

Experiment des Monats

Eine höchst lehrreiche Betrachtung über die Lebensweise der Wasserläufer und ihre staunenswerte Fähigkeit, auf dem Wasser zu wandeln, zu hüpfen und Schlittschuh zu laufen.

Von Jearl Walker

Für mich zählen Wasserläufer zu den faszinierendsten Insekten überhaupt. Sie gehören zur Überordnung der Schnabelkerfe (Hemipteria) und leben auf der Oberfläche stehender oder langsam fließender Gewässer. Von ihren mehreren Hundert Arten sind einige ausschließlich Meeresbewohner. Ich habe ein paar der langbeinigen Typen (aus der Familie Gerridae) studiert und muß sagen: Ihre Lebensweise grenzt wirklich ans Wunderbare.

Werden sie gestört, so schießen, hüpfen und huschen Wasserläufer mit Geschwindigkeiten von gut einem Meter pro Sekunde übers Wasser. Dann wieder bewegen sie sich eher geruhsam. Dabei schwimmen sie nicht, sondern gleiten über die Wasseroberfläche, indem sie sich mit dem mittleren ihrer drei Beinpaare ganz so wie ein Sprinter an den Startblöcken horizontal am Wasser abstoßen, während die Hinterbeine zum Steuern dienen. Sie orten einander anhand der Wellen, die sie beim Laufen erzeugen. Mit der gleichen Methode lokalisieren sie auch andere Gegenstände in ihrer Umgebung.

Süßwasserläufer überwintern unter Steinen oder Pflanzen oder einfach am Boden eines Bachs oder Teichs. Im Frühjahr werden sie aktiv, kommen an die Wasseroberfläche und paaren sich. Die Weibchen legen ihre Eier auf Gegenstände dicht unter dem Wasserspiegel ab. Nach zwei Wochen schlüpfen die Larven und steigen gleichfalls zur Wasseroberfläche, wo sie in wenig mehr als einem Monat zu erwachsenen Tieren heranreifen.

Die von mir untersuchten Wasserläufer waren scheue Insekten, die offenbar gut genug sahen, um meine Annäherung jedesmal gleich zu bemerken. Wenn ich durch die Gewässer watete, wurden sie offenbar auch von den Wellen verschleudert, die ich aufrührte. Mit der Zeit lernte ich jedoch, mich ganz langsam zu bewegen und dann lange Zeit stillzustehen, so daß sie mich schließlich nicht mehr zur Kenntnis nahmen.

So gelang es mir, mehrere Exemplare mit einem kleinen, feinmaschigen Schmetterlingsnetz zu fangen. Der lange Stiel daran half mir, meine Gegenwart zu verbergen. Denn Wasserläufern hinterherzujagen, nachdem sie mich bemerkt hatten, wäre aussichtslos gewesen: Im Wasser hatte ich keine Chance, sie einzuholen. Meine Beute bugsierte ich in ein Marmeladenglas. Dabei mußte ich höllisch aufpassen, daß das Insekt sich nicht mit einem Luftsprung wieder auf und davon machte, ehe ich den Deckel auf dem Glas hatte.

Ich glaube, die von mir beobachteten Wasserläufer gehörten durchweg zur Art *Gerris remigis* (Bild 2). Wie alle Süßwasserläufer verfügten sie über eine Art Flügel (Meerwasserläufer sind dagegen flügellos). Sie waren zwischen einem halben und anderthalb Zentimeter lang. Die noch unreifen Tiere brachten es nur auf wenige Millimeter.

Kaum je sah ich Wasserläufer am Rand eines Sees, Teichs oder Flusses, der mehr als nur ein paar Meter breit war. Aber auch kleinere Gewässer wurden von den Tieren gemieden, wenn sie schnell strömten, von Algen überwachsen waren oder nur kümmerliche Vegetation zeigten. Dagegen waren langsam fließende oder stehende Gewässer, aus denen ein paar Wasserpflanzen herausragten, stets dicht von Wasserläufern bevölkert. Am meisten behagten ihnen nur wenige Zentimeter tiefe Pfützen – wohl deshalb, weil es dort keine Fische gibt, die sie fressen könnten.

Auf Pirsch mit Lupe und Kamera

Wasserläufer sind leicht aufzustöbern. Sobald ich in ein Gewässer der beschriebenen Art stiefelte, kräuselte sich die Oberfläche von ihrer wilden Flucht. Bei meinen ersten Streifzügen entdeckte ich Dutzende von Stellen, die von kleinen Wasserläufern wimmelten. Dann stieß ich in einem Bach auf eine stille Bucht, in der sich größere Exemplare tummelten.

Stundenlang saß ich am Ufer oder kauerte im Wasser, um ihrem Treiben zuzusehen. Später fing ich ein paar von ihnen und setzte sie in einen wassergefüllten Plastikbehälter. Wenn ich mich vorsichtig bewegte und sie nicht verschreckte, schienen sie sich dort recht wohl zu fühlen: Sie flitzten umher und machten keinerlei Anstalten, herauszuspringen oder über den Rand zu klettern.

Bewaffnet mit einer Lupe mit zwanzigfacher Vergrößerung lag ich neben dem Behälter und versuchte herauszufinden, wie es die Tiere schaffen, auf dem Wasser zu stehen und wie Schlittschuhläufer zu gleiten. Vor allem brauchte ich viel Geduld. Ich mußte warten, bis sich ein Insekt in die Brennebene der Linse bewegt hatte. Dann konnte ich ihm kurze Zeit folgen, ehe es Argwohn schöpfte und davonschoß.

Um Wasserläufer in freier Wildbahn zu photographieren, schraubte ich ein Teleobjektiv auf meine Kleinbild-Spiegelreflexkamera. Hatte ich dagegen ein Tier in meinem Plastikbehälter, montierte ich ein Makroobjektiv und hockte geduldig und möglichst reglos über dem Gefäß.

Wenn Sie diese Tierchen in natura aufnehmen möchten, sollten Sie tunlichst einen Teil des an der Wasseroberfläche reflektierten Lichtes ausblenden. Sonst beherrschen die Spiegelbilder der umstehenden Bäume das Photo. Sie können die Spiegelungen unterdrücken, wenn Sie ein Polarisationsfilter so auf das Objektiv stecken, daß die Polarisationsachse senkrecht steht.

