

Die unterirdische Flohkrebbsfauna der Schweiz

La faune souterraine d'amphipodes de Suisse

Roman Alther, Florian Altermatt

Traduction: Jean-Pierre Tripet

Der Bachflohkreb (Gammarus fossarum) wurde von Pro Natura zum *Tier des Jahres 2021* erkoren. Er wirbt als Botschafter für saubere und natürliche Gewässer, stellvertretend für die unterschiedlichsten Gewässertiere, die auf intakte Habitats angewiesen sind. Flohkrebse findet man jedoch nicht nur in Bächen, Flüssen und Seen. Auch in weniger zugänglichen Orten sind sie weitverbreitet, beispielsweise in Höhlen und im Grundwasser. Dies haben unsere Forschungsarbeiten an der Eawag und der Universität Zürich in den letzten Jahren aufgezeigt.

Flohkrebse (Crustacea, Amphipoda) sind eine weltweit verbreitete Ordnung innerhalb der Krebstiere. Von den ungefähr 10'000 bekannten Arten leben etwa 80% in den Ozeanen. Ein Fünftel der Arten lebt im Süß- oder Brackwasser, vor allem in der nördlichen Hemisphäre [1]. Flohkrebse sind für das Funktionieren der Ökosysteme von wesentlicher Bedeutung, denn sie fressen und zerkleinern organisches Material (z.B. Laub) und machen die Nährstoffe so anderen Organismen zugänglich. Auch reagieren Flohkrebse sensitiv auf Beeinträchtigung der Gewässergüte und können daher zur ökotoxikologischen Bewertung beigezogen werden. In der Schweiz sind Flohkrebse weitverbreitet und man kann sie in vielen oberirdischen Gewässern einfach beobachten. In den unterirdischen Gewässern, in Höhlen und im Grundwasser, sieht die Situation anders aus, aber dazu nachfolgend mehr.

Trotz der weiten Verbreitung und der ökologischen Bedeutung von Flohkrebsen war aber der Kenntnisstand über die hiesigen Flohkrebse bis vor wenigen Jahren bescheiden. Flohkrebse tauchten in der naturhistorischen Forschung der Schweiz meist nur sporadisch auf. Bereits aus dem 19. Jahrhundert existieren einige Berichte, in denen Funde von Flohkrebsen erwähnt werden. Unter den frühesten dokumentierten Flohkrebbsfunden sind

Le gammare des ruisseaux (*Gammarus fossarum*) a été déclaré *Animal de l'année 2021* par Pro Natura. Il représente un ambassadeur pour des eaux propres et naturelles, parmi les animaux aquatiques les plus variés qui dépendent d'un habitat intact. Cependant, on ne rencontre pas les amphipodes uniquement dans les ruisseaux, les rivières ou les lacs. Ils sont également largement répandus dans des endroits moins accessibles, comme les grottes et les eaux souterraines. Ceci a été démontré par nos travaux de recherche à l'Eawag et à l'Université de Zurich au cours de ces dernières années.

Les amphipodes (Crustacea, Amphipoda) constituent un ordre appartenant aux crustacés répandu dans le monde entier. Environ 10 000 espèces sont connues, parmi lesquelles à peu près 80% vivent dans les océans. Un cinquième des espèces vivent dans les eaux douces ou saumâtres, surtout dans l'hémisphère nord [1]. La signification des amphipodes pour le fonctionnement de ces écosystèmes est essentielle, car ils dévorent et broient les matières organiques, par exemple les feuilles, et de cette manière rendent les aliments accessibles à d'autres organismes. D'autre part les amphipodes sont sensibles à la dégradation de la qualité des eaux et peuvent ainsi servir d'indice pour une évaluation écotoxicologique. En Suisse, les amphipodes sont très répandus et peuvent être fréquemment observés dans les eaux de surface. La situation est différente dans les ruisseaux souterrains, dans les grottes et dans l'eau souterraine, ce qui sera développé plus bas.

Malgré la large répartition des amphipodes et leur importance écologique, l'état des connaissances sur les espèces locales était modeste jusqu'à ces dernières années. Les amphipodes n'apparaissaient en général que sporadiquement dans les travaux d'histoire naturelle en Suisse. Au XIX^e siècle déjà, ont paru quelques rapports

insbesondere die unterirdisch lebenden Flohkrebse relativ häufig vertreten. So berichtet beispielsweise Paul Godet 1866 von augenlosen Flohkrebse in Quellen und Versickerungen in der Nähe von Neuchâtel. Auch in den Tiefenzonen von Genfersee und Bodensee und in alpinen Seen und Quellen wurden Flohkrebse nachgewiesen. Eine systematische Zusammenstellung aller in der Schweiz vorkommenden Flohkrebse fehlte jedoch.

Häufig und weitverbreitet

Durch das von uns durchgeführte Projekt Amphipod.CH konnte erstmals eine umfassende Übersicht über die Verbreitung und Diversität der Flohkrebse in der Schweiz geschaffen werden. 2019 publizierten wir die erste Monographie über die Flohkrebse der Schweiz als Band in der Reihe Fauna Helvetica [2], herausgegeben durch info fauna, das Schweizerische Zentrum für die Kartografie der Fauna. Wir konnten zeigen, dass in der Schweiz mindestens 40 verschiedene Flohkrebarten vorkommen. Ungefähr die Hälfte dieser Arten lebt unterirdisch, d.h. in Höhlen, im Grundwasser, in Quellen oder in *Interstitialbereichen*. Letztere umschreiben die Übergangszonen zwischen Fließgewässern und dem Grundwasser.

Video zum Projekt Amphipod.CH:
www.youtube.com/watch?v=yzWMk4h_0oE

Bei Beginn des Projektes gingen wir aufgrund bestehender wissenschaftlicher Publikationen schweizweit vorerst von vielleicht zwanzig Flohkrebarten aus. Für die Oberflächengewässer konnten wir innerhalb weniger Jahre eine gute Datengrundlage zusammentragen [3]. Doch während unsere Forschung über die oberirdischen Flohkrebse dank bestehender biologischer Überwachungsprogramme von Bund und Kantonen, publizierten Berichten, Fachpublikationen und nicht zuletzt unserer eigenen Feldarbeit schnell Fortschritte machte, mussten wir uns für die unterirdischen Lebensräume auf wenige und meist veraltete Berichte verlassen [z.B. 4]. Da die Systematik und Taxonomie bezüglich dieser unterirdischen Arten dank neuer molekularbiologischer Methoden grosse Fortschritte gemacht hatte, waren die meisten Angaben nur mit grosser Vorsicht zu geniessen. Insbesondere ältere Nachweise, wo nur aufgrund des Aussehens bestimmt wurde, konnten durch uns nachweislich als Fehlbestimmungen eingeordnet werden. Wir mussten also eine Möglichkeit finden, von möglichst vielen unterirdischen Habitaten aus der Schweiz neue Proben zu erhalten. Da wir selber keine Höhlenforschende sind, haben wir uns 2014 an das Schweizerische Institut für Speläologie und Karstforschung (SISKA) und die Schweizerische Gesellschaft für Höhlenforschung (SGH) gewendet. Unsere Idee war, dass möglichst viele Höhlenforschende mit durch uns zur Verfügung gestelltem Beprobungs- und Dokumentationsmaterial auf Flohkrebsejagd gehen. Dies konnte aktiv geschehen oder niederschwellig im Zuge einer bereits geplanten Höhlentour. Durch diese Herangehensweise haben jeweils Expertinnen für das entsprechende Höhlensystem an vielversprechenden Orten nach Flohkrebse gesucht. Für unsere Forschungstätigkeit war diese Zusammenarbeit sehr förderlich.

