

Rudolf Hofer (Hrsg.)

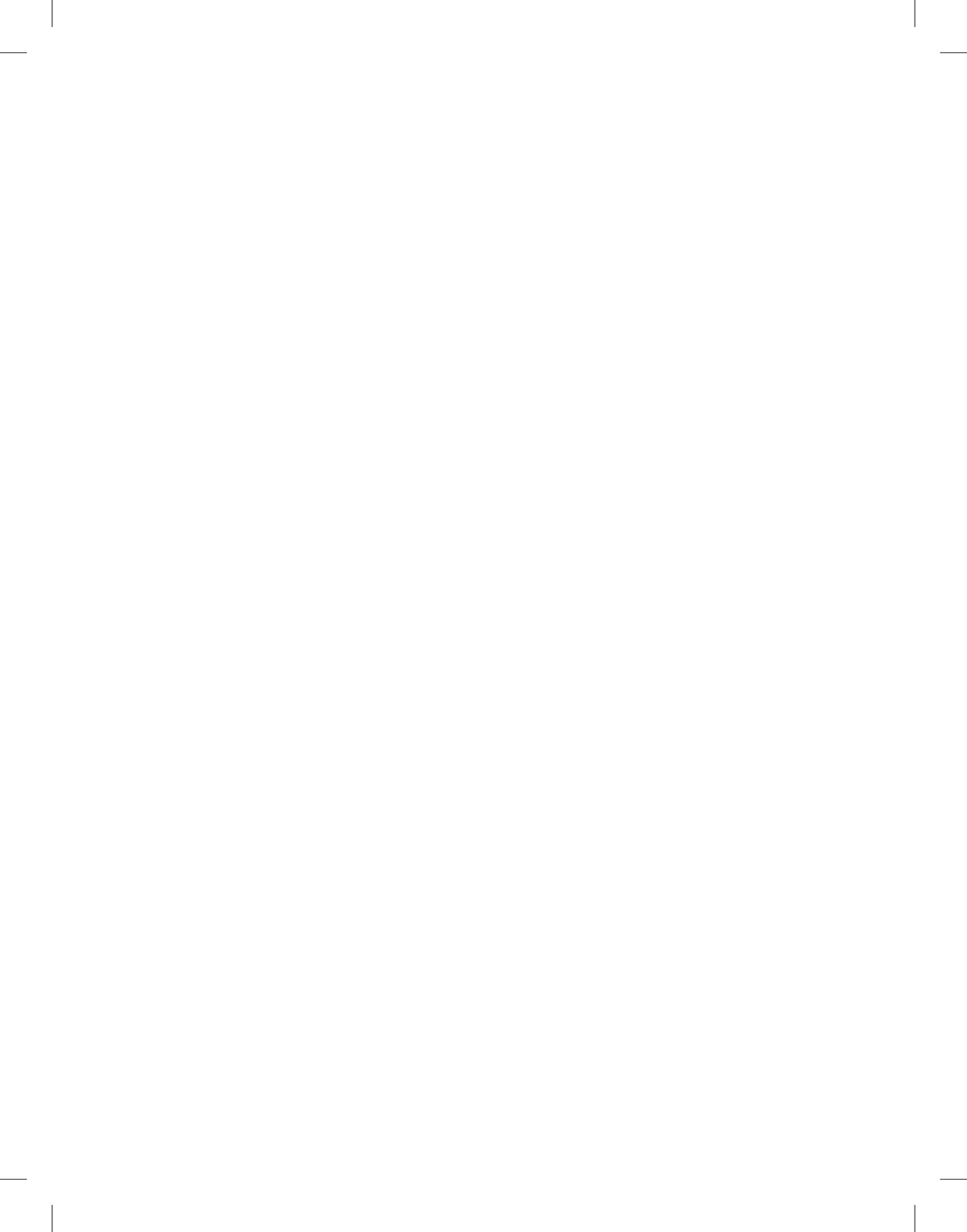
Die Alpen

Einblicke in die Natur



Tirol

innsbruck university press



SERIES

alpine space - man & environment: vol. 9

Series Editors: R. Psenner, R. Lackner, A. Borsdorf

Band 9

iup • *innsbruck* university press



Gefördert durch:
Universität Innsbruck, Forschungsplattform Alpiner Raum Mensch und Umwelt
Land Tirol, Abteilung Umweltschutz



© *innsbruck* university press, 2009
Universität Innsbruck, Vizerektorat für Forschung
1. Auflage
Alle Rechte vorbehalten.

Umschlagmotiv Vorderseite: Steinböcke am großen Solstein, Foto: Rudolf Hofer
Umschlagmotiv Rückseite: Stengelloses Leimkraut mit Blick auf den Finstertaler Speicher (Kühtai), Foto: Rudolf Hofer
Inserat auf Seite 156: © 2009 / Tirol Werbung GmbH
Layout: Rudolf Hofer
Lektorat: Elisabeth Hofer
Produktion: Fred Steiner, Rinn

www.uibk.ac.at/iup
www.uibk.ac.at/alpinerraum/publications

ISBN 978-3-902719-02-7

Rudolf Hofer (Hrsg.)

Die Alpen

Einblicke in die Natur



Roggspitze im Almajurtal
(Lechtaler Alpen)

INHALT

Vorwort	3
<i>Rudolf Hofer</i>	
Forschungsplattform „Alpiner Raum – Mensch und Umwelt“	4
<i>Roland Psenner</i>	
Heimliche Stadtbewohner	5
<i>Anton Vorauer</i>	
Die Sonnenseiten Tirols – Ein Hauch von Exotik	9
<i>Barbara Thaler-Knoflach und Konrad Pagitz</i>	
Wanderfalter – Sommergäste aus dem Süden	15
<i>Peter Huemer</i>	
Tarnen, Täuschen, Warnen	19
<i>Rudolf Hofer</i>	
Rückkehr der Vertriebenen	25
<i>Michael Marty</i>	
Neobiota – Ungeliebte Einwanderer	29
<i>Konrad Pagitz und Rudolf Hofer</i>	
Vielfalt durch Störung – Natürliche Flussläufe	35
<i>Leopold Füreder</i>	
Zwischen Wasser und Land	41
<i>Rudolf Hofer</i>	
Vielfalt durch traditionelle Landwirtschaft	47
<i>Ulrike Tappeiner und Erich Tasser</i>	

Fossile Riffe – Reste einer tropischen Vergangenheit	53
<i>Karl Krainer</i>	
Bäume als Zeugen der Klima- und Umweltgeschichte	57
<i>Walter Oberhuber</i>	
Ohne Pilze kein Wald	61
<i>Reinhold Pöder</i>	
Die Unterwelt des Tierreiches	67
<i>Erwin Meyer</i>	
Waldameisen – Sozialparasiten mit gutem Ruf	73
<i>Florian Glaser</i>	
Heilpflanzen in den Alpen	79
<i>Christian Zidorn</i>	
Hochgebirgsseen – Spiegel der Umwelt	85
<i>Roland Psenner</i>	
Gefährliche Sonnenstrahlen	89
<i>Ruben Sommaruga, Cornelius Lütz und Rudolf Hofer</i>	
Pflanzen im Wechselbad der Temperaturen	93
<i>Stefan Mayr und Gilbert Neuner</i>	
Warum die Ente am Eis nicht anfriert	97
<i>Rudolf Hofer</i>	
Hochgebirgspflanzen in Bedrängnis	103
<i>Brigitta Erschbamer</i>	
Pioniere und Wegbereiter	109
<i>Georg Gärtner</i>	
Gletscher aus Eis und Stein	113
<i>Michael Kuhn und Karl Krainer</i>	
Lebensspuren in Schnee und Eis	119
<i>Birgit Sattler</i>	
Auf den Spuren der Eiszeit – Nunatak-Relikte in den Alpen	123
<i>Barbara Thaler-Knoflach und Brigitta Erschbamer</i>	
Tiroler Schutzgebiete (<i>Otto Lainer</i>)	127
Alpenpark Karwendel (<i>Hermann Sonntag</i>)	131
Naturpark Tiroler Lech (<i>Birgit Koch</i>)	133
Naturpark Kaunergrat (<i>Ernst Partl und Elisabeth Falkeis</i>)	135
Naturpark Ötztal (<i>Thomas Schmarda</i>)	137
Hochgebirgs-Naturpark Zillertaler Alpen (<i>Willi Seifert</i>)	139
Nationalpark Hohe Tauern (<i>Martin Kurzthaler</i>)	141
Artenvielfalt (<i>Robert Mühlthaler</i>)	145
Nature Watch – Entdecke das Unsichtbare	147
Anhang: Reptilien (<i>Rudolf Hofer</i>)	148
Autorenverzeichnis	150
Bildnachweis	151
Register	153

Vorwort

Die technische und touristische Industrialisierung, der unstillbare Hunger nach Energie, die Ausdehnung der Siedlungsräume und Verkehrswege und die Umstrukturierung der Landwirtschaft haben die Alpen in den letzten 50 Jahren verändert. Trotzdem zählen sie zu den größten und schönsten Natur- und Kulturlandschaften des Kontinents. Die immer schneller wachsende Globalisierung mit ihren Folgen so wie der Klimawandel, der die Alpen stärker betreffen wird als viele andere Regionen, lassen die Fortsetzung dieser Entwicklung in womöglich noch höherem Tempo befürchten. Mit zunehmenden globalen Turbulenzen im beginnenden 21. Jahrhundert wird andererseits den Alpen eine ganz besondere Zukunft als Erholungsraum im Herzen Europas vorausgesagt. Zwar kann auch diese Entwicklung zur Gefahr für die Natur werden, wenn man sie hauptsächlich in Richtung einer „Sport- und Vergnügungsindustrie“ ausbaut – sie kann aber auch eine Chance für die Erhaltung alpiner Natur- und Kulturräume bedeuten, wenn man sanften Tourismus auf der Basis von Wandern und Naturerlebnis fördert. Kommen vermehrt Gäste wegen der unberührten Natur, wird dies zu einem positiven *feedback* für Bevölkerung und Politik führen. Das vorliegende Buch will einen Beitrag in diese Richtung leisten, in dem es auf Zusammenhänge und sensible Gleichgewichte in einer komplexen und gefährdeten alpinen Natur hinweist und Verständnis für die Erhaltung einer intakten Umwelt weckt, die um so kostbarer ist, je seltener sie für eine verstädterte Gesellschaft wird.

Ausgangspunkt für dieses Projekt waren die Jahrzehnte langen Aktivitäten zur Erforschung des alpinen Raumes an der Universität Innsbruck, insbesondere in den biologisch-erdwissenschaftlichen Fächern, die 2006 in einen universitären Schwerpunkt mündeten (siehe nächste Seite). Aus diesem Kontext wurde das Buch von Fachleuten der Universität und anderen Experten gestaltet, die in Einführungstexten zu den einzelnen Themen und ausführlichen Bildlegenden ihr Fachwissen und mögliche Zukunftsszenarien aus erster Hand vermitteln. Prinzipielle Zusammenhänge in der Natur sind selten lokal beschränkt, sie gelten vielfach für den gesamten Alpenraum, obwohl sich im Buch viele konkrete Beispiele auf Tirol beziehen. Darüber hinaus werden die wichtigsten Tiroler Schutzgebiete und ihre Besonderheiten von Landesbiologen vorgestellt und einige biologisch interessante Wanderrouten vorgeschlagen (Karte im Anhang).

Das Buch richtet sich an naturinteressierte Menschen, die mehr über Lebewesen und Vorgänge in ihrer Umwelt wissen wollen. Komplexere Abläufe werden in verständlicher Weise dargestellt, ohne auf Fachausdrücke mit entsprechenden Erklärungen zu verzichten. In 26 Kapiteln werden unterschiedliche Themen angesprochen, vom Leben in der Stadt und in „Wärmeinseln“ an trockenen Südhängen, über die Biodiversität im zeitlichen Wandel, über Lebensräume im Wasser und im Wald, über alpine Heilkräuter und vieles mehr. Ein Schwerpunkt ist den Lebensprozessen in den Hochgebirgsregionen bis zu den extremen Bedingungen auf Gletschern und den höchsten Alpengipfeln gewidmet. Das Studium des Buches soll Leser und Leserinnen auf ihren Wanderungen zu eigenständigen Beobachtungen anregen, Augen und Ohren für das Verborgene öffnen und sie letztlich zu „Wiederholungstätern“ machen.

Rudolf Hofer

Die Forschungsplattform „Alpiner Raum – Mensch und Umwelt“ an der Universität Innsbruck

Eine Google-Suche nach dem Stichwort „Alps“ bringt etwa 20 Millionen Einträge, unter „alpiné“ findet man knapp 50 Millionen Adressen oder Hinweise. Zum Vergleich: „global change“ bringt 500 Millionen Treffer. Wer sich mit beiden Themen, d.h. mit globalen Veränderungen und Alpen beschäftigt, muss feststellen, dass die Klimaerwärmung in den Alpen (aber auch in anderen Gebirgen und in der Arktis) zwei- bis dreimal so schnell abläuft wie im globalen Mittel. Die Alpen sind tatsächlich schneller als der Rest der Welt, und was in den Bergen passiert, wird die Ebenen unmittelbar betreffen. Auch der rasche strukturelle und wirtschaftliche Wandel, die so genannte Globalisierung, hat die Alpen ergriffen und wird weitere Erschütterungen in ökologischen und sozialen Systemen auslösen.

Dass die Beschäftigung mit den Alpen bzw. mit Gebirgen kein Minderheitenprogramm ist, belegen einige Zahlen: Gebirgsräume machen etwa 24% der Landfläche der Erde aus, sind Heimat für 12% der Weltbevölkerung (weitere 14% leben in unmittelbarer Nähe von Gebirgen) und stellen Lebensgrundlage und Ressourcen für mehr als 50% der Menschen zur Verfügung. Gebirgsräume haben deshalb globale Bedeutung, aber in Europa sind die Gebirge allein aus statistischen Gründen noch bedeutender: Berggemeinden nehmen, je nach Beurteilungskriterien, 55 bis 88% der Fläche ein, die Bergbevölkerung macht 22 bis 47% aller Bewohner aus. Unter den europäischen Gebirgen spielen die Alpen eine besondere Rolle. Sie bedecken eine Fläche von 191.000 km², sind von 14 Millionen Menschen besiedelt und werden jährlich von 60 Millionen Menschen besucht. Zwei Drittel der Bewohner leben in städtischen Agglomerationen und der Transport über die Alpen beläuft sich inzwischen auf 200 Millionen Tonnen pro Jahr. Gleichzeitig liegen in den Alpen die größten zusammenhängenden Naturschutzgebiete Mitteleuropas und sie beherbergen die letzten naturnahen Ökosysteme in einer vom Menschen gestalteten Welt.

Da die Alpen das am besten untersuchte Gebirge der Welt sind, gelten sie als Großlabor für die Erforschung globaler Veränderungen und deren Auswirkungen auf die Umwelt und die Bevölkerung. Die Universität Innsbruck stellt in ihrem Leitbild fest: "... ihre Lage inmitten der Alpen weist der Universität Innsbruck darüber hinaus besondere Aufgaben zu, so etwa die Übernahme von Verantwortung gegenüber den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Problemen des alpinen Raumes". Aus der langjährigen Auseinandersetzung der Universität mit Fragen des Alpenraumes entstand 2006 die Forschungsplattform Alpiner Raum – Mensch & Umwelt.

Zu den wichtigsten Zielen der Plattform gehört es, schlüssige, nachvollziehbare Antworten auf die Herausforderungen des globalen Wandels in den Alpen zu gewinnen. Neben dem Austausch unterschiedlicher Traditionen und Methoden der beteiligten Fachgebiete, der zu einem besseren Verständnis der jeweiligen Forschung und der untersuchten Probleme führen sollte, hat sich die Forschungsplattform eine Reihe konkreter Ziele gesetzt. Sie versteht sich als Drehscheibe für die Auseinandersetzung über "alpine" Themen, die sich in acht Schwerpunkten an 6 von insgesamt 15 Fakultäten finden: Alpine Infrastructure Engineering; Alpinsport; Berglandwirtschaft; Geogene Dynamik – geogene Stoffe; Globaler Wandel – regionale Nachhaltigkeit; Klima u. Kryosphäre; Herausforderungen des globalen Wandels; Ökologie des Alpinen Raumes.

Neben dem Austausch zwischen den Fachdisziplinen geht es um:

- Erfassung der Auswirkungen direkter und indirekter menschlicher Einflüsse auf alpine Ökosysteme und deren Folgen auf Bewohner und Biodiversität. Dazu gehört die Entwicklung von Szenarien über klimatische, demographische und wirtschaftliche Veränderungen.
- Aufklärung der Rolle des Alpenraumes als Brücke im kulturellen Austausch zwischen dem Norden und Süden Europas.
- Schaffung von Grundlagen, Strategien und Methoden für eine nachhaltige Nutzung und Entwicklung des Alpenraumes. Dabei werden juristische, technische und medizinische Aspekte ebenso untersucht wie sozial-, natur- und kulturwissenschaftliche Gesichtspunkte.

<http://www.uibk.ac.at/alpinerraum/>

Roland Psenner (Leiter der Forschungsplattform)



Heimliche Stadtbewohner

Anton Vorauer



Die Stadt als Lebensraum:

Seit jeher gibt es Tierarten, die sich in der unmittelbaren Umgebung menschlicher Siedlungen und Kulturlandschaften wohl fühlen, weil diese Vorteile für anpassungsfähige Arten bieten. Mit der Zunahme menschlicher Populationen konnten auch diese „Kulturfolger“ ihr Areal vergrößern. Die Stadt weist eine um 1-2°C höhere Temperatur als das Umland auf, Gebäude bieten als künstliche Felsen Windschutz und geeignete Nist- oder Brutplätze. Gartenabfälle und Müllbehälter werden ebenso genutzt wie Abwässer und Park- und Grünanlagen erweisen sich als brauchbare Jagdreviere. Die Vorteile, die diese tierischen Stadtbewohner aus ihrer neuen Umgebung ziehen, sind vielfältig. Eine Stadt ist aber ein dynamischer Lebensraum und ständigen Umgestaltungen unterworfen, die sich oft so rasant entwickeln, dass manche Tierarten nicht mehr mithalten können. Daher stehen weniger flexible Kulturfolger heute vor Problemen. Der Nutzungs- und Erschließungsdruck drängt die eine oder andere Tierart wieder aus der Stadt hinaus. Vor allem hermetisch abgeriegelte Gebäude erschweren jede tierische Besiedelung. Hier steht der Naturschutz vor großen Herausforderungen. Manche Städte gehen mit gutem Beispiel voran und fördern diese Tierarten gezielt durch Nisthilfen oder das Öffnen von verschlossenen Dachböden.

Tierische Stadtbewohner:

Das Interesse der meisten Stadtbesucher gilt den Sehenswürdigkeiten und Einkaufsmöglichkeiten, tierische Bewohner werden kaum beachtet. Dabei lassen sich tagsüber viele Singvögel, wie Buchfink, Rotkehlchen, verschiedene Meisenarten oder Rotschwänzchen beobachten, im Winter kommen auch typische Waldbewohner ans Futterhäuschen und Alpendohlen besuchen tagsüber in großen Schwärmen die Stadt. Bei der Winterfütterung ist zu beachten, dass das Futter nicht friert und frei von Kot bleibt. Prägend für viele Städte sind die verwilderten Haustauben oder zahm gewordenen Felsentauben. In zu großer Zahl werden sie ein hygienisches Problem und verursachen Schäden an Hausfassaden. Greifvögel nutzen ebenfalls die Vorteile der Stadt. So nistet der Turmfalke mit Vorliebe in Mauernischen von Kirchtürmen. Seine Lieblingsbeute - kleine Nagetiere - holt er sich von den umliegenden Feldern. Selten werden Wanderfalken, hoch spezialisierte Vogeljäger, gesehen. Ihre Nahrung besteht fast ausschließlich aus kleinen bis mittelgroßen Vögeln, die sie im Flug erbeuten.

Viele der tierischen Stadtbewohner sind nachtaktiv. Die Dunkelheit bietet guten Schutz vor Feinden und der Insektenreichtum ist wesentlich höher als untermittags. Gerade für Tierarten, die sich von Insekten ernähren, ist das ein entscheidender Vorteil. In Städten ist allerdings der Beleuchtungsgrad in den letzten Jahrzehnten massiv gewachsen, so dass man heute von „Lichtverschmutzung“ spricht. Insekten, die sich an Mond oder Sternen orientieren, werden von den vielen Lichtquellen der Stadt magisch angelockt und orientierungslos. Die Verwendung von Natriumhochdruckdampflampen hat hier entscheidend zum Schutz beigetragen.

Abbildung auf Seite 5: Großes Mausohr (*Myotis myotis*). Fledermäuse jagen ausschließlich in der Dämmerung und in der Nacht und orientieren sich mit Hilfe ihres ausgefeilten Ultraschallsystems. Sie stoßen über Mund oder Nase sehr hohe Töne aus, die über unserem Hörbereich liegen. Wenn die Schallwellen auf einen Gegenstand oder ein Beutetier treffen, wird ein Echo zurück geworfen und die Fledermaus verarbeitet dieses zu einem „Hörbild“, wobei sie Größe, Entfernung und Bewegung des Objektes orten kann. Fledermäuse brauchen daher kein Licht um zu jagen, dennoch lassen sie sich rund um Laternen gut beobachten, weil ihre Beutetiere, die Insekten, vom Licht angezogen werden. In Städten leben mehrere Fledermausarten, die im Sommer unterschiedliche Quartiere beziehen. Das Große Mausohr oder die Langohrfledermaus besiedeln ruhige, dunkle Dachböden, Bartfledermäuse hängen hinter Fensterläden und Zwerg- und Mückenfledermäuse ruhen hinter Wandverschalungen. In diesen Quartieren verschlafen sie die Sommertage und bringen Mitte Juni ihre Jungen zur Welt (meist nur eines), die nach intensiver Pflege Ende Juli, Anfang August ausgewachsen sind. Bereits im Herbst erfolgt die Paarung, die Befruchtung aber erst im Frühjahr. Die Quartiere, in denen sie den mehrere Monate dauernden Winterschlaf verbringen, haben konstante Temperaturen knapp über dem Gefrierpunkt. In dieser Zeit zehren sie von ihren Fettreserven.



Ein heimlicher Bewohner der Stadt ist die **Wanderratte** (*Rattus norvegicus*), ihre Zahl übertrifft in vielen zivilisierten Städten die der menschlichen Einwohner. Die weltweite Verbreitung der aus Zentralasien stammenden Wanderratte begann im 18. Jh. Sie verdrängte dabei die Hausratte, die heute als bedrohte Tierart gilt. Die Wanderratte lebt in Familienverbänden mit sozialer Rangordnung, ist robust und lernfähig und gibt ihre Erfahrungen an Familienmitglieder weiter, so dass sie sich schnell an Umweltänderungen anpassen und neue Gefahren (z.B. Giftköder) meiden kann. Sie bevorzugt Abwassersysteme und Müllplätze, wo sie sich von Abfällen ernährt, verursacht aber auch Schäden in Wohnbereichen.



Kaum zu sehen aber in jeder Stadt gegenwärtig – der **Rotfuchs** (*Vulpes vulpes*). Die Stadt hat für Füchse attraktive Angebote. Sie finden hier Unterschlupf in ruhigen Bereichen mit kleinräumiger Struktur wie in Friedhöfen, Parks, Schuppen und Holzstapeln und die Stadt bietet mit Komposthaufen, vollen Müllkübeln, Früchten, Insekten, Mäusen und Ratten auch einen reich gedeckten Tisch. Ein entscheidender Vorteil ist die Sicherheit vor Jägern.

Der Fuchs gilt als Überträger von Tollwut und Fuchsbandwurm und wird daher außerhalb des Siedlungsgebietes intensiv bejagt. Vielfach wird der Fuchs auch für die Bestandsabnahme von Bodenbrütern verantwortlich gemacht.



Der **Steinmarder** (*Martes foina*), macht den Stadtbewohnern wenig Freude, da er immer wieder Schäden an Zünd- und Bremskabeln von Kraftfahrzeugen verursacht. Angezogen wird er durch die Restwärme des Motors oder durch Reviermarkierungen von Artgenossen. Mitunter macht er nächtens durch polternde Geräusche am Dach auf sich aufmerksam. Die ihm unterstellte Mordlust im Hühnerstall ist eher als Stressreaktion angesichts ängstlich flatternder Hühner zu verstehen. Der territorial lebende Einzelgänger verschmäht im Sommer aber auch Beeren und Früchte nicht. Obwohl die Paarung bereits im Sommer erfolgt, werden, bedingt durch eine Keimruhe, die Jungen erst im darauffolgenden Frühjahr geboren.





Der **Uhu** (*Bubo bubo*), die größte Eulenart der Welt mit einer Spannweite bis 180 cm, lässt sich manchmal an Stadträndern blicken und holt sich auf Müllhalden eine Wanderratte oder einen Igel. Der Straßenverkehr ist eine der größten Gefahren für den Uhu. Kollisionen mit Autos enden meistens tödlich. Ungestörte Felsen sind für ihn ganzjährig überlebenswichtig, vor allem aber während der langen Brutzeit, die bis zum Selbstständigwerden der Jungen von Februar bis September reichen kann. Dadurch kommt es auch immer wieder zu Konflikten mit Klettersportlern.



Der **Siebenschläfer** (*Glis glis*) ist ein nachtaktives Nagetier aus der Familie der Bilche. Seinen Namen hat er wegen seines sieben Monate langen Winterschlafes. Diese Ruhephase beginnt oft schon Anfang September und endet Anfang Mai des nächsten Jahres und kann damit länger als sieben Monate dauern. Der Siebenschläfer nutzt gerne Laubwälder oder großen Obstgärten und siedelt mit Vorliebe in Baumlöchern, Vogelhäuschen, aber auch unter Hausdächern. Während er dort den Tag verschläft, läuft er nachts herum und macht dabei so viel Lärm, dass er sich recht unbeliebt macht und Gebäudebesitzer veranlasst, den Dachboden zu verschließen. Neben Obst und Nüssen verschmählt er auch tierische Kost nicht.



Eine Tiergruppe hat es in der Stadt besonders schwer – die **Amphibien**. Zwar bieten Gartenteiche mögliche Laichplätze, wenn diese nicht gerade mit Goldfischen besetzt sind. Amphibien benötigen aber neben einem Wasserlebensraum auch einen geeigneten Lebensraum an Land. Dieser Umstand erfordert eine Wandertätigkeit, die für viele früher oder später mit dem Tod im Straßenverkehr endet. Neben dem Teichmolch, der sich nur wenig weit vom Laichgewässer entfernt, haben sich **Erdkröten** (*Bufo bufo*) noch am ehesten in den Randbereichen der Städte halten können. Tagsüber versteckt, bekommt man sie vor allem bei nächtlichem Regen zu sehen, meist aber am nächsten Morgen – plattgedrückt auf der Straße.



Die Sonnenseiten Tirols Ein Hauch von Exotik

Barbara Knoflach-Thaler Konrad Pagitz



Dem Wanderer bleiben die Kleinode, Raritäten und teils auch echten Exoten in der Tiroler Tier- und Pflanzenwelt oft verborgen. Nicht selten begegnen wir ihnen in den warmen Halbtrocken- und Trockenrasen sowie Gebüschsäumen an den Sonnenseiten Tirols.

Trockenwarme Lebensräume stellen in Mitteleuropa Sonderstandorte mit extremen Bedingungen dar, wo speziell angepasste Tier- und Pflanzenarten Überlebensmöglichkeit finden. Als Wärmeinseln und Vorposten wärmerer Klimazonen beherbergen sie dementsprechend eine Reihe regionaler Besonderheiten. Die naturnahen Trockenrasen, Felsenheiden und Föhrenheidegebiete des Alpenraumes gelten einerseits als Zufluchtsgebiete wärmeliebender Formen, aber auch von Offenlandarten und Kulturfleuchtern.

Die „Exoten“ sind in den **inneralpinen Trockentälern** zu finden, zu den bekanntesten zählen das Oberinntal, der Vinschgau oder das Engadin und das Wallis. Typisch für diese Täler sind sehr geringe Niederschlagsmengen, die oft kaum über 500-700 mm/Jahr betragen. Unter diesen Voraussetzungen bilden sich speziell an geneigten Hängen, über flachgründigen felsigen Standorten und unter extensiver Nutzung trockene Wiesen- und Weideflächen, mehr oder weniger durchsetzt von stacheligen oder bedornten Gebüschern.

Die **Pflanzengesellschaften** werden in hohem Maße von **Gräsern** geprägt, die im Regelfall die Hauptmasse der Bestände ausmachen. Dadurch wirken die Halbtrocken- und Trockenrasen außerhalb der Hauptblüte oft als „blütenleere“ und eintönige Pflanzengemeinschaften. Zur Hauptblüte entfalten sie jedoch ihre ganze Pracht und eine Vielzahl an Kräutern, Stauden, Halb- und Zwergsträuchern wird sichtbar. Ein Artenreichtum, der nicht zuletzt auch durch die sehr reiche, kleinräumige Strukturierung der Bestände gestützt wird, die eine große Zahl unterschiedlicher Lebensbedingungen auf sehr kleinem Raum schafft.

Die Artengarnituren der inneralpinen Trockenrasen setzen sich aus Licht liebenden und gleichzeitig an nährstoffarme Standorte angepassten Pflanzen zusammen. Flora und Fauna beinhalten eine Mischung aus Arten, die auf inneralpine Trockengebiete beschränkt sind, aus Arten der pannonischen Steppen, Fels- und Schuttelelementen und Arten submediterraner und mediterraner Herkunft. Unter den Süßgräsern (Poaceae) sind neben den schwer unterscheidbaren Schwingel-Arten (*Festuca* spp.) die Pfriemen- und Federgräser (*Stipa* spp.) charakteristisch. Letztere sind während und kurz nach der Blüte weithin zu erkennen und die silbrig glänzenden langen Grannen der Blüten verleihen den Pflanzen einen exotischen Ausdruck. In den Lücken zwischen den Gräsern finden sich zahlreiche einjährige Pflanzen (Therophyten), die nach der Blüte sehr rasch Samen bilden und dann verwelken. Viele davon sind unscheinbar, manche aber auch sehr auffällig, wie der Acker-Wachtelweizen (*Melampyrum arvense*). Zu den auffälligen Mehrjährigen zählen Schmetterlingsblütler, wie der purpurne Langfahnen-Tragant (*Astragalus onobrychis*) oder der hellgelbe Steppen-Spitzkiel (*Oxytropis campestris*). Die Sonnen- und Nadelröschen (*Helianthemum* spp., *Fumana* spp.) sind Vertreter der vorwiegend mediterranen Zistrosengewächse (Cistaceae). Grüne, scheinbar blattlose Triebe zeichnen das im Vinschgau vorkommende, sehr fremdartig wirkende Schweiz-Meerträubel (*Ephedra helvetica*) aus.

Einige der **tierischen Bewohner** dieser Lebensräume zeigen rezent ein sehr zerstreutes Vorkommen in Mitteleuropa. Diese werden als Reste einer früh-postglazialen weiten und kontinuierlichen Verbreitung aufgefasst. Mit der Ausdehnung der Bewaldung wurde ihr Vorzugslebensraum isoliert und ihr Areal entsprechend aufgesplittert. So sind die xerothermen Standorte wegen ihrer Artenvielfalt, ihrer faunistischen, ökologischen, aber auch tiergeographischen Sonderstellung bemerkenswert und von großer Bedeutung für den Naturschutz.

Abbildung auf Seite 9: Die **Östliche Smaragdeidechse** (*Lacerta viridis*) lebt in Kärnten und im Lienzer Becken, in den westlichen Südalpen (inklusive Südtirol) wird sie von der zum Verwechseln ähnlichen Westlichen Smaragdeidechse (*Lacerta bilineata*) vertreten. Als typisch mediterrane Art hält sie sich an sonnigen Hängen, Waldrändern und Böschungen auf, immer in unmittelbarer Nähe von Büschen oder Brombeergestrüpp. Jungtiere sind bräunlich gefärbt, Weibchen weisen oft Längsstreifen auf. Während der Fortpflanzungszeit färben sich Kopf und Kehle der Männchen blau. Bei Attacken wird wie bei allen Eidechsen als letzter Ausweg der Schwanz aktiv abgeworfen. Der wild zappelnde Schwanz lenkt den Angreifer ab.

Die Bergsturzlandschaft Ötztal Forchet und das Naturschutzgebiet Antelsberg nahe Tarrenz im Bezirk Imst weisen beispielsweise eine reiche Kleintierfauna auf. Mit anderen Wärmestandorten übereinstimmend und besonders interessant ist das isolierte Auftreten einiger südlicher Arten. Dies scheint darauf hinzuweisen, daß die Standorte in Folge einer postglazialen Arealausweitung von Südtirol her über den Reschenpaß erreicht wurden. Als spektakulärer Vertreter dieser südlichen Elemente sei der Alpenskorpion genannt, der Antelsberg bei Imst wurde sogar als spezielles Skorpionschutzgebiet ausgewiesen. Einwanderer aus dem Süden sind auch die in Teilen des Oberinntals vorkommenden Schmetterlingshafte, die Goldaugenspringspinne, die in Geröll umherhuschende Wolfspinne *Pardosa pseudostrigillata*, oder der leuchtend gezeichnete und zu den Tausendfüßern zählende Saftkugler *Glomeris pustulata*.

Als Resultat Jahrhunderte alter Nutzung in Form von Beweidung und Mahd repräsentieren die inneralpinen Halbtrocken- und Trockenrasen heute ökologisch äußerst wertvolle Landschaftselemente. Zu ihrer größten Bedrohung gehören Verbuschung und Wiederbewaldung. Dazu kommen gezielte Aufforstungen von Neophyten (Robinie, Schwarzkiefer, regional Manna-Esche), die großen Einfluss auf die Bestandesstruktur nehmen und die Vielfalt von Pflanzen und Tieren verändern.

Zierliches Federgras (*Stipa eriocaulis*): Die Pfriemen- und Federgräser zählen in den Trockenrasen zu den charakteristischen und vor allem auffälligsten Vertretern der Familie der Süßgräser (Poaceae). Typisches Merkmal sind die langen Grannen an den Deckspelzen, die entweder einfach (= Pfriemengräser) oder mit feinen Wimpern (= Federgräser) versehen sind. Die Gattung *Stipa* umfasst 300 Arten (42 in Europa), die bevorzugt in trockenen Grasländern von den Subtropen bis in die gemäßigten Breiten vorkommen. Zu den typischen Vertretern in den inneralpinen Trockentälern zählen Pfriemengras (*Stipa capillata*), Zierliches und Grauscheiden-Federgras (*Stipa eriocaulis*, *St. pennata*), allesamt heute stark gefährdete Arten der Alpen.



Mit prächtigen pinkfarbenen Blüten sorgt die **Wild- oder Steinnelke** (*Dianthus sylvestris*) für Farbtupfer in stein-, bzw. felsdurchsetzten trockenen Wiesen und Felsbändern. Die Gattung Nelke (*Dianthus*) kommt in Europa mit über 100 Arten von den Meeresküsten bzw. Tallagen bis in die alpine Stufe vor. Neben der Wild-Nelke sind die kleinblütigeren Heide- und Karthäuser-Nelken (*Dianthus deltoides*, *Dianthus carthusianorum*) in den Magerwiesen und Trockenrasen der Inneralpinen Trockentäler zu finden.

Die Hauptverbreitung der Steinnelke umfasst die Mittel- und Südeuropäischen Gebirge. Neben einigen sehr ähnlichen Arten ist auch die beliebte Garten-Nelke (*Dianthus caryophyllus*) mit ihr verwandt.





Weniger bekannt als seine „berühmteren“ Verwandten ist der **Kreuz-Enzian** (*Gentiana cruciata*). Vielen bleibt verborgen, dass es sich bei dieser Pflanze um einen Vertreter von ca. 300 aus der Gattung Enzian (*Gentiana* spp.) handelt. Nicht zuletzt auch deshalb, weil man mit „dem Enzian“ Pflanzen auf Almweiden oder in Hochstaudenfluren der subalpinen und alpinen Höhenlagen in Verbindung bringt. Der Kreuz-Enzian bevorzugt warme Lagen und besiedelt magere trockene Wiesen, Waldsäume und Wälder und weicht somit vom typischen Bild ab. Anders als die hochwüchsigen Enziane der Almflächen hat er einen dünnen Wurzelstock und 4-zählige Blüten. Leider ist auch er inneralpin mittlerweile stark gefährdet.



Wachtelweizen-Arten (*Melampyrum* spp.) sind einjährige Halbschmarotzer aus der Familie der Sommerwurzgewächse (Orobanchaceae). Sie betreiben einerseits selbst Photosynthese, andererseits parasitieren sie gleichzeitig auf den Wurzeln anderer Pflanzen. Der überwiegende Teil der ca. 30 Arten kommt in Europa vor. In den Alpen sind es oft relativ unscheinbare Pflanzen der (Nadel) Wälder. Außerhalb des Waldes kommen Arten mit auffallend gefärbten Blüten und Hochblättern vor. Dazu zählt auch der auf Äckern, Wegrändern und in Trockenwiesen vorkommende **Acker-Wachtelweizen** (*Melampyrum arvense*). Nicht zuletzt aufgrund einer effektiven Saatgutreinigung ist er heute inneralpin sehr selten geworden.



Der **Apollofalter** (*Parnassius apollo*) ist international geschützt, sein Vorkommen in Europa durch Verbuschung und Verwaldung der Lebensräume rückläufig. Er lebt an sonnigen, trockenen Standorten mit steinigem Untergrund, Felshängen und Schutthalden, sekundär auch an Straßenböschungen oder Steinbrüchen, sofern die Hauptfutterpflanze der Raupen, der Weiße Mauerpfeffer (*Sedum album*), präsent ist. Zudem bedarf es eines ausreichenden Nektar-Angebotes für die Schmetterlinge, die gerne Distelblüten besuchen. Die Falter verhalten sich recht standorttreu und bilden inselartige, lokal begrenzte Populationen aus. Im Gebirge lebt der ähnliche Alpenapollo (*Parnassius phoebus*), der auch am Vorderflügel rote Flecken aufweist.

Der **Schmetterlingshaft** (*Libelloides coccajus*) erinnert durch seine auffällig gefärbten Flügel und die keulenförmigen Fühler an einen harmlosen Tagfalter, er ist aber ein räuberisch lebender Netzflügler. Nur bei praller Sonne erbeutet er als geschickter Flieger Insekten im Flug. Auch seine am Boden und unter Steinen lebenden Larven zeigen eine räuberische Lebensweise. Die westmediterrane Art dringt in Mitteleuropa am weitesten nach Norden vor, wo sie jedoch nur auf wenige, lokal klimatisch begünstigte und natürliche Landschaftsreste beschränkt ist, die als Reliktstandorte einer wärmezeitlich erfolgten Ausbreitung gedeutet werden. Im Oberinntal kommt der Schmetterlingshaft regelmäßig im Raum Landeck vor.



Die durch Körpergröße und Färbung beeindruckende **Große Höckerschrecke** (*Aryptera fusca*) bevorzugt extensiv genutzte, trockenwarme Bergwiesen und Heiden. Bei den Weibchen sind die Flügel oft verkürzt. Die Männchen (Bild) sind auf Grund längerer, die Hinterschenkel überragender Flügel flugtüchtig und schnarren im Flug. Als typische Kurzfühlerschrecken aus der Familie der Feldheuschrecken stridulieren (zirpen) die Männchen, indem sie mit den Hinterschenkeln über die Flügel streichen. Geschlechtsreife Tiere findet man von Juli bis September. Im Wallis, Tessin, Unterengadin und im Tiroler Oberinntal ist die eurosibirische Art noch häufig anzutreffen, in Deutschland steht sie unter Schutz.



An trockene Sandflächen und Lehmböschungen gebunden ist der **Bienenwolf** (*Philanthus triangulum*), ein Vertreter der Grabwespen. Dort werden die tiefen, bis zu einem Meter langen Nester angelegt. Die Art fällt in Mitteleuropa durch ihre strenge Spezialisierung auf Honigbienen auf, die als Nahrung für die Larven gejagt und in die Brutzellen eingetragen werden. Die an sich wehrhafte Beute wird blitzschnell angegriffen, durch einen Giftstich gelähmt und fliegend zum Nistplatz transportiert, der wieder gefunden wird, auch wenn der Eingang inzwischen verschüttet worden ist. Der Bienenwolf bedient sich überdies auch am Honigmageninhalt der Biene zur eigenen Ernährung. In Tirol ist er nur an wenigen Stellen zu finden.





Exotisch wirkt auch die farbenprächtigste und größte heimische Springspinne, die im Mittelmeerraum weit verbreitete, in den Nordalpen nur lokal und sehr zerstreut vorkommende **Goldaugenspringspinne** (*Philaeus chrysope*). In Tirol ist sie an lichten Wärmestandorten, Felsenheiden und in Schutthalden bis 1.000m Seehöhe anzutreffen. Bei ungünstigem Wetter zieht sie sich in Gespinstsäcke im Blockwerk zurück. Springspinnen (Salticidae) sind generell wärmeliebend, tagaktiv und ausgesprochen sehtüchtig. Ihre Männchen besitzen vielfach auffällige optische Signale, die im Balzverhalten eingesetzt werden. Die markante Rotzeichnung der Goldaugenspringspinne dürfte jedoch eine allgemeine Warnfärbung darstellen.

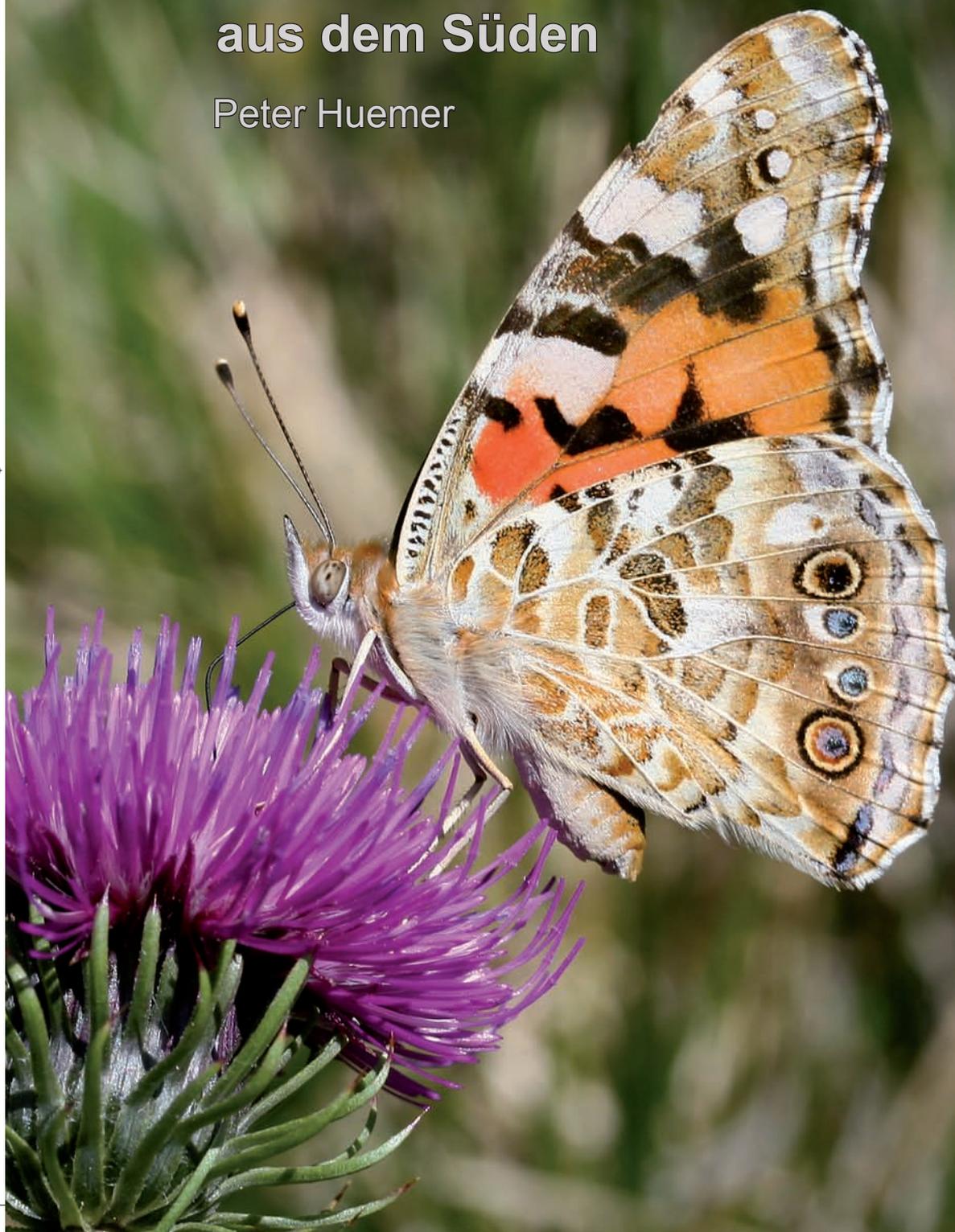
Skorpione sind typische Spinnentiere der wärmeren Regionen der Erde. Doch gibt es auch im Alpenraum einen kleinen, harmlosen Vertreter, den **Alpenscorpion** oder **Deutschen Skorpion** (*Euscorpius germanus*). Die Art ist an der Süd-Abdachung der Alpen weit verbreitet und erreicht als höchststeigende und am wenigsten wärmeliebende Form ihrer Gruppe stellenweise die Waldgrenze. In Österreich ist sie besonders in Südkärnten und in Osttirol heimisch. In Nordtirol bestehen nur wenige punktförmige Vorkommen, durchwegs in warmer Hanglage im Raum Landeck, Imst, Achensee und Walchsee. Die nachtaktiven Räuber sind tagsüber unter Steinen und Rinde zu finden. Wie andere Skorpione betreiben sie intensive Brutpflege.

Der **Wiedehopf** (*Upupa epops*) ist in den nördlichen Alpen aus klimatischen Gründen, aber auch wegen der Reduktion geeigneter Lebensräume (vor allem Streuobstwiesen, Weideland und bebuschte Ruderalflächen), wegen fehlender Bruthöhlen und dem Einsatz von Insektiziden eine seltene und selbst in den Südalpen stark gefährdete Vogelart. Abgesehen davon, dass der Wiedehopf optisch auffällt, verrät er seine Anwesenheit durch unverwechselbare „up-up-up“ Rufe. Er ist ein Bewohner sonnenexponierter, meist niedriger Lagen und ernährt sich ausschließlich von Insekten, die er am und im Boden sucht.

Im Herbst zieht er in den Süden und überwintert südlich der Sahara.

Wanderfalter:
Sommergäste
aus dem Süden

Peter Huemer



Admiral, Distelfalter und Totenkopf, alles gut bekannte einheimische Schmetterlinge, würde man glauben. Tatsächlich gehören diese Arten aber, ebenso wie einige andere, zu den sogenannten **Wanderfaltern**. Sie fliegen (ähnlich wie Zugvögel, nur in umgekehrter Richtung) regelmäßig aus ihren Entwicklungsräumen in die Alpen und weiter nach Norden bis nach Skandinavien und erreichen gelegentlich selbst Island. Saisonwanderer, sie stammen ursprünglich alle aus dem Mittelmeerraum oder sogar aus Nordafrika, unternehmen solche Wanderungen alljährlich und zwar aktiv und zielgerichtet. In den neu erschlossenen Gebieten legen die Weibchen ihre Eier ab und bilden über das Raupen- und Puppenstadium eine oder mehrere neue Faltergenerationen. Diese Tiere fliegen schließlich vor Wintereinbruch zurück in die Herkunftsregionen oder sie sterben mit den ersten Frösten. Binnenwanderer unternehmen hingegen nur innerhalb ihres Verbreitungsgebietes gerichtete Wanderflüge, fliegen aber sporadisch auch in völlig neue Gebiete. Auch sie reproduzieren sich in den kurzfristig besiedelten Gebieten, ihre Nachkommen kehren aber nie zurück und sterben während der kalten Jahreszeit. Eine weitere Gruppe von Wanderfaltern sind die „wanderverdächtigen Arten“ (über deren Wanderverhalten noch wenig bekannt ist) und die Arealerweiterer.

Die eigentlichen **Ursachen für das Wanderphänomen** sind noch weitgehend ungeklärt. Bei den Saisonwanderern scheint der Wandertrieb bereits erblich festgelegt zu sein, bei den anderen Arten wird er vermutlich durch äußere Faktoren wie Nahrungsmangel ausgelöst. Die Orientierung der Falter während der Wanderungen ist vergleichsweise besser erforscht. Vor allem polarisiertes Licht der Himmelskörper sowie das Erdmagnetfeld spielen dabei eine wichtige Rolle. Besonders gut untersucht wurde das Wanderverhalten des berühmten Monarch in Nordamerika. Er legt im Spätsommer und Frühherbst bis zu 4.000 km weite Flüge von den Großen Seen bis nach Mexiko zurück und überwintert dort millionenfach. Im Frühjahr erfolgt über mehrere Generationen die Rückkehr in den Norden. Nicht minder leistungsfähig sind auch einheimische Wanderfalter wie der Distelfalter. Sein Ursprungsgebiet ist die Sahelzone, von wo die Falter alljährlich über das Mittelmeer nach Norden fliegen. Nach ein bis zwei Generationen erreichen sie schließlich Mittel- und Nordeuropa und gründen hier als Sommergäste eine oder zwei Nachfolgegenerationen. Im Herbst fliegen diese Falter wieder zielstrebig zurück in den Süden. Besonders an Alpenpässen fällt der genau von Nord nach Süd gerichtete, schnelle Flug der Tiere auf, die unter Einhaltung einer konstanten Flughöhe auch Hindernisse überfliegen. Die Tiere können dabei einzeln oder auch in kleinen Gruppen fliegen. Andere Arten (wie der Admiral) queren oft zeitgleich die Passrouten.

Wirkliche **Massenflüge von Wanderfaltern** sind bei Tagfaltern selten und am ehesten von Weißlingen bekannt. Bereits 1920 wurde über Massen binnenwandernder Großer und Kleiner Kohlweißlinge berichtet, die über die Tauernpässe nach Süden zogen. Etliche Falter wurden bei der Überquerung Opfer der Kälte und verendeten auf den Gletschern. 1956 wurden nach einem Wettersturz bis zu 500.000 Weißlinge auf dem Venedigergletscher beobachtet. Selbst den Tauerntunnel bei Böckstein durchflogen damals Faltermassen und die Lokomotiven waren nach der Durchfahrt zentimeterdick mit toten Weißlingen bedeckt. Durchaus regelmäßig auftretende Massenflüge sind eher von Nachtfaltern bekannt. Besonders die Gammaeule fliegt ab dem Spätsommer millionenfach über die Alpen, oft gemeinsam mit anderen Saison- und Binnenwanderern so wie weiteren „Wanderverdächtigen“. Ob die Tiere jedoch in den Süden rückwandern ist trotz intensiver Bemühungen bis heute für keine dieser Arten bewiesen.

Abbildung auf Seite 15: Distelfalter (*Vanessa cardui*): Die in Orangetönen gefärbte Oberseite der Flügel mit schwarzbraunen, weiß gefleckten Spitzen machen den Distelfalter, eine ursprünglich nordafrikanische Art, unverwechselbar. Er ist mit seiner etwa sechs Zentimeter Flügelspannweite ein besonders guter Weitwanderer, der selbst das offene Meer nicht scheut. Die Art ist auf allen Kontinenten, ausgenommen Südamerika, anzutreffen. In den Alpen steigt der Distelfalter bis auf über 2.000 m und fliegt hier gerne auf Almweiden, im Tal auch in Gärten. Vor allem verschiedene Distelarten sind eine beliebte Nektarquelle für die Falter und auch die bevorzugte Raupennahrung. Charakteristisch versponnene Blätter verraten die Anwesenheit der Raupen, die sich bereits nach wenigen Wochen in eine Stürzpuppe verwandeln.

Auch über die Einwanderung von Nachtfaltern im Frühjahr gibt es primär nur Vermutungen, obwohl besonders attraktive Arten zu diesen Gästen zählen. Vor allem in der Familie der Schwärmer gibt es mehrere klassische Saisonwanderer. Der Windenschwärmer ist mit einer Flügelspannweite von bis zu 12 cm ein imposanter Falter. Er erreicht durch seinen für Schwärmer typischen stromlinienförmigen Körperbau und die kräftige Flugmuskulatur Geschwindigkeiten von über 50 Stundenkilometern. Viel seltener sind der Totenkopf und der Oleanderschwärmer.

Zu den **Binnenwanderern** zählt das beliebte und nicht selten für einen Kolibri gehaltene Taubenschwänzchen. Es dehnt derzeit zunehmend sein Areal aus und überwintert vermehrt auch nördlich der Alpen. Auch Admiral und Postillon, beides Tagfalter, die früher im Alpenraum kaum oder gar dauerhaft leben konnten, haben zunehmend bessere Chancen, die milder werdenden Winter zu überleben. Selbst bisher nie gesehene Arten etablieren sich in den Alpen, begünstigt durch die globale Erwärmung. Zu dieser Gruppe zählt der erst 1990 von Ostafrika nach Mallorca verschleppte Pelargonien-Bläuling. Seine Raupe lebt an Geranien und der Falter findet somit fast in jedem Garten Futterpflanzen. Diese idealen Voraussetzungen hat der Pelargonien-Bläuling genutzt und sich in kurzer Zeit über Spanien und Italien nach Norden ausgebreitet. Seit kurzem besiedelt er die Südschweiz und im Herbst 2007 wurde der Falter in Südtirol beobachtet. Die Klimaerwärmung führt somit durchaus zu einer erfreulichen Bereicherung der einheimischen Fauna.

Der **Totenkopf** (*Acherontia atropos*) ist mit bis zu 13 cm Flügelspannweite ein beeindruckender Schwärmer. Auffallend ist nicht nur seine Namen gebende Brustzeichnung, sondern auch das Verhalten der Falter. Die Tiere dringen gerne in Bienenstöcke ein, um mit ihrem kräftigen, kurzen Rüssel Nektar zu plündern. Um sich vor den Bienen zu schützen erzeugen die Falter beruhigende Duftstoffe, aber auch ihr zirpendes Geräusch soll die Bienen irritieren. Die Art zählt hierzulande zu den selten beobachteten Wanderfaltern und eine Überwinterung der spät im Herbst schlüpfenden Falter ist auszuschließen. Da die Raupen gerne am Kartoffelkraut fressen, werden sie ebenso wie die im Boden vergrabenen Puppen häufiger nachgewiesen.



Bei Einbruch der Dämmerung beginnt der Nahrungsflug des **Windenschwärmers** (*Agrilus convolvuli*). Mit seinem etwa 10 Zentimeter langen Rüssel ist er perfekt an lange Blütenkelche angepasst. Nachtkerzen und Geißblatt, Phlox und Ziertabak zählen zu bevorzugten Saugpflanzen. Der Nektar wird im schnellen Schwirflug aufgesogen, ohne dass der Falter sich je auf eine Pflanze setzen müsste. Die Raupe lebt an verschiedenen Windenarten. Sie ist am charakteristischen Horn des Hinterleibsendes sofort als Schwärmer-raupe erkennbar. Die Artbestimmung ist nicht so einfach, da es eine große Vielfalt unterschiedlich braun bis grün gefärbter Raupen gibt. Die Puppe hingegen ist durch eine lange Rüsselscheide unverwechselbar.





Taubenschwänzchen (*Macroglossum stellatarum*) sind wahre Flugkünstler, die kolibriartig in alle Richtungen fliegen können oder auch vor einer Blüte „stehen“ bleiben und so mit dem langen Rüssel bequem Nektar saugen. Spitzengeschwindigkeiten von bis zu 80 Stundenkilometer wurden bei den akrobatischen Einlagen schon gemessen. Obwohl es sich bei diesem Wanderfalter um keinen Tagfalter handelt, fliegt er doch nur im Sonnenschein. Vor allem an Balkonblumen und in Gärten kann man den Falter häufig beobachten. Die Raupenentwicklung findet in mageren Wiesen mit Labkraut als der bevorzugten Raupenfutterpflanze statt. Überwinternde Falter suchen sich Verstecke aus und sind im zeitigen Frühjahr wieder auf Nahrungssuche.



Der **Postillon** (*Colias croceus*) weist wohl zu recht eine Namensgleichheit mit dem Gespannführer von Postkutschen auf, sowohl auf Grund der leuchtend orange-gelben Farbe als auch wegen seiner rasanten Fortbewegung. Zur Nahrungsaufnahme lässt er sich gerne auf Klee- und Luzernefeldern nieder, wo er vor allem im Herbst häufig ist. Die Raupe entwickelt sich in Lebensräumen mit Beständen verschiedener Schmetterlingsblütler, den ausschließlichen Futterpflanzen. Eine erfolgreiche Überwinterung der Raupen war früher jedoch die große Ausnahme und der Postillon galt nur an den wärmsten Stellen in den Alpen wie im Wallis als bodenständig. Inzwischen überlebt er die Kälteperiode selbst schon in Nordtirol.