Wie alle Insekten haben auch die Wasserläufer drei Beinpaare. Die Vorderbeine sind in der Regel kurz und dienen nur zum Abstützen des Körpers sowie zum Ergreifen der Beute. Bei den von mir gefangenen Wasserläufern waren die übrigen Beine viel länger als der Körper selbst. Die beiden mittleren Beine dienen hauptsächlich zur ruderartigen Fortbewegung. Auch die zwei Hinterbeine können beim Antrieb helfen, meist jedoch haben sie nur die Funktion, das Insekt beim Gleiten zu steuern.

Jedes Bein besteht aus mehreren Gliedern (Bild 2): der Hüfte (Coxa), dem Schenkelring (Trochanter), dem Schenkel (Femur), der Schiene (Tibia) und dem Fuß (Tarsus). Der Fuß ist ebenfalls mehrgliedrig.

Als charakteristisches Merkmal besitzen die langbeinigen Wasserläufer am letzten Tarsus-Glied direkt vor dem Beinende eine Klaue. Sie dürfte dazu dienen, die Oberflächenspannung des Wassers besser auszunutzen und einem Absinken vorzubeugen.

Ein ruhender Wasserläufer verteilt sein Gewicht auf alle sechs Beine. Bei den vorderen und mittleren Beinen be-

rührt nur der Tarsus das Wasser, während bei den hinteren auch die Tibia aufliegt. Diese Glieder tauchen nicht ins Wasser ein, sondern drücken lediglich flache Vertiefungen in die Wasseroberfläche. Die Mulden der nur schwach belasteten Vorderbeine sind dabei klein, die der anderen Beinpaare dagegen tiefer und länglich, weil größere Bereiche des Beins das Wasser berühren.

Betrachtet man einen Wasserläufer aus der Nähe und im richtigen Winkel zum Sonnenlicht, so sind die Vertiefungen leicht zu erkennen. Sie verraten sich aber auch durch die Schatten, die sie auf den Grund des Gewässers oder Behälters werfen. Wie Bild 1 zeigt, befinden sich dort rund um den schlanken Schatten des Körpers am Ende dünner Striche für die Beine auffallende dunkle Ovale. Sie entstehen durch Brechung der Lichtstrahlen an der gekrümmten Wasseroberfläche in den Mulden (Bild 3).

Eine ebene Wasseroberfläche würde alle Sonnenstrahlen um den gleichen Winkel beugen, so daß der Boden des Gewässers oder Behälters gleichmäßig ausgeleuchtet wäre. Wenn die Strahlen jedoch durch die Mulde um einen Tarsus fallen, werden sie wie von einer Konkavlinse aufgefächert. Die Folge ist ein dunkles Oval am Grund, das in etwa die Form der Vertiefung wiedergibt und daher wesentlich größer ist, als es der Schatten des Tarsus allein wäre. Diese Tatsache erwies sich als sehr nützlich. Wenn das Insekt ein Bein bewegte, war es leichter, das Oval zu verfolgen, als das Bein selbst.

Die Fortbewegung: Trockenrudern

Oft gleiten die Wasserläufer gemächlich übers Wasser – vermutlich auf der Suche nach Nahrung. Dann wieder schießen sie blitzschnell davon. Dabei gleiten sie stets pfeilgerade in einer Richtung (Bild 4). Am Ende einer Gleitstrecke halten sie kurz an, bringen ihren Körper in eine andere Richtung, indem sie ein mittleres Bein oder beide umstellen, und flitzen wieder los.

Obwohl ich die langsamen Bewegungen gut verfolgen konnte, waren die schnellen nicht im Detail zu erkennen. Bei der langsamen Gangart drückt das Insekt seine mittleren Beine nach hinten und treibt sich so vorwärts. Die Hinterbeine bleiben dabei fast in Ruhe, könnten jedoch auch ganz leicht nach hinten geschoben werden. Die Vorderbeine scheinen nur als Stützen zu dienen.

Die schnelleren Bewegungen kennt man aus Zeitlupen-Aufnahmen (Bild 5). Im Grunde üben die einzelnen Beine dabei die gleichen Funktionen aus wie bei der langsamen Gangart, außer daß ein Ruderschlag der mittleren Beine jetzt nur noch rund eine fünfzigstel Sekunde dauert. Entsprechend groß ist die Beschleunigung; sie erreicht das Zehnfache der Erdbeschleunigung.

In der Beschleunigungsphase heben die Vorderbeine und der obere Teil der Tibia an den Hinterbeinen kurzzeitig von der Wasseroberfläche ab, setzen dann aber wieder auf. Beim nun folgenden

Gleiten dienen die Hinterbeine als Steuer zum Halten des Kurses. Da die Bewegungsenergie ständig durch Reibung mit der Wasseroberfläche aufgezehrt und in Form von Wellen abgegeben wird, kommt das Insekt irgendwann schließlich zum Stillstand.

Beim Rudern wird das mittlere Bein nicht nur als Ganzes nach hinten bewegt, sondern zusätzlich abgewinkelt (Bild 5). Dabei rotieren der Tarsus und die Tibia schneller um das „Kniegelenk“ zwischen Tibia und Femur als das Femur um das „Hüftgelenk“, das es mit dem Trochanter verbindet. Auf diese Weise wird der Tarsus gegen die Rückwand der von ihm erzeugten Vertiefung gedrückt. Das Wasser widersetzt sich dem Druck, so daß sich die Beine daran abstoßen können (Bild 6).

Bei dieser Bewegung zeigen sich zwei günstige Konstruktionsmerkmale des Mittelbeines. Zum einen bietet es auf Grund seiner Länge einen großen Hebelarm. Auch Ruderer wissen, daß sie mit langen Riemen besser vorankommen. Zum zweiten erhöht der lange Tarsus die Reibung mit dem Wasser, was die Effizienz der Ruderschläge steigert. Die Vorderbeine dagegen haben kürzere Tarsi, weil die Reibung bei ihnen nur die Gleitstrecke verkürzen würde.

