

## Der Alpenbock (*Rosalia alpina*)

### Ein seltener Bockkäfer als Flaggschiff-Art

Peter Duelli und Beat Wermelinger

Der Naturschutz verfolgt seit langem die Strategie, seltene und gefährdete Arten zu schützen, indem ihre Lebensräume unter Schutz gestellt werden. Oft funktioniert das recht gut, wenn wir zum Beispiel an Amphibien in Feuchtgebieten oder Tagfalter auf Magerrasen denken. Doch es gibt viele Arten, denen es nicht an Lebensraum mangelt, sondern an der Art und Weise, wie der Mensch diesen nutzt.

Der Alpenbock, einer der schönsten, grössten und seltensten Käfer der Schweiz, lebt im Buchenwald, der in Mitteleuropa wahrlich kein seltener und gefährdeter Lebensraum ist. Aber *Rosalia alpina* braucht für die Entwicklung der Larven über mehrere Jahre totes Buchenholz, das zudem von der Sonne beschienen sein sollte. Wo in der Schweiz Buchen wachsen, wohnen seit Generationen auch Menschen, die das Buchenholz intensiv nutzen.



Abb. 1. Ein stattliches Männchen ruht in der Nähe eines Buchenholzlagers (Bild B. Wermelinger).



Abb. 2. Eine Uraltbuche im Verzascatal, aus der viele Alpenböcke ausgeschlüpft sind (Bild P. Duelli).

Während Jahrhunderten wurde jeder tote Stamm, jeder abgebrochene Ast eingesammelt.

Seit ein paar Jahrzehnten steht und liegt im Schweizer Wald wieder mehr totes Holz. Die Stämme stehen jedoch so dicht, dass die Sonne das abgestorbene Holz nicht aufwärmen und trocknen kann. Totes, besonntes Buchenholz gibt es fast nur noch in Form von Brennholzbeigen, und die landen im Ofen oder Cheminée, bevor die Larven sich zu ausgewachsenen Käfern entwickeln können.

Heute wissen wir recht gut, warum der Alpenbock gefährdet ist, sodass wir es eigentlich schaffen sollten, ihn vor dem Aussterben zu bewahren. Er bietet eine willkommene Gelegenheit zu zeigen, wie im Naturschutz manchmal mit einfachen Mitteln viel erreicht werden kann.

## Name

Der Alpenbock hat seine Artbezeichnung «*alpina*» (frz. Rosalie alpine, it. Rosalia alpina) nicht etwa, weil er nur in den Alpen vorkommt, sondern weil der erste Käfer, den Carl von Linné zu Gesicht bekam und im Jahre 1758 in seiner «Systema naturae» als neue Art benannte, aus den Alpen stammte. Johann Jakob Scheuchzer hatte den Käfer am 12.7.1703 im Taminatal (SG) zwischen Valens und Vättis gefunden.

## Verbreitung

Das Verbreitungsgebiet des Alpenbocks reicht von Spanien über Mitteleuropa bis nach Syrien, zum Kaukasus, dem südlichen Ural und nach Weissrussland. In Europa kommt er vor allem in den Gebirgen der Pyrenäen, des ganzen Alpenraums, des Appenins, der Karpaten und des Balkans vor. Der Alpenbock ist jedoch auch in Tieflagen zu finden. Die heutige nördliche Begrenzung der europäischen Verbreitung verläuft durch Frankreich, Süddeutschland, Österreich, Tschechische Republik und Polen. Weitere verwandte Arten sind im tropischen Asien zu Hause.

Die Schweizer Verbreitungskarte (Abb. 3) dieser wärmeliebenden Art zeigt, dass sie vor allem in den wärmebegünstigten Gebieten des Jura, Wallis,

