



Autotomie – der „Airbag“ der Spinnen



Laufspinne (*Philodromus*)

Foto mit freundlicher Genehmigung von Frau Africa Gomes
(<http://www.abugblog.blogspot.de>)

Diese Laufspinne muss wohl mit dem verkehrten Fuß aufgestanden sein. Sie hat sowohl den rechten Kiefertaster (Pedipalpus) als auch vier Laufbeine verloren. Da die Pedipalpen nicht knollig verdickt sind, handelt es sich um ein Weibchen, oder um ein noch nicht geschlechtsreifes Männchen. Probleme bei der Paarung können also nicht die Ursache sein, denn diese gehen immer ausnahmslos zu Lasten der Männchen. (Manchmal ist es sehr beruhigend ein männlicher Vertreter des Homo sapiens sapiens zu sein ☺)

Was versteht man unter Autotomie?

Unter Autotomie versteht man die Fähigkeit eines Lebewesens ganze Gliedmaßen oder Teile davon abzuwerfen. Dabei handelt es sich in der Regel nicht um eine mechanische Überbelastung des Gewebes, sondern um einen aktiven, bewusst gesteuerten Prozess. Der Grad der nachfolgenden Regeneration variiert bei den einzelnen Gruppen extrem stark.

Weit verbreitet ist diese Fähigkeit bei der systematischen Gruppe der Gliederfüßer (Arthropoda). Dazu gehören Insekten, Tausendfüßer, Krebse, Spinnentiere (u. a. die echten Webspinnen (das, was der Laie gemeinhin als „Spinne“ bezeichnet), sowie Skorpione und Milben) und Trilobiten. Letztere sind für dieses Thema allerdings nur von eingeschränktem Interesse, da sie bereits seit 250 Millionen Jahren ausgestorben sind. Dieser Umstand erschwert praktische Experimente.

Autotomie tritt aber auch bei anderen Tiergruppen auf, zum Beispiel bei Reptilien, Amphibien, Ringelwürmern (Annelida), Weichtieren (Mollusca) und bei Stachelhäutern (Echinodermata), wie den Seesternen. Vor kurzem konnte Autotomie erstmals auch in der Gruppe der Säugetiere nachgewiesen werden. Bei *Acomys kempfi* und *Acomys percivali*, zwei Vertreter der afrikanischen Stachelmäuse

(Acomys) reißt die Haut bereits bei geringer mechanischer Beanspruchung, z.B. wenn die Tiere festgehalten oder gebissen werden. Die Maus fährt also im wahrsten Sinn des Wortes „aus der Haut“. Die fehlenden Bereiche der Haut werden anschließend komplett regeneriert, einschließlich Schweißdrüsen und Fell, es kommt zu keiner Narbenbildung. Die Maus kann bei diesem Prozess erstaunlicherweise bis zu 60% der Haut ohne schwerwiegende Probleme verlieren. Forscher versuchen intensiv die molekularen und genetischen Mechanismen dieses einzigartigen Regenerationsmechanismus zu ergründen. Möglicherweise haben diese Mäuse die Fähigkeit, ein bei Säugetieren im Verlauf der Evolution deaktiviertes Gen wieder zu reaktivieren. Dieses Gen trägt beispielsweise zur extremen Regenerationsfähigkeit der Salamander bei, die komplette Gliedmaßen inklusive Muskeln und Knochen ersetzen können. Die Forscher liebäugeln mit der Möglichkeit, dieses Gen in ferner Zukunft auch beim Menschen zu aktivieren, dadurch könnte die Wundheilung revolutioniert werden.

Im Folgenden werde ich mich auf die Autotomie bei Spinnentieren beschränken.