Manche Wasserläufer-Arten verfügen, um sich noch wirksamer abstoßen zu können, über eine Art Fächer an den Mittelbeinen, die sie beim Beschleunigen entfalten und beim Gleiten wieder einholen. Andere tragen an den Beinen

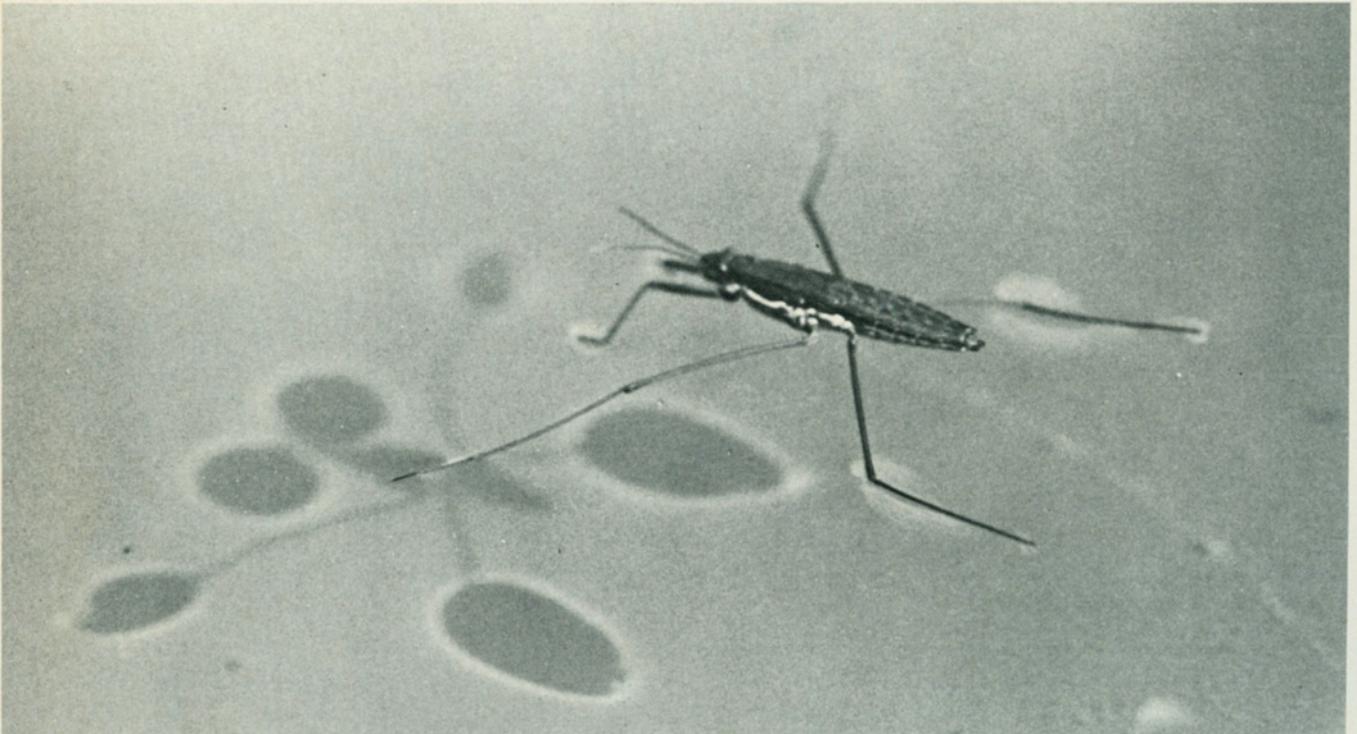


Bild 1: Ein Wasserläufer und sein Schatten am Grund.

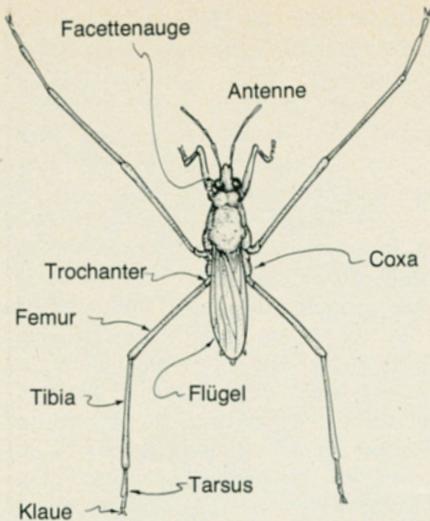


Bild 2: Anatomie eines erwachsenen Wasserläufers der Art *Gerris remigis*.

Krallen, die sich in der Wasseroberfläche verhaken und so die Reibung erhöhen. Das Prinzip ist das gleiche wie bei den inzwischen verbotenen Spikes-Reifen.

Einsinken, nicht eintauchen: die Oberflächenspannung

Daß die Wasserläufer ruhig auf der Wasseroberfläche stehen und über sie hinweggleiten können, ohne unterzugehen, verdanken sie hauptsächlich der Oberflächenspannung des Wassers. Diese rührt ihrerseits von der Kohäsion des Wassers her; die Kohäsion aber beruht auf der elektrischen Anziehung zwischen den Wassermolekülen.

Betrachten Sie ein Molekül an der Wasseroberfläche. Es wird von den benachbarten Oberflächen-Molekülen elektrisch angezogen. Da diese jedoch von allen Seiten gleichmäßig auf es einwirken, heben sich die von ihnen ausgeübten Kräfte gegenseitig auf. Dagegen steht dem Sog der Nachbar-Moleküle im Wasser-Innern, die das Teilchen nach unten zu ziehen suchen, keine entsprechende Gegenkraft gegenüber. Das Teilchen kann nur deshalb diesem Sog nicht folgen, weil es dann mit den tieferliegenden Molekülen, die in ständiger Bewegung sind, zusammenstößt. Die Oberfläche befindet sich also in einem Spannungszustand, weil jedes Molekül dort einer nach innen gerichteten elektrischen Kraft ausgesetzt ist.

