Gletscherflöhe

Coole Überlebenskünstler

Manch ein Hochtourengänger ist ihnen schon begegnet, auf einem Gletscher oder auf Firnschnee. Sehen kann man sie vor allem dann, wenn sie sich in grosser Zahl auf Schmelzwasserpfützen befinden. Die Rede ist von Gletscherflöhen, die dank ausgeklügelter Physiologie in einer äusserst lebensfeindlichen Umgebung überleben.

Trotz ihres Namens haben Gletscherflöhe mit Flöhen nichts gemeinsam, ausser dass auch sie beachtliche Sprünge machen können. Sie bedienen sich dabei einer Sprunggabel unter dem Hinterleib. Gletscherflöhe gehören zu den Springschwänzen (Collembolen), winzigen Ur-Insekten, die es schon zu Saurierzeiten gab. Springschwänze haben bis heute praktisch unverändert überlebt. Man findet sie überall, im Waldboden, in Flechten auf Bäumen, auf der Oberfläche von Tümpeln, in Blumentöpfen im Wohnzimmer. Sobald ausreichende Feuchtigkeit und etwas Nahrung vorhanden sind – seien es pflanzliche Abfälle, Pollen, Algen oder andere Mikroorganismen –, sind auch sie da. Auch in extremen Lebensräumen wie der Antarktis oder auf den höchsten Gipfeln der Alpen sind sie weit verbreitet. Springschwänze, die im Winter auf Schnee aktiv sind, werden auch als «Schneeflöhe» bezeichnet.

Besonderes Frostschutzmittel

Aber alle diese Überlebenskünstler werden geschlagen von ihren Artverwandten, die auf den Gletschern leben. Die 1,5 bis 2,5 Millimeter kleinen Gletscherflöhe sind tagtäglich mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt konfrontiert.

Eine Reihe von physiologischen Anpassungen ermöglicht ihnen die Existenz in einer derart lebensfeindlichen Umgebung: Allen kleinen Kältekünstlern stehen grundsätzlich zwei Strategien zur Verfügung, um mit tiefen Temperaturen fertig zu werden: Entweder sie lassen ihre Körperflüssigkeit teilweise gefrieren, oder sie vermeiden durch Unterkühlen, im Fachjargon Supercoolen genannt, jegliche Eisbildung im Körper.

Springschwänze setzen generell auf die Karte Supercoolen: Der Gefrierpunkt der Gletscherflöhe liegt bei etwa –0,4 °C. Deshalb benötigen sie spezielle Gefrierschutzsubstanzen. Die für diesen Zweck bei Insekten sonst üblichen niedermolekularen Verbindungen wie Zucker und gesättigte Alkohole (z.B. Glycerin) sind nicht geeignet. Sie würden in den benötigten Konzentrationen die Körperflüssigkeit in einen zähen Sirup verwandeln, die Tiere könnten sich nur noch sehr träge bewegen. Deshalb produzieren die Gletscherflöhe hochmolekulare Substanzen, sogenannte Glycoproteine; das sind komplizierte Kombinationen von Eiweissen und Zuckern. Diese sind bereits in geringen Mengen hochwirksam und beeinträchtigen deshalb die Mobilität nicht. Dank den Glycoproteinen können die Gletscherflöhe bis etwa –20 °C überleben, ohne zu gefrieren! Weil sie sich bei Kälte in feinste Risse im Gletschereis zurückziehen und im Winter an der Grenze zwischen Gletschereis und Schneeauflage leben, sind sie allerdings meist nur Temperaturen bis ca. –5 °C ausgesetzt.

Die Glycoproteine haben noch weitere segensreiche Eigenschaften. Käme ein Gletscherfloh in unterkühltem Zustand ohne diese Proteine mit Eiskristallen in Kontakt, könnten diese durch feinste Poren in den Körper hineinwachsen und dort eine blitzartige und tödliche Eisbildung auslösen. Biologen nennen dies inokulatives Gefrieren. Der Frostschutz der Gletscherflöhe verhindert dies.

Fressen unter 0 °C

Ein dritter Effekt der Glycoproteine besteht darin, dass die Gletscherflöhe auch bei Minustemperaturen fressen können. Normalerweise lagern die Wirbellosen in ihrem Körper für den Winter Reservesubstanzen ein und hungern, weil



Mit zwei Millimetern Körpergrösse ist der Gletscherfloh *(Isotoma saltans)* ein Winzling. Gut zu sehen ist bei diesem präparierten Tier die ausgestreckte Sprunggabel, mit deren Hilfe es bei Gefahr mehrere Zentimeter weit springen kann. Denn sogar auf einem Gletscher lauern Räuber, etwa der spinnenartige Gletscherweberknecht.