Ein kleines Gedankenexperiment zum Einstieg

Verwenden Sie – natürlich nur in Gedanken – für den folgenden Versuch einen Vertreter der Weberknechte. Angesichts der langen, fadenförmigen Beinen dieser Gruppe sind die Resultate hier besonders beeindruckend. Arachnophobiker sind von diesem Versuch natürlich freigestellt, sie werden diesen Artikel aber wohl sowieso nicht lesen. Nehmen Sie ein beliebiges Bein des Weberknechts zwischen Daumen und Zeigefinger und heben Sie ihn daran vorsichtig hoch. Mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit reißt das Bein nahe am Körper und ein siebenbeiniger Weberknecht plumpst zu Boden. Zur Sicherheit wiederholen Sie dieses Experiment noch dreimal. Wie gesagt – nur rein theoretisch! Jetzt haben sie eine vernünftige Statistik und einen ziemlich angesäuerten Weberknecht.

Für die zweite Hälfte des Experiments erhält der Weberknecht ausreichend Kohlenstoffdioxidgas um ihn ins Reich der Träume zu schicken. Wenn Sie den Weberknecht jetzt erneut am Bein hochheben, passiert etwas ganz unglaubliches. Gar nichts! Falls Sie den Nochvierbeiner nicht gerade vehement um ihren Kopf schwenken, könnte der Weberknecht stundenlang ohne Folgen in dieser Position hängen. Irgendwann lässt aber die Betäubung nach und die Spinne erwacht. Genau in diesem Moment „reißt“ plötzlich das festgehaltene Bein. Eine dreimalige Wiederholung dieses Versuchsansatzes würde zu exakt demselben Ergebnis führen, allerdings auch zu einem beinlosen Weberknecht, dessen Zuneigung sich in überschaubaren Grenzen hält.

Wie lässt sich dieses Ergebnis interpretieren? Ungeachtet seiner Zartheit ist das Bein eines Weberknechts durchaus robust und belastbar. Bei den echten Webspinnen kann ein Bein ohne negative Folgen bis zu dem hundertfachen des Körpergewichts belastet werden. Hier handelt es sich also nicht um Materialversagen und damit um ein Garantiefall, sondern um einen aktiven Prozess, der von der Spinne bewusst eingeleitet wird.



Ich HASSE Gedankenexperimente!!!

Sind alle Webspinnen zur Autotomie fähig?

Die Bereitschaft mit den eigenen Beinen um sich zu werfen, schwankt innerhalb der unterschiedlichen Spinnenfamilien sehr stark. Dabei lassen sich im Wesentlichen drei Gruppen unterscheiden:

1. Spinnen, die ein Bein bei der geringsten Provokation abtrennen:

- Laufspinnen (*Philodromidae*)
- Zitterspinnen (*Pholcidae*)
- Wand-Krabbenspinnen (*Selenopidae*)

2. Spinnen, die ein Bein nur im äußersten Notfall abtrennen:

- Springspinnen (*Salticidae*)
- Krabbenspinnen (*Thomisidae*)
- Kräuselradnetzspinnen (*Uloboridae*)
- Vogelspinnen (*Theraphosidae*)

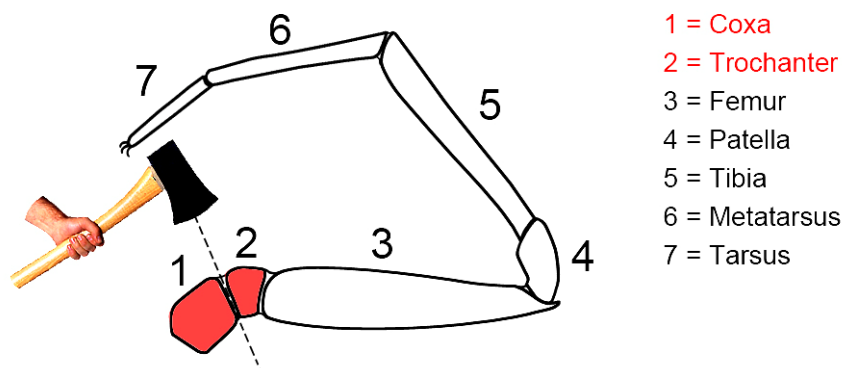
3. Spinnen, die sich unter gar keinen Umständen von ihrem Bein trennen (für Zweibeiner ist diese Einstellung gut nachvollziehbar):

- Streckerspinnen (*Tetragnatha*)
- Herbstspinnen (*Methelina*)

Mit welcher Häufigkeit tritt Autotomie in freier Wildbahn auf?