Viele neue *Niphargus*-Funde aus Höhlen

Dank vieler motivierter Höhlenforschenden kamen in kurzer Zeit mehrere Dutzend Proben aus den unterschiedlichsten Regionen der Schweiz zusammen. Der Enthusiasmus und die Hilfsbereitschaft der Speläologen war für uns enorm hilfreich. Innerhalb weniger Jahre konnte die Anzahl bekannter unterirdischer Flohkrebsefundorte von 45 auf über 200 erhöht werden. Und auch von den schon bekannten Fundorten konnte teilweise neues Belegmaterial gesammelt und anschliessend



Photo: O. Rodrigues

Fig. 1: *Niphargus puteanus* aus Schleitheim, Schaffhausen.

Fig. 1 : *Niphargus puteanus* de Schleitheim, Schaffhouse.

dans lesquels l'observation d'amphipodes est mentionnée. Parmi les observations les plus anciennes, celles qui concernent les amphipodes vivant en milieu souterrain sont relativement fréquentes. Par exemple, Paul Godet, en 1866, décrit des amphipodes aveugles dans des sources et des zones de suintement de la région de Neuchâtel. Des amphipodes ont aussi été observés dans les zones profondes du lac Léman, du lac de Constance et dans des lacs et sources alpines. Une récapitulation systématique de tous les amphipodes observés en Suisse faisait cependant défaut.

Fréquent et largement répandu

Grâce au projet Amphipod.ch que nous avons réalisé, une vue d'ensemble complète de la répartition et la diversité des amphipodes en Suisse a pu être établie pour la première fois. En 2019, nous avons publié la première monographie concernant les amphipodes de Suisse ; elle constitue un tome de la série Fauna Helvetica [2], publiée par info fauna, le Centre suisse pour la cartographie de la faune. Nous avons pu établir qu'en Suisse existent au moins 40 espèces d'amphipodes. Environ la moitié de ces espèces vit dans le milieu souterrain : dans des grottes, dans l'eau souterraine, dans des sources ou dans le *milieu interstitiel*. Ce dernier terme comprend la zone de transition entre les eaux courantes de surface et l'eau souterraine.

Vidéo sur le projet Amphipod.CH:
www.youtube.com/watch?v=yzWMk4h_0oE

Au début du projet, compte tenu des publications scientifiques existantes, nous avons tout d'abord estimé avoir affaire à une vingtaine d'espèces d'amphipodes en Suisse. En quelques années, nous avons pu récolter une base de données fiable pour les eaux de surface [3]. Cependant, alors que nos recherches sur les amphipodes de surface progressaient rapidement grâce à des programmes de suivi biologique de la Confédération et des cantons, à des rapports publiés, à des articles spécialisés et bien sûr à nos propres travaux, nous avons dû nous référer, pour le milieu souterrain, à de rares rapports, la plupart dépassés [par ex. 4]. Comme la systématique et la taxonomie concernant ces

neu bestimmt werden. Es zeigte sich, dass Funde aus unterirdischen Habitaten mit der Ausnahme von *Crangonyx subterraneus* ausschliesslich der Gattung *Niphargus* angehören (Fig. 1).

Mit etwa 400 beschriebenen Arten ist die Gattung *Niphargus* die weltweit vielfältigste Flohkrebsgattung. Diese Arten leben meist in Höhlen, Quellen oder dem Grundwasser. Die daraus resultierende kleinräumige Verbreitung hat wahrscheinlich die Artenvielfalt innerhalb der Gattung *Niphargus* begünstigt, da sich lokal neue Arten bilden und kein Austausch mit anderen Arten stattfindet. Das führt dazu, dass viele *Niphargus*-Arten endemisch sind. Als *endemisch* werden Arten bezeichnet, die nur sehr lokal verbreitet sind. *Niphargus* kommt vor allem in Europa vor, mit besonders vielen Vertretern im Balkan. Die meisten Arten bewegen sich flink, sind augenlos, schlank und farblos bis transparent (Fig. 2).

Aus der Schweiz konnten wir bisher 18 Flohkrebarten der Gattung *Niphargus* nachweisen. Wir haben zudem Hinweise darauf, dass noch weitere unbeschriebene Arten in der Schweiz vorkommen. Bemerkenswert ist, dass wir bereits fünf für die Wissenschaft neue Arten beschreiben konnten, von denen vier sogar endemisch für die Schweiz sind (*Niphargus luchoffmanni*, *N. muotae*, *N. murimali* und *N. styx* [5, 6]), das heisst, weltweit nirgendwo sonst vorkommen. Drei dieser Arten stammen aus dem Hölloch im Muotatal, Kanton Schwyz (Fig. 3), die vierte Art (*Niphargus luchoffmanni*) kommt vor allem im Grundwasser und in Quellen in den Nordalpen vor. Eine Übersicht zu diesen aus biogeographischer Sicht sehr spannenden Funden erschien in *Stalactite* 67(1), Seiten 10–16 [7]. Im Gegensatz zu anderen Flohkrebsgattungen kommen *Niphargus*-Arten in allen Regionen der Schweiz vor. Wir konnten *Niphargus*-Arten beispielsweise in Grundwasserbrunnen bei Basel, in alpinen Seen auf über 2'500 m ü. M., im Interstitialbereich der Töss, aber auch in Quellen im Berner Oberland nachweisen.

Übersicht der unterirdischen Flohkrebse der Schweiz

Aussagen über biogeographische Muster von *Niphargus*-Arten wären bis vor wenigen Jahren nicht möglich gewesen. Doch dank der

dernières espèces avaient fait de grands progrès grâce aux nouvelles méthodes de biologie moléculaire, la plupart des données étaient à utiliser avec beaucoup de prudence. En particulier, la détermination d'anciens échantillons réalisée uniquement sur la base de l'aspect, a dû être taxée de manière incontestable comme erronée. Nous avons donc dû trouver une solution afin de récolter de nouveaux échantillons provenant du plus grand nombre possible d'habitats en milieu souterrain en Suisse. Comme nous ne sommes nous-mêmes pas spéléologues, nous nous sommes adressés en 2014 à l'Institut suisse de spéléologie et de karstologie (ISSKA) et à la Société suisse de spéléologie (SSS). Notre but était que le plus grand nombre possible de spéléologues se mettent à la recherche d'amphipodes en utilisant du matériel d'échantillonnage et de documentation que nous leur mettrions à disposition. Ceci pouvait être réalisé de manière planifiée ou occasionnelle dans le cadre d'une expédition déjà prévue. Grâce à cette approche, des connaisseurs d'un réseau spéléologique donné ont recherché des amphipodes à des endroits prometteurs. Cette collaboration a été très fructueuse pour nos activités de recherche.

Nombreuses nouvelles récoltes de *Niphargus* dans des grottes

Grâce à de nombreux spéléologues motivés, plusieurs douzaines d'échantillons ont été récoltés en peu de temps dans les régions de Suisse les plus variées. Pour nous, l'enthousiasme et l'obligeance des spéléologues ont représenté une aide considérable. En quelques années, le nombre de sites où des amphipodes du milieu souterrain ont été observés a passé de 45 à 200. De nouveaux échantillons ont également pu être récoltés dans les sites déjà connus, et leur détermination a pu être révisée. Il est apparu que les échantillons récoltés dans les habitats du milieu souterrain appartiennent exclusivement au genre *Niphargus* (Fig. 1), à l'exception de *Crangonyx subterraneus*.