Die Oberflächenspannung läßt sich auch über die Energie deuten. Angenommen, die Oberfläche soll vergrößert werden. Dann müssen Moleküle aus dem Innern an den Rand des Wassers geschafft werden. Sie gelangen dabei von einer Umgebung, in der keine Kraft auf sie einwirkte, weil sich die Anziehungs-

kräfte der Nachbarn gegenseitig aufheben, in einen Bereich, wo sie einer nach innen gerichteten Kraft ausgesetzt sind. Ein Molekül aus dem Innern an die Oberfläche zu befördern, kostet also Energie, die irgendwie aufgebracht werden muß. Bei dieser Sichtweise steht die Oberfläche unter Spannung, weil das Wasser bestrebt ist, durch Verkleinerung seiner Oberfläche einen möglichst energiearmen Zustand anzunehmen.

Obwohl wir die Oberflächenspannung des Wassers im Alltag kaum wahrnehmen, ist sie doch erstaunlich stark. Legt man zum Beispiel eine eingefettete Nähnadel vorsichtig horizontal aufs Wasser, so geht sie dank der Oberflächenspannung nicht unter. Zunächst sinkt die Nadel zwar ein Stück ein (Bild 6); dabei aber krümmt sich die Wasseroberfläche unter ihr und dehnt sich entsprechend aus. Dieser Ausdehnung nun wirkt die Oberflächenspannung entgegen. Dadurch entsteht eine aufwärts gerichtete Kraft, die der Schwerkraft die Waage hält. Da die Nadel etwas Wasser verdrängt, muß allerdings nur die um den Auftrieb verminderte Gewichtskraft kompensiert werden.

Aus den gleichen Gründen bewahrt die Oberflächenspannung auch Wasserläufer vor dem Eintauchen und Untergehen. Zusätzlich verfügen diese Insekten jedoch über weitere Mittel, um sich über Wasser zu halten. So sind Beine und Körper vieler Arten von zahlreichen feinen Härchen überzogen, die ein tragfähiges Luftpilster einschließen. Außerdem sind Haare, Beine und Körper mit einer wachsartigen, wasserabstoßenden Substanz imprägniert.

Vorhandensein und Wirksamkeit dieser Schutzmaßnahmen erprobte ich, indem ich einen Wasserläufer untertauchte. Unter Wasser glänzte sein ganzer Körper, weil das Sonnenlicht am Luftpilster totalreflektiert wird. Als ich das Insekt losließ, tauchte es sofort wieder

auf und ergriff – offensichtlich kein Bißchen naß – schleunigst die Flucht.

Ein weiterer Schutzmechanismus gegen Benetzung wurde kürzlich bei ozeanischen Wasserläufern entdeckt. Sie haben ihn dringend nötig, da sie Regen und Gischt schutzlos ausgeliefert sind und sich nicht zum Trocknen an Land zurückziehen können. Sie unterscheiden sich von den Süßwasserläufern durch die Form ihrer Mikrotrichien: der mikroskopisch kleinen Härchen auf ihrer Körperoberfläche. Bei den Süßwasserläufern gleichen diese Härchen Stoppeln, die aus der Körperoberfläche herausragen. Bei den Meerwasserläufern dagegen haben sie die Form von Pilzen. Vermutlich ist diese Form besonders günstig für den Einschluß kleiner Luftpilster, die zusätzlichen Auftrieb geben.

Manchmal werden Wasserläufer allerdings dennoch naß. Offenbar bieten Wachsschicht und Luftpilster keinen absoluten Schutz. Ich habe mehrmals beobachtet, wie Wasserläufer immer tiefer einsanken. Sie kletterten dann eilends auf einen Stein oder eine Pflanze, um wieder trocken zu werden.

Bei meinen Versuchen, Nahaufnahmen zu machen, hetzte ich einmal einen Wasserläufer lange in meinem Plastikgefäß herum. Als er schließlich einzusinken begann, lief er an den Rand des Behälters, zog ein Bein hoch auf die Plastikwand und hing dort eine Weile. Wenn er den Rand nicht schnell genug erreichte, putzte er sich, indem er ein Vorderbein am benachbarten Mittelbein entlangrieb. Beide Beine hatte er dabei über die Wasserfläche angehoben. In solchen Fällen dienen Haare auf der Tibia des Vorderbeins dazu, Wasser von den anderen Beinen zu entfernen.

Daß Wasserläufer ihr Gewicht von sechs auf nur vier Beine verlagern können, ohne in die Wasserfläche einzubrechen, beweist, welche hohe Tragfähigkeit der Auftrieb der Luftpilster, die Ober-

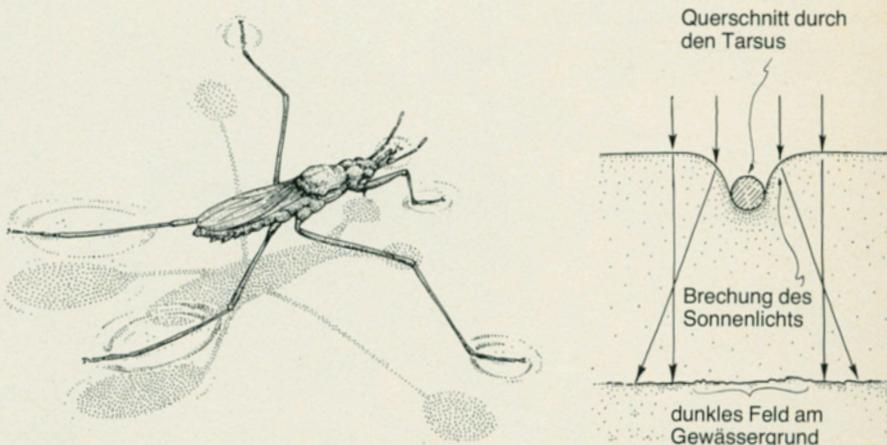


Bild 3: Wie das Schatten-Muster eines Wasserläufers entsteht.

flächenspannung und die wasserabstoßende Imprägnierung den trockenen Beinen verleihen. Ein weiterer Beweis sind die artistischen Sprünge der Insekten. Ich habe die Tiere oft mehrere Zentimeter hoch in die Luft hüpfen sehen. Obwohl sie das Wasser beim Abstoß so stark nach unten drückten, daß kräftige Wellen entstanden, brachen sie nie ein. Manchmal sah ich zwei Wasserläufer in eine Art Kampf verstrickt. Stets endete die Auseinandersetzung damit, daß ein Insekt oder beide einen gewaltigen Luftsprung machten und dann wegrannten. Auch dabei brachen sie nicht ein.