Karl-Heinz Bauer fand bei Laufspinnen der Gattung *Philodromus* in 12,4% der gesammelten Exemplare Autotomie, bei Vertretern der Wolfsspinnen (*Lycosidae*) in 17,5% aller Fälle. Interessanterweise korrelierte die Häufigkeit der Amputation mit der Beinlänge. Das erscheint logisch, da ein Feind die längsten Beine einer Spinne natürlich als erstes zu fassen bekommt. Andere Studien kamen zu dem Ergebnis, dass zwischen 5 und 20% aller Spinnen mindestens ein Bein verloren hatten.

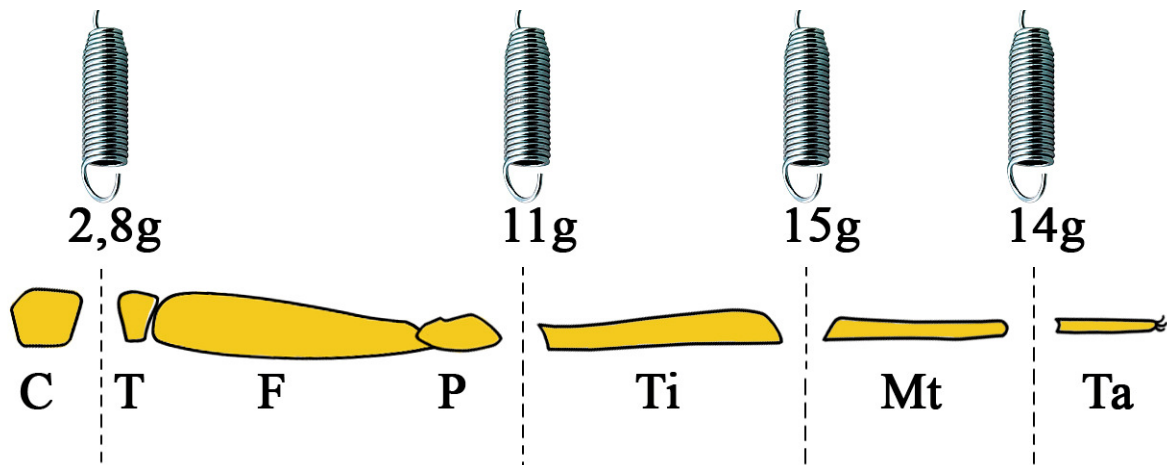
Gibt es eine Art Sollbruchstelle am Bein, die die Abtrennung erleichtert?



Die Stelle zwischen dem ersten und zweiten Beinglied ist aus verschiedenen anatomischen Gründen für die Abtrennung prädestiniert.

Ja. Fast immer wird das Bein zwischen dem ersten Beinglied (Coxa) und dem zweiten Beinglied (Trochanter) abgetrennt, nur in seltenen Fällen zwischen dem vierten (Patella) und fünften (Tibia), z.B. bei Vertretern der Baldachinspinnen (Linyphiidae).

Auch rein mechanisch gesehen ist das Coxa-Trochanter-Gelenk das schwächste Glied in der Kette. Um diese zu ermitteln, belastet der Biologe Karl-Heinz Bauer das Laufbein einer toten Krabbenspinne solange mit zunehmenden Gewichten, bis jeweils ein Gelenk aus den Fugen ging.