Le genre *Niphargus*, avec 400 espèces décrites, est le plus diversifié des amphipodes au niveau mondial. Celles-ci vivent pour la plupart dans des grottes, des sources ou dans l'eau souterraine. Cette répartition en milieu restreint a vraisemblablement favorisé la multiplicité des espèces du genre *Niphargus*, car de nouvelles espèces naissent localement et

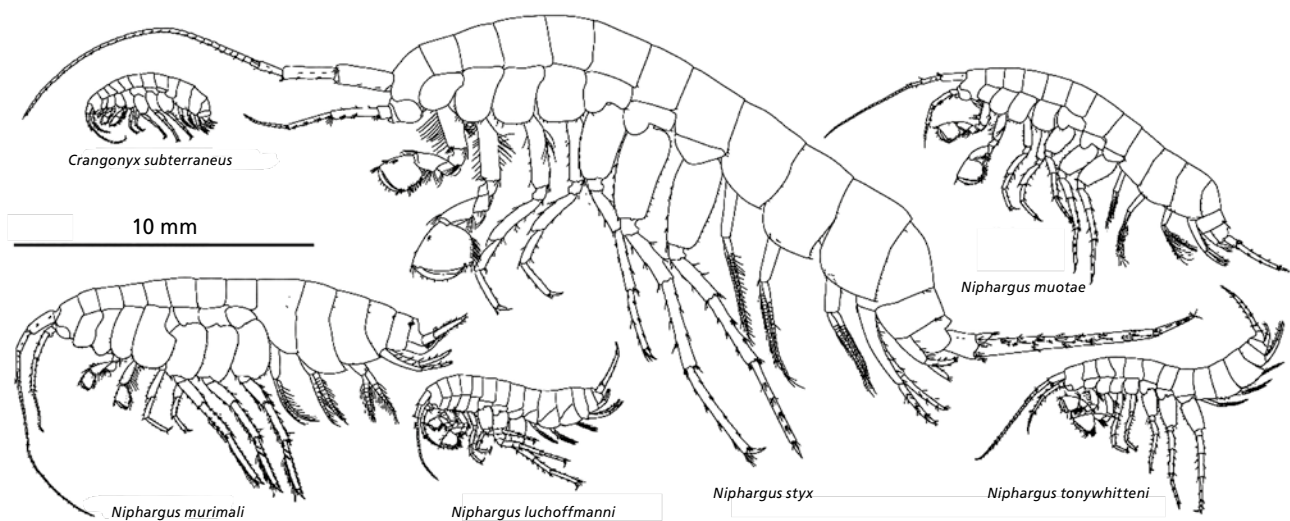


Fig. 2 Einige *Niphargus*-Arten und *Crangonyx subterraneus* aus der Schweiz

Fig. 2 : Quelques espèces de *Niphargus* ainsi que *Crangonyx subterraneus*, provenant de Suisse



Photo: G. Bättig

Fig. 3: Links: Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft Hölloch auf Flohkrebssjagd (2014). Rechts: Gregor Bättig, Roman Alther und Franz Auf der Maur am Zürichsee (Hölloch), kurz vor einem weiteren Flohkrebssfund (2020).



Photo: J. Steiner

Fig. 3 : À gauche : des membres de la «Arbeitsgemeinschaft Hölloch» à la recherche d'amphipodes (2014). À droite : Gregor Bättig, Roman Alther et Franz Auf der Maur au «Zürichsee» (Hölloch), peu avant une nouvelle récolte d'amphipodes (2020).

nun zugänglichen Daten können wir nun erstmals nicht nur typische Flohkrebse für Regionen an der Oberfläche benennen, sondern dies auch für die unterirdischen Arten machen (Fig. 4). Für viele Arten gibt es zwar immer noch nur wenige Funde, und Aussagen über deren Gesamtverbreitung sind schwierig. Es können jedoch für gewisse Regionen typische Arten identifiziert werden. Einige Arten sind spezifische Bewohner karstiger Regionen, insbesondere des Jurabogens, und können vor allem in Höhlen gefunden werden. Dazu gehören *N. puteanus*, *N. rhenorhodanensis*, *N. setiferus* und *N. virei*. In den nördlichen (Vor-)Alpen findet man Arten, die vor allem in Quellen und Höhlen vorkommen. Darunter fallen *N. luchoffmanni*, *N. muotae*, *N. murali*, *N. styx* und *N. thienemanni*. Im Mittelland findet man vor allem im Grundwasser und in Interstitiallebensräumen unterirdische Flohkrebse. Hierzu gehören *N. auerbachi*, *N. laisi*, und *N. tonywhitteni* [8, 9]. Im Tessin findet man mit *N. brixianus* und *N. thuringius* zwei höhlen- und quellenbewohnende Arten, die im Rest der Schweiz fehlen. *Niphargus forelii* wurde in den Tiefenzonen verschiedener grosser Seen nachgewiesen. Neuere Funde, die nach der Eutrophierung der Schweizer Seen datieren, fehlen hingegen. Trotz dieser allgemeinen Muster sind die Daten für einige Regionen der Schweiz weiterhin spärlich und weitere Forschung in den Einzugsgebieten von Rhone, Ticino und Adda sollten folgen.

Bestimmen Sie Ihren eigenen Flohkrebssfund:

<http://ekey.amphipod.ch>

Auf Deutsch gibt es zu allen Arten noch Texte über die Verbreitung und Ökologie.

In den folgenden Abschnitten soll eine kurze Übersicht über alle bekannten Flohkrebssarten der unterirdischen Lebensräume in der Schweiz gegeben werden (Fig. 5). Die Liste und der Text orientiert sich an der Monographie über die Flohkrebse der Schweiz [2] und der regelmässig nachgeführten Checkliste der Flohkrebse der Schweiz (<https://www.amphipod.ch/checkliste/>).

***Crangonyx subterraneus* – Spence Bate, 1859**

Crangonyx subterraneus ist ein typischer Grundwasserbewohner und daher sehr klein. Wie bei allen unterirdischen Flohkrebssarten erschwert die Unzugänglichkeit ihres Lebensraums jedoch die Erforschung.

aucun échange avec d'autres espèces n'est possible. Par conséquent, de nombreuses espèces de *Niphargus* sont *endémiques*. Ce terme désigne des espèces dont la répartition est restreinte à un endroit très spécifique. Le *Niphargus* s'observe surtout en Europe, avec une abondance particulière dans les Balkans. La plupart des espèces ont des mouvements vifs, sont aveugles, minces et incolores à transparents (Fig. 2).

Jusqu'ici, nous avons pu déterminer 18 espèces d'amphipodes du genre *Niphargus* en Suisse. D'autre part, nous avons observé des indices indiquant que d'autres espèces non encore décrites existent en Suisse. Il est à souligner que nous avons déjà pu décrire cinq nouvelles espèces, parmi lesquelles quatre sont même endémiques en Suisse (*Niphargus luchoffmanni*, *N. muotae*, *N. murali* et *N. styx* [5, 6]), c'est-à-dire qui n'existent nulle autre part ailleurs dans le monde. Parmi ces espèces, trois proviennent du Hölloch (Muotatal, canton de Schwyz) (Fig. 3), alors que la quatrième (*Niphargus luchoffmanni*) est surtout répandue dans les eaux souterraines et les sources du Nord des Alpes. Une vue d'ensemble de ces observations, d'une grande importance au point de vue de la biogéographie, a paru dans *Stalactite* 67(1), pages 10-16 [7]. Contrairement aux autres genres d'amphipodes, des espèces de *Niphargus* se rencontrent dans toutes les régions de Suisse. Par exemple, nous avons pu identifier différentes espèces de *Niphargus* dans l'eau souterraine de puits près de Bâle, dans des lacs alpins à une altitude supérieure à 2500 m, dans le domaine interstitiel de la Töss, ainsi que dans des sources de l'Oberland bernois.

