

Feeding on Light
Eva-Fiore Kovacovsky



Foliage, Biologically Seen

Margot and Roland Spohn

Trees and shrubs do not stand isolated in the landscape. They are exposed to the climate, to the weather, and, not least, to human influence. We often only see them as suppliers of wood and fruit or givers of shade. These attributes only make up a miniscule part of their existence, however. Standing in front of a soaring ash (*Fraxinus excelsior*) or a mighty linden (*Tilia* spp.), we can scarcely measure the diversity of habitats it offers. From the most delicate root up to the blooming bud, each individual tree provides countless niches for the most varied inhabitants. Irrespective of whether these are animals, fungi, or bacteria, each and every one of them maintains a particular relationship with their host plants, and vice versa.

The leaves of a 100-year-old beech tree comprise an area larger than two tennis courts. Miniscule mites and fungi sit on each of the over 100,000 leaves. Beetles, their larvae, caterpillars, woodlice, and others eat away part of their habitat. At the same time, the leaves offer their residents much more than simply a two-dimensional surface. They can be hollowed out, folded, wrapped, or spun together to create a unique space. Herbivores use the leaves as much as spiders and other predators. For some, a single leaf comprises their entire universe; others eat one leaf after the other.

We don't get a chance to see most of the many inhabitants—or only if we really search for them. It is much easier to find the tracks they leave behind when they eat, grow, travel, reproduce, or defecate. The changes in the leaves tell us who travelled through or lived in the woods, when, and why.

When observing foliage, it is not always easy to tell the difference between natural growth, mechanical damage, and the changes caused by the leaf's inhabitants. Characteristically, leaf edges are not smooth, but are either saw-toothed or serrated, as with linden (*Tilia* spp.) and birch trees (*Betula* spp.), or lobed, as with oak trees

(*Quercus* spp.). If, for example, a swaying branch tears a hole in the foliage, the dried remains of the destroyed tissue can often still be found hanging from the tree. These remnants are usually missing when animals have been in the area or when fungi have infected a leaf.

From spring to early summer, many herbivorous insects, live on and in a tree's foliage. The food that fresh, new leaves provide is more nutritious than that of older, more mature ones. Fully grown leaves are not only tougher, they also contain more antibodies against their predators. In fact, sometimes it is the foliage-feeding insects themselves that stimulate the tree to deposit an arsenal of defensive substances in its leaves. But it isn't only the antibodies in older leaves that disturb the insects. Many of the nutrients they need, such as proteins and the nitrogen contained within them, are now bound to the leaf tissue and no longer dissolved in the fluid flowing through its nervures. In the spring, sap transports the nitrogen in the protein building blocks from the roots and the bark to the sprouting leaves. Later, however, nitrogen, in the proteins, is firmly incorporated into the leaf pigment chlorophyll. Bugs, cicadas, aphids, and other insects that only drink sap can no longer reach it—and, if they cannot find younger leaves or switch to a different source of food, they will die.

Herbivores' diets are limited by the availability of nitrogen. The carbohydrates that develop, with the help of sunlight, from carbon dioxide and water during photosynthesis are, on the other hand, a source of food that is plentiful in supply.

Of the tracks that insects leave behind on leaves, those of the sap suckers seem to be almost harmless. They only poke tiny holes in the tissue, which leads to a massive discolouration of the leaf.

Insects with powerful mandibles, like beetles and their larvae, butterfly caterpillars or the larvae of sawflies, which resemble butterfly caterpillars, often do much more damage. In the beginning, freshly hatched from their eggs, they often only chip away at the surface of the leaf tissue. Some of them, however, live within the layers of the leaf. This is the case with the larvae of leaf

miner flies, for example. Comparable to mine workers digging underground, they eat their way through the lamina of the leaf and hollow out tunnels. These start small, but as the larva grows, become wider and wider until they are like rooms, with a leaf ceiling and floor that serve as protection. If you hold the leaf up to the light, you can easily spot these mines. They form light, characteristically winding and snaking trails or patches, which often intersect each other. Dark spotted lines of excrement often run through the mines, and sometimes there is even a larva or a pupa sitting there, usually at the wider end of the tunnel.