Die Stärke der Oberflächenspannung hängt allerdings von der Reinheit des Wassers ab. Absolut reines Wasser wird es in der Natur natürlich nie geben. Aber selbst Wasser, das im Labor sorgfältig gereinigt wurde, überzieht sich an der Luft innerhalb weniger Minuten mit einer einlagigen Schicht aus Fremdmolekülen. Eine solche Deckschicht, die die Oberflächenspannung herabsetzt, findet sich auf allen natürlichen Gewässern.

Der Einfluß der Oberflächenviskosität

Bei der Fortbewegung der Wasserläufer spielt meiner Ansicht nach eine weitere Größe eine wichtige Rolle: die Oberflächenviskosität. Wenn die mittleren Beine nach hinten bewegt werden, drücken sie gegen die Rückwand der Mulde, die sie erzeugen (Bild 6). Ohne die Oberflächenviskosität würden sie einfach den Abhang der Mulde hinaufgleiten und aus ihr herausrutschen. So aber können sie sich ordentlich abstoßen. Die Oberflächenviskosität rührt daher, daß sich die oberste Moleküllage (die „Schmutzschicht“) nur widerstrebend gegen die unmittelbar darunter liegende Wasserschicht verschiebt.

Die Bedeutung dieses Faktors geht klar aus einer zufälligen Beobachtung von mir hervor. Dabei hatte ein Wasserläufer Schwierigkeiten, eine offene, stille Wasserfläche zu überqueren, die an einer Stelle von einer dicken, offensichtlich hochviskosen Schaumschicht bedeckt war. Von mir in diese Schicht gejagt, konnte er sich dort offensichtlich nicht mehr in der üblichen Art horizontal abstoßen und gleiten. Stattdessen bewegte er sich nur mehr hüpfend voran: Er stieß sich mit dem mittleren Beinpaar ab, flog ein paar Zentimeter durch die Luft und kam nach der Landung sofort zum Stehen. Im klareren Wasser dagegen konnte er anschließend wieder normal gleiten.

Die Erklärung ist leicht zu geben. Damit ein Wasserläufer gleiten kann, muß das Wasser, das er mit den Tarsi vor sich

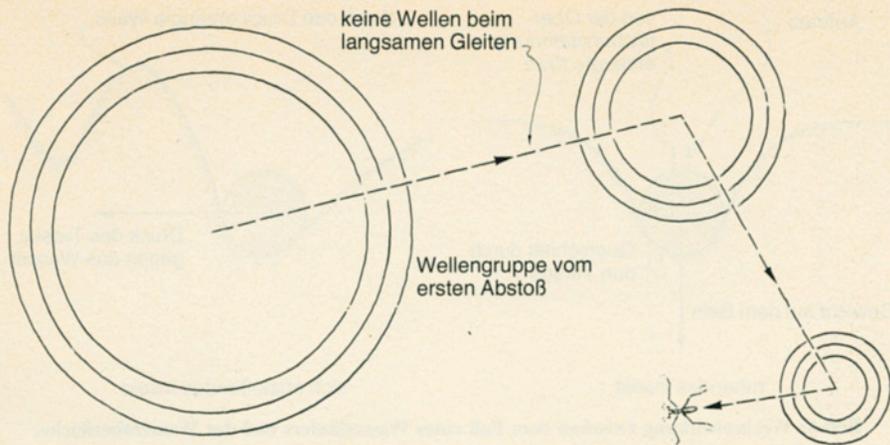
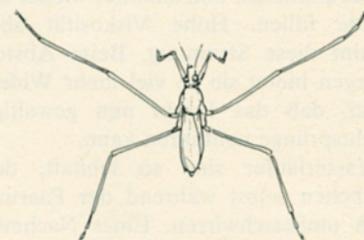
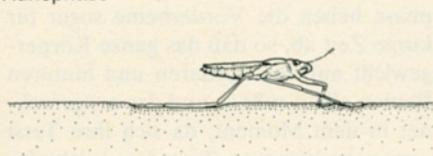
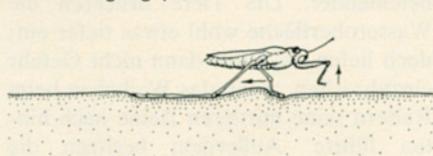


Bild 4: Die zickzack-förmigen Gleitbahnen eines Wasserläufers.

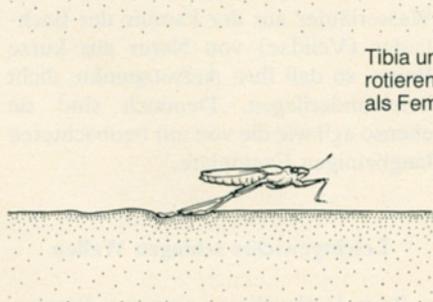
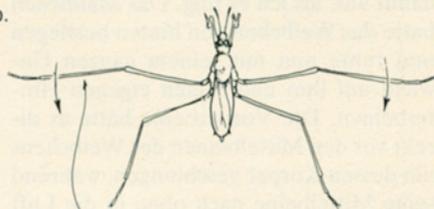
Ruhephase



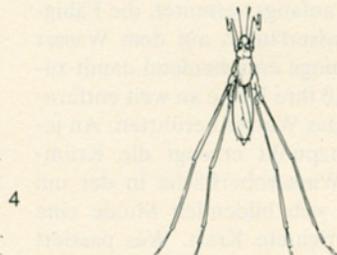
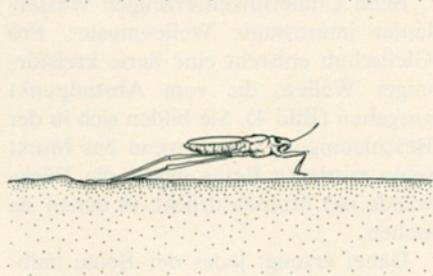
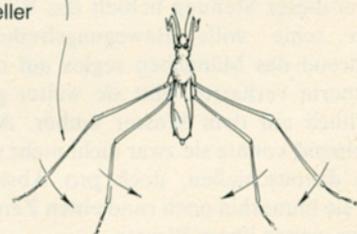
Beschleunigungsphase



Vorderbeine heben ab.