Ab dem Spätsommer ist der hübsche **Admiral** (*Vanessa atalanta*) in den einheimischen Obstgärten ein häufiger Gast. Die Falter saugen hier, oft gemeinsam mit Wespen, am überreifen Fallobst. Sie sind überwiegend „Kinder“ oder „Enkel“ von im Frühjahr aus den Mittelmeergebieten eingewanderten Tieren, deren Eier, Raupen und Puppen sich hier an Brennnesseln weiter entwickelt haben. Etwa ab September fliegen die Nachkommen über die Alpen zurück nach Südeuropa, wobei die Überwinterung schon in Norditalien möglich ist. Kälteadaptierte, permanente Populationen sind schon länger aus Deutschland bekannt. In Österreich wurde eine erfolgreiche Falterüberwinterung erstmals im Jänner 2007 nachgewiesen.



**Tarnen
Warnen
Täuschen**

Rudolf Hofer



Eine harmlose Fliege, die aussieht wie eine gefährliche Wespe, ein unbeholfener Feuersalamander, der durch sein grelles Muster von Weitem ins Auge sticht und trotzdem vor potentiellen Fressfeinden verschont bleibt oder ein Schmetterling, der von seinem Untergrund nicht zu unterscheiden ist. Nur drei Beispiele einer unglaublichen Vielfalt von Anpassungsstrategien, die darauf abzielen, irreführende Signale an andere Lebewesen zu senden, um die eigene Überlebenschance zu erhöhen. Wie entstehen solche zielgerichtet erscheinenden Anpassungen? Zunächst rein zufällig! Den Anstoß dazu geben größere und kleinere Mutationen, die meist von Nachteil sind, sich aber dann und wann zufällig als Vorteil gegenüber der Norm in einer Population erweisen. Durch größere Überlebenschancen und weitere Mutationen kann ein spezifisches Merkmal über unzählige Generationen hinweg kontinuierlich verstärkt werden – langsam entsteht eine neue Art.

Für ein kleines, nicht wehrhaftes Tier in einer komplexen Lebensgemeinschaft ist es vorteilhaft, möglichst **unauffällig** zu sein. Farbe und Muster passen sich dem Untergrund an, so dass das Tier mit seiner natürlichen Umwelt gleichsam verschmilzt. Schneehase und Schneehuhn sind zu jeder Jahreszeit im Gelände kaum zu erkennen: weiß im Winter, braun im Sommer und weiß-braun gefleckt in den Übergangszeiten. Auch das grün-schmutzigweiße Fleckenmuster der Wechselkröte könnte Vorbild für militärische Tarnmuster gewesen sein. Einen Schritt weiter gehen viele Insekten, die Blätter, Steine oder kahle Ästchen nachahmen (**Mimese**). Tarnung bietet nicht nur Schutz vor Fressfeinden, sie dient auch Räubern, die unerkannt bleiben wollen und blitzschnell aus dem Hinterhalt zuschlagen, wie z.B. die Krabbenspinne.

Das Gegenteil von Tarnen ist das **Warnen**. Kleine Tiere signalisieren ihrer Umwelt, dass sie ungenießbar, giftig oder sonst gefährlich sind und dass es sich nicht lohnt, sie anzugreifen. Freilich zielt dieses Signal auf die Lernfähigkeit der Angreifer und ist daher in erster Linie gegen langlebige Arten gerichtet. Eine Warnung hat auf Dauer nur dann Erfolg, wenn Fehlgriffe zwar einen deutlichen Denkkzettel verpassen, aber nicht tödlich enden. Rote oder gelbe Farben in Kombination mit Schwarz haben sich in der Natur als ein unmissverständliches Warnsignal etabliert. Viele auffallend rot-schwarz gefärbte Insekten, wie z.B. Wanzen oder Marienkäfer, weisen auf ihren unangenehmen Geruch und Geschmack hin. Die Normierung von Warnsignalen bringt für beide Seiten Vorteile: Der potentielle Räuber muss nicht bei jeder gefährlichen Tierart, der er begegnet, erneut Lehrgeld zahlen und geht zumindest vorsichtig an die neue Situation heran und der Bedrohte kann andererseits auf die breite Erfahrung seines Gegners hoffen. Die Realität ist wesentlich komplizierter. Neben Tieren, mit denen man sich am besten nicht einlassen sollte, gibt es auch solche, die Gefährlichkeit oder Ungenießbarkeit vortäuschen, indem sie die Warntracht einer wirklich gefährlichen Art mehr oder weniger gut „mimen“ (**Mimikry**). Vor allem Wespen und Bienen, die durch ihren Giftstachel besonders wehrhaft sind, werden von ganz unterschiedlichen Insektengruppen (Fliegen, Bockkäfern, Schmetterlingen) und sogar Spinnen (z.B. Wespenspinne) nachgeahmt. Neben optischen stimmen oft auch akustische Signalen überein, z.B. bei Schwebefliegen, die rein zufällig in ähnlichen Frequenzen summen und brummen wie ihre gefährlichen Vorbilder. Das Täuschungsmanöver ist umso erfolgreicher, je perfekter die Nachahmung gelingt und je seltener der Imitator gegenüber der gefährlichen Art ist. Allerdings bieten bereits oberflächliche Imitationen einen gewissen Schutz und können die Basis eines langfristigen Evolutionsprozesses sein.

Gefährlichkeit und Ungenießbarkeit – und schon gar wenn sie vorgetäuscht sind – bieten keinen absoluten Schutz. Es gibt immer Spezialisten, die diese Hürde überwinden, damit relativ konkurrenzlos sind und die Nachahmer noch als Zugabe nutzen.

Abbildung auf Seite 19: Wespenspinne oder Zebraspinne (*Argiope bruennichi*): Diese große südliche Radnetzspinne, die sich in den letzten Jahrzehnten nach Norden ausgebreitet hat, ist auch an warmen Ruderalstandorten der Nordalpen nicht selten. Die wespenähnliche Zeichnung soll sie vor Angriffen, vor allem von Vögeln, schützen. Ihr Netz ziert meist ein senkrechtes, vom Zentrum ausgehendes weißes Zick-Zack Band, dessen Funktion umstritten ist. Während die Weibchen bis 25 mm groß werden, sind die Männchen mit 6 mm unauffällig. Im Spätsommer legen die Weibchen ihre Eier in große braune Kokons, die an Pflanzen befestigt sind.

Nicht nur Tiere „betrügen“, sondern auch Pflanzen, wie z.B. Ragwurz-Arten (Orchideen), die männlichen Bienen und Wespen durch chemische Signale Geschlechtspartnerinnen der Insekten vortäuschen und so die Bestäubung ihrer Blüten organisieren.

Eine andere Art von Täuschung baut auf **Ablenkungs- oder Schrecksignalen** auf. Überraschendes Präsentieren greller Farben oder großer Augenzeichnungen auf den Flügeln von sonst wenig auffallenden Schmetterlingen mögen den einen oder anderen Fressfeind vor dem Zugriff zurückschrecken lassen. So täuscht die dunkel gefärbte Unterseite des Tagpfauenauges ein dürres Blatt vor, der Schmetterling präsentiert aber bei Gefahr ruckartig die grellen Augenflecken seiner Oberseite. Kleine auffällige Schein-Augen auf den Flügeln lenken hingegen die Angriffe auf diese, so dass ein Entkommen erleichtert wird und die Attacke keine ernsthaften Schäden hinterlässt.



Wechselkröte (*Bufo viridis*): Die Wechselkröte bevorzugt vegetationsarme und eher trockene Lebensräume, wo sie sich auf Grund ihres Tarnmusters nur undeutlich vom Untergrund abhebt, wie das Bild deutlich zeigt. Als typische Pionierart laicht sie vorwiegend in temporären Gewässern, wie z.B. in überschwemmten Flächen. Da diese Gewässer noch wenig besiedelt sind, entgehen die Kaulquappen dem Räuberdruck durch Insekten. Das Männchen fällt durch einen angenehm trillernden Paarungsruf auf.

Veränderliche Krabbenspinne (*Misumena vatia*): Vertreter der Krabbenspinnen sind an den stark verlängerten beiden ersten Beinpaaren und dem krabbenähnlichen Aussehen leicht zu erkennen. Die Veränderliche Krabbenspinne lauert Blütenbesuchern (z.B. Bienen) auf, erfasst sie blitzschnell und tötet sie mit einem Giftbiss. Das außen vorverdaute Innenleben der Beute wird dann aufgesogen. Reife Weibchen sind in der Lage, ihre Körperfärbung an weiße und gelbe Blüten anzupassen und sich dadurch perfekt zu tarnen. Die Gelbfärbung entsteht durch fallweise Einlagerung eines körpereigenen gelben Farbstoffes in die obersten Zellschichten der Haut. Auf weißem Untergrund wird dieser Farbstoff in das Körperinnere verlagert (bzw. ausgeschieden) und ist damit unsichtbar. Die unauffälligen Männchen sind viel kleiner (3-5 mm) und haben einen dunklen Vorderkörper.





Spannerraupe: Die Raupen der Spanner bewegen sich charakteristisch fort, indem sie sich mit den Brustbeinen festhalten und anschließend ihr Hinterende unmittelbar hinter die Brust setzen, so dass der beinlose Mittelteil hochgewölbt ist („Katzbuckel“). Dann strecken sie mit Bauchbeinen und Nachschieber klammernd den Körper wieder nach vorne. Wird die Raupe beunruhigt, hält sie sich mit dem Hinterende fest und spreizt den Körper steif vom Untergrund nach außen und täuscht ein dürres Ästchen vor. Die in der Regel nachtaktiven Spanner (Geometridae) gehören zu den artenreichsten Schmetterlingsfamilien. Tagsüber heben sich ihre unscheinbaren, flach ausgebreiteten Flügel kaum vom Untergrund ab.



Feuersalamander (*Salamandra salamandra*) Die auffällige gelb-schwarze Färbung des Feuersalamanders soll Angreifer vor der neurotoxischen Wirkung der in den Giftdrüsen zahlreicher Hautwarzen gespeicherten Alkaloide warnen. Gelangt das bei Belästigung abgesonderte und manchmal sogar verspritzte weißliche Sekret in die Mundschleimhäute oder Augen eines Angreifers, ruft es akute Reizung und Vergiftung bis hin zur Atemlähmung hervor. Der Giftcocktail dient auch zur Hemmung des Bakterien- und Pilzwachstums auf der feuchten Haut. Die lebend geborenen Larven haben noch kein Gift und sind daher unscheinbar gefärbt. Tagsüber ist der nachtaktive Salamander nur bei warmem Regen zu sehen.



Sechsfleck-Widderchen (*Zygaena filipendulae*): Die Vertreter der Widderchen (Blutströpfchen) scheinen vor Feinden wenig Scheu zu haben. Die meisten Arten fallen durch grelle rote Flecken auf schwarzem Grund auf. Ein untrügliches Zeichen, dass sie ungenießbar sein müssen – und in der Tat speichern sie in ihrem Körper Blausäure in Form von Cyanoglucosiden, die beim Angreifer durch eine Blockierung der Zellatmung zu Atemnot führen kann.

Vögel bringen dieses auffällige Muster sehr schnell mit den unangenehmen Erfahrungen einer ersten „Verkostung“ in Verbindung und meiden in Zukunft diese Beute.

Berg-Feldwespe (*Polistes biglumis*): Die Weibchen der Familie der Faltenwespen sind mit Giftstacheln bewaffnet und signalisieren durch ein charakteristisches schwarz-gelbes Streifenmuster erfahrenen Fressfeinden ihre Gefährlichkeit. Die ähnlich aussehenden, aber harmlosen Männchen profitieren von diesem Warnkleid. Das Warnsignal wird von vielen Vertretern ganz unterschiedlicher Insektengruppen nachgeahmt. Die Feldwespen (es gibt einige sehr ähnliche Arten) bauen nur kleine, offene, papierartige Nester aus zerkauten Holzfasern, die frei an Felsen oder Pflanzenstängeln angeheftet sind. Wenn die Sonne das Nest zu stark aufheizt, kühlen die Arbeiterinnen ihre Brut in den offenen Waben durch Flügel Schlag (siehe Bild).



Der **Eichenwiderbock** (*Plagionotus arcuatus*) imitiert das gelb-schwarze Muster der Wespen und auch ihre ruckartigen Bewegungen und vermindert so den Räuberdruck. Für andere, ähnlich aussehende Widerbockarten, die sich von Blüten ernähren, ist dieses Warnmuster von besonderem Vorteil, wenn sie auf weißen Blütendolden wie auf dem Präsentierteller sitzen.

Gemeine Stift- oder Langbauchschwebfliege (*Sphaerophoria scripta*): Die zahlreichen Vertreter der Schwebfliegen zeigen eine mehr oder weniger große Ähnlichkeit mit Wespen oder Bienen (Hautflügler) und werden daher oft verwechselt. Fliegen unterscheiden sich von Hautflüglern durch die Ausbildung von nur einem Flügelpaar (die Hinterflügel sind zu kleinen Schwingkölbchen reduziert, die als Sinnesorgane fungieren) und die Fühler sind kurz. Neben der Färbung wirkt bei größeren Arten auch das an eine Biene oder Wespe erinnernde Summen abschreckend. Typisch für Schwebfliegen ist das ruhige „Stehen“ in der Luft. Die Stiftschwebfliege ernährt sich von Pollen und Nektar, ihre fußlose Larve von Blattläusen.





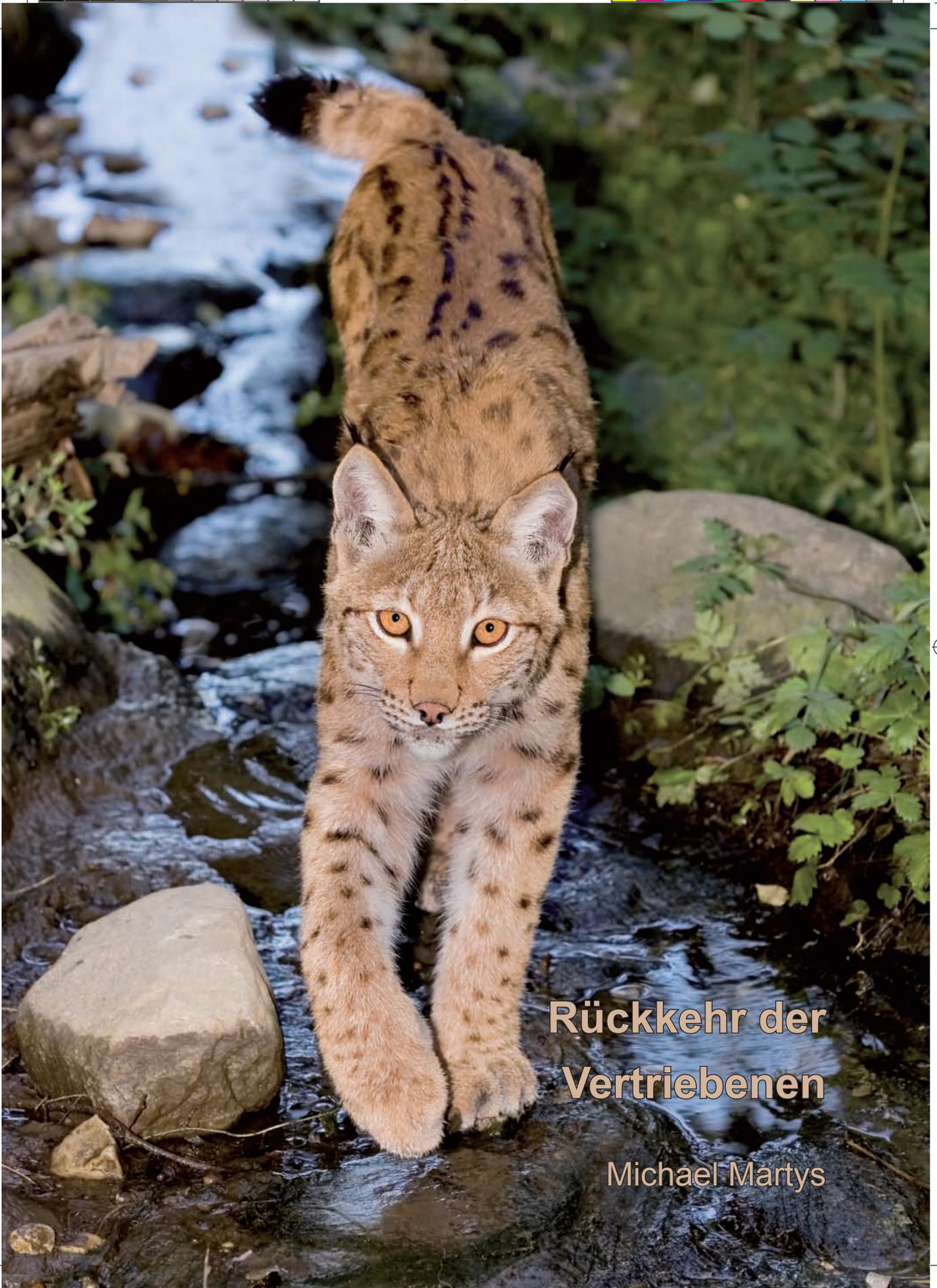
Himbeerglasflügler (*Pennisetia hylaeiformis*): Vertreter der Glasflügler zeichnen sich durch schmale und nur am Rand oder entlang der Adern beschuppte Flügel aus. Nicht nur die durchsichtigen Flügel, sondern auch das gelb-schwarze Steifenmuster am Hinterleib kann zu einer Verwechslung des harmlosen, tagaktiven aber flugträgen Schmetterlings mit Wespen führen. Die Raupen des Himbeerglasflüglers entwickeln sich im Inneren älterer Himbeertriebe. Ein weiterer Vertreter dieser Familie ist der Hornissenglasflügler.



Fliegenragwurz (*Ophrys insectifera*): Einige Ragwurzarten (Orchideen) bauen bei ihrer Reproduktion auf die Mitwirkung von Insekten. Allerdings nicht wie üblich mit Nektar und Pollen als Lockmittel, sondern mit einer Weibchenattrappe für bestimmte Bienen- und Wespenarten. Die Fliegenragwurz blüht kurz vor dem Erscheinen weiblicher Grabwespen (**Ragwurz-Zikadenwespe**, *Argogorytes mystacens*) und lockt die früher geschlüpften Männchen durch nachgeahmte Sexualdüfte an. Während die Wespe versucht, auf der Lippe der Orchideenblüte zu kopulieren, werden die Pollenbehälter (Pollinien) der Orchidee am Kopf des Insekts befestigt. Beim Besuch der nächsten Blüte bleiben diese am Stempel der Fliegenragwurz haften und bestäuben die Blüte.



Perlgrasfalter (*Coenonympha arcania*): Bei vielen Tagfaltern finden sich nahe der Flügelränder an der Ober- oder Unterseite mehr oder weniger auffällige Scheinaugen, die die Aufmerksamkeit der Angreifer vom verwundbaren Körper auf die Flügel ablenken. Eine Beschädigung der Flügel mag zwar die Flugfähigkeit beeinträchtigen, kann aber das Leben retten. Diese Strategie wird nicht nur von Insekten, sondern auch von Fischen angewandt. Scheinaugen spielen neben anderen auffallenden Strukturen eine wichtige Rolle im Fortpflanzungsverhalten vieler Tiere und werden gezielt bei der Werbung um das Weibchen eingesetzt (z.B. die Augenflecken an den Schwanzfedern des Pfaues).



Rückkehr der Vertriebenen

Michael Martys



Wenn wir von Biodiversität als oberste Maxime im Naturschutz sprechen, muss uns bewusst sein, dass in einem vergleichsweise kurzen Zeitraum von wenigen Generationen eine **Reihe bemerkenswerter Tierarten aus ihrem ursprünglichen Lebensraum in den Alpen verschwunden** sind. Zwei Faktoren sind dafür maßgeblich: Die Entwicklungen in der Land- und Forstwirtschaft und die gezielte Bejagung, Verfolgung und Vernichtung. Diese negativen Einflüsse sind kennzeichnend für das 19. und beginnende 20. Jahrhundert. Vor allem die großen Beutegreifer, wie Bär, Wolf und Luchs sind Opfer der jagdlichen Vernichtungspolitik im 19. Jh. gewesen. Aber auch Greifvögel, wie See- und Fischadler, Bart- und Mönchsgeier, wurden gänzlich oder zumindest größtenteils in ihrem Verbreitungsgebiet in den Alpen eliminiert. Starke Übernutzung der Bestände, etwa bei Steinbock und Biber, hat zum weitgehenden Erlöschen der Populationen geführt. Es waren also nicht nur Feindbilder, wie beim Fischotter, der als „Fischräuber“ rigoros bekämpft wurde, sondern auch „positiv besetzte“ Tierarten, die menschlichen Interessen zum Opfer fielen. Der Steinbock als „wandelnde Apotheke“ war eine wertvolle Beute, deren Verwertung in der Volksmedizin so viel Geld einbrachte, dass von Wilderern selbst drakonische Strafen in Kauf genommen wurden. Dem Biber wurde sein Pelz buchstäblich über die Ohren gezogen. Sein Leben lassen musste er auch für das begehrte „Bibergeil“, ein für die Parfumerstellung aus den Anldrüsen des Bibers gewonnenes Sekret, das der größte Nager Europas zur Reviermarkierung verwendet.

Die **Ursachen für den Rückgang** zahlreicher Tierarten sind größtenteils bekannt. So hat die Wasserwirtschaft mit der Errichtung von Wasserkraftwerken zur Reduktion der Fischbestände beigetragen. Von ehemals rund 27 Fischarten im Inn sind schließlich nur noch sieben heimische übrig geblieben. Ganz zu schweigen von den zahlreichen „unspektakulären“ Tierarten aus dem Reich der Wirbellosen, deren Verschwinden durch Biotopverlust vergleichsweise still und leise erfolgt.

Nach dem Infernal vor gut 100 Jahren lässt die „Rückkehr der Vertriebenen“ einen **leisen Hoffnungsschimmer** zu. Wenn auch manche Kreise einer Wiederansiedlung des Luchses ablehnend gegenüberstehen, dürften doch einzelne Tiere aus der Ostschweiz Tiroler Boden bereits betreten haben. Vor wenigen Jahren geisterte die Bärin „Vida“ aus der Brenta durch den Blätterwald der Medien und des Stubaialtes. Von kaum jemandem gesehen, wanderte sie wenig später wieder südwärts, wo sich ihre Spur verlor. Für großes Aufsehen in der Öffentlichkeit sorgte Braunbär „Bruno“ alias JJ1, der 2006 ebenfalls aus Trient über den Reschenpass nach Tirol einwanderte und ein spektakuläres Ende auf Bayerischer Seite nahm. Wölfe haben sich bisher nach Tirol nicht vorgewagt, doch sind einzelne Tiere, zumeist junge Rüden, auf der Suche nach einem geeigneten Lebensraum vom Apennin in Italien bis in die Schweiz vorgedrungen. Diese Beispiele machen deutlich, dass Rückwanderungen in ehemalige Verbreitungsgebiete häufig durch innerartliche Konkurrenz in den Kernpopulationen ausgelöst werden. Dies gilt auch für den Biber, der nach seiner Wiederansiedlung in den 70er Jahren an den Innauen Bayerns ab 1990 nach Tirol zurückgekehrt ist und dort sukzessive bibertaugliche Gewässer besiedelt.

Anders war die Situation beim **Steinbock**: im Alpenraum bereits im 17./18. Jh. fast zur Gänze ausgerottet, überlebten knapp 60 Tiere unter dem Schutz des Königs von Italien im Aosta Tal/ Piemont. Die Bestände erholten sich so gut, dass in der Schweiz bereits Ende des 19. Jh. Überlegungen zu einer Wiederansiedlung auftauchten. Offizielle Anträge an Italien blieben allerdings ohne Ergebnis. So schritten 1906 Schweizer Wildhüter gemeinsam mit angeheuerten Wilderern zur Tat.

Abbildung auf Seite 25: Wie bei den meisten „Vertriebenen“, ist auch beim **Luchs** (*Lynx lynx*) der aktuelle Status in Österreich unklar. Dabei schien die Wiederansiedlung Anfang der 70er Jahre in der Steiermark eine vielversprechende Aktion zu seiner Rückkehr zu werden. Heute droht sich seine Spur wieder zu verlieren. Dass er früher in Tirol weit verbreitet war, belegen Abschussdaten, wie z.B. 1820 bei Reutte, 1842 bei Telfes und 1845 in Navis. Schließlich fällt der letzte Schuss auf einen Luchs 1872 bei Nauders an der Grenze zur Schweiz. Aus ökologischer Sicht wäre eine Wiederansiedlung auch in Tirol vertretbar. Vielleicht aber findet der Luchs auf leisen Pfoten zurück in seine alte Heimat?

In einer geheimen Mission entnahmen sie Jungtiere aus dem Freiland und brachten sie über die Schweizer Grenze in Gehege, die der Auf- und Nachzucht des Steinwildes dienten. Bereits 1912 konnten die ersten Tiere in die Schweizer Bergwelt entlassen werden. In Österreich, beginnend in Vorarlberg und Tirol, erfolgten erste Auswilderungen um 1953 im Kaunertal, Pitztal und anderen Gebirgsrevieren. Auch Zoonachzuchten fanden Verwendung für die Neugründung bzw. Bestandsvermehrung von Kolonien. Seit 1986 hat der Alpenzoo Innsbruck aus eigenen Nachzuchten und von anderen Tiergärten über 200 Jungtiere für Besatzmaßnahmen bereit gestellt. Heute leben wieder rund 4.500 Stück Steinwild in Tirols Bergen, europaweit sind es ca. 40.000. Diese erfolgreiche Wiederbesiedlung ist vor allem der Jägerschaft zu verdanken.

Ähnlich weiträumig, wenn auch zahlenmäßig wesentlich geringer, erfolgte die **Rückkehr des Bartgeiers**. Nach seiner Ausrottung blieb der Alpenraum über sieben Jahrzehnte lang verwaist. Nach fehlgeschlagenen Versuchen von Schweizer Naturforschern in den 50er Jahren, Wildfänge aus dem Kaukasus auszuwildern, bildeten die erfolgreichen Nachzuchten im Alpenzoo Innsbruck ab 1973 die Grundlage für das „Internationale Projekt zur Wiederansiedlung des Bartgeiers in den Alpen“. Durch jährliche Auswilderung an geeigneten Standorten erfolgte sukzessive eine Wiederbesiedlung entlang des Alpenbogens.

Wolf (*Canis lupus*): Der Blick auf die imaginäre „Gedenktafel“ ausgerotteter Tierarten zeigt die erschreckende „Erfolgsbilanz“ des Menschen, vermeintliche Konkurrenten aus dem Tierreich zu beseitigen. In Tirol ging die Ära des Wolfs noch vor 1850 zu Ende: 1834/35 wurden noch 15 Tiere erlegt, danach tauchte erst 1954, also ein gutes Jahrhundert später, ein Rudel mit 2 Altwölfen und 6 Jungtieren in Innervillgraten/Osttirol auf. Vermutlich sind sie aus Slowenien und Friaul über die Grenze gekommen, ähnlich wie die aktuellen Sichtungungen einzelner Wölfe in unseren südlichen Bundesländern nahe legen. Ob sich daraus eine dauerhafte Besiedlung ergeben wird, ist eher zweifelhaft, denn noch immer gibt es Vorurteile gegen diesen Beutegreifer.



Braunbär (*Ursus arctos*): Die historisch letzten Nachweise einiger Wildtierarten in Tirol belegen die dramatische Abwärtsentwicklung ab der Mitte des 19. Jh. So erfolgten noch 1854 Abschüsse von Braunbären bei Fulpmes, bei Flirsch und bei Lienz/Osttirol. Ein weiterer Bär wurde 1856 am Trinser Joch erlegt. Die letzten Bären von Tirol wurden 1898 im Stallental bei Schwaz und 1913 bei Nauders zur Strecke gebracht. Trotz der Bemühungen des WWF Österreich, die Lage der Bären in Österreich durch die Auswilderung von Tieren aus Slowenien zu verbessern, wird die aktuelle Situation alles andere als optimistisch gesehen. Noch 2003 rechnete man mit einer Bärenpopulation von 25-30 Tieren, heute schätzt man die Zahl auf etwa 5-6.





Der **Biber** (*Castor fiber*) hat seine alte Heimat Tirol zwar schwimmend erreicht, doch ist er in seiner Lebensweise stark von geeigneten Uferlandschaften abhängig: Auwälder und Laubgehölze an Gießen, Altarmen und Stillwasserzonen dienen der Nahrungsgrundlage, zum Graben seiner Wohnbauten, den Biberburgen, benötigt er unverbaute Uferböschungen. Diese Strukturen finden sich mittlerweile nur noch spärlich am Inn und sind deshalb von den Heimkehrern bereits weitgehend genutzt. Die historisch letzten Nachweise von Tirol stammen aus dem Außerfern, wo an der Vils 1809/10 und 1813 jeweils noch ein Tier erlegt worden ist. Heute erinnert der Ortsname Biberwier an die einstige Verbreitung dieses bemerkenswerten Nagers.



Fischotter (*Lutra lutra*): Zu Recht wird der Fischotter auch „Wassermarder“ genannt, ist er doch in seiner Lebensweise am stärksten von allen Mardern an das nasse Element angepasst. Dabei stellt er keine spezifischen Ansprüche an einen bestimmten Gewässertypus, sofern ausreichend Nahrung verfügbar ist, was nicht nur Fische, Frösche und Krebse betrifft, sondern auch bodenbrütende Vögel, Nager und andere Kleinsäuger. Das macht deutlich, dass der Fischotter noch genügend Lebensraum in Tirol hätte, wenn das Konfliktpotential mit der Fischerei nicht so groß wäre.

Nach der historisch letzten Feststellung 1905 am Inn tritt er immer wieder sporadisch auf, aktuell im Tiroler Unterland.



Nachdem 1913 der letzte Alpen-**Bartgeier** (*Gypaetus barbatus*) im Aosta Tal/Piemont erlegt worden ist, brauchte es Jahrzehnte, um durch Nachzuchterfolge im Alpenzoo Innsbruck die Grundlage für die Rückkehr des Bartgeiers in die Alpen zu schaffen. Den Auftakt bildete 1986 die Auswilderung von vier Jungvögeln im Krumltal bei Rauris im Nationalpark Hohe Tauern. Heute leben wieder etwa 150 Bartgeier im gesamten Alpenraum, einige davon sind bereits im Freiland erbrütet worden. Diese Erfolgsgeschichte im internationalen Artenschutz ist das Ergebnis des Zusammenwirkens von Naturschutzorganisationen und Nationalparkverwaltungen, Behörden und Universitäten, Forschungsinstituten und Zoos.



Neobioten Ungeliebte Einwanderer

Konrad Pagitz

Rudolf Hofer



Als **Neobioten** werden Lebewesen (Pflanzen, Tiere, Pilze) bezeichnet, die seit der Entdeckung Amerikas (1492) unter direkter oder indirekter Mitwirkung des Menschen ein für sie neues Gebiet erobert und sich dort über mehrere Generationen etabliert haben. Nicht unter diesen Begriff fällt die natürliche Ausbreitung von Arten, z.B. auf Grund der Klimaerwärmung. Nur etwa 1-2% der Neobioten sind invasiv, d.h. sie breiten sich aggressiv und invasionsartig aus, bewirken ökonomische oder medizinische Nachteile oder werden als wesentlicher Faktor für den globalen Diversitätsverlust angesehen. Der weitaus überwiegende Teil gliedert sich jedoch unauffällig ins lokale Ökosystem ein und kann als Zuwachs zu Flora und Fauna betrachtet werden.

Die Alpen sind von dieser Entwicklung nicht verschont geblieben. So wachsen bereits weit über 1.000 **neophytische Pflanzenarten** im Alpenraum und haben regional Anteile von 15-25 % an der Gesamtflora erreicht. Am stärksten betroffen sind die unteren und mittleren Höhenlagen bis etwa 1.200 m Meereshöhe. Darüber spielen Neophyten derzeit meist eine untergeordnete Rolle. In Tallagen sind es vor allem die siedlungsnahen Bereiche, die Fließgewässer und deren Umgebung. Dort gehören Neophyten zum allgemeinen Erscheinungsbild und den zahlenmäßig wichtigsten Florenelementen an Lagerplätzen, Deponien, Industrie- und Gewerbezonon, Straßenrändern und Bahnanlagen genauso wie an Äckern, Feldrainen, Böschungen und aufgelassenem Kulturland. Ein großer Teil der als ökologisch problematisch eingestuften Neophyten gibt sich ein Stelldichein in Auen bzw. Uferbereichen der Fließgewässer, vom Sommerflieder in den Kiesbetten, über Goldruten an den Ufern bis hin zu Staudenknöterich und Indischem Springkraut in den Auwäldern.

Die Artenzahlen werden durch Neophyten vor allem im urbanen und naturfernen Bereich deutlich in die Höhe geschraubt. Städte werden gerne als „*hot spots*“ der Diversität bezeichnet, zurückzuführen auf den Artenzuwachs durch Neophyten. Demgegenüber stehen Massenvorkommen von einigen hochdominanten Neophyten. In deren dichten Beständen können einheimische Pflanzen kaum noch ihr Auslangen finden und werden zunehmend verdrängt, indem ihnen der Zugang zum Licht verwehrt wird. Im Extremfall sind dann nur mehr 2 bis 3 weitere Arten vorhanden.

Während Neophyten vor allem aus der Sicht des Naturschutzes Probleme bereiten und in seltenen Fällen die menschliche Gesundheit belasten, waren und sind tierische Einwanderer (**Neozoen**) auch für massive Ernteauffälle verantwortlich, von der historischen Invasion des Kartoffelkäfers im 19. Jh. bis zur aktuellen Bedrohung durch den Maiswurzelbohrer. Eingeschleppte Tiere haben in isolierten Lebensräumen oft verheerende und meist nicht mehr gut zu machende Auswirkungen. So brachte in Australien die Einschleppung von Wildkaninchen für Jagdzwecke und später der Agakröte zur biologischen Schädlingsbekämpfung das Ökosystem ins Wanken. Auch in stabileren und weniger spezialisierten Tiergemeinschaften erweisen sich Neozoen oft als konkurrenzfähiger und verdrängen alt eingesessene Arten. Ähnlich wie bei Pflanzen sind in den Alpen untere bis mittlere Höhenlagen betroffen. In Österreich kennt man etwa 500 Neozoen, wobei fast 60% auf Insekten fallen. Darunter finden sich auch Arten, die für die meisten Menschen bereits als einheimisch gelten, wie etwa die Regenbogenforelle, die in der 2. Hälfte des 19. Jh. in Europa eingeführt worden ist.

Durch die Mobilität der Menschen im globalen Waren- und Personenverkehr, Hand in Hand mit der Klimaerwärmung, die eingeschleppten Organismen ein nachhaltiges Überleben ermöglicht, ist das Thema Neobioten aktueller denn je. Es ist damit zu rechnen, dass sich zunehmend Wärme liebende Arten bei uns etablieren.

Abbildung auf Seite 29: Das **Drüsige** oder **Indische Springkraut** (*Impatiens glandulifera*) stammt aus dem Himalaja. Bereits in der ersten Hälfte des 18. Jh. kam es als Zierpflanze nach Europa. Im 20. Jh. begann sich das Springkraut auch in den Alpen auszubreiten, besonders intensiv in den letzten drei Jahrzehnten. Die glasigen Stängel der einjährigen Pflanze wirken wesentlich fragiler als bei der Kanadischen Goldrute oder beim Staudenknöterich. Die scheinbare Zerbrechlichkeit täuscht jedoch. Stimmen Nährstoffangebot und Feuchtigkeit, weist die Art große Konkurrenzskraft auf und Grabenränder, Bachsäume, Flussufer und Auwälder werden über den Sommer rosa umgefärbt und die Luft ist vom Blütenduft süß und schwer.

Einzelne Neophyten haben gravierende Auswirkungen auf Wohlbefinden und Gesundheit des Menschen, wie der sich stetig ausbreitende **Riesen-Bärenklau** (*Heraclium mantegazzianum*). Die bis 3,5 Meter hohe Pflanze stammt aus dem Kaukasus. Sie blüht und fruchtet nur einmal mit über 0,5 Meter breiten Blütenständen. Als Zier- und Futterpflanze eingeführt, erfolgte ab der Mitte des 20. Jh. die massive Verbreitung als Bienenweide. So prächtig die Pflanze ist, so problematisch kann sie bei ungewolltem oder unvorsichtigem Kontakt sein. Sie führt zu schweren verbrennungsartigen Hautreizungen, wenn der Pflanzensaft auf die Haut kommt und die betreffende Stelle innerhalb der nächsten 48 Stunden der Sonne ausgesetzt wird (Phototoxie).



Bei Pollenallergikern gefürchtet ist die **Beifuß-Ambrosie** (**Traubenkraut, Ragweed**, *Ambrosia artemisiifolia*). Sie ist einjährig, wird über 1 Meter hoch, ist aber dennoch unauffällig. Dies gilt besonders für die winzigen Blüten mit ihrem hoch allergenen Blütenstaub. Ursprünglich in Nordamerika beheimatet, sorgt sie heute in vielen Teilen Europas für Schrecken unter Allergikern und enorme Kosten im Gesundheitswesen. Im zentralen Alpenraum kommt sie noch selten vor, regional bzw. an den Alpenrändern aber in Massenbeständen. Die Klimaprognosen lassen jedoch erwarten, dass die endgültige Eroberung der Alpen in absehbarer Zeit möglich ist, mit allen Folgen, die Massenbestände dieser Art mit sich bringen.



Die **Kanadische Goldrute** (*Solidago canadensis*) kam bereits Mitte des 17. Jh. nach Europa und zählt damit zu den ältesten aus Nordamerika stammenden Neophyten Europas und zu den problematischsten. Ursprünglich als Zierpflanze geholt, ist sie heute allgegenwärtig. Ihre gelben Blütenrispen prägen in den Sommermonaten ganze Landstriche. Ein kräftiger unterirdischer Wurzelstock verleiht ihr fast unerschöpfliches Regenerationsvermögen, mit dessen Hilfe sie sich überaus erfolgreich halbherzigen Pflegemaßnahmen widersetzt. An nassen Standorten wird sie durch die ähnliche, nicht minder konkurrenzstarke nordamerikanische Riesen-Goldrute (*Solidago gigantea*) ersetzt.





Als Zierstrauch äußerst beliebt und oft gepflanzt ist der aus Asien stammende **Sommerflieder** oder **Schmetterlingsstrauch** (*Buddleja davidii*). Die meist lilafarbenen Blüten werden häufig von Insekten, darunter auch einer großen Zahl von Schmetterlingsarten besucht, als Futterpflanze für Schmetterlingsraupen ist er jedoch bedeutungslos. Auch der Sommerflieder ist nicht mehr auf Gärten beschränkt und dringt in den letzten Jahrzehnten zunehmend in Bachbetten und Flusslandschaften ein. Licht liebende Pionier-Arten können in dichten Beständen des Sommerfliers nicht mehr aufkommen. Wie andere Neophyten, profitiert er von den milderen Wintern, was sich in der aktuellen starken Ausbreitung niederschlägt.



Sachalin-, Japan- und Bastard-Staudenknöteriche (*F. sachalinensis*, *Fallopia japonica*, und *F. x bohemica*) erreichen imposante Wuchshöhen von 4 m und mehr. Dichte Bestände ähneln daher Gebüsch, trotzdem handelt es sich um Stauden, deren oberirdische Teile im Herbst absterben. Die Wurzelstöcke sind jedoch robust und in der Lage, Asphaltdecken aufzubrechen, Mauern zu sprengen, oder Übersättungen von zwei Metern zu durchwachsen. Die Bestände, deren Blüten im August erscheinen, sind meist eingeschlechtig, so dass die Ausbreitung vorwiegend vegetativ erfolgt. Japan- und Sachalin-Staudenknöterich stammen aus Ostasien. Der Bastard-Staudenknöterich ist erst in Europa aus den beiden Elternarten entstanden.



Die hochgiftige (bes. Rinde u. Früchte) **Robinie** oder **Scheinakazie** (*Robinia pseudo-acacia*) aus Nordamerika bewirkt nicht nur Beschattung. In ihren Wurzeln lebende Bakterien (Rhizobien) versorgen die Robinie mit zusätzlichem Stickstoff. Über den herbstlichen Laubfall werden Böden mit Stickstoff angereichert und dadurch die Standortbedingungen massiv verändert. So werden Licht liebende Pflanzenarten nährstoffarmer Standorte in die Zange genommen: Sie leiden einerseits unter der Beschattung durch die Robinie und zum anderen werden sie von Arten nährstoffreicher Standorte bedrängt. Für Halbtrocken- und Trockenrasen ein höchst fataler Vorgang, der zum Verlust des hoch spezialisierten Artgefüges führt.



Die **Zebra-, Dreikant- oder Wandermuschel** (*Dreissena polymorpha*) wurde während der Eiszeit aus Mitteleuropa verdrängt. Erst ab 1830 breitet sie sich aus ihrem Refugialgebiet im Kaspischen und Schwarzen Meer mit menschlicher Hilfe wieder nach Westen aus. Zebra- und Dreikantmuscheln heften sich mit Byssusfäden an harte Oberflächen, so auch an Schiffskörper, und werden auf diese Weise entlang von Schiffrouten und durch private Boote auch in Seen verschleppt. Zusätzlich verbreiten sie sich als Veligerlarve im Freiwasser. Neben der Verdrängung heimischer Faunenelemente verursachen sie wirtschaftliche Schäden durch Verstopfung von Wasserleitungen. Wasservögel und Fische sorgen für ihre Dezimierung.

Der **Goldfisch** (*Carassius auratus*), eine Mutante der Silberkarausche, wird seit fast 1.000 Jahren in China gezüchtet. Im 17. Jh. wurden Goldfische als erste „Zierfische“ in Europa eingeführt. Seither werden sie in Aquarien und Teichen gehalten und bewirken in der Natur eine Verarmung der heimischen Tierwelt. So leiden auch die meisten Amphibienarten darunter, deren Larven dezimiert oder gänzlich vernichtet werden. Goldfische sind bestens an die Bedingungen im Tümpel angepasst, vor allem an die Sauerstoffzehrung im Winter. Durch Reduktion und Umstellung des Stoffwechsels (u.a. wird Äthanol als Endprodukt frei) können sie auch ohne Sauerstoff überleben. Einmal eingesetzt, sind sie aus größeren Teichen kaum zu entfernen.



Die **Bisamratte** (*Ondatra zibethicus*) ist eine 35 cm große nordamerikanische Wühlmausart die vor 100 Jahren als begehrtes Pelztier nach Europa gebracht wurde und sich inzwischen fast flächendeckend verbreitet hat. Sie lebt an stehenden und fließenden Gewässern und verursacht durch ihre Grabtätigkeit an Ufern, Dämmen und Deichen entsprechende Schäden. Als vorwiegende Vegetarierin beeinflusst die Bisamratte die Ufervegetation und vergreift sich im Winter zusätzlich an verschiedenen Wassertieren. Die Bisamratte ist an das Wasserleben gut angepasst, hat an den Zehen der Hinterbeine Schwimmborsten und taucht mehrere Minuten lang. Die starke Vermehrung ist auf den Mangel an natürlichen Feinden zurückzuführen.





Die **Orientalische Mauerwespe** (*Sceliphron curvatum*), eine Grabwespe, stammt aus dem indischen Raum und wurde 1979 in der Südsteiermark zum ersten Mal in Europa nachgewiesen. Seither verbreitet sie sich explosionsartig und ist auch in Teilen Tirols nicht mehr selten. Die tönchenförmigen, in Batterien angelegten Lehmester von 2-3 cm (rechtes Bild) werden mit gelähmten Spinnen gefüllt, die der Larve als Nahrung dienen. Für ihre Brutgeschäfte suchen sie oft Häuser auf, wo sich mitunter hunderte Lehmstöpsel ansammeln können. Dabei werden auch Wohnräume nicht verschont, in denen sie die Tönchen hinter Kästen, Bilderrahmen und Vorhängen anlegen. Trotz ihrer Größe ist die Wespe für den Menschen nicht gefährlich.



Kartoffelkäferlarve (*Leptinotarsa decemlineata*): Die Kartoffel wurde Mitte des 16. Jahrhunderts von Südamerika nach Spanien gebracht und von dort weltweit verbreitet, u.a. auch nach Nord-Amerika. In Colorado gab es einen harmlosen Käfer, der lokale Nachtschattengewächse fraß. Mit der Verbreitung der Kartoffel wechselte er auf diese verwandte Art – Ernteschäden waren die Folge. Um 1877 wurde dieser Käfer, heute als Kartoffelkäfer bekannt, nach Europa verschleppt, wo er für Ernteauffälle und nach dem 2. Weltkrieg für lokale Hungersnöte mit verantwortlich war. Die gelb-schwarze Warnfarbe des Käfers und die leuchtend rote Farbe seiner Larve (im Bild) signalisieren seine Ungenießbarkeit. Daher hat er kaum Feinde.



Von der braun bis rot gefärbten **Spanischen Wegschnecke** (*Arion lusitanicus*) kann wohl jeder Gartenbesitzer ein „Lied singen“. Die ursprünglich auf der Iberischen Halbinsel und in Westfrankreich beheimatete Nacktschnecke wurde durch Pflanzenimporte aus Spanien ins restliche Europa verschleppt und hat sich rasch ausgebreitet. In Österreich ist sie 1972 zum ersten Mal aufgetaucht. Als mediterrane Art ist sie trockenheitsresistenter als andere Nacktschnecken und vermehrt sich bei feuchtwarmem Wetter explosionsartig. Dabei verdrängte sie die heimische Rote Wegschnecke (*Arion rufus*). Der klebrige, bittere Schleim macht sie für heimische Tiere wenig attraktiv. Nur indische Laufenten finden an ihr Gefallen.



Vielfalt durch Störung Natürliche Flussläufe

Leopold Füreder



Die Flussläufe der Alpen sind hochdynamische Systeme, die durch eine ständige Veränderung der strukturellen Gegebenheiten geprägt sind. Landschaftsrelief, Geologie und Klima bilden in erster Instanz die Rahmenbedingungen für den Zustand, die Funktion und die Entwicklung von Fließgewässern. Sie bestimmen die dreidimensionale Form der Flussräume, aber auch die natürliche Dynamik von Abfluss und Feststofftransport. Diesem Geschehen ist in unseren Breiten durch das Jahreszeitenklima ein wiederkehrendes Muster aufgezwungen.

Neben starken Gewittern oder lang anhaltenden Regenfällen ist auch der Einfluss von Gletschern im Einzugsgebiet für die Dynamik der Alpenflüsse von maßgeblicher Bedeutung. Durch das sommerliche Abschmelzen der Gletscher wird zusätzliches, als Gletschereis gespeichertes Wasser dem Fließgewässer zugeführt. Diese oft bedeutende Menge an Schmelzwasser fällt in relativ kurzen Zeiträumen an, so dass innerhalb weniger Stunden aus einem ruhig fließenden Gebirgsbach ein hochdynamischer Sturzbach entstehen kann.

Entlang des Längsverlaufs der Fließgewässer werden durch die natürliche Abflussdynamik **Scherkräfte** wirksam, die ein charakteristisches Muster von Erosion und Ablagerung erzeugen. Großräumig betrachtet, dominiert in den steileren Flussoberläufen die Erosion, wo im Bachbett und den unmittelbar angrenzenden Bereichen Material abgetragen wird. In den meist flacheren, tiefer liegenden Flussunterläufen wird das antransportierte Material durch die Verlangsamung der Strömung abgelagert. Im Mittellauf sind je nach Landschafts- und Gerinneform Erosion und Ablagerung gegeben, dieser Bereich ist jedoch besonders durch den Weitertransport des Materials geprägt.

Der kurz- und langfristige Wechsel von Erosion und Ablagerung erzeugt im Flussbett und dessen unmittelbarer Umgebung Störungen. Diese Störungen können gering und kleinräumig sein, wie etwa die Sand- und Kiesbewegung am Sohlsubstrat, mittlere Dimension annehmen, wie die Ufererosion mit Uferabbrüchen, oder größere, katastrophale Auswirkungen haben, wie Flussbettumlagerung oder Murenbewegungen, die ganze Talräume einnehmen können.

Die Störung als Voraussetzung für die Aufrechterhaltung der Lebensraumfunktion:

Die natürliche Dynamik des Abflussgeschehens mit den Folgen von Erosion, Um- und Ablagerung sind wichtige Systemeigenschaften, die ein Überaltern von Lebensräumen verhindern und dadurch für eine ständige Erneuerung von Umweltbedingungen sorgen. So werden klein- und großräumige Substratstrukturen abgetragen und andernorts wieder mit vollkommen neuer Zusammensetzung angelagert. Feinsedimente werden dabei ausgewaschen und bleiben längere Zeit als Schwebstoffe im Transport. Wird Feinmaterial ausgespült, sind die Lückenräume bis in größere Tiefen für das strömende Wasser erreichbar. Dadurch ist nicht nur eine gute Versorgung mit lebensnotwendigem Sauerstoff, sondern auch die Aufrechterhaltung eines großräumigen, dreidimensionalen Lebensraumes gegeben. Bei Ausbleiben der Störung, das heißt bei fehlender Dynamik und Umlagerung, kommt es zu einem allmählichen Abdichten und Verkleben der Lückenräume und folglich zu lebensfeindlichen Bedingungen. Die wiederkehrende Zerstörung von Lebensräumen führt letztlich zur Bildung neuer, ökologisch intakter Habitats. Hier setzt die Neubesiedlung ein und die ökologischen Wechselwirkungen zwischen Umweltfaktoren und pflanzlichen und tierischen Organismen, die sich etablieren können, beginnen erneut, den Lebensraum zu formen – bis die nächste Störung auftritt.

Abbildung auf Seite 35: Verzweigte Umlagerungsstrecken. Besonders deutlich offenbart sich die Dynamik von Erosion und Ablagerung in Umlagerungsstrecken, wie hier am Sulzaubach (Stubaital). Wenn diese Strecken eine größere Dimension einnehmen, spricht man von „Wildflusslandschaften“. Diese sind gekennzeichnet durch ein breites Flussbett, ein verzweigtes Gerinne mit Schotterinseln und Kiesbänken und wenn der Fluss größer wird, entstehen vielfältige Pflanzen- und Auengesellschaften. Nur dort, wo derartige Störungen auftreten, können sich diese großflächigen Systeme ausbilden und bleiben durch ständige Umlagerungen und periodische Überflutungen als solche auch bestehen. In natürlichen Flüssen sind Auen ein Teil und ihr wild-natürlicher Zustand Ergebnis dieser Dynamik.

Eine ähnliche, meist größer dimensionierte Wirkung zeigt das **Hochwasser**. Dieses Ereignis kann auch mehrmals im Jahr ganze Flussläufe verändern und führt zur Zerstörung und Umgestaltung einer Vielzahl von Lebensräumen. Auch hier steht die Erneuerung als essentielle Eigenschaften von Flussläufen im Vordergrund. Vor allem gewässerbegleitende **Auenlandschaften** benötigen für ihre charakteristische Ausstattung und Funktion wiederkehrende Hochwässer. Die auf den ersten Blick dramatischen und oft katastrophalen Auswirkungen der natürlichen Dynamik auf die Gerinnemorphologie und letztlich auf unser Hab und Gut sind im ökologischen Sinne nicht negativ zu sehen. Die komplexen Wechselwirkungen der Fließgewässerökosysteme haben in den Jahrmillionen die charakteristischen Lebensbedingungen für typische Pflanzen und Tiere herausgebildet. Durch die natürliche Dynamik der Störungen wurde den typischen Gebirgsbachbewohnern die Entwicklung von faszinierenden Anpassungen aufgezwungen.

Die systemeigene Störung ist in Flusslandschaften eine essentielle Voraussetzung für das Überleben einer vielfältigen pflanzlichen und tierischen Lebensgemeinschaft. Da die meisten Alpenflüsse auf Grund von Hochwasserschutzbauten oder Energiegewinnung in ein enges Bett gezwungen werden oder wenig Wasser führen (Ausleitungsstrecken), sind diese variablen Begleit Lebensräume selten geworden und zum Teil auch die an diesen Lebensraum spezialisierte Flora und Fauna.

Eintagsfliegenlarve (*Ecdyonurus* sp): Bei Gebirgsbachbewohnern finden sich neben den vielfältigen morphologischen Anpassungen generell zwei Strategien: Sie widerstehen der Strömung oder sie weichen aus. So finden sich in turbulenten Bächen Tiere, deren Körpergröße möglichst gering bleibt, langgestreckt und schlank ist, oder deren Körper abgeflacht sind. Dadurch können sich die Jungstadien in Lückenräume und strömungsberuhigte Zonen zurückziehen oder sich in der ruhigen Grenzschicht der Gesteinsoberfläche aufhalten. Zu Haftscheiben angeordnete Kiemen, wie hier bei der Eintagsfliegenlarve oder die Bildung echter Saugnäpfe (bei den Larven der Lidmücken) stellen besonders effektive Strukturen dar.



Steinfliegenlarve (*Dictyogenus fontium*): Hinsichtlich des Schlüsselfaktors Strömung und der damit verbundenen Substratbewegung und -umlagerung ist eine Reihe von Anpassungen in morphologischer und physiologischer Hinsicht, aber auch im Verhalten festzustellen. Häufig sind die Gebirgsbachorganismen robust und mit starker Muskulatur ausgestattet, wie hier diese räuberische Steinfliegenlarve. Oft sind auch kräftige Klauen, Haken und Haftvorrichtungen an den Beinen oder am Hinterleib ausgebildet, die es ihnen ermöglichen, sich ständig in den turbulenten Strömungen aufzuhalten und sicher fortzubewegen.





„Köcherlose“ Köcherfliegenlarve (*Rhyacophila* sp): Wie die großen Steinfliegenlarven, sind die freilebenden und nicht gehäusetragenden Köcherfliegenlarven räuberisch und müssen sich, um die flinken und beweglichen Insektenlarven erbeuten zu können, sicher und rasch im Schottersubstrat bewegen. Eine etwas abgeflachte und langgestreckte Körperform sowie robuste Klauen an den Schreitbeinen und den hinteren Stummelfüßen ermöglichen ihnen die erfolgreiche Besiedelung des Lebensraumes und Nutzung der Nahrungsniische. Fingerförmige Kiemen an den Hinterleibssegmenten sorgen für eine gute Sauerstoffversorgung.



Gehäusetragende Köcherfliegen, wie hier ein Vertreter der Familie Limnephilidae, bauen Gehäuse aus kleinstem Material (Sand, Kies, Holzteile, Pflanzenmaterial u.a.), das sie mit Hilfe eines Klebsekretes kunstvoll zusammenfügen. Diese Gehäuse dienen einerseits dem Schutz vor Fressfeinden, andererseits dienen sie als Ballast gegen das Abdriften. Einige Familien der Köcherfliegen, z.B. Hydroptychidae und Philopotamidae, können mit ihren Klebsekreten kunstvolle Fangnetze fertigen, die sie zwischen Steinen und Totholz plazieren. Form und Maschenweiten der Netze sind artspezifisch und ermöglichen den Köcherfliegenlarven, driftende organische Partikel einzufangen. Sie weiden die Fangnetze regelmäßig nach Nahrung ab.



Die **Larven der Kriebelmücken** (Simuliidae) sind optimal an die Strömungen angepasst. Neben einer von einem Häkchenkranz umrundeten Haftscheibe am Körperende benützen sie einen Fangfaden, um sich in der Strömung zu sichern. Als passive Filterierer fangen sie mit den als Filterreusen geformten Mundwerkzeugen vorbeidriftende organische Partikel. Sie nutzen dabei bevorzugt Stellen auf Steinoberseiten, die ein spezielles Strömungsbild zeigen. Bei massenhaftem Vorkommen, können die nach dem Schlüpfen winzigen Mücken zur Plage werden. Die Weibchen vieler Arten brauchen zur Reifung ihrer Eier eine Blutmahlzeit. Der Stich ist schmerzhaft, bei Massenaufreten können sie den Tod von Weidetieren hervorrufen.



Der **Alpenstrudelwurm** (*Crenobia alpina*) besitzt eine für den Strömungswiderstand optimale Körperform. Durch die flache Gestalt und mit Hilfe seiner Kriechsohle kann er sich in der strömungsbegünstigten Grenzschicht auf Steinoberflächen fortbewegen und seinen Beutetieren nachjagen. Sein Regenerationsvermögen wird als erfolgreiche Antwort auf die dynamische Natur der Gebirgsbäche gesehen: nach Verletzungen oder Zerstückelung werden die Körperteile auf Grund zahlreicher Stammzellen regeneriert oder bei Vorliegen größerer Teilstücke ganze Individuen nachgebildet. Ausgestoßene Sekrete quellen im Wasser und schützen die Tier vor Feinden bzw. werden zum Beutefang eingesetzt.

Fischlarven: Gut durchströmte Schottersubstrate werden von den **Forellenartigen** (Salmonidae) als Laichhabitate verwendet. Mit einem riesigen Dottersack ausgestattet bleiben die Larven so lange im Lückenraum des Schotters, bis diese Reserven aufgebraucht sind. Von besonderer Bedeutung ist dabei eine gute Versorgung mit Sauerstoff. Günstig erweisen sich tiefgreifende Sedimentumlagerungen, die durch die sommerlichen Hochwässer vor dem Laichgeschehen hervorgerufen werden. Dadurch wird Feinmaterial ausgewaschen und die Verdichtung der Schotterhabitate verhindert. Die Funktion komplexer Lebensgemeinschaften hängt von der Säuberung und Umschichtung der Sedimente ab.