Vue d'ensemble des amphipodes du milieu souterrain en Suisse

Il y a quelques années encore, une interprétation de la répartition biogéographique des différentes espèces de *Niphargus* n'aurait pas été possible. Maintenant, grâce aux données actuellement disponibles, il nous est possible pour la première fois de déterminer des espèces d'amphipodes typiques d'une région non seulement pour la surface, mais aussi pour le domaine souterrain (Fig. 4). À vrai dire, pour de nombreuses espèces, les échantillons récoltés sont encore rares, et une interprétation de la répartition globale est délicate. Il est cependant possible, pour certaines régions, de déterminer des espèces typiques. Quelques espèces sont des habitants spécifiques des régions karstiques,

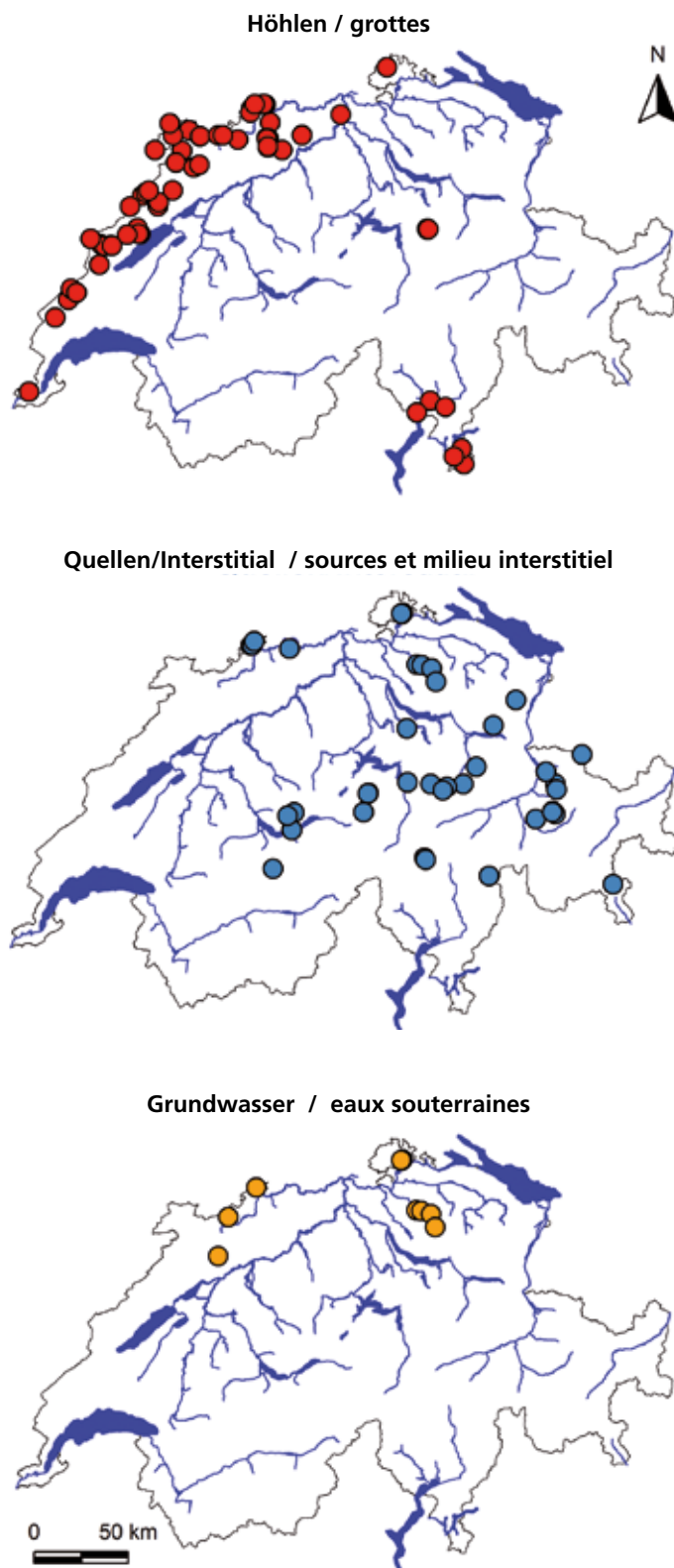


Fig. 4: Karten mit *Niphargus*-Funden gemäss Fundort (ohne *N. forelii* aus den Seen).

Fig. 4 : Cartes des observations de *Niphargus* pour les différents milieux de récolte (sans *N. forelii* dans les lacs).

en particulier de l'Arc jurassien, et se rencontrent surtout dans des grottes. À celles-ci appartiennent *N. puteanus*, *N. rhenorhodanensis*, *N. setiferus* et *N. virei*. Dans la partie nord de la chaîne alpine on rencontre des espèces qui vivent surtout dans les sources et les grottes. Celles-ci comprennent *N. luchoffmanni*, *N. muotae*, *N. murimali*, *N. styx* et *N. thienemanni*. Sur le Plateau on observe des amphipodes du milieu souterrain surtout dans les eaux souterraines et dans le domaine interstitiel. On peut nommer dans ce cas *N. auerbachi*, *N. laisi* et *N. tonywhitteni* [8, 9]. Au Tessin on rencontre, avec *N. brixianus* et *N. thuringius*, deux espèces vivant dans les grottes et les sources, absentes dans le reste de la Suisse. *Niphargus forelii* a été observé dans la zone profonde de différents grands lacs. En revanche, de nouvelles observations postérieures à l'eutrophisation des lacs suisses font défaut. Malgré cette vue d'ensemble générale, les données relatives à certaines régions de Suisse restent modestes et les recherches dans les bassins versants du Rhône, du Tessin et de l'Adda devraient être poursuivies.

Déterminez vos propres récoltes d'amphipodes:

<http://ekey.amphipod.ch>

(en français, allemand et italien)

Pour toutes les espèces, des textes en allemand concernant la répartition et l'écologie sont accessibles

Dans les segments de texte ci-dessous figure une brève récapitulation de toutes espèces d'amphipodes connues pour le milieu souterrain de Suisse (Fig. 5). La liste et le texte sont basés sur la monographie des amphipodes de Suisse [2] et sur la liste des amphipodes de Suisse périodiquement mise à jour (<https://www.amphipod.ch/checkliste/>).

***Crangonyx subterraneus* – Spence Bate, 1859**

Crangonyx subterraneus est un habitant typique des eaux souterraines, il est par conséquent de petite taille. Comme pour toutes les espèces d'amphipodes du milieu souterrain, la difficulté d'accès de son environnement représente un handicap pour la recherche. Jusqu'ici, *Crangonyx subterraneus* a été observé surtout dans des captages d'eau et des puits. En Suisse, cette espèce n'a jusqu'ici été observée que dans les eaux souterraines de la Wiese près de Bâle ; aucun échantillon provenant de grottes n'est signalé. Des observations faites dans les régions frontalières (Oberrhein – secteur supérieur du Rhin ainsi que région du lac de Constance) laissent supposer que la répartition effective doit être plus étendue, aussi en Suisse.

***Niphargus aquilex* – Schiödte, 1855**

Niphargus aquilex vit dans les eaux souterraines et peut être observé dans des sources issues de terrains meubles ou des puits d'exploitation. *N. aquilex* est de petite taille, ce qui est typique d'une espèce des eaux souterraines. En Suisse, il a été identifié à deux endroits, l'un près de Court (Jura bernois), l'autre à Petite-Lucelle (Jura soleurois).

***Niphargus auerbachi* – Schellenberg, 1934**

Une espèce de petite taille, identifiée jusqu'ici en de rares endroits dans des sources, captages et dans le domaine interstitiel. En Suisse, identifié jusqu'ici à Schaffhouse uniquement. Il existe peu d'information sur l'écologie de *N. auerbachi*.