Tibia und Tarsus rotieren schneller als Femur.



Gleitphase

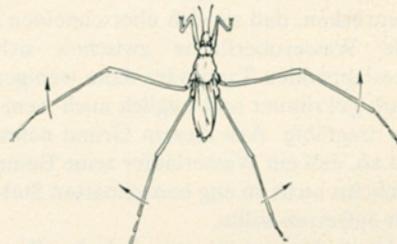
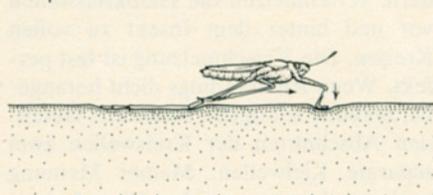


Bild 5: Wie sich ein Wasserläufer fortbewegt.

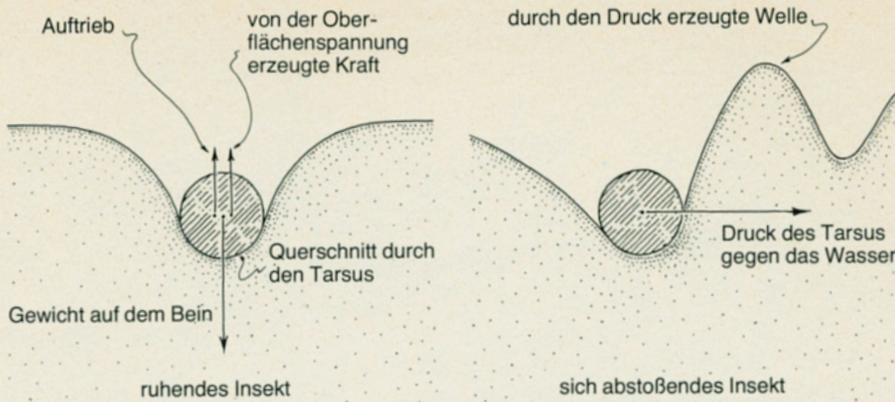


Bild 6: Wechselwirkung zwischen dem Fuß eines Wasserläufers und der Wasseroberfläche.

her schiebt, möglichst schnell um die Füße herumfließen und dahinter wieder die Mulde füllen. Hohe Viskosität aber hemmt diese Strömung. Beim Abstoß dagegen bietet sie so viel mehr Widerstand, daß das Insekt nun gewaltige Hechtsprünge vollführen kann.

Wasserläufer sind so lebhaft, daß Weibchen selbst während der Paarung noch umherschwirren. Eines Nachmittags beobachtete ich ein Paar, das fast eine Stunde lang kopulierte. Es hörte erst damit auf, als ich es fing. Das Männchen hatte das Weibchen von hinten bestiegen und ruhte nun mit seinem ganzen Gewicht auf ihm und seinen eigenen Hinterbeinen. Die Vorderbeine hatte es direkt vor den Mittelbeinen des Weibchens um dessen Körper geschlungen, während seine Mittelbeine nach oben in die Luft ragten.

Bei dieser Stellung behielt das Weibchen seine volle Bewegungsfreiheit. Während das Männchen reglos auf der Partnerin verharrte, glitt sie weiter gemächlich auf dem Wasser umher. Anscheinend konnte sie zwar nicht mehr rasant davonschießen, doch pro Abstoß glitt sie immerhin noch rund einen Zentimeter weiter übers Wasser.

Ich hatte anfangs vermutet, die Fähigkeit der Wasserläufer, auf dem Wasser zu stehen, hinge entscheidend damit zusammen, daß ihre Beine an weit entfernten Stellen das Wasser berührten. An jedem Aufsetzpunkt erzeugt die Krümmung der Wasseroberfläche in der um den Tarsus sich bildenden Mulde eine aufwärts gerichtete Kraft. Was passiert nun, wenn diese Mulden so dicht zusammenrücken, daß sie sich überschneiden? Die Wasseroberfläche zwischen sich überlappenden Tarsi wäre dann weniger stark gekrümmt und folglich auch weniger tragfähig. Aus diesem Grund nahm ich an, daß ein Wasserläufer seine Beine tunlichst nicht an eng benachbarten Stellen aufsetzen sollte.

Diese Vermutung war jedoch offensichtlich falsch. Denn bei jedem Rudern

schlag müssen die mittleren Beine ja ganz dicht an die hinteren herangeführt werden. Während der Beschleunigungsphase heben die Vorderbeine sogar für kurze Zeit ab, so daß das ganze Körpergewicht auf den mittleren und hinteren Beinen allein ruht – und das ausgerechnet in dem Moment, da sich ihre Tarsi ganz nahe kommen. Trotzdem bricht das Insekt nicht durch die Wasseroberfläche.

Auch bei dem kopulierenden Pärchen befanden sich die Hinterbeine der beiden, die zudem die Hauptlast trugen, eng beieinander. Die Tiere drückten die Wasseroberfläche wohl etwas tiefer ein; doch liefen sie selbst dann nicht Gefahr einzubrechen, wenn das Weibchen beim Rudern seine mittleren Beine nach hinten führte. Außerdem besitzen die Wasserläufer aus der Familie der Bachläufer (Velidae) von Natur aus kurze Beine, so daß ihre Aufsetzpunkte dicht beieinanderliegen. Dennoch sind sie ebenso agil wie die von mir beobachteten langbeinigen Exemplare.

Leichtgewichte schlagen Wellen

Beim Umherflitzen erzeugen Wasserläufer interessante Wellenmuster. Pro Gleitschub entsteht eine Serie kreisförmiger Wellen, die vom Abstoßpunkt ausgehen (Bild 4). Sie bilden sich in der Beschleunigungsphase, wenn das Insekt seine mittleren Beine gegen die Rückwände der Mulden drückt, in denen sie stehen.