Bei Belastung mit den angegebenen Gewichten riss jeweils die Verbindung zwischen zwei Beinsegmenten.
 Das Coxa-Trochanter-Gelenk ist hierbei die schwächste Verbindung,
 für das Zerreißen der anderen Gelenke war maximal das Fünffache an Kraft erforderlich.
 C=Coxa, T= Trochanter, F =Femur, P = Patella, Ti = Tibia, Mt = metatarsus, Ta = Tarsus

Wie schafft es eine Spinne, ohne großen Aufwand ihr eigenes Bein abzutrennen?

Berechtigte Frage, es handelt sich ja nicht gerade um eine übliche, physiologisch-ergonomische Vorgehensweise zum Wohle der Spinne. Um die Autotomie eines Beines einzuleiten, greift die Spinne zu einer Methode, die alle Physiotherapeuten und Chiropraktiker in den kreischenden Wahnsinn treiben würde. Mit einer heftigen Kippbewegung reißt sie die Coxa nach oben. Das gesamte restliche Bein dient dabei als bewegungslose Widerlager. Durch eine Ausgleichsbewegung des durch diese brutale Aktion völlig verdatterten Trochanters bauen sich auf der Oberseite des Gelenkspaltes enorme Spannungen und Scherkräfte auf. Die vergleichsweise dünne Intersegmentalhaut, die die massiven Chitinröhren der einzelnen Beinabschnitte gelenkig miteinander verbindet, reicht ihre fristlose Kündigung ein und reißt. (Der ausführlichen physikalischen Erklärung der beteiligten Hebelkräfte in der Originalarbeit konnte ich ehrlich gesagt nicht ganz folgen. Wenn ich ein Physikbuch in die Hand nehmen muss, empfinde ich generell den verzweifelten Wunsch beide Arme zu autotomieren). Durch das Coxa-Trochanter Gelenk zieht nur ein einziger, schlanker Muskel (M. gracilis), der von seiner Ansatzstelle am Trochanter abreißt und wie ein Gummiband in die Tiefe des Coxastumpfes zurückschnalzt. Aus dem Auge, aus dem Sinn und vor allem aus dem Weg. Damit gehen Spinne und Spinnenbein künftig getrennte Wege.

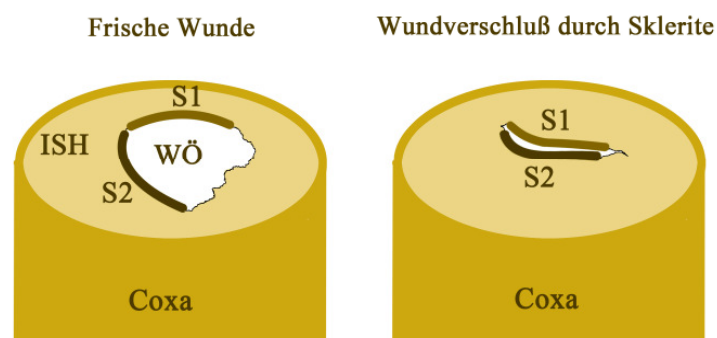
Wie wird eine Verbluten und eine Infektion der Wunde verhindert?

Aus rein medizinischer Sicht scheint die Autotomie zunächst ein völliger Irrsinn zu sein. Die Coxa ist der Beinabschnitt mit dem größten Durchmesser, damit ist natürlich auch die Wunde hier am größten. Spinnen haben ein sogenanntes „offenes“ Blutgefäßsystem, d.h. das Blut fließt nur teilweise in geschlossenen Gefäßen, der Rest plätschert frei in der Leibeshöhle und wird nur durch Membranen grob gelenkt. Aus diesem Grund existieren hier

auch keine geschlossenen Gefäßsysteme für Blut und Lymphe, beide Flüssigkeiten sind homogen vermischt. Daher spricht man bei den Spinnentieren nicht von Blut, sondern von „Hämolymphe“. Alle Spinnentiere sind übrigens von adligem Geblüt, ihre Hämolymphe ist blitzblau. Im Gegensatz zu den Wirbeltieren wird der Sauerstoff nicht an Eisen- sondern an Kupferatome gebunden. Mit Sauerstoff beladenes, also oxidiertes Kupfer ist nicht rot, sondern blau.