***Niphargus brixianus* – Ruffo, 1937**

Espèce de taille moyenne, trapue, vivant dans les grottes. En Suisse, a été observée à la pointe sud des Sottoceneri près de Morbio Inferiore (Grotta del Demanio) et à Meride (Val Serrata). Cette espèce a également été observée dans des cavités associées à des travaux miniers (mines et grottes), plus rarement aussi dans des sources et des puits.

Crangonyx subterraneus wurde bisher vor allem in Wasserfassungen und Brunnen gefunden. In der Schweiz wurde die Art bisher nur im Grundwasser der Wiese bei Basel gefunden, Vorkommen aus Höhlen sind keine bekannt. Funde aus dem nahen Ausland (Oberrhein und Bodenseegebiet) deuten auf eine weitere Verbreitung auch in der Schweiz hin.

***Niphargus aquilex* – Schiödte, 1855**

Niphargus aquilex lebt im Grundwasser und kann in Sickerquellen und Pumpbrunnen gefunden werden. Als typische Grundwasserart ist *N. aquilex* klein. In der Schweiz gibt es zwei Nachweise, einen aus dem Berner Jura bei Court, den anderen aus dem Solothurner Jura in Kleinlützel.

***Niphargus auerbachii* – Schellenberg, 1934**

Eine kleine Art mit bisher nur wenigen Nachweisen aus Quellen, Wasserfassungen und Interstitiallebensräumen. In der Schweiz wurde die Art bisher nur in Schaffhausen nachgewiesen. Über die Ökologie von *N. auerbachii* ist wenig bekannt.

***Niphargus brixianus* – Ruffo, 1937**

Mittelgrosse, gedrungene und höhlenbewohnende Art. In der Schweiz gibt es Funde aus der südlichsten Spitze des Sottoceneri bei Morbio Inferiore (Grotta del Demanio) und Meride (Val Serrata). Die Art wurde auch schon in durch Bergbau entstandenen Höhlen und Minen, selten auch in Quellen und Brunnen nachgewiesen.

***Niphargus caspary* – Pratz, 1866**

Eine kleine, robuste Art, die im Interstitialraum von Schotterflächen und Alluvialböden lebt und sich wahrscheinlich filtrierend ernährt. In der Schweiz bisher Nachweise in der Region Basel (Ober- und Hochrheingebiet) und in der Nähe von Interlaken. *Niphargus caspary* kommt oft zusammen mit anderen interstitialbewohnenden Flohkrebse vor (z. B. *Niphargus inopinatus* oder *Crangonyx subterraneus*).

***Niphargus forelii* – Humbert, 1877**

Eine kleine Art, die in grosser Tiefe voralpiner Seen nachgewiesen wurde. *Niphargus forelii* wurde durch Humbert 1877 aus dem Genfersee beschrieben. Es handelt sich vermutlich um eine omnivore oder räuberische Art, die gegenüber sauerstoffarmen Bedingungen eine gewisse Toleranz aufzuweisen scheint. Alle Funde wurden jedoch vor der Eutrophierung der Seen gemacht und es ist daher nicht gesichert, dass die Art überhaupt noch vorkommt. In eigenen Untersuchungen mit Schleppnetzen konnte die Art im Vierwaldstättersee und dem Zürichsee 2016 resp. 2017 nicht mehr nachgewiesen werden. Historische Nachweise gibt es aus dem Bodensee, Genfersee, Lago di Lugano, Lago Maggiore, Neuenburgersee, Vierwaldstättersee, Walensee und Zürichsee.

***Niphargus inopinatus* – Schellenberg, 1932**

Eine kleine Art, die in der Schweiz nur im Interstitial der Wiese bei Basel nachgewiesen wurde. Sie lebt in Interstitiallebensräumen und im Grundwasser, wurde aber auch schon aus Quellen und Höhlen nachgewiesen. *Niphargus inopinatus* ernährt sich wahrscheinlich von verschiedenen kleineren Nahrungspartikeln oder filtrierend. Die Art wurde schon zusammen mit *N. caspary* und *C. subterraneus* gefunden.

***Niphargus laisi* – Schellenberg, 1936**

Die erst 2018 erstmals nachgewiesene, relativ kleine Art wurde in der Schweiz bisher nur im Interstitial der Töss südlich von Winterthur gefunden. Aus Baden gibt es Funde aus Brunnen. Über die Ökologie von *N. laisi* ist wenig bekannt.

***Niphargus caspary* – Pratz, 1866**

Espèce de petite taille, robuste, qui vit dans le domaine interstitiel de dépôts de graviers et de sols alluviaux, et qui se nourrit probablement en filtrant les eaux. En Suisse, a été observé jusqu'ici dans la région de Bâle (Ober- und Hochrheingebiet – secteur supérieur du Rhin et région du Haut Rhin) et dans la région d'Interlaken. *Niphargus caspary* est souvent observé en association avec d'autres amphipodes vivant dans le domaine interstitiel (par ex. *Niphargus inopinatus* ou *Crangonyx subterraneus*).

***Niphargus forelii* – Humbert, 1877**

Espèce de petite taille, qui a été observée à grande profondeur dans des lacs du domaine préalpin. *Niphargus forelii* a été décrit par Humbert en 1877 dans le lac Léman. Il s'agit probablement d'une espèce omnivore ou prédatrice, qui semble présenter une certaine tolérance vis-à-vis de conditions pauvres en oxygène. Toutes les observations ont cependant été faites avant l'eutrophisation des lacs et il n'est par conséquent pas certain que cette espèce soit encore présente. À l'occasion de nos recherches au moyen de filets remorqués, cette espèce n'a plus été observée dans les lacs des Quatre Cantons et de Zurich, en 2016 et 2017. Il existe des observations anciennes dans le lac de Constance, le Léman, le lac de Lugano, le lac Majeur, les lacs de Neuchâtel, des Quatre Cantons, de Walenstadt et de Zurich.

***Niphargus inopinatus* – Schellenberg, 1932**

Espèce de petite taille, qui n'a été observée, en Suisse, que dans le domaine interstitiel de la Wiese près de Bâle. Elle vit dans les habitats du domaine interstitiel et dans les eaux souterraines, a cependant été observée aussi dans des sources et des grottes. *Niphargus inopinatus* se nourrit probablement de diverses petites particules alimentaires ou par filtration. Cette espèce a déjà été observée en association avec *N. caspary* et *C. subterraneus*.

***Niphargus laisi* – Schellenberg, 1936**

Nous n'avons observé cette espèce de taille relativement petite qu'à partir de 2018 en Suisse, uniquement dans le domaine interstitiel de la Töss au sud de Winterthur. A été observée aussi à Baden, dans des puits. Il existe peu d'information sur l'écologie de *N. laisi*.

***Niphargus luchoffmanni* – Fišer, Alther, Zakšek, Borko, Fuchs & Altermatt, 2018**

Espèce de taille plutôt petite, que nous avons décrite en 2018. Il s'agit d'une espèce vivant dans des sources, qui a été observée jusqu'ici en Suisse centrale et dans l'Oberland bernois. Elle est certainement endémique en Suisse.

***Niphargus muotae* – Fišer, Konec, Alther, Švara & Altermatt, 2017**

Espèce de taille moyenne, endémique en Suisse. Jusqu'ici, *Niphargus muotae* n'a été observé que dans le Hölloch, où il a été découvert à l'emplacement de suintements et dans la partie inférieure du Seengang, ainsi qu'à la fin du Wasserdome. Compte tenu de la parenté génétique avec d'autres espèces, les fissures dans la roche de la zone du plafond des grottes représentent son milieu vital le plus probable.

***Niphargus murimali* – Fišer, Konec, Alther, Švara & Altermatt, 2017**

Espèce de taille moyenne, robuste et endémique en Suisse. Jusqu'ici, *Niphargus murimali* n'a été observé que dans le Hölloch, où il a été découvert dans une dépression au pied de la Böse Wand ainsi que dans le Seengang aux environs du Krebsstollen. Les extrémités antérieures et les pièces buccales indiquent que *N. murimali* se nourrit certainement de biofilms.