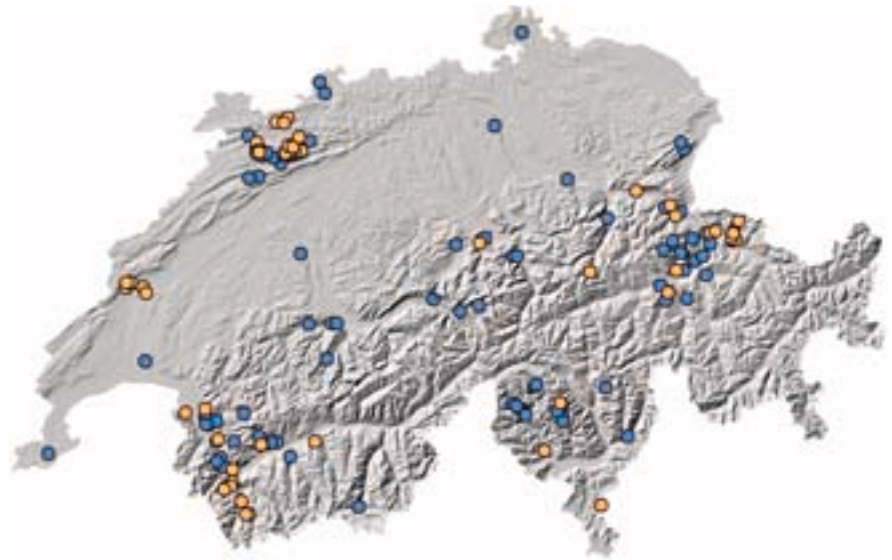


Abb. 3. Fundortdaten von *R. alpina* in der Schweiz. Beobachtungen vor 1980 (blau) und nach 1980 (gelb). Daten von CSCF Neuchâtel und WSL Birmensdorf.

Tessin und des Churer Rheintals vorkommt. Dabei decken sich die jüngeren Funde nach 1980 ungefähr mit den älteren. Neue Fundgebiete liegen im Jura westlich von Yverdon (VD) und nördlich von Delémont, im Dranse-Tal südlich von Martigny (VS), im unteren Prättigau (GR) und im südlichen Tessin. Selbstverständlich sind Fundortkarten nicht ein genaues Abbild des effektiven Vorkommens, sondern können beispielsweise auch von Wohn- und Ferienorten von Insektenspezialisten geprägt sein. Fundorte in Städten wie Basel, Zürich und Bern hingegen dürften auf ortsfremdes Brennholz zurückzuführen sein, aus dem der Alpenbock noch vor dem Verbrennen zu schlüpfen vermochte.

## Morphologie

Der 14 bis 38 mm grosse Käfer ist unverwechselbar. Körper und Flügel sind von graublauer bis leuchtend hellblauer Farbe, die Flügeldecken weisen hell umrandete, schwarze Flecken auf. Grösse und Form dieser Flecken sind variabel, die mittleren Flecken sind meist zu einer Querbinde vereinigt. Mittels der Fleckenmuster können die Individuen unterschieden werden. Auffällig sind auch die langen Fühler (Antennen) mit den charakteristischen Haarbüscheln an den dritten bis sechsten Antennengliedern (Abb. 4). Die Geschlechter lassen sich anhand der Antennen und der Oberkiefer (Mandibeln) gut unterschei-



Abb. 4. Fühler mit den typischen Haarbüscheln an den Enden der einzelnen Glieder (Bild B. Wermelinger).



den: Die Fühler der Weibchen (Abb. 5) sind nur wenig länger als der Körper, während diejenigen der Männchen (Abb. 1, 6) fast doppelt so lang sind. Zudem sind deren Mandibeln breiter und weisen an der Aussenseite einen Höcker auf (Abb. 7). Trotz ihrer eigentlich auffälligen Färbung sind die Alpenböcke auf der hellgrauen Buchenrinde gut getarnt.



Abb. 5. Ein Weibchen tastet mit seiner Legeröhre die Schnittfläche eines Buchenstamms nach einer geeigneten Eiablagestelle ab (Bild B. Wermelinger).



Abb. 6. Die Männchen besitzen Fühler, die fast doppelt so lang wie der Körper sind (Bild B. Wermelinger).



Abb. 7. Der Alpenbock besitzt kräftige Kiefer. Diejenigen des Männchens sind durch je einen seitlichen Dorn gekennzeichnet (Bild B. Wermelinger).