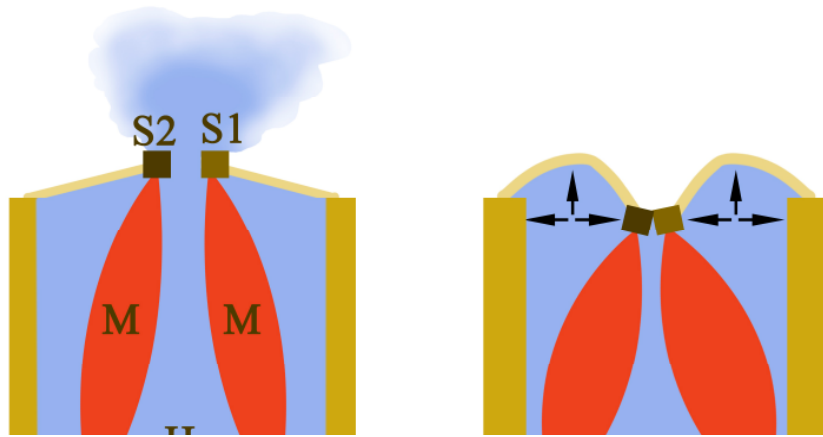
Aufgrund des offenen Blutgefäßsystems würde eine Spinne mit Loch „auslaufen“. Dazu kommt noch ein weiteres Problem, Spinnen arbeiten mit einem hydraulischen System. Spinnen besitzen zwischen 30 und 33 Beuge- und Streckmuskeln in jedem Bein. Zwei Beugelenke brachten die Spinnenforscher über lange Jahre in einen schweren Erklärungsnotstand: das Femur-Patella-Gelenk und das Tibia-Metatarsal-Gelenk. Beide besitzen nur Beuge- aber keine Streckmuskeln, damit sind diese Gelenke theoretisch funktionsunfähig. Dummerweise scheinen Spinnen die entsprechenden Veröffentlichungen nicht gelesen haben, eine Radnetzspinne bewegt sich beim Netzbau ungeachtet der Forschungsergebnisse mit der Anmut einer Primaballerina. Die Streckung dieser Gelenke erfolgt nicht über Muskeln, sondern über eine Erhöhung des Hämolymphe drucks im entsprechenden Bein, also mit Hilfe eines hydraulischen Systems. Für den Aufbau des erforderlichen Drucks ist aber ein geschlossenes System zwingend erforderlich. Wer schon einmal ein Loch in der Bremsleitung hatte, weiß um die fatalen Folgen, wenn das nicht der Fall ist. Im Interesse ihrer Beweglichkeit, der Gesundheit und des Überlebens der Spinne ist es daher äußerst ratsam, den offenen Beinstumpf möglichst rasch abzuschotten, auch im Hinblick auf eine mögliche Infektion durch Bakterien oder Pilze. Ein solcher Mechanismus existiert und seine Effektivität und Raffinesse setzen uns wieder einmal in Erstaunen über die genialen Lösungen in der Natur.

Die im inneren des Stumpfes befindlichen sieben Muskeln inserieren an verdickten Chitinspangen (Sklerite). Durch Kontraktion dieser Muskeln wird die verbliebene Intersegmentalhaut gedehnt, die Sklerite werden aneinander gepresst wie zwei Müllschluckerklappen und verschließen so die Wunde.



S1 = Sklerit 1, S2 = Sklerit2, WÖ = Wundöffnung, ISH = Intersegmentalhaut

Durch den hydraulischen Überdruck im inneren Spinnenkörper wölbt sich die Intersegmentalhaut nach außen, dadurch werden die Ränder der Sklerite mit den dort ansetzenden Muskeln zusätzlich zusammengepresst.