Dabei erzeugt jedes der Beine halbkreisförmige Wellen zur einen Seite hin. Da die beiden Beine jedoch synchron rudern, verschmelzen die Halbkreiswellen vor und hinter dem Insekt zu vollen Kreisen. Die Verschmelzung ist fast perfekt. Wenn ich allerdings dicht herangehe, erkenne ich in den rückwärts laufenden Abschnitten der Kreiswellen zwei separate Kielwellen. Meiner Meinung nach werden sie von den Hinterbeinen erzeugt.

Die Entstehung und Ausbreitung von Wasserwellen zu erklären, ist nicht ganz so einfach, wie es scheinen mag. Ursache der Wellen ist stets eine Störung, die – wie die Rückwärtsbewegung der Mittelbeine eines Wasserläufers – die anfangs ebene Oberfläche eines Wasserkörpers verformt. Zwei Kräfte, die die Wasseroberfläche wieder einzebnen suchen, lassen nun die Verformung als Welle vom Störungsort weglaufen.

Bei kleiner Wellenlänge (wenn die Wasseroberfläche stark gekrümmt ist) spielt die Oberflächenspannung die entscheidende Rolle; man spricht daher von Kapillarwellen. Bei großen Wellenlängen dagegen ist die Schwerkraft ausschlaggebend, so daß man es mit Schwerkraftwellen zu tun hat. Im Übergangsbereich sind beide Kräfte am Werk.

In keinem Fall sind Wasserwellen (ungeachtet der Behauptungen in vielen Schul- und Lehrbüchern) einfache Sinuswellen. Vielmehr handelt es sich stets um eine Überlagerung vieler Sinuswellen unterschiedlicher Wellenlänge, mathematisch Phasenwellen genannt. Da die Geschwindigkeit jeder Welle von ihrer Länge abhängt, wandern die Wellen nicht im Gleichschritt und interferieren folglich miteinander.

So entsteht oft ein auffallendes Muster (Bild 7). Eine Störung wie der Stoß des Insektenbeins erzeugt eine kurze Folge von Phasenwellen. Zusammen bilden sie eine Wellengruppe, die vom Insekt wegwandert. Beiderseits der Gruppe ist das Wasser eben, während sich in ihrem Innern rund fünf Wellenberge befinden. Der Abstand zwischen ihnen entspricht ungefähr der mittleren Wellenlänge der Phasenwellen, aus denen die Gruppe besteht.

Die Geschwindigkeit eines einzelnen Wellenberges wird als Phasengeschwindigkeit bezeichnet. Sie unterscheidet sich von der Geschwindigkeit der Gruppe insgesamt. Bei Schwerkraftwellen ist die Phasengeschwindigkeit größer als die Gruppengeschwindigkeit. Daher tauchen am hinteren Ende der Gruppe ständig neue Wellen auf, laufen nach vorne und verschwinden dort wieder. Dabei wächst die Amplitude (Höhe) einer solchen Welle zunächst an, erreicht in der Mitte der Gruppe ihren Maximalwert und nimmt schließlich wieder ab.

Was von Wasserläufern erzeugt wird, sind jedoch Kapillarwellen; denn sie haben so kleine Wellenlängen, daß die Oberflächenspannung als Rückstellkraft bei weitem überwiegt. Bei Kapillarwellen ist die Phasengeschwindigkeit kleiner als die Gruppengeschwindigkeit (Bild 7). In den von Wasserläufern ausgehenden Wellengruppen tauchen daher an der Vorderseite ständig neue Wellen auf; sie wachsen, während sie zur Gruppenmitte

zurückfallen, werden dann wieder kleiner und verschwinden, wenn sie das Gruppenende erreicht haben. Zu jedem Zeitpunkt besteht die Wellengruppe aus etwa fünf Bergen, die ungefähr einen Millimeter auseinanderliegen. Diese Wellengruppe breitet sich annähernd kreisförmig aus, bis sie auf ein Hindernis stößt oder sich totgelaufen hat.

Nachdem der Wasserläufer ein Stück weit gerutscht ist, beschleunigt er wieder und erzeugt dabei an seiner neuen Position ein gleichartiges Muster aus Kapillarwellen (Bild 4). Bewegt er sich allerdings um mehr als 23 Zentimeter pro Sekunde voran, so erzeugt er auch beim Gleiten Wellen. 23 Zentimeter pro Sekunde beträgt die Minimalgeschwindigkeit, mit der sich Wellen über die Wasseroberfläche ausbreiten können.

Das beim schnellen Sprinten entstehende Wellenmuster hat zwei auffallende Besonderheiten. Zum einen folgen die Wellen vor dem Insekt dichter aufeinander als hinter ihm, und zum anderen bilden sie ein V, dessen Spitze an seinem Kopf liegt.

Im Jahre 1883 wies Lord Rayleigh rechnerisch nach, daß ein Objekt, das sich mit einer Geschwindigkeit von mehr als 23 Zentimeter pro Sekunde übers Wasser bewegt, Wellen aussendet, die vor ihm eine kürzere Wellenlänge haben als hinter ihm. Dabei dachte er allerdings nicht an die Wellenmuster von Wasserläufern, sondern an jene Wellen, die eine Angelleine in strömendem Wasser erzeugt. (Daß die Leine ruht, während sich die Insekten bewegen, spielt keine Rolle. Es kommt allein auf die Relativgeschwindigkeit zwischen Objekt und Wasser an.) Stromaufwärts vor der Leine bauen sich mehrere dichtgedrängte Wellenkämme auf, die Teile von Kapillarwellen sind. Stromabwärts vom Hindernis entstehen dagegen langegezogene Schwerewellen.

Beim Wasserläufer befinden sich die Kapillarwellen außerhalb und die Schwerewellen innerhalb des V-förmigen Musters. Der Winkel, den die Arme des V einschließen, ist gleich dem doppelten Arcussinus des Quotienten aus 23 Zentimeter pro Sekunde und der Relativgeschwindigkeit zwischen Objekt und Wasser. Je schneller also der Wasserläufer gleitet, desto schmaler ist das V.