## Fortpflanzung und Entwicklung

Die Männchen fliegen etwa eine Woche früher als die Weibchen. Sie besetzen ein kleines Revier auf der Rindenoberfläche eines gut besonnten, trockenen Stammes mit Rindenrissen und verteidigen dieses in Rivalenkämpfen gegen weitere Männchen. Anfliegende Weibchen werden begattet, und das Männchen bewacht das Weibchen noch einige Zeit (Abb. 8). Das begattete Weibchen prüft die Stammoberfläche mit den Mundtastern und seiner Legeröhre auf ihre Tauglichkeit (Abb. 5), d. h. auf das Vorhandensein von Trockenrissen oder Löchern. Es legt die Eier einzeln mit seiner kurzen Legeröhre in die Risse hinein. Für die Eiablage wie auch

für die Larvenentwicklung wird die besonnte Stammseite bevorzugt. Der Moment der Eiablage ist daran zu erkennen, dass das Weibchen seine Antennen kurz nach hinten legt (Abb. 9). Bei hohlen Baumstämmen werden zuweilen auch auf der teilweise vermoderten Innenseite Eier abgelegt.

Die aus den Eiern geschlüpften Larven (Abb. 10) fressen zuerst unter der Rinde und im Splintholz und gehen später bis zum Kernholz. Für die Larvenentwicklung ist zwar trockenes, wenig verpilztes Holz ideal, aber auch im mit der Zeit stark mit Pilz durchsetzten, feuchten und morschen Holz können sich die Larven fertig entwickeln. Das beim Fressen der Larven entstehende Bohrmehl wird nicht ausgestossen, sondern im Frassgang zusammengepresst (Abb. 11). Die ganze Entwicklung dau-

ert zwei bis vier Jahre, je nach Besonnung und Holzqualität. Vor der letzten Überwinterung nähert sich die Larve wieder der Rindenoberfläche. Sie fertigt im Frühjahr oder Frühsommer unter der Oberfläche eine Puppenkammer mit einem vorgebohrten und wieder verstopften Ausschlüpfgang an. Bei der Puppe sind die langen Fühler und die Beine bereits gut sichtbar (Abb. 12).

Die Käfer schlüpfen an den Südhängen des Jura bereits Ende Juni, meist aber im Juli bis anfangs September mit einem Höhepunkt im August. Sie hinterlassen auf der Oberfläche die typischen ovalen Löcher vieler Bockkäferarten. Der Ausbohrgang liegt senkrecht zur Oberfläche, die Löcher sind zwischen 6 und 11 mm lang und 4 bis 7 mm breit. Die Längsachse der Fluglöcher liegt immer parallel zur Stamm-



Abb. 8. Nach der Kopulation bewacht das Männchen sein Weibchen einige Zeit gegen allfällige Nebenbuhler (Bild B. Wermelinger).



Abb. 9. Beim eigentlichen Vorgang der Eiablage legt das Weibchen seine Fühler nach hinten (auf dem Bild nur wenig ausgeprägt; Bild P. Duelli).



Abb. 10. Larve mit starken, versetzten Körperwülsten (Bild B. Wermelinger).



oder Astachse (Abb. 13), nur im Wurzel- oder Wucherholz besitzen sie keine bestimmte Richtung. Oft schlüpfen zahlreiche Tiere in enger Nachbarschaft. Man findet die Käfer bei Sonnenschein auf ihrem Brutholz, seltener auch auf der Vegetation oder auf Blüten (z. B. Wilde Möhre). Die adulten Käfer fressen in den Baumkronen Laub und lecken gerne austretende Baumsäfte. Sie können auch mit reifen Kirschen gefüttert werden. Ihre Flugdistanzen liegen im Kilometerbereich (GATTER 1997), die Lebensdauer beträgt wenige Wochen.

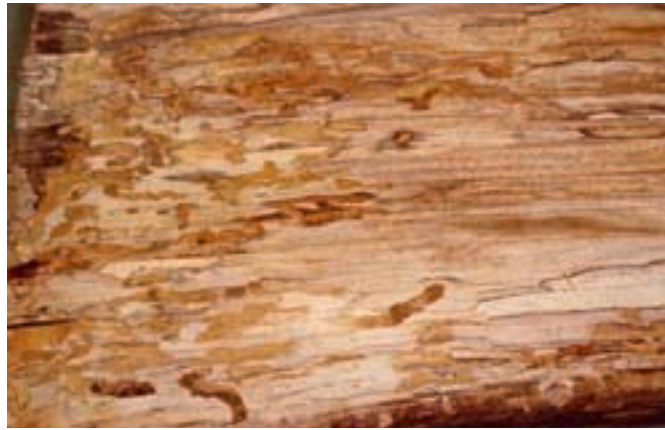


Abb. 11. Die Larvengänge durchziehen das Holz in unregelmässiger Form und sind mit Bohrmehl angefüllt (Bild B. Wermelinger).