Die **Wasseramsel** (*Cinclus cinclus*) ist eine typische Bewohnerin von Gebirgsbächen und besitzt einen gewissen Zeigerwert für reine und unverbaute, naturbelassene Fließgewässer mit vielgestaltiger Gewässermorphologie. Ihre Nahrung, Wasser bewohnende Wirbellose, erbeutet sie watend im seichten Wasser oder tauchend, wobei ihr die Flügel zum Schwimmen dienen. Insektenlarven werden notfalls auch unter kleinen Steinen aufgestöbert. Ausgangs- und Rastpunkte für die Beutezüge sind aus dem Wasser ragende, umspülte Steine oder Uferstrukturen. Typisch ist ihr Schwirrflyg über der Wasseroberfläche und die knicksenden Bewegungen an Land. Das Nest wird in unmittelbarer Wassernähe gebaut.





Die weitgehend kahlen Schotter- und Kiesbänke bieten nicht nur Insekten und Spinnen einen Lebensraum, sondern werden auch vom **Flussregenpfeifer** (*Charadrius dibbi*) aufgesucht. Nach seiner Rückkehr aus Afrika brütet er in einer flachen Mulde auf Schotterbänken der noch wenigen verbliebenen ungezähmten Fließgewässer (z.B. Lech). Neben natürlichen Hochwasserereignissen ist der seltene Flussregenpfeifer auch durch das Freizeitverhalten der Menschen gefährdet. Sowohl Gelege als auch Jungvögel sind perfekt getarnt und werden leicht übersehen und zertreten. In Schutzgebieten ist daher das Betreten der Schotterbänke während der Brutzeit verboten. Seine Nahrung besteht aus diversen Wirbellosen.



Gelbbauchunke (*Bombina variegata*): Flutümpel, Altarme und Seitengerinne gehören zu den flussbegleitenden Gewässerlebensräumen. Sie können ständig oder zeitlich begrenzt Wasser führen. Als eigentlicher Lebensraum für Insektenlarven, Wasservanzen und Wasserkäfer, als Jagdrevier von Vögeln, als Brutraum für Amphibien, wie der als Pionierart bekannten und stark gefährdeten Gelbbauchunke, so wie als „Kinderstube“ für Jungfische spielen derartige Gewässer eine essentielle Rolle für eine hohe Biodiversität. Nährstoffüberfluss und Erwärmung führen zu Eutrophierung und vermehrter Algenbildung. Kurzfristig zerstörerische Hochwässer bedeuten auch hier Erneuerung und Auffrischung der Lebensbedingungen.



Wolfspinne (*Pardosa nagleri*): Die unwirtlichen Bedingungen der kahlen Schotterflächen und Uferbereiche natürlicher Flüsse sind Grundlage einer spezialisierten Lebensgemeinschaft, die vor allem aus räuberischen Arten wie Spinnen, Laufkäfern und Kurzflügelkäfern besteht. Ihre Nahrung beziehen sie aus Treibgut, schlüpfenden Insekten oder Tieren, die bei fallendem Wasserspiegel zurück bleiben. Daher ist die Populationsdichte im unmittelbaren Uferbereich am höchsten. Wegen der häufigen Umlagerung und Neugestaltung der Flächen finden sie immer wieder die für sie günstigen Lebensbedingungen vor. Bei Ausfall der Störungen werden die Pioniere zunehmend von anderen Lebensgemeinschaften verdrängt.



Zwischen Wasser und Land

Rudolf Hofer



Das sprichwörtliche „**Trockenlegen saurer Wiesen und Sümpfe**“ ist nach wie vor gesellschaftlich relevant und hatte real in früheren Jahrhunderten seine Berechtigung zur Gewinnung landwirtschaftlichen Grundes. Heute sind die meisten Feuchtgebiete in Tallagen verschwunden und mit ihnen wurde eine große Zahl der an diesen Lebensraum gebundenen und hoch spezialisierten Pflanzen- und Tierarten an ihr Existenzlimit gedrängt. Größere und besonders kostbare Areale stehen heute unter strengem Schutz, es kommt aber immer wieder vor, dass Kleinbiotope in Nacht- und Nebelaktionen unter die Räder kommen und nachträglich kaum zu retten sind. Je weiter diese inselartigen Areale voneinander getrennt sind, desto geringer wird die biologische Vielfalt, da in einem stark fraktionierten Lebensraum der Austausch behindert ist. Besonders schlagend ist dies für Amphibien, deren Laichgewässer oft weit vom Sommerlebensraum und Winterquartier entfernt sind. Das Queren frequentierter Straßen ist ein tödlicher Spießbrutenlauf. „Amphibisch leben“, also zu Land und zu Wasser, heißt doppelt gefährdet zu sein. Weitgehend ungestörte Bedingungen finden wir nur mehr oberhalb der Waldgrenze.

Feuchtbiotope sind auf Grund unterschiedlicher Wasserversorgung extrem vielfältig und genauso variabel ist das Leben: **Feuchte Wiesen** sind vom Grundwasser beeinflusst und weisen über längere Zeiträume Staunässe auf. In niedrigen Lagen fallen sie einerseits Meliorierungsmaßnahmen und Düngung, andererseits dem Auflösen extensiver Bewirtschaftung zum Opfer. Böden, die ständig unter Wasser stehen, sind arm an Sauerstoff, so dass die an solche Lebensräume angepassten Pflanzen (vor allem Sumpf- und Wasserpflanzen) Luft über Hohlraumgewebe (Aerenchym) vom Spross in die Wurzeln leiten. **Sümpfe** mit wechselndem Wasserstand bilden sich in durchnässten Überschwemmungsgebieten oder am Rand stehender Gewässer und bestehen aus einem Mosaik von terrestrischen und aquatischen Lebensräumen. Einen dominanten Wasseranteil weisen **Tümpel** auf, in denen es auf Grund geringer Wassertiefe zu hohen Sommertemperaturen und unter der winterlichen Eisdecke zu einer vollständigen Sauerstoffzehrung kommt. Die Fähigkeit zur Anaerobiose (Stoffwechsel ohne Sauerstoff) ist daher für das Leben im winterlichen Tümpel Voraussetzung, unterstützt durch die niedrigen Temperaturen, bei denen wechselwarme Tiere nur wenig Energie benötigen. Extremste Lebensräume sind **temporäre Gewässer**, die sich bei Regenfällen oder Überschwemmungen bilden, in Trockenperioden aber wieder verschwinden. Hier läuft Leben unter Zeitdruck ab. Überraschenderweise finden sich dort nicht nur Algen, Einzeller und kleine wirbellose Tiere, sondern auch Kaulquappen von Gelbbauchunken oder Wechselkröten.

Die sensibelsten und wertvollsten Feuchtbiotope sind die **Moore**. Hochmoore haben Jahrtausende für ihre Entstehung gebraucht. Einmal zerstört, sind sie für immer verloren. Die treibende Kraft im Moor ist das Torfmoos, das für die Bildung dieses Lebensraumes verantwortlich ist. Es wächst extrem langsam aber unbegrenzt, wobei die älteren Teile absterben und auf Grund des Sauerstoffentzuges und der Säurebildung nur unvollständig verrotten – es entsteht Torf. Weltweit wird Torfabbau betrieben und unvermindert fortgesetzt, früher um Heizmaterial zu gewinnen, heute für Gärtneriezwecke und für die Herstellung von Dämmmaterial. Gestörte Moore fallen trocken und der über Jahrtausende gespeicherte Kohlenstoff, aber auch Methan werden durch beschleunigte Zersetzungsprozesse (Sauerstoffzufuhr) freigesetzt und tragen damit zur Klimaerwärmung bei. Hochmoore werden ausschließlich von Regenwasser gespeist, weisen einen hohen Säuregrad auf und sind ausgesprochen arm an Nährstoffen, vor allem an Stickstoff. Dementsprechend selektiv sind die Lebensbedingungen in einem Moor.

Abbildung auf Seite 41: Laubfrosch (*Hyla arborea*): Amphibien sind das Paradebeispiel und die wörtliche Übersetzung für ein Leben zu Wasser und zu Land. Der Wärme liebende Laubfrosch ist in den Alpen auf niedrige Tallagen beschränkt, also auf Lebensräume, die besonders stark unter dem Druck der menschlichen Expansion leiden. Dementsprechend selten ist er in den Alpen geworden. Dank seiner auf glattem Untergrund haftenden Zehenspitzen lebt er bevorzugt im Gebüsch und auf Bäumen und ist dort auf Grund seiner Tarnfarbe fast unsichtbar. Nur zwischen Mai und Juni machen die Männchen durch ihre kilometerweit hörbaren Paarungsrufe im Wasser auf sich aufmerksam.

Wiesenknöterich (*Polygonum bistorta*), verschiedene Orchideenarten, Trollblumen, oder Wiesenschaumkraut sind typische Bewohner feuchter Wiesen. In niedrigen Lagen sind Feuchtwiesen durch extensive Bewirtschaftung entstanden und tragen wesentlich zur naturnahen Kulturlandschaft bei. Ohne Bewirtschaftung führt die natürliche Sukzession zur Bildung von Hochstaudenfluren, später zur Verbuschung gefolgt von Verwilderung. Andererseits zerstört auch eine Intensivierung der Bewirtschaftung, vor allem durch Düngung, den Lebensraum und hat eine rasche Abnahme der Artenvielfalt zur Folge. Eine weitere Gefahr ist die Trockenlegung. Die Verarmung der Vegetation geht Hand in Hand mit der Verarmung der Fauna.



Die bis zu 6 cm lange Larve des **Gelbrandkäfers** (*Dytiscus marginalis*) zählt zu den gefräßigsten Räubern im Tümpel. Mit ihren dolchartigen, wie Kanülen gebauten Mandibeln (Kiefer) ergreift sie Insekten und Kaulquappen, pumpt Verdauungssäfte in das Opfer und saugt das verflüssigte Gewebe wieder auf (Außenverdauung). Da sie keine Kiemen hat, muss die Larve von Zeit zu Zeit an die Oberfläche steigen und mit den Atemöffnungen an ihrem Hinterleibsende Luft tanken. Mit Hilfe Wasser abweisender Borsten durchstößt sie das Oberflächenhäutchen und bleibt an diesem hängen. Der flugfähige Käfer kann bis zu 5 Jahre alt werden und nimmt für seine Tauchgänge Luft unter den Flügeldecken mit.



Hufeisen-Azurjungfer (*Coenagrion puella*): Ähnlich wie Amphibien wechseln auch Libellen während ihres Lebens das Milieu: Als räuberische Larven verbringen sie je nach Art 1-2 Jahre (manche auch länger) im Wasser, während die ebenso räuberischen erwachsenen Libellen als wahre Flugkünstler beeindruckend. Besonders auffällig ist das unter Insekten einmalige Paarungsverhalten, bei dem die Partner ein sog. Paarungsrade bilden (siehe Bild). Während das Männchen (blau) mit dem Hinterleib den Kopf des Weibchens festhält, holt sich dieses die Spermien aus der Samenblase am vorderen Abschnitt des männlichen Hinterleibes, die das Männchen erst kurz zuvor gefüllt hat. Auch in dieser Stellung oder im Tandem ist ein Flug möglich.





Der **Teichrohrsänger** (*Acrocephalus scirpaceus*) ist ein Zugvogel, der südlich der Sahara überwintert und sich zwischen April und Oktober in Mitteleuropa aufhält. Er ist ein typischer Schilfbewohner, der sein napfförmiges Nest aus Pflanzenmaterial zwischen Schilfstängeln verwebt. Der Teichrohrsänger ist manchmal Opfer des **Kuckucks**, der als Brutparasit sein ähnlich aussehendes Ei in dessen Nest „schwindelt“. Nach dem Schlüpfen wirft der junge Kuckuck mit einem angeborenen Reflex die Jungen der Zieheltern aus dem Nest. Das Teichrohrsänger-Paar ist mit seinem „Riesenbaby“ voll ausgelastet (siehe Bild). Von dem zum Verwechseln ähnlich aussehenden Sumpfrohrsänger unterscheidet er sich durch seinen Gesang.



Die **Spitzschlamm Schnecke** (*Lymnaea stagnalis*) ist mit 6 cm Länge die größte heimische Wasserschnecke und bewohnt stehende, pflanzenreiche Gewässer. Mit ihrer Raspelzunge (Radula) weidet sie Oberflächen ab oder nagt an Pflanzen und Aas. Da die Hautatmung meist nicht ausreicht (temperaturabhängig), steigt die Schlamm Schnecke von Zeit zu Zeit an die Oberfläche und tankt über das Atemloch am Mantelrand Luft für den nächsten Tauchgang. Mit ihrem breiten Fuß kann sie auch an der Unterseite des Oberflächenhäutchens entlang kriechen.

Wie die Weinbergschnecke ist auch die Schlamm Schnecke Zwitter. Die kleinen Eier werden in Gallerthüllen an Pflanzen und Steinen abgelegt.

Bitterlinge (*Rhodens amarus*) leben in Symbiose mit **Teichmuscheln** (*Anodonta cygnea*). Das zur Laichzeit kräftig gefärbte Männchen (Bild) verteidigt das Revier mit seiner Muschel und wirbt um Weibchen, die mit ihrer 5-6 cm langen Legeröhre jeweils ein bis wenige Eier in den Kiemenraum einer Muschel ablegen, die vorher an Störungen gewöhnt wurde. Die Spermien des Männchens werden mit dem Atemwasser der Muschel angesaugt und befruchten die Eier. Die geschlüpften Larven verlassen erst im schwimmfähigen Stadium die geschützte Kinderstube. Die Muschel revanchiert sich für die Aufzuchthilfe, indem sich ihre Larven (Glochidien) an Kiemen und Haut von Fischen festklammern und sich parasitisch ernähren.





Alpine Niedermoore und Verlandungszonen von alpinen Gewässern zwischen 1.500 und 2.500 m Seehöhe werden häufig vom **Scheuchzers-** oder **Alpenwollgras** (*Eriophorum scheuchzeri*) geschmückt. Die schon von weitem sichtbaren „Watteköpfe“ werden von den Blütenhüllfäden der Samen gebildet. Das Wollgras trägt maßgeblich zur Verlandung flacher Hochbergsgewässer bei.

Die **Rosmarinheide** (*Andromeda polifolia*) ist neben dem Sonnentau (Seite 136) eine der auffälligsten Pflanzen des Hochmoores. Der Zwergstrauch überlebt das nährstoffarme Milieu des Moores durch die Symbiose mit Wurzelpilzen (Mykorrhiza, Seite 62). Die Rosmarinheide enthält (wie auch alle Rhododendronarten, einschließlich der Alpenrose) das Gift Andromedotoxin, das blutdrucksenkend wirkt und rauschartige Zustände hervorruft. Diese Substanz wird heute noch in homöopathischen Präparaten verwendet. Das Gift befindet sich auch im Nektar, so dass selbst der Honig schädlich sein kann. Da es nur mehr wenige Hochmoore gibt, ist auch die Rosmarinheide in ihrem Bestand stark gefährdet.



Verschiedene **Torfmoosarten** (hier abgebildet *Sphagnum magellanicum*) bestimmen die Lebensbedingungen im Moor: Durch Abgabe von Protonen gegen die Aufnahme von Nährstoff-Ionen aus Niederschlag und Staub bewirken sie eine Versauerung des Bodens, so dass unter gleichzeitigem Luftabschluss eine Zersetzung weitgehend verhindert wird – abgestorbenes Pflanzenmaterial verrotft. Weiters regulieren sie den Wasserhaushalt des Moores, indem sie in den Wasserspeicherzellen das 20-40fache ihres Trockengewichtes an Wasser aufnehmen, aber auch das Mehrfache einer freien Wasseroberfläche verdunsten können. Gleichzeitig wirken sie wie Kapillaren, die bei Trockenheit Wasser aus der Tiefe nach oben befördern.





Hochgebirgstümpel: Von der Waldgrenze bis zur alpinen Grasheide finden sich oft zahlreiche Tümpel und Pfützen, die von Schmelz- und Regenwasser gespeist werden. Diese Tümpel sind ein idealer Lebensraum für die Entwicklung des Alpenmolches und des Grasfrosches, aber auch für viele aquatische Wirbellose. Die fallweise Düngung durch das Almvieh ist nicht unbedingt negativ zu sehen, da die eingebrachten Nährstoffe das Tümpelleben beflügeln. Der Eintrag von Huminstoffen über das Oberflächenwasser verleiht den meisten Tümpeln eine braune Farbe und schützt die im Wasser lebenden Tiere vor schädlichen UV-Strahlen (siehe Seite 89).



Alpenmolche (*Triturus alpestris*) sind leicht in den zahlreichen Tümpeln und Pfützen von der Waldgrenze bis etwa 2.500 m zu beobachten. Die Männchen (im Bild) mit ihrem bunten „Hochzeitskleid“ werben wochenlang mit Schwanzfächeln geduldig um die Gunst der tarnfarbigen Weibchen. Im Gegensatz zu den Fröschen erfolgt eine innere Befruchtung mit einem abgesetzten Samenträger (Spermatophor), der vom Weibchen aufgenommen wird. Die Eier werden einzeln zwischen Pflanzenteilen verklebt und die daraus schlüpfenden Larven haben äußere Kiemen (siehe Seite 92). Erwachsene Molche halten sich oft bis spät in den Sommer im Wasser auf oder verbringen den Rest der Zeit an Land, wo auch die Überwinterung erfolgt.



Wasserläufer (*Gerris* sp.) sind Vertreter der Wanzen, die sich durch rudernde Bewegungen des mittleren Beinpaars ruckartig auf der Wasseroberfläche fortbewegen, ohne einzusinken. Mit dem Wasser in Kontakt sind nur die Spitzen der beiden hinteren, mit wasserabweisenden Härchen ausgestatteten Beinpaare, wobei sich das Oberflächenhäutchen eindellt (siehe Bild). Das vordere kurze Beinpaar dient dem Fang der ins Wasser gefallenen Beutetiere, die mit Hilfe des empfindlichen Vibrationssinnes aufgespürt werden. Wasserläufer bewohnen stehende und langsam fließende Gewässer bis ins Hochgebirge, selbst kleine Pfützen werden aufgesucht. Die einzelnen Arten sind zum Teil schwer voneinander zu unterscheiden.



**Vielfalt durch
traditionelle Landwirtschaft**

**Ulrike Tappeiner
Erich Tasser**



„Natürlich haben wir dort oben früher gemäht. Nicht jedes Jahr, aber immer dann, wenn es sich rentiert hat oder wenn wir es brauchten. Man nutzte jedes Büschel Heu“, so erinnert sich ein alter Bergbauer. Tage- und oft wochenlang wurden alle verfügbaren Kräfte für die schwere und auch gefährliche Arbeit auf den Almwiesen eingesetzt. Die Mäher wurden eigens mit Steigeisen, so genannten „Fußbeisen“ oder mit Nägel behauenen Holzschuhen ausgerüstet, um nicht abzurutschen. Heute ist eine solche Bewirtschaftung nicht mehr denkbar. Nur die günstigsten Bergmäher werden noch gemäht, alle anderen Flächen liegen brach oder dienen als Almweiden.

Ähnliches gilt auch für die Wiesen im Tal. Früher wurde vielfach noch Getreide angebaut, nun sind viele Steilhänge aufgeforstet und ein einheitliches Grün und große Siedlungen bestimmt das Bild unserer Täler. Diese Entwicklung ist die Folge der wirtschaftlichen Situation der Bauern. Der ganze Alpenraum ist durch zunehmende Mechanisierung und eine vollständige Neuorientierung der traditionellen Landwirtschaft massiv betroffen. Allein in den letzten 20 Jahren wurden 40% der bäuerlichen Betriebe in den Alpen geschlossen, Grenzertragsflächen (v.a. Almflächen) spielen kaum mehr eine Rolle und werden aufgelassen. Im Durchschnitt liegen heute ca. 20% der landwirtschaftlichen Flächen brach, in manchen Regionen sogar an die 70%. All diese Entwicklungen haben Spuren in der Landschaft und ihrer ökologischen Funktion hinterlassen. Werden Flächen aufgelassen, so verbuschen sie. Nach einer gewissen Zeit kommen auf begünstigten Standorten Jungbäume auf und ein dichter Wald breitet sich aus. Aber nicht nur eine Brachlegung wirkt sich auf das Landschaftsbild aus, sondern auch Änderungen der landwirtschaftlichen Nutzung. So sind z.B. im Bozner Unterland und im Vinschgau, wo jeder 10. Apfel Europas produziert wird, die ehemaligen Acker- und Grünlandflächen weitgehend monotonen Apfelplantagen gewichen.

Gebirge gehören weltweit zu den regionalen **“hot spots” der Biodiversität**. Warum ist das so? Zum einen führt schon allein der höhenbedingte Klimagradient, also auch die groß- und kleinräumig wechselnden Standortfaktoren wie Geologie und Topographie zu einer großen Vielfalt. Zum anderen wirken sich auch viele biotische Faktoren wie etwa die Artenkonkurrenz und die Artensymbiose maßgeblich aus. Und nicht zuletzt spielt auch der Mensch eine ganz entscheidende Rolle. Er nutzte über Jahrhunderte hinweg die Gebirgsräume und schuf dadurch neue Lebensräume, die wir heute als Kulturlandschaft bezeichnen und schätzen. Damit schuf er nicht nur eine hohe landschaftliche Vielfalt, die mit zur touristischen Attraktivität in den Alpen beiträgt, sondern bot auch vielen Arten einen zusätzlichen Lebensraum.

Die landwirtschaftliche Nutzung beeinflusst nicht nur die Vielfalt, sondern auch die ökologische Funktion der Landschaft. So ist z.B. bei traditionell bewirtschafteten artenreichen Wiesen und Weiden die Durchwurzelung und damit die Stabilität des Bodens deutlich höher und das Risikopotenzial gegenüber Erosionen und Gletschneelawinen geringer als auf intensiv genutzten oder aufgelassenen Flächen. Ein bedeutender, wenn auch häufig unberücksichtigter Nebeneffekt der traditionellen landwirtschaftlichen Nutzung, insbesondere von Grünlandflächen, liegt in einer höheren Wasserverfügbarkeit. So kann z.B. für Höhenlagen oberhalb von 2.000 m der jährliche indirekte Gewinn einer traditionellen landwirtschaftlichen Nutzung für die elektrische Wasserkraftnutzung bis zu 100 €/ha Almfläche betragen.

Abbildung auf Seite 47: Eine vielfältige Landschaft, so wie wir sie uns alle vorstellen: ein Mosaik aus grünen Wiesen und Wäldern, weidende Kühe, eingesprenkelte Hecken und traditionelle Holzzäune, reich an Pflanzen und Tieren. Eine Landschaft aus vergangenen Zeiten, in manchen Alpentälern auch heute noch Wirklichkeit. Doch diese Landschaft ist in Gefahr: Während in vielen Alpentälern die traditionelle Kulturlandschaft einer modernen und maschinell bearbeitbaren Landschaft gewichen ist, haben sich in den Haupttälern die Verstädterung und Industrialisierung breit gemacht. Auf der Südabdachung des Alpenbogens erobert sich durch den massiven Rückzug der Landwirtschaft die Natur ganze Landschaften zurück. Die Aufgabe der Zukunft wird es sein, die noch verbliebenen Landschaftsperlen nachhaltig weiterzuentwickeln und damit auch zu erhalten.



Naturlandschaft: Was wäre, wenn der Mensch nicht wäre? Nun, dann wäre unsere Landschaft eine Naturlandschaft, also eine Landschaft, die ausschließlich von der Natur geprägt wird. Geologie, Topographie und Klima, aber auch natürliche Feuer- und Lawineneignisse und große Pflanzenfresser würden allein die Verteilung der Vegetation und damit die Landschaft bestimmen. Ein ungefähres Bild dieses Urzustandes können wir uns heute nur mehr in einigen abgelegenen Alpentälern machen. Dort trifft man auf manche steile Hangflanke, die bis heute noch einigermaßen naturbelassen ist. Ein solches Beispiel stellt etwa die Südseite oberhalb von Gries in der Gemeinde Längenfeld (Ötztal) dar.



Kulturlandschaft: Der Mensch ist schon seit Jahrtausenden im Alpenraum unterwegs, anfangs als Jäger und Sammler. Dann aber wurde er sesshaft und begann die Landschaft zu seinen Gunsten umzugestalten. Im Laufe der Zeit ist damit bis in die hintersten Winkel eine vom Menschen geprägte Landschaft, die so genannte Kulturlandschaft entstanden. Die Kulturlandschaft ist somit die Interaktion von Kultur mit der Natur; ein Gefüge anthropogener Räume auf der Grundlage natürlicher Gegebenheiten. Tschaftein im Paznauntal ist ein typisches Beispiel für eine solche alpine Kulturlandschaft, wie wir sie kennen und lieben. Wiesen, Wälder und Siedlungsräume wechseln sich ab und verschmelzen wiederum zu einer Einheit.



„Kunstlandschaft“: Durch die **Ausweitung der Siedlungsräume** in den klimatisch und verkehrstechnisch günstigen Alpenhaupttälern sind im Laufe der letzten Jahrhunderte viele verstädterte Räume entstanden. In diesen Kunstlandschaften bzw. Stadtlandschaften spielt die Natur nur mehr eine untergeordnete Rolle, der maßgebliche gestaltende Faktor ist der Mensch. Städte, wie etwa Innsbruck (im Bild) sind dicht bebaut, weisen aber auch große Parks und Gärten auf. Und gerade diese bieten für viele Tiere und Pflanzen ein Refugium. Wanderfalken, Dohlen, verschiedene Entenarten, aber auch seltene Wiesenpflanzen, wie das Schaumkraut und der Knöllchen-Steinbrech sind sichtbare Beispiele (Siehe Seite 5).





Die **Bevölkerungsentwicklung** ist ein „Schlüsselindikator“ für die Entwicklung eines Raumes: Der Prozess der Modernisierung und wirtschaftlichen Stärke ist mit einem Bevölkerungswachstum, wirtschaftliche Strukturschwäche dagegen mit Bevölkerungsstagnation oder -rückgang verbunden. Gerade in ländlichen Räumen kam es Mitte des vergangenen Jahrhunderts zu einem wirtschaftlichen Niedergang. Diese Entwicklung konnte in vielen Gemeinden erst durch den aufkommenden Tourismus gestoppt werden. Entsprechend haben sich diese Gemeinden, beispielhaft dafür Neustift im Stubaital, gut entwickelt, was sich an der starken Siedlungsausdehnung bemerkbar macht.



Es gibt einen gemeinsamen Entwicklungstrend in der alpinen Landwirtschaft: die **Brachlegung von Grenzertragsflächen**. Überall wurden Flächen, die sich nur schwer und arbeitsintensiv bewirtschaften lassen, aufgelassen. Sogar in der Region Südtiroler Unterland/Überetsch, eine der landwirtschaftlich produktivsten Region im Alpenraum, wurden etwa 2% der Flächen aus der landwirtschaftlichen Nutzung genommen. In den Grünlandregionen sind es aber deutlich mehr: im Südtiroler Berggebiet bereits 33%, in der Region Innsbruck Land 37 % und im italienischen Teil der Karnischen Alpen sogar 67 % der ehemals bewirtschafteten Flächen. Soweit es das Klima und die Höhenlage zulassen, verwalden diese Flächen wieder.

In den vergangenen 150 Jahren kam es in manchen Alpenregionen zu einer vollständigen Umstrukturierung der Bewirtschaftungsweise. Wurde im 19. Jahrhundert Obst nur für den Eigenbedarf angebaut, so veränderte sich dies im Laufe des vergangenen Jahrhunderts dramatisch. Nach den Weltkriegen wurde der Erwerbsobstbau eingeführt. Die Selbstversorgung wich in kürzester Zeit dem marktwirtschaftlichen Rentabilitätsdenken und der betrieblichen Spezialisierung. Durch diese Spezialisierung kam es gleichzeitig zu einer **Intensivierung der Landwirtschaft** und einer **Ausräumung der Landschaft**. Viele Strukturelemente wie Hecken und Lesesteinmauern mussten, so wie hier im Burggrafenamt (Südtirol), den Intensivkulturen weichen.



Traditionelle, extensiv genutzte Wiesen besitzen im Allgemeinen die höchste Artenvielfalt an Gefäßpflanzen, wie diese Aufnahme einer Bergwiese in Nauders untermauert. Werden solche Flächen übermäßig gedüngt und gemäht, nimmt die Artenvielfalt von durchschnittlich 48 auf 16 Arten ab. Dabei werden die niedrigwüchsigen Kräuter und Gräser vor allem durch hochwüchsige Allerweltsarten (z.B. Löwenzahn, Reit- und Knäulgras) verdrängt.

Auch die Brachlegung reduziert durch die einsetzende natürliche Wiederbewaldung die Artenvielfalt drastisch. Wollen wir artenreiche Wiesen erhalten, so muss diese wirtschaftlich nicht rentable Nutzungsform gefördert werden.

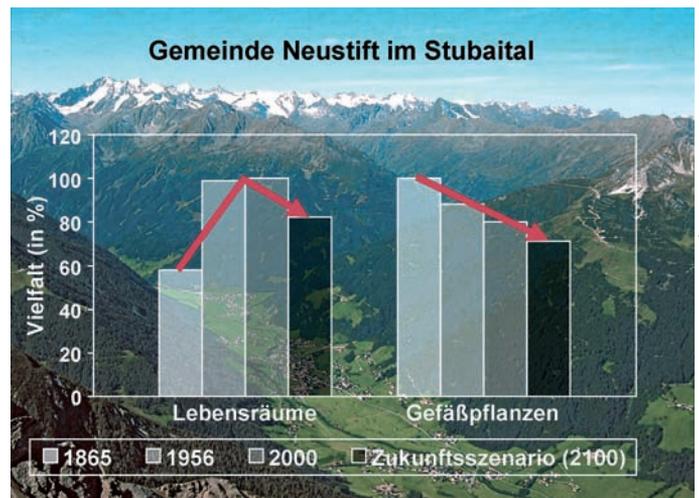


Drei grundlegende Entwicklungen bedingen die **Veränderungen der Biodiversität**:

(a) Die zunehmende Intensivierung bzw. Spezialisierung der Landwirtschaft auf Gunstlagen führt dazu, dass der Ackerbau an Bedeutung verliert und großflächig nur mehr artenarme Fettwiesen anzutreffen sind.

(b) Die großflächige Brachlegung von Grenzertragsflächen führt zum Verschwinden von extensiv genutzten Hangwiesen, Lärchenwiesen, Bergmähdern und Almweiden. Durch die natürliche Vegetationsentwicklung (Sukzession) steigt die Biodiversität anfänglich an, es gesellen sich neue Vegetationsformen wie Alpenrosen- und Besenheiden dazu. Mit dem aufkommenden Wald kommt es schlussendlich zu einer deutlichen Abnahme der Biodiversität.

(c) Durch den Temperaturanstieg von ca. 1.6°C seit 1860 haben sich die Gletscher und Schneefelder großflächig zurückgezogen. Pflanzen besiedeln langsam die frei werdenden Flächen. In Bezug auf die Biodiversität bedeutet dies, dass artenarme Pflanzenbestände durch artenreichere ersetzt werden. Auf der anderen Seite verlieren manche hochalpinen Pflanzen ihren Lebensraum (siehe Seite 103).



Was bedeuten diese Entwicklungen für ein ganzes Alpenal? Die **Abbildung** liefert dazu einen Hinweis: Die dargestellte Lebensraumvielfalt gibt die Anzahl der Lebensräume im Raum an. Ist der Wert hoch, sind durchschnittlich mehr unterschiedliche Lebensräume zu finden (Maximalwert = 100%). Die Lebensraumvielfalt steigt zunächst durch die Brachlegung von landwirtschaftlichen Flächen und deren natürliche Sukzession zwischen 1865 und 1956 an, erreicht dann ein Plateau und wird - unter der Annahme, dass sich die Entwicklung der vergangenen 20 Jahren fortsetzt - stark abnehmen. Diese Abnahme wird von der großflächigen Wiederbewaldung und vom klimatisch bedingten Verlust an hochalpinen Lebensräumen verursacht. Im Gegensatz zur Lebensraumvielfalt nimmt die mittlere Artenzahl bereits seit 1865 kontinuierlich ab. Der Grund dafür liegt im großflächigen Verschwinden der extensiv genutzten Landwirtschaftsflächen, die zu den artenreichsten Habitaten im Alpenraum gehören. Alle Indikatoren prognostizieren auch in Zukunft eine Abnahme der Biodiversität. Der Alpenraum wird aber trotzdem der Biodiversitäts-Hotspot in Europa bleiben.



Nach der Aufgabe der Mahd und der Beweidung wandern vermehrt Zwergsträucher in die Flächen ein. Im Laufe der Zeit häuft sich organisches Material an der Bodenoberfläche an. Auch die Menge und die Qualität der Nahrung für die **Bodenfauna** verändern sich. Die anspruchsvollen Regenwürmer (links) verschwinden zunehmend und damit verringert sich der Abbau des anfallenden Pflanzenmaterials. Regenwürmer erledigen nämlich die Grobarbeit im Zersetzungsprozess. Auf der anderen Seite nimmt die Artenvielfalt in der Bodenfauna erheblich zu (rechts): Tausendfüßler und Insektenlarven treten an ihre Stelle. Damit kommt es nach Brachlegung von Almflächen zu starken strukturellen Änderungen im Boden (siehe auch Seite 67).



Für das Entstehen von **Translationsbodenrutschungen** (Blaiken) sind natürliche Faktoren wie Exposition, Hangneigung und Bodentiefe, aber auch die Bewirtschaftung ausschlaggebend. Traditionell genutzte Landwirtschaftsflächen sind deutlich weniger erosionsgefährdet als übermäßig gedüngte Mähwiesen oder Brachflächen. Dabei ist es jedoch nicht die Nutzung an sich, die zu einer Veränderung des Erosionsrisikos führt, sondern vielmehr die damit direkt oder indirekt verbundenen Vegetations- bzw. Bodenveränderungen. Gerade eine extensive Nutzung bedingt eine besonders starke und tiefgründige Durchwurzelung des Bodens (ca. 60-80 cm Wurzeln unter 1 m² Boden) und einen günstigen Bodenaufbau.



Für **Lawinenabgänge** spielt neben der Schneemächtigkeit, der Hangneigung und der Exposition, auch die Bewirtschaftung im Anbruchgebiet eine entscheidende Rolle. So ist ein deutlicher Anstieg von Lawinenanrissen auf brachgelegten Almflächen zu erkennen. Der Grund dafür liegt in der Vegetationszusammensetzung: Auf Brachen entwickeln sich im Laufe der Zeit artenarme, langhalme Gras- und Zwergstrauchbestände, die eine ideale Gleitschicht bieten. Erst mit dem Aufkommen der hochwüchsigen Alpenrosen und einzelnen Jungbäumen nimmt die Gefahr wieder ab. Durch das erhöhte Lawinenrisiko gefährdet damit der massive Brachlegungsschub im Almbereich zumindest mittelfristig den Dauersiedlungsraum im Tal.



Fossile Riffe
Reste einer tropischen
Vergangenheit
Karl Krainer



Wer kennt nicht die bunten tropischen Riffe, die zu den komplexesten Lebensräumen unseres Planeten zählen. Paradoxerweise sind die für das Riffwachstum notwendigen Nährstoffe knapp, da frei gewordene Ressourcen sofort wieder in Kreisläufe eingespeist werden. Aus diesem Grund konnte sich in den Riffen eine so vielfältige und reich strukturierte Lebensgemeinschaft entwickeln. Riffe im geologischen Sinne sind räumlich begrenzte Körper aus Karbonatgestein, die aus sessilen, gerüstbildenden Organismen wie Korallen, Algen und Schwämmen bestehen. Es sind wellenresistente Strukturen im Flachwasserbereich, häufig gegliedert in Hauptriff (Riffkern), Vorriff mit Riffabhang zum offenen Meer so wie Rückriff (Hinterriff) mit Lagune zum Land hin.

Fossile Riffe finden wir heute oft weit weg von den flachen tropischen Meeresbereichen, stellenweise sogar im Hochgebirge, wie in den Nördlichen Kalkalpen. Diese fossilen Riffe, die vor mehr als 200 Millionen Jahren entstanden sind, wurden im Zuge der Gebirgsbildung mit den mächtigen Gesteinspaketen der Erdkruste über den Meeresspiegel herausgehoben, verfault und deckenartig übereinander gestapelt.

Riffe im weitesten Sinne gibt es seit ungefähr 2 Milliarden Jahren. Sie haben sich erst im Lauf der Jahrmillionen zu einem so komplexen Lebensraum entwickelt und sind in dieser Form ungefähr seit der Triaszeit (vor 230 - 195 Millionen Jahre) bekannt. Sind es heute Korallen und Algen, die zusammen mit einer großen Zahl an tierischen und pflanzlichen Organismen die tropischen Riffe aufbauen, so waren es in der Vergangenheit andere Organismen, zunächst Cyanobakterien (Blaualgen), die ältesten noch vorkommenden Lebewesen, die die sogenannten Stromatolithen aufgebaut haben. Später waren es vor allem Schwämme, Bryozoen (Moostierchen), Muscheln und die muschelähnlichen Brachiopoden. Die ersten Riffe in den Alpen, an denen neben Schwämmen auch Korallen beteiligt und die den heutigen Riffen schon ähnlich waren, gab es im Devon (vor 405 - 350 Millionen Jahre). Sie bildeten ausgedehnte „Korallen-Stromatoporen-Riffe“. Diese Riffe zeigten bereits eine typische Zonierung mit einer Pionier-Fauna aus zerbrechlichen, stockartigen, verzweigten Korallen, die flache hügelartige Strukturen bildeten. Die Pionier-Fauna wurde von flach wachsenden, halbkugelförmigen Bodenkorallen (tabulaten Korallen) und koloniebildenden Korallen überkrustet. Schließlich ist das Riff bis zum Meeresspiegel gewachsen und wurde von Algen und Schwämmen (Stromatoporen) überkrustet. Das Riff wurde auch von zahlreichen anderen Organismen besiedelt: von muschelähnlichen Brachiopoden, Muscheln, Schnecken, Seelilien, Moostierchen und anderen. Im Jungpaläozoikum (Oberkarbon - Unterperm; vor ca. 310 - 270 Millionen Jahren) bildeten sich in den flachen warmen Schelfmeeren verbreitet „Algenriffe“ aus bis zu mehreren Zentimeter großen, ästchenförmig wachsenden Kalkalgen, die oft in dichten Büscheln den Meeresboden besiedelten. Algenriffe konnten bis zu mehrere Meter hoch werden. Sehr gut erhaltene fossile Algenriffe findet man in den Karnischen Alpen.

Ein fossiles Riff befindet sich am Hafelekar im Bereich der Nordkette nördlich von Innsbruck. Dieses Riff entstand in der mittleren Trias vor ca. 235 Millionen Jahren im oberen Abschnitt des Wettersteinkalkes. Das Riff zeigt eine deutliche Zonierung in Vorriffbereich, zentraler Riffkörper, Rückriff und Lagune mit jeweils charakteristischen Fossilvergesellschaftungen. Riffbildende Organismen waren Korallen, Kalkschwämme und Hydrozoen (Nesseltiere).

In der Unterkreide (vor 137 Millionen Jahre) haben sich verbreitet Korallenriffe entwickelt, die zusammen mit Foraminiferen, Moostierchen, Algen, Schnecken, Rudisten (Muscheln) und anderen Organismen ausgedehnte Riffkomplexe bildeten. In der mittleren Kreide wurden die Korallen-

Abbildung auf Seite 53: Gegliederte Kalkschwämme aus der mittleren Trias der Nördlichen Kalkalpen (Hochkönig, Salzburg). Bei diesen Kalkschwämmen handelt es sich um eine bestimmte Gruppe von Schwämmen, die festsitzend am Untergrund lebten und ein segmentiertes Kalkgerüst besaßen. Die meisten Schwämme bauten ein Skelett aus kalkigen oder kieselligen Nadeln, die als „Schwammnadeln“ oder „Spiculae“ bezeichnet werden. Das Kalkgerüst wurde oft noch von anderen Organismen, vor allem von „Algenkrusten“ überwachsen, so dass ein riffähnliches Gerüst entstehen konnte. In der Trias waren Kalkschwämme neben den Korallen wichtige riffbildende Organismen. Einzelne Kalkschwämme in den Triasriffen sind bis über 20 cm lang.

riffe zunehmend von Rudisten verdrängt. Rudisten waren ungewöhnliche Muscheln mit ungleichklappigem, spiralförmigem Gehäuse, die bis zu 2 m groß werden konnten. Mit ihren robusten Schalen waren sie gut an starke Wasserbewegung angepasst. Sie wuchsen in dicht gedrängten Kolonien, verdrängten die meisten anderen Organismen und bildeten in der Oberkreide (vor ca. 70 - 90 Millionen Jahren) in den damaligen warmen Flachmeerbereichen der Tropen und Subtropen richtiggehende „Rudistenriffe“. Rudisten sind gegen Ende der Kreide ausgestorben. Fossile Rudistenriffe sind auch in den Kreideablagerungen der Nördlichen Kalkalpen erhalten, beispielsweise im Bereich von Brandenburg nördlich von Kramsach („Atzl-Riff“).

Foraminiferen: Im freien Wasser oder am Boden lebende einzellige Lebewesen mit gekammerten Schalen, die von Bruchteilen eines Millimeters bis mehrere Zentimeter groß werden können (siehe Abbildung auf der nächsten Seite).

Brachiopoden: Muschelähnliche Tiere mit zwei unterschiedlichen Schalenhälften, die aber nicht mit Muscheln verwandt sind.

Moostierchen (Bryozoen): Bilden krusten- oder bäumchenartige Kolonien aus mikroskopisch kleinen Tieren mit Schale. Die Einzeltiere übernehmen unterschiedliche Funktionen.

Seelilien: gestielte Stachelhäuter mit fünf (oder einem Mehrfachen von fünf) gegliederten Armen.

Die steile Felswand der Steinplatte (1.869 m) nördlich von Waidring in Tirol wird aus einem massigen Kalk eines fossilen **Korallenriffes der Obertrias** (Oberrhätischer Riffkalk) aufgebaut.

Nach Norden (links im Bild) wird das Riff dünner und geht über den Riffabhang in die Beckensedimente der Kössener Schichten über. Der Riffabhang besteht aus Riffschutt. Während starker Stürme sind Teile des Riffs zerstört worden, die Riffbruchstücke wurden am Riffabhang abgelagert. Einzelne, zum Teil über 1m große Riffbruchstücke sind bis in das angrenzende Becken transportiert worden. Während das Riff im Bereich des Meeresspiegels lag, betrug die Wassertiefe im Becken 100 bis 120 m.



Riffkalk von der Steinplatte (siehe Bild oben) mit **Korallenstöcken**.

Hauptriffbildner war die Koralle *Thecosmilia*, die bis zu über 1m große, oft dicht nebeneinander wachsende Kolonien gebildet hat. Neben den Korallen waren auch Kalkschwämme und Kalkalgen wesentlich am Aufbau der Riffe beteiligt. Das Riff war auch von zahlreichen anderen Organismen besiedelt, von denen allerdings nur wenige fossil erhalten sind. Im Mikroskop sind im Riffkalk noch viele, oft mikroskopisch kleine Fossilreste wie beispielsweise Foraminiferen, Reste von Seelilien, Schnecken, Muscheln und verschiedene Kalkalgen zu erkennen. Von Fischen sind nur einzelne Zähne oder Schuppen erhalten.





Kleine Korallenstöcke von *Thecosmilia* im Oberrhätischen Riffkalk, Steinbruch bei Adnet südöstlich von Salzburg. Der Hohlraum zwischen den Korallenästen ist mit feinem Kalkschlamm gefüllt. Dieser Schlamm entstand aus den Kalkskeletten und Schalen abgestorbener Organismen, die zu feinem Kalkschlamm zerfallen sind. Auch durch bohrende Tätigkeit einzelner Organismen wird Kalkschlamm gebildet. Offener Hohlraum wird dagegen mit Kalzitcement ausgefüllt, der aus kalziumreichen Porenlösungen nach der Ablagerung der Sedimente im Hohlraum ausgefällt wird. Rechts im Bild ist eine mit rotem Sediment gefüllte Spalte erkennbar, die nach der Verfestigung des Kalkes entstand.



Dolomitgestein mit **versteinerten Mikrobenmatten (Stromatolithen)** (ca. 1 Milliarde Jahre alt). Stromatolithen zählen zu den ältesten Organismen unseres Planeten und sind seit ca. 3,5 Milliarden Jahren bekannt. Stromatolithen sind unregelmäßig laminierte Karbonatgesteine, die auf die Aktivität von Biofilmen (Cyanobakterien) zurückzuführen sind. Es sind dünne organische Filme, die überwiegend aus Mikroorganismen und untergeordnet Kalkschlamm bestehen. Die schleimartigen Filme fangen und binden auch Kalkschlamm, so dass laminierte Strukturen entstehen. An wenigen Stellen entstehen auch heute noch Stromatolithen wie in der Shark Bay in Westaustralien. (Bildbreite ca. 20 cm)



Mikroskopische Dünnschliffaufnahme eines Kalkes aus einem **Algenriff in den Karnischen Alpen** (Auernigschichten, ca. 300 Millionen Jahre alt). Die Kalkalgen besiedelten den Meeresboden in oft dichten Beständen, sie wurden bis zu mehrere cm groß. Da sie sehr zerbrechlich waren, konnten sich Algenriffe nur in den flachen, gut durchlichteten, vor stärkerer Wasserströmung und Welleneinwirkung geschützten Schelfmeeren bilden.

Die bräunlich gefärbte Kalkalge wird teilweise von algenähnlichen Organismen (schwarz) umkrustet. Rechts unten ist eine Großforaminifere (Fusulinide) erkennbar. Algen und Foraminiferen sind im verfestigten Kalkschlamm eingebettet. (Bildbreite 6 mm)



Bäume als Zeugen der Klima- und Umweltgeschichte

Walter Oberhuber



Bäume erreichen das höchste Alter aller Lebensformen auf der Erde und können extremsten Umweltbedingungen über Jahrhunderte trotzen. Das bisher höchste Baumalter von nahezu 4.900 Jahren wurde bei Borstenkiefern festgestellt, die auf trockenen und nährstoffarmen Standorten im Westen Nordamerikas bis zu 3.500 m Meereshöhe verbreitet sind. Auch die Baumriesen der Küsten- und Riesenmammutbäume können bis über 3.000 Jahre alt werden. Die heimischen Baumarten Zirbe, Lärche, Eibe, Eiche und Linde gelten ebenfalls als ausgesprochen langlebig, überschreiten jedoch nur in Einzelfällen ein Lebensalter von 1.000 Jahren. Sofern keine Stammfäule auftritt, lässt sich das Alter der Bäume durch das Abzählen der im Holz ausgebildeten Jahrringe erfassen.

Bäume zeichnen in ihrem Holz nicht nur ihr Alter auf, sondern in der Variabilität von Jahrringeigenschaften wie Breite, Dichte und Struktur ist auch eine Bilanz der Klima- und Umweltgeschichte vergangener Jahrzehnte bis Jahrhunderte niedergelegt. So weisen Bäume, die unter vergleichbaren Standortbedingungen gedeihen, aufgrund des starken Einflusses der Klimafaktoren Temperatur und Niederschlag auf Wachstumsprozesse eine hohe Übereinstimmung in den Jahr-zu-Jahr wechselnden Jahrringbreiten auf. Dieser Umstand ermöglicht auch die jahrgenaue dendrochronologische Datierung der Errichtung historischer Holzbauten.

Der Begriff **Dendrochronologie** (aus dem Altgriechischen: *dendron* = Baum, *chronos* = Zeit, *logos* = Lehre) wurde vom amerikanischen Astronomen Andrew Ellicott Douglass (1867-1962) geprägt, der anhand von Jahrringen einen Zusammenhang zwischen dem Erdklima und der Sonnenaktivität suchte. Er entwickelte eine spezielle Methode der Synchronisierung von Jahrringreihen („*cross-dating*“), wodurch die gemeinsame zeitliche Deckungslage zweier Jahrringreihen festgelegt und die korrekte jahrgenaue Datierung eines jeden Zuwachsrings überprüft werden kann. Auf Basis dieser Methodik ist durch die Heranziehung historischer Bauhölzer sowie gut erhaltener Baumstämme aus Mooren, Flussschottern, Hangsedimenten oder Moränen bei überlappenden Lebenszeiten der Bäume der Aufbau jahrtausendelanger Jahrringreihen (= Jahrringchronologien) möglich. Die längste lückenlose Jahrringchronologie umfasst derzeit einen Zeitraum von über 12.000 Jahren und wurde vorwiegend an Hand von Eichenstämmen aus dem süddeutschen Raum erstellt.

Nach Eichung der Jahrringbreiten- bzw. Dichteschwankungen mit gemessenen Klimadaten können unter Anwendung mathematischer Funktionen die entsprechenden Klimavariablen (z.B. Sommer-temperatur oder Frühjahrsniederschlag) einer Region rekonstruiert werden. Während instrumentelle Klimabeobachtungen nur vereinzelt bis in das 19. Jh. zurück reichen, liefern Jahrringreihen eine lückenlose Darstellung natürlicher, d.h. ohne menschliche Beeinflussung bestehender, lang- und kurzfristiger Klimaschwankungen für mehrere Jahrtausende. Die Forschungsrichtung, die sich mit der Rekonstruktion der Klimaverhältnisse auf Basis von Jahrringen beschäftigt, wird als **Dendroklimatologie** bezeichnet. Obwohl der überwiegende Anteil von Jahrringstudien auf der Untersuchung von Baumringen basiert, bilden auch Sträucher und Zwergsträucher vielfach deutlich erkennbare Jahrringe aus und eignen sich somit ebenfalls für die Erfassung von Umweltveränderungen. In tropischen und subtropischen Regionen mit einem tageszeitlich geprägten Klima wird hingegen das Pflanzenwachstum im Allgemeinen nicht durch eine jährliche Rhythmik gesteuert, so dass ein Aufbau von Jahrringchronologien bzw. eine Erfassung der Variabilität von Umweltfaktoren mittels dendrochronologischer Verfahren in diesen Gebieten nur begrenzt möglich ist.

Abbildung auf Seite 57: Zirbe (*Pinus cembra*) nahe der Waldgrenze: Aufgrund des globalen Klimawandels und der besonderen Schutzfunktion, die der Wald im Alpenraum ausübt, ist das Wissen um die Reaktion heimischer Baumarten auf Umweltveränderungen von größter Bedeutung. Anhand des im Holz der Bäume gespeicherten natürlichen Datenarchivs können die Empfindlichkeit gegenüber Klimaextremen, gegenwärtige Wachstumstrends sowie Umweltereignisse wie Hangrutschungen, Waldbrände, Grundwasserspiegelschwankungen oder Schädlingsbefall jahrgenau und rückblickend erfasst werden. Mehrhundertjährige Baumveteranen stellen somit ein wertvolles und unschätzbare Archiv für die Klima- und Umweltforschung dar, deren Wachstumsschwankungen in der Vergangenheit auch Aussagen über die zukünftige Entwicklung unserer Wälder ermöglicht.



Jährliches Baumwachstum: Die auf Stammquerschnitten erkennbaren Jahrringe – hier ein Ausschnitt aus dem Stammholz einer Fichte (*Picea abies*) – stellen den radialen Holzzuwachs während der Wachstumsperiode vom Frühjahr bis Herbst dar. Das Jahrringwachstum erfolgt durch ein spezielles Gewebe – das Kambium – welches rings um den Stamm unterhalb der Rinde liegt. Die scharf ausgebildeten Jahrringgrenzen entstehen als Folge der unterschiedlichen Struktur des an Beginn und Ende der Wachstumsperiode produzierten Früh- bzw. Spätholzes. Die Unterbrechung des Jahrringwachstums und die Einschaltung einer Ruhephase werden in den gemäßigten Klimazonen durch tiefe Temperaturen erzwungen.

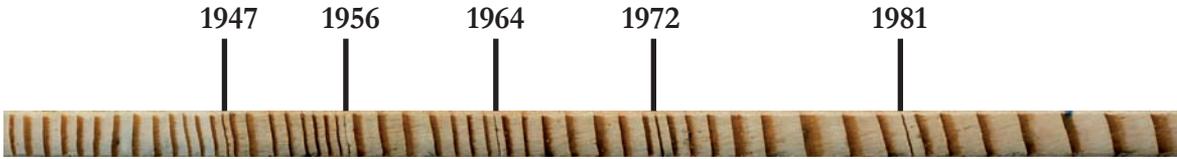
Entnahme eines Bohrkernes:

Als Grundlage für Jahrringuntersuchungen dienen Stammscheiben bzw. vielfach Bohrkern. Letztere werden mit einem Hohlbohrer in Brusthöhe entnommen und weisen einen Durchmesser von ca. 5 mm auf. Dieser Eingriff führt zu keiner nachhaltigen Beeinträchtigung der Vitalität, da der Baum diese Verletzung in kurzer Zeit zu verschließen vermag. In der Folge wird die Oberfläche der Bohrkern quer zur Faserrichtung fein angeschliffen oder geschnitten, um die Jahrringgrenzen deutlich erkennen zu können. Die computerunterstützte Erfassung der Jahrringbreiten erfolgt unter 50facher Vergrößerung mit einer Auflösung von einem hundertstel Millimeter.



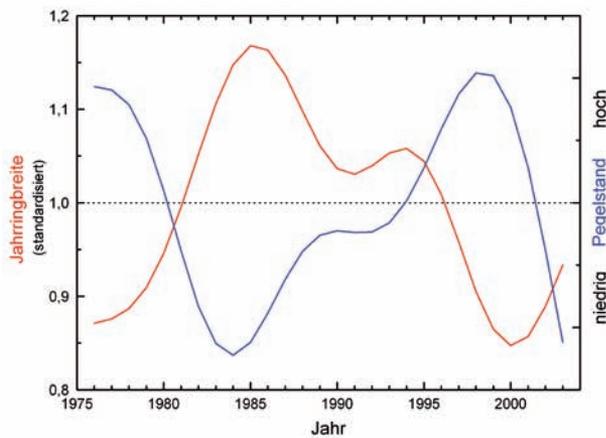
Dürre und Baumsterben: Eine ausreichende Wasserversorgung während der Vegetationszeit zählt zu den wesentlichen Voraussetzungen des Baumwachstums. Dementsprechend zeigen Schwankungen der Jahrringbreiten der in inneralpinen Trockentälern (z.B. Oberinntal) verbreiteten Rotkiefer (*Pinus sylvestris*) eine enge Beziehung zur Niederschlagsmenge im Frühjahr. Das ermöglicht auf Basis von Jahrringreihen die Rekonstruktion von historischen Dürreperioden. Nach aufeinanderfolgenden Trockenjahren nimmt die Widerstandskraft der Rotkiefer gegenüber Schadorganismen ab. Bei künftigen Dürreperioden während der Wachstumszeit als Folge der weltweiten Klimaerwärmung ist mit zunehmendem Kiefernsterben zu rechnen.





Nachweis des Lärchenwicklerbefalls anhand eines Bohrkernes:

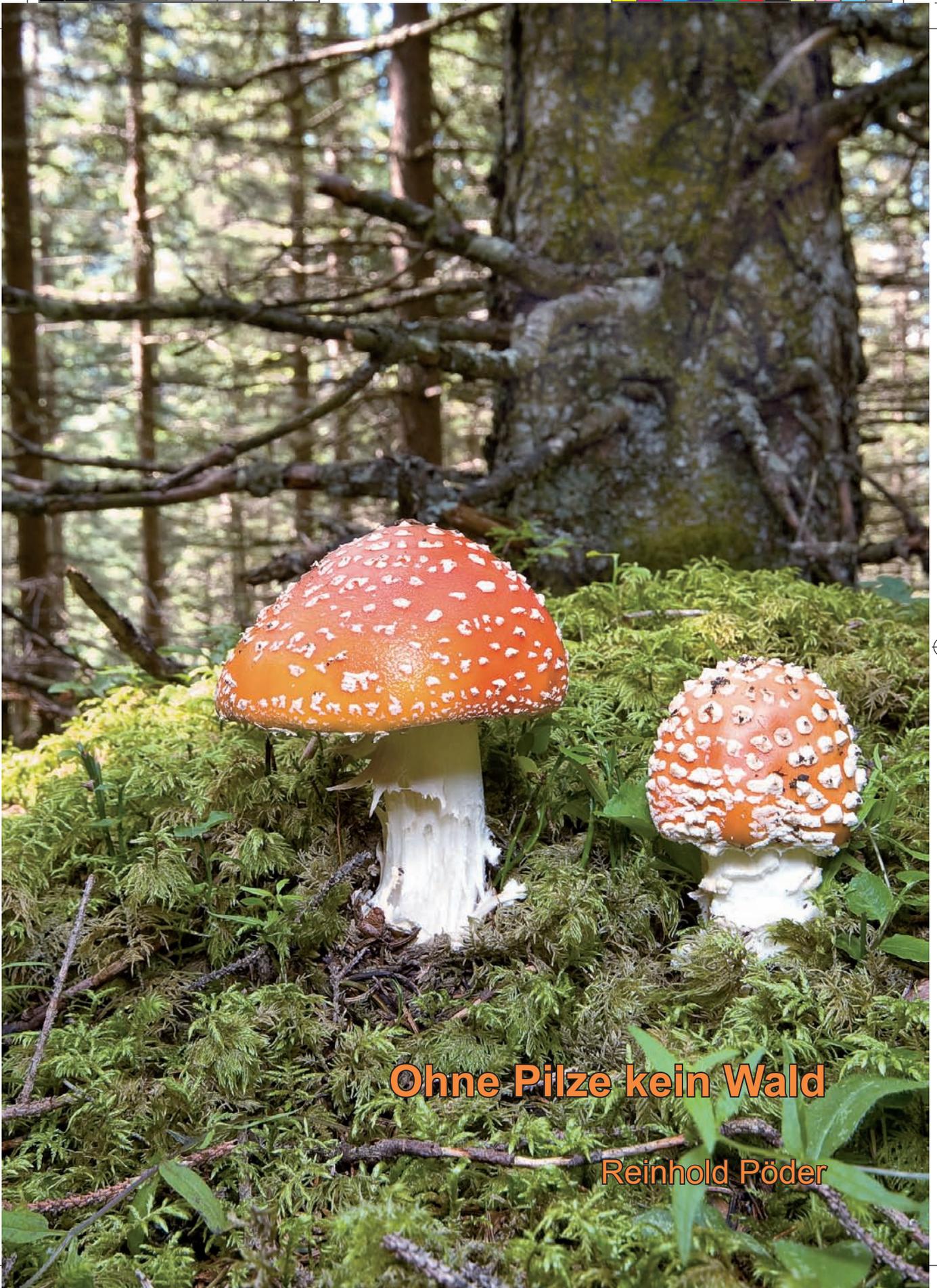
Die Jahrringbildung wird neben klimatischen Faktoren auch durch Schädlingsbefall stark beeinflusst. Zum Beispiel rauben die zyklisch etwa alle 8 Jahre auftretenden Massenvermehrungen der Larven des Grauen Lärchenwicklers (*Zeiraphera diniana*, ein Schmetterling) der Lärche (*Larix decidua*) durch den Kahlfraß der Nadeln die Kohlenstoffproduktionsstätten. Die Lärche bildet zwar noch im selben Jahr einen weiteren Nadeljahrgang aus, kann jedoch den Verlust in der verbleibenden Vegetationszeit nicht wettmachen, so dass nur ein schmaler Jahrring mit wenigen dickwandigen Spätholzzellen ausgebildet wird. Die Erstellung jahrhundertelanger Wachstumszeitreihen ermöglicht die Rekonstruktion historischer Massenvermehrungen des Lärchenwicklers und die Analyse der Wechselwirkung mit Klimaveränderungen.