H= Hämolymphe, M = Muskel, S = Sklerit. In der rechten Abbildung haben sich die Muskeln kontrahiert und die Sklerite so nach innen gezogen und aneinander gepreßt. Die Pfeile spiegeln den von der Hämolymphe ausgeübten Druck wieder

Kleinere Lecks werden durch die dickflüssige Hämolymphe abgedichtet, die an der Luft trocknet und gerinnt. Dadurch verkleben die beiden Wundränder miteinander und lassen sich nicht mehr voneinander lösen. Die Kontraktion der Muskeln ist daher in diesem Stadium nicht länger erforderlich. Dieser ganze Mechanismus läuft so rasch ab, dass die Spinne bei der Autotomie nur vernachlässigbar wenig Hämolymphe verliert.

In welchen Situationen im Spinnenalltag wird Autotomie eingesetzt?

1. Häutung:

Spinnen besitzen, wie alle Gliederfüßler ein Außenskelett, also eine Ritterrüstung aus Chitin. Da sich Ritterrüstungen nur durch eine begrenzte Dehnbarkeit auszeichnen, muss eine Spinne die zu eng gewordene Haut ca. fünf- bis zehnmal in ihrem Leben abstreifen (Häutung). Dieser Vorgang ist jeweils eine der kritischsten Momente im Leben jeder Spinne. Während der Häutung werden alle Beine von der alten Haut noch eng umschlossen, die neue Cuticula ist noch weich und muss erst Aushärten. Wenn die Spinne versucht, ihre Beine aus der alten Haut zu ziehen verpufft ein Großteil der Kraft durch die Verformung des Außenskeletts, das aufgrund seiner Weichheit noch nicht als starres Widerlager dienen kann. Stellen Sie sich vor, Sie stecken mit allen acht Beinen in Kompressionsstrümpfen und versuchen nun mühsam sich irgendwie herauszuwursteln. Manchmal blockiert eines der Beine im Verlauf einer Häutung und lässt sich nicht mehr weiter herausziehen. Normalerweise wäre eine solche Krise das Todesurteil für die betreffende Spinne. Durch die Autotomie des Beines kann die Situation dagegen rasch entschärft werden. Auch nach der Häutung werden verkrüppelte Beine abgetrennt. Der Verlust eines Beines behindert die Spinne weniger als der Einsatz eines nicht voll funktionsfähigen Beines. Auch bei verletzten Gliedmaßen trennt die Spinne das Bein komplett ab und sorgt damit für einen sauberen Wundverschluss.

2. Spinnen, die auch andere Spinnen als Beute nutzen:

Dazu gehören unter anderem die Spinnenfresser (*Mimetidae*), Zitterspinnen (*Pholcus*) und die in Spinnennetzen jagende Springspinnengattung *Portia*. Wer auf der Jagd nicht vorsichtig ist, wird ganz schnell vom Jäger zur Beute. Da die Beine die vorderste „Front“ einer Spinne darstellen – vor allem bei den extrem langbeinigen Zitterspinnen – ist die Wahrscheinlichkeit einen Biss zu erhalten hier am höchsten. Dann heißt es „Bein über Bord“ und danach so rasch wie möglich ab durch die Mitte.