Foto: Jürg Zettel

Am liebsten haben es die Gletscherflöhe kühl und schattig. Sie bevorzugen blankes Eis oder Firnschnee. Bei schlechtem Wetter oder zu starker Besonnung findet man sie aber unter den grösseren, direkt auf dem Eis aufliegenden Steinbrocken wie diesen auf dem Oberaargletscher.

Gletscherflöhe: Schon im 17. Jahrhundert gab es Berichte über «Schneeinsekten». Den damaligen Gelehrten erschien ein Gletscher als permanenter Lebensraum aber undenkbar. Man glaubte, die Insekten seien vom Himmel gefallen. Den wahren Sachverhalt klärte erst der Geologe Edouard Desor im Jahr 1839, als er auf dem Gornergletscher entdeckte, dass der Gletscherfloh ständig dort hauste.



Foto: Peter Duelli



Foto: Hubert Kopeszki



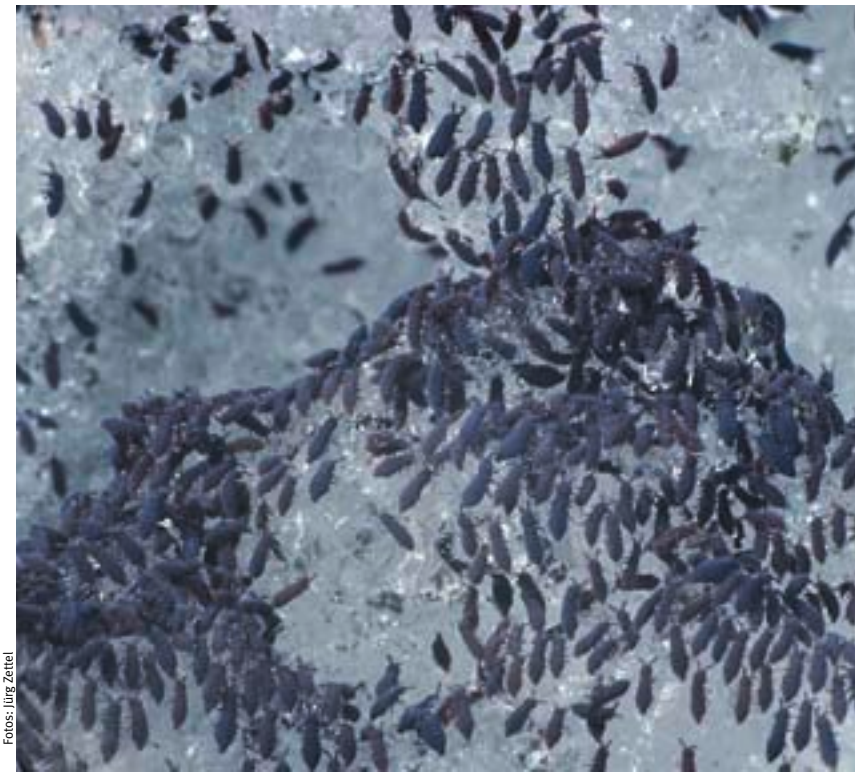
Häufiger als auf Gletscherflöhe trifft man auf Schneeflöhe, hier die Art *Ceratophysella sigillata*. Sie lebt vor allem im Waldboden. Erstaunlich ist, dass sie sich im gesamten Mittelland jeweils synchron Mitte Dezember auf Wanderschaft befindet. Der Grund: Während einer kurzen Wärmeperiode kriecht sie aus dem Schnee auf die Bäume, um zu fressen. Danach verfällt sie wieder in eine Art Winterruhe.

Nahrungspartikel im Darm als Kristallisationskeime eine unweigerlich tödliche Eisbildung auslösen würden. Bei der Schneeflohart *Ceratophysella sigillata* konnte nachgewiesen werden, dass sie im Darm hochmolekulare Frostschutzsubstanzen besitzt, die sie von ihrer Winternahrung, von frostresistenten Algen, bezieht. Es ist anzunehmen, dass auch die Gletscherflöhe ihren Darminhalt chemisch vor dem Gefrieren schützen. Wie weit hier das Fressen von roten Schneealgen *Chlamydomonas nivalis* mitspielt, ist nicht bekannt. Man weiss aber, dass sich die Gletscherflöhe vor allem von angewehten organischen Partikeln, besonders von Pollen von Nadelhölzern, ernähren. Diese Pollen sind Bestandteile jener feinen, schlammartigen Substanz, die man auf Gletschern findet und die sich wegen ihrer dunklen Farbe (die von mineralischen Teilen stammt) in feine Poren einschmilzt. Diese Substanz dient auch im Winter als Nahrung, wenn sich die Gletscherflöhe im Grenzhorizont zwischen Eis und Schnee aufhalten.