Wasserpegelschwankungen beeinflussen die Jahrringbildung:

Am Oberlauf des Lech dominiert auf den nur bei extremen Hochwässern überfluteten Flussterrassen die Rotkiefer (Bild unten). Sie bildet auf den flachgründigen zur Austrocknung neigenden Kalkschotterböden lichte, schlechtwüchsige Bestände, sogenannte Kieferntrockenauwälder aus. Es zeigte sich eine Beziehung zwischen den Pegelständen des Lech im Frühjahr und Sommer und den Jahrringbreiten: Ein hoher Wasserpegel während der Wachstumsperiode führt zu verringertem Dickenwachstum, verursacht durch den Sauerstoffmangel im Wurzelbereich, der in Folge hoher Grundwasserstände entsteht.





Ohne Pilze kein Wald

Reinhold Pöder



Bäume bzw. Wälder haben den Menschen seit jeher fasziniert und dabei Eingang in seine Denkweisen, Rituale und mythologischen Vorstellungen (vgl. Stammbaum, Weihnachtsbaum, Baum der Erkenntnis) gefunden. Auch der praktische Nutzen von Wäldern ist enorm: Neben ihrem Erholungswert liefern sie uns beispielsweise Holz als Bau- oder Brennmaterial, Nahrungsmittel wie Beeren und Pilze und als Schutzwälder bewahren sie unsere Siedlungsgebiete vor Naturgefahren wie Lawinen- und Murenabgängen. Gesunde Wälder sind komplexe, artenreiche Ökosysteme, die – global gesehen – neben den Weltmeeren die einzig wirksame natürliche Kohlendioxidsenke darstellen und große Mengen an Sauerstoff produzieren. (Sie nützen das atmosphärische Treibhausgas CO₂ als Kohlenstoffquelle für ihr Wachstum und geben dabei O₂ an die Luft ab.)

Entgegen früherer Annahmen sind **Pilze keine Pflanzen**. Sie werden heute aufgrund ihrer Stoffwechseleigenschaften und den Ergebnissen von DNA-Analysen einem eigenständigen Reich zugeordnet (Regnum Fungi). Mehrzellige Tiere (Metazoa) – dazu gehören auch wir Menschen – und Pilze lassen sich auf gemeinsame Vorfahren zurückführen. Die aktuelle Systematik unterscheidet acht Phyla (Stämme) „echter“ Pilze. Unter den bisher ca. 100.000 beschriebenen Arten – die geschätzte tatsächliche Diversität beträgt zumindest 1,5 Mio. Arten – befinden sich einzellige bis tonnenschwere Individuen von großer Formenvielfalt. Alle bekannten Ökosysteme sind mit Pilzen besiedelt.

Zirka 10 % der Erdoberfläche (51 Mio. km²) **sind von Wäldern bedeckt**. Jeder einzelne Baum in diesen Wäldern steht in vielfältigem, direktem oder indirektem Kontakt zu Pilzen: Vertreter tausender Arten saprobischer Pilze ernähren sich von abgestorbenem organischen Material und sind somit für einen effektiven Nährstoffkreislauf in Waldökosystemen unverzichtbar. Der Großteil des jährlich anfallenden toten Pflanzenmaterials (z.B. Totholz, Blätter, Nadeln) sowie tierische Abfallprodukte (Dung, Haare, Horn) werden von Pilzen abgebaut. Gemeinsam mit Klein- und Kleinstlebewesen (Meso- und Mikrofauna) und Bakterien sorgen sie für die Humusbildung (siehe Seite 67).

Parasitische Pilze (z.B. Braun- und Weißfäuleerreger) sorgen dafür, dass „die Bäume nicht in den Himmel wachsen“. Sie sind vorwiegend Schwächeparasiten, die kranke oder in ihrer Widerstandskraft geschwächte Bäume befallen und damit für ein rasches Recycling wertvoller Biomasse sowie für die Schaffung neuer Lebensräume sorgen. (Spechte zum Beispiel bevorzugen morsche Bäume zum Höhlenbau.)

Eine herausragende, universelle Rolle in Waldökosystemen spielen **symbiotische Beziehungen zwischen Pilzen und Pflanzen**. Insbesondere die als „Ektomykorrhiza“ (gr. ektos = außerhalb, mykos = Pilz und rhiza = Wurzel) bezeichneten Symbiosen – aufgrund unterschiedlicher Kombinationen von Pilz- und Pflanzenpartnern werden mehrere Typen unterschieden – sind von essentieller Bedeutung für eine gesunde Entwicklung von Waldbäumen. Das ausgedehnte Pilzmyzel, ein Netzwerk aus Hyphen (fadenförmig aneinander gereihte, nur wenige tausendstel Millimeter dünne Pilzzellen) verbindet die Feinwurzeln der Bäume, auch solche verschiedener Baumarten. Dieses Myzelnetzwerk wurde deshalb von ExpertInnen in Anlehnung an das Internet-Akronym „www“ als „wood-wide web“ bezeichnet. Bei Ektomykorrhizen dringen Pilzhypen in die Feinwurzelspitzen des Pflanzenpartners ein und umwachsen deren Zellen (Rindenparenchymzellen), jedoch ohne in diese einzudringen. Zusätzlich wird um die gesamte Wurzelspitze ein dichtes Hyphengeflecht, ein so genannter Pilzmantel gebildet. Dieser intime Kontakt mit Anschluss an ein sich häufig über große Flächen erstreckendes Myzelnetzwerk – individuelle Myzelien können sich über quadratmeter- bis

Abbildung auf Seite 61: Fliegenpilz (*Amanita muscaria*): Dieser Blätterpilz ist in vielerlei Hinsicht ungewöhnlich. Er ist ein potenter Mykorrhizapilz, der mit vielen Nadel- und Laubbäumen eine Partnerschaft eingehen kann. Die Fruchtkörper enthalten die psychoaktiven bzw. neurotoxischen Substanzen Ibotensäure und Muscimol. Es sind diese Inhaltsstoffe, und vielleicht seine prächtige Färbung, die seit Jahrtausenden für seine Mystifizierung sorgen: Er ist ein Glücksbringer und der „Göttliche Pilz der Unsterblichkeit“. Neueren Erkenntnissen zufolge töten seine Inhaltsstoffe Fliegen nur indirekt: Die Neurotoxine bewirken Koordinationsstörungen, wodurch viele Fliegen in der mit Fliegenpilz versetzten, süßen Milch ertrinken.

mehrere hektargroße Flächen ausdehnen – ermöglicht den Bäumen eine extreme Verbesserung ihrer Nahrungsaufnahme sowie Schutz vor pathogenen Bodenorganismen. Die Mykorrhizapilze liefern den Bäumen Wasser und andere lebenswichtige Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphat, Schwefel, Kalium, Kalzium und Mikronährelemente (z.B. Eisen, Mangan, Kupfer). Im Gegenzug werden sie von ihren Baumpartnern mit Kohlenhydraten (Zucker aus der Photosynthese) versorgt. Die Anzahl der Ektomykorrhizapilze wird derzeit auf 4.000 bis 6.000 Arten geschätzt, zu denen auch jene Pilze zählen, deren Fruchtkörper als beliebte Speisepilze gelten: Steinpilze, Pfifferlinge, Milchlinge (Reizker) und auch verschiedene Trüffel. Vorsichtigen Schätzungen zufolge werden weltweit jährlich mehrere Millionen Tonnen von Wildpilzen für Speisezwecke geerntet. Aufgrund ihrer komplexen Lebensansprüche als Symbiosepartner können diese Pilze (noch) nicht kommerziell gezüchtet werden.

Die oben geschilderte Symbiose ist für montane und alpine Wälder von besonderer Bedeutung. Massive Störungen dieser komplexen Beziehungen würden die Waldgrenze im Alpenraum auf 1.500m senken. Wiederaufforstungen (vgl. Schutzwälder), insbesondere in Extremlagen, gelingen ohne die Beimpfung mit geeigneten Pilzpartnern meist nicht. Die durch ihre Symbiosepartner vermittelte Toleranz der Bäume gegenüber biotischem und abiotischem Stress (Schadorganismen, Nährstoffmangel, Klimaveränderungen) würde abnehmen und zu ausgedehnten Waldschäden führen.

Pilzmyzel: Dargestellt ist ein sich fächerförmig ausdehnendes Oberflächenmyzel eines holzabbauenden Pilzes. Die einzelnen, verschieden dicken Myzelstränge des Fächers bestehen aus hunderten von mikroskopisch dünnen Einzelhyphen (fadenförmig angeordnete Pilzzellen) und können somit auch mit freiem Auge beobachtet werden. Im Allgemeinen lebt der Großteil eines Myzels im jeweiligen Substrat verborgen (z.B. Boden, Holz). Ein Gramm (Frischgewicht) solcher Hyphen (Hyphendurchmesser: 0,005 mm) hat eine Gesamtlänge von 51 km und bietet eine stoffwechselaktive Oberfläche von 0,8 Quadratmetern zur Nahrungsaufnahme. (Nährstoffe in der unmittelbaren Umgebung werden in Moleküle zerlegt und absorbiert.)



Die ledrig-zähen Fruchtkörper der **Schmetterlingstramete** (*Trametes versicolor*) erscheinen vorwiegend auf Totholz von Laubbäumen, z.B. auf abgestorbenen Baumteilen oder Baumstrünken. Er ist ein wichtiger Holzzer-setzer, der durch den Abbau von Lignin eine sogenannte „Weißfäule“ verursacht. Lignin, gemeinsam mit Zellulose, verleiht holzigen Pflanzen ihre Festigkeit und ist damit eine der häufigsten organischen Verbindungen, die von Pilzen in den Nährstoffkreislauf zurückgeführt werden. In Extrakten der Schmetterlingstramete wurden antitumorale und das menschliche Immunsystem stärkende Substanzen nachgewiesen, weswegen der Pilz mittlerweile in industriellem Maßstab gezüchtet wird.





Der **Zweifarbige Lederporling** (*Trichaptum biforme*) hat sich auf den Abbau von totem Birkenholz spezialisiert. Er ist einer von ca. 5.000 „Baumpilzen“, die in Mitteleuropa vorkommen. Viele dieser Pilze haben sich über evolutionäre Zeiträume hinweg durch den Erwerb einer besonderen Enzymausstattung auf den Abbau einzelner Substrattypen (z.B. Wachstum nur auf bestimmten Holzarten) spezialisiert. Enzyme sind eine wichtige Klasse von Eiweißstoffen, die allen Lebewesen als „biochemische Werkzeuge“ für ihren Stoffwechsel dienen. Die auffallenden, amethystfarbenen Fruchtkörper werden, leider nicht häufig, nach ausgiebigen Regenfällen im Herbst und Spätherbst gebildet.



Geselliger Glöckchennabeling (*Xeromphalina campanella*): Die Fruchtkörper dieses zierlichen Blätterpilzes (Hutdurchmesser 0,5 bis 2 cm) mit dem etwas barocken deutschen Volksnamen entwickeln sich oft in dutzenden Exemplaren auf vermodernden, bemoosten Fichtenstrünken. Der Pilz fördert damit die Humusbildung. Bereits vor 40 Jahren wurden am Institut für Mikrobiologie an der Universität Innsbruck stark wirksame antibakterielle und antimykotische Substanzen aus diesem unscheinbaren Pilz isoliert, die jedoch beim Menschen wegen toxischer Nebenwirkungen nicht eingesetzt werden können. Nach wie vor bilden Pilze ein riesiges Reservoir für die Entdeckung nützlicher, bioaktiver Inhaltsstoffe.



Der **Birkenporling** (*Piptoporus betulinus*) ist ein Schwächeparasit von Birken. Seine weißlichen Fruchtkörper können bis zu einem Kilogramm schwer werden. Im Zusammenhang mit dem sensationellen Fund einer Gletscherleiche („Ötzi“, „Eismann“) im September 1991 in den Ötztaler Alpen wurden auch zwei, auf kunstvoll gearbeiteten Lederschnüren aufgezogene Fruchtkörperfragmente von Birkenporlingen in der Nähe der Leiche gefunden. Die tatsächliche Verwendung dieser Pilze durch den Eismann ist bis heute ungeklärt: Aufgrund ethnomykologischer Untersuchungen wird eine „medizinisch-spirituelle“ Bedeutung angenommen. Der Pilz produziert eine Reihe von Antibiotika und könnte auch als Schutzamulett gedient haben.



Honiggelber Hallimasch (*Armillaria mellea*): In den Alpen kommen mehrere, schwer unterscheidbare Arten vor: Alle sind essbar. (Abbrühen und Kochwasser verwerfen!) Die Pilze sind gefürchtete Wurzelparasiten von Laub- und Nadelbäumen, können jedoch auch ohne Wirte überleben. Sie gehören zu den größten und ältesten Lebewesen: Ein Myzel eines Individuums von *A. ostoyae* (Dunkler Hallimasch) in Oregon, USA, besiedelt eine Waldfläche von 8,9 km² bis zu 1 m Bodentiefe. Sein Alter wird auf mehrere tausend Jahre, sein Gewicht auf 600 t geschätzt. Im Jahr 2006 wurde von einem Myzel dieses Pilzes im Nationalpark Ofenpass mit 37 ha (= 50 Fußballfelder) berichtet.

Die **Riesenschirmlinge**, einer davon ist der **Parasol** (*Macrolepiota procera*), ernähren sich ausschließlich von totem organischen Material (Saprobionten). Beim Sammeln dieses begehrten Speisepilzes sollte man jedoch darauf achten, dass das Fleisch im Längsschnitt, wie hier abgebildet, weiß bleibt:

Bei ähnlichen, rötenden Riesenschirmlingen, die ebenfalls häufig in Nadel- und Laubwäldern vorkommen (*Chlorophyllum rhacodes*, *C. brunneum*, *C. olivieri*) verfärbt sich das Hut- und Stielfleisch im Schnitt sofort orange-rötlich/safranfarben. Der Genuss rötender Riesenschirmlinge verursacht relativ häufig ernstzunehmende gastrointestinale Störungen (z.B. Brechreiz, Magen- und Bauchkrämpfe).



Der **Steinpilz** (*Boletus edulis*) ist weltweit verbreitet und ein wichtiger Symbiont (Ektomykorrhizabildner) von zahlreichen Laub- und Nadelbäumen. Seine Fruchtkörper sind nicht nur für Vegetarier, sondern auch für omnivore Gourmets ein wertvolles Nahrungsmittel: sie sind kalorienarm (Wassergehalt: 90 % und 85 kJ/100 g), die Proteine enthalten alle essentiellen Aminosäuren, sie sind cholesterinfrei und reich an Ballaststoffen. Noch erstaunlicher ist ihr Gehalt an Mineralstoffen und Spurenelementen (z.B. Natrium, Kalium, Magnesium, Kalzium, Mangan, Eisen, Kobalt, Kupfer, Zink, Phosphor, Fluorid, Jodid, Selen) sowie an Vitaminen: Vitamin E (drei Formen), B1, B2, B3, B5, D2 und sogar Vitamin C.

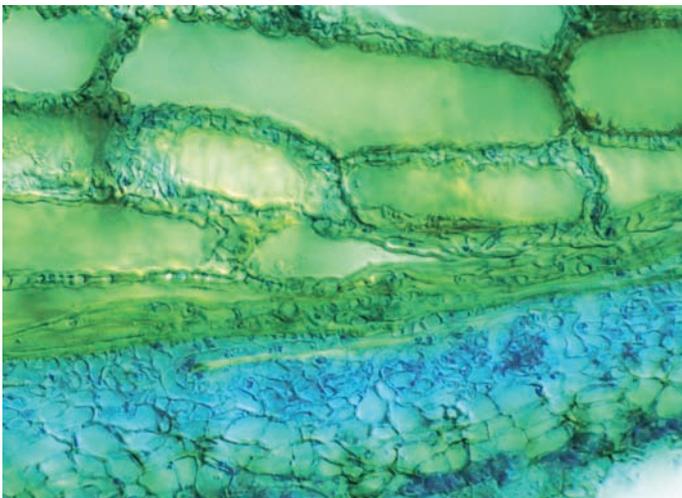




Auch die **Pfifferlinge** (*Cantharellus cibarius*) sind weltweit verbreitete Symbionten von Laub- und Nadelbäumen. Ihre orangefelbe Färbung beruht auf ihrem hohen Gehalt an Karotinoiden, vor allem Beta-Karotin, einer Vorstufe für Vitamin A. Außerdem enthalten sie erhebliche Mengen an Ergocalciferol, ein Vitamin (D₂), das beim Menschen für eine ungestörte Knochenbildung sowie für eine effiziente Regulation der Muskelfunktion sorgt. Pfifferlinge, wegen ihrer besonders gestalteten Hutunterseite auch „Leistlinge“ genannt, sind erstaunlich langlebig: Einzelne Fruchtkörper überdauern bis zu vier Monate an ihrem natürlichen Standort, wobei sie von frühesten Entwicklungsstadien an Sporen produzieren.



Treten die **Hyphen eines Ektomykorrhizapilzes** mit den Feinstwurzeln seines Baumpartners in Kontakt, regen sie diese durch Signalmoleküle (Wachstumshormone) zu stärkerem Wachstum und Verzweigung an. Dargestellt ist eine bäumchenartig verzweigte Feinstwurzel der Fichte mit dutzenden Wurzelspitzen, jede einzelne weniger als 0,5 mm dick, und gänzlich vom Pilzpartner eingehüllt. Das Ausmaß und die unterschiedlichen, oft sehr charakteristischen Formen der Verzweigung werden von beiden Symbiosepartnern beeinflusst: Bei Kiefern kann derselbe Pilz dichotome (gabelige bzw. Y-förmige) Verzweigungen der Feinstwurzeln hervorrufen. Die biochemischen Ursachen für diese Diversität sind noch nicht bekannt.



Mykorrhizierte Wurzelspitze: Ein Längsschnitt durch eine Wurzelspitze der Fichte zeigt im mikroskopischen Bild die wesentlichen Elemente dieser intimen Beziehung. Die feinzellige, z.T. blau gefärbte (Kontrastfarbstoff) Schicht im unteren Bildteil zeigt einen Ausschnitt des Pilzmantels, der die gesamte Wurzelspitze umhüllt. Der Mantel speichert Nährstoffe und schützt die Wurzel vor Schadorganismen. Die netzartige Struktur im oberen Bildteil lässt die in das Wurzelgewebe eingedrungenen Pilzhyphen erkennen, die wie eine feine Perlschnur (Durchmesser 0.003 mm) die Wurzelgewebezellen des Baumpartners umwachsen. An den Kontaktflächen findet der für beide Seiten nützliche Nährstoffaustausch statt.



Die Unterwelt im Tierreich

Erwin Meyer



Im Vergleich zu anderen biologischen Disziplinen ist das Interesse für die Organismen im Boden seit jeher gering. Angesichts ihrer verborgenen Lebensweise im „schmutzigen“ Erdboden, ihrer Kleinheit und meist unspektakulären äußeren Erscheinung ist dies verständlich. Unter ungestörten Bedingungen sind Bodenorganismen sowohl im Aussehen als auch in ihrer Funktion derart vielfältig und zahlreich, dass man beim belebten Boden hinsichtlich seiner Biodiversität sinngemäß vom „tropischen Regenwald des kleinen Mannes“ spricht.

Die ökologische Bedeutung der Bodentiere wird durch ihre Ernährungs- und Lebensweise bestimmt. **Phytotrophe** (z.B. Engerlinge, Schnellkäfer, Schnakenlarven) ernähren sich von lebender Pflanzensubstanz, in erster Linie von Pflanzenwurzeln. Die Nahrungsgrundlage der räuberisch lebenden **Zootrophen** bilden andere Bodentiere. Funktionell am wichtigsten sind die **Saprotrophen** (Springschwänze, Hornmilben, Asseln, Tausendfüßer, bestimmte Insektenlarven, Regenwürmer): In Wechselwirkung mit Bakterien und Pilzen sorgen sie für den Stoffkreislauf, indem sie den pflanzlichen Bestandesabfall abbauen und dadurch die Nährstoffe den Pflanzen wieder verfügbar machen. Die wühlenden und grabenden Bodentiere (Regenwürmer, Tausendfüßer, Insektenlarven) spielen eine Schlüsselrolle bei der Durchmischung (Bioturbation) der organischen und anorganischen Bodenbestandteile, der Aggregatbildung sowie bei der Lockerung und Durchlüftung des Bodens. Kleinere Bodentiere ohne Grabvermögen sind in ihrer räumlichen Verteilung vom vorhandenen Angebot an Mittel- und Grobporen abhängig. Nachdem das meiste organische Material an der Bodenoberfläche anfällt, ist die Besiedlungsdichte der Bodentiere hier am größten und nimmt nach unten hin rasch ab. Gäbe es die Bodenorganismen nicht, entstünden Berge von Laub- und Nadelstreu, die besonders in Wäldern alles ersticken würden. Die Leistungen der Bodenlebewesen sind für den Kreislauf in der Natur essentiell und damit auch für den Landwirt, Forstwirt oder Gärtner.

Regenwürmer (Lumbricidae) zählen zu den bedeutendsten Bodentieren. Man findet sie in allen Böden, die ausreichend Feuchtigkeit bieten, pH-Werte zwischen 4,5 und 6,5 werden bevorzugt. Staunässe schlecht durchlüfteter Böden meiden sie. Während der Winterruhe oder auch zur Überdauerung von Trockenperioden im Sommer rollen sich die Tiere in charakteristischer Weise ein. Regenwürmer sind langlebig, sie können bis zu 8 Jahre alt werden. Ökologisch können drei Lebensformen unterschieden werden. (1) **Epigäische Regenwurmart** leben in der Laubstreu an der Bodenoberfläche und ernähren sich ausschließlich von organischer Substanz. Sie sind durchwegs kleiner als die anderen Lebensformen, graben keine Wohnröhren und produzieren keine Kothäufchen. Zum Schutz gegen das Sonnenlicht sind sie stark pigmentiert. (2) Im Gegensatz dazu frisst sich der **endogäische Regenwurmtyp** durch die mineralische mit Mikroorganismen durchsetzte Erde und verlässt den Boden nie. Der Kot wird fortlaufend in den horizontalen Wohnröhren abgelagert. Die Tiere sind unpigmentiert. Der eigentliche Regenwurm (*Lumbricus terrestris*) repräsentiert den (3) **anözischen Typ**. Er baut ein Gangsystem aus vertikalen Röhren, die dauernd zur Oberfläche hin offen sind. Rund um die Gangöffnung werden die typischen Kothäufchen abgeschieden. Als Nahrung dient der an der Bodenoberfläche liegende Bestandesabfall, der zur Fermentation und zum anschließenden Verzehr in die Röhren hineingezogen wird.

In gut mit organischem Dünger (Stallmist) versorgten Grünlandböden ist die Besiedlungsdichte (bis zu 400 Individuen/m²) und Biomasse (bis zu 3,5 Tonnen/ Hektar) der Regenwürmer am höchsten. Durch den Abbau der Regenwurmlleichen werden große Mengen an Stickstoff und besonders auch Phosphor freigesetzt. Der totale Stickstoffumsatz durch Regenwürmer kann bis zu 14 kg/ha und

Abbildung auf Seite 67: Ansammlung von drei verschiedenen Asselarten (**Kellerasseln**, *Porcellio scaber*, grau, **Rollasseln** oder **Kugelasseln**, *Armadillidium vulgare*, gelb-schwarz gezeichnet und *Trachelipus rathkei*, gefleckt) wie sie in vielen Gärten unter Brettern und Steinen zu finden sind. Als ursprüngliche Meeresbewohner haben die zu den Krebstieren gehörenden Landasseln stufenweise Anpassungen des Wasserhaushaltes und der Atmung entwickelt. Die Wasserdurchlässigkeit ihres Chitinpanzers bindet sie an feuchte Lebensräume und zwingt sie zu Nachtaktivität. Rollasseln sind etwas resistenter gegen Trockenheit, da sie durch Zusammenrollen ihre empfindliche Unterseite schützen können. Asseln sind wichtige Destruenten von zerfallendem organischen Material.

Jahr betragen. Den gegenteiligen Effekt haben massive Gaben von Flüssigdünger in Form von Jauche. Dadurch wird die Bodendurchlüftung beeinträchtigt, Sauerstoffmangel tritt auf und der hohe Ammoniakgehalt wirkt hoch toxisch, insbesondere auf Regenwürmer.

Die Bodenfauna im Höhen transekt: Vegetationstyp und Streuqualität sind die Hauptfaktoren, die Zusammensetzung, Individuendichte und Biomasse der Bodenfauna bestimmen. In einem Höhen transekt von traditionell bewirtschafteten Mähwiesen im subalpinen Bereich bis zur Grenze der hochalpinen Weiden ist ein markanter Wechsel in der Bodentiergemeinschaft festzustellen. Pro Quadratmeter Mähwiesen-Boden auf 1.900 m Meereshöhe der Zentralalpen leben ca. 1.700 Individuen größerer Bodentiere und ca. 20.000 Milben und Springschwänze. Die Biomasse der Bodentiere (ca. 35 g/m²) wird von Regenwürmern dominiert (90%). Im hochalpinen Rasen auf 2.600 m wird die Anzahl und Biomasse der Bodentiere von der Geologie und der Weidewirtschaft mitbestimmt. Unter natürlichen sauren Bodenbedingungen erreichen Regenwürmer diese Höhe nicht, die Biomasse der Bodenfauna nimmt daher dramatisch ab (0,3 g/m²). Die Arbeit der Regenwürmer wird in diesem Fall von Fliegen- und Mückenlarven sowie den kleinen weißen Torfwürmern (Enchytraeiden) übernommen. Kalkalpiner Untergrund und Schafbeweidung fördern die Bodenfauna (bis 16 g/m²).

Skelettiertes Blatt: In Wechselwirkung mit Pilzen und Bakterien zerkleinern Bodentiere (Tausendfüßer, Asseln, Regenwürmer, Fliegenlarven, Springschwänze und Hornmilben) einen Großteil des jährlichen pflanzlichen Bestandesabfalls. Je nach Körpergröße und Art ihrer Mundwerkzeuge schaben sie den Bakterienbelag von der Blattoberfläche, fressen nur die weiche Blattspreite oder sind auch in der Lage, feine und gröbere Blattadern anzunagen.

Maßgebend für die Attraktivität des Bestandesabfalls ist dessen Gehalt an Stickstoff und Gerbstoffen. Blätter von Erlen, Eschen und Ulmen werden innerhalb eines Jahres zer setzt, bei Eichen und Buchen dauert dies drei, bei Lärchennadeln sogar 5 Jahre.



Formenvielfalt im Boden eines Mischwaldes: Einzeller (Protozoa) und kleine Fadenwürmer (Nematoda) zählen zur Mikrofauna (kleiner als 0,2 mm). Der Mesofauna werden Tiere mit einer Körpergröße zwischen 0,2 und 4 mm zugeordnet (größere Fadenwürmer, Enchytraeiden, Milben, Springschwänze). Zur Makrofauna gehören Bodentiere mit einer Körperlänge zwischen 4 mm und ca. 8 cm (Tausendfüßer, Asseln, Käfer, Fliegenlarven, Regenwürmer). Die Gestalt der Tiere weist auf ihren Aufenthaltsort im Bodenprofil hin. Je tiefer die Tiere in den Boden vordringen um so „wurmformiger“ wird ihre Gestalt, unabhängig von der systematischen Zuordnung.



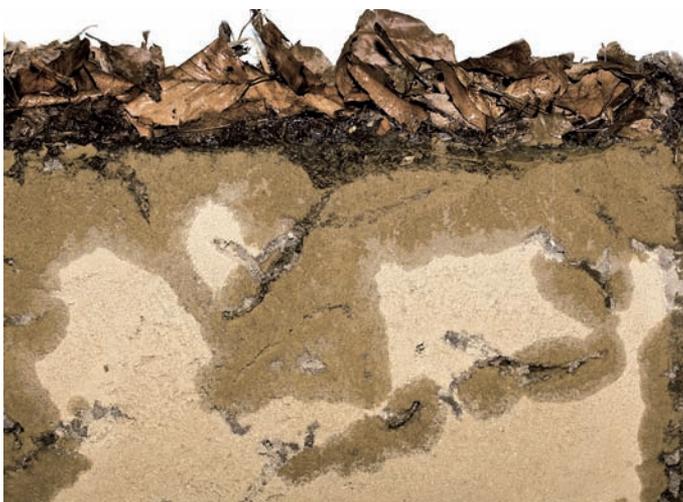


Zur **Paarung** kriechen Regenwürmer im Frühling nachts aus ihren Röhren, suchen einen Partner und legen sich zum Austausch der Spermien in entgegengesetzter Richtung aneinander. Aus der männlichen Geschlechtsöffnung (am 15. Segment) beider Partner tritt Samen aus, der zu den Samenbehältern des Partners geleitet wird. Nach der Trennung bildet der Gürtel (Clitellum, verdickter Bereich) einen Schleimring. Die mit dem Sperma des Kopulationspartners befruchteten Eier werden in diesen Schleimring abgegeben. Der Wurm zieht das Körpervorderende aus dem Schleimring, der elastisch zusammenschrumpft und den zitronenförmigen Kokon frei gibt. Nach einer Entwicklungsdauer von 60-90 Tagen schlüpfen daraus die Jungwürmer.



Bemerkenswert für Nordtirol ist das Vorkommen des auffälligen **Smaragdgrünen Regenwurms** (*Allolobophora smaragdina*) am Nordabfall des Zahmen Kaisers, bei Ebbs. Er ist im Südosten Europas (Friaul, Slowenien, Kroatien, Serbien, Bulgarien) weit verbreitet und kommt in Österreich östlich des Raumes Kufstein auch in Salzburg, Oberösterreich, Osttirol und Kärnten vor. In Nordtirol scheint die Art im Kaisergebirge ihre westliche Verbreitungsgrenze zu erreichen. In Osttirol kommt er bis in Höhen von etwa 2.000 m vor.

Die bevorzugten Lebensräume sind feuchte Laubmischwälder, wo er in modernem Holz und unter der Rinde alter Baumstrünke zu finden ist.



Wasser versickert entlang von Regenwurm-gängen: Durch die Anlage von Wohnröhren, deren Auskleidung mit Schleim und die Ablagerung von Kot an der Bodenoberfläche beeinflussen Regenwürmer wichtige Bodenfunktionen und Bodenprozesse. Sie fördern die Durchlüftung des Bodens, die Versickerung von Wasser und erleichtern den Pflanzenwurzeln das Vordringen in die Tiefe. In einem Ackerboden kann die jährliche Grableistung eine Ganglänge von 100 km pro Hektar betragen und die Kotproduktion der Regenwürmer 20 bis 35 t pro ha und Jahr erreichen. Die Kothäufchen der Regenwürmer bilden wertvolle Organo-Mineralaggregate, die eine optimale Krümelstruktur des Bodens gewährleisten.



Tausendfüßer: Der an den beiden orangen Rückenstreifen gut erkennbare **Sandschnurfüßer** *Ommatoiulus sabulosus* ist in Mitteleuropa sowohl horizontal als auch vertikal außergewöhnlich weit verbreitet. Er lebt in Sanddünen Nordwestenglands ebenso wie in Finnland und in Gletschervorfeldern und hochalpinen Lagen bis 3.000 m. Im Gegensatz zu anderen Tausendfüßern ist diese Art tagaktiv und kann während ihrer Aktivitätszeit im Juli auch zur Mittagszeit auf Wegen beobachtet werden. Ähnlich wie Pflanzen und andere Kleintiere des Hochgebirges zeigte diese Art in Laborversuchen eine hohe Resistenz gegenüber vermindertem Wassergehalt der Luft und damit eine gute Anpassung an das Leben über der Waldgrenze.

Springschwänze (Collembolen) sind etwa 1 mm lange, zarthäutige Urinsekten. Namengebend ist die Sprunggabel, ein auffälliger bauchseitiger Anhang am Hinterleib, mit dem die Tiere katapultartige Sprünge von mehreren Zentimetern machen können. Bei Bewohnern des Bodeninneren ist der Sprungapparat stark verkümmert, das gleiche gilt von den Augen, so dass echte Tiefenformen völlig blind, pigmentlos und von der Gestalt her zunehmend „wurmformig“ sind. Entgegengesetzte Tendenzen können wir bei Arten beobachten, die an der Erdoberfläche leben. Die Mehrzahl der Collembolen ernährt sich kauend von abgestorbenen Pflanzenteilen, von Kotkrümeln größerer Bodentiere und sehr häufig auch von Pilzen.



Rote Samtmilbe (*Trombidium* sp.): Vier Laufbeinpaare weisen alle erwachsenen Milben als Spinnentiere aus. Milben ernähren sich je nach Art räuberisch, weiden Substratbeläge aus Mikroorganismen und Algen ab oder bevorzugen mikrobiell zersetzte Laub- oder Nadelstreu. Sie gelten als die artenreichsten Bodenarthropoden und ihre Dichte ist, besonders in sauren Nadelwaldböden, beachtlich. Die bis zu 4 mm große und wegen ihrer scharlachroten weichen Behaarung auffällige Samtmilbe kann häufig auf der Bodenoberfläche beobachtet werden. Sie ernährt sich bevorzugt von lebender Beute aber auch von Aas und von Insekteneiern. Die Jungstadien der Samtmilbe leben auch parasitisch auf anderen Gliedertieren.





Ausgesprochene Bodentiere sind die als **Engerlinge** bekannten Larven der Maikäfer, Gartenlaubkäfer und Junikäfer. Charakteristisch ist ihre braune Kopfkapsel und der dunkle Kotsack am Hinterende. Die Engerlinge verbringen zwei bis vier Jahre im Boden und ernähren sich dabei im ersten Lebensabschnitt vorwiegend von abgestorbenen Pflanzenteilen. Mit zunehmendem Nahrungsanspruch werden in der Regel Wurzeln von Gräsern, Sträuchern und Bäumen gefressen, was bei Massenvorkommen sowohl im Grünland als auch bei Kulturpflanzen erhebliche Schadwirkung hat. Während der Vegetationsperiode leben Engerlinge in 5-10 cm Bodentiefe, zur Verpuppung ziehen sie sich bis in 40 cm Tiefe zurück.



Besonders im Frühling sieht man über offene Bodenstellen häufig dunkle Spinnen hinweghuschen. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um **Wolfspinnen** (Lycosidae) der Gattung *Pardosa*. Arten dieser Gattung stellen weder Fangnetze noch aus Gespinsten bestehende Schlupfwinkel her. Sie spüren ihre Beute mit Hilfe des gut entwickelten Gesichtssinns auf und greifen blitzschnell zu. Der vom Weibchen gefertigte Eikokon wird an die Spinnwarzen geheftet und mitgetragen. Etwa 2-3 Wochen nach der Eiablage schlüpfen die Jungspinnen (nachdem die Mutter die Kokonwand aufgelesen hat), klettern auf den Rücken des Hinterleibs der Mutter und lassen sich bis zur ersten Häutung einige Tage mittragen.

Bei den Hundertfüßern zeigen die wurmförmigen **Erdläufer** (Geophilidae) eine auf das Bodeninnere angepasste Lebensform. Als weitere Anpassung gelten das Fehlen der Augen und der meist helle Körper. Mit den kurzen und eng anliegenden Beinen durchziehen sie Bodenhohlräume bis in Tiefen von mehr als 30 cm und erbeuten dabei mit dem zu Kieferfüßen umgewandelten ersten Beinpaar fast ausschließlich Regenwürmer und andere weichhäutige Tiere. Dabei dringen sie mit ihrem schmalen Kopfende regelrecht in die Beute ein. Zur Abwehr von Feinden dienen das auffällig große und bedornete letzte Beinpaar (im Bild rechtes Körperende) und Wehrdrüsen auf der Bauchseite.





**Waldameisen
Sozialparasiten mit gutem Ruf**

Florian Glaser



Gemeinsam mit Wespen und Bienen bilden Ameisen die artenreiche Gruppe der Stechimmen (Aculeata). Alle Ameisen sind staatenbildend. Ein Ameisennest besteht aus zahlreichen, sich üblicherweise nicht fortpflanzenden Arbeiterinnen und einer oder mehreren Königinnen, die für die Produktion von Eiern verantwortlich sind. (Nur bei einigen Sozialparasiten, die zeitlebens im Nest einer anderen Art leben, ist die Arbeiterinnenkaste sekundär verloren gegangen). Männchen entstehen aus unbefruchteten Eiern, nach dem erfolgten Hochzeitsflug haben sie ihre Funktion erfüllt und leben (bei den meisten Arten) nur kurz.

Bei den Waldameisen sind frisch geschlüpfte Arbeiterinnen primär im „Innendienst“ mit Brutpflege, Versorgung der Königin, Zerkleinerung und Weitergabe von Nahrung und Bewachen der Eingänge beschäftigt. Ältere Arbeiterinnen sind im „Außendienst“ tätig, melken Blattläuse und tragen Beute und Nistmaterial zum Nesthügel. Dabei entfernen sie sich relativ weit, oft einige 100 m vom Nest. Für die Kommunikation innerhalb der Kolonie spielen chemische Substanzen aus verschiedenen Drüsen am Ameisenkörper als Botenstoffe (Pheromone) eine besondere Rolle. Man unterscheidet Alarmpheromone, die im Rahmen der Verteidigung und des Beutefanges abgegeben werden, Rekrutierungspheromone zur Mobilisierung von Nestgenossen (beispielsweise bei einem Umzug der Kolonie), Spurpheromone, die den Weg zu einer Nahrungsquelle weisen und Sexualpheromone, die zum gegenseitigen Finden der Geschlechtspartner notwendig sind. Eine Voraussetzung für diese Duftsprache sind die hochempfindlichen Sinneszellen an den Ameisenfühlern, mit denen nicht nur chemische Reize, sondern auch kleinste Temperaturunterschiede und mechanische Reize wahrgenommen werden.

Die eigentliche „Waldameise“ existiert nicht. Allein in Mitteleuropa leben 17 verschiedene, oft schwer zu unterscheidende Waldameisenarten. Die verschiedenen Arten unterscheiden sich erheblich in ihren ökologischen Ansprüchen und ihrer Höhenverbreitung. Während einige Arten wie die Kahrrückige Waldameise *Formica polyctena* und die Rote Waldameise *Formica rufa* an tiefere bis mittlere Lagen gebunden sind, dringen einige typische Gebirgsarten bis in den Waldgrenzbereich vor (*Formica aquilonia*, *F. lugubris* und *F. paralugubris*). *F. paralugubris* ist in den Westalpen endemisch und erreicht in Nordtirol ihre östliche Verbreitungsgrenze. Manche Waldameisen meiden geschlossene Wälder und bevorzugen Randlagen, Freiflächen und lichte Bestände mit warm-trockenem Standortklima (*Formica pratensis*, *F. truncorum*, *F. sanguinea*, *F. exsecta*). Einige Arten sind ausgesprochene Spezialisten und sehr selten. Die Schwedische Kerbameise *Formica suecica* ist beispielsweise im gesamten Alpenbogen nur in moorreichen, lichten Zirbenbeständen des inneren Ötztals zu finden und durch die Ausweitung von Lifтанlagen und Schipisten in ihrem Fortbestand bedroht. Ihre nächsten Artgenossen leben in Westsibirien und Skandinavien. Eine weitere Waldameisenrarität stellt die Wärme liebende Steppenart *Formica foreli*, dar, die am Eingang des Ötztals ihr einziges ostalpines und österreichtisches Vorkommen aufweist.

Gemeinsame Kennzeichen der Waldameisen sind die Konstruktion von Hügelnestern aus Vegetationsteilen und die temporär-sozialparasitische Koloniegründung bei Hilfsameisen der Untergattung *Serviformica*. Das größte bekannte Waldameisennest steht in der Nähe von Moskau und weist mit 38,5 m² Grundfläche und 28,5 m³ Hügelvolumen geradezu gigantische Dimensionen auf. Man schätzt die Bevölkerung dieses Riesennests der *F. polyctena* auf 15 - 16 Mio. Arbeiterinnen.

Generell bieten nur strukturreiche Wälder Lebensraum für eine artenreiche Waldameisenfauna. Eine Voraussetzung für die Erst- und Wiederbesiedlung ist die Präsenz von Hilfsameisen für die temporär sozialparasitische Koloniegründung. Die Hilfsameisen sind auf ausreichende Besonnung durch wechselnde Lichtverhältnisse angewiesen, in dichten und homogenen Wirtschaftswäldern sind diese Bedingungen oft unzureichend erfüllt. Bei der forstlichen Bestandespflege kann relativ einfach Rücksicht auf Ameisenbedürfnisse genommen werden, beispielsweise durch den Erhalt

Abbildung auf Seite 73: (*Formica aquilonia*), eine der häufigsten Waldameisenarten in den Gebirgswäldern der Ostalpen, fehlt weitgehend in den Westalpen. Ihre Nester weisen sehr viele Königinnen auf, die Art ist dadurch in der Lage, durch die Abspaltung von Zweignestern große Waldflächen mit einer zusammenhängenden Superkolonie zu besiedeln. Im Tiroler Wald erreicht die Art in ihren Vorkommensgebieten im Mittel Dichten von 12 - 14 Nester/ha. Besonders gute Bestände von *Formica aquilonia* sind in durch extensive Waldweide aufgelichteten Beständen zu finden.

oder die Neuanlage gut strukturierter Waldränder, Förderung lichter Bestände und dem Zulassen natürlicher Sukzessionen. Die ökologische Bedeutung der Waldameisen ist groß. Sie bilden eine wichtige saisonale Nahrungskomponente für eine Reihe geschützter Vogelarten z.B. Schwarzspecht, Grünspecht, Grauspecht, Rauhfußhühner und stehen sogar am Speiseplan von so großen Säugern wie dem Braunbären. Aufgrund ihres hohen Nahrungsbedarfs und ihres effizienten Jagdverhaltens regulieren sie maßgeblich die Populationen anderer Insekten, darunter auch Arten, die im Forst Schaden anrichten können. In Ameisennestern ist die bodenbiologische Aktivität deutlich erhöht. Waldameisen fördern den Besatz mit Pflanzenläusen, vor allem Rindenläusen. Von der gesteigerten Honigtauproduktion profitieren eine Reihe anderer Insekten, auch viele Gegenspieler forstrelevanter Pflanzenfresser wie Schlupfwespen und nicht zuletzt die Imkerei durch gesteigerte Waldtracht. Viele krautige Pflanzen im Unterwuchs des Waldes werden von Ameisen verbreitet. Beispiele wären Lerchensporn, Veilchen und Leberblümchen. Die meisten dieser durch Ameisen verbreiteten Pflanzen tragen am Samenkorn ein nahrhaftes, für Ameisen ausgesprochen attraktives fleischiges Anhängsel (Elaiosom), das quasi die Belohnung für den erfolgten Transportdienst darstellt. In Ameisennestern werden organisches Material und Nährstoffe konzentriert. Aus diesem Grund leben in und um Ameisennester häufig mehr Bodenlebewesen als in der Umgebung; damit finden viele durch Ameisen verschleppte Pflanzensamen auch gleich günstige Keimbedingungen.

Koloniegründung: Alle Waldameisen sind temporäre Sozialparasiten. Um eine neue Kolonie zu gründen, muss die befruchtete Königin in ein Hilfsameisennest eindringen und die rechtmäßige Königin beseitigen. Das annektierte Wirtsameisenvolk zieht nun die Waldameisenbrut auf. Die Hilfsameisen sterben auf kurz oder lang aus, und das Nest besteht schließlich nur mehr aus Waldameisen. Nach einer erfolgreichen Ansiedlung, können einige Waldameisenarten Zweignester bilden und größere Waldflächen mit zusammenhängenden Kolonien besiedeln. Im Bild wird eine Königin der Strunkameise (*Formica truncorum*, rechts im Bild) beim Versuch der sozialparasitischen Koloniegründung von einer Hilfsameise (*Formica lemani*) attackiert.



Ameisenhaufen: Alle Waldameisen errichten meist auffällige Kuppelnester aus Konifennadeln, Zweigen und ähnlichem Material. Bei den Gebirgswaldarten werden regelmäßig Harzklümpchen eingearbeitet, die eine keimhemmende Wirkung haben. Große Kolonien einiger Waldameisenarten besitzen die Fähigkeit, bei Außentemperaturen um den Gefrierpunkt eine geradezu tropische Nestinnentemperatur von 26 – 28 °C aufrecht zu erhalten. Die Fähigkeit zur Thermoregulation ist eine wichtige Voraussetzung, um im schattigen und kühlen Waldesinneren zu überleben. Hoch aufgetürmte Nester dienen dabei als Sonnenkollektoren, während an besonnten Standorten die Nester flach sind. Im Bild ein Nesthügel von *Formica aquilonia* (Seite 73).





Kerbameisen (*Coptiformica* sp) bilden eine Untergattung innerhalb der Waldameisen. Für ihren Nestbau zerteilen sie mit einer sehr leistungsfähigen Kopfmuskulatur und speziellen Mundwerkzeugen Grashalme und Blätter von Zwergsträuchern. Im Gegensatz zu vielen anderen Waldameisen sind sie nicht zur physiologischen Wärmeproduktion befähigt und nutzen ihre Nestkuppeln als effiziente Sonnenkollektoren.

Die meist stark abgeflachten Nester der Schwedischen Kerbameise *Formica suecica* weisen auch bei leichter Bewölkung noch Oberflächentemperaturen von über 50°C auf und ermöglichen eine rasche sommerliche Brutentwicklung an schneereichen Schatthängen mit kurzer Vegetationsperiode.



Lastenschlepper: Klein aber oho – Waldameisen können und müssen beachtliche Lasten schleppen. Baumaterial für die oft riesigen Nesthügel, aber auch erbeutete Insekten müssen teilweise aus mehreren 100 m Entfernung zur Kolonie transportiert werden. Im Experiment konnten Lasten bis zum neunfachen Körpergewicht frei getragen und Gegenstände bis zum 17fachen Körpergewicht durch Ziehen und Schleppen bewegt werden. Unter speziellen Belastungsbedingungen wurde von einzelnen Tieren sogar das 30 – 40fache Körpergewicht getragen. Um die gleiche Leistung zu bringen, müsste ein Mensch einem Gewicht von ca. 2,5 t standhalten. Im Bild trägt eine Waldameise (*Formica* cf. *lugubris*) ein Zweigstückchen zum Nesthügel.



Ameisensäure als Waffe: Waldameisen und ihre Verwandten besitzen eine voluminöse Giftblase, aus der sie aus einer düsenförmigen Öffnung (Acidoporus) am Hinterleibende 60%ige Ameisensäure verspritzen können. Mit dieser Waffe können sie nicht nur große Fressfeinde in die Flucht schlagen, sondern auch wehrhafte Insekten erlegen. Die Ameisensäure dient dabei nicht nur als wirksame Jagd- und Verteidigungswaffe, sondern bildet gleichzeitig ein Alarmpheromon, mit dem Nestgenossen mobilisiert werden. Manche Vogelarten nutzen den Abwehrmechanismus der Waldameisen zur Gefiederpflege, indem sie sich von diversen Plagegeistern wie Federlingen und Milben durch ein Bad im Waldameisennest befreien.

Ameisen mit Beute: Waldameisen sind effiziente Jäger. Ein mittelgroßes Waldameisen-volk kann pro Jahr und 2.500 m² Fläche sechs Millionen Beutetiere sammeln. In deutschen Wäldern, die von Schmetterlingsraupen flächendeckend kahl gefressen wurden, blieb nur die nähere Umgebung von Waldameisen-nestern verschont. Dieser forstökologische Nutzen ist schon lange bekannt und veranlasste die wahrscheinlich ältesten „Naturschutzgesetze“ in Mitteleuropa. Laut einer preußischen Verordnung aus dem Jahre 1798 wurden das Zerstören von Ameisenhaufen und Sammeln von Ameisenbrut unter Strafe gestellt. Waldameisen stehen auch heute noch unter Schutz. Im Bild haben Waldameisen eine Schmetterlingsraupe erbeutet.



Waldameisen und Blattläuse: Die zucker- und eiweißreichen Ausscheidungen von Blattläusen („Honigtau“) sind ein gefundenes Fressen für viele nasch süchtige Lebewesen. Auch die allseits geschätzte Honigbiene trägt Honigtau als Waldhonig in den Stock und ermöglicht auf diese Weisen auch dem Menschen, sich an Blattlaussekrementen zu delectieren. Im Gegensatz zu allen anderen Honigtausammlern treten Ameisen durch Anstupfen oder Betrillern in direkte Kommunikation mit den Blattläusen und melken diese regelrecht. Der kohlenhydratreiche Honigtau ist vor allem als Energielieferant für die zahlreichen Arbeiterinnen unverzichtbar, die Brut wird vorwiegend mit Proteinen aus der Insektenjagd gefüttert.



Ameisen als Sozialwesen: Flüssige Nahrung wird im Kropf der Ameisen gespeichert und transportiert. Die Summe aller gefüllten Kröpfe einer Kolonie kann als „sozialer Magen“ betrachtet werden – eine praktische Erfindung. Der Futterrausch (Trophallaxis) wird durch gegenseitiges Betrillern mit den Antennen ausgelöst, danach wird durch gegenseitiges Berühren der Mundpartien das Hochwürgen der flüssigen Nahrung veranlasst. Dabei wird die erhaltene Nahrung nur zum kleinen Teil selbst konsumiert, sondern meist sofort an Nestgenossen weitergegeben. Honigtau, einer der wichtigsten Energielieferanten, wird ausschließlich durch Trophallaxis in der Kolonie verteilt.





Das Ziel jeder Ameisenkolonie ist die Produktion von Geschlechtstieren in Form **geflügelter Königinnen und Männchen**, die größer sind als die Arbeiterinnen. Eine Königin paart sich meist mit mehreren Männchen und speichert die Spermien zeitlebens in einem speziellen Organ (Receptaculum seminis). Während die Männchen kurz nach der Begattung sterben, werden Königinnen mehrere Jahre alt. Nur mit Hilfe dieser befruchteten Königinnen können neue Lebensräume besiedelt werden. Im Bild haben sich zahlreiche Königinnen von *Formica* cf. *rufa* zum Hochzeitsflug versammelt. Nach erfolgreicher Paarung beißt sich die Königin ihre nicht mehr benötigten Flügel ab.

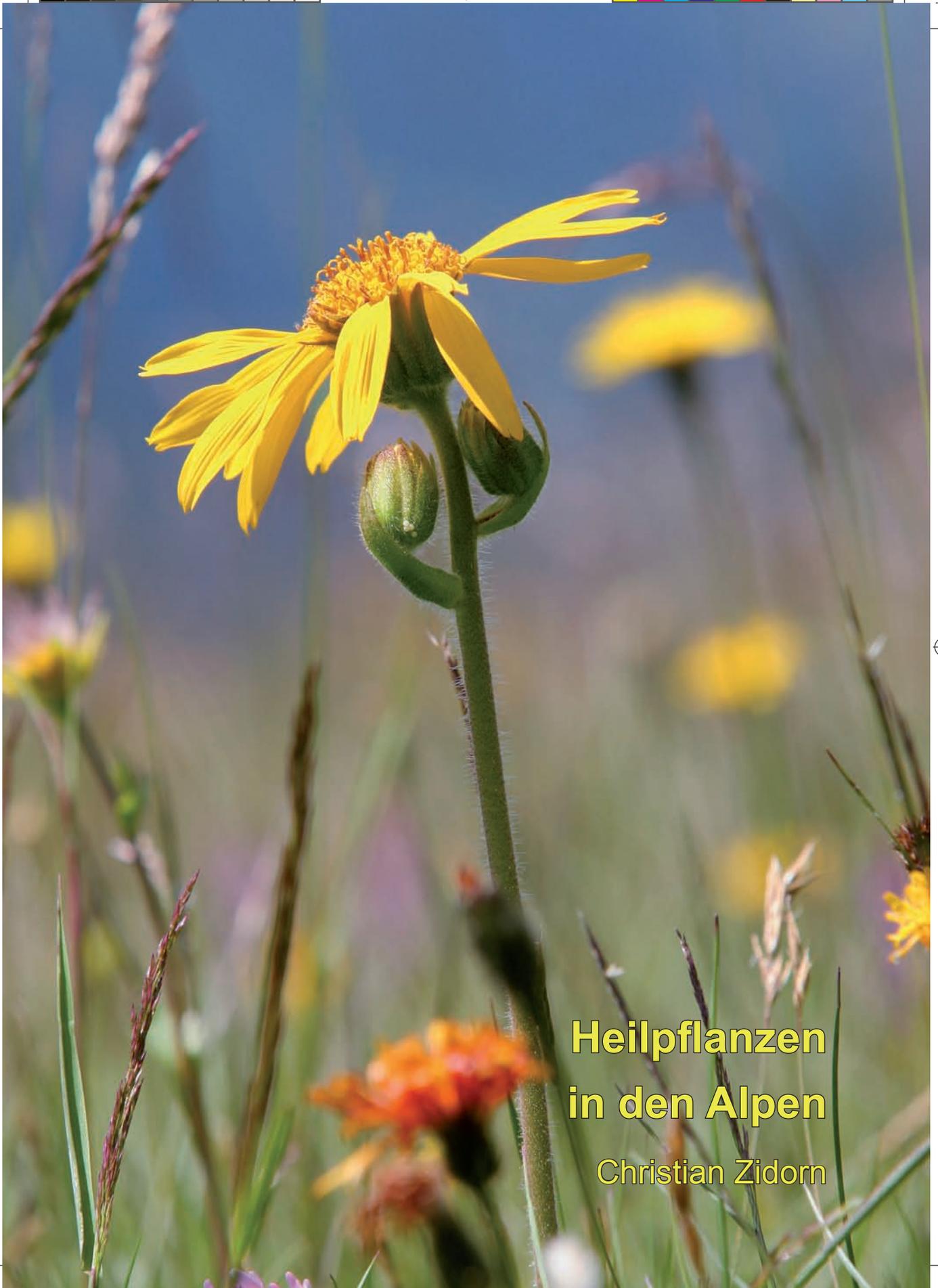


„**Ameiseneier**“: Aus Eiern schlüpfen Larven, die sich nach mehreren Häutungen verpuppen. Aus diesen **Puppen** (im Volksmund fälschlicherweise als „Ameiseneier“ bezeichnet) schlüpfen dann fertig ausgebildete Ameisen. Aus der Frühjahrsbrut (den ersten nach der Winterruhe abgelegten Eiern) entwickeln sich innerhalb von 1-1,5 Monaten Geschlechtstiere. In früherer Zeit hatten die Puppen von Waldameisen große Bedeutung als Vogelfutter und wurden gewerblich gesammelt. Im Bild sind Puppen und Larven im Nest von *Formica fuscocinerea* zu sehen. Es handelt sich bei dieser Art um keine Waldameise. Sie wird aber regelmäßig als Hilfsameise und Sklave von der Waldameisenart *Formica sanguinea* genutzt.



Der abgebildete **Kurzflügelkäfer** *Lomechusa emarginata* verbringt seinen gesamten Lebenszyklus in Ameisennestern. Regelmäßig ist er in Nestern von *Formica sanguinea* und *F. rufa* anzutreffen.

Im Mikrokosmos eines Ameisenhügels lebt eine Reihe weiterer spezialisierter Kleintiere: Asseln, Springschwänze, die Larven des Rosenkäfers (*Cetonia floricola*) und Vierpunktkäfers (*Clytra quadripunctata*), Schwebfliegen der Gattung *Microdon* und nicht zuletzt die Glänzende Gastameise (*Formicoxenus nitidulus*), eine winzige Knotenameise, die sich von ihren großen Verwandten füttern lässt. Viele dieser Arten kommen nur in Ameisennestern vor.