Leaves are, by nature, thin, so only small, flat animals can live in such mines and the favourable climate they provide. Bigger animals need more room and therefore have to content themselves with the surface of the leaf. Some chew away the edges evenly around the outside. Others anchor their posteriors in one place for as long as possible and swing their upper bodies like a scythe, eating arcs and grooves into the parts of the leaf they can reach, or they put their heads down and eat increasingly large holes into the surface. Others, still, hollow out only small holes, but a great deal of them. Or they move in atypical ways across the leaf, carving curved, snaking, or even zigzagging tracks in its tissue. In some cases, only one single insect is responsible for creating these bizarre patterns and complex textures; in others, it is a squad of caterpillars or larvae. From these joint endeavours, in particular, we see that the animals only eat the leaf tissue between the veins. This is not necessarily because the veins are too hard or unpalatable. With large leaves, especially, it is advantageous for these vegetarians if they don't interrupt the vascular bundle that runs through the leaf veins, as this will cause parts of the leaf that they could eat tomorrow to wilt. This would also cut off the sap for their conspecifics further up the leaf—a catastrophe for the survival of the species.

The striped alder sawfly (*Hemichroa crocea*) is a good example of how delicate leaf-images emerge and feeding patterns can change over the course of an animal's development. This reddish-black insect, which seems like a hybrid of a fly and a wasp, lays its eggs in the petiole or in the midribs of alder leaves

(*Alnus* spp.) or, more rarely, in those of birch leaves. The young larvae only eat between the veins of the leaf, each on its own tiny plot. They do not enter each other's territory; however, together, they engage in what has appropriately been called a "rune eating pattern," causing forms and figures reminiscent of writing to appear on the leaf. Older larvae change their strategy. Starting from the edge of the leaf, these S-shaped animals work together in groups and gnaw on its tissue until only the midrib and the strong side veins remain. The leaf ends up looking like the skeleton of a fish. When they are fully grown, the larvae move to the ground and pupate there. In the following year, the next generation hatches.

The striped alder sawfly is not the only insect that is interested in alder leaves. Another is the blue alder leaf beetle (*Agelastica alni*), which can be observed there very often. Here, it is not only the black larvae that eat the alder leaves; the metallic-blue shimmering beetle has also specialised in this food source. In the spring, after mating, the female lays her eggs, in groups of 60 to 70, on the underside of the leaf. In the beginning, the larvae live together; later they live alone. The young larvae scrape away so much of the tissue on the underside of the leaf that only a thin, transparent layer remains. Each tiny leaf vein looks like a pane in a lattice window, which is why this feeding pattern has been dubbed "window feeding." With time, some of the translucent "window panes" break or are eaten, so that the window becomes increasingly see-through. Older larvae eat bigger holes into the leaf or skeletonise it extensively. Starting in July, the next generation of beetles will gnaw holes and inlets into the leaves.

Even more beloved than the leaves of the alder are those of the poplar (*Populus* spp.)—there are approximately 30 different species of leaf beetle that consume its leaves. The poplar leaf beetle (*Melasoma populi*), one centimetre long and bright red in colour, is particularly conspicuous. Its larvae begin by eating many-paned lattice windows into a leaf; later, they, as well as the beetles themselves, eat bays and holes. They can destroy the entire leaf this way. The brassy willow beetle (*Phratora vitellinae*) which is not even half the size, as an adult leaves tiny holes, measuring

only a few millimeters, scattered on the surface of the leaf, making it look as though it's been riddled with buckshot. Its larvae sit sociably next to each other, engaging in a pattern of "window feeding." The transparent leaf tissue that they leave behind dries out so that, ultimately, all that remains of the leaf is a fine, net-like skeleton. Like willows, poplars contain salicin, a substance that is supposed to repel natural enemies. The number of guests nibbling their leaves proves otherwise. The poplar leaf beetle and the small willow leaf beetle belong to a class of beetles that are able to not only tolerate the salicin they ingest with their food, but to also use it as a basis for their own defense. Although the poplars' defense strategy doesn't work against these highly specialised insects, many other less specialised species simply avoid their leaves.

When fungi spread on and through living leaves, they coat them, deform their surface, or cause pustules to form. Even the constituents of the leaf itself change under their influence. Sometimes fungi turn the surface of the leaf a colour similar to that found in autumn, or they produce brown, yellow, or multicoloured rings or patches in it. Such spots can dry and ultimately break out, so that characteristic, often ragged holes remain in the surface of the leaf.