3. Reaktion auf giftige Beutetiere:



*Der isolierte Stechapparat der Honigbiene
(Quelle: Siga 2008, Wikimedia)*

Ungeachtet ihres Giftstachels gehören Wespen und Bienen zum normalen Beutespektrum vieler Spinnen. Wer einmal zugeschaut hat, mit welcher atemberaubenden Geschwindigkeit eine Radnetzspinne ihr Opfer in ein breites Band aus Spinnseide hüllt, weiß wie nutzlos der Giftstachel in den meisten Fällen bleibt. Selbst der Stachel unserer größten einheimischen Wespe, der Hornisse, misst lediglich 3,5 mm, bei der Honigbiene sind es völlig unspektakuläre 2,5 mm. Die Wahrscheinlichkeit damit den weichen Hinterleib der Spinne zu erreichen ist vernachlässigbar. Wieder sind die Beine der Spinne am meisten gefährdet. Die gepanzerten Chitinröhren der einzelnen Beinabschnitte können einen Bienen- oder Wespenstachel nicht durchdringen, wohl aber die zarten Intersegmentalhäute dazwischen. Erstaunlicherweise reagiert die Spinne nicht auf den Stich selbst. Der Stich mit einer feinen Stahlnadel führte nur in Ausnahmefällen zur Autotomie. Auch bei der Injektion von physiologischer Kochsalzlösung mit einer feinen Glaskanüle passiert nichts. Wird jedoch Bienen- oder Wespengift injiziert oder eine der drei wirksamsten chemischen Bestandteile (Histamin, Serotonin, Phospholipase A2) dieses Giftes erfolgt sofort die Autotomie des Beines, noch bevor das Gift seine Wirkung entfalten kann. Die Bedeutung dieses Mechanismus zeigt sich, wenn die Spinne durch mechanische Fixierung an der Autotomie des Beines gehindert wird. Vor allem Honigbienen- und Phospholipase A2 wirkten im Versuch immer tödlich.

4. Paarung:

Wer je eine Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Nadelspitzen Fänge einer Webspinne betrachtet hat, sieht die Rolle der Spinnenmännchen bei der Paarung vermutlich mit ganz anderen Augen. Alle Spinnen ernähren sich ausschließlich räuberisch, bewegte Objekte in überschaubarer Größe - zu denen nun mal auch die Spinnenmännchen gehören - signalisieren zunächst ausschließlich eines: Beute! Hau rein!! Solche Schlüsselreize lösen zwangsläufig sofort das Beutefangverhalten des Weibchens aus. Dieses rüde Verhalten erschwert die Paarungsrituale aus Sicht der Männchen nicht unerheblich und ist einer romantischen Grundstimmung äußerst abträglich. Gefressen zu werden kann einem den ganzen Tag versauen und ist völlig unerotisch. Die Männchen aller Spinnenarten haben daher mehr oder weniger komplexe Balzrituale entwickelt, um diese kritische Situation zu entschärfen und in den Griff zu bekommen.

Die Männchen der Radnetzspinnen bauen nach der Reifehäutung keine Netze mehr sondern streifen auf der Suche nach dem Netz eines Weibchens frei umher. Am Ziel angekommen zupft das Männchen einen artspezifischen Code an den Netzfäden des Weibchens, um seine Ankunft anzukündigen. Im Idealfall erkennt das Weibchen diese Signale, antwortet entweder mit einem Gegencode oder verhält sich zumindest völlig passiv. Das Beutefangverhalten wird auf alle Fälle zunächst nicht ausgelöst. Dennoch nähert sich das Männchen dem Weibchen aus gutem Grund nur äußerst vorsichtig. Die sehr langen vorderen Beinpaare werden dabei weit nach vorne gestreckt. Falls das Weibchen unschlüssig ist, und sich nicht zwischen Koitus und Kalorien entscheiden kann, würde eine unerwartete Bißattacke „nur“ das Bein und keine lebenswichtigen Organe erwischen. Noch bevor das Gift wirken kann, wird das gebissene Bein autotomiert und das Männchen lässt sich an seinem

Sicherungsfaden fallen. Danach setzt er sein Werben unbeirrt fort. Spätestens ab drei Beinen sollte er dann aber besser mit dem Eintritt in ein Kloster liebäugeln. Entgegen der weit verbreiteten Meinung überleben die meisten Spinnenmännchen die Paarung unversehrt, Beinverluste zählen zum akzeptierten Berufsrisiko eines Spinnenliebhabers.

Kann eine Spinne den Verlust mehrerer Beine kompensieren?