**Heilpflanzen
in den Alpen**

Christian Zidorn



Beim Hören oder Lesen der Wörter **Heilpflanzen und Alpen** stellt sich unwillkürlich die Assoziation einer vom Alter gebeugten Bergbäuerin ein, die über einen reichen Erfahrungsschatz im Heilen von Krankheiten von Mensch und Vieh verfügt und die für jedes Gebrechen ein spezifisches Heilkraut kennt.

Tatsächlich verwendeten Menschen überall und so auch in den Alpen seit alters her Heilpflanzen, um Krankheiten zu heilen oder deren Symptome zu lindern. In vielen weniger entwickelten Ländern der Welt stellen Heilpflanzen nach wie vor die wichtigste Quelle für Arzneien dar. In den Industrieländern ist die Bedeutung der Heilpflanzen im vergangenen Jahrhundert deutlich zurückgegangen. Hochwirksame **synthetische Arzneistoffe** haben in den meisten Anwendungsgebieten pflanzliche Arzneimittel verdrängt. In den Alpen sowie in anderen entlegenen Gebieten Mitteleuropas hat dieser Verdrängungsprozess bis in die fünfziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts angedauert. Die alte heilpflanzenkundige Bergbäuerin wird man also heute in vielen Gegenden des Alpenraumes vergebens suchen.

Seit einigen Jahren gibt es aber wieder ein zunehmendes Interesse an der Verwendung von Heilpflanzen. Dieses Interesse ist zum Teil ideologisch begründet („zurück zur Natur“) zum anderen hat man inzwischen die Grenzen chemisch-synthetischer Arzneimittel in bestimmten Indikationsgebieten erkannt und nutzt Heilpflanzen als Alternative und/oder Ergänzung.

Da ein großer Teil des Wissens um die spezifischen Wirkungen von Heilpflanzen nur **mündlich überliefert** wurde, ist dieses Wissens über historische Anwendungen von Heilpflanzen teilweise verloren gegangen. Ebenso wie die Volksnamen der Pflanzenarten regional und zum Teil sogar von Tal zu Tal beträchtlich variieren, sind auch die Anwendungen der Heilpflanzen sowie die Auswahl derjenigen Arten, welche als Heilpflanzen verwendet werden bzw. wurden, regional unterschiedlich. Die Verwendung von Pflanzen als Heilmittel orientierte sich in früheren Jahrhunderten nicht nur am Erfahrungswissen um deren tatsächliche Wirkungen, sondern umfasste auch Elemente christlichen und vorchristlichen Glaubens. In diesem Kontext wurden Mineralien, Steine und tierische Produkte und auch – aber nicht ausschließlich – Pflanzen verwendet. Diese Informationen sind bei einer Auswertung alter Quellen zu bedenken, eine unkritische Anwendung alter Rezepturen ist daher nicht zu befürworten.

Im Rahmen der derzeitigen **Renaissance natürlicher Heilmittel** gewinnen auch Heilmittel aus einheimischen Pflanzen wieder Anhängerinnen und Anhänger. Dies gilt für den Alpenraum ebenso wie für die außeralpinen Gebiete Mitteleuropas. Bei den im Rahmen dieser Bewegung verwendeten Heilpflanzen handelt es sich allerdings zum größten Teil um eine geringe Anzahl von weithin verwendeten Arten, die nicht für eine bestimmte Landschaft oder Region spezifisch sind. Beispielhaft seien Johanniskraut, Kamille und Ringelblume genannt. In der volksmedizinischen Verwendung von Heilpflanzen findet also – wie auch in vielen anderen Bereichen (Fauna, Flora, Kultur, Landnutzung, Sprache, etc.) – eine Vereinheitlichung und Verarmung der einstigen regionalen Vielfalt statt.

Neben ihrer traditionellen Rolle in der Volksmedizin sind **Arzneipflanzen auch Gegenstand intensiver Forschungsaktivitäten**. Im Rahmen dieser Untersuchungen werden zum einen die Inhaltsstoffe der untersuchten Pflanzenarten extrahiert, anschließend mit chromatographischen Methoden isoliert und schließlich ihre Strukturen mittels Massenspektrometrie und Kernspinresonanzspektroskopie aufgeklärt. Daneben werden sowohl für die erhaltenen Extrakte als auch für die isolierten Reinsubstanzen Testungen durchgeführt, die die Bioaktivität der Extrakte und Substanzen

Abbildung auf Seite 79: Arnika (*Arnica montana*). Arnika-Zubereitungen werden vornehmlich aus Blütenköpfen, aber auch aus Wurzelstöcken hergestellt. Äußerlich werden sie bei traumatischen Ödemen, Prellungen, Verstauchungen und Blutergüssen eingesetzt. Die Hauptwirkstoffe von Arnika sind Sesquiterpenlaktone, eine Gruppe von Naturstoffen mit ausgeprägt bitterem Geschmack. Neben ihrer pharmakologischen Aktivität und ihrem Bittergeschmack sind Sesquiterpenlaktone auch für Kontaktallergien durch Arnika verantwortlich. Da Sesquiterpenlaktone auch in anderen Pflanzenarten vorkommen, können Kreuzallergien auftreten. Betroffene Patienten reagieren dann nicht nur auf Arnika sondern auch auf andere sesquiterpenlaktonehaltige Arten (wie Schafgarbe) allergisch.

zum Gegenstand haben. Den überwiegenden Teil dieser Untersuchungen stellen einfache Zellkultur- und Enzymtests dar. Es werden aber auch komplexere pharmakologische Untersuchungen durchgeführt, um eine Wirkung der Heilpflanzen am Menschen zu belegen. Neben dem medizinischen Einsatz gibt es auch ein großes Interesse an einer Anwendung von pflanzlichen Zubereitungen in der Landwirtschaft. Hier steht die Entwicklung von Alternativen zu chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln im Vordergrund.

Abschließend darf der Hinweis nicht fehlen, dass viele Heilpflanzen neben ihrer Heilwirkung auch **Nebenwirkungen** haben oder sogar stark giftig sein können, dass eine Therapie mit Heilpflanzen immer mit einem Arzt zu akkordieren ist und das selbständige Sammeln von Arzneipflanzen aufgrund der Verwechslungsgefahr mit anderen, ähnlichen aber möglicherweise giftigen Pflanzenarten nur für erfahrene Kräutersammlerinnen und -sammler in Frage kommt. Eine geeignete Quelle für sichere, in ihrem Gehalt standardisierte, qualitativ hochwertige Heilpflanzen ist die Apotheke. Durch den Bezug von Arzneipflanzen über die Apotheke ist nicht nur die Sicherheit der Identität und Qualität der verwendeten Pflanzen gewährleistet, sondern es werden auch die natürlichen Ressourcen geschont. Viele Heilpflanzen zählen nämlich auch in den Alpen inzwischen zu den gefährdeten Pflanzenarten. Die Arzneipflanzen des Handels stammen in zunehmendem Maße aus kontrolliertem Anbau und können somit ohne Bedenken hinsichtlich des Naturschutzes verwendet werden.

Wiesen-Augentrost (*Euphrasia rostkoviana*).

Der deutsche Name Augentrost weist auf das Hauptindikationsgebiet in der Volksmedizin hin: Behandlung von Bindehautentzündungen des Auges und „Gerstenkörnern“. Der Augentrost, ein Halbschmarotzer auf anderen Pflanzenarten, enthält Iridoid-Glykoside. Diese Gruppe von Naturstoffen weist entzündungshemmende Eigenschaften auf. Für eine Anwendung von Augentrost-Zubereitungen am menschlichen Auge fehlen allerdings klinische Daten, die eine Wirksamkeit belegen. Da die Anwendung von selbst zubereiteten Tees am Auge aus hygienischen Gründen grundsätzlich kritisch zu beurteilen ist, wird die Anwendung von Augentrost-Tees am entzündeten Auge nicht empfohlen.



Fieberklee (*Menyanthes trifoliata*).

Der Name Fieberklee leitet sich entweder von einer früheren Verwendung als fiebersenkendes Mittel oder einer Verwendung gegen Malaria (Wechselfieber) ab. In beiden Indikationsgebieten ist Fieberklee heute obsolet. Aktuell dient der Fieberklee als Bittermittel bei Appetitlosigkeit und dyspeptischen Beschwerden (Verdauungsstörungen). Die bitteren Inhaltsstoffe des Fieberklee zählen zu den Secoiridoiden, die auch in den Bitterdrogen der Enziangewächse z.B. dem Tausendgüldenkraut und dem Gelben Enzian vorkommen. Der Fieberklee ist eine Sumpfpflanze, die von den Niederungen bis in die subalpine Zone zu finden ist.





Die **Rosenwurz** (*Rhodiola rosea*), der Name leitet sich vom Duft der Wurzeln ab, kommt in Silikatgebieten von Hochgebirgen Europas, Asiens und Nordamerikas vor. Während in Mitteleuropa die Rosenwurz keine Tradition als Heilpflanze hat, wird sie in Skandinavien, Russland und im Besonderen im Altai-Gebirge traditionell als anregendes Mittel, als Stärkungsmittel und gegen Infektionen eingesetzt. Derzeit ist die Rosenwurz eine der am intensivsten untersuchten Arzneipflanzen. Der Pflanze werden adaptogene Wirkungen nachgesagt. Das bedeutet, dass Rosenwurzpräparate eine höhere körperliche bzw. geistige Leistungsfähigkeit hervorrufen sollen. Inhaltsstoffe: Phenylethanoide und Phenylpropanoide.



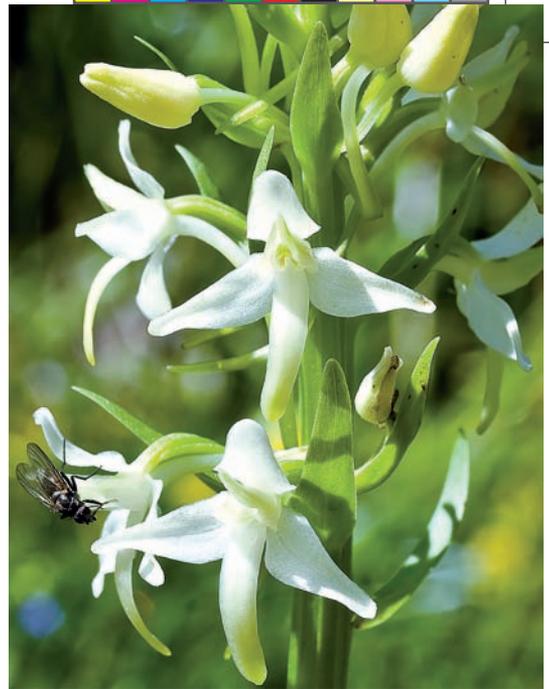
Unter der Bezeichnung **Kaisertee** wird die **Silberwurz** (*Dryas octopetala*) als Arzneipflanze gegen Durchfall und Entzündungen der Mundschleimhaut verwendet. Wie bei anderen Rosengewächsen, z.B. Frauenmantel, Gänsefingerkraut, Blutwurz, Brombeere und Himbeere, sind Gerbstoffe für die Wirkung der Silberwurz maßgeblich verantwortlich. Arzneilich verwendet werden die Blätter. Aus Gründen des Naturschutzes sollte man auf eine Anwendung der Silberwurz verzichten und stattdessen auf die oben genannten Alternativen zurückgreifen. Als arktisch-alpine Art kommt die Silberwurz nicht nur in den Hochgebirgen Europas, Asiens und Nordamerikas, sondern auch in den arktischen Gebieten vor.



Latsche oder **Berg-Kiefer** (*Pinus mugo*). Aus frischen Nadeln, Zweigspitzen und Ästen der Latschen wird durch Wasserdampfdestillation ätherisches Öl, Latschenkiefernöl (*Pinus pumilionis aetheroleum*) gewonnen. Die farblose bis hellgelbe, angenehm riechende Flüssigkeit wird zu Inhalationen bei Atemwegserkrankungen, zur Herstellung von Duftessenzen, Massageölen und Franzbranntwein verwendet. Das ätherische Öl der Latsche enthält u.a. Pinen, Bornylacetat, Phellandren sowie das Sesquiterpen Cadinen. Aus Fichten, Tannen, anderen Kiefern und Lärchen werden durch Wasserdampfdestillation ebenfalls ätherische Öle gewonnen und ähnlich wie Latschenöl verwendet.



Die Knollen der **Zweiblatt-Waldhyazinthe** (*Platanthera bifolia*) und anderer Orchideengattungen (z.B. *Anacamptis* und *Orchis*) waren früher als *Tubera Salep* offizinell. Aus Salepknollen wurde ein Schleim (*Mucilago Salep*) hergestellt und in der Kinderheilkunde als Antidiarrhoikum bei entzündeter Darmschleimhaut angewendet. Hauptbestandteil des Salepschleimes sind Glucomannane. Die Verwendung jedweder Mitglieder der Familie der Orchideengewächse als Heilpflanzen verbietet sich heute, da sämtliche Arten europaweit unter Naturschutz stehen. Generell sind zahlreiche Arten der Orchideengewächse aufgrund der Intensivierung der Landwirtschaft in ihrem Bestand bedroht. Die Zweiblatt-Waldhyazinthe kommt noch relativ häufig in Wäldern, Magerrasen und Niedermooren der Alpen vor. Bestäubt wird die Art durch Nachtfalter, die trotz des langen Blütenspornes (siehe Abbildung) an den Nektar gelangen können.



Die **Moschus-Schafgarbe** *Achillea moschata*, die volkstümlich auch als **Jochkamille** bezeichnet wird, ist, wie der Volksname vermuten lässt, früher ähnlich wie die Kamille (*Matricaria chamomilla*) verwendet worden. Äußerlich wurde die Art zur Wundbehandlung eingesetzt und Tees galten als vorzügliches Mittel gegen Appetitlosigkeit und Blähungen. Da die Jochkamille sowohl etherisches Öl als auch Bitterstoffe (Sesquiterpenlaktone) enthält, wird sie zu den *Amara aromatica* gerechnet. Das etherische Öl der Moschus-Schafgarbe *Oleum Ivae moschatae* (Ivaöl) enthält Cineol, Valeraldehyd und L-Campher und wird zur Herstellung von Likör, dem vor allem aus Graubünden bekannten Ivalikör, verwendet.



Die Jochkamille kommt in den Silikatgebieten der Alpen vom Mont Blanc-Massiv bis in die Niederen Tauern vor. Die Art bevorzugt saure steinige Rasen der subalpinen und alpinen Stufe zwischen 1.500 und 3.400 m Seehöhe.

Sowohl die **Schwarze Edelraute** (*Artemisia genipi*, im Bild) als auch die Echte Edelraute (*Artemisia mutellina*) finden als *Amara aromatica* und zur Herstellung von Likör Anwendung. Volksmedizinisch wurden beide Arten bei Fieber, Lungen- und Rippenfellentzündung und als appetitanregendes Mittel verwendet. Heute stehen diese unauffälligen aber wohlriechenden Pflanzen unter Naturschutz. Daher werden die in Italien zur Aromatisierung von Likör verwendeten Pflanzen vor allem im Piemont und im Aostatal auf einer Höhe von 1.900 bis 2.000 m kultiviert. Wildbestände der Edelrauten kommen von der alpinen bis in die subnivale Stufe vor. Schwerpunkt der Verbreitung beider Arten sind die Zentralalpen. Die Schwarze Edelraute ist in den Alpen endemisch, während die Echte Edelraute auch in den Pyrenäen und im nördlichen Apennin vorkommt. Hauptinhaltsstoffe sind etherisches Öl und Sesquiterpenlaktone.





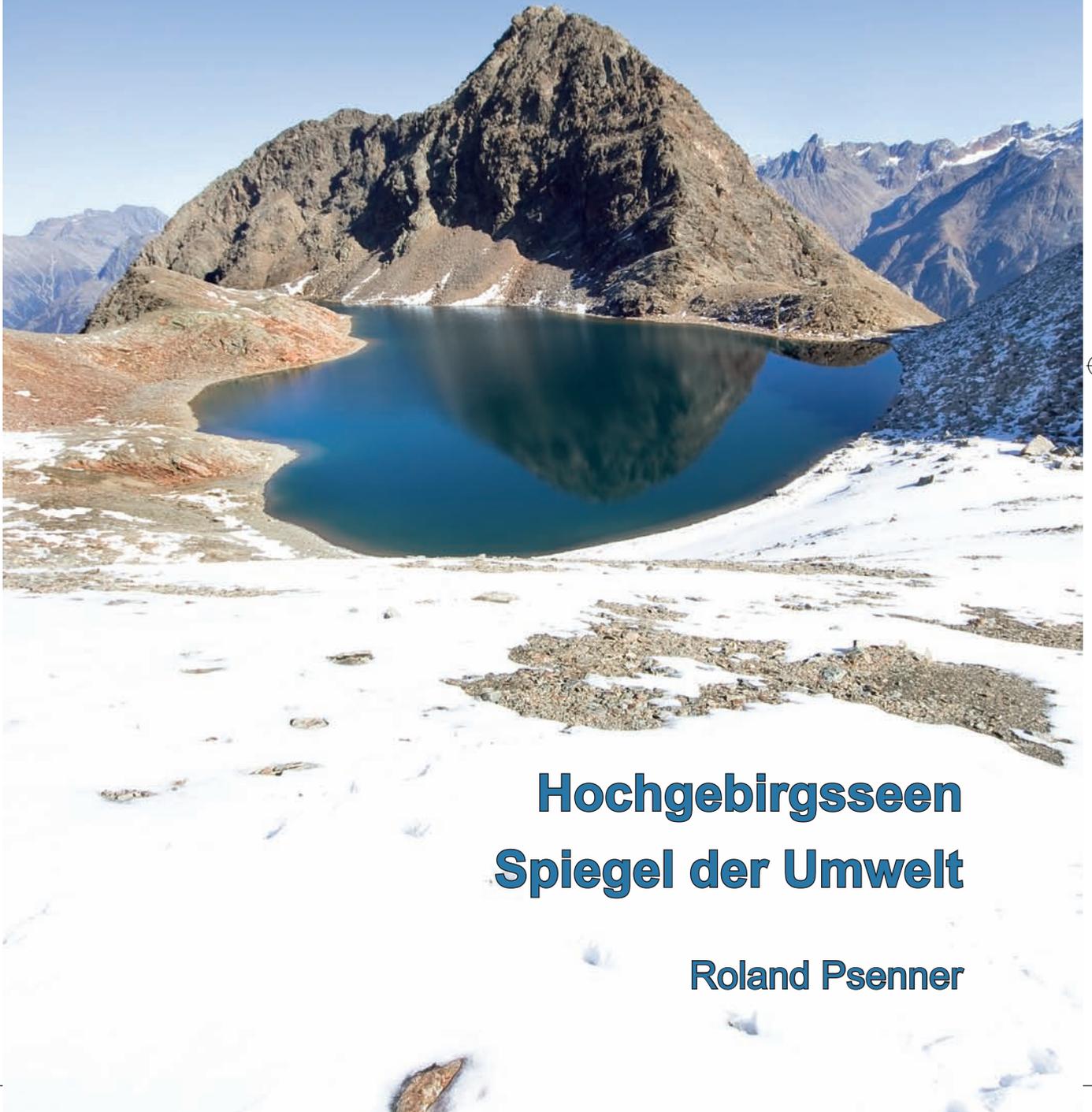
Die **Dach-Hauswurz** (*Sempervivum tectorum*), eine wärmeliebende Art von den Gebirgen Südeuropas über die Alpen bis ins Moseltal, wird traditionell als Zierpflanze auf Hausdächern (Kiesdächern) gepflanzt. Entsprechend einem uralten Aberglauben soll sie die Häuser vor Blitzschlag bewahren. In der Volksmedizin wurde die Dach-Hauswurz äußerlich bei Geschwüren, Verbrennungen und Wunden eingesetzt. Innerlich galt sie als Mittel gegen Entzündungen, Blasenkrankheiten und Skorbut. Aktuell werden Zubereitungen aus der Dach-Hauswurz als Kosmetika umworben. Ihnen wird eine ähnliche Wirkung nachgesagt wie Produkten auf *Aloe*-Basis. Für eine Wirkung könnten Flavonoide, phenolische Säuren und Schleime verantwortlich sein.



Die **Silberdistel** (*Carlina acaulis*) wurde früher in der Volksheilkunde als harntreibendes, schweißtreibendes und appetitanregendes Mittel eingesetzt. Eine medizinische Anwendung in den genannten Gebieten wird derzeit nicht empfohlen, da die Wirksamkeit der Pflanze nicht belegt ist. Die Blütenböden wurden früher wie Artischocken gegessen. Heute dient der Wurzelstock noch als Bestandteil des Schwedenbitters. In einigen Ländern steht die Silberdistel unter Naturschutz. Die Silberdistel kommt auf Magerweiden und Trockenrasen im südlichen Mitteleuropa und in Südeuropa östlich bis nach Rumänien und Russland vor. In den Alpen ist die Art von der collinen bis in die subalpine Stufe noch recht häufig anzutreffen.



Die **Bärentraube** (*Arctostaphylos uva-ursi*) wird bei Blasenentzündungen eingesetzt. Aufgrund möglicher Nebenwirkungen (mögliche Schädigung der Leber) darf die Art nicht länger als eine Woche und das maximal fünfmal pro Jahr verwendet werden. Bärentraubenblätter eignen sich nicht zur Teebereitung mit heißem Wasser, da sie große Mengen von Gerbstoffen enthalten. Die heimischen Vorkommen der Bärentraube, die der Preiselbeere sehr ähnelt, sollten aus Naturschutzgründen nicht besammelt werden. Die Bärentraube kommt auf kalkigen Böden in lichten Kiefernwäldern, Zwergstrauchheiden und auf Schutthalden vor allem der subalpinen Stufe vor.



Hochgebirgsseen Spiegel der Umwelt

Roland Psenner



Isoliert von anderen Gewässern, wenig verfügbare Nährstoffe und tiefe Temperaturen, bis zu neun Monate im Jahr mit Eis bedeckt, das sind Eigenschaften, die Hochgebirgsseen zu empfindlichen Ökosystemen machen, die auf geänderte Umweltbedingungen rasch reagieren und damit als sensible Indikatoren des Globalen Wandels genutzt werden können. Das Institut für Ökologie der Universität Innsbruck verfolgt seit Jahrzehnten die Entwicklung dieser Seen und rekonstruiert dabei ihren Werdegang in vergangenen Jahrhunderten, erforscht die Funktion dieser Ökosysteme (vom Wasserchemismus über Mikroorganismen bis zu den Fischen) und erstellt daraus Prognosen für die Zukunft.

Kaiser Max und die Fische: Während moderne wissenschaftliche Untersuchungen am Gossenköllesee im Kühtai in den 1960er Jahren begannen, wurde das erste ökologische Experiment – dessen Auswirkungen wir heute zu verstehen suchen – bereits zu Beginn der Neuzeit gestartet: Kaiser Maximilian I. ließ um das Jahr 1500 Seesaiblinge und Bachforellen aus Salzkammergutseen in Tiroler Hochgebirgsseen aussetzen. Als 500 Jahre später die mageren und ausgezehrteten Fische, die in einer unglaublichen Dichte in diesen Seen lebten, wissenschaftlich untersucht wurden, vermutete man anfangs, es handle sich dabei um die Folgen einer Degeneration nach jahrhundertelanger Isolation. Sobald man aber selbst mehrere Jahre alte Fische ordentlich ernährt, wachsen diese zur normalen Form heran. Genetische Untersuchungen zeigten, dass die Forellen in manchen abgelegenen Hochgebirgsseen dem danubischen Typus aus dem Donau-Einzugsgebiet angehören, der im Zuge massiver Besatzmaßnahmen mit Atlantischen Bachforellen während des letzten Jahrhunderts verschwunden ist bzw. nur mehr als Mischtyp, dem sogenannten Hybriden, vorkommt. Unsere Sichtweise über das „Biomanipulationsexperiment“ Kaiser Maximilians änderte sich damit radikal. Während wir heute Fischbesatz, insbesondere in fischlosen Seen, als massive Störung des Nahrungsnetzes mit gravierenden ökologischen Folgen betrachten (so wurde z.B. eine Daphnienart, ein Wasserfloh, durch eingesetzte Forellen ausgerottet), kann man diesen ersten direkten Eingriff in das Ökosystem rückblickend als Artenschutzprogramm interpretieren: ohne die Begeisterung Kaiser Maximilians für Jagd und Fischerei hätten wir heute keine genetisch einheitlichen danubischen Bachforellen!

Seen als Indikatoren globaler Veränderungen: Dass meteorologische Basisuntersuchungen am Gossenköllesee einen wesentlichen Beitrag zu unserem Verständnis von Hochgebirgsseen beitragen, wurde in einer Reihe von EU-Projekten bestätigt. In diesen Forschungsprojekten ging es neben der Untersuchung der Gewässerversauerung auch um die Akkumulation schwer abbaubarer organischer Gifte, z.B. PCBs (polychlorierte Biphenyle). Obwohl keinen direkten menschlichen Eingriffen ausgesetzt, können Hochgebirgsseen durch Ferntransport von Schadstoffen massiv beeinträchtigt sein. So reichern sich z.B. bestimmte PCBs, die wegen ihrer hormonähnlichen Wirkung gefürchtet sind, in Fischen von hochgelegenen, d.h. kalten Seen an. Ein Vergleich mit wärmeren Seen in Europa zeigte bei einem Unterschied von 10°C in der mittleren Lufttemperatur (nämlich von 9°C auf -1°C) eine hundertfache Anreicherung bestimmter PCB-Verbindungen im Fleisch von Fischen, ein Effekt, den man in erster Linie auf die „globale Destillation“ dieser Substanzen zurückführen kann, die über die Atmosphäre weltweit verbreitet werden und dann in Kühlfallen – das sind die Polargebiete und die Hochgebirge – festgehalten werden. Während es also für die meisten Luftschadstoffe eine Abnahme mit der Höhe gibt und Hochgebirgsseen deshalb sehr reine Gewässer darstellen, ist es bei Substanzen mittlerer Flüchtigkeit (DDT, bestimmte PCBs) umgekehrt. Hochgebirgsseen sind also in vieler Hinsicht noch unberührt, stehen aber stärker als andere Gewässer unter dem Einfluss des globalen Wandels.

Abbildung auf Seite 85: Der Schwarzssee ob Sölden im Ötztal in 2.800 m Seehöhe ist einer der extremsten Hochgebirgsseen. Sein Wasser ist sauer und ähnelt in der Zusammensetzung dem des Regenwassers und sein Einzugsgebiet besteht aus fast kahlen Schutthalden. Trotzdem beherbergt er Seesaiblinge, die dort an ihrem Existenzlimit leben. An diesem See sind die Klimaänderungen in den letzten Jahrzehnten besonders deutlich zu erkennen. Während es in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts Jahre gegeben hat, in denen der See nur unvollständig aufgetaut ist, wird er heute meist Anfang Juli eisfrei. Der Ionengehalt des Wassers hat sich durch eine temperaturbedingte Steigerung der Zersetzungsprozesse im Einzugsgebiet in den letzten Jahren verdoppelt.

Unerwartete Folgen des Klimawandels: Heute spielen die Auswirkungen des Klimawandels eine zentrale Rolle bei der Studie von Hochgebirgsseen, wobei ihre Sedimente einen entscheidenden Beitrag zur Aufklärung globaler Zusammenhänge und über das Klima der letzten 10.000 Jahre liefern. Aus diesen Untersuchungen wissen wir, dass die erste Hälfte des Holozäns wesentlich wärmer war als die vergangenen 5.000 Jahre seit „Ötzi“ Tod. Obwohl das Augenmerk vor allem auf Temperatur, Niederschlag, Biodiversität und Artenverschiebung bzw. Artensterben gerichtet ist, liefern Hochgebirgsseen ungeahnte Überraschungen: Das Abschmelzen von Blockgletschern im Einzugsgebiet kann drastische Folgen für die Lebensgemeinschaft im See – und in weiterer Folge für die Trinkwassergewinnung – haben. So erreicht im Rasass See im Vinschgau die Nickelkonzentration im Wasser Konzentrationen, die zwanzigfach über dem Grenzwert für Trinkwasser liegen.

Der Wert von Hochgebirgsseen: Während wir heute dazu neigen, Hochgebirgsseen vor allem als sensible Indikatoren des globalen Wandels zu betrachten, sollten wir nicht vergessen, dass es sich um schätzenswerte und einmalige Ökosysteme handelt, die leider immer noch leichtfertig kurzfristigen Zielen geopfert werden. Zumindest einige davon auch als Objekte für den Artenschutz, die Forschung und ganz einfach zur Freude der Besucher zu erhalten, scheint notwendiger denn je.

Die drei der insgesamt sechs **Faselfadseen** (der Name stammt möglicherweise von „*val selvada*“, bewaldetes Tal), südwestlich von St. Anton am Arlberg gelegen, gehören zu den unberührtesten Hochgebirgsseen Tirols. Die beiden Seen im Vordergrund sind von der Gletschermilch aus dem Faselfadferner türkis gefärbt, während der See am rechten Bildrand ohne Gletschereinfluss ist und deshalb glasklares Wasser aufweist. Der Gletscher unter dem Scheibler (2.978 m) zieht sich seit Jahren zurück und lässt neue, extrem trübe Seen entstehen, die bei weiterem Rückzug des Gletschers ihre Trübe verlieren und zu Klarwasserseen werden. An dieser Seenkette kann man die Entwicklung alpiner Seen wie im Zeitraffer verfolgen.



Limnologische Station am Gossenköllesee im Kühtal (unterer See). Die 1975 errichtete Station am Ufer des Sees, nach dem das UNESCO Biosphärenreservat benannt ist, arbeitet emissionsfrei und ist deshalb Anziehungspunkt für viele internationale Forschungsprojekte über alpine Ökosysteme. Dabei werden vor allem globale Umweltveränderungen untersucht, wie z.B. saure Niederschläge, die Deposition organischer Schadstoffe, der Einfluss der Ozonzerstörung auf die UV-Strahlung oder die Auswirkungen der Klimaerwärmung auf Gewässerorganismen. Im Gossenköllesee wurde zum ersten Mal die danubische Bachforelle entdeckt, die auf Besatzmaßnahmen Kaiser Maximilians I. um das Jahr 1500 zurückgeht.





Die **Bachforelle** (*Salmo trutta forma fario*), im Bild ein Jungtier mit dunklen Querbinden aus dem Gossenköllesee im Kühtai, wurde in vielen Hochgebirgseen eingesetzt. Auf Grund mangelnder natürlicher Feinde und Befischung werden hohe Populationsdichten erreicht, die ein Kümmerwachstum zur Folge haben. In Tirol werden sie als **Schwarzreuter** bezeichnet. Zu Winterbeginn, wenn der See längst zugefroren ist, vergraben die Bachforellen ihre Eier im Schotter des Sees. Die Larven steigen erst nach Aufbrauchen des Dottersackes ins Freiwasser auf. In manchen Seen mit flachen Uferbereichen finden sich auch große Schwärme eingesetzter Elritzen.



Wie die Bachforelle wurde auch der **Seesaibling** (*Salvelinus alpinus*) vor Jahrhunderten in Hochgebirgseen eingesetzt. Im herbstlichen „Hochzeitskleid“ stehen Männchen (im Bild) in ihrer Farbenpracht tropischen Fischen nicht nach. Der Seesaibling ist ursprünglich eine nordeuropäische Art, die sich während der Eiszeit nach Süden ausgebreitet hat und in der nachfolgenden Klimaerwärmung in den neu gebildeten nördlichen Voralpenseen zurückgeblieben ist. Er ernährt sich dort vorwiegend von Planktonkrebsen, in den nährstoffarmen Hochgebirgseen muss er sich aber mit Insektenlarven und ins Wasser gefallenen Insekten zufrieden geben. Auch der Seesaibling bildet im Hochgebirge Kümmerformen.



Entnahme eines Sedimentkerns aus dem Schwarzsee ob Sölden. Von einer schwimmenden Plattform aus werden die seit Ende der letzten Eiszeit abgelagerten Sedimentschichten mit einem speziellen Bohrgerät ungestört entnommen. Die einzelnen Sedimentschichten werden mittels der Radiokarbonmethode (^{14}C) datiert und chemisch und mineralogisch analysiert. Die Schalen von Kieselalgen und die Kopfkapseln von Zuckmückenlarven bleiben über Jahrtausende erhalten und geben einen Blick frei in die Klima- und Umweltgeschichte der letzten 10.000 Jahre. Auf diese Weise lässt sich die Veränderung des Säuregehalts des Seewassers, der Einfluss des sauren Regens oder der Verlauf der Sommertemperaturen berechnen.



Gefährliche Sonnenstrahlen

Ruben Sommaruga
Cornelius Lütz
Rudolf Hofer



Die Sonne ist eine der Voraussetzungen und die treibende Kraft für das Leben auf unserem Planeten. Andererseits enthalten Sonnenstrahlen neben sichtbarem Licht und Wärme auch schädliche kurzwellige Strahlen, die aber fast zur Gänze durch die Atmosphäre herausgefiltert werden. Trotzdem gelangen UVA und Anteile von UVB auf die Erdoberfläche, die auf Meeresniveau die geringste Intensität aufweisen und in den Alpen je nach Jahreszeit um 15-21 % pro 1.000 Höhenmeter zunehmen. Vor allem Organismen, die im oder am Rande von Schnee und Eis leben, sind durch die Reflexion oft doppelt so stark exponiert. Im Laufe der Evolution haben sich Organismen an diese Gefahren angepasst. Cyanobakterien (Blaualgen), die erdgeschichtlich ältesten noch lebenden Organismen, überleben selbst heute noch extrem hohe Strahlungsdosen, wie sie zur Zeit des frühen Lebens auf der Erde geherrscht haben mögen.

Schutz vor schädlichen Strahlen kann auf unterschiedlichste Weise erzielt werden, wobei morphologische Bildungen am augenfälligsten sind. Um zu intensive Bestrahlung zu vermeiden, wenden Pflanzen ähnliche Strategien an wie an trockenen Standorten: reflektierende Blattoberflächen, dichte Behaarung, kleinere aber dickere Blätter oder der Sonne abgewandte Blattstellungen. Bei Tieren dienen Körperhüllen aus leblosen Substanzen, wie z.B. der Chitinpanzer bei Insekten, die Hornhaut der Reptilien oder das Haar- bzw. Federkleid bei Säugern und Vögeln primär anderen Zwecken, bieten aber gleichzeitig hervorragenden UV-Schutz. Andererseits kommen viele Tiere ohne UV-Schutz aus, indem sie durch die Wahl ihres Lebensraumes (unterirdisch, im trüben oder tiefen Wasser) oder durch ihr Verhalten (nachtaktiv) der Sonne aus dem Weg gehen. Diese einfache Möglichkeit bleibt den höheren Pflanzen versagt, da sie angewurzelt sind. Zusätzlich befinden sie sich in einem Dilemma, da sie das Licht der Sonne zur Photosynthese unbedingt brauchen, bei der die Energie des Lichtes in chemische Energie umgeformt wird. Diese wird dazu verwendet, um aus Wasser und CO₂ aus der Luft zunächst Zucker, dann aber alle Stoffe für ihre Lebensvorgänge zu synthetisieren. Da im Hochgebirge das Frühjahr mit der Zeit des Sonnenhöchststandes zusammenfällt, können neben der UV Strahlung (die nicht zur Photosynthese verwendet wird) auch die hohen Intensitäten an sichtbarem Licht diese Vorgänge überfordern und Zellschäden verursachen.

Die Strategien gegen Sonnenschäden erschöpfen sich keineswegs in strukturellen Maßnahmen und Vermeidung der Exposition. Auch lebende Zellen, vor allem Hautzellen als unmittelbares Ziel der Strahlung, treffen Vorkehrungen, um sich selbst und das darunter liegende Gewebe zu schützen. Eine sichtbare Maßnahme ist die durch Anpassung gesteigerte Melanineinlagerung in die Haut, die uns Menschen aber auch manche Tieren wie z.B. die Wasserflöhe (Daphnien) in klaren Gebirgsseen vor Sonnenschäden schützt.

Daneben gibt es auch einen spezifischen **chemischen UV-Schutzschild**, wie z.B. Flavonoide in fast allen lebenden Pflanzenzellen. Sie sind in Blättern und Stängeln der Pflanzen, vorwiegend in der äußeren Zellschicht, der Epidermis, lokalisiert. Die Energie der eintreffenden Strahlung wird durch sie weitgehend in Wärme umgewandelt und so neutralisiert. Ein Teil der Flavonoide ist fest in die Zellwände eingebaut und bietet einen Grundstock an UV-Filterung. Neben dieser Schutzfunktion kennen wir Flavonoide als gelbe, blaue oder rote Blüten- oder Fruchtfarbstoffe.

Auch tierische Organismen verfügen über niedermolekulare Verbindungen, die UV-Strahlen spezifisch absorbieren und unschädlich machen. Die bekanntesten sind die sogenannten Mycosporin-ähnlichen Aminosäuren, die von Mikroorganismen synthetisiert und von tierischen Organismen

Abb. Seite 89: Rotfelssee in 2485 m Seehöhe im Kühtai – einer der vielen transparenten Hochgebirgsseen, wo schädliche UV-Strahlen im Vergleich zum Meeresniveau um etwa 50% höhere Intensität aufweisen und im Gegensatz zu trüben Seen noch 10-40% der auftreffenden Strahlung bis zum Grund vordringen. Viele der dort lebenden Organismen weichen daher in die Tiefe aus, so fern dies möglich ist. Algen, die das Licht zum Überleben brauchen oder Tiere in flachen Seen müssen hingegen besonders effiziente Sonnenschutzmechanismen entwickeln. **Nur während der monatelangen Eisbedeckung** sind die Organismen vor der schädlichen UV-Strahlung geschützt. Diese Periode verkürzt sich aber auf Grund der Klimaerwärmung zunehmend.

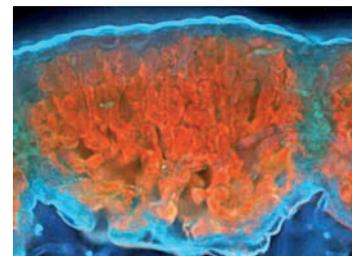
über die Nahrung aufgenommen werden. So reichern Planktonkrebse in klaren Hochgebirgsseen, wo die UV-Strahlung tief in das Wasser eindringen kann, Mycosporin-ähnliche Aminosäuren in den Körperzellen an, die aus ihrer Algennahrung stammen.

Auch ein ausgeklügelter Abwehrschirm kann oft nicht verhindern, dass kurzwellige Strahlen in die Zelle eindringen und zur Oxidation körpereigener Moleküle führen. Daraus entstehen kurzlebige aber äußerst aggressive Substanzen, die sog. Radikale, die Zellschäden hervorrufen. Sekundäre Pflanzenstoffe, wie Carotinoide oder die als UV-Schutz erwähnten Flavonoide, aber auch die Vitamine C und E fungieren als sog. **Radikalfänger** und schützen damit die Zelle. Tierische Organismen müssen diese Substanzen weitgehend aus der Nahrung, d.h. direkt oder indirekt aus Pflanzen aufnehmen und einlagern. Das gefährlichste an UV Strahlen ist die Schädigung der DNA (der Trägerin der Erbinformation) in den Zellkernen. Als letzte Instanz des komplexen Schutzschildes werden Mechanismen aktiv, die die Schäden an der DNA reparieren. Werden die komplexen Schutzmechanismen überfordert, kann es zu lokalem Zelltod, zur Entwicklung von Karzinomen bis hin zum Tod des Organismus führen.



Durch Gestaltung der Oberfläche können sich Pflanzen vor zu viel Licht bzw. schädlicher UV Strahlung schützen. Die dem Licht zugewandte Oberseite der Blätter kann durch eine glänzende Wachsauflage (**Silberwurz**, *Dryas octopetala*, Bild rechts) oder durch starke Behaarung (**Edelweiß**, *Leontopodium nivale*, Bild links) geschützt werden. Beides bewirkt eine Reflexion der Strahlung, die Behaarung zusätzlich eine Beschattung. Die Veränderung der Blattstellung ist eine weitere Strategie, der Sonne weniger Oberfläche zu bieten.

Flavonoide in Pflanzenzellen: In Blättern sind Flavonoide in der oberen Epidermis und oft auch in den darunter liegenden Blattzellen (Zellwand und gelöst im Zellsaft) zu finden. Flavonoide schützen vor UV-Schäden und die Pflanzen können die Menge recht schnell den tatsächlichen Lichtbedingungen am Standort anpassen (Wechsel von Schlecht- und Schönwetterperioden, plötzliche Schneebedeckung und Schneeschmelze). Sie synthetisieren nur so viel UV-Schutzpigmente wie nötig, da die Herstellung der Flavonoide viel Energie kostet. Im mikroskopischen Blattquerschnitt der Silberwurz sind die Flavonoide im UV Licht an ihrer hellblauen Fluoreszenz zu erkennen.





UV-Strahlen dringen sehr tief in das extrem klare Wasser der Hochgebirgsseen ein. Lebewesen der obersten Wasserschichten müssen daher einen effizienten Strahlungsschutz entwickeln. Dabei nehmen einzellige Algen eine Schlüsselfunktion ein, indem sie unsichtbare Sonnenschutzfaktoren (Mycosporin-ähnliche Aminosäuren) produzieren, die dann über die Nahrungskette in andere Organismen, wie den hier abgebildeten **Ruderfußkrebs** (*Cyclops abyssorum taticus*), gelangen. Sonnenexponierte Planktonkrebse reichern in ihrem Körper auch Carotinoide an (rote Blasen im Bild), um die von den UV-Strahlen erzeugten aggressiven Oxidationsprodukte abzufangen und unschädlich zu machen (Radikalfänger).

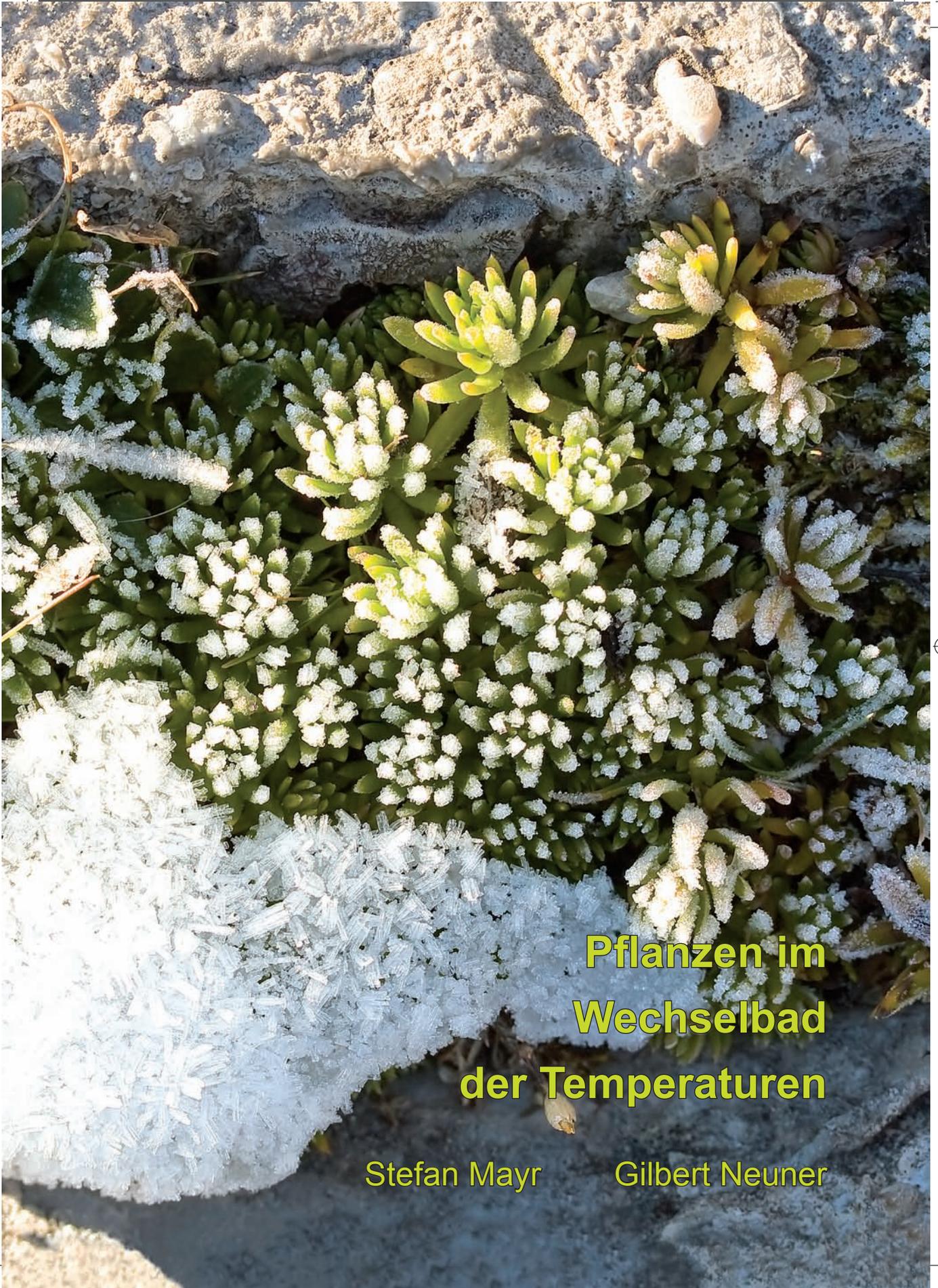


Der **Alpenmolch** (*Triturus alpestris*) bevorzugt zur Fortpflanzung sonnenexponierte flache Gebirgstümpel bis etwa 2.400 m Seehöhe. Trotzdem weisen junge Larven, die zur Zeit der höchsten Strahlungsintensität schlüpfen, nur geringfügige Pigmentierung und unzureichenden chemischen Strahlungsschutz auf. Der ungeschützte Aufenthalt in praller Sonne führt sehr rasch zu Hautschäden und zum Tod. Daher kommen Molche fast ausschließlich in den von Huminstoffen braun gefärbten Tümpeln vor, wo die UV-Strahlung nur wenige Zentimeter tief eindringen kann. Kaulquappen des Grasfrosches verfügen hingegen über effiziente Schutzmechanismen und können somit auch klare Gewässer gefahrlos bewohnen.



Eine äußere Hülle mit leblosem Material, wie Chitin (Insekten), Hornhaut (Reptilien), Haare (Säuger) oder Federn (Vögel), schützt vor ultravioletter Strahlung und ermöglicht den Tieren, in einer kalten Umgebung die wärmenden Sonnenstrahlen zu nützen. Dies erlaubt vor allem wechselwarmen Tieren, wie z.B. den Wärme liebenden Reptilien oder Heuschrecken, in größere Höhen vorzudringen.

Die **Sibirische Keulenschrecke** (*Gomphoceris sibiricus*) lebt an sonnigen Hängen von 1.000 bis 2.600 m Seehöhe und ist im männlichen Geschlecht an den blasenförmig angeschwollenen Vorderbeinen leicht zu erkennen. Diese spielen als optische Signalgeber eine wichtige Rolle bei der Balz.



Pflanzen im Wechselbad der Temperaturen

Stefan Mayr

Gilbert Neuner



Jede Wanderung in den Bergen führt uns durch eine Vielzahl unterschiedlicher Lebensräume. Beim Blick vom Gipfel hinunter erkennen wir, wie die entsprechenden Vegetationsgesellschaften einander in rascher Folge ablösen, wobei die Waldgrenze wohl den prägnantesten Wechsel darstellt. Um eine ähnliche Vegetationsabfolge zu bereisen, müsste man im Tiefland etwa 3.000 km geografischer Breite überwinden! Diese kleinräumige Abfolge der alpinen Vegetation hat ihre Ursache im dramatischen Wechsel der Lebensbedingungen mit der Höhe.

Mit zunehmender Meereshöhe wird es deutlich kälter - die mittlere Lufttemperatur sinkt um etwa 0.6°C je 100 Höhenmeter und die Vegetationsperiode wird dadurch immer kürzer. Zudem sind Pflanzen einer Zunahme der täglichen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Dies wird einerseits durch die am Berg intensivere Sonneneinstrahlung, die an Schönwettertagen zu einer starken Erwärmung von Pflanzen führt und andererseits durch die enorme Abkühlung in der Nacht verursacht. Pflanzen verlieren in der Höhe aufgrund der dünneren Luft und der dadurch verminderten atmosphärischen Gegenstrahlung mehr Wärme. Die Blätter von Pflanzen der alpinen Stufe können so tagsüber um bis zu 35°C wärmer und in der Nacht um bis zu 8°C kühler sein als die umgebende Luft. Diese Temperaturbedingungen variieren insbesondere oberhalb der Waldgrenze aufgrund kleinräumiger Unterschiede in der Exposition sehr stark.

Alpine Pflanzen haben gelernt, unter diesen extremen Temperaturverhältnissen zu überleben: Im Sommer sind die insgesamt tieferen Temperaturen für das Pflanzenwachstum limitierend, weshalb über der Waldgrenze zumeist kleinwüchsige Pflanzen auftreten, die die wärmende Grenzschicht an der Bodenoberfläche nützen können. So finden wir häufig Zwerg- und Spaliersträucher, Gräser, Rosetten bildende Pflanzen oder Polsterpflanzen. Allerdings können sich Pflanzenteile durch den bodennahen Wuchs bei starker Strahlung erheblich erhitzen. Nicht selten kann man deshalb Hitzeschäden an südexponierten Bereichen von Polsterpflanzen finden, obwohl diese Pflanzen eine große Hitzetoleranz aufweisen. Alpine Böden bleiben hingegen vergleichsweise kalt, wodurch Pflanzen einem steilen Temperaturgradienten ausgesetzt sind.

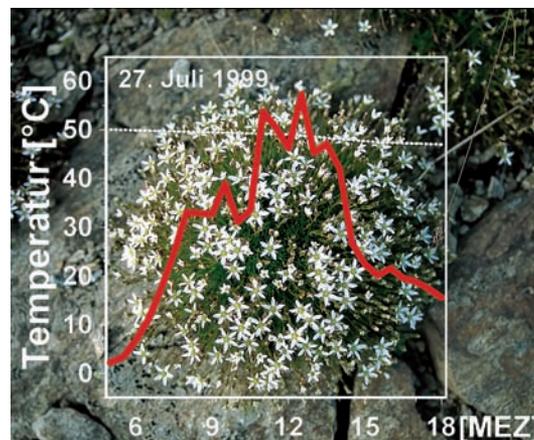
Im **Winter** sind die kleinwüchsigen Pflanzen unter der Schneedecke gut geschützt, während über die Schneedecke ragende Arten den Temperaturextremen der Atmosphäre unmittelbar ausgesetzt sind. In diesen Pflanzen können die weit unter den Gefrierpunkt fallenden Temperaturen lebende Gewebe direkt schädigen und zudem Trockenstress, die so genannte **Frostrocknis**, verursachen. Dabei schneiden Eisblockaden, die im Spätherbst in Boden und Pflanzenteilen entstehen, die Wasserzufuhr oft für die gesamte Wintersaison ab. Verstärkt wird die Austrocknung, wenn sich Pflanzenteile über die Lufttemperatur erwärmen und dadurch die Wasserabgabe erhöht wird. Viele alpine Holzpflanzen verhindern zu intensive Frostrocknis durch einen besonders effizienten Transpirationsschutz und durch die Speicherung von Wasser in den Achsensystemen. Unzählige Überlebensstrategien und Anpassungen bestehen auch zur Vermeidung von Frostschäden in lebenden Geweben: Einige Pflanzenarten verhindern die tödliche Eisbildung innerhalb der Zellen durch osmotische Anpassungen (Erhöhung der zellulären Konzentration) und „supercooling“. Letzteres ermöglicht eine Abkühlung unter den Gefrierpunkt ohne dass die Bildung gefährlicher Eiskristalle ausgelöst wird. Während einer ausgeprägten Frostabhärtungsperiode im Herbst entwickeln andere Arten in ihren Geweben eine gesteigerte Toleranz gegenüber Gefriervorgängen, die vor allem auf veränderten

Abbildung auf Seite 93: Pflanzen in hochalpinen Ökosystemen sind extremen Temperaturen und extremen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Es bestehen große jahreszeitliche Unterschiede mit heißen Bedingungen in der Vegetationsperiode und bei fehlender Schneedecke tiefen Minimumtemperaturen im Winter. Pflanzen müssen aber auch den Temperaturänderungen innerhalb eines Tages widerstehen, enorme Temperaturschwankungen können durch kurzfristige Änderungen in der Strahlungsintensität sogar binnen Minuten auftreten. Die Temperaturen variieren aber auch räumlich und bedingen kleinflächige Unterschiede und große Temperaturgradienten sogar innerhalb einzelner Pflanzen. Die Pflanzenwelt des alpinen Lebensraumes hat spezielle Anpassungen entwickelt, um unter diesen Bedingungen zu überleben.

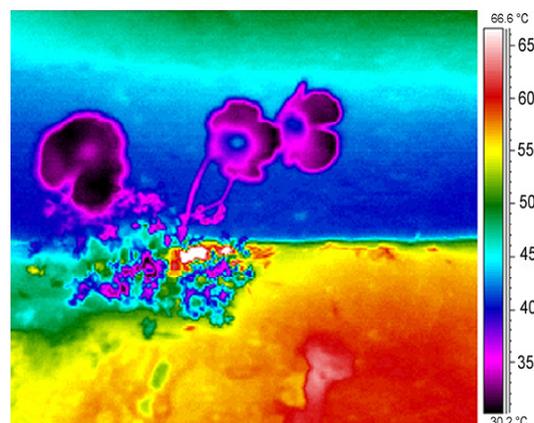
Eigenschaften der Zellmembranen und einer gesteigerten zelluläre Austrocknungstoleranz beruht. Diese **Gefriertoleranz** wird erreicht, indem die Eisbildung außerhalb der einzelnen Zellen, in den kleinen Hohlraumsystemen der Gewebe, ausgelöst wird. Dadurch wird den Zellen während des Wachstums der Eiskristalle Wasser entzogen, in den Zellen jedoch kein Eis gebildet. Im Frühjahr geben die Pflanzen während der Frostenthärtungsphase ihre Schutzmechanismen auf, um die für die Vegetationsperiode wichtigen Stoffwechselfvorgänge aktivieren zu können. In dieser Phase sowie im Herbst ist die Gefahr einer Schädigung durch außergewöhnliche Frostereignisse besonders hoch. Fröste zwischen -2°C auf 2.000 m und -12°C auf 3.400 m können aber auch den ganzen Sommer über auftreten, weshalb viele Arten einen Teil ihrer Gefriertoleranz auch in der Vegetationsperiode aufrecht erhalten. Bei vielen krautigen Pflanzen führt ein Frostschaden zum Absterben oberirdischer Organe. Zum Überleben müssen die abgestorbenen Teile durch Wachstum neuer Gewebe ersetzt werden. Diese Regeneration geht von den geschützten unterirdischen Organen aus. Neutriebe von Holzpflanzen an der alpinen Waldgrenze können vor allem im Juni Frostschäden erleiden, was einen ganzen Jahreszuwachs vernichten kann. Das Vorhandensein älterer ungeschädigter Triebe, Reserven in den Achsensystemen sowie Reparaturmechanismen sichern das Überleben dieser Pflanzen.

Die Pflanzenwelt des alpinen Lebensraumes wird somit wesentlich durch das Wechselbad extremer Temperaturbedingungen und deren Auswirkungen geprägt. Die Vielfalt der alpinen Flora spiegelt das beeindruckende Anpassungspotenzial der Pflanzen dieses Lebensraumes wider.

Die **Temperatur von Gebirgspflanzen** der alpinen bis nivalen Stufe der Zentralalpen bewegen sich während der Vegetationszeit zwischen etwa -9 und $+40^{\circ}\text{C}$, im Extremfall jedoch bis zu $+58^{\circ}\text{C}$. Dies führt zu überdurchschnittlich hohen tageszeitlichen Temperaturamplituden in Pflanzen, die an manchen Tagen über 50°C erreichen können. An einem Krummblatt-Miren Polster (*Minuartia recurva*) wurden am 27. Juli 1999 am Glungezer auf einer Seehöhe von 2.600 m Blatttemperaturen (dicke rote Linie) von 57.3°C erreicht. Diese Temperaturen führten zu Hitzeschäden, da die artspezifische Hitzetoleranz (weiß strichlierte Linie) deutlich überschritten wurde.



Über der Waldgrenze finden wir ein Mosaik an unterschiedlichen Kleinstlebensräumen. In Abhängigkeit von Hangneigung und Exposition variiert die Einstrahlung und damit die Erwärmung der Pflanzen. Auch Untergrund, Vegetationsstruktur und insbesondere das Geländere relief und die dadurch bedingten Windverhältnisse spielen eine Rolle. Dabei ist auch jede einzelne Pflanze einem großen Temperaturgradienten ausgesetzt. Das **Infra-rotbild vom Alpenmohn** (*Papaver bursaeri*) visualisiert diese großen Temperaturunterschiede an den oberirdischen Organen. Die Temperaturen der einzelnen Pflanzenteile wurden entsprechend der rechts abgebildeten Skala farblich codiert. Der gelb-rote Vordergrund stellt eine erhitzte Steinplatte dar.