The fallen leaves of autumn create completely new habitats. Lying sodden on the ground, they attract fungi, mites, woodlice, insects, and many other microbes, which cause them to decompose. Again, this does not happen randomly; rather, each organism prefers a certain degree of decay and/or type of foliage. Thus, many partners simultaneously live next to each other in the autumn leaves, or they inhabit them successively. First, a large number of small holes will appear. With time, the organisms skeletonise the old leaves to such an extent that only the leaf's network of veins remains initially and, then, at the end, the thickest veins. This process doesn't occur in the entire leaf at the same time, however. We can thus observe intact or nearly intact areas existing next to naked veins. Often, several old leaves are literally glued together, held there by a film of water, fungi threads, cocoons, or feces.

The many different organisms that live in and off of leaves, from the budding leaf to the decomposed leaf skeleton, ensure that no single leaf on one tree is the same as another.

The biologist couple Margot and Roland Spohn has written many nature guides. Margot Spohn studied biology with a focus on botany and pharmaceutical biology. She works full-time in the approval of complementary medicines in Switzerland. Together with her husband, she spends a lot of time observing nature and passes on her knowledge on excursions and lectures in adult education.

Roland Spohn has a doctorate in the field of sleep research. He developed his artistic skills for scientific illustrations while studying biology. Today, he works as a freelance nature photographer and illustrator. He also combines biological themes into imaginative paintings that are regularly exhibited.

Margot and Roland Spohn have contributed to many publications, among them *Bäume und ihre Bewohner* (Trees and their inhabitants), Haupt Verlag, Bern, 2016 and *Blumen und ihre Bewohner* (Flowers and their inhabitants), Haupt Verlag, Bern, 2015.

Blätterwerke — biologisch gesehen Margot und Roland Spohn

Bäume und Sträucher stehen nicht isoliert in der Landschaft. Sie sind dem Klima, dem Wetter und nicht zuletzt den Einflüssen des Menschen ausgesetzt. Häufig sehen wir sie nur als Holz- und Fruchtlieferanten oder Schattenspenden. Doch das ist nur ein winziger Aspekt. Selbst wenn wir direkt vor einer einzigen hoch aufragenden Esche (*Fraxinus excelsior*) oder einer mächtigen Linde (*Tilia* spp.) stehen, können wir kaum ermessen, wie vielfältig die Lebensräume auf einem einzigen Baum sein können. Von der feinsten Wurzel bis hinauf zur austreibenden Knospe bietet jeder von ihnen unzählige Nischen für die unterschiedlichsten Besiedler. Egal ob es Tiere, Pilze oder Bakterien sind, jeder von ihnen geht eine ganz besondere Beziehung mit dem Gehölz ein—oder das Gehölz mit ihnen.

Eine 100-jährige Buche hat eine Blattfläche größer als zwei Tennisplätzen. Winzige Milben und Pilze sitzen auf jedem der über 100 000 Blätter. Käfer, ihre Larven, Schmetterlingsraupen, Asseln und andere nagen ihnen einen Teil des Lebensraums weg. Dabei bieten Blätter ihren Bewohnern mehr als eine zweidimensionale Fläche. Sie lassen sich aushöhlen, falten, wickeln oder zusammenspinnen und so zum individuellen Lebensraum gestalten. Pflanzenfresser nutzen diesen ebenso wie Spinnen und andere Räuber. Für viele ist ein einziges Blatt ihr ganzes Universum, andere fressen ein Blatt nach dem anderen.

Die meisten der vielen Bewohner bekommen wir nie zu Gesicht—oder nur dann, wenn wir intensiv nach ihnen suchen. Viel einfacher ist es, ihre Spuren zu finden, die sie beim Fressen, Wachsen, Wandern, bei der Vermehrung oder bei der Kotabgabe hinterlassen. Diese Veränderungen der Blätter erzählen uns wer, wann und warum auf dem Gehölz zu Gange war oder dort gelebt hat.