***Niphargus luchoffmanni* – Fišer, Alther, Zakšek, Borko, Fuchs & Altermatt, 2018**

Eine eher kleine Art, die erst im Jahr 2018 von uns beschrieben wurde. Es handelt sich um eine quellenbewohnende Art, die bisher in der Zentralschweiz und im Berner Oberland nachgewiesen wurde. Sie ist wohl endemisch für die Schweiz.

***Niphargus muotae* – Fišer, Konec, Alther, Švara & Altermatt, 2017**

Mittelgrosse und für die Schweiz endemische Art. *Niphargus muotae* ist bisher nur aus dem Hölloch bekannt und wurde dort an einer Versickerungsstelle im unteren Teil des Seengangs sowie am Ende des Wasserdoms gefunden. Aufgrund der genetischen Verwandtschaft zu anderen Arten sind Felsspalten im Deckenbereich von Höhlen der wahrscheinlichste Lebensraum.

***Niphargus murimali* – Fišer, Konec, Alther, Švara & Altermatt, 2017**

Mittelgrosse, kräftige und für die Schweiz endemische Art. *Niphargus murimali* ist bisher nur aus dem Hölloch bekannt und wurde dort in einer Vertiefung unterhalb der „Bösen Wand“ sowie im Seengang in der Nähe des Krebsstollens gefunden. Die vorderen Extremitäten und die Mundwerkzeuge deuten darauf hin, dass sich *N. murimali* wohl von Biofilmen ernährt.

***Niphargus puteanus* – Koch, 1836**

Mittelgrosse und schlanke, längliche Art, die in Felsspalten von Höhlen, in Quellen und in Brunnen gefunden wurde. In der Schweiz wurde *N. puteanus* vor allem im Baselbieter Jura nachgewiesen. Nachweise aus dem Hölloch [10] wurden nachträglich als Fehlbestimmungen identifiziert [5]. *Niphargus puteanus* wird häufig in frischem organischem Material gefunden, ist aber sehr mobil und kann sich in rasch fliessenden Höhlenbächen seitlich kriechend oder aufrecht laufend fortbewegen. *Niphargus puteanus* ernährt sich generalistisch oder räuberisch von Würmern und Quellschnecken. Die Art ist gegenüber niedrigen Sauerstoffkonzentrationen, chemischen Belastungen oder mässig verunreinigtem Wasser tolerant, flieht aber bei Lichteinfall.

***Niphargus rhenorhodanensis* Komplex – Schellenberg, 1937**

Niphargus rhenorhodanensis ist ein sogenannter Artkomplex aus genetisch klar unterscheidbaren Arten, die gemäss ihres Aussehens aber nicht klar aufgetrennt werden können. Es handelt sich um eine grosse, schlanke Art. Die einzelnen Arten sind wohl nur lokal verbreitet. In der Schweiz nachgewiesen wurde *N. rhenorhodanensis* vor allem in Höhlen des Juras und der Region Basel, aber auch im Einzugsgebiet des Rheins und der Rhone. Einige Funde stammen aus Quellen oder Wasserfassungen. *Niphargus rhenorhodanensis* ist eine tolerante Art gegenüber Kälte und sauerstoffarmen Bedingungen. Sie ist ein Generalist bezüglich ihres Lebensraumes und ihrer Ernährung und kann lange Hungerphasen überdauern.

***Niphargus setiferus* – Schellenberg, 1937**

Eine relativ kleine Art, die in der Schweiz vor allem im Neuenburger und Waadtländer Jura nachgewiesen wurde. Ältere Funde aus dem Wildmannisloch [4] sind Fehlbestimmungen. *Niphargus setiferus* ist eine typische Karstbewohnerin aus Höhlen und Quellen.

***Niphargus styx* – Fišer, Konec, Alther, Švara & Altermatt, 2017**

Eine grosse und in der Schweiz endemische Art. Bisher sind nur Funde aus dem Hölloch aus einer Vertiefung unterhalb der „Bösen Wand“, im Drahtsee innerhalb des Seengangs, im Seengang in der Nähe

***Niphargus puteanus* – Koch, 1836**

Espèce de taille moyenne, svelte et allongée, qui a été observée dans les fissures de grottes ainsi que dans des sources et puits. En Suisse, *N. puteanus* a été observé surtout dans le Jura bâlois. Des descriptions dans le Hölloch [10] ont par la suite été admises comme erronées [5]. *Niphargus puteanus* est fréquemment observé dans du matériel organique frais ; il est cependant très mobile et peut se mouvoir en rampant sur le côté ou en se déplaçant dans une posture verticale dans les ruisseaux souterrains à écoulement rapide. *Niphargus puteanus* se nourrit de manière omnivore ou prédatrice de vers et d'escargots de sources. Cette espèce est tolérante vis-à-vis de faibles concentrations en oxygène, de charges chimiques élevées ou d'une pollution modérée de l'eau ; les individus fuient cependant sous l'effet de la lumière.

***Niphargus rhenorhodanensis* Komplex – Schellenberg, 1937**

Niphargus rhenorhodanensis représente une espèce dite «complexe», groupe comprenant diverses espèces clairement différenciées au point de vue génétique, mais qu'il n'est pas possible de distinguer de manière certaine sur la base de leur aspect. Il s'agit d'une espèce de grande taille, svelte. Les espèces spécifiques ne sont réparties que localement. En Suisse, *N. rhenorhodanensis* a été observé surtout dans les grottes du Jura et de la région de Bâle, mais aussi dans les bassins du Rhin et du Rhône. Quelques individus ont été observés dans des sources et des captages. *Niphargus rhenorhodanensis* est une espèce tolérante vis-à-vis du froid et de conditions pauvres en oxygène. Elle est polyvalente au point de vue de l'habitat et de la nourriture et peut supporter de longues périodes de jeûne.

***Niphargus setiferus* – Schellenberg, 1937**

Il s'agit d'une espèce de taille relativement modeste, qui a été observée, en Suisse, surtout dans le Jura neuchâtelois et vaudois. Des observations plus anciennes dans le Wildmannisloch [4] correspondent à des déterminations erronées. *Niphargus setiferus* est un habitant typique des régions karstiques, on le trouve dans les grottes et les sources.

***Niphargus styx* – Fišer, Konec, Alther, Švara & Altermatt, 2017**

Il s'agit d'une espèce de grand taille, endémique en Suisse. Jusqu'ici, elle n'a été observée que dans le Hölloch, dans une dépression au pied de la Böse Wand, dans le Drahtsee du Seengang, dans le Seengang à proximité du Krebsstollen, dans le Riesengang près de la bifurcation du Spaltenschloss ainsi qu'à l'emplacement du Styx (paroi du Jochgang). Cette espèce est une habitante des grottes, qui se nourrit de manière exclusivement prédatrice.

***Niphargus thienemanni* – Schellenberg, 1934**

Cette espèce est de taille relativement petite. En Suisse, elle a été observée surtout dans les Alpes, les Préalpes et le domaine helvétique de l'est de la Suisse, en particulier en Suisse centrale, dans les Alpes glaronnaises, dans l'Alpstein et le nord des Grisons. *Niphargus thienemanni* peut être observé surtout en altitude élevée dans des sources et dans les eaux souterraines, en particulier dans des graviers modérément irrigués et parsemés de mousse. L'absence de larves d'insectes (trichoptères, plécoptères, éphémères) aux sites d'observation indiquent que cette espèce n'est pas particulièrement résistante à la concurrence.