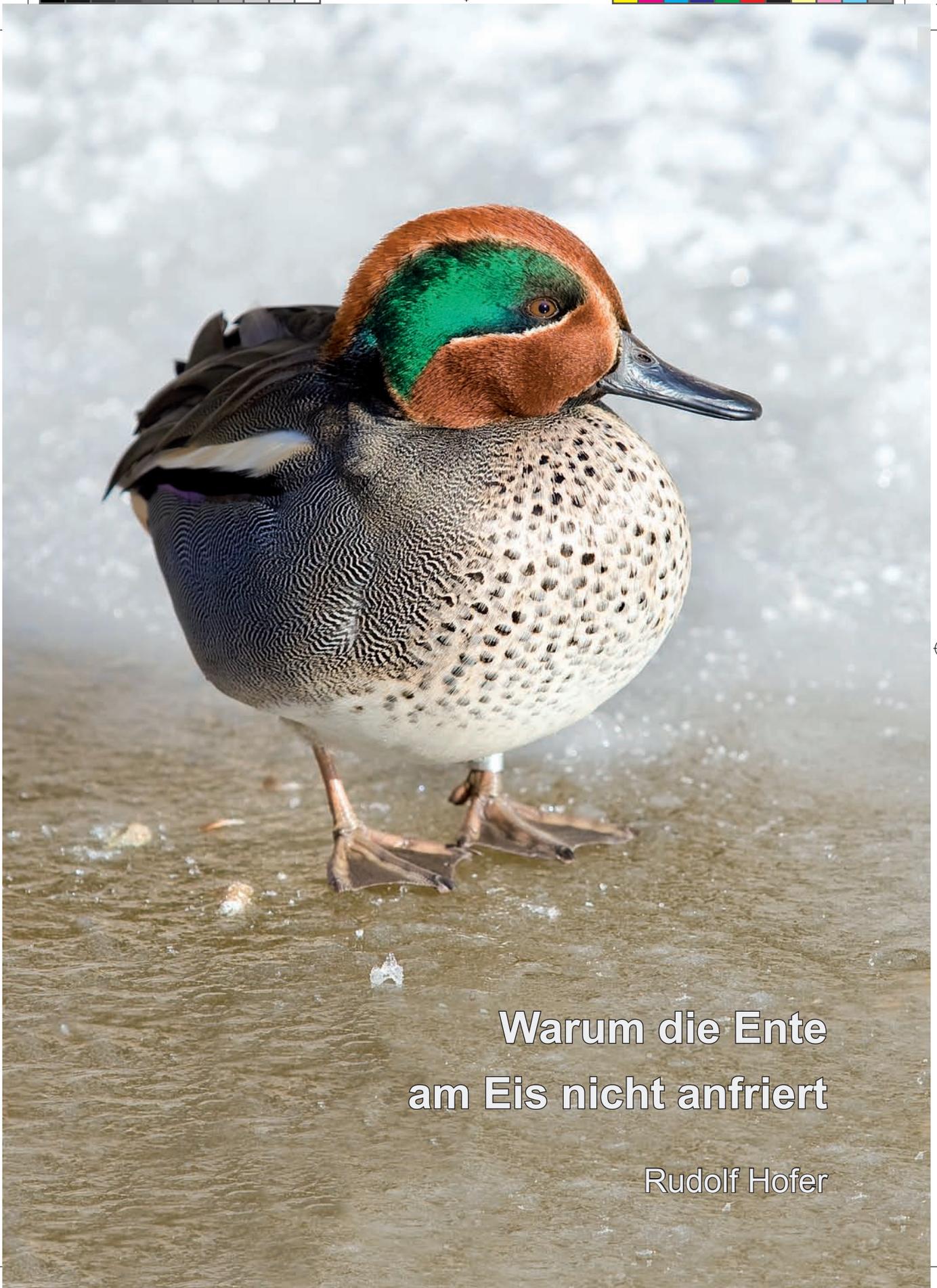
Jungbäume überwintern wie andere kleinwüchsige Pflanzen – vor Austrocknung und extremen Temperaturen geschützt – unter der Schneedecke. Ältere Bäume ragen jedoch mit ihren oberirdischen Teilen in die Atmosphäre und sind deshalb **Temperatur- und Trockenstress** ausgesetzt. Aufgrund des gefrorenen Bodens und der gefrorenen Stammbasis ist die Wasserversorgung an der alpinen Waldgrenze monatelang abgeschnitten. Während der Wintersaison steigt die Stressintensität kontinuierlich an, vor allem süd-exponierte Kronenteile zeigen deshalb im Spätwinter enorme Austrocknungsgrade.



Immergrüne Pflanzenteile, die im Winter über die Schneedecke hinausragen, sind besonders hoher Strahlung – unter anderem auch aufgrund von Reflexionen an der Schneeoberfläche – ausgesetzt. Dies führt zu einer Kombinationsbelastung, da Pflanzen unter Temperaturstress allgemein die Strahlung sehr schlecht verwerten können. Manche Arten reagieren mit der Einlagerung von Lichtschutzpigmenten. Bei anderen Arten kann die Überstrahlung aber auch zu Sonnenbrandschäden an den Blättern führen (**Rostblättrige Alpenrose**). Solche Schäden sind charakteristischer Weise nur an den voll der Sonne zugewandten Blättern und Blattteilen zu beobachten, während Gewebe der Blattunterseite vollkommen intakt bleiben.



Durch die intensive Einstrahlung während des Tages und die starke Abkühlung in der Nacht sind über die Schneedecke ragende Pflanzen im Winter großen täglichen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Die Nadeln von **Fichten** können an winterlichen Sonnentagen zur Mittagszeit an die +20°C erreichen und in der Nacht wieder weit unter den Gefrierpunkt abkühlen. Da dieser Temperaturwechsel fast täglich stattfindet, ist die Pflanze im Laufe des Winters mehr als hundert Frost-Zyklen ausgesetzt. Schäden in lebenden Geweben und im Wassertransportsystem können dabei nur durch entsprechende Schutz- oder Reparaturmechanismen vermieden werden.



Warum die Ente am Eis nicht anfriert

Rudolf Hofer



Barfuß durch den Schnee zu laufen ist auch für die Härtesten unter uns nur ein kurzes Vergnügen. Was selbst einem verhätschelten Schoßhund kein Problem bereitet, und schon gar nicht wild lebenden Vögeln und Säugern, bleibt dem Menschen versagt. Wo liegt der Unterschied? Warum frieren die Füße der Ente am Eis, auf dem sie steht, nicht an?

Hohe Temperaturen werden bei allen Warmblütern nur im Körperkern konstant gehalten, während die Peripherie großen situationsbedingten Schwankungen unterliegt, um Energie zu sparen oder überschüssige Wärme abzuleiten. Allerdings ist der Mechanismus bei Mensch und Tier verschieden. Zumindest beim ruhenden Menschen wird bei Kälte die Blutzirkulation in der Peripherie reduziert und damit sinkt die Temperatur in diesen Körperteilen. Dieser Sparmechanismus birgt die Gefahr, dass unter Extrembedingungen und bei fehlender Bewegung an Zehen, Finger, Ohren oder Nase Erfrierungen auftreten können. Auch bei **Vögeln und Säugern** sinkt bei Kälte die Temperatur in den Beinen, besonders in allen unbefiederten bzw. unbehaarten Körperstellen. Allerdings wird die Blutzirkulation in peripheren Bereichen aufrecht erhalten, was ein Erfrieren verhindert. Trotzdem verlieren diese Tiere nur wenig Wärme an ihre Umgebung, weil zu- und ableitende Gefäße eng aneinander liegen und somit das vom Körper kommende Blut die Wärme an das kalte rückfließende Blut abgibt. Muss bei Überhitzung überschüssige Wärme abgegeben werden, wird dieser Wärmetauscher umgangen, in dem das rückfließende Blut einen anderen Weg über oberflächliche Venen nimmt. Nicht nur Vögel und Säuger, auch manche **Fluginsekten**, wie z.B. Hummeln und Schwärmer, sind in der Lage, während des Fluges ihren Brustabschnitt auf einem konstant hohen und von der Umgebung weitgehend unabhängigen Temperaturniveau zu halten. Auch sie bedienen sich des Prinzips des ein- und ausschaltbaren Wärmetauschers der Blutzirkulation zwischen dem durch Muskelkontraktionen erwärmten Brustabschnitt und dem kühleren Hinterleib.

Die **Dicke der äußeren Isolierschicht** bestimmt maßgeblich die Höhe der Energiekosten zur Erhaltung einer konstanten Kerntemperatur. Der saisonale Wechsel zwischen dem dichteren Haarkleid im Winter und der leichteren Körperbedeckung im Sommer ist eine wesentliche Anpassung. Die Basis von Haaren und Federn ist mit feinen Muskelfasern versehen, mit deren Hilfe die Dicke der Isolationsschicht verändert und den Temperaturverhältnissen angepasst werden kann (Sträuben von Haaren und Gefieder). Auch Menschen verfügen noch über diese Fähigkeit („Gänsehaut“), wengleich dieses Verhalten auf Grund der spärlichen Behaarung wenig nützt.

Körpergröße und Körperform sind weitere Faktoren, die die Höhe des Energieverlustes bestimmen. Je größer der Organismus und je mehr er sich der Kugelform angleicht, desto günstiger ist das Oberflächen-Volumen Verhältnis und desto weniger Wärme geht über die Oberfläche verloren. Der Sauerstoffverbrauch pro Gramm Körpermasse ist bei einer Spitzmaus etwa 100 Mal größer als jener eines Elefanten, der durch sein günstiges Oberflächen-Volumen Verhältnis viel weniger Wärme verliert. Kleinsäuger und kleine Vögel müssen sich daher die Temperaturkonstanz teuer erkaufen. Das Herabsetzen der Körpertemperatur in Ruhephasen, in denen keine Nahrung aufgenommen wird, ist dabei eine wirksame Sparmaßnahme.

Säuger in kalten Regionen sind nicht nur größer als verwandte Arten in wärmeren Gebieten, sie reduzieren auch ihre Körperanhänge. Ein klassisches Beispiel sind der Polarfuchs mit den im Fell fast versteckten Ohren und der Wüstenfuchs mit seinen extrem langen Ohren, die im heißen Klima die Abgabe überschüssiger Wärme erleichtern.

Wenn Menschen kalt wird, fangen sie an zu **zittern** und erzeugen durch die Muskeltätigkeit Wärme. Dieses Verhalten finden wir auch bei Tieren, wobei der große Brustmuskel (Flugmuskel) der Vögel besonders effizient ist. An Kälte angepasste Kleinsäuger (bis zu einem Gewicht von 10 Kilogramm)

Abbildung auf Seite 97: Die Krickente (*Anas crecca*) kann stundenlang am blanken Eis stehen, ohne dass ihre nackten Füße mit den dünnen Schwimmhäuten einfrieren. Dies ist nur möglich, weil sie einerseits den Blutfluss in den Füßen aufrecht erhält und andererseits die Wärme des in die Beine fließenden Blutes an das kalte rückströmende Blut abgibt. Dadurch wird sowohl eine Eisbildung in den Zehen als auch ein übermäßiger Wärmeverlust an die Umgebung verhindert.

verfügen auch über die Fähigkeit der so genannten „**zitterfreien Wärmebildung**“. Dazu sind Menschen nur im Säuglingsalter in der Lage. Diese Fähigkeit schützt uns vor Unterkühlung beim Wechsel von der konstanten Umgebungstemperatur im Mutterleib auf die kälteren und variablen Bedingungen nach der Geburt. Grundlage dieser zitterfreien Wärmebildung ist das „**braune Fett**“. Es ist im Brustraum, vor allem in Herz- und Aortanähe lokalisiert und fungiert bei Aktivierung als Durchlauferhitzer, indem beim Abbau von Fett die gesamte Energie als Wärme frei wird, anstatt teilweise in chemischer Energie gebunden zu werden. Das braune Fett, ist vor allem für Winterschläfer unverzichtbar, mit dessen Hilfe sie aus dem Schlaf erwachen. Während des **Winterschlafes** wird die Körpertemperatur ähnlich wie bei wechselwarmen Tieren auf die im Winterquartier tiefe Umgebungstemperatur gesenkt und damit werden alle Körperfunktionen auf ein Minimum reduziert. Die Energie für die lange Ruhephase wird von dem im Herbst gespeicherten (weißen) Fettkörper geliefert. Während des monatelangen Winterschlafes wachen die Tiere immer wieder kurzfristig auf. Da alle Körperfunktionen, vor allem aber die Nervenleistungen auf hohe Temperaturen abgestimmt sind, muss der Stoffwechsel durch Vorwärmen mit Hilfe des braunen Fettes gestartet werden. Man vermutet, dass die Aufwachphasen nicht nur dazu dienen, Harn abzugeben, und wie beim Hamster auch Nahrung aufzunehmen, sondern auch den Verlust an Gelerntem durch zu lange Unterbrechung neuraler Aktivitäten zu minimieren.

Hummeln (*Bombus* sp.) können ihre durch die Flugmuskulatur erzeugte Wärme mit Hilfe eines Wärmetauschers und der dichten Behaarung speichern und sind so in der Lage, auch bei tiefen Temperaturen zu fliegen. Das Blut passiert gleichzeitig (die Wärme im Brustabschnitt wird erhalten) oder alternierend (überschüssige Wärme wird in den Hinterleib abgegeben) das enge Verbindungsstück zwischen Brust und Hinterleib. Dieser Mechanismus erlaubt Hummeln, bereits bei wenigen Plusgraden Blüten zu besuchen. Die verschiedenen Hummelarten sehen sich einerseits sehr ähnlich, andererseits besteht innerhalb einer Art große Variabilität. Daher sind Hummeln oft nur an Hand von mikroskopischen Untersuchungen zu bestimmen.



Pappelschwärmer (*Laotloe populi*): Auch Schwärmer und andere große Nachtfalter sind (mit Hilfe eines Wärmetauschers) in der Lage, die Temperatur in ihrer Flugmuskulatur unabhängig von der Umgebungstemperatur konstant zu halten. Dies ermöglicht ihnen trotz kühler Nachttemperaturen voll aktiv zu sein. Bevor sie am Abend zum Flug starten, bringen sie ihre Flugmuskulatur auf Betriebstemperatur, indem sie im Stand die Flugmuskeln für Auf- und Abschlag simultan kontrahieren. Dies macht sich durch ein Vibrieren der aufgerichteten Flügel bemerkbar (Bild). In Ruhe sind die Flügel seitlich abgespreizt. Der Pappelschwärmer ist im Ruhezustand leicht zu erkennen, da die Hinterflügel vor den Vorderflügeln zu liegen kommen.





Säuger der kalten und gemäßigten Zonen erneuern zwei Mal im Jahr ihr Haarkleid, um sich auf die saisonalen Temperaturverhältnisse einzustellen. Das Winterfell ist dicker und hat einen höheren Anteil an gekräuselten Wollhaaren, die einen isolierenden Luftpolster einschließen. Die langen Grannenhaare sind Wasser abweisend. Auffällig kann der **Haarwechsel im Frühjahr** sein, wenn sich das Winterfell in Büscheln löst und die Tiere einen rüdigen Eindruck hinterlassen (Bild). Das Fell aquatischer Säuger ist besonders dicht und verhindert, dass beim Tauchen die gesamte Luft vom Wasser verdrängt wird. Die Haare des Fischotters sind ineinander verzahnt und der Biber fettet sein dichtes Fell regelmäßig ein (Öldrüse).



Alpen-Schneehase (*Lepus timidus varronis*): Bei Schneehasen ist der saisonale Haarwechsel wesentlich auffälliger als bei den meisten anderen Säugetieren. Er dient nicht nur der Anpassung an die unterschiedlichen Temperaturbedingungen, der Farbwechsel von braun im Sommer zu weiß im Winter ermöglicht vor allem eine optimale Tarnung im deckungsarmen Gelände des Hochgebirges. In der Übergangszeit ist der Schneehase durch sein braun-weiß geflecktes Fell ebenfalls unauffällig. Die weißen Haare sind innen hohl und mit Luft gefüllt, so dass sie zusätzlich isolierend wirken. Als Bewohner kalter Regionen hat der Schneehase viel kürzere Ohren als der Feldhase, um den Wärmeverlust niedrig zu halten.



Gimpel oder **Dompfaff** (*Pyrrhula pyrrhula*): Auch Vögel wechseln ihr Federkleid. Die Mauser dient aber dazu, um abgenutzte Federn zu erneuern, in manchen Fällen auch, um das Aussehen zu verändern. Um sich vor Kälte zu schützen, sind die Federn mit Hilfe von Muskelfasern beweglich. Dadurch können Vögel die Dicke ihres Isolierpolsters variieren. Zusätzlich werden die Füße im Gefieder verborgen (rechtes Bild) und im Schlaf auch der Kopf versteckt, so dass die Vögel eine energetisch günstige Kugelform einnehmen, bei der wenig Wärme verloren geht. Der Gimpel im linken Bild ist aktiv und weicht von der Kugelform ab. Auch Säuger können durch Sträuben der Haare die Dicke ihrer Isolierschicht erhöhen.

Siebenschläfer (*Glis glis*) im Winterschlaf:

Wie alle Bilche fallen Siebenschläfer in einen mehrmonatigen Winterschlaf. Die Körpertemperatur wird auf die der Umgebung gesenkt und der Stoffwechsel läuft auf Sparflamme, so dass sie mit ihrem Speicherfett viele Monate über die Runden kommen. Die Herzfrequenz sinkt auf 2-3 Schläge pro Minute und es treten Atempausen von mehreren Minuten auf, bei Fledermäusen sogar bis zu einer Stunde. Von Zeit zu Zeit wird der Schlaf unterbrochen und Harn abgegeben. Da alle Körperfunktionen auf hohe Temperaturen abgestimmt sind, gelingt das Aufwachen nur durch Aktivierung des „braunen Fettes“. Ab etwa 15°C wird Wärme zusätzlich durch Muskelzittern produziert.



Wenn bei kaltem Wetter das Futterangebot knapp ist, sparen **Fledermäuse** Energie, indem sie in einen **Torpor** fallen, bei dem ihre Körpertemperatur nahezu auf die der Umgebung sinkt. In diesem Zustand sind sie empfindlich gegen Störungen, weil das Wiederaufwärmen zusätzliche Energie kostet. Trächtige Weibchen hingegen versuchen, auch in dieser Situation ihre Körpertemperatur möglichst hoch zu halten, um die Entwicklung des Embryos zu gewährleisten. Fledermäuse halten einen Winterschlaf, nördliche Populationen einiger Arten (z.B. der Große Abendsegler) weichen dazu in etwas südlichere Regionen aus. Besonders im Winterschlaf können Störungen zum Aufwachen und zu großen Energieverlusten führen.



Spitzmäuse (Ordnung Insektenfresser) zählen zu den kleinsten Säugetieren und wiegen nur ein paar Gramm. Ihr Stoffwechsel muss Sommer wie Winter auf Hochtouren laufen, um den Körper auf Betriebstemperatur zu halten. Dafür ist eine tägliche Nahrungszufuhr an Würmern, Insekten bis zu kleinen Wirbeltieren im Ausmaß ihres eigenen Körpergewichtes notwendig. Ihr Herz schlägt je nach Aktivität 500-1000 Mal in der Minute. Spitzmäuse sind geruchs- und gehörorientiert, die Augen sind klein. Auf Grund ihres moschusartigen Geruches werden sie von vielen Räubern verschmäht. Spitzmäuse halten keinen Winterschlaf.



Wechselwarme Tiere haben zwei Möglichkeiten, den Winter zu überdauern. Entweder sie suchen, wie die Winterschläfer unter den Säugern, frostfreie Stellen auf und verbringen die kalte Jahreszeit in einem wenig Energie verbrauchenden Starrezustand, oder sie verhindern, dass ihre Körperzellen frieren und Eiskristalle letale Schäden verursachen. **Insekten und Spinnen**, die den Winter überdauern, speichern daher im Herbst mehr oder weniger große Mengen an Glycerin oder anderen niedermolekularen Substanzen (im Extremfall bis zu 50% des Körpergewichtes), die den Gefrierpunkt ihres Körpers herabsetzen (vergleichbar mit der Kühlerflüssigkeit in Autos). Kombiniert mit dem physikalischen Phänomen der „Unterkühlung“ können so Temperaturen bis -60°C ohne Eiskristallbildung erzielt werden. Eine andere Methode ist, die Eiskristallbildung in Körperflüssigkeiten (z.B. Blut, Lymphe) zu provozieren. Da Eiskristalle aus reinem Wasser bestehen, steigt die Konzentration im restlichen System, was mit einer Gefrierpunktniedrigung verbunden ist. Da Eiskristalle auf den extrazellulären Raum beschränkt bleiben, können sie keine Schäden verursachen.



Grasfrosch (*Rana temporaria*): Auf Grund der kurzen Vegetationsperiode sind die Grasfrösche im Hochgebirge gezwungen, ihre Laichgewässer aufzusuchen, wenn noch große Flächen von Schnee bedeckt sind und an den Gewässern oft nur ein schmaler Streifen eisfrei ist. Werden Tiere auf ihren Wanderungen von einem Kälteeinbruch überrascht, können sie kurze Zeit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt überleben. Sie provozieren die Eiskristallbildung in ihrer Lymphe- und Blutflüssigkeit mit Hilfe von speziellen Eiweißmolekülen und halten damit zusammen mit der Mobilisierung von Glykogen aus der Leber ihr Gewebe eisfrei. Wird es nach wenigen Tagen wärmer, tauen sie wieder auf und setzen unbeschadet ihre Wanderung fort. Grasfrösche laichen bis zu einer Meereshöhe von 2.500 m in flachen Gewässern, die sich im Sommer tagsüber stark erwärmen.



Wintermücke (*Trichocera* sp.): Die an kleine Schnaken erinnernden Zweiflügler (Dipteren) fallen an milden Nachmittagen zwischen Spätherbst und Frühjahr durch auf- und abschwingende Tanzflüge der Männchen auf. Die kälteresistenten Mücken kommen in den Alpen bis ins Hochgebirge vor und schützen sich vor Frost durch Einlagerung Glycerin-ähnlicher Substanzen, die ein Frieren ihrer Körperflüssigkeiten verhindern. Durch die dunkle Farbe können sie die Wintersonne zur Erwärmung ihres Körpers nutzen und bereits knapp über 0°C aktiv sein. Frostschutzmittel werden von vielen Insekten und Spinnen genutzt, um im Winter extremste Temperaturen zu überstehen.



Hochgebirgspflanzen in Bedrängnis

Brigitta Erschbamer



Was bringt der Klimawandel für die Alpenflora – neue Besiedlungschancen oder ein großes Aussterbe-Desaster? Diese Frage stellt sich für die Hochgebirgspflanzen angesichts der ständig steigenden Temperaturen. Im 20. Jahrhundert sind die mittleren Temperaturen global um 0.6°C angestiegen und mit weiteren Erhöhungen von 1.4°C (Minimumszenario) bis 6.4°C (Maximumszenario) ist im 21. Jahrhundert zu rechnen. Im Alpenraum ergab sich eine unvergleichlich stärkere Erwärmung. Hier stiegen sogar die Temperaturminima um 1.1° bis 2°C an und gerade in den letzten zwei Jahrzehnten gab es eine Serie von besonders warmen Jahren.

Eines der sichtbaren Zeichen für den Klimawandel sind die abschmelzenden Gletscher. Die Gletscherzungen haben sich in den Ötztaler Alpen in den letzten Jahren durchschnittlich über 30 m jährlich zurückgezogen. Damit werden neue Lebensräume geschaffen, auf denen die Entwicklung von Lebensgemeinschaften bei Null beginnt. Die ersten Pflanzen, die sich ansiedeln, werden als Pionierarten bezeichnet, die im Verlauf von Jahrzehnten von anspruchsvolleren Folgearten ersetzt werden. Das Endstadium der Besiedelung – die gesamte Abfolge bezeichnet man als Primärsukzession – wird mit jenen Arten erreicht, die für die jeweilige Höhenstufe in Abhängigkeit vom Klima und ohne menschlichen Einfluss vorkommen sollten. Allerdings sind dies langfristige Prozesse, die selbst nach 150 Jahren Eisfreiheit noch nicht abgeschlossen sind, wie wir auf vielen Gletschervorfeldern im Alpenraum eindrucksvoll sehen können. Auch die Bodenbildung schreitet nur äußerst langsam voran. Im Bereich der 150 Jahre alten Grundmoräne des Rotmoosferners in den Ötztaler Alpen ist heute ein nur 4-5 cm mächtiger Boden ausgebildet.

Höhere Temperaturen beschleunigen die Besiedlungsprozesse und auch die Reihenfolge der Besiedler könnte sich ändern. Arten, die sehr rasch auf eine Klimaänderung reagieren, sind im Vorteil gegenüber solchen, die sehr langsam wachsen und ihre Lebensprozesse nicht rasch und flexibel verändern. Experimente mit oben und unten offenen, durchsichtigen Kammern, die über den Pflanzenbestand gestülpt werden, simulieren – als Mini-Gewächshäuser – das Minimumszenario (+ 1.5 °C) einer Temperaturerhöhung. Die Ergebnisse einer solchen Studie im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Ötztaler Alpen) zeigen, dass Pionierarten von höheren Temperaturen nicht profitieren, während Folgearten ihre Blatt- und Triebanzahl verdoppeln und um ein Vielfaches mehr blühen. Dies macht deutlich, dass höhere Temperaturen nicht für alle Pflanzenarten ideal sind. Gewinner und Verlierer der Klimaänderung zeichnen sich ab. Außerdem gilt es zu bedenken, dass sich nicht nur die Temperaturen, sondern auch andere Faktoren, wie Niederschlagsmenge und -verteilung oder die Schneedeckendauer, verändern. Sonderstandorte, z.B. die Schneetälchen (siehe Seite 107), dürften als Folge der Erwärmung und der damit verbundenen Ausdehnung der Wachstumsperiode völlig verschwinden und durch alpine Rasenflächen ersetzt werden.

Höhere Temperaturen im Gebirge haben zur Folge, dass Arten der tieferen Lagen immer weiter nach oben wandern. Dies kann sehr wohl zu einem Problem führen, vor allem im Bereich der niederen Gipfel, auf denen ein Höherwandern der alpinen Arten irgendwann nicht mehr möglich ist. Arten mit einer sehr engen ökologischen Amplitude, sehr oft sind dies gerade die seltenen Arten, werden als besonders gefährdet erachtet. Konkrete Untersuchungen dazu werden im Rahmen des Projektes GLORIA (Abkürzung für Global Observation Research Initiative in Alpine Environments) in verschiedenen Gebirgen der Erde durchgeführt. Ziel des Projektes ist es, weltweit ein

Abbildung auf Seite 103: Der **Gletscher-Hahnenfuß** (*Ranunculus glacialis*) steigt in den Westalpen bis 4.270 m Meereshöhe, die Untergrenze der Verbreitung sind die Gletschervorfelder, die bis in die untere alpine Stufe herabreichen. Die Pflanze erfriert bereits bei -6°C, allerdings ist ein Kälteeinbruch in der Vegetationszeit meist mit Schneefall verbunden und damit überlebt sie – auch ohne besonderen Kälteschutz. Blüten werden 1-2 Jahre vorher angelegt. Eine künstliche Temperaturerhöhung in der Arktis ergab, dass der Gletscher-Hahnenfuß auf höhere Temperaturen nicht reagiert, weder bei der Blatt- noch bei der Blütenentwicklung. Der Gletscherhahnenfuß erweist sich als konservative Pflanze, die im Zuge der Klimaänderung wohl große Probleme bekommen könnte.

Beobachtungsnetz aufzubauen, um die Veränderung im Hochgebirge zu verfolgen, das Aussterberisiko für alpine Arten abzuschätzen und die Ursachen dafür aufzudecken. Den Studien liegt weltweit eine einheitliche Methode zu Grunde. Für jede Gebirgsregion werden jeweils vier Gipfel in unterschiedlichen Höhenlagen ausgewählt. Der niedrigste Gipfel liegt knapp oberhalb der Waldgrenze, der höchste im Bereich der subnivalen-nivalen Stufe (Höhenstufen oberhalb der alpinen Grasheiden bis über die klimatische Schneegrenze). Die Artengarnitur wird jeweils in den obersten 10 Höhenmetern der Gipfel erhoben, wobei die Versuchsflächen in alle vier Himmelsrichtungen ausgerichtet sind. Wiederholungen der Aufnahmen alle 8-10 Jahre sollen aufzeigen, welche Änderungen vor sich gehen und ob alpine Arten von nachrückenden Talpflanzen bedrängt werden. Die Prognosen gehen dahin, dass vor allem Gebiete mit einer hohen Anzahl an seltenen Arten bzw. an solchen Arten, die nur in der einen Gebirgsregion vorkommen (= Endemiten) besonders gefährdet sind und Verluste erleiden werden. Das GLORIA-Projekt in den Dolomiten zeigte bereits nach 5 Jahren deutliche Änderungen auf den Gipfeln. Die Artenvielfalt hat in diesem Zeitraum beträchtlich zugenommen: 1 % am niedrigsten Gipfel, 3 % auf dem nächst höheren, 10 % auf dem dritten und 9 % auf dem höchsten Gipfel. Auf den niederen Gipfeln zeichnet sich ein Ansteigen der Baumgrenze ab. Die künftigen Aufnahmen werden zeigen, wie rasch Verdrängungsprozesse wirklich vor sich gehen.

Gletschervorfeld des Rotmoosferners in Obergurgl (Ötztal, Tirol). Die Versuchsfläche im Vordergrund ist seit ungefähr 35 Jahren eisfrei und wird von einer Pioniergesellschaft aus Steinbrech-Arten, Alpen-Leinkraut und anderen anspruchslosen alpinen Pflanzen bestimmt. Leicht erhöhte Kuppen sind noch heute ohne pflanzlichen Bewuchs. Wenn hier ein Keimling aufkommen sollte, dann stirbt er bereits nach wenigen Tagen ab. Die Trockenheit, aber auch die geringe Verfügbarkeit von Samen, stellen das Hauptproblem für die Besiedelung der jungen Moränenflächen dar. Samen müssen von den Seitenhängen oder von älteren, bereits besiedelten Flächen eingeweht werden. Gut angepasst sind die staubkorngroßen Samen der Steinbrech-Arten.

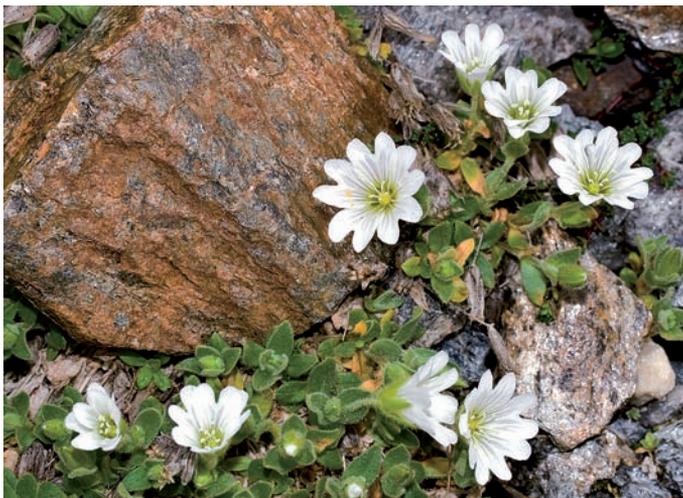


Bach-Steinbrech (*Saxifraga aizoides*). Im feuchten Moränenschutt ist diese Pflanze die allererste, die nach dem Rückzug des Gletschers auftritt. Bereits nach drei Jahren Eisfreiheit sind die ersten Individuen zu beobachten. Die Art produziert zahlreiche, winzig kleine Samen (bis zu 500 pro Blüte), die nur 0.049 mg wiegen. Ein Experiment zur Temperaturerhöhung im Gletschervorfeld zeigte, dass unter höheren Temperaturen signifikant weniger Samen ausgebildet wurden und dass diese Samen schlechter keimten als jene, die unter den herrschenden Umweltbedingungen gereift sind. Ob der Bach-Steinbrech seine Rolle als erfolgreiche Pionierart auch unter den wärmeren Bedingungen spielen wird, ist ungewiss.





Roter Steinbrech (*Saxifraga oppositifolia*). Im Gletschervorfeld gilt er als Pionierpflanze auf feinsandigem Boden. In den Schweizer und Österreichischen Zentralalpen zählt er zu den höchst steigenden Blütenpflanzen. Durch einen Vergleich der heutigen Höhengrenze mit jener vor mehr als 80 Jahren konnte die Wandergeschwindigkeit der Art berechnet werden. Bei einem Temperaturanstieg von 0.5 – 0.7°C im 20. Jahrhundert müsste theoretisch eine Strecke von 8-10 Höhenmetern pro 10 Jahre zurückgelegt werden. Tatsächlich betrug die Aufwärtsbewegung des Roten Steinbrechs nur bis zu 4 Meter in 10 Jahren. Der Gletscher-Hahnenfuß (*Ranunculus glacialis*) hat sich in derselben Zeit überhaupt nicht bewegt.



Einblütiges Hornkraut (*Cerastium uniflorum*). Arten, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in der subnivalen und nivalen Stufe haben, bekommen die Klimaänderung besonders stark zu spüren. Sie haben sich die höchsten Lagen erobert, die ihnen nun durch andere, neu dazukommende Arten streitig gemacht werden. Am Schrankogel (Stubai Alpen, Tirol) wurde nach einer 10jährigen Beobachtungszeit eine beträchtliche Zunahme der Artenvielfalt und der Bodendeckung in der nivalen Stufe festgestellt. Die typischen Arten dieser Höhenstufe haben an Deckung verloren, während alpine Arten sich auf deren Kosten ausgedehnt haben. Die Temperaturerhöhung der letzten Jahrzehnte kann für diesen Wechsel verantwortlich gemacht werden.



Das **Alpen-Leinkraut** (*Linaria alpina*) ist eine Pionierart im Schutt. Im Gletschervorfeld wächst sie zusammen mit Bach-Steinbrech und dem Roten Steinbrech auf den seit 35 Jahren eisfreien Flächen. Auch in der Samenbank des Bodens finden wir ihre abgeflachten, flügelrandigen, kohlrabenschwarzen Samen. Ein Samen-Vergrabungsexperiment zeigte, dass diese mindestens fünf Jahre im Boden lebensfähig bleiben. Ein Reservoir an langlebigen Samen im Boden ist entscheidend für Standorte, an denen das Überleben und die Samenproduktion der Pflanzen mit einem großen Risiko verbunden sind. Die Samenbank garantiert den Fortbestand einer Pflanzpopulation und eine kontinuierliche Keimung.

Das „lebendgebärende“ **Alpen-Rispengras** (*Poa alpina*) steigert seine Blatt- und Triebanzahl bei höheren Temperaturen überhaupt nicht und ist somit ein Verlierer des Klimawandels. Die Art hat allerdings ein sehr raffiniertes Fortpflanzungssystem. Sie bildet Tochterpflänzchen auf der Mutterpflanze aus (= Viviparie). Diese sind gegenüber Keimlingen im Vorteil, weil sie bereits 2-3 Laubblätter haben und nur noch Wurzeln treiben müssen, sobald sie auf die Bodenoberfläche fallen. Das Gras bildet oft gleichzeitig auf derselben Pflanze auch ein paar Samen aus. Die Samenbildung ist temperatur- und tageslängenabhängig. Die allgemeine Temperaturerhöhung könnte dazu führen, dass nur mehr samentragende Pflanzen ausgebildet werden.



Facchini-Steinbrech (*Saxifraga facchini*). Als sehr seltene Art der Dolomiten (eine der 10 endemischen Pflanzenarten, die nur in den Dolomiten vorkommen) wird sie gern übersehen. Sie besiedelt hauptsächlich Feinschutt auf lange schneebedeckten Hängen der alpinen Stufe. Ihre enge ökologische Amplitude könnte ihr im Zuge des Klimawandels zum Verhängnis werden: die Feinschutthänge werden immer stärker stabilisiert und wachsen mit alpinen Rasenarten zu. Über die Anpassungsfähigkeit der Art ist bisher überhaupt nichts bekannt. Ihre Lebensgeschichte und Populationsentwicklung müsste genauer erforscht werden, damit das Aussterberisiko abgeschätzt und etwaige Rettungsmaßnahmen geplant werden können.



Kraut-Weide (*Salix herbacea*). Der kleinste Baum der Welt, mit unterirdisch kriechenden, fingerdicken Stämmchen, besiedelt Schneeböden oder **Schneetälchen**, die mindestens 9 Monate im Jahr schneebedeckt sind. Im Zuge der Klimaänderung sind diese Pflanzengesellschaften ganz besonders gefährdet, da diese Arten an eine sehr kurze Vegetationszeit angepasst sind. Frühe Schneeschmelze und warme Sommer führen dazu, dass sich die alpinen Rasenarten in die Schneeböden hinein ausbreiten und die Spezialisten für lange Schneedeckendauer verdrängen. Zwei Gesellschaften würden damit vollständig verschwinden: die Kraut-Weiden-Schneeböden und die Moos-Schneeböden. Letztere sind an 10-11 Monate Schneebedeckung angepasst.





Stengelloses Leimkraut (*Silene acaulis* ssp. *excscapa*). 1994, 2000, 2002, 2003 waren in den Alpen die wärmsten Jahre seit 1500. Warme Sommer bewirken eine raschere Entwicklung bestimmter Pflanzenarten. Die Blütenbildung beginnt wesentlich früher und die Samen reifen besser und schneller. Alpine Arten vermehren sich allerdings nicht nur über Samen. Weit über 90 % der Arten haben klonales Wachstum, d.h. sie bilden zahlreiche vegetative Einheiten, die in Fragmente zerfallen können. Das Stengellose Leimkraut ist eine Polsterpflanze, die aus vielen kleinen Rosetten besteht. Sie ist eine jener alpinen Pflanzen, die am Schrankogel (Stubai Alpen, Tirol) stellenweise die sub-nivalen-nivalen Arten im Verlauf von 10 Jahren verdrängt hat.



Alpen-Wundklee (*Anthyllis vulneraria* ssp. *alpicola*), ein Schmetterlingsblütler, der wie der Moränenklee (*Trifolium pallescens*) von einer Temperaturerhöhung profitiert. Eine Steigerung der mittleren Temperatur von +1.5°C bewirkt, dass diese Arten doppelt so viele Blätter und Triebe ausbilden wie unter den derzeit herrschenden Bedingungen. Schmetterlingsblütler können über die Knöllchenbakterien an ihren Wurzeln Luftstickstoff fixieren. Dadurch verbessern sie den Standort und fördern teilweise sogar das Aufkommen anderer Pflanzen. Sie spielen daher eine wichtige Rolle im Verlauf der Besiedelung. Ihre schnelle Reaktion auf höhere Temperaturen könnte sie zu den erfolgreichsten Pflanzen im alpinen Neuland machen.



Lärche (*Larix decidua*, im Bild links) und **Zirbe** (*Pinus cembra*). Ein Ansteigen der Baumgrenze ist in mehreren europäischen Gebirgen bereits nachgewiesen worden, so z.B. in Bulgarien, in Skandinavien und im Ural. Im Rahmen des GLORIA-Projektes in den Dolomiten wurde festgestellt, dass sich im Verlauf von 8 Jahren vor allem Lärche und Zirbe oberhalb der aktuellen Waldgrenze sehr gut etablieren konnten. Junge Lärchen und der Zwergwacholder wurden 150 bis 450 m oberhalb der aktuellen Baumgrenze gefunden. Es ist allerdings fraglich, ob die Jungpflanzen dieser Gehölze auf 2.750 m Meereshöhe auf lange Sicht gesehen überleben können.



**Pioniere und
Wegbereiter**
Georg Gärtner



Flechten begegnen uns in allen Lebensräumen der Erde, doch besonders im Hochgebirge gehören sie zu den echten Pionieren. Kein Gipfel ist zu hoch und kein Fels zu blank, um nicht von diesen Spezialisten besiedelt zu werden. Lange Zeit stellten Flechten eine wenig beachtete Organismengruppe dar, die von Laien häufig mit Moosen verwechselt wird, obwohl sie gar nicht verwandt sind. Heute stellt die Wissenschaft die Flechten in das Reich der Pilze, wobei sie aufgrund ihrer Lebensform und Lebensweise eine berechnete Sonderstellung einnehmen.

Flechten sind eigenartige Doppelwesen aus Pilz (vorwiegend Ascomyceten = Schlauchpilze) **und Algen** (sowohl Grün- als auch Blaualgen oder Cyanobakterien). Diese besondere Symbiose ermöglicht es Flechten, unwirtlichste Lebensräume wie Wüsten oder Hochgebirge zu erobern, die von höheren Pflanzen nicht mehr besiedelt werden können. Flechten bilden großflächige Gesteinskrusten, blättrige Lappen, hängende Bärte oder winzige Sträucher aus, die Größe ihrer Lager (Thalli) reicht vom Millimeterbereich bis zu mehreren Metern bei seltenen Bartflechten. Die manchmal kräftige Farbe des Flechtenlagers beruht auf spezifischen sekundären Stoffwechselprodukten, den Flechtensäuren, die der Pilz ausbildet.

Flechten vermehren sich einerseits generativ durch Pilzfruchtkörper, andererseits vegetativ durch spezielle Verbreitungseinheiten (Diasporen), bei denen beide Symbiosepartner gemeinsam in Form kleiner „Algen-Pilz-Körnchen“ verbreitet werden und zu neuen Doppelorganismen auswachsen.

Viele Flechten sind sehr **empfindlich gegen Luftverunreinigungen**, als Zeigerorganismen (Bioindikatoren) dienen vor allem baumbewohnende Arten zur Beurteilung der Luftqualität eines Gebietes. Im Hochgebirge, wo Flechten nicht dem starken Konkurrenzdruck höherer Pflanzen ausgesetzt sind, kann der Anteil der Flechten bis zu 50 % der gesamten Pflanzenmasse ausmachen, auf nacktem Fels sind sie häufig die einzigen Besiedler. Eine Reihe von Anpassungsstrategien an extreme Temperaturen, UV-Strahlung, Schneebedeckung oder Windschliff machen Flechten zu Überlebenskünstlern auf den höchsten Gipfeln, nicht nur in den Alpen. Der Höhenrekord für Flechten liegt in den Alpen bei 4.800 m (Mt. Blanc) und im Himalaya bei 7.400 m! Vor allem Krustenflechten wachsen sehr langsam (Bruchteile von mm pro Jahr) und erreichen oft ein hohes Alter. Regelmäßig gewachsene Gesteins-Krustenflechten, deren Höchstalter auf über eintausend Jahre geschätzt wurde, können zur Datierung von Gletscherständen dienen (Lichenometrie).

Die überwiegende Anzahl der Hochgebirgsflechten bevorzugt bestimmte Substrate, wobei Kalk- oder Silikatgestein einen sehr spezifischen Artenbewuchs aufweisen. Morphologische Anpassungen an das Hochgebirgsklima durch Einlagerung von Farbpigmenten oder Ausbildung derber, dicker, aber lichtdurchlässiger Lager ist bei einigen Arten bekannt. Eine weniger strenge Trennung in kalkliebende und kalkfeindliche Sippen zeigen Bodenflechten, doch auch hier können nur wenige Arten die extremen Klimabedingungen, etwa an den Windkanten, aushalten.

In der nivalen Höhenstufe, in Gletschervorfeldern und auf exponierten Felsen treten neben vielen Flechten auch immer einige **Moose als Pioniere** auf, darunter extrem trocken- und kälteresistente Arten mit winzigen Blättern und Schutzrichtungen (Wachsüberzüge, weiße Haarspitzen). Stark durchfeuchtete Substrate an Stellen mit langer Schneebedeckung (Schneetälchen) oder einzeln stehende Felsblöcke, die mit Vogelkot gedüngt sind (Vogelfelsen), werden nur von wenigen Moosen und Flechten besiedelt, die an solchen Standorten keine Konkurrenz zu fürchten haben.

Abbildung auf Seite 109: Die formenreiche **Gewöhnliche Landkartenflechte** (*Rhizocarpon geographicum*) ist auf lichtoffenen Silikatfelsen oft massenhaft anzutreffen. Ihr gelbgrünes krustiges Lager ist durch Risse gefeldert, dazwischen sitzen zahlreiche eckige bis abgerundete schwarze Fruchtkörper. Durch schwarze Vorlagersäume grenzen sich einzelne Flechten gegeneinander ab und lassen so ein landkartenähnliches Muster auf den Steinen entstehen. Die Unterscheidung mehrerer sehr ähnlicher Arten erfolgt auf chemischem Weg sowie durch mikroskopische Untersuchung der Sporen. Landkartenflechten wachsen extrem langsam (0,3-0,6 mm pro Jahr) und erreichen ein Alter bis zu 1.000 Jahren. Die Landkartenflechte kommt weltweit in allen silikatischen Felsgebieten vor, in Europa von den Alpen bis zur Arktis.



Die **Korallenflechte** (*Stereocaulon alpinum*) bildet in Gletschervorfeldern und auf sandigen, mineralreichen Moränenböden oft Massenbestände aus. Ihr strauchförmiger, stark verzweigter Thallus liegt zum Teil dem Substrat auf, die Hauptäste sind filzig und weißlich bis rosa überlaufen. Schuppige weißgraue Seitenästchen (Phyllokladien) sind die eigentlichen Assimilationsorgane. Zusätzlich kommen kleine Auswüchse (Cephalodien) an den Ästchen vor, die Blaualgen enthalten. Diese können den Luftstickstoff fixieren und so dieser Pionierflechte auf den sehr nährstoffarmen Rohböden das Überleben sichern. Die Korallenflechten sind mit einigen Arten arktisch-alpin verbreitet.

Gelbflechte (*Xanthoria elegans*): Schon von weitem ist diese orangerote Krustenflechte zu erkennen, kommt sie doch meistens in größeren flächigen Beständen vor. In allen Erdteilen ist sie vor allem auf kalkhaltigem Gestein, auf Vogelsitzplätzen, aber auch in der Umgebung von Siedlungen auf Grabsteinen, Dachfirsten und sogar auf gedüngten Rinden und Holz zu finden. Das mehr oder weniger regelmäßige runde Lager ist am Rand in schmale, etwas gewölbte Lappen geteilt. In der Mitte des Thallus stehen dicht gedrängt viele Fruchtkörper von gleicher Farbe wie das Lager. Die Gelbflechte zählt zu den Höhenrekordlern unter den Flechten, sie wurde im Karakorum auf 6.400 Metern Seehöhe gefunden.



An windgefegten Graten und Felskanten kommt dicht am Boden die eigenartige weiße **Wurmflechte** (*Thamnolia vermicularis*) vor, die sich nur vegetativ, also ohne Fruchtkörper zu bilden, vermehrt. Ihre Lager sind papierartige, wurmfähnliche, wenig verzweigte und an den Enden zugespitzte röhrenförmige Gebilde, die ihr den Beinamen „**Totengebein**“ eingetragen haben.

Die Wurmflechte kommt sowohl auf Kalk als auch auf silikatischem Boden von der Waldgrenze bis in Magerrasen und Zwergstrauchheiden der Arktis und der alpinen Gebirge vor. Gerne ist sie mit der Gämsheide (*Loiseleuria procumbens*) und der Windbartflechte (*Alectoria ochroleuca*) an Stellen zu finden, die im Winter schneefrei sind.





Die **Schneeflechte** (*Cetraria nivalis*) kommt zusammen mit der Wurmflechte an extrem windgefügten Lücken in der Zwergstrauchheide, aber auch an Felskanten und Graten mit extremer Trockenheit vor. Sie ist eine blässgelbe Bodenflechte mit etwas strauchigem Wuchs und deutlich abgeflachten, runzeligen Lagerabschnitten. An der Basis sind diese etwas dunkelgelb gefärbt. Fruchtkörper findet man sehr selten, die Verbreitung erfolgt hauptsächlich durch Lagerbruchstücke, die vom Wind verblasen werden. Die Schneeflechte wächst meistens über der Waldgrenze und ist arktisch-alpin verbreitet. In Tieflagen ist sie sehr selten, wie zum Beispiel auf der schwedischen Insel Öland.



Die **Safran-Flechte** (*Solorina crocea*) besiedelt sogenannte Schneetälchen, also Stellen, die lange vom Schnee bedeckt sind, aber auch gut durchfeuchtete Rohböden auf Silikat. Im feuchten Zustand ist die Oberseite dunkelgrün, trocken eher unscheinbar graugrün. Die abgerundeten Thalluslappen biegen sich am Ende um und es wird die orangefarbige Unterseite sichtbar (*crocea* = safrangelb). An der Oberseite sind stets die flachen, runden und fingernagelgroßen braunen Scheiben der etwas eingesenkten Fruchtkörper zu sehen. Im Inneren des Flechtenlagers befinden sich zwei verschiedene Algenpartner (Grün- und Blaualgen). Safranflechten kommen meist von der Baumgrenze bis in die Nivalstufe vor und sind arktisch-alpin verbreitet.

Moose als Pioniere – Kissenmoose: Neben den Flechten sind unter den Pionieren im Hochgebirge auch einige Moose zu erwähnen. So kommen winzige Lebermoose (aus der Gattung *Anthelia*) in Schmelzwasserfluren und Schneetälchen bis in die höchste Nivalstufe vor. Auch größere Polstermoose (Laubmoose) aus verschiedenen Gattungen sind in Felsritzen oder unter geschützten Überhängen noch bis in die Gipfelregionen anzutreffen. Häufig entdeckt man dabei Schutzeinrichtungen an den Moosblättchen, sogenannte Glashaare (die Blattspitzen erscheinen weiß, durchsichtig). Solche Glashaare sind Strahlungsschutz, Kondensationspunkte und Transpirationsschutz zugleich.





Gletscher aus Eis und Stein

Michael Kuhn Karl Krainer



Gletscher prägen das Landschaftsbild der Alpen, sie sind auch wichtige **Faktoren im Wasserkreislauf der Alpen** (Schneefall – vorübergehende Speicherung im Eis – Schmelzen – Abfluss durch Bäche und Flüsse). Gletscher bilden sich dort, wo mehrere Jahre lang mehr Schnee abgelagert wurde als wieder schmelzen konnte. Im Allgemeinen tragen Schneefall, Schneeverwehung und Lawinen zum Aufbau bei. Der Wind bläst Schnee von den Rücken und Graten, Lawinen nehmen Schnee von den steileren Hängen, so dass sich Gletscher bevorzugt in Mulden befinden. Die negative Seite der Bilanz besteht unter alpinen Bedingungen zum Großteil aus Schmelzen, dazu Verluste durch Wind und Lawinen, manchmal durch das sogenannte Kalben, d.h. Abbrechen von Eis in Seen, die sich jetzt häufig vor den Zungen der schmelzenden Gletscher bilden.

Wenn am Ende des Sommers immer wieder Schnee übrig bleibt, verdichtet er sich im Lauf weniger Jahre zu Eis, das sich unter seinem eigenen Gewicht verformt und als Gletscher abwärts fließt. Je tiefer der Gletscher kommt, desto größer wird die Energiezufuhr aus der immer wärmeren Umgebung und er wird dort sein Ende finden, wo gerade so viel schmelzen kann, wie als Überschuss aus dem Akkumulationsgebiet herabfließt.

Die **Größe eines Gletschers** wird von klimatischen Faktoren wie Schneefall und Wind beim Aufbau und von Temperatur und Sonnenstrahlung beim Abbau bestimmt. Die Geländeform des Gletschers und seiner Umgebung beeinflusst die Wirkung von Wind und Sonnenstrahlung und das Fließen des Eises, sodass unter gleichem Klima nordseitige Gletscher tiefer liegen als südseitige. Umgekehrt kann bei gleicher Geländeform eine Änderung der Gletschergröße auf eine Änderung des Klimas zurückgeführt werden.

In den österreichischen Alpen sind zur Zeit etwa 400 km² von Eis bedeckt, die Tendenz ist stark abnehmend: Das Inventar von 1969 gibt 567 km², das von 1998 nur noch 471 km² Gletscherfläche an, der Flächenverlust ist dabei für tiefer liegende Gletscher stärker als für höhere. Zugleich mit der Fläche hat das Volumen der österreichischen Gletscher abgenommen, von 1969 bis 1998 um 4,9 km³. Während diese Änderung genau bekannt ist, kann der heutige Absolutwert nur ungefähr mit 17 km³ angegeben werden, da die Auslotung der Eisdicke mit Radarmessungen erst für rund die Hälfte der österreichischen Gletscherflächen durchgeführt wurde. Größte Eisdicken wurden mit 270 m auf der Pasterze, dem Gletscher des Großglockners, 250 m auf dem Hintereisferner im Ötztal und 230 m auf dem Gepatschferner im Kaunertal gefunden. An vielen Stellen beträgt die Eisdicke aber nur einige 10 Meter, die man in Beziehung zu den beobachteten maximalen Schmelzraten von rund 10 m pro Jahr an den tief liegenden Gletscherzungen setzen muss.

Nur an einigen österreichischen Gletschern wird jährlich die **Massenbilanz**, d. h. Aufbau minus Abbau, bestimmt. Danach hat zum Beispiel der Hintereisferner im Ötztal seit 1952 rund 30 m an mittlerer Eisdicke verloren, in den letzten Jahren rund 1 m pro Jahr. Im heißen Sommer 2003 verlor er rund 2 m, das tiefer liegende Stubacher Sonnblickkees in den Hohen Tauern (Salzburg) 3 m.

In den Alpen werden seit 1894 jährlich Längenänderungen an mehreren hundert Gletschern durchgeführt. Sie dokumentieren die allgemein negative Tendenz mit zwei interessanten Ausnahmen: Um 1920 und um 1980 waren jeweils ca. 75% der österreichischen und Schweizer Gletscher vorgestoßen. Dass dies trotz zunehmendem CO₂ Gehalt der Atmosphäre möglich war, zeigt, dass das Klima nicht allein vom Treibhauseffekt bestimmt wird, und dass vor allem die Gletscher nicht nur auf Temperatur, sondern auch auf Niederschlag und Bewölkung reagieren.

Fast parallel mit den Längen haben sich auch die **Geschwindigkeiten der Eisbewegung** geändert. Bei Beginn der jährlichen Messungen im Jahr 1894 hatte der Hintereisferner rund 20 m/Jahr zurückgelegt, um 1920 stieg die Geschwindigkeit kurzfristig auf 125 m/Jahr, pendelte einige Jahrzehnte lang um 20 m, und erreichte 1980 wieder 50 m. Heute liegt er undynamisch bei rund 5m/Jahr.

Abbildung auf Seite 113: Unter dem breiten Nährgebiet des **Sulzenaufeners (Stubai Alpen)**, wo auch am Ende des Sommers noch Schnee übrig bleibt, wird er steiler, fließt als schneefreies Eis über die Felsstufen des Untergrunds und zerbricht dabei in hunderte von Spalten. Im Becken darunter sammelt sich das Eis wieder in einer einheitlichen Gletscherzunge. Am Ende der Zunge sieht man das Gletschertor, aus dem ein gewaltiger Gletscherbach herausströmt, in dem sich das Schmelzwasser großer Flächen schon unter dem Eis gesammelt hat. Im Vordergrund die scharfen Moränenwälle, die bei früheren Gletschervorstößen abgelagert worden sind.

Gletscher wirken nicht nur ästhetisch als Edelsteine im Landschaftsbild, sie werden, wie fast alles in der Natur, auch **wirtschaftlich genutzt**. Sie geben der Land- und Energiewirtschaft in den trockenen Schönwetterperioden des Sommers ihre Schmelzwasserreserven. In der heutigen Zeit der Klimaerwärmung kann das jährlich zusätzlich bis zu 10 % des Wassers sein, das als Niederschlag vom Himmel kommt. In heißen, trockenen Sommern (wie 2003) ist es im Ötztal vorgekommen, dass Bäche aus unvergletscherten Gebieten trocken gefallen sind, während Nachbarbäche, die von Gletschern gespeist werden, Spitzenabflüsse erreichten. Das Gletschereis wirkt dabei als Langzeitspeicher, der mit den für sommerliche Trockenperioden typischen hohen Temperaturen und Sonnenschein mit seinem Schmelzen den fehlenden Niederschlag ausgleichen kann. Umgekehrt puffert der Schneefall bei starkem Niederschlag im Sommer die Abflussspitzen und trägt zur Verminderung der Hochwassergefahr bei, wobei es aber nicht direkt um die Wirkung der Gletscher, sondern um die der Höhenlage geht.

Die Gletscher haben auch als **schneesichere Skigebiete** wirtschaftliche Bedeutung. Dabei ist nicht mehr, wie früher, der Sommerskilauf attraktiv, sondern die Schneesicherheit in der Hauptsaison und der frühe Beginn der Skisaison überhaupt. Die ersten Schneefälle im Oktober ergeben auf der glatten Eisfläche eines Gletschers sofort Pistenflächen, die in unvergletscherten Gebieten erst im Winter befahrbar werden.

Der **Klimawandel setzt die Berge in Bewegung**. Der größte Teil der Alpengletscher befindet sich auf einer Temperatur von null Grad, auch in den Höhen, in denen das Jahresmittel der Lufttemperatur deutlich negativ ist. Das kommt daher, dass im Sommer das Schmelzwasser von der Oberfläche in den Firn einsickert und seine Wärme dort abgibt. Erst ab einer Höhe von ca. 3.400 m war bisher das Eis auf negativen Temperaturen. In den letzten 30 Jahren ist die Temperatur in den Alpen um 1 bis 2 Grad C gestiegen, so dass auch diese letzten kalten Bereiche angefangen haben zu schmelzen. Ganze Hänge beginnen zu rutschen, das Eis löst sich vom Untergrund und die Felsplatten darunter verlieren ihren Halt.