Wer Blätter betrachtet, hat es oft nicht einfach, zwischen natürlichem Wuchs, mechanischen Schäden oder

von Bewohnern ausgelösten Veränderungen zu unterscheiden. Die Ränder vieler Blätter sind arttypisch nicht glatt, sondern gesägt oder gezähnt wie bei Linden (*Tilia* spp.) oder Birken (*Betula* spp.) oder gelappt wie bei Eichen (*Quercus* spp.). An Löchern, die etwa ein vorbeistreifender Ast ausgerissen hat, hängt meist noch der vertrocknete Rest des zerstörten Gewebes. Solche fehlen in der Regel, wenn Tiere zugange waren oder Pilze das Blatt besiedeln.

Von Frühjahr bis Frühsommer leben besonders viele pflanzenfressende Insekten auf und in den Blättern. Frische und junge Blätter liefern ihnen eine wertvollere Nahrung als solche, die ausgereift sind. Ältere, ausgewachsene Blätter fühlen sich nicht nur derber an, sie enthalten auch mehr Abwehrstoffe gegen ihre Fressfeinde. Manchmal regen sogar erst die an ihm fressenden Insekten den Baum an, ein Arsenal an Wehrsubstanzen in seinem Laub zu deponieren. Doch nicht nur Abwehrstoffe machen den Insekten auf den älteren Blättern zu schaffen. Viele für Insekten notwendige Nährstoffe, besonders die Eiweiße und der darin enthaltene Stickstoff, sind in älteren Blättern fest an das Blattgewebe gebunden und nicht mehr in der Flüssigkeit gelöst, die in den Blattadern fließt. Während im Frühjahr der Saftstrom den Stickstoff in Eiweißbausteinen aus den Wurzeln und der Rinde in die austreibenden Blätter transportiert, ist er später fest in Form von Eiweißen mit dem grünen Blattfarbstoff Chlorophyll verbaut. Wanzen, Zikaden, Blattläuse und andere Insekten, die ausschließlich die Blattsäfte saugen, kommen nicht mehr an sie heran—sie verhungern, wenn sie nicht neue junge Blätter finden oder auf eine andere Nahrungsquelle umsteigen können.

Stickstoff ist der begrenzende Faktor für die Ernährung der Pflanzenfresser. Die Kohlenhydrate, die bei der Photosynthese der grünen Pflanzen mit Hilfe von Sonnenlicht aus Kohlendioxid und Wasser entstehen, sind dagegen eine Nahrungsquelle, die im Überfluss vorhanden ist.

Von den Spuren, die die Insekten auf den Blättern hinterlassen, erscheinen die der Saftsauger fast harmlos. Sie stechen nur winzige Löcher in das

Gewebe, um die herum sich das Blatt mehr oder weniger stark verfärbt.

Insekten mit beißenden Mundwerkzeugen wie Käfer und ihre Larven, Schmetterlingsraupen oder die den Schmetterlingsraupen ähnelnden Afterraupen von Blattwespen können schon mehr ausrichten. Frisch aus den Eiern geschlüpft, raspeln sie das Blattgewebe anfangs oft oberflächlich ab. Einige davon entwickeln sich jedoch auch zwischen den Blattschichten. Dort leben vor allem die Larven einer besonderen Fliegenfamilie, der Minierfliegen. Sie fressen sich als Minenarbeiter durch die Blattfläche und höhlen so Gänge aus, die schmal anfangen und mit der Größenzunahme der Larve immer breiter werden oder sich zu großen Plätzen erweitern. Dabei lassen die Larven immer über und unter sich eine schützende Decke stehen. Gegen das Licht gehalten sind diese Minen besonders gut zu erkennen. Sie bilden helle, oft charakteristisch gewundene und geschlängelte, sich auch überkreuzende Spuren oder Flecken. Oft durchziehen Kotspuren als dunkle, getüpfelte Linien diese Minen und manchmal sitzt sogar—meist am dickeren Ende der Gänge—noch eine Larve oder Puppe.