Traumatisierte Tanzkursabsolventen von *Homo sapiens sapiens* scheitern oft schon kläglich bei dem Versuch alle ihre beiden Beine zu koordinieren. Stellen Sie sich vor, Sie müssten mit acht Beinen ein Radnetz bauen! Im Extremfall schafft es eine Radnetzspinne sogar noch mit drei Beinen ein funktionsfähiges Netz zu bauen. Beim Verlust eines oder mehrerer Beine muss die Spinne das jetzt erforderliche, komplett neue Bewegungsmuster nicht erlernen. Sie schaltet lediglich aus dem Achtbeinmodus in den Sieben-, Sechs-, Fünf-, Vier- oder Dreibeinmodus um und bewegt sich sofort so, als hätte sie nie mehr Beine zur Verfügung gehabt. Auch bei der Paarung verbringen Spinnenmännchen, die bereits einige Beine auf dem Schlachtfeld der Liebe verloren haben, wahre Wunder.

Wie wird ein abgeworfenes Bein regeneriert?

Die Regeneration ist ein hormonell gesteuerter Prozess, der einer „Alles-oder-Nichts“-Gesetzmäßigkeit unterliegt. Eine Regeneration findet nur dann statt, wenn die Autotomie im ersten Viertel der Zeitspanne bis zur nächsten Häutung stattgefunden hat, Autotomien zu einem späteren Zeitpunkt führen zu keiner Regeneration. Schlimmstenfalls muss die arme Spinne bis zur übernächsten Häutung, also zwei Häutungen lang, abwarten bis sie dann endlich wieder über ihr volles Beinrepertoire verfügt. Bei erwachsenen Spinnen findet keine Häutung und damit auch keine Regeneration statt. Eine Ausnahme bilden die Vogelspinnen (*Theraphosidae*). Sie sind die Methusalems unter den Spinnen, im Terrarium können weibliche Tiere mehr als 20 Jahre alt werden. Die Weibchen von *Brachypelma smithi* erreichen in Gefangenschaft häufig sogar ein Alter von 25 bis 30 Jahre. Die Männchen aller Vogelspinnenarten sind deutlich kurzlebiger. Da die Haare einer Spinne hochkomplexe Sinnesorgane sind über die sie ihre Umwelt wahrnimmt, häuten sich Vogelspinnen im Unterschied zu den anderen Spinnen auch noch im erwachsenen Zustand (ein- bis zweimal jährlich, im hohen Alter alles zwei Jahre) um den mechanischen Verschleiß auszugleichen.

Bei der Regeneration muss sich das neue Bein im Inneren des verbleibenden Coxastumpfes entwickeln muß (wo auch sonst?), daher ist es stark gefaltet und nach der Häutung deutlich kürzer und dünner als das ursprüngliche Bein. Spätestens nach der dritten Häutung hat das Bein aber wieder seine normalen Maße. Abgesehen von Beinen können u.a. auch Kiefertaster, Kieferklauen und Spinnwarzen regeneriert werden.

Zusammenfassend könnte man die Autotomie als den „Airbag“ der Spinnentiere bezeichnen. Er wird nur in extremen Krisensituationen aktiviert, kann dann aber Leben retten. Drücken wir den Spinnen alle Beine, dass sie diesen Mechanismus nie einsetzen müssen und entspannt, friedlich und vor allem achtbeinig in Rente gehen können.

Literatur:

- Thomas Eisner, Scott Camazine, 1983
Spider leg autotomy by prey venom injection: An adaptive response to pain?
- D. A. Parry
Spider Leg-muscles and the Autotomy Mechanism
- Karl-Heinz Bauer, 1972
Funktionsmechanismus der Autotomie bei Spinnen (Araneae) und seine morphologischen Voraussetzungen.
- Rainer Foelix, 2011
Biology of Spiders
- Stefan Heimer, 1997:
Spinnen – Faszinierende Wesen auf acht Beinen
- Marie Elisabeth Herberstein, 2011
Spider Behaviour – Flexibility and Versatility



© Werner David
Erding, 2013

www.naturgartenfreude.de: Informationen rund um den Naturgarten und Wildbienen, Fotogalerien (auch zum Bestellen), PDF-Dateien zum Herunterladen und Naturgartenbalkon-Blog