***Niphargus thuringius* – Schellenberg, 1934**

Il s'agit d'une espèce de taille moyenne, svelte, qui a été observée à divers endroits du Tessin, en particulier au lac Majeur. Les observations proviennent de sources, aqueducs et habitats des eaux souterraines ; dans ceux-ci, *N. thuringius* peut se mouvoir dans des fissures ou de

des Krebsstollens, im Riesengang bei der Verzweigung Spaltenschloss sowie bei der Stelle „Styx“ (Flanke des Jochgangs) bekannt. Es handelt sich um eine höhlenbewohnende Art, die sich wohl rein räuberisch ernährt.

***Niphargus thienemanni* – Schellenberg, 1934**

Eine relativ kleine Art, die in der Schweiz vor allem in den östlichen Alpen und Voralpen nachgewiesen wurde, insbesondere den Zentralschweizer und Glarner Alpen, dem Alpstein und Nordbünden.

petits interstices. Il existe peu d'informations sur l'écologie de cette espèce ; elle semble cependant être polyvalente pour son alimentation.

***Niphargus tonywhitteni* – Fišer, Alther, Zakšek, Borko, Fuchs & Altermatt, 2018**

Cette espèce est de petite taille, svelte. Jusqu'ici, elle n'a été observée que dans le bassin versant de la Töss. Cette espèce vit dans le domaine interstitiel ; son écologie n'a cependant pas encore été étudiée.

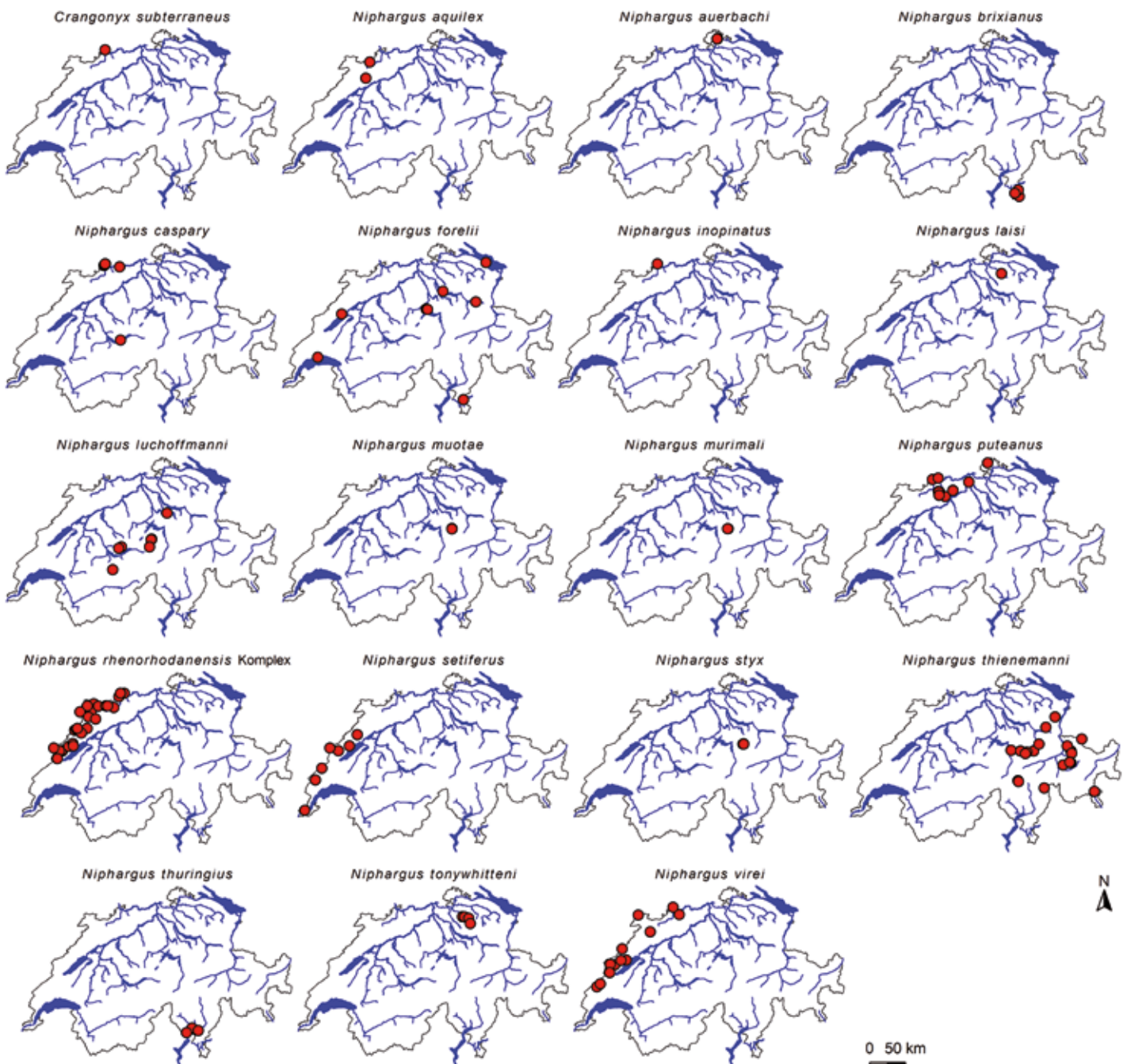


Fig. 5: Verbreitungskarten von *Crangonyx subterraneus* und 18 *Niphargus*-Arten für die Schweiz.

Fig. 5 : Cartes de la répartition en Suisse de *Crangonyx subterraneus* et de 18 espèces de *Niphargus*.



Photo: R. Wenger

See in der Höhle von Vallorbe (VD).

Lac dans la grotte de Vallorbe (VD).

Niphargus thienemanni kann vor allem in höheren Lagen in Quellen und Grundwasserhabitaten gefunden werden, insbesondere in leicht überrieseltem und von Moos durchsetztem Schotter. Das Fehlen von Eintags-, Stein- oder Köcherfliegenlarven an den Fundstellen ist ein Hinweis darauf, dass die Art nicht sonderlich konkurrenzstark ist.

***Niphargus thuringius* – Schellenberg, 1934**

Eine mittelgrosse, schlanke Art, die im Tessin an verschiedenen Stellen um den Lago Maggiore nachgewiesen wurde. Funde stammen aus Quellen, Aquädukten und Grundwasserhabitaten, wobei sich *N. thuringius* in kleinen Spalten und Zwischenräumen fortbewegen kann. Über die Ökologie ist nur wenig bekannt, doch es scheint sich um einen Nahrungsgeneralisten zu handeln.

***Niphargus tonywhitteni* – Fišer, Alther, Zakšek, Borko, Fuchs & Altermatt, 2018**

Eine kleine und schlanke Art, die in der Schweiz bisher nur im Einzugsgebiet der Töss nachgewiesen wurde. Es handelt sich um eine interstitialbewohnende Art, deren Ökologie aber noch unerforscht ist.

***Niphargus virei* – Chevreux, 1896**

Die grösste einheimische Flohkrebsart, die im Waadtländer Jura und in der Region Basel nachgewiesen wurde, sowohl aus dem Einzugsgebiet der Rhone als auch des Rheins. Funde aus dem Hölloch [10] sind Fehlbestimmungen. *Niphargus virei* ist eine höhlenbewohnende Art und kann auch in Brunnen und Quellen gefunden werden. Die Art ist relativ sensitiv gegenüber Kälte und flieht vor Licht. Experimente zeigen, dass sich die Art vor allem räuberisch ernährt.