Die dünnen Blätter ermöglichen es nur kleinen, flachen Tieren in klimatisch begünstigten Minen zu leben. Größere brauchen mehr Platz und müssen deshalb mit der Blattoberfläche vorlieb nehmen. Manche fressen den Rand ringsum gleichmäßig ab. Andere bleiben mit dem Hinterende möglichst lange an einem Ort und nagen von dort wie ein Sensenschwinger Bögen oder Kerben in den in Reichweite befindlichen Rand oder fressen ein immer größer werdendes Loch in die Fläche. Wieder andere höhlen immer nur kleine Löcher aus, davon aber sehr viele. Oder sie bewegen sich in arttypischen Mustern über das Blatt und schälen dabei gebogene, geschlängelte oder sogar im Zickzack verlaufende Bahnen aus dem Gewebe. Manchmal sorgt nur ein einzelnes Tier für bizarre Fraßmuster auf einem Blatt, in anderen Fällen können Trupps von Raupen oder Larven gemeinsam komplexe Texturen schaffen. Besonders bei solchen Gemeinschaftswerken fällt auf, dass die Tiere häufig nur das Blattgewebe zwischen den Adern fressen. Dies hängt nicht unbedingt damit zusammen, dass die Blattadern zu

hart oder ungenießbar wären. Besonders bei größeren Blättern ist es für die Vegetarier von Vorteil, wenn sie die in den Blattadern verlaufenden Leitbündel nicht unterbrechen. Sonst verwelkt der Blattteil, den sie morgen noch fressen könnten. Außerdem würde den Artgenossen weiter vorne auf dem Blatt der Saft abgedreht—für den Arterhalt eine Katastrophe.

Die Grünerlenblattwespe (*Hemichroa crocea*) ist ein schönes Beispiel dafür, wie grazile Muster entstehen und sich Fraßbilder im Laufe des Entwicklungszyklus der Tiere verändern können. Das wie eine Kreuzung zwischen Fliege und Wespe wirkende rot-schwarze Insekt legt seine Eier in den Blattstiel oder in die Mittelrippen von Erlen- (*Alnus* spp.) oder seltener auch Birkenblättern. Jung fressen die Afterraupen nur zwischen den Blattadern—jede in einer anderen kleinen Parzelle. Bei der treffend „Runenfraß“ genannten Teamarbeit, bei der die Tiere nicht in das Areal der anderen eindringen, entstehen so an Schriftzeichen erinnernde Formen und Figuren auf dem Blatt. Ältere Afterraupen ändern ihre Strategie: In Gruppen benagen die oft S-förmig gekrümmten Tiere die Blätter nun vom Blattrand aus so lange, bis nur noch die Mittelrippe und die kräftigen Seitennerven übrig sind. Das Blatt sieht nun wie ein Fischgerippe mit seinen Gräten aus. Ausgewachsen wandern die Afterraupen in den Boden und verpuppen sich dort. Im nächsten Jahr schlüpft dann die nächste Generation.

Die Grünerlenblattwespe ist nicht das einzige Insekt, das sich für Erlenblätter interessiert. Einer der weiteren Liebhaber dieser Nahrungsquelle ist der Blaue Erlenblattkäfer (*Agelastica alni*), der sehr häufig zu beobachten ist. Bei ihm sind es nicht nur die schwarzen Larven, die an den Blättern nagen, sondern auch die blaumetallisch schimmernden Käfer haben sich auf diese Nahrung spezialisiert. Im Frühjahr, nach der Paarung, legt das Weibchen seine Eier in Gruppen zu 60 bis 70 Stück auf die Blattunterseite. Die Larven leben am Anfang in Gruppen, später einzeln. Junge Larven schaben zunächst das Gewebe auf der Blattunterseite so weit ab, bis nur noch eine dünne, transparente Schicht übrig ist. Jede noch so kleine Blattader bleibt wie bei einem unterteilten Sprossenfenster stehen—deshalb nennt man dieses

Fraßbild auch „Fensterfraß“. Mit der Zeit brechen einige der transparenten „Fensterscheiben“ durch oder werden aufgefressen, so dass die Fenster immer durchsichtiger werden. Ältere Larven nagen größere Löcher oder skelettieren die Blätter großflächig. Ab Juli frisst die nächste Generation der Käfer Buchten und Löcher in die Blätter.