Kommunikation durch Wasserwellen

Im Jahre 1972 wies R. Stimson Wilcox von der australischen Nationaluniversität nach, daß die von Wasserläufern erzeugten Wellen eine wichtige Rolle bei der Paarung dieser Insekten spielen. Er fing mehrere Exemplare der Gattung *Rhagadotarsus* Breddin und setzte sie in ein

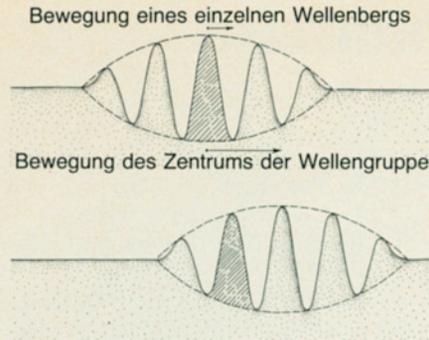


Bild 7: Die Ausbreitung einer Gruppe von Kapillarwellen.

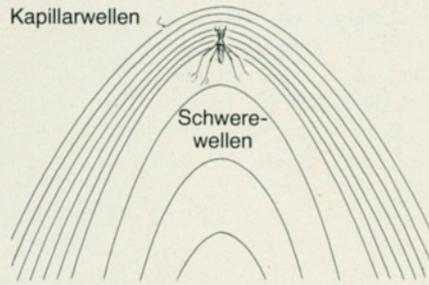


Bild 8: Das von einem schnell gleitenden Wasserläufer erzeugte Wellenmuster.

großes Wasserbecken. Das Männchen leitete die Paarung durch Aussenden von Wellensignalen ein. Dazu stützte es sich mit den Vorderbeinen auf dem Wasser ab und bewegte das mittlere (und möglicherweise auch das hintere) Beinpaar rasch auf und nieder.

Stimson entdeckte bei diesem Bocken auf dem Wasserbett drei Haupt-Signaltypen, die der Kopulation vorausgingen; sie hatten alle eine Frequenz zwischen 17 und 29 Wellen pro Sekunde. Durch Aussenden einer Gruppe von 7 bis 15 Wellen hoher Amplitude machte das Männchen ein Weibchen auf sich aufmerksam. Schon mehr den Charakter eines Locksignals hatte laut Stimson eine Folge von nur 2 oder 3 solcher Wellen. Wenn das Weibchen näher kam, schaltete das Männchen dann auf ein reines Werbesignal um, das aus Gruppen von 30 Wellen kleiner Amplitude bestand. War die Umworbene nur noch wenige Zentimeter von ihrem Freier entfernt, sandte sie zum Zeichen ihrer Paarungsbereitschaft das gleiche Signal aus. Dann begann die Kopulation.

Manchmal erzeugte ein Männchen auch ein höherfrequentes Signal, mit dem es offensichtlich Nebenbuhler davor warnte, in sein Revier einzudringen. Wenn sich zwei Männchen trotzdem einmal zu nahe kamen, entbrannte gewöhnlich ein Kampf, der einige Minuten andauern konnte. Ich selbst war Zeuge mehrerer solcher Kämpfe. Zunächst umkreisten sich die Gegner, dann sprangen

sie einander an, und schließlich verjagte der Sieger den unterlegenen Rivalen.

Auf meinen Streifzügen bachauf, bachab fand ich stets Wasserläufer, die sich anhand ihrer Wellen zu orten schienen. Wenn eine Wellengruppe einen Wasserläufer erreichte, machte er halt, drehte sich senkrecht zu den Wellenkämmen und schoß ein Stück weit auf den Ausgangspunkt der Wellen zu. Dann wartete er auf ein neues Wellenpaket, ehe er wieder ein Stück zum Ursprung der Wellen hinspurtete. Ich kann mir nicht vorstellen, daß das Insekt den Erreger der Wellen allein mit den Augen ortete; denn dann hätte es nicht immer wieder anhalten müssen.

Natürlich nutzen Wasserläufer die Wellenortung auch bei der Beutesuche. Als einmal eine Fliege ins Wasser fiel, wild zappelte und mit den Flügeln schlug, lockte sie durch die entstehenden Wellen einen Wasserläufer an. Dieser mag sie mit den Augen wahrgenommen haben, als er bereits dicht bei ihr war, vorher aber hatte er sie bestimmt nicht gesehen.

Obwohl mir einleuchtend schien, daß Wasserläufer Wellen als Informationsmedium nutzen, wollte ich es doch genauer wissen. Ich stocherte mit einem Stöckchen in einem Bach herum, doch nur ein Wasserläufer fand es der Mühe wert, die Sache von nahem zu inspizieren. Es kann gut sein, daß er auch ohne mein Planschen gekommen wäre. Also versuchte ich es mit einem Vibrator für Massagezwecke. Batteriebetrieben, wasserdicht, gummiarmiert und mit variabler Schwingungsfrequenz war er ideal für meine Absichten geeignet.

Ich watete also mitten in eine sechs Meter breite Bucht am Rand eines Fließchens. Durch meine Ankunft verschreckt, waren die Wasserläufer ans Ufer zurückgewichen. Kaum aber hatte ich den Vibrator ins Wasser getaucht und seine Frequenz auf 20 Hertz eingestellt, da hörten sie auf, umherzuschwirren, wandten sich mir zu und brausten heran. Nach drei Sekunden waren sie nur mehr wenige Zentimeter vom Vibrator entfernt. Weder der Vibrator noch ich sahen einem Wasserläufer sehr ähnlich; also konnten es nur die Wellen gewesen sein, die sie angelockt hatten.

Viele andere Insekten leben auf oder dicht unter der Wasseroberfläche – so etwa der Taumelkäfer. Die von ihm erzeugten Wellen hat Vance A. Tucker von der Duke-Universität untersucht. Auf seinen Ergebnissen fußt mein Exkurs über die Wellen der Wasserläufer. Ein anderes interessantes aquatisches Insekt ist der Rückenschwimmer. Er wandert kopfunter an der Wasseroberfläche entlang, indem er mit seinen langen Hinterbeinen rudert.