***Niphargus virei* – Chevreux, 1896**

Il s'agit de l'espèce indigène d'amphipodes présentant la plus grande taille. Elle a été observée dans le Jura vaudois et dans la région de Bâle, aussi bien dans le bassin du Rhône que dans celui du Rhin. Des observations faites au Hölloch [10] correspondent à des déterminations erronées. *Niphargus virei* est un habitant des grottes, il peut aussi être rencontré dans des puits et des sources. Il est relativement sensible au froid et fuit en présence de lumière. Des expériences ont montré qu'il se nourrit principalement de manière prédatrice.

Perspectives futures

Grâce aux recherches des dernières années, nos connaissances sur la diversité des amphipodes et sur leur répartition en Suisse sont maintenant assez détaillées. La collaboration avec les spéléologues a été couronnée de succès et les nouvelles données, particulièrement sur le Jura et la Suisse centrale, sont d'une importance considérable pour la recherche sur la biodiversité. D'importantes lacunes dans les connaissances subsistent cependant, en particulier concernant les espèces vivant dans les eaux souterraines, notamment pour le Plateau. Notre projet AmphiWell, récemment mis sur pied, doit contribuer à combler ces lacunes. En collaboration avec les syndicats locaux d'alimentation en eau, des échantillons provenant de centaines de chambres de captage doivent contribuer à révéler la diversité des amphipodes dans les eaux souterraines. Une première étude pilote a déjà donné des résultats très encourageants. Les premiers résultats ont été publiés dans la revue *Aqua & Gas* [11]. Une publication scientifique qui décrit des espèces de *Niphargus* signalées pour la première fois en

Wohin geht die Reise?

Dank der Forschung in den letzten Jahren wissen wir nun relativ detailliert Bescheid über die Flohkrebsvielfalt und deren Verbreitung in der Schweiz. Die Zusammenarbeit mit den Höhlenforschenden war sehr erfolgreich und die neuen Daten, insbesondere aus dem Jura und der Innerschweiz, sind von enormer Bedeutung für die Biodiversitätsforschung. Es gibt aber insbesondere bei den grundwasserbewohnenden Arten weiterhin grosse Wissenslücken, gerade im Mittelland. Hier soll unser kürzlich initiiertes Projekt *AmphiWell* Licht ins Dunkel bringen. In Zusammenarbeit mit lokalen Wasserversorgungen sollen Proben aus Hunderten von Brunnenstuben die Flohkrebsvielfalt des Grundwassers zu Tage fördern. Eine erste Pilotstudie war bereits sehr vielversprechend. Die ersten Ergebnisse wurden in der Zeitschrift *Aqua & Gas* publiziert [11]. Eine wissenschaftliche Publikation, die weitere *Niphargus*-Arten für die Schweiz und eine neue Art für die Wissenschaft beschreibt, ist in Vorbereitung. Am Projekt interessierte Personen können sich über die Webseite oder direkt bei uns melden.

Webseite zum Projekt AmphiWell:
<https://grundwasserfauna.amphipod.ch>

Grundsätzlich gilt, dass es noch immer viel zu entdecken gibt bei den Flohkrebse der Schweiz, vor allem bei den im Untergrund vorkommenden Arten. Sehr gerne nehmen wir weiterhin Proben mit in Alkohol konservierten Tieren aus der ganzen Schweiz entgegen (für Details zur Probenahme, siehe: <https://www.amphipod.ch/de/projekt/mitwirken/>).

Dank

Unser Dank gilt allen am Projekt beteiligten Personen. Insbesondere die Arbeitsgemeinschaft Hölloch, die SGH, das Siska und weitere Speläologen haben mit viel Elan unsere Forschung unterstützt. Nicole Bongni und Olaf Rodrigues danken wir für ihre Flohkrebseforschung in Brunnenstuben. Ohne unsere Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe um Prof. Dr. Cene Fišer aus Ljubljana hätten diese Entdeckungen wissenschaftlich nicht eingeordnet werden können. Ein grosser Dank gilt auch der Eawag und der Universität Zürich. Dem Bundesamt für Umwelt BAFU danken wir für die finanzielle Unterstützung des Projektes. Vielen Dank an Michel Blant für die Einladung zu diesem Artikel. ◆

Suisse, et qui présente la détermination d'une nouvelle espèce, est en préparation. Les personnes intéressées au projet peuvent s'annoncer par le site Internet ci-dessous ou prendre contact directement avec nous.

Site Internet du projet AmphiWell:
<https://grundwasserfauna.amphipod.ch>
 (en français, allemand et italien)

En principe, on peut affirmer qu'il reste toujours beaucoup à découvrir à propos des espèces d'amphipodes de Suisse, tout particulièrement concernant celles vivant dans le sous-sol. Nous acceptons toujours très volontiers des échantillons d'animaux conservés dans l'alcool en provenance de toute la Suisse. Concernant les détails pratiques de la prise d'échantillons, voir : <https://www.amphipod.ch/fr/projet/contribuer/>.

Remerciements

Nous remercions toutes les personnes participant au projet. En particulier, la Arbeitsgemeinschaft Hölloch, la SSS, l'ISSKA ainsi que d'autres spéléologues ont soutenu nos recherches avec une grande motivation. Nous remercions Nicole Bongni et Olaf Rodrigues pour leurs recherches sur les amphipodes des chambres de captage. Sans notre collaboration avec le groupe de recherche du professeur Dr. Cene Fišer de Ljubljana, ces résultats n'auraient pas pu être valorisés de manière scientifique. Nous adressons aussi de vifs remerciements à l'Eawag et à l'Université de Zurich. Nous remercions l'Office fédéral de l'environnement OFEV pour le soutien financier du projet. Que Michel Blant soit remercié pour l'invitation à publier ici cet article. ◆

Bibliographie

- [1] VAINÖLÄ, R. et al. Global diversity of amphipods (Amphipoda; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595, 241–255 (2008).
- [2] ALTERMATT, F., ALTHER, R., FIŠER, C. & ŠVARA, V. *Amphipoda (Flohkrebse) der Schweiz*. *Fauna Helvetica* 32. (info fauna CSCF & SEG, 2019).
- [3] ALTERMATT, F. et al. Diversity and distribution of freshwater amphipod species in Switzerland (Crustacea: Amphipoda). *PLOS ONE* 9, e110328 (2014).
- [4] STRINATI, P. *Faune cavernicole de la Suisse*. (M. Declume, 1966).
- [5] FIŠER, C., KONEC, M., ALTHER, R., ŠVARA, V. & ALTERMATT, F. Taxonomic, phylogenetic and ecological diversity of *Niphargus* (Amphipoda: Crustacea) in the Hölloch cave system (Switzerland). *Systematics and Biodiversity* 15, 218–237 (2017).
- [6] FIŠER, C. et al. Translating *Niphargus* barcodes from Switzerland into taxonomy with a description of two new species (Amphipoda, Niphargidae). *ZooKeys* 760, 113–141 (2018).
- [7] ALTHER, R., FIŠER, C., KONEC, M., ŠVARA, V. & ALTERMATT, F. Das Hölloch: Ein Flohkrebse-Hotspot in der Schweiz. *Stalactite* 67, 10–16 (2017).
- [8] RODRIGUES, O. Groundwater amphipods in communal springs of Schaffhausen (Switzerland): The first step into a nationwide citizen science project. (Institut für Evolutionsbiologie und Umweltwissenschaften, Universität Zürich, 2018).
- [9] BONGNI, N. A citizen science approach to extend knowledge about groundwater amphipods in Switzerland. (Institut für Evolutionsbiologie und Umweltwissenschaften, Universität Zürich, 2020).
- [10] MOESCHLER, P. Biospeläologische Untersuchungen im Hölloch. *Stalactite* 39, 73–77 (1989).
- [11] ALTHER, R., BONGNI, N., BORKO, Š., FIŠER, C. & ALTERMATT, F. Pilotstudie fördert Grundwasserfauna zu Tage. *Aqua & Gas* 100, 36–42 (2020).