Noch beliebter als Erlenblätter sind die Blätter von Pappeln (*Populus* spp.)—alleine rund 30 verschiedene Blattkäferarten nagen an den Blättern. Besonders auffällig ist der etwa ein Zentimeter große, rot gefärbte Pappelblattkäfer (*Melasoma populi*). Seine Larven fressen zuerst vielgeteilte Sprossenfenster, später dann—wie auch die Käfer selbst—Löcher und Buchten. Dabei können sie das gesamte Blatt vernichten. Der nicht einmal halb so große Kleine Weidenblattkäfer (*Phratora vitellinae*) hinterlässt dagegen als Käfer nur verstreute, wenige Millimeter große Löcher in der Blattfläche, so dass diese wie mit Schrot beschossen wirkt. Seine Larven sitzen gesellig beieinander und sorgen im Team für einen Fensterfraß. Die Reste an transparentem Blattgewebe, die sie stehen lassen, trocknen bald aus, so dass letztendlich vom Blatt nur ein feines, netzartiges Skelett übrigbleibt.

Pappeln enthalten wie Weiden Salicin, ein Stoff, der Fressfeinde eigentlich abwehren soll. Die vielen Nagegäste an den Blättern beweisen aber, dass sich nicht alle davon abhalten lassen. Der Pappelblattkäfer und der Kleine Weidenblattkäfer gehören zu den Käfern, die das mit der Nahrung aufgenommene Salicin nicht nur ertragen können, sondern sogar als Basis für ihre eigene Verteidigung nützen. So geht zwar die Strategie der Pappel bei diesen spezialisierten Insekten ins Leere, doch viele weniger spezialisierte Arten lassen die Blätter links liegen.

Wenn Pilze auf und in lebenden Blättern gedeihen, bilden sie Überzüge, deformieren die Flächen oder lösen Pusteln aus. Auch die Inhaltsstoffe der Blätter ändern sich unter ihrem Einfluss—manchmal verfärben sie die Flächen dadurch ähnlich wie im Herbst oder es entstehen gelbe, braune oder mehrfarbige Ringe und Flecken. Solche Flecken können

austrocknen und ausbrechen, so dass typische, oft ausgefranste Löcher in den Blattflächen übrigbleiben.

Abgefallene Herbstblätter bilden wieder ganz neue Lebensräume. Wenn sie feucht am Boden liegen, fallen Pilze, Milben, Asseln, Insekten und viele andere Kleinlebewesen über sie her und zersetzen sie. Wiederum geschieht dies nicht wahllos, sondern jeder dieser Organismen bevorzugt einen bestimmten Zerfallsgrad oder Laubtyp. So leben viele Partner gleichzeitig nebeneinander oder besiedeln hintereinander das Falllaub. Meistens entstehen zuerst viele kleine Löcher, mit der Zeit skelettieren die Organismen die alten Blätter so weit, dass nur noch das Adernetz und am Schluss nur noch die dickeren Blattrippen stehen bleiben. Dies passiert jedoch nicht im ganzen Blatt gleichzeitig, so dass intakte oder fast intakte Flächen neben nackten Rippen stehen. Oft kleben auch mehrere alte Blätter regelrecht aufeinander, zusammengehalten etwa durch einen einfachen Wasserfilm, durch Pilzfäden, Gespinste oder Kot.

Die vielen unterschiedlichen Organismen, die vom austreibenden Blatt bis zum zersetzten Blattgerippe auf ihm leben, sorgen so dafür, dass selbst an einem Baum kein einziges Blatt dem anderen gleicht.

Das Biologenehepaar Margot und Roland Spohn hat gemeinsam schon viele Naturführer geschrieben. Margot Spohn studierte Biologie mit Schwerpunkt Botanik und Pharmazeutische Biologie. Hauptberuflich arbeitet sie in der Zulassung komplementärmedizinischer Arzneimittel in der Schweiz. Zusammen mit ihrem Mann verbringt sie viel Zeit mit Naturbeobachtungen und gibt ihr Wissen auf Exkursionen und Vorträgen in der Erwachsenenbildung weiter.

Roland Spohn hat im Bereich der Schlafforschung promoviert und bereits während des Biologie-Studiums seine künstlerischen Fähigkeiten für wissenschaftliche Illustrationen ausgebaut. Heute arbeitet er als freiberuflicher Naturfotograf und Illustrator.

Außerdem kombiniert er viele biologische Themen zu fantasievollen Gemälden und stellt diese regelmäßig aus.

Beide haben an vielen Publikationen mitgewirkt, unter anderem sind im Haupt Verlag, Bern, erschienen: *Bäume und ihre Bewohner*, 2016; *Blumen und ihre Bewohner*, 2015.