Bis –15 °C agil

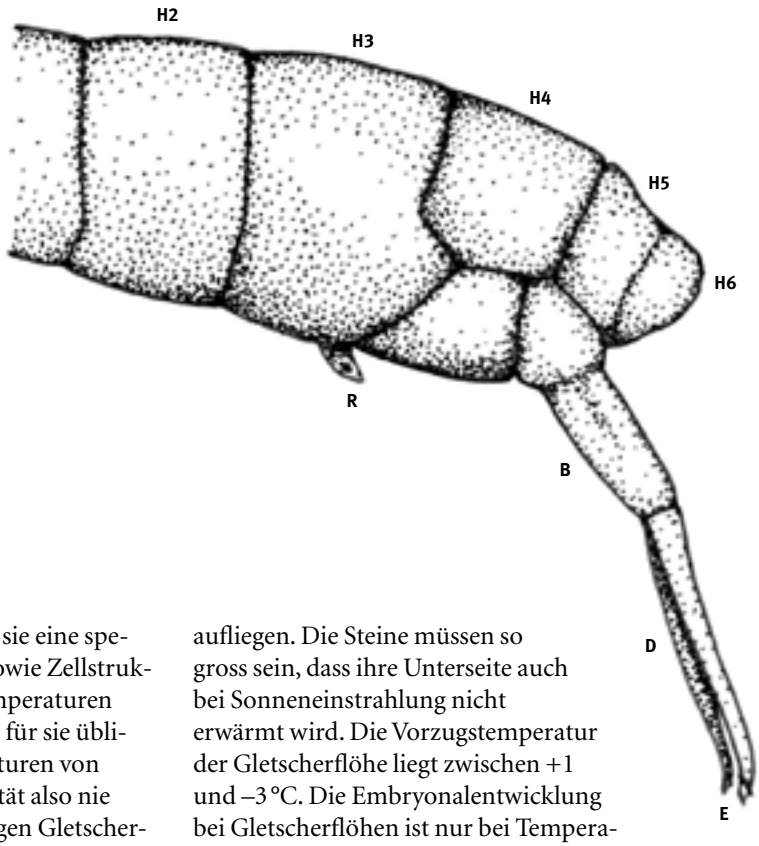
Die allermeisten Wirbellosen fallen bereits bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt in eine Kältestarre. Nicht so die Gletscherflöhe: Sie können sich noch bei Temperaturen bis –15 °C koordiniert bewegen und in unterkühltem Zustand





Fotos: Jürg Zettel

Normalerweise springen Springschwänze nur in Notsituationen. Eine Ausnahme bilden die wandernden Schneeflöhe, die ständig präzise gerichtete Sprünge ausführen und so drei bis vier Meter in der Stunde vorwärtskommen.



Der Sprungapparat des Gletscherflohs besteht aus Hinterleibssegmenten (H2–H6) und der Sprunggabel. Sie setzt sich zusammen aus dem Basalglied (B) und den beiden Dentes (D) mit Endkrallen (E). R bezeichnet das Retinaculum, den Widerhaken zum Einrasten der Sprunggabel. Im Ruhezustand ist die Sprunggabel eingeklappt. Beim Absprung werden die Sprungmuskeln im Hinterleib voll angespannt und dann die Sprunggabel ausgeklinkt, worauf sie auf der Unterlage aufschlägt und das Tier wegkatapultiert. Die Startgeschwindigkeit beträgt über einen Meter pro Sekunde.

Grafik: Jürg Zettel

aktiv sein. Dazu brauchen sie eine spezielle Enzymausrüstung sowie Zellstrukturen, die bei so tiefen Temperaturen noch flexibel sind. Bei den für sie üblichen Umgebungstemperaturen von +1 bis –5 °C ist ihre Aktivität also nie gefährdet. Hingegen ertragen Gletscherflöhe Wärme schlecht: Temperaturen über +12 °C führen schnell zum Tod. Zu viel Sonneneinstrahlung ertragen sie daher nicht.