Am **Taschachferner** (mit Blick auf die **Wildspitze**), der sein Eis ins Pitztal abfließen lässt, erkennt man eine Reihe von Spalten, dort wo das Eis unter der Spannung von zunehmender Geschwindigkeit oder beim Überfließen von Stufen im Felsuntergrund nicht mehr plastisch fließen kann, sondern zerbricht. Am Oberrand des kleinen Kargletschers, links unter dem Grat der Wildspitze und unter dem Steilhang ganz rechts, öffnen sich Spalten, weil das flache, dicke Eis viel schneller fließt als das dünne der Steilhänge. Im Mittelteil des Gletschers bricht das Eis an den Kanten in Querspalten auseinander, am unteren Rand entstehen Spalten, weil das Eis in der Mitte viel schneller fließt, als am Gletscherrand.





Beim **Übeltalferner** in den südlichen Stubai Alpen sieht man, wie die Zuflüsse zu diesem Eisstrom bis zum Gletscherende ihre Identität nicht verlieren. Die Fließlinien des Eises werden durch verschiedene Farben markiert, die Steine, die von der Felsinsel am rechten Bildrand stammen, werden vom Eisstrom mitgenommen. Die Zungen dieser Gletscher zerfallen heute mit dem raschen Abschmelzen, das auf das Konto der Klimaerwärmung geht. In ihrer aktiven Zeit haben sie den Untergrund ausgehobelt, dort bilden sich jetzt bei vielen Alpengletschern sogenannte **Zungenbeckenseen** wie in diesem Bild zu erkennen ist. Die Farbe der Seen hängt von ihren mineralischen Schwebstoffen ab, sie reicht von dunkelblau über türkis bis silbergrau.



Dieses Foto des **Hintereisferners im Ötztal** vermittelt eindrucksvoll das Bild eines Stromes von Eis, der den Überschuss aus den Firnbecken ins Tal fließen lässt, bis das Eis dort schmelzen kann. Die Streifen auf dem Eis zeigen, dass das Eis ganz parallel fließt, nicht wie in einem Fluss, in dem das Wasser von links nach rechts wechseln kann. Ein Stein, der oben auf die rechte Seite des Gletschers fällt, bleibt auf seiner Reise mit dem Eis bis unten auf der rechten Seite. Die Geschwindigkeit der Eisbewegung hängt von seiner Ernährung ab. In Jahren mit Massengewinn wie 1965 – 80 waren es 50 m pro Jahr, beim Vorstoß von 1920 sogar 125. In der mageren heutigen Zeit sind es weniger als 10 m pro Jahr.



Am Ende der Gletscherzunge befindet sich ein mehr oder weniger stark ausgeprägtes **Gletschertor**. Im Bild der Hintereisferner in den Ötztaler Alpen. Der orografisch rechte Teil des Gletschers ist stark mit Schutt bedeckt, der das Abschmelzen verzögert, so dass dieser Bereich weniger stark zurück geschmolzen ist als der freie Teil. Aus dem Gletschertor rinnt der **Gletscherbach**, der durch Schwebstoffe stark getrübt ist (Gletschermilch). Die feinen Sedimente entstehen durch das Gleiten des Gletschers am Untergrund. Die Wasserführung schwankt stark mit der Tages- und Jahreszeit. Spitzen im Juli und August können mehr als das Dreifache des durchschnittlichen Monatsabflusses erreichen.



Gletscherschliff: Durch die Bewegung des Gletschers über anstehendes Gestein des Untergrundes wird dieses in einer charakteristischen Form abgeschliffen. Das Bild zeigt ein vor wenigen Jahren eisfrei gewordenes Stück des Vorfeldes des Hallstätter Gletschers am Dachstein, an dem man die frühere Fließrichtung des Gletschers von rechts nach links im Bild erkennen kann.

Ein Beispiel für glazial geprägte Landschaftsformen sind die in den Alpen häufig zu beobachtenden **Trog-** oder **U-Täler**. Diese sind durch Gletschervorstöße entstanden, bei denen der Gletscher die Kerbtäler zu Tälern mit breiten Böden und steilen Flanken geschliffen hat. Besonders in Gegenden mit hartem Gestein (wie hier im Rotmoostal, hinteres Ötztal) können die Flanken steil überdauern. In brüchigeren Gegenden (z.B. Kalk) sind die U-Täler daher weniger stark ausgeprägt, weil die Ränder im Laufe der Zeit zusammenfallen. Der letzte Gletscherhochstand des Rotmoosferners von 1850 ist im Bild an der reduzierten Vegetation sichtbar. Im Rotmoostal wird die Dynamik der Wiederbesiedelung des Gletschervorfeldes untersucht.



Blockgletscher – verborgenes Eis im Hochgebirge:

Neben dem Eis der landschaftsprägenden Gletscher ist im Hochgebirge auch im Untergrund verborgenes Eis, sogenanntes **Permafrost-Eis** vorhanden. Unter Permafrost versteht man permanent gefrorenen Untergrund, der nur in den Sommermonaten oberflächlich auftaut. Die Auftauschicht ist meist zwischen 2 und 5 m mächtig, das Eis an der Oberfläche aber nicht direkt sichtbar. Dadurch ist der Nachweis von Permafrost auch schwierig und nur durch aufwändige Untersuchungen möglich. Permafrost ist in den Alpen („Alpiner Permafrost“) ab einer Seehöhe von etwa 2.300 m, lokal auch tiefer, anzutreffen. Ein Großteil des Permafrost-Eises ist in den zahlreichen aktiven Blockgletschern enthalten, ein kleiner Teil tritt als Spaltenfrost im Festgestein und in Permafrost-Böden auf.

Blockgletscher zählen zu den auffälligsten und häufigsten morphologischen Erscheinungsformen im Hochgebirge. Man unterscheidet aktive, inaktive und fossile Blockgletscher. Interessant sind die aktiven Blockgletscher, die sich aufgrund ihres Eisgehaltes langsam hangabwärts bewegen. Es handelt sich um lappen- bis zungenförmige Körper aus gefrorenem Schutt, die nur oberflächlich auftauen. Der gefrorene Kern besteht häufig aus einem Gemenge aus Schutt und Eis, teilweise auch aus einem massiven Eiskörper. Blockgletscher sind scharf begrenzt und heben sich morphologisch deutlich von ihrer Umgebung ab. Charakteristisch ist eine steile Stirn aus frischem Schutt ohne Vegetation.





Selten kommt unter der Schuttdecke das Eis zum Vorschein. Am Reichenkar-Blockgletscher ist die Schuttdecke 2 m dick, darunter befindet sich ziemlich reines, grobkörniges, gebändertes Gletschereis.

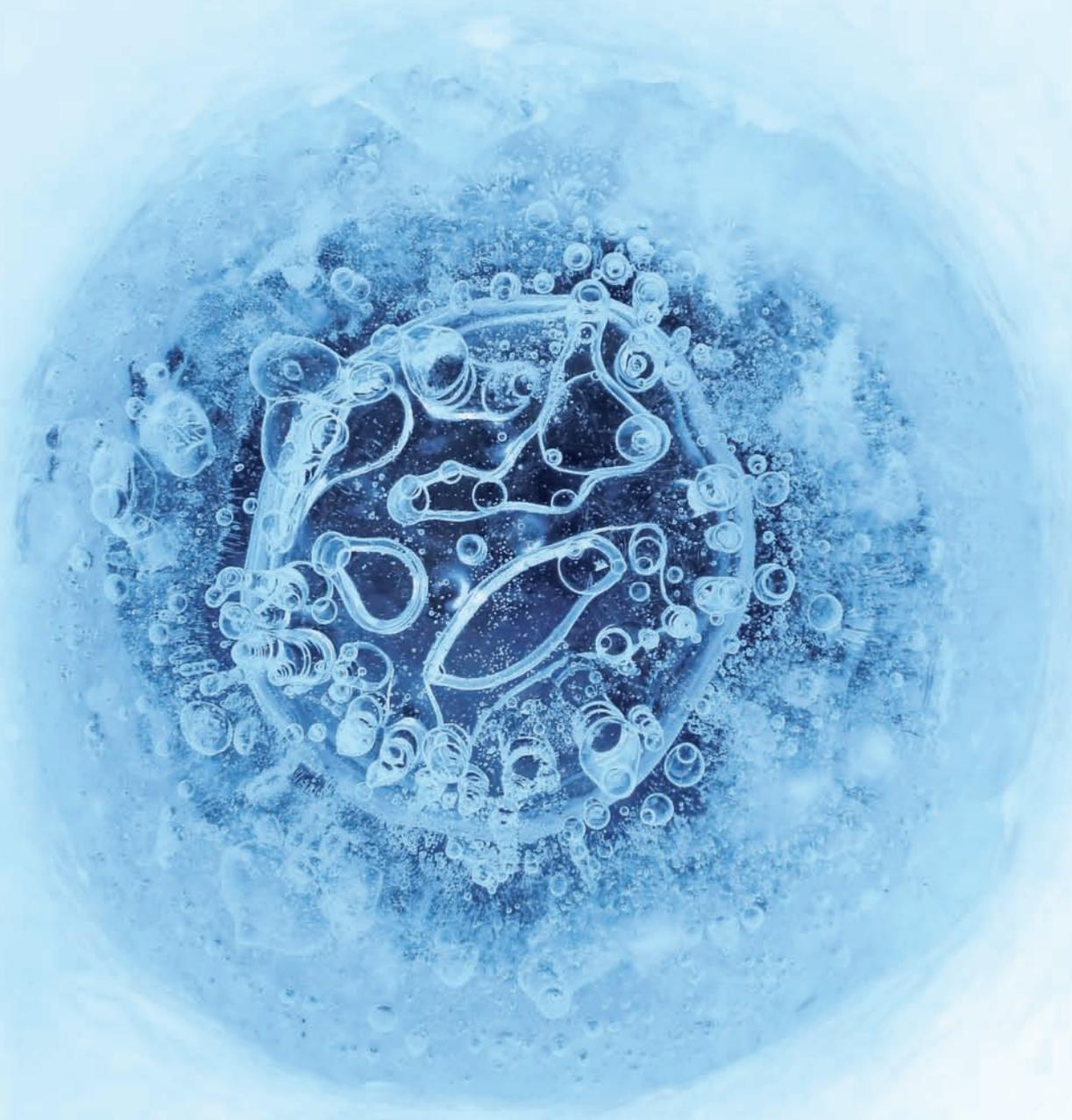
Am Fuß der Stirn entspringt häufig eine Quelle (Blockgletscherquelle), deren Wassertemperatur den ganzen Sommer über meist knapp unter 1°C liegt. Die ungefrorene Schuttlage an der Oberfläche besteht meist aus grobem, lockerem Blockwerk und ist bis zu mehrere Meter mächtig. Die Oberfläche von aktiven Blockgletschern zeigt häufig eine charakteristische Morphologie aus parallel oder quer zur Fließrichtung verlaufenden Rücken und Vertiefungen (Loben) mit einem Reliefunterschied von bis zu mehreren Metern. Diese typische Oberflächenmorphologie entsteht als Folge der Kriechbewegung des Blockgletschers. Die meisten aktiven Blockgletscher zeigen durchschnittliche jährliche Bewegungsraten von einigen Zentimetern bis zu über einem Meter.

Einerseits entstehen Blockgletscher dadurch, dass Schmelz- oder Niederschlagswasser in den Hangschutt eindringt und im Schutt gefriert. Der gefrorene Schutt bewegt sich schließlich als Blockgletscher langsam hangabwärts. Diese Blockgletscher sind meist lappenförmig und relativ klein. Einige Blockgletscher haben sich aus zurückschmelzenden, stark schuttbedeckten Kargletschern entwickelt. Der steilere, schuttfreie Teil des Gletschers ist vollständig abgeschmolzen, im flachen schuttbedeckten Teil ist das Eis unter der schützenden Schuttlage erhalten geblieben, dadurch entstand ein Blockgletscher. Diese Blockgletscher sind meist wesentlich größer, langgestreckt und zungenförmig.

Zwar werden an der Blockgletscherquelle in den Sommermonaten beträchtliche Wassermengen freigesetzt, allerdings handelt es sich bei einem Großteil dieses Wassers um Schneeschmelze und Niederschlagswasser. Nur ein kleiner Teil des Wassers wird durch das Abschmelzen des Eiskörpers freigesetzt. Die bis zu mehrere Meter mächtige Schuttlage konserviert nämlich das Eis, daher sind die Abschmelzraten bei Blockgletschern wesentlich geringer als bei Gletschern und liegen in der Größenordnung von einigen Zentimetern pro Jahr. Das Abflussverhalten von aktiven Blockgletschern ist ähnlich wie bei den Gletschern. Mit Beginn der Schneeschmelze steigt der Schmelzwasserabfluss stark an und erreicht die höchsten Abflusswerte meist im Juni und Juli, bis im November oder Dezember die Blockgletscherquellen zufrieren.



Der **Blockgletscher im Inneren Reichenkar** südwestlich von Gries im Sulztal zählt zu den eindrucksvollsten Blockgletschern Tirols. Dieser aktive Blockgletscher ist 1.4 km lang und bis zu 260 m breit, seine Stirn bewegt sich jährlich um bis zu 3 m vor. Die groblockige Schuttlage zeigt eine charakteristische Oberflächenmorphologie aus Rücken und Vertiefungen, die als Folge der Fließbewegung entstehen. Am Fuße der steilen Stirn entspringt eine Blockgletscherquelle. Eisaufschlüsse im oberen Teil (Abb. oben) und geophysikalische Untersuchungen zeigen, dass dieser Blockgletscher einen Kern aus massivem Eis besitzt und sich aus einem ehemaligem, schuttbedeckten Kargletscher entwickelt hat.



Lebensspuren in Eis und Schnee

Birgit Sattler



Eis und Schnee werden seit jeher als unwirtliche Wüste gesehen. Als zu lebensfeindlich gelten die Bedingungen – tiefe Temperaturen, eisiger Wind, hohe Strahlung und wenig Nährstoffe. Und doch finden sich gerade in diesem eisigen Lebensraum Spezialisten mit ausgeklügelten Überlebensstrategien.

Ein großer Teil unserer Alpen wird in höheren Lagen von Schnee oder Gletschern dominiert, was eine besondere Bedeutung für die Süßwasserreserven weiter Landstriche hat. Inzwischen wird dieser kalte Lebensraum auch als Ökosystem angesehen, das vorwiegend mikroskopisch kleinen Organismen eine Nische bietet.

Fällt Schnee frisch auf die Erde, so findet man darin ursprünglich wenige **Lebensspuren**. Mit der Zeit siedeln sich Bakterien und Pilze an, die entweder durch den Wind verfrachtet oder mit dem Schmelzwasser in das Schneepaket geschwemmt werden. Ihr Speiseteller kann je nach Ablagerungen auf dem Schnee, sei es nun organischer oder anorganischer Natur, sehr reichhaltig sein. Befindet sich zwischen den Schneekristallen auch schon etwas Schmelzwasser, so bleiben die einzelligen Räuber nicht lange fern und ernähren sich von den Bakterien. Wenn der Schnee im Frühsommer sich plötzlich rot und grün zu färben beginnt, ist das Leben dort in voller Blüte. Wasser – die Grundvoraussetzung für aktives Leben – kurbelt während dieser Periode den Stoffwechsel dieses Nahrungsnetzes aus Viren, Bakterien, Pilzen, tierischen Einzellern und Algen gehörig an. Somit bilden Bakterien, die sich mit speziellen Eiweißen und Schutzhüllen um die Zelle gegen die Kälte schützen, die wertvolle Nahrungsgrundlage für alle höheren Schneebewohner. Mit dem Fortschreiten des Frühjahrs im Hochgebirge bewegen sich einzellige Schneevalgen, die bis dahin im Boden überdauert haben, mit dem ersten Schmelzwasserfluss zum Licht und schützen sich gegen die hohe Sonneneinstrahlung mit starken Pigmenten. Im Volksmund nennt man dieses Phänomen den „Blutschnee“. Im Mittelalter drohte die katholische Kirche den „armen Sündern“ mit dem Blut Gottes auf dem Schnee.

Besonders auf Eisflächen kommt es oft vor, dass sich Steine oder auch nur Staub ansammeln, die durch ihre dunkle Färbung Sonnenwärme aufnehmen und sich so immer tiefer in das Eis einschmelzen. Daraus entstehen kleine wassergefüllte Trichter mit einem sedimentartigen Satz. Der schwedische Polarforscher Nordenskjöld nannte diesen Staub bereits vor über 100 Jahren „Eisstaub“ oder **Kryokonit** (kryo = kalt, konit = Staub). In den bereits etablierten Schmelztrichtern herrschen extreme Bedingungen, wo durch die großen Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht wiederholtes Auftauen und Einfrieren stattfindet. Zusätzlich sind sie der hohen UV-Strahlung ausgesetzt. In diesem Konglomerat aus Staub, Blätter- und Insektenresten, Mineralien und Bodenpartikeln, die mit dem Wind hertransportiert wurden, entwickelt sich innerhalb kürzester Zeit eine komplexe Lebensgemeinschaft, die völlig autark ist. Jeder Trichter ist sozusagen ein Mini-See, doch die Organismen müssen diesen extremen Bedingungen standhalten. Ein wahrer Künstler darin ist ein seltsam aussehendes Geschöpf, das so genannte Bärtierchen oder Tardigrade. Nicht einmal einen Millimeter groß, erinnert das mehrzellige Wesen an einen kleinen Bären, der sich im Wasser bewegt. Für das menschliche Auge gut sichtbar sind Gletscherflöhe (Urinsekt), die einzeln oder in schwarzen Kolonien auf dem Eis leben und sich dort auch springend fortbewegen können.

Das ökologische Gleichgewicht in solch extremen Lebensräumen ist sensibel, da jedes Glied des Nahrungsnetzes dringend gebraucht wird. Wenn die Bedingungen unwirtlich werden, dann gilt es, möglichst keine wertvolle Energie zu verlieren und alle Ressourcen weitgehend auszuschöpfen. Die Lebewesen des Schnees sind darin die wahren Meister.

Abbildung auf Seite 119: Die **Eisdecke von hochalpinen Seen** kann bis zu über 2 Meter dick werden und besteht in der Regel aus alternierenden Eisschichten unterschiedlichen Charakters. Mit dem ersten Gefrierprozess im Herbst bildet sich Klareis, das kaum Luftblaseneinschlüsse aufweist. Im Zuge des Winters vermengt sich der gefallene Schnee mit dem durch feine Risse im Klareis aufsteigenden Seewasser und bildet das sogenannte Trübeis. Dazwischen verbleibt ein Schnee-Wassergemisch, das einer aktiven mikrobiellen Gemeinschaft Lebensraum bietet. Werden Beprobungslöcher in die Eisdecke gebohrt, frieren diese innerhalb weniger Stunden unter Ausbildung bizarrer Strukturen wieder zu (siehe Bild).

Kryokonit: Im Sommer ist der Gletscher mit unzähligen Schmelztrichtern überzogen, manchmal im Ausmaß bis zu 10% der Gletscherfläche. Oftmals bildet sich auch ein großflächiger rötlicher Überzug auf dem Eis, der von deponiertem Saharasand stammt. Der Staub stellt für die Bakterien eine wertvolle Nahrungsquelle dar. Die Kryokonitlöcher können von einigen Millimetern bis zu Metern groß und bis zu 0,5 m tief werden. Speziell während des Sommers trägt der Kryokonit durch eine verminderte Albedo (Rückstrahlung) der Sonnenenergie zum Abschmelzen der Eismassen bei. In den Kryokonitlöchern, in denen sich organische und anorganische Nährstoffe ansammeln, konzentriert sich das Leben am Gletscher.



Der **Gletscherfloh** (*Isotoma saltans*), ein etwa 1,5 mm großer Collembola (Springschwanz), lebt auf dem Kryokonit der Gletscher. Seine Vorzugstemperatur liegt nur knapp über dem Gefrierpunkt, die er durch Speicherung der Sonnenenergie auf seiner schwarzen Körperoberfläche erreicht. Die regelmäßig wiederkehrenden Frostperioden übersteht er durch Gefrierschutzproteine, die das Wachstum entstehender Eiskristalle im Keim ersticken.



Andere Arten dieser flügellosen Urinsekten (Apterygota) sind im Winter wesentlich einfacher zu beobachten, wenn an warmen Tagen schneebedeckte Waldböden mit Collembolen geradezu übersät sind und sich manchmal zu dunklen Flecken zusammenrotten.

Tardigraden oder **Bärtierchen** sind wohl die erstaunlichsten mehrzelligen Lebewesen auf unserer Erde. Von der Tiefsee bis zu den höchsten Berggipfeln besiedeln sie alle feuchten Lebensräume, so auch den Kryokonit der Gletscher (*Hypsibius klebelsbergi*). Das Vorkommen in extremsten Lebensräumen verdanken sie der Bildung von Dauerstadien bei ungünstigen Verhältnissen. Neben Cysten können Tardigraden bei tiefen Temperaturen oder extremer Trockenheit „Tönnchen“ bilden (Anhydrobiose). In diesem „todesnahen“ Zustand, in dem der Stoffwechsel auf Null sinkt, können sie jahrelang überdauern und extremsten Bedingungen wie flüssigem Stickstoff oder Alkohol so wie hohen radioaktiven Strahlungs Dosen standhalten.





Schneecalgen (*Chlamydomonas nivalis*) können dem Altschnee zwischen Mai und August eine leuchtend rote Farbe verleihen. Es handelt sich um einzellige Grünalgen, die den Winter am Boden überdauern haben und bei einsetzender Schneeschmelze auskeimen. Die begeißelten, noch grünen Algenzellen wandern dem Licht entgegen zur Schneeoberfläche und vermehren sich durch Teilung. Die zunehmende UV-Strahlung zwingt sie jedoch, rote Sporen mit einem hohem Gehalt an Astaxanthin zu bilden, um sich vor der Sonne zu schützen. Die Schneecalgen sind eine wichtige Grundlage für die komplexe Lebensgemeinschaft der schmelzenden Schneefelder. Nach der Schneeschmelze überdauern die Sporen im Boden.



Erwachsene Exemplare des nur 3-4 mm großen **Winterhafts** oder **Schneeflohs** (*Boreus westwoodi*) sind im Winter bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt aktiv und auf Schneeflächen in lichten Wäldern anzutreffen. Die flügellosen Weibchen (Bild) und die stummelflügeligen Männchen glänzen metallisch und sind in der Lage, mit ihren langen Hinterbeinen zu springen. Sie ernähren sich von pflanzlichen und tierischen Resten.

Winterhafte zählen zur Ordnung der Schnabelfliegen (Mecoptera), zu der auch die flugfähige Skorpionfliege der Sommermonate gehört, deren männliches Begattungsorgan am Körperende an einen nach oben gebogenen Skorpionschwanz erinnert.



Ein ebenfalls im Winter auf Schnee anzutreffendes Insekt ist die 4-5 mm große, langbeinige **Schneeschnake** oder **Schneefliege** (*Chionea* sp.). Sie ist flügellos, nur die für alle Zweiflügler typischen Schwingkölbchen (ein Sinnesorgan zur Flugsteuerung, das sich aus dem 2. Flügelpaar entwickelt hat) sind geblieben. Der Schneeschnake begegnet man bei mildem Wetter beim Überqueren von Schneefeldern in Wäldern mittlerer bis hoher Lagen.

An wärmeren Wintertagen sind mehrere Zweiflüglerarten aktiv, die man fliegend oder am Schnee gelandet beobachten kann. Die auffälligste Art ist die Wintermücke, deren Männchen vor Sonnenuntergang Balzflüge absolvieren (siehe Seite 102).



Auf den Spuren der Eiszeit Nunatak-Relikte in den Alpen

Barbara Knoflach-Thaler
Brigitta Erschbamer



Die heutige Zusammensetzung der alpinen Flora und Fauna wird weitgehend durch rezent wirk-same Umweltbedingungen bestimmt, doch haben sich auch Ereignisse der Vergangenheit prägend ausgewirkt. Mit den Klimaschwankungen des Eiszeitalters und einem damit einhergehenden Wandel der Lebensräume kam es zu beträchtlichen Veränderungen beziehungsweise Verschiebungen der ursprünglichen Lebewelt. Die **Eiszeiten** führten in den Ostalpen zu mehreren Phasen starker Vergletscherung, die weite Teile Österreichs überdeckte. Ein Höhepunkt wurde vor etwa 20.000 Jahren in der so genannten Würm-Eiszeit erreicht. In ganz Mitteleuropa herrschte Permafrost. Die großen alpinen Täler waren mit mehr als 2.000 m mächtigen Eisströmen erfüllt. Ein derartiges Ausmaß an Vereisung hatte eine massive Verarmung der Fauna und Flora zur Folge. Zahlreiche Tier- und Pflanzenarten konnten ausgedehnte Bereiche nicht mehr besiedeln oder starben ganz aus. Ein Teil davon zog sich in Refugialgebiete zurück. Klassische Rückzugsgebiete stellten die Randzonen der Alpen dar, so vor allem der Ost- und Südrand, die weitgehend unvergletschert blieben. Wichtige Refugien gab es aber auch innerhalb der vergletscherten Alpen. Nunatakker, d.h. Gipfel, die aus dem Eis herausragten, dienten als Überdauerungsorte für besonders widerstandsfähige Organismen, darunter alpine und subnivale Pflanzenarten, Spinnentiere und Insekten.

Nach dem Ende der Eiszeit und dem sukzessiven Rückzug der Gletscher eroberten die Arten der Refugialgebiete ihren ursprünglichen Lebensraum Schritt für Schritt wieder zurück und breiteten sich über mehr oder weniger große Areale aus. Allerdings gibt es auch Arten, die bis heute in ihren lokalen Refugialgebieten geblieben sind, wie z.B. der Machilide *Charimachilis relicta* (Urinsekt), dessen nächste Verwandte erst in Griechenland vorkommen oder einige Milben, wie die zentralalpin-endemische *Mesoteneriffia steinböcki*, geographisch isoliert von ihren tropischen bis subtropischen Verwandten. Die Schopfige Teufelskralle (*Physoplexis comosa*), der Triglav-Enzian (*Gentiana terglouensis*) oder das Dolomiten-Kugelschötchen (*Rhizobotrya alpina*) sind Beispiele für endemische Pflanzen der Südalpen. Die zahlreichen, nur in den Alpen vorkommenden Endemiten belegen die Bedeutung der Hochgebirge als Evolutionszentren. Etwa 7-8 % aller Alpenpflanzen können als endemisch angesprochen werden, wobei die Zentren einerseits in den südlichen Westalpen (Seealpen, Cottische-, Grajische- und Ligurische Alpen) und andererseits in den südlichen Ostalpen (Bergamasker-, Karnische-, Julische- und Judikarische Alpen) liegen.

Mit molekulargenetischen Analysen ist es heute möglich, die Evolution und Ausbreitung von Arten nachzuzeichnen und somit Rückschlüsse auf Refugien, Rückwanderungen und das Überleben der Arten auf Nunatakkern zu ziehen. Durch geographische Isolation und Verinselung von Populationen kam es zu Sonderentwicklungen, es entstanden neue Arten oder Unterarten.

Abbildung auf Seite 123: So ähnlich wie heute in der **Antarktis** kann man sich die Alpen zur Eiszeit vorstellen: Nur die höchsten Gipfel ragten aus einer kompakten Eismasse heraus, auf denen während der Sommermonate Leben möglich war, das sich vereinzelt bis heute als Relikt fast unverändert erhalten hat.

Das **Bild rechts** zeigt die räumliche Ausdehnung der Vergletscherung in den **Alpen** zur Zeit der Eiszeit, wo nur die östlichen und südlichen Ausläufer der Alpen unvergletschert geblieben sind. In diese Bereiche haben sich zahlreiche Alpenbewohner zurückgezogen und in der darauffolgenden Wärmeperiode das ursprüngliche Areal wieder zurückerobert.



Der **Himmelsherold** (*Eritrichium nanum*) kommt in den Alpen zwischen 2.400 und 3.600 m Meereshöhe vor. Das heutige Verbreitungsmuster der Art erlaubt keine Aussage über die historische Entwicklung. Mit molekulargenetischen Untersuchungen konnte jedoch gezeigt werden, dass die Art in seltenen, isolierten Populationen auf Nunatakkern in den westlichen und östlichen Zentralalpen die Zeit der höchsten Vergletscherung überdauert und sich nacheiszeitlich von dort ausgebreitet hat.

Für andere Arten, so z.B. für den Roten Steinbrech (*Saxifraga oppositifolia*), kann die Überdauerungsgeschichte während der Eiszeit nicht so gut nachgezeichnet werden.



Der **Alpen-Mannsschild** (*Androsace alpina*) ist eine Schuttpflanze der Zentralalpen auf lange schneebedeckten Böden. Sie zählt zu den höchst steigenden Pflanzenarten. Von ihr sollen mehrere Mannsschild-Arten abstammen, so z.B. der Charpentiers Mannsschild (*Androsace brevis*), der nur westlich und östlich des Comer Sees vorkommt oder der Wulfens Mannsschild (*Androsace wulfeniana*), eine Art, die in den Niederen Tauern und ganz sporadisch in Norditalien (Rollepass, Val Sugana, Bormio) zu finden ist. Dies ist ein klassisches Beispiel, dass sich aus einer Stammform neue Formen entwickelt haben. Obwohl die Flora der Alpen gut erforscht ist, werden auch heute noch neue, endemische Pflanzen entdeckt.



Der Alpen-Mohn galt bisher als Beispiel für die Sippenentwicklung in den Alpen. In den Randgebieten der Alpen finden sich Alpen-Mohn-Sippen (Unterarten) mit weißen, gelben oder orangeroten Blüten. Sie unterscheiden sich auch hinsichtlich Blattform, Behaarung, Details der Früchte und Verbreitungsareal. Der **Rhätische Alpen-Mohn** (*Papaver alpinum* ssp. *rhaeticum*) ist in den Südalpen weit verbreitet, andere Unterarten kommen nur lokal vor. Aktuellen molekulargenetischen Untersuchungen zufolge, scheint es jedoch nur eine einzige Unterart zu geben (*Papaver alpinum* ssp. *alpinum*), die verschiedenfarbig blühen kann. Somit müssen wohl die Bestimmungsbücher korrigiert werden.





Felsenspringer (Urinsekten) stellen eine tiergeographisch interessante Tiergruppe, mit auffallend archaischen Faunenelementen dar, die sich in den Alpen an Ort und Stelle erhalten haben. Aufgrund ihrer geringen Fähigkeit zur aktiven und passiven Ausbreitung haben sich zahlreiche Lokalformen entwickeln können. Dies wird durch lange Isolation der einzelnen Verbreitungsgebiete in Zusammenhang mit den Glazialereignissen gesehen. *Machilis ladensis* ist ein Lokalendemit und nur vom Gipfelbereich des Piz Lat (Münstertaler Alpen) im Dreiländereck Österreich/Italien/Schweiz bei Reschen und Nauders bekannt. Postglaziale Wiederbesiedlung des Standortes wird ausgeschlossen.

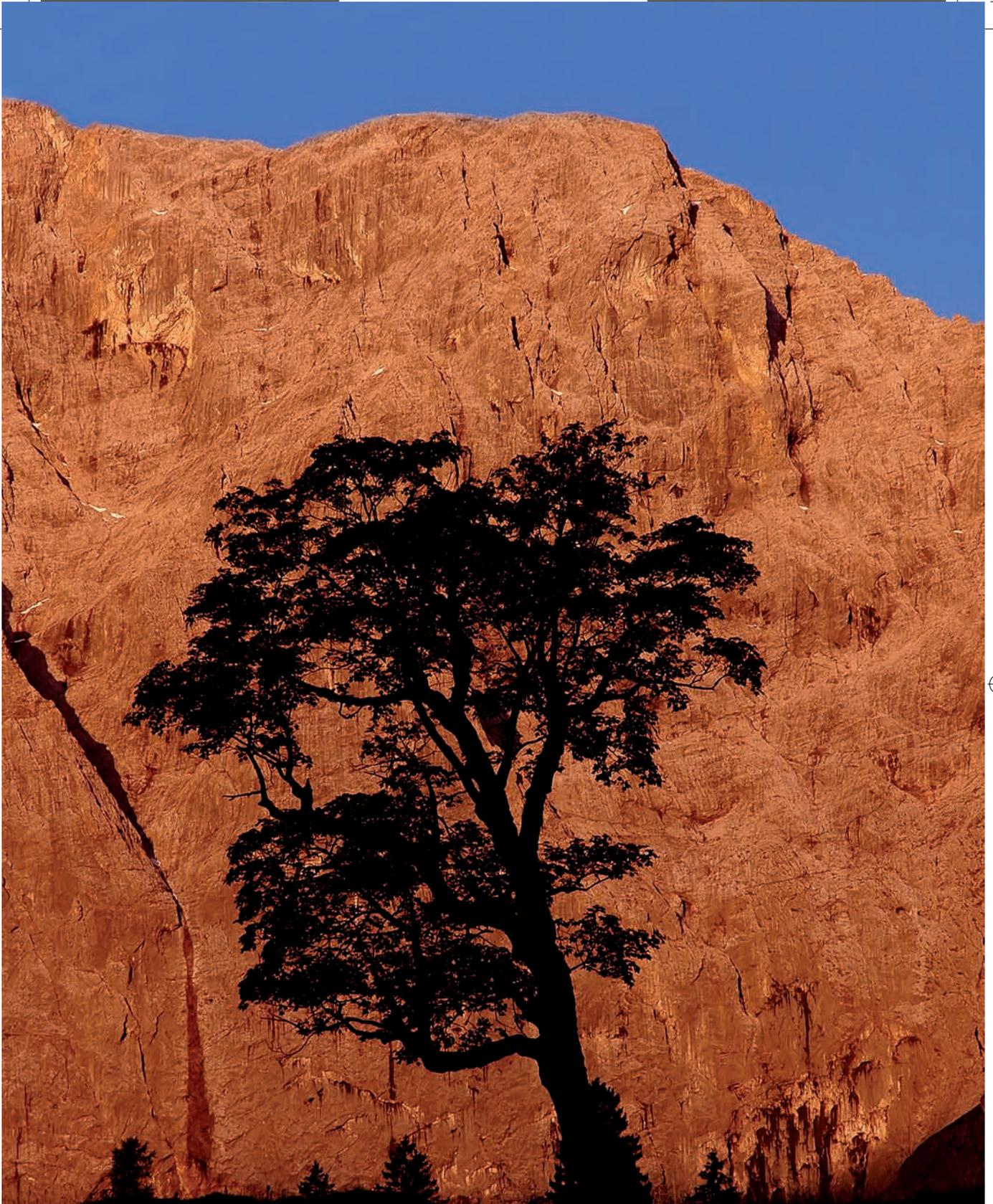


Als Nunataktiere sind auch einige **Balduchinspinnen** zu werten. *Leptyphantes severus*, eine erst rezent entdeckte Art, lebt in den eiszeitlich weitgehend devastierten Nördlichen Kalkalpen westlich des Inn und dürfte dort die pleistozäne Vergletscherung der Alpen überdauert haben. „*severus*“ steht für rauh, hart, in Anspielung auf die unwirtlichen, rauen Bedingungen auf den aus dem Eistromnetz aufragenden Nunatakkern. Die Alpen-endemische Gipfelspinne lebt im Felspaltensystem und Blockschutt vegetationsfreier, hochalpiner Bereiche. In tiefen Lagen fehlt sie. Auch der mit Borsten „bewaffnete“ *Leptyphantes armatus* aus den Zentralalpen Tirols erfüllt die Prämisse einer Nunatak-Überdauerung.



Der **Matterhornbär** (*Holarctia cervini*) aus der Schmetterlingsfamilie der Bärenspinner (Arctiidae) ist ein Alpenendemit und ein unbestrittenes Tertiärrelikt. Er stellt daher ein altes Element der heimischen Fauna dar, das in den eisfrei gebliebenen Regionen innerhalb der Alpen verblieben ist und postglazial sein Verbreitungsgebiet kaum erweitert hat. Die markant gezeichnete Art weist heute ein äußerst lokales Vorkommen auf und ist nur von wenigen und weit isolierten Fundorten in den Hochlagen der Zentralalpen von 2.600-3.200 m Seehöhe aus Österreich, der Schweiz und Frankreich bekannt.

Ein kleinräumiges österreichisches Fundgebiet befindet sich in den Öztaler Alpen.



Tiroler Schutzgebiete

Otto Leiner



Die frühen Naturschutzbestrebungen gehen Hand in Hand mit der touristischen Erschließung der Alpen. Erkletterten in der Mitte des 19. Jahrhunderts noch die Forscher die ersten Gipfel unserer Gebirgskämme, waren es später Reisende aus den angrenzenden Großstädten, argwöhnisch beäugt von den Einheimischen, die nicht verstanden, warum Leute freiwillig in diesen unwirtlichen Gegenden ihre Freizeit verbringen. Die ersten Schutzgebietsausweisungen waren daher wohl eher dem Schutz des Eigentums zuzuordnen und nicht als frühe Naturschutzbewegung, wie wir sie heute kennen, zu werten. Schon 1927 wurde der Große Ahornboden (Bild vorige Seite) zum Naturdenkmal erklärt und ein Jahr später bereits ein Großteil des Karwendelmassivs als Naturschutzgebiet ausgewiesen. Momentan sind in Tirol 76 verordnete Schutzgebiete mit einer Gesamtfläche von ca. 3.119 km² ausgewiesen, also ein gutes Viertel der Landesfläche. Dazu kommen noch Natura 2000-Gebiete, 2 Biosphärenparks, ein Ramsar-Schutzgebiet, biogentische Reservate und die Naturdenkmäler. Das Land Tirol hat der Europäischen Kommission 13 solcher **Natura 2000-Gebiete** für das europäische Netzwerk von Schutzgebieten zur Erhaltung des Naturerbes vorgeschlagen. Es sind dies zu einem Teil die großen Schutzgebiete wie der Nationalpark Hohe Tauern oder der Alpenpark Karwendel, der größte Schutzgebietsverbund in Tirol, und zum anderen Teil kleine Gebiete wie z.B. das Afrigal in der Nähe des Fernpasses, das einen weitgehend naturnahen Spirkenwald beherbergt. Die wichtigste und international bedeutendste Schutzgebietskategorie stellt der **Nationalpark** dar. Ziemlich genau ein Drittel des 1.800 km² umfassenden Nationalparks Hohe Tauern liegt auf Tiroler Gebiet. Die Weltnaturschutzunion IUCN hat nach Jahren der Vorarbeit den Nationalpark Hohe Tauern 2006 international anerkannt. Eine Bedingung ist, dass ein Großteil der Kernzone nicht beweidet wird und dort keine Jagd stattfindet. Dass Steinadler und Bartgeier im gesamten Gebiet, wie übrigens im restlichen Landesgebiet auch, völlig geschützt sind, versteht sich von selbst. Das Regelwerk ist in einem eigenen Nationalparkgesetz festgelegt.

Naturschutzgebiete dienen zur Bewahrung von seltenen, vielleicht gar vom Aussterben bedrohten Tier- oder Pflanzenarten und deren Lebensgemeinschaften. Viele Tätigkeiten sind verboten bzw. bedürfen einer Bewilligung. Beispielsweise sind in Naturschutzgebieten grundlegende Veränderungen wie etwa bauliche Maßnahmen, Geländeabtragungen, Aufschüttungen, Neuaufforstungen oder Verwendung von Kraftfahrzeugen einem strengen Beurteilungsverfahren zu unterziehen. Von diesen festgelegten Verboten sind die üblichen land- und forstwirtschaftlichen Nutzungen, so wie Jagd und Fischerei ausgenommen, solange der Schutzzweck nicht beeinträchtigt wird. Nicht erwarten würde man in Tirol ein Schutzgebiet für Skorpione. Ein Gebiet zwischen Nasserreith und Tarrenz ist Heimat für diese stachelbewehrten Exoten aus dem Süden. Der Stich der „Antelsberger Skorpione“ ist zwar für die Beutetiere giftig, für den Menschen jedoch harmlos.



Steile Felswände und Schluchten vom Tal bis ins Hochgebirge sind der Lebensraum des **Mauerläufers** (*Tichodroma muraria*), der bei seiner Suche nach Spinnen und Insekten seine rote gefärbten Flügel immer wieder kurzfristig ausbreitet und dadurch trotz seiner geringen Größe auffällt.

Gegenüber liegende Seite: **Alpendohle** (*Pyrrhocorax graculus*): In vielen Alpenregionen sind Alpendohlen ständige Begleiter von Bergwanderern, die beim Picknick rasch von einem Dohlenschwarm umworben werden. Sie nisten in unzugänglichen Felswänden. Bevorzugt wird tierische Nahrung, nur in der kalten Jahreszeit überwiegt vegetarische Kost. Im Winter suchen sie tagsüber oft in große Zahl die Täler zur Nahrungssuche auf.



Eine etwas strengere Form der Naturschutzgebiete sind **Sonderschutzgebiete**. Hier ist grundsätzlich jeder Eingriff in die Natur verboten. Sogar ein Betretungsverbot von ausgewiesenen Flächen kann verordnet werden, z.B. zum Schutz von Vögeln, die auf Kiesbänken brüten.

Landschaftsschutzgebiete sind, wie der Name schon sagt, Gebiete, die zur Erhaltung der besonderen landschaftlichen Eigenart und Schönheit verordnet werden. Die gesetzliche Regelung gleicht der eines Naturschutzgebietes. Eines der bekanntesten Landschaftsschutzgebiete ist wohl eine der ältesten Almflächen Nordtirols, der Große Ahornboden im Herzen des Alpenparks Karwendel oder das Schutzgebiet Hefferthorn-Fellhorn-Sonnenberg bei Waidring, wo ein Millionen Jahre altes Riff auf das Urmeer in der Frühzeit hinweist.

Eine Besonderheit in der Riege der unterschiedlichen Schutzgebiete nehmen in Tirol die **Ruhegebiete** ein. In der alpinen Region Tirol werden jährlich über 40 Mio. Nächtigungen verzeichnet, mit Seilbahnen und Liften können pro Stunde über 1,3 Mio. Personen bergwärts befördert werden. Um die ungehinderte Aufrüstung und Ausweitung der Schigebiete mit all den Begleiterscheinungen wie Parkplätze, Zufahrtsstraßen, Restaurants einzubremsen, wurde mit der Schutzgebietskategorie „Ruhegebiet“ (Tiroler Naturschutzgesetz 1975) ein wirksames Raumordnungsinstrument geschaffen. Das wesentliche Merkmal ist, dass die Errichtung von Seilbahnen, Schiliften und der Bau von Straßen mit öffentlichem Verkehr ausnahmslos verboten sind.

Geschützte Landschaftsteile und Naturdenkmäler – diese Kleinstschutzgebiete sollen nicht unerwähnt bleiben – sind zwar kaum geeignet, Natur zu bewahren, sind aber, da meist in unmittelbarer Umgebung oder sogar innerhalb des Siedlungsraumes wertvolle Mosaiksteine für ein besseres Naturschutzverständnis.

Naturparks stellen in Tirol keine eigene Schutzgebietskategorie dar. Als besonders geeignet für die Erholung in der Natur und für die Vermittlung von Wissen werden sie als Titel über ein bestehendes Schutzgebiet gelegt. Die bestehenden Naturparks zeichnen sich durch ein gelungenes Nebeneinander von Naturschutz, Bildung, Erholung und Regionalentwicklung aus.

Das Ziel des Naturschutzes in Schutzgebieten sollte nicht sein, einen Glassturz über das Gebiet zu stülpen und jegliche menschliche Nutzung auszuklammern. Daher wurde in Tirol ein Betreuungskonzept entwickelt, das zum Ziel hat, allen Gebieten eine Person oder ein Team zur Seite zu stellen, wie es schon beim Nationalpark, bei allen unseren Naturparks und vielen anderen Gebieten der Fall ist. Der Erlebniswert der Schutzgebiete für seine Besucher soll erhöht und andererseits der Naturschutz im Gebiet verstärkt werden.

So können Schutzgebiete, neben allen hier nicht genannten Notwendigkeiten für die Natur beitragen, dass der Naturschutz auch bei der Bevölkerung und bei den Besuchern stärker verankert wird.





Alpenpark Karwendel

Hermann Sonntag

Zwischen Inn und Isar, dem Seefelder Plateau und dem Achensee erstreckt sich eine typische Gebirgslandschaft – der Alpenpark Karwendel. Er umfasst beinahe das gesamte Karwendelmassiv und ist mit einer Fläche von 727 km² das größte Tiroler Schutzgebiet. Aufgrund der klimatischen und topografischen Gegebenheiten verfügt das Karwendel über einen überdurchschnittlich hohen Anteil an alpinen Lebensräumen. Zwischen der 2.749 m hohen Birkkarspitze und den Tälern mit ihren Wildflüssen Isar, Rißbach und Vomperbach erstrecken sich artenreiche alpine Rasen und Schuttgesellschaften, Felsvegetationen wechseln sich ab mit unterschiedlichen Waldtypen, die einige Highlights zu bieten haben. Beispielsweise die großen Spirkenbestände im Hinterautal oder die Ulmen-Buchenwälder im Bächental. Im Bereich der Kulturlandschaft ist zweifellos der Große Ahornboden (Bild Seite 127) der mit Abstand bekannteste Platz im Karwendel. Mit seinen 2.000 Ahornbäumen, die ein Alter von 400 bis 600 Jahren aufweisen, ist er nicht nur ein beliebtes Photomotiv, sondern auch ein interessanter Lebensraum für Höhlenbrüter unter den Fledermäusen und Vögeln.

Die extremen Bedingungen in den Bergen verlangen nach spezifischen Anpassungen. Viele „klassische“ Alpentiere, wie Steinadler, Hirsch, Gämse oder Steinbock kann man hier antreffen. Die verschiedenen Spechtarten (Weißrückenspecht, Grauspecht), Rauhfußhühner (Auerhuhn, Birkhuhn, Haselhuhn, Alpenschneehuhn), sowie Vogelarten der Wildflüsse (Flussuferläufer) haben bedeutende Vorkommen im Alpenpark. Über 800 Schmetterlings- und 1.200 Käferarten wurden im Gebiet bereits nachgewiesen. Aufgrund dieses hohen naturkundlichen Wertes ist das Karwendel auch Teil des europäischen Schutzgebiet-Netzwerkes „Natura 2000“, das es sich zum Ziel gesetzt hat, das europäische Naturerbe langfristig zu erhalten.

Die (alpin-)touristische Nutzung des Gebiets weist inzwischen eine 150 Jahre alte Geschichte auf. Die große Bekanntheit, die Nähe zur Metropole München und der Landeshauptstadt Innsbruck, so wie die zahlreichen Hütten und Wandermöglichkeiten lassen im Sommerhalbjahr mehr als eine Million Besucher ins Karwendel strömen. Dies führt mancherorts zu verkehrstechnischen Problemen und Konflikten mit Wildtieren, Grundbesitzern und anderen Nutzergruppen wie die der Jagd und der Land- und Forstwirtschaft. Das plakativ formulierte „Schützen und Nützen“ ist die Herausforderung der Zukunft.



Der **Steinadler** (*Aquila chrysaetos*) benötigt innerhalb seines Reviers neben wenig gestörten Horstplätzen in Felsnischen oder auf (Nadel)Bäumen nutzbare Aufwindplätze für seine raumgreifenden Suchflüge, halboffene bis offene Jagdflächen, einen ausreichenden Bestand an Beutetieren, so wie ein Fallwildangebot. Sein Vorkommen im Karwendel ist seit dem 16. Jahrhundert belegt. Mit gegenwärtig 21 Brutpaaren, davon 14 auf der Tiroler Seite, verfügt das Karwendel über eine der höchsten Adlerdichten im Alpenraum. Damit kommt dem Alpenpark eine besondere Bedeutung und Verantwortung für das Überleben des Steinadlers in den Alpen zu.



Die **Gämse** (*Rupicapra rupicapra*) ist im Sommer vorwiegend an und oberhalb der Waldgrenze zu finden, im Winter zieht sie sich in tiefere Lagen zurück. Weibchen und Jungtiere leben unter Führung einer erfahrenen Geiß in größeren Verbänden mit bis zu 30 Tieren (Bild). Ältere Böcke sind Einzelgänger und suchen erst zur Brunftzeit zwischen Oktober und Dezember die Rudel auf. Rivalenkämpfe aber auch „Paarungsspiele“ verlaufen ziemlich rüde. Der legendäre Gamsbart wird von den Rückenhaaren des Bockes gewonnen. Lawinenofer und seuchenartiger Parasitenbefall (Gamsräude durch Milben) sorgen für eine natürliche Regulation der Bestände. Die Pflanzennahrung schließt Triebe von Nadel- und Laubbälzern ein.



Der **Rothirsch** (*Cervus elaphus*) ist bekannt für seine Anpassungsfähigkeit, die es ihm ermöglicht, trotz Verlust der Winterlebensräume (große Tieflandauen) und der z.T. nicht unumstrittenen Wildfütterung zu überleben. Der Schutz des Wildes war eine zentrale Intention bei der Unterschutzstellung des Karwendels im Jahre 1928. Durch Verbiss-, Schäl- und Fegeschäden führt der hohe Wildbestand immer wieder zu Problemen mit Förstern und ist vor allem im Hochwald kritisch, weil dadurch seine Schutzfunktion gefährdet sein kann. Hirsche leben außer zur Brunftzeit in getrenntgeschlechtlichen Rudeln. Duftdrüsen spielen eine wichtige Rolle im Sozialleben. Das Geweih ist während der Wachstumsphase mit behaarter Haut, dem Bast, überzogen.



Naturpark Tiroler Lech

Birgit Koch

Im Jahr 2004 wurde der Wildfluss Lech mit seinen Auwäldern und Nebenflüssen als Naturschutzgebiet ausgewiesen und mit dem Prädikat Naturpark ausgezeichnet. 24 Gemeinden – von Steeg flussabwärts bis Vils – sind Teil der Naturparkregion.

Der Naturpark Tiroler Lech liegt in den Nördlichen Kalkalpen, eingebettet zwischen zwei mächtigen Gebirgsketten – den Lechtaler Alpen im Südosten und den Allgäuer Alpen im Nordwesten. Auf einer Fläche von 41,38 km² umfasst das Schutzgebiet im Wesentlichen den Wildfluss Lech mit seinen angrenzenden Überflutungszonen und Auwäldern, die wichtigsten Seitenzubringer sowie Teile von Bergmischwäldern.

Durch die natürliche Dynamik und seine Unberührtheit über weite Bereiche weist der Lech typische Charakteristika einer **Wildflusslandschaft** auf – ein breites Flussbett mit mächtigen Schotterbänken und intakten Flussauen. Die freie Gestaltungskraft des Wassers verleiht der Landschaft ständig ein neues Aussehen. Sie unterliegt einem stetigen Wandel und wird bei Hochwasser immer wieder verändert – Flussarme werden zugeschüttet, neue Wasserläufe gebildet und Schotterinseln umgelagert.

Unverbaute Flüsse sind eine Seltenheit geworden – Flussverbauungen, Regulierungen und Kraftwerksbauten haben beinahe alle mitteleuropäischen Flüsse in ein künstliches Bett gezwängt und Wildflusslandschaften zerstört. Daher zählen die typischen Lebensräume der Wildflusslandschaft Lech zu den am stärksten bedrohten Landschaftstypen in Mitteleuropa. Sie sind von internationaler Bedeutung und daher die besonderen Schutzgüter im Naturpark Tiroler Lech. Deshalb ist der Tiroler Lech auch Teil des europaweiten ökologischen Schutzgebietsnetzes Natura 2000, das der Sicherung der Artenvielfalt und seltener Lebensräume dient.

Durch das Verschwinden natürlicher Flussläufe sind auch speziell angepasste flussbewohnende Tiere und Pflanzen selten geworden. Daher beheimatet der Naturpark Tiroler Lech viele stark gefährdete Arten. Die kargen Schotterbänke erwecken oft den Anschein eines unwirtlichen und leblosen Lebensraumes, doch der Schein trügt: die offenen Kiesflächen sind wertvolle Lebensräume, z.B. für die Deutsche Tamariske, den Flussregenpfeifer (Seite 40), die Gefleckte Schnarrschrecke oder die Kreuzkröte, die nur an zwei Stellen in Österreich vorkommt.



Die **Gefleckte Schnarrschrecke** (*Bryodemella tuberculata*) ist durch Flussregulierungen eines der seltensten Insekten der Alpen und ganz Mitteleuropas geworden. Sie ist nur mehr an wenigen vegetationsarmen Kiesbänken natürlicher alpiner Flüsse, so auch an einigen Stellen des Tiroler Lechs oder der Bayerischen Isar, zu finden. Sie gilt als Indikator für freie Umlagerungsstrecken und Schotterfelder. Die unscheinbare Feldheuschrecke fällt erst auf, wenn sie mit lautem Schnarrton und den an der Basis roten, fächerförmigen Hinterflügeln flüchtet (nicht zu verwechseln mit der Rotflügeligen Schnarrschrecke auf Trockenrasen).



Die **Deutsche Tamariske** (*Myricaria germanica*) ist in ihrem Vorkommen auf weitgehend naturbelassene Flusslandschaften beschränkt und besiedelt als Pioniergehölz periodisch überflutete Kies- und Schotterbänke so wie Uferbereiche und ist auf ständige Erneuerung des Substrates angewiesen. Durch ein tief reichendes Wurzelsystem ist sie fest im Untergrund verankert. Früher war die Tamariske weit verbreitet, heute ist sie zu einer seltenen Kostbarkeit geworden. Bei stabilen Verhältnissen ohne Umlagerungen wird sie von Dauergesellschaften mit Erlen, Weiden und Kiefern überwuchert. In den Nordalpen befinden sich die letzten großen Bestände am Tiroler Lech, an der Oberen Isar und am Halblech.



Der **Frauenschuh** (*Cypripedium calceolus*) gilt auf Grund der Zerstörung von Lebensräumen aber auch rücksichtsloser Plünderung als eine der am stärksten gefährdeten Pflanzen. In den Lechauen bei Martinau besiedelt der Frauenschuh wasserdurchlässige Kalkschotterböden des Kiefer-Trockenauwaldes und blüht zwischen Mai und Juni. Die Blüte ist als Insektenfalle ausgebildet: Neugierige Besucher rutschen vom Rand in das Innere des „Schuhs“. Eine durchscheinende Stelle am hinteren Ende der Blüte signalisiert den Ausgang. Beim Durchschlüpfen des engen Tunnels kommt es zur Bestäubung. Die 40.000 winzigen Samen werden vom Wind verbreitet. Es vergehen 7-15 Jahre ehe sich aus der Pflanze eine Blüte entfaltet.



Der Naturpark Kaunergrat wurde 1998 gegründet und umfasst neun Gemeinden aus den Bezirken Landeck und Imst. Namensgeber ist der „Kaunergrat“, ein markanter Gebirgszug, der sich zwischen dem Kaunertal und dem Pitztal emporhebt. Die Naturparkregion (590 km²) wird von der Hochgebirgslandschaft der Öztaler Alpen geprägt und weist eine eindrucksvolle Höhenerstreckung von über 3.000 m auf – von den Auwäldern am Inn (750 m) bis hinauf zu den eisigen Flanken der Wildspitze (3.768 m). In den alpinen Lagen des Naturparks hat sich im Laufe der letzten Jahrzehnte auch der Steinbock wieder angesiedelt. Heute lebt in den felsigen und landschaftlich reizvollen Hochtälern der Naturparkregion die größte Steinbockkolonie Österreichs.

Die inneralpine Lage mit ihren Klimaextremen zwischen heiß und kalt, nass und trocken schafft die Grundlage für ein reiches Vorkommen seltener und aus Sicht des Naturschutzes äußerst vielfältiger und wertvoller Lebensräume. Seit seiner Gründung wurden von den Naturparkgemeinden fünf Schutzgebiete – teils von überregionaler Bedeutung – in das Tiroler Schutzgebietsnetzwerk eingebracht. Dazu gehören die **Trockenrasen** in Kauns-Kaunerberg-Faggen und Fließ (Natura 2000), die **Arzler Pitzklamm** (Natura 2000), das **Landschaftsschutzgebiet Riegetal**, das **Piller Moor** und Teile des Ruhegebietes **Öztaler Alpen** (Natura 2000).

Das Gebiet um den Kaunergrat mit seinen Almen und steilen Wiesen ist aber auch für seine **Kulturlandschaft** bekannt, die aus einer Jahrhunderte währenden traditionellen Bewirtschaftung entstanden ist und sich bis heute noch weitgehend erhalten hat. Der Tiroler Kulturlandschaftskataster weist die Naturparkregion als das Gebiet mit dem höchsten Anteil an traditioneller und ursprünglich erhaltener Kulturlandschaft aus.

Neben der natur- und kulturlandschaftlichen Schönheit und Vielfalt zeichnet sich die Naturparkregion rund um den Kaunergrat auch durch eine reiche Geschichte aus. Speziell die **archäologischen Funde** aus der Bronze- und der Hallstattzeit und das alpine Heiligtum am Piller Sattel, geben einen spannenden Einblick in den geschichtlichen Werdegang der Region.



