbeiten mit Flatterband abzugrenzen, auch der Quellbach sollte nicht befahren werden. Es ist noch viel Bewusstseinsbildung bezüglich der Sensibilität der häufig unscheinbaren und oft nicht stark schüttenden Quellen nötig, wozu der Nationalpark genutzt werden sollte.

Da Quellen Anzeiger eines intakten Wasserhaushalts, sensible Lebensräume und wichtige Refugien im Nationalpark bilden, sollte der Schutz naturnaher Quellen prioritär sein. Auch die Aufwertung der Quellen und ihrer Umgebung wäre zielführend, z.B. Rückbau von Fassungen, Verrohrungen, Entwässerungsgräben sowie der Förderung von Versickerung und von Laubwald.

Quellen

Feltes, W. (2003): Erfassung und Bewertung der Nitratkonzentrationen in ausgewählten saarländischen Quellgewässern und Quellgerinnen (S. 110). Saarbrücken: Universität des Saarlandes

Fischer, J. (1996): 1. Bewertungsverfahren Fauna. *Cruentia* 5, 227–240. Verlag Natur und Wissenschaft, Solingen

Hölzer, A. (2010): Die Torfmoose Südwestdeutschlands und der Nachbargebiete. Jena

Hölzer, A. (2019): Moose in Bohrkernen als Zeiger für die Entstehungsgeschichte der Brücher im Nationalpark Hunsrück-Hochwald (Rh.-Pfalz, Deutschland). *TELMA*, Band 49, S. 53–70. Hannover

Kampf, J. (2021): Änderungen des Wasserhaushalts 1951 bis 2020, Bad Kreuznach. Kampf, J., Plaul, W., Schwebler, W. (2007): Grundwasserbericht Rheinland-Pfalz 2007, Mainz, Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz (MUVF)

Kreft, M. (2016): Ökologische Charakterisierung von Quellgewässern im Nationalpark Hunsrück-Hochwald. Masterarbeit FG Landschaftsökologie der Universität Oldenburg und der Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Müller, E. V. (2017): Die holistische Bewertung der Ökosystemdienstleistungen renaturierter Hangmoore am Beispiel der Hunsrück-Moore. Masterarbeit, Universität Rostock

Schäfer, A. & Wey, H. (2013): Life-Projekt Moore. Vegetationskundlicher Fachbeitrag (Höhere Pflanzen) für acht Teilgebiete im Hunsrück. Landschaftsökologische Arbeitsgemeinschaft Trier

Schindler, H. (2002): Quelltypenatlas Rheinland-Pfalz. Grundlagen der Gewässerentwicklung in Rheinland-Pfalz, Heft 2, Landesamt für Wasserwirtschaft, Mainz

Schindler, H. (2005): Bewertung der Auswirkungen von Umweltfaktoren auf die Struktur und Lebensgemeinschaften von Quellen in Rheinland-Pfalz. Dissertation an der Universität Koblenz-Landau, Landau (in: <http://kola.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2005/23/>) oder Bericht 17 (2006) der Schriftenreihe des Fachgebietes Wasserbau und Wasserwirtschaft, Universität Kaiserslautern

Schmidt, J. (2012): Analyse des physikalisch-chemischen Zustandes saarländischer Gewässer im zehnjährigen Vergleich. Examensarbeit. Saarbrücken: Universität des Saarlandes

Schüler, G. (2010): Waldmoore – im Spannungsfeld zwischen Naturschutz und Forstwirtschaft. Tagungsband zur Moorschutztagung 2010 der Sächsischen Landesstiftung Natur und Umwelt Akademie (S. 12). Dresden