Kühle Kinderstube bevorzugt

Die Weibchen legen die dottergelben Eier (Durchmesser ca. 0,2 mm) im Hochsommer oder Frühherbst ab, entweder direkt in die Haarrisse des oberflächlichen Eises oder auf die Unterseite von Steinbrocken, die gut auf dem Eis aufliegen. Die Steine müssen so gross sein, dass ihre Unterseite auch bei Sonneneinstrahlung nicht erwärmt wird. Die Vorzugstemperatur der Gletscherflöhe liegt zwischen +1 und –3 °C. Die Embryonalentwicklung bei Gletscherflöhen ist nur bei Temperaturen unter +5 °C möglich. Das ist übrigens die niedrigste Temperatur, bei der sich die Eier von anderen Wirbellosen überhaupt noch entwickeln können.

Der Embryo des Gletscherflohs braucht nur rund zwei Monate, bis er schlüpfbereit ist, aber erst nach etwa zwei Jahren und 12 bis 14 Häutungen ist das Tier geschlechtsreif. Im Unterschied zu anderen Springschwänzen sind bereits die frisch geschlüpften Jungtiere pigmentiert, also leicht eingefärbt. Man nimmt an, dass die dunkle Färbung primär ein UV-Schutz ist.

Gern in Gesellschaft

Obwohl sie sehr klein sind, kann man Gletscherflöhe durchaus von blossem Auge erkennen, weil sie häufig in grosser Zahl auftreten. Das gilt sogar für die

winzigen Eier. Da viele Weibchen gemeinsam ablegen, sind ihre Eier zum Beispiel als gelbe Flecken auf der Unterseite von Steinen zu erkennen.

Im Sommer trifft man Gletscherflöhe nicht die ganze Zeit auf der Eisoberfläche. Es findet ein ständiges Auf und Ab statt. Oft sind sie in den Haarspalten des Eises verborgen. Eindringendes Schmelzwasser drängt sie aber oft in Massen an die Oberfläche, wo sie dann über die kleinen Gletscherbäche auf Schmelzwasserpfützen zusammengeschwemmt werden können. Es ist denkbar, dass massenhaftes Erscheinen auch durch Luftdruckveränderungen ausgelöst wird; ein solcher Zusammenhang konnte jedenfalls bei der Schneeflohart *Isotoma hiemalis* nachgewiesen werden.

Eine Ansammlung von Gletscherflöhen der Art *Onychiurus alborufescens*. Die Tiere leben wahrscheinlich in Kolonien. Es könnte sein, dass sich die Tiere hier zur Fortpflanzung treffen, dies ist allerdings eine Hypothese, die Biologie dieser Art ist noch unerforscht.



Mehrere Arten

Es gibt mehrere Arten von Gletscherflöhen. Der bekannteste Vertreter ist *Isotoma saltans.* Er kommt nur dort vor, wo blankes Eis oder Firnschnee die Oberfläche bildet. In Mittel- oder Seitenmoränen sucht man ihn vergeblich, trifft aber auf verwandte Arten, die eher als Bodenbewohner gelten. Selten ist eine andere auffällige Gletscherflohart zu finden: *Onychiurus alborufescens* ist unverkennbar wegen der orange-gelben Farbe. Seine Biologie ist noch unbekannt. *Onychiurus* kann nicht hüpfen, seine Sprunggabel ist im Laufe der Evolution verschwunden. Häufiger als Gletscherflöhe finden sich in tieferen Lagen Schneeflöhe. Sie leben vor allem im Waldboden, erscheinen aber bei milden Wetterverhältnissen regelmässig auf dem Schnee, und dies oft in riesigen Mengen. Spektakulär und einzigartig sind die gerichteten Wanderungen der Art *Ceratophysella sigilata* mit einem synchronen Verhalten von Millionen von Individuen.

Jürg Zettel, Bern[1]

1 Der Autor ist emeritierter Professor für Ökologie an der Universität Bern. Er hat über die Nahrungsökologie von Birkhühnern promoviert. Anschliessend beschäftigte er sich mehr als 20 Jahre mit der Biologie und Ökophysiologie von Springschwänzen, die unter extremen Umweltbedingungen leben.

Fotos: Jürg Sturzenegger



Eine andere Art des Gletscherflohs ist *Onychiurus alborufescens*. Im Gegensatz zu *Isotoma saltans* kann er nicht mehr hüpfen, denn er hat seine Sprunggabel im Laufe der Evolution verloren.