Auerhuhn (*Tetrao urogallus*): Die alten Waldbestände und Moore in Kombination mit offenen Waldstrukturen im Naturpark Kaunergrat bilden den ursprünglichen Lebensraum für das Auerhuhn. Der fast truthahngröße Auerhahn und seine wesentlich kleinere Henne ernähren sich von Nadeln, Knospen, Blättern, Blüten und Früchten der Bäume und Zwergsträucher. Verdaut wird diese ballaststoffreiche und zähe Nahrung, in einem großen Kropf, einem mächtigen Muskelmagen mit Hornplatten und einem ausgedehnten Blinddarm. Wie alle Hühner- und Vögel nehmen auch die Auerhühner Magen- steinchen auf, um die Nahrung im Magen zu zerkleinern. Jungtiere benötigen eiweißreiche Nahrung, hauptsächlich Insekten.



Die **Spinnwebhauswurz** (*Sempervivum arachnoideum*) gehört zur Familie der Dickblattgewächse. Ihre rosettenförmigen Blätter weisen an den Seiten Drüsenhaare auf, ihre Blattspitzen werden auf charakteristische Weise spinnwebartig durch weiße Haare verbunden. Je extremer der Standort, desto kleiner die Rosetten und dichter die Behaarung. In den felsdurchsetzten Trockenrasen, aber auch bis hinauf in die extremen Lagen der alpinen Stufe kann die Spinnwebhauswurz im Naturpark Kaunergrat gedeihen. Spezielle Anpassungen, wie Wasser speicherndes Gewebe (Sukkulenz), ein ausgeklügelter Stoffwechselvorgang und eine dichte Behaarung mit hoch effizienter Strahlungsreflexion machen das möglich.



Langblättriger Sonnentau (*Drosera longifera*): Die Moore am Piller Sattel beherbergen eine ausgewählte Vielfalt an spezialisierten Pflanzenarten. Ein Vertreter der insektivoren Pflanzen ist der Langblättrige Sonnentau. Aufgrund der nährstoffarmen Verhältnisse in Feuchtgebieten bedient er sich einer besonderen Strategie: Glitzernde Schleimabsonderungen an den Drüsenköpfen der Tentakel locken Kleininsekten an und fixieren sie auf den Blättern. Die dabei ausgeschiedenen Enzyme ermöglichen es der Pflanze, die Beute auf dem Blatt zu verdauen, um den begehrten Stickstoff aufzunehmen.

In der Naturparkregion findet man drei Sonnentau-Arten, den Rundblättrigen, den Mittleren und den Langblättrigen Sonnentau.



Der jüngste Naturpark Tirols (2006) erstreckt sich auf einer Fläche von über 500 km². Auch die Höhendifferenz kann sich sehen lassen: 3.000 Höhenmeter auf engstem Raum von der Talsohle bis hinauf zur Ötztaler Wildspitze mit 3.768 m, dem höchsten Punkt im Naturpark.

Entsprechend vielfältig präsentiert sich die großteils hochalpine, von Gletschern geformte Landschaft. Das Hochgebirge ist Heimat **spezialisierter tierischer und pflanzlicher Extremisten**. Neben leicht anzutreffenden Arten wie Gämse oder Murmeltier findet sich auf den höchsten Gipfeln (sog. Nunatakker) eine spezifisch angepasste Lebewelt. Eines dieser hoch spezialisierten Tiere, die ausschließlich in der Gipfelregion beheimatet sind, ist der Matterhorn-Bärenspinner, ein Schmetterling (Seite 126). Beeindruckende Moränen und ausgedehnte Gletschervorfelder beherbergen alpine Pionierbiotope mit allen Stadien der pflanzlichen und tierischen Wiederbesiedelung. Ein „Stockwerk“ tiefer breiten sich großflächige, seit Jahrtausenden genutzte alpine Rasen- und Zwergstrauchheiden aus. Schließlich prägen bewaldete Hänge mit naturnahen Lärchen-Zirbenwäldern das reizvolle Landschaftsbild. Idyllisch gelegene Moore (höchstes Moor der Ostalpen auf 2.700 m), alpine Seen und großteils naturbelassene Bäche unterstreichen den hohen naturkundlichen Wert des Gebietes.

Alpine Forschung hat im Ötztal Tradition. Drehpunkt der Forschung ist das **Universitätszentrum Obergurgl**, das mittlerweile auf eine über 50-jährige Forschungsaktivität zurückblickt. So zählt die Umgebung von Obergurgl heute zu den naturkundlich intensivst beforschten Gebieten in den Alpen. Derzeitige Forschungsschwerpunkte sind u.a. die Wiederbesiedelung ehemaliger Gletscherflächen in Zusammenhang mit dem Klimawandel (Seite 103) und das Monitoring der Auswirkung von Beweidung auf die hochalpine Vegetation. Auch Gletscherforschung wird im Naturpark Ötztal hoch geschrieben. Speziell der Vernagtferner oberhalb von Vent wird intensiv untersucht (Seite 113).

Der Mensch ist Teil des Naturparks. Die **reiche Besiedelungsgeschichte** zeugt von einer über 9.000 Jahre alten Nutzung des Gebietes und der traditionelle Schaftrieb ist Beispiel für eine Jahrtausende alte, noch immer gelebte, nachhaltige Nutzungsform. Heute genießt eine Vielzahl von Wandertouristen die Ötztaler Natur.



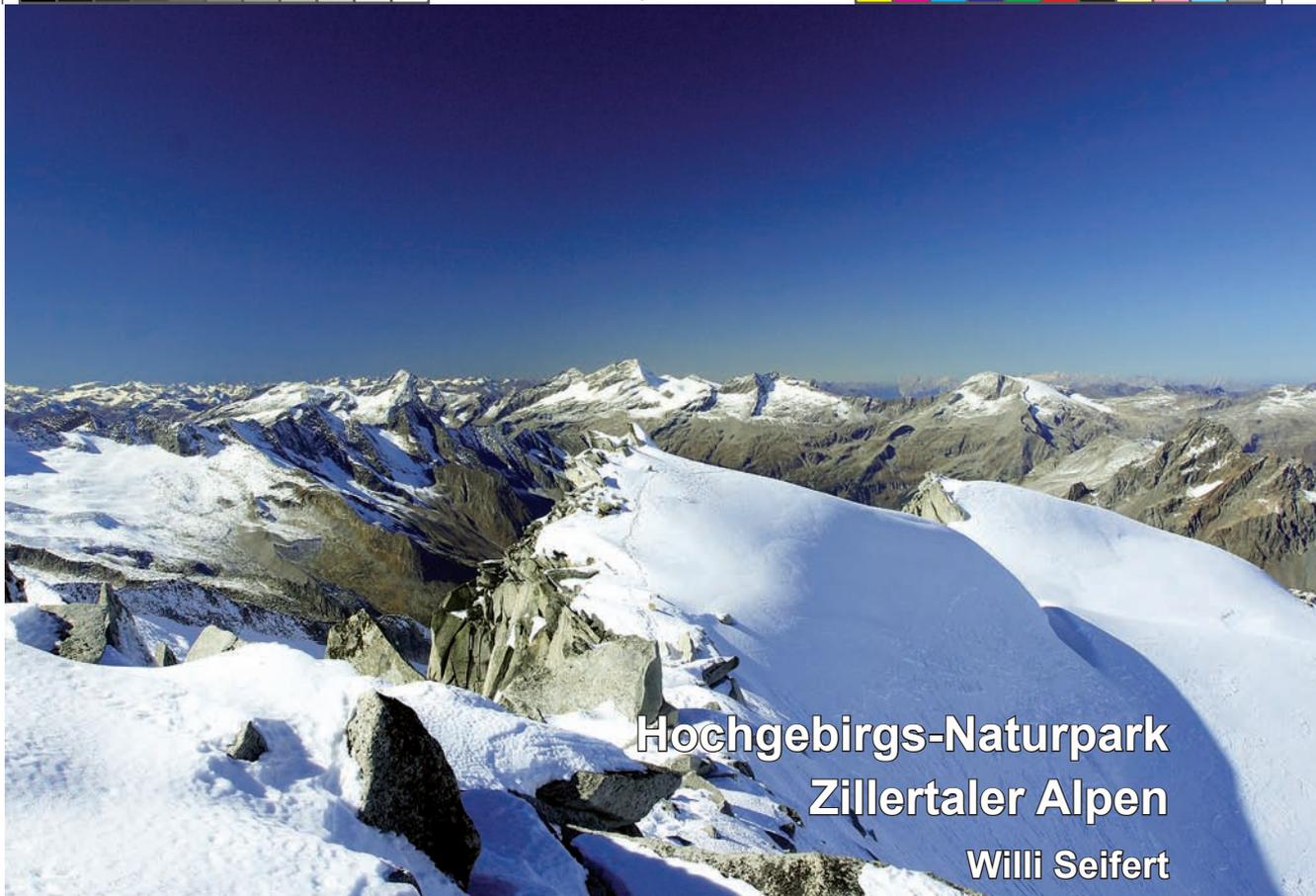
Der nachtaktive **Tiroler Baumschläfer** (*Dryomys nitedula intermedius*) gehört zur Familie der Bilche oder Schlafmäuse. In den Ostalpen erreicht er die westlichste Verbreitungsgrenze, im Alpenraum lebt eine eigene Unterart (Tiroler Baumschläfer). Von den anderen Bilchen unterscheidet er sich durch ein dunkles Augenband und einen körperlangen buschigen, einfarbigen Schwanz. Dieser Bilch ist ein Bewohner der Bergwälder, der den Tag schlafend in Baumhöhlen verbringt und einen Winterschlaf hält. Der Baumschläfer frisst gerne Insekten (bevorzugt Schmetterlinge, unbehaarte Raupen und Puppen) und Samen von Nadelbäumen. Im Juni kommen 2 - 6 Junge zur Welt, die bereits nach 4 - 5 Wochen selbstständig sind.



Der **Tannenhäher** (*Nucifraga caryocatactes*), in Tirol „Zirmgratsch“ genannt, ist einer der auffälligsten Vögel im Waldgrenzbereich. Durch seinen wellenförmigen, eher unbeholfenen Flugstil und sein weit hörbares, warnendes „krrrrääh – krrrrääh“ ist er für den aufmerksamen Besucher schon weithin erkennbar. Der „Zirmgratsch“ vergräbt im Herbst bis zu 100.000 Zirbennüsse und findet eine Großteil davon auch unter einer bis zu 40 cm dicken Schneedecke. Die im Boden verbleibenden Zirbennüsse wachsen zu Zirbentrieben heran. So trägt der Tannenhäher zur Verjüngung und Verbreitung der Zirbe und damit auch zu einer natürlichen Lawinenverbauung (Schutzwald) bei. Die Brut erfolgt bereits im zeitigen Frühjahr.



Das **Alpenschneehuhn** (*Lagopus mutus*) durchlebt einen auffallenden jahreszeitlichen Gefiederwechsel: graubraun im Sommer, weiß im Winter und braun-weiß gefleckt in den Übergangszeiten und ist an die jeweilige Umgebung immer optimal angepasst. Seine befiederten Füße gleichen Schneeschuhen. Sie schützen gegen Kälte und verhindern zudem das Einsinken im Schnee. Wenn es über Nacht extrem kalt wird, baut sich das findige Schneehuhn eine Schneehöhle oder lässt sich einschneien. Während draußen der eisige Schneesturm wütet, bleibt es im Biwak „warm“ (ca. 0°C). Das geschützte Alpenschneehuhn ist auch im Ötztaler Hochgebirge anzutreffen, es ernährt sich u.a. von Knospen, jungen Trieben, Beeren und Insekten.



Hochgebirgs-Naturpark Zillertaler Alpen

Willi Seifert

Der Hochgebirgs-Naturpark bildet eine **Ausgleichs- und Ruhezone** im touristisch hoch erschlossenen Zillertal. Ruhe bedeutet aber keinesfalls Stillstand, denn der Naturpark setzt in vielen Bereichen Akzente. Auf 380 km² hat die Natur Vorrang - harte Erschließungen sind verboten.

Der Naturpark mit seinen Gemeinden Brandberg, Finkenberg, Ginzling, Mayrhofen und Tux reicht von der Reichenspitzgruppe im Osten bis zum Olperer im Westen und von Mayrhofen im Norden bis zur italienischen Staatsgrenze. Wie die Finger einer Hand spreizt er sich in seine Seitentäler auf. Hochgebirgslandschaft mit zerklüfteten Gletschern, tosenden Bächen, Wasserfällen, schroffen Felsen und einsamen Gipfeln – viele über 3.000 m hoch. Wilde, faszinierende Naturlandschaft, eng verwoben mit menschlichem Leben und Wirtschaften machen den Reiz der Landschaft aus.

Die **zahlreichen Gletscher** im Zillertal werden zumeist „Keese“ genannt. Derzeit ist mit knapp 40 km² noch etwa ein Zehntel der Schutzgebietsfläche mit Eis bedeckt – das ist jedoch nur noch ein Bruchteil im Vergleich zur letzten großen Vereisung um 1850. Die Klimaerwärmung lässt die Gletscher schmelzen und zu einem Pulsmesser des Klimawandels werden. Durch den Rückgang entsteht aber auch neues Leben. Das vom Eis freigegebene Neuland, das Gletschervorfeld, wird von Flora und Fauna zurückerobert und stellt ein interessantes Freiluftlabor für verschiedene Wissenschaftszweige dar.

Die Region war mit dem Bergsteigerdorf Ginzling ab 1850 eine Wiege des **Alpintourismus**. Rund um den Zillertaler Hauptkamm mit dem Hochfeiler (3.509 m) als höchste Erhebung liegen zahlreiche alpine Klassiker. Waren es damals kühne Abenteurer, die die Gipfelwelt eroberten, gibt es seit einigen Jahren mit Kletterern und Boulderern eine neue „Alpinszene“, die den Naturpark neu entdeckt und international bekannt macht. In der modernen, familiengerechten Erlebnisausstellung im Naturparkhaus lernen die Besucher das Schutzgebiet näher kennen. Auf den Spuren einer verschollenen Expedition begibt man sich hinauf in die Gletscherregion, entdeckt die Besonderheiten des Naturparks – und löst als guter Detektiv das Geheimnis, das hinter dem Verschwinden der drei Expeditionsteilnehmer steckt. Mit qualifizierten Wanderführern des Naturparks erkundet man das Schutzgebiet auf Schusters Rappen. Das Sommerprogramm bietet für jeden etwas – die Palette reicht von Lama-Trekking und Höhlenexkursionen über Wildtierbeobachtungen bis hin zu einer „Kristallschatzsuche“ und Almerlebnistagen für die ganze Familie!



Das **Alpenmurmeltier** (*Marmota marmota*) ist ein Eiszeitrelikt und bewohnt Hänge und Matten von der Baumgrenze bis ins Hochgebirge. Murmeltiere sind schlechte Kletterer, jedoch wahre Meister im Anlegen von Gangsystemen von 10-70 m Länge mit Nestkammern, Fluchtröhren und „Toiletten“. Sie leben im Familienverband, der von Jungtieren frühestens nach dem 3. Lebensjahr verlassen wird. Durch schrille Rufe (Pffiffe) warnen sie sich gegenseitig vor Gefahren. In einem Revier herrscht Rangordnung, revierfremde Tiere werden vertrieben. Als Vorbereitung für den Winterschlaf wird Fett gespeichert (Körpergewicht bis 7 kg), die Winterkammer mit trockenem Pflanzenmaterial ausgepolstert und der Eingang verstopft.



Durch seine Größe, sein charakteristisches Flugbild mit keilförmigem Schwanz und dem tiefen „krock, krock“ ist der **Kolkrahe** (*Corvus corax*) leicht von der kleineren Alpendohle (Seite 129) zu unterscheiden. Er zählt zu den intelligentesten Vögeln, beeindruckend sind seine akrobatischen Balzflüge. Revierbildende Kolkrahen leben streng monogam, nicht brütende, meist Jungvögel, bilden gemeinsame Schwärme. Der Kolkrahe verschmäht als Allesfresser auch Aas nicht. Als vermeintlicher Schädling und „Galgenvogel“ wurde er bis in die Mitte des 20. Jh. verfolgt und in Mitteleuropa weitgehend ausgerottet. Die Alpen waren eines der letzten Rückzugsgebiete, in denen sich die Bestände in den letzten Jahrzehnten erholen und ausbreiten konnten.



Der landlebende **Alpensalamander** (*Salamandra atra*) ist der einzige Vertreter der heimischen Amphibien, der in seiner Entwicklung vom Wasser unabhängig ist. Die zwei Larven schlüpfen im Uterus, ernähren sich zunächst vom eigenen Dotter, dann von dem der nicht befruchteten Eier und schließlich von der Uterusschleimhaut der Mutter. Geboren werden die Jungen erst nach 2-3 Jahren. Diese geringe Reproduktionsrate kann sich der Alpsalamander leisten, weil er wegen seines starken Hautgiftes ungenießbar ist. Der Schwanzlurch lebt in Höhen bis etwa 2.500m und ist nachtaktiv. Nur bei warmem Regen lässt er sich auch tagsüber blicken – und dann oft in großer Zahl. Im Zillertal heißt er daher „Wegnarr“ oder „Regenmandl“.



Nationalpark Hohe Tauern Martin Kurzthaler

Der Nationalpark Hohe Tauern ist mit 1.834 km² das bei weitem größte Schutzgebiet im gesamten Alpenbogen. 610 km² davon liegen auf Tiroler Boden und sind Privateigentum von alpinen Vereinen und Bauern.

Die **Unterteilung in Kernzone und Außenzone** ist aus Sicht des Naturschutzes eine Besonderheit. Anders als in vielen Nationalparks sind in den Hohen Tauern alpine Wildnis und alpine Kulturlandschaft gleichermaßen geschützt. Während im „oberen Stockwerk“ die Natur ihren freien Lauf hat, wird in der tiefer gelegenen Almregion die naturnahe Bewirtschaftung von Bergmähdern und Weiden gefördert.

Der gesamte Nationalpark ist auch Teil des Europa weiten Schutzgebietsnetzwerkes Natura 2000 und erhält dadurch zusätzliche rechtliche Qualitäten. Die Hohen Tauern sind tatsächlich eine der letzten großräumigen Primärlandschaften im alpinen Raum. Weite Bereiche sind völlig unberührt und die Natur zeigt sich, wie sie sich über Millionen von Jahren frei entwickeln konnte. Österreichs höchster Berg, der 3.798 m hohe **Großglockner** (siehe Bild oben), steht im Zentrum des Parks.

Der Nationalpark Hohe Tauern ist aber auch als Raumordnungsinstrument anzusehen. Das seit jeher wirtschaftlich abgelegene Osttirol kann aus dem Naturschutzgebiet durchaus Nutzen ziehen. Vor allem für den Tourismus ist der Nationalpark ein lukratives Betätigungsfeld. Ein strenges Nationalparkgesetz sowie eine Fülle zusätzlicher gesetzlicher Bestimmungen verhindern eine Ausbeutung. Die Einrichtung des Nationalparks Hohe Tauern hat eine lange Geschichte, geprägt von scharfen Diskussionen durch zwanzig Jahre hindurch. Eine basisdemokratische Vorgangsweise bei der Gesetzeswerdung hat schließlich im Jahr 1991 die Etablierung des Großschutzgebietes auf Privatgrundbesitz ermöglicht. Das ist für Europa einzigartig. Am Nationalpark haben auch die Bundesländer Kärnten und Salzburg Anteil.

Die internationale Anerkennung durch die IUCN (International Union for Conservation of Nature) erfolgte jedoch erst 15 Jahre nach der Installierung des Nationalparks in Tirol. Auch dafür waren intensive Verhandlungen sowohl mit der IUCN als auch mit den Grundbesitzern notwendig. Heute wird dieses Nebeneinander von wilder Natur und naturnah genutzter Kulturlandschaft als europaweit besonders erstrebenswert angesehen und es ist auch der einzige Weg, Schutzgebiete

von derartiger Größe einzurichten. Jährlich kommen 1,6 Millionen Menschen in den Nationalpark Hohe Tauern, er ist damit einer der besucherstärksten weltweit. Die Parkverwaltung ist daher in der Besucherlenkung gefordert und verfolgt dabei die „*botspot*“ Philosophie. Wenige besonders beeindruckende Orte im Schutzgebiet werden besonders hervorgehoben und sind auch mit guter Infrastruktur versehen, weite Teile des Gebietes bleiben jedoch völlig unangetastet. Die Schaffung von Schutzgebieten ist nur dann von Erfolg begleitet, wenn hier nicht museale Tabuzonen entstehen, sondern Modelle einer humanen Umwelt, die den Bewohnern dieser Mustergebiete die Entwicklung ihrer vielfältigen Fähigkeiten erlauben. Die alpine Kulturlandschaft ist hunderte Jahre alt und heute extrem gefährdet, ebenso wie die Naturlandschaft. Ein rasanter Rückgang wie in anderen Gebirgsregionen Europas soll in den Hohen Tauern nicht stattfinden.

Nationalparks sind große Attraktionen für naturinteressierte Menschen. Vielen muss auf den ersten Gängen in die Natur geholfen werden. Die Alltagshast hat die Fähigkeit der Naturwahrnehmung zugeschüttet. Den Sinnen wieder einen Sinn zu geben ist die Aufgabe des Nationalparkprogrammes für Touristen, Einheimische und vor allem für Schüler und Schülerinnen.

Es stehen Nationalparkzentren, Lehrwege, ein umfangreiches Exkursionsprogramm und mit der „Nationalparkakademie“ sowie dem „Haus des Wassers“ viel genutzte Bildungseinrichtungen zur Verfügung.



Jagdhausalm im Defereggental: Sie gilt als die älteste Alm Österreichs. Die Hütten sind zur Gänze aus Stein erbaut und stehen unter Denkmalschutz. Sie werden von Südtiroler Bauern bewirtschaftet. VIELERORTS SPERREN bauerliche Betriebe zu. In der Nationalparkregion hat die Zahl hingegen zugenommen. Eine erfreuliche Entwicklung, an der der Nationalpark mit Sicherheit großen Anteil hat. Dabei waren die Bedenken der Bauern zu Beginn besonders groß. Ein aus mehrheitlich Einheimischen bestehendes Nationalparkkuratorium bestimmt jedoch seit der Installierung des Nationalparks die Entwicklung des Schutzgebietes. Mit den Jahren und den positiven Erfahrungen ist auch das Vertrauen gekommen.



Geteilte Wildnis: Bis in die Gletscherregion hinauf weidet das so genannte „Galtvieh“, das sind Rinder, die keine Milch geben. Die Haustiere leben im Sommer Tag und Nacht unter den selben Bedingungen wie die Wildtiere, mit denen sie den Lebensraum teilen. Im Jahr 1950 gab es auf den Kalser Almen noch 130 Sennerinnen und Senner, heute sind es nur mehr 25. Die Gründe liegen in der Umstrukturierung in der Berglandwirtschaft insgesamt. Zunächst war es die Sozialversicherungspflicht für Bauern, die Anfang der 60er Jahre eingeführt wurde. Verwandte, die vorher für Kost und Logis so wie ein geringes Gehalt am Hof arbeiteten, mussten diesen nun verlassen. Heute ist es die Konkurrenz durch Großbetriebe im Flachland.

Die bunte Pracht der Bergmähder: Der Mensch muss nicht immer nur die Natur schädigen. Ein besonders beeindruckendes Beispiel für die Gewährleistung von Biodiversität sind die Goldschwingelrasen der Matreier Schieferhüllen. Steilste Hänge, bisweilen nur unter Verwendung von Steigeisen zu bearbeiten, werden seit Jahrhunderten gemäht, meist alle zwei Jahre. Wiederbewaldung wird hinten gehalten und es bleibt Lebensraum für eine außerordentliche Artenvielfalt. Die Bewirtschaftung hat aber in den letzten 50 Jahren um 87 % abgenommen.

Nicht zu unterschätzen ist der Beitrag der Bergmähder zum Sommertourismus in Tirol, der sich zu einem erheblichen Teil in der Almzone abspielt.

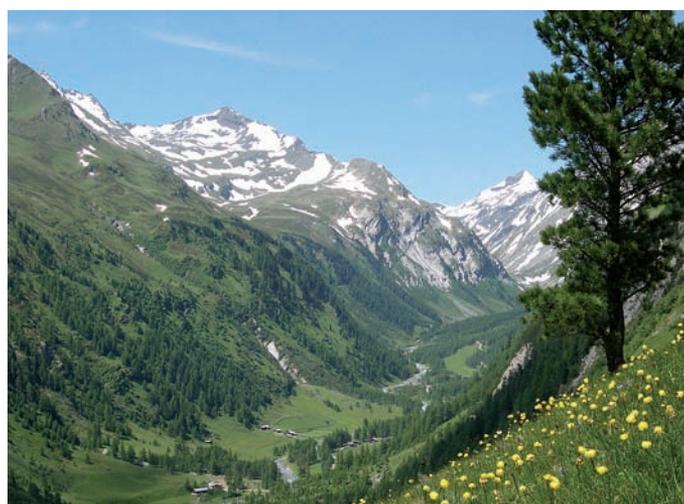


„Bläulingstreffen“: 1.300 Schmetterlingsarten gibt es im Nationalpark Hohe Tauern. Besonders die blütenreichen Bergmähder in den Kalkglimmerschiefern Osttirols sind ein Eldorado für Schmetterlingsforscher. Von den Wäldern der Tallagen über alpine Rasen bis hinauf zum Großglockner, dem mit 3.798 m höchsten Berg Österreichs, hat der Nationalpark Hohe Tauern eine Vielzahl von ökologisch wertvollen Lebensräumen. Insgesamt also gute Voraussetzungen für eine außerordentliche Vielfalt an Schmetterlingsarten. Vier davon, etwa der Sajätfalter und der Tauernwickler, sind sogar weltweit nur aus den Hohen Tauern bekannt. Sie wurden erst in den letzten Jahren entdeckt und beschrieben.



Das Dorfertal - Sinnbild für den Widerstand gegen die Elektrifizierung der Alpen: Das Musterbeispiel für ein glazial geprägtes alpines Trogtal hätte einst hinter einer 220 Meter hohen Staumauer ertrinken sollen. Die Bevölkerung von Kals am Großglockner lief Sturm dagegen und gründete die erste Bürgerinitiative in Sachen Naturschutz in Österreich. Mit Erfolg – das Großkraftwerksprojekt wurde abgelehnt, der Weg war frei für die Gründung des Nationalparks Hohe Tauern.

Was an Naturvielfalt verschwunden wäre zeigte der Tag der Artenvielfalt im Jahr 2007, an dem 73 Wissenschaftler aus mehreren Ländern an einem einzigen Tag 1.756 Tier- und Pflanzenarten nachweisen konnten.





Alpensteinböcke (*Capra ibex*): Die Bischöfe von Salzburg unterhielten einst eigene Steinbock-Apotheken, in denen nahezu alle Körperteile als Wunderheilmittel zur Verfügung standen. Bereits Mitte des 15. Jh. waren die Bestände stark dezimiert, so dass die Salzburger Bischöfe sogar Umsiedlungen vom Ötztal ins Habachtal organisierten. Auf Wilderei stand die Todesstrafe oder ein lebenslanges Dasein als Galeerensklave auf venezianischen Schiffen. Anfang des 19. Jahrhunderts gab es schließlich kein Steinwild mehr. Ausgehend von einer Restkolonie im Piemont erfolgten zahlreiche Wiedereinbürgerungsversuche (Seite 25). Im Nationalpark leben heute an die 1.100 Stück Steinwild, vorwiegend um das Gebiet des Großglockners.



Junger Bartgeier (*Gypaetus barbatus*) **bei der künstlichen Aufzucht:** In den Alpen bereits ausgestorben (siehe Seite 25), fliegen heute wieder ca. 120 Geier, 56 Küken sind in freier Wildbahn zur Welt gekommen. Ein alpenweites Beobachternetz verfolgt das Schicksal jedes einzelnen Vogels. Die häufigsten Sichtungen werden aus dem Nationalpark Hohe Tauern gemeldet. In Gefangenschaft geborene Jungtiere werden nach einer drei Monate langen Aufzuchtphase Anfang Juli in einen künstlich angelegten Horst in freier Natur gesetzt und noch für weitere drei Monate ohne Sichtkontakt zum Menschen gefüttert (verdeckte Fütterung). Mit Ende September erreichen die Geier ihre Unabhängigkeit und ziehen immer weitere Kreise.



Das **Steinhuhn** (*Alectoris graeca*) bevorzugt als mediterranes Faunenelement reich strukturierte Südhänge. Typisch ist der metallisch-wetzende Ruf. Aufgescheucht flüchtet es mit lautem Fluggeräusch hangabwärts, begleitet von schrillen Warnschreien. Im Winter leben sie gesellig, zur Brutzeit paarweise, wobei die Bindung oft lebenslang hält. Bis Anfang des 20. Jahrhunderts war das Steinhuhn noch häufig. Starke Bejagung, das Sammeln der Eier, Verwaldung durch aufgelassene Bewirtschaftung und touristische Erschließung haben die Bestände dezimiert und in der Folge zum fragwürdigen Aussetzen des dem Steinhuhn ähnlichen Chuckar Huhnes geführt. Die Hohen Tauern bilden die nördliche Verbreitungsgrenze des Steinhuhns.



Artenvielfalt

Robert Mühlthaler

Viele Trends im Zusammenhang mit dem **globalen Klimawandel**, sowie den verschiedenen Spannungsbögen zwischen Nutzen und Bewahren von Lebensräumen, zeigen entscheidende Auswirkungen auf alle Lebewesen und damit auch auf unsere Lebensqualität. Der Alpenraum gilt hinsichtlich seiner vielfältigen Flora und Fauna als eine der sensibelsten und gleichzeitig am besten untersuchten Regionen unseres Planeten. Trotzdem birgt er noch eine Unzahl von Geheimnissen und Rätsel, die es zu erkunden gilt.

Um den Wert und das spezifische Wissen über die heimische Artenvielfalt auch einer breiten Bevölkerung näher bringen zu können, nahm das Magazin GEO die Idee vom „**Tag der Artenvielfalt**“ in das redaktionelle Programm auf. Der Ursprung dieser Initiative liegt in Amerika und wurde vom bedeutenden Verhaltensforscher Edward O. Wilson ins Leben gerufen. Er legte den Grundstein zur wohl größten und erfolgreichsten populärwissenschaftlichen Feldforschungsaktion unserer Tage. Jährlich finden weltweit bis zu 500 Einzelaktionen mit einer Teilnehmerzahl von rund 20.000 Personen statt. Es gilt, in 24 Stunden in ausgesuchten Untersuchungsräumen so viele Arten wie möglich zu finden.

Dazu benötigt es allerdings ein Heer von ehrenamtlichen Wissenschaftlern und Experten verschiedenster Fachrichtungen. Angefangen von renommierten Botanikern und Zoologen bis zu fachkundigen Laien, alle Experten leisten mit ihrer Teilnahme an dieser Veranstaltung einen wesentlichen Beitrag zum Wissen über Biodiversität. Jährliche Neufunde und Nachweise von verschollen geltenden bzw. gefährdeten Arten zeugen davon, dass es spannende Artenvielfalt nicht nur in fernen Regenwäldern, sondern auch vor unserer eigenen Haustüre zu entdecken und bewahren gibt. Denn erst was man kennt und versteht, kann man auch achten und schützen.

Leider muss in den letzten Jahren vermehrt festgestellt werden, dass der wichtigste Faktor zur Weiterführung des Tages der Artenvielfalt – die Spezies „Wissenschaftler“, die sich mit Biodiversität beschäftigt – ebenfalls auf die Rote Liste der gefährdeten Arten zu setzen ist. Die **Ausdünnung der Expertendichte** nimmt immer bedrohlichere Ausmaße an. In manchen Fachbereichen ist der jüngste Experte jenseits der 60. Hier benötigt es rasch ein eindeutiges Signal von Politik und Bildung, dass Forschen im Bereich der Biodiversität einen enormen Wert für künftige Generationen darstellt und damit Anreize für junge Forscher geschaffen werden.



Plattform Artenvielfalt: Nach der Umsetzung der GEO-Hauptaktion zum Tag der Artenvielfalt 2004 zum Thema „Transitraum Tirol“ wurde die Plattform Artenvielfalt gegründet. Die Plattform vernetzt verschiedenste Partner und ist für Planung, Organisation und Durchführung von Einzelaktionen verantwortlich. Tausende Besucher, hunderte von Schulkindern und Experten nahmen in den letzten Jahren an den Aktionen, die ausschließlich in Tiroler Schutzgebieten stattfanden, teil. Diesen Schutzgebieten kommt eine wichtige Rolle als „hotspots“ der Biodiversität zu. Sie stellen die Basis für eine wissenschaftliche Betrachtungsweise über den aktuellen Zustand so wie die künftige Entwicklung der Artenvielfalt in der Region dar.



Das Thema „**Biodiversität**“ ist grundlegend positiv besetzt und bietet für viele Interessensgruppen eine hervorragende Möglichkeit sich zu positionieren. Durch die Zusammenführung der individuellen Stärken können Synergien besser genutzt, die Kräfte gebündelt und somit eine wesentlich höhere Breitenwirkung erzielt werden. Neben behördlichen Institutionen nehmen alle relevanten NGO's im Bereich des Naturschutzes, sowie namhafte wissenschaftliche Einrichtungen an der Aktion teil. Mit den Österreichischen Bundesbahnen besteht eine langjährige Projektpartnerschaft im Bereich des „Mobilitätsmanagements“, die Veranstaltung ist als „Green Event“ ausgewiesen. Meinungsbildner und Mentoren runden dieses Partnernetzwerk ab.



Entdecken, erleben und spielerisch lernen: Die kindliche Neugier gilt es zu nutzen, um bei der kommenden Generation nachhaltiges Verständnis für die Bedeutung einer intakten und vielfältigen Natur zu wecken.

Durch den Einsatz didaktischer und pädagogischer Methoden und Aktivitäten kann die Natur mit allen Sinnen wahrgenommen und erlebbar gemacht werden. Zusammenhänge erkennen, sie begreifbar zu machen, all das bildet einen wesentlichen Baustein, um Sensibilität gegenüber der Natur und den Lebewesen entstehen zu lassen, um diesen Wert auch in Zukunft zum Erhalt der Natur und der Artenvielfalt für folgende Generationen weitergeben zu können.



Nature Watch Entdecke das Unsichtbare

Nature Watch ist eine Entdeckungsreise in die fast unberührte Natur des Nationalparks Hohe Tauern, der Tiroler Naturparks und zu vielen anderen Naturschauplätzen. Nicht alle in diesem Buch vorgestellten Naturjuwelen sind für neugierige, naturinteressierte Wanderer leicht zu beobachten. Einige Pflanzen und Tiere sind selten oder nur in bestimmten Lebensräumen und Nischen zu finden, manche Tiere leben versteckt oder sind scheu. Wer an einer Nature Watch Tour teilnimmt hat es leichter. Fachkundige Guides helfen beim Entdecken des „Unsichtbaren“. Steinbock, Gämse oder Adler sind mit Hilfe von bereitgestellten Ferngläsern hautnah zu erleben und wer kleine Insekten oder Blüten durch die Lupe beobachtet, blickt in eine ganz andere Welt. Das neue Urlaubsangebot von **Swarovski Optik** und der **Tirol Werbung** in Kooperation mit den Tiroler Naturparks macht Natur neu und intensiv erlebbar. Derzeit bieten 15 Hotelbetriebe in ganz Tirol für ihre Gäste Nature Watch Touren an. In der beiliegenden Karte sind 30 landschaftlich und biologisch interessante Wanderungen vorgeschlagen, die auch als geführte Touren angeboten werden.

www.nature-watch.at



Reptilien im Hochgebirge: Das Hochgebirge mit seinen kurzen Vegetationszeiten und niedrigen Sommertemperaturen bietet den Wärme liebenden Reptilien keine idealen Bedingungen. Trotzdem steigen zwei Arten bis in Höhen von 2.400 m: Relativ niedrige Ansprüche an die Temperatur und die Geburt lebender Jungtiere ermöglichen der **Kreuzotter**, *Vipera berus* (Bild oben) und der **Bergeidechse**, *Zootoca vivipera* (Bild unten) das Vordringen in diese Regionen. Die im Mutterleib reifenden Embryonen können so der wärmenden Sonne optimal ausgesetzt werden, wodurch deren Entwicklung beschleunigt wird. Die Nährstoffe beziehen die Embryonen aus dem eigenen Dottervorrat, während die Mutter für den Gasaustausch sorgt (Ovoviviparie). Das Lebendgebären ist ein Merkmal fast aller Vertreter der Familie der Vipern, so auch der Kreuzotter, bei der Bergeidechse ist es hingegen als Anpassung an den kühlen Lebensraum zu interpretieren: Eine Unterart (*Zootoca vivipera carniolica*), die in den südöstlichen Alpen einschließlich Teilen Südkärntens vorkommt, ist so wie andere Eidechsen eierlegend. Waldgrenze und Zwergstrauchheide sind der bevorzugte Lebensraum im Gebirge, wo die Bergeidechse häufig zu beobachten ist, während die Kreuzotter versteckt lebt und scheu ist, so dass die Gefahr gebissen zu werden für Wanderer äußerst gering ist. Ein Biss führt allerdings zu einer ernsten Erkrankung.



Schlangen wecken bei vielen Menschen tief verwurzelte Emotionen. In Mythen und Religionen werden sie entweder als Gottheit verehrt oder sind Sinnbild der Verführung und Inbegriff des Bösen. Der Äskulapstab ist noch heute das Symbol der Ärzte und Apotheker. Die Emotionen begründen sich nicht nur durch die Giftigkeit mancher Arten, sondern auch durch die beinlose, schlängelnde Fortbewegung. Problematisch wird es, wenn sich die Angst zu krankhaften Phobien auswächst. Dass man sich in unseren Breiten vor den meist harmlosen Schlangen um ein Vielfaches mehr fürchtet als vor dem wirklich gefährlichen Straßenverkehr ist nicht nachvollziehbar. In Mitteleuropa gibt es keine Todesfälle durch Kreuzotterbisse, aber Tausende von Verkehrstoten. Trotzdem sind Vorsicht und vernünftiges Verhalten angebracht.

Die **Äskulapnatter** (*Zamenis longissimus*), benannt nach Asklepios, dem griechisch Gott der Heilkunde, ist mit 1,5 m Länge die mit Abstand größte Schlange der Alpen, aber völlig harmlos. In Tirol kommt sie nur im Lienzer Becken und an einer Stelle im Zillertal vor. Sie klettert auch auf Bäume und erbeutet dort Nestlinge. Mit Hilfe der gespaltenen, weit vorstreckbaren Zunge und eines chemischen Sinnesorganes am Gaumen nehmen Schlangen Duftspuren von Beutetieren auf. Die Eier werden oft in Komposthäufen abgelegt. Die Jungen sind wegen des gelben Halsflecks mit Ringelnattern zu verwechseln.



Die **Glatt-** oder **Schlingnatter** (*Coronella austriaca*) wird durch die meist fleckige Rückenzeichnung oft mit einer Kreuzotter verwechselt. Bei Schlangen in tiefen, sonnigen Tallagen handelt es sich praktisch immer um die harmlose Glattnatter. Als Nahrung bevorzugt sie Reptilien, frisst aber auch Mäuse. Das trübe Auge (im Bild) deutet auf den nahen Beginn der Häutung hin, bei der die Haut am Kopf aufplatzt und die Schlange ihre oberste Hornhaut in einem Stück abstreift (Natternhemd). Die Glattnatter ist lebendgebärend.



Die **Blindschleiche** (*Anguis fragilis*) ist eine Vertreterin der Schleichern, die außer ihrer Beinlosigkeit alle Merkmale von Echsen aufweist. Knochenplättchen unter den glänzenden Hornschuppen machen ihren Körper hart und steif. Bei unsanftem Ergreifen wirft sie leicht ihren Schwanz ab (Autotomie), der im Gegensatz zu Eidechsen kaum nachwächst (*fragilis* = zerbrechlich). Die vor allem in den Morgen- und Abendstunden aktive Blindschleiche bewohnt viele Lebensräume mit krautigem Bewuchs und einer gewissen Bodenfeuchte, von Gärten und lichten Wäldern bis zur Waldgrenze. Sie ist lebendgebärend.





Autorenverzeichnis

Erschbamer Brigitta	Institut für Botanik der Univ. Innsbruck
Falkeis Elisabeth	Naturpark Kaunergrat
Füreder Leopold	Institut für Ökologie der Univ. Innsbruck
Gärtner Georg	Institut für Botanik der Univ. Innsbruck
Glaser Florian	Institut für Ökologie der Univ. Innsbruck und Technisches Büro für Biologie
Hofer Rudolf	Institut für Zoologie der Univ. Innsbruck
Huemer Peter	Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum
Koch Birgit	Naturpark Tiroler Lech
Krainer Karl	Institut für Geologie der Univ. Innsbruck
Kuhn Michael	Institut für Meteorologie der Univ. Innsbruck
Kurzthaler Martin	Nationalpark Hohe Tauern - Osttirol
Leiner Otto	Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. Umweltschutz
Lütz Cornelius	Institut für Botanik der Univ. Innsbruck
Martys Michael	Alpenzoo Innsbruck
Mayr Stefan	Institut für Botanik der Univ. Innsbruck
Meyer Erwin	Institut für Ökologie der Univ. Innsbruck
Mühlthaler Robert	Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement der ÖBB
Neuner Gilbert	Institut für Botanik der Univ. Innsbruck
Oberhuber Walter	Institut für Botanik der Univ. Innsbruck
Pagitz Konrad	Institut für Botanik der Univ. Innsbruck
Partl Ernst	Naturpark Kaunergrat
Pöder Reinhold	Institut für Mikrobiologie der Univ. Innsbruck
Psenner Roland	Institut für Ökologie der Univ. Innsbruck
Sattler Birgit	Institut für Ökologie der Univ. Innsbruck
Schmarda Thomas	Naturpark Ötztal
Seifert Willi	Hochgebirgs-Naturpark Zillertaler Alpen
Sommaruga Ruben	Institut für Ökologie der Univ. Innsbruck
Sonntag Hermann	Alpenpark Karwendel
Tappeiner Ulrike	Institut für Ökologie der Univ. Innsbruck
Tasser Erich	Institut für Ökologie der Univ. Innsbruck
Thaler-Knoflach Barbara	Institut für Ökologie der Univ. Innsbruck
Vorauer Anton	Fledermausschutzbeauftragter für das Land Tirol
Zidorn Christian	Institut für Pharmazie der Univ. Innsbruck



Bildnachweis

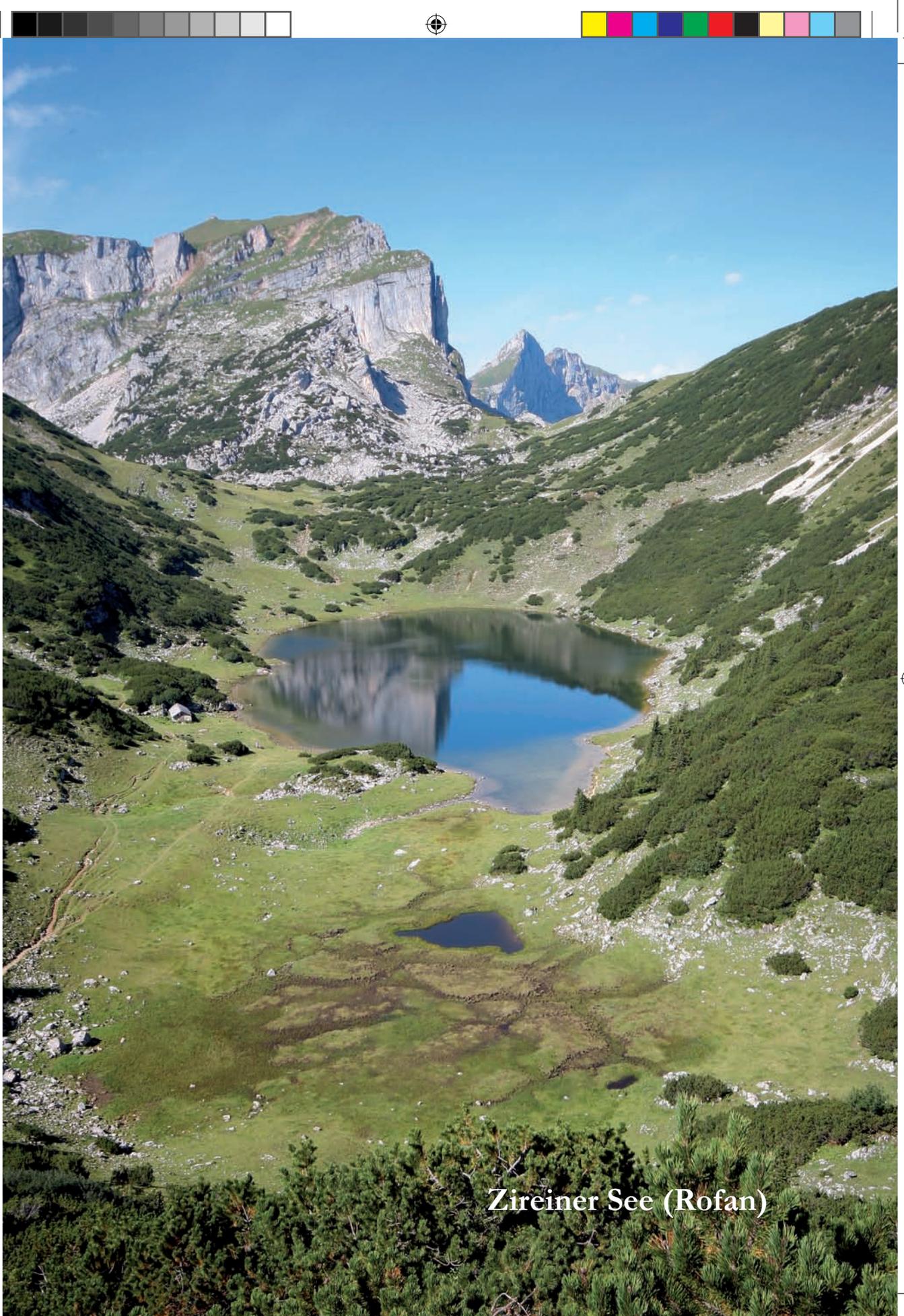
- Abermann Jakob:** 113, 115m, 115u, 117m
BIOPIX: 7o, 134o (J.C. Schou), 45m (N. Sloth)
Bogon Klaus: 5
Buchner Peter: 17m, 17u, 18o, 18m
Dastych Hieronymus: 121u
EGS: 144m
Ehrmann Otto: 70o
Eisenbeis Gerhard: 121m
Engelmann Martin: 146u
Erschbamer Brigitta: 105m, 107m, 125o, 125m, 125u
Fischer Andrea: 116u, 117o
Glaser Florian: 75m, 76o, 78m
Gruber P.: 143o
Höbenreich Christoph: 123
Hofer Rudolf und Hofer Elisabeth: 8u, 9, 11m, 11u, 12o, 12u, 13m, 13u, 14o, 14m, 15, 18u, 19, 21m, 21u, 22m, 22u, 23o, 23m, 23u, 24o, 24u, 25, 29, 31u, 32o, 32m, 33o, 33m, 34o, 34m, 34u, 35, 37m, 37u, 38o, 38m, 38u, 39o, 39m, 40m, 40u, 41, 43o, 43m, 43u, 44m, 45o, 45u, 46o, 46m, 46u, 49u, 51o, 57, 59o, 60o, 60u, 61, 63m, 64m, 65u, 66o, 67, 69m, 69u, 70m, 70u, 71o, 71u, 72o, 72m, 72u, 73, 75u, 76m, 76u, 77o, 77m, 77u, 78o, 79, 81m, 82m, 83o, 83m, 85, 87u, 88o, 88m, 89, 91m, 92m, 92u, 93, 99m, 99u, 100u, 102m, 102u, 103, 105u, 106o, 106m, 106u, 107o, 107u, 108o, 108m, 108u, 109, 111o, 111m, 111u, 112o, 112m, 112u, 122m, 129, 131, 132m, 134u, 136m, 140m, 140u, 143m, 144u, 148o, 148u, 149o, 149m, 149u, 155
Hofer Rudolf – Alpenzoo: 27m, 27u, 28o, 28m, 28u, 44u, 97, 100o, 100m, 128u
Hölzl Norbert: 144o,
Hörtnagl Lukas: 49m, 50o
Hörtnagl Paul: 92o
Klüber Marco: 24m
Knoflach-Thaler Barbara: 22o, 78u, 122u, 126o, 126m
Krainer Karl: 53, 55m, 55u, 56o, 56m, 56u, 118o, 118u, 124u
Krasensky Pavel – Naturphoto cz.eu: 71m
Kuhn Michael: 116o, 116m
Kurzthaler Martin: 141, 142m, 142u, 143u,
Land Tirol: 130
Leiner Otto: 127, 138o, 138u
Lütz Cornelius: 91u
Meyer Erwin: 52o

Mühlthaler Robert: 145
Müller Josef: 50o
Munoz Jose Antonio: 63u, 64o, 65o, 65m
Neuner Gilbert: 95m, 95u, 96o, 96m
Oberhuber Walter: 59m, 59u, 60m
Pagitz Konrad: 12m, 31o, 31m,
Pöder Reinhold: 64u, 66m, 66u
Psenner Roland: 87m, 88u, 122o
Sattler Birgit: 119, 121o
Schmarda Thomas: 137
Schmidt Leonore: 49o
Kitschmer Andreas: 139
Stephan Thomas – GEO: 146o, 146m
Tappeiner Ulrike: 50u
Tasser Erich: 50m, 51m, 52m, 52u
Tirol Werbung: 147
Vorauer Anton: 47, 101m, 133, 134m, 135, 136u
Wagner Wolfgang: 126u
Zidorn Christian: 82o, 82u, 83u, 84o, 84m
ZOONAR: 7m, 132u (**Prowibild**), 7u (**Willi Rolfes**), 8o (**Manfred Delpho**),
8m, 44o (**Manfred Rogl**), 13o (**Christian Müller**), 14u, 132o
(**tkbmedia**), 32u (**Himmelhuber**), 33u (**Markus Essler**), 39u (**Gerhard
Schulz**), 40o (**Hans Glader**), 81u (**Lothar Hinz**), 96u (**Rebmann**), 84u,
101o (**Konrad Wothe**), 101u (**Walter Rieck**), 136o (**Uwe Walz**),
138m (**Erich Thielscher**), 140o (**Joachim Raff**)

Artenregister (Abbildungen)

- Acker-Wachtelweizen 12
 Äskulapnatter 149
 Admiral 18
 Alpendohle 129
 Alpen-Leinkraut 106
 Alpen-Mannsschild 125
 Alpen-Mohn, Rhätischer 125
 Alpenmolch 46, 92
 Alpenmurmeltier 140
 Alpen-Rispengras 107
 Alpenrose, Rostblättrige 96
 Alpensalamander 140
 Alpenschneehase 100
 Alpenschneehuhn 138
 Alpenskorpion 14
 Alpensteinbock 100, 144
 Alpenstrudelwurm 39
 Alpenwollgras 45
 Alpen-Wundklee 108
 Apollofalter 12
 Arnika 79
 Auerhahn 136
 Bachforelle 88
 Bach-Steinbrech 105
 Baldachinspinne 126
 Bärentraube 84
 Bartgeier 28, 144
 Bärtierchen 121
 Baumschläfer 138
 Beifuß-Ambrosie 31
 Bergeidechse 148
 Berg-Feldwespe 23
 Berg-Kiefer 82
 Biber 28
 Bienenwolf 13
 Birkenporling 64
 Bisamratte 33
 Bitterling 44
 Bläulinge 143
 Blindschleiche 149
 Braunbär 27
 Dach-Hauswurz 84
 Deutscher Skorpion 14
 Distelfalter 15
 Dompfaff 100
 Dreikantmuschel 33
 Edelraute, Schwarze 83
 Edelweiß 91
 Eichenwidderbock 23
 Eintagsfliegenlarve 37
 Ektomykorrhiza 66
 Engerling 72
 Erdkröte 8
 Erdläufer 72
 Facchini-Steinbrech 107
 Federgras, Zierliches 11
 Felsenspringer 126
 Feuersalamander 22
 Fichte 96
 Fieberklee 81
 Fischlarven 39
 Fischotter 28
 Fledermaus 101
 Fliegenpilz 61
 Fliegenragwurz 24
 Flussregenpfeifer 40
 Foraminiferen 56
 Frauenschuh 134
 Gämse 132
 Gelbbauchunke 40
 Gelbflechte 111
 Gelbrandkäfer 43
 Gimpel 100
 Glattnatter 149
 Gletscherfloh 121
 Gletscher-Hahnenfuß 103
 Glöckchennabbling, Geselliger 64
 Goldaugenspringspinne 14
 Goldfisch 33
 Goldrute, Kanadische 31
 Grasfrosch 102
 Großes Mausohr 5
 Hallimasch, Honiggelber 65
 Himbeerglasflügler 24
 Himmelsherold 125
 Höckerschrecke, Große 13
 Hornkraut, Einblütiges 106
 Hufeisen-Azurjungfer 43
 Hummel 99
 Jochkamille 83
 Kartoffelkäfer 34
 Kellerasse 67
 Keulenschrecke, Sibirische 92
 Kissenmoos 112
 Köcherfliegenlarve 38
 Kolkrabe 140
 Korallenflechte 111
 Krabbenspinne, Veränderliche 21
 Kraut-Weide 107
 Kreuz-Enzian 12

- Kreuzotter 148
 Krickente 97
 Kriebelmücke 38
 Kuckuck 44
 Kugelassel 67
 Kurzflügelkäfer 78
 Landkartenflechte 109
 Langbauchschwebefliege 23
 Lärche 108
 Latsche 82
 Laubfrosch 41
 Lederporling, Zweifarbig 64
 Leimkraut, Stengelloses 108
 Luchs 25
 Matterhornbär 126
 Mauerläufer 128
 Mauerwespe, Orientalische 34
 Moschus-Schafgarbe 83
 Pappelschwärmer 99
 Parasol 65
 Perlgrasfalter 24
 Pfifferling 65
 Postillion 18
 Ragweed 31
 Ragwurz Zikadenwespe 24
 Regenwurm 70
 Riesen-Bärenklau 31
 Riesenschirmling 65
 Robinie 32
 Rollassel 67
 Rotfuchs 7
 Rosenwurz 82
 Rosmarinheide 45
 Rothirsch 132
 Ruderfußkrebs 92
 Safran-Flechte 112
 Samtmilbe, Rote 71
 Sandschnurfüßer 71
 Scheinakazie 32
 Schmetterlingshaft 13
 Schmetterlingsstrauch 32
 Schmetterlingstramete 63
 Schnarrschrecke, Gefleckte 134
 Schneeealge 122
 Schneeflechte 112
 Schneefliege 122
 Schneefloh 122
 Schneeschnake 122
 Sechsfleck-Widderchen 22
 Seesäuling 88
 Siebenschläfer 8, 101
 Silberdistel 84
 Silberwurz 82, 91
 Smaragdeidechse, Östliche 9
 Sommerflieder 32
 Sonnentau, Langblättriger
 Spannerraupe 22
 Spinnwebhauswurz 136
 Spitzmaus 101
 Spitzschlamm Schnecke 44
 Springkraut, Drüsiges, Indisches 29
 Springschwänze 71
 Staudenknöterich 32
 Steinadler 132
 Steinbrech, Roter 106
 Steinfliegenlarve 37
 Steinhuhn 144
 Steinmarder 7
 Steinnelke 11
 Steinpilz, 65
 Stiftschwebefliege 23
 Stromatolithen 56
 Tamariske, Deutsche 134
 Tannenhäher 138
 Tardigrade 121
 Taubenschwänzchen 18
 Teichmuschel 44
 Teichrohrsänger 44
 Torfmoos 45
 Totengebein 111
 Totenkopf 17
 Traubenkraut 31
 Uhu 8
 Waldameisen 73-78
 Wandermuschel 33
 Wanderratte 7
 Wasseramsel 39
 Wasserläufer 46
 Wechselkröte 21
 Wegschnecke, Spanische 34
 Wespenspinne 19
 Wiedehopf 14
 Wiesen-Augentrost 81
 Wiesenknöterich 43
 Windenschwärmer 17
 Winterhaft 122
 Wintermücke 102
 Wolf 27
 Wolfsspinne 40, 72
 Wollgras, Scheuchzers 45
 Wurmflechte 111
 Zebamuschel 33
 Zebaspinne 19
 Zirbe 57, 108
 Zweiblatt-Waldhyazinthe 83



Zireiner See (Rofan)



www.natur.tirol.at

Tirol

Nature Watch
by



SWAROVSKI
OPTIK



Entdecke das Unsichtbare.
Nature Watch - die Natur ganz nah erleben.



Wanderer in den Alpen stoßen auf Schritt und Tritt auf eine Fülle von interessanten Pflanzen und Tieren. Um Einheimischen wie Touristen tiefere Einblicke in alpine Lebensräume zu eröffnen, hat sich ein Autorenteam der Universität Innsbruck und anderer Tiroler Institutionen gefunden, um in 26 Kapiteln mit 270 Abbildungen einen Überblick über die Welt der Alpen zusammenzustellen. Kein Alpenbuch im herkömmlichen Sinn, vermittelt der vorliegende Band in erster Linie komplexe ökologische Zusammenhänge in einer kontrastreichen Abfolge von Lebensräumen, von den sonnenexponierten Hängen der Täler über Wälder bis zu den höchsten Alpengipfeln mit ihren extremen Lebensbedingungen. Das Buch soll Leser und Leserinnen auf ihren Wanderungen neugierig machen und die Augen für das Verborgene öffnen.

ISBN 978-3-902719-02-7



9 783902 719027