## Natürliche Feinde

Wie bei den meisten Insekten können besonders die Larven und Puppen des Alpenbocks von insektenpathogenen Pilzen befallen werden, sodass sie während der Entwicklung absterben. Spezialisierte Schlupfwespen (Braconidae, Ichneumonidae) vermögen junge, noch nahe bei der Oberfläche fressende Bockkäferlarven zu orten und zu parasitieren. Wie viele andere Bockkäfer steht auch der Alpenbock zudem auf dem Speiseplan von Spechten (Abb. 14). Besonders der Buntspecht hat es auf die unter der Oberfläche liegenden Puppen abgesehen (GATTER 1997). Auch auf der Stammoberfläche stellen die Käfer einen Leckerbissen für grosse, Insekten fressende Vögel dar.



Abb. 12. Puppe des Alpenbocks. Die Beine und Fühler sowie die Flügelscheiden sind bereits gut sichtbar (Bild B. Wermelinger).

## Lebensraum (Habitat)

Der Alpenbock kommt in Mitteleuropa in warmen, montanen bis subalpinen Buchenwäldern auf rund 500 bis 1500 Metern über Meer vor. Die Eiablage erfolgt hier fast ausschliesslich auf Buchen (*Fagus sylvatica* L.). Aber auch an Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.) wurden schon Larvengänge festgestellt (GERBER 1998). Nach BENSE (1995) entwickelt sich der Käfer im Süden auch in Ulmen (*Ulmus*), Hagebuchen (*Carpinus*), Linden (*Tilia*), Edelkastanien (*Castanea*), Eschen (*Fraxinus*), Walnuss (*Juglans*), Eichen (*Quercus*), Weiden (*Salix*), Erlen (*Alnus*) und Weissdorn (*Crataegus*). Er bevorzugt anbrüchiges, kränkelndes bis totes Buchenholz, sowohl als Strünke als auch als stehende, gebrochene oder liegende Stämme oder dicke Äste. Sie müssen jedoch gut



Abb. 13. Das Ausbohrloch misst rund 10 mm in der Länge und liegt parallel zur Faserrichtung des Holzes (Bild P. Duelli).



Abb. 14. Wie andere Bockkäferlarven stehen auch die Larven des Alpenbocks auf dem Speiseplan von Spechten (Bild B. Wermelinger).

besonnt sein. Auch frisch geschlagenes Buchenholz lockt die Käfer an (vgl. Gefährdung). In der Schweiz stammen die meisten Funde von unterhalb 1000 Meter über Meer, die Käfer wurden vor allem an warmen, sonnigen Sommer-Nachmittagen auf Klawerholz oder toten, liegenden und berindeten Stämmen gesichtet (Angaben Centre Suisse de Cartographie de la Faune CSCF, Neuchâtel). Vor allem auf der Alpensüdseite trifft man die Käfer auch auf uralten Schattenbäumen mit abgestorbenen Ästen und Stammteilen auf Viehweiden (Abb. 2). Den Naturgewalten und intensiver Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind solche freistehenden Buchen sehr günstig für *R. alpina*. Auch auf Brandflächen können geeignete Brutbäume entstehen. An den wenigen geeigneten Brutorten können sich Dutzende von Alpenböcken einfinden. Solche Orte werden von mehreren Käfergenerationen über Jahre hinweg bis zum Zerfall des Holzes genutzt.

## Gefährdung

Früher war der Alpenbock an vielen Orten häufig. Neben der intensiven Sammeltätigkeit dieses «schönsten Käfers Europas» hat vor allem der Rückgang von geeigneten Buchen-(Ur)wäldern mit viel Alt- und Totholz den Alpenbock vielerorts aussterben lassen, so z. B. in grossen Teilen Deutschlands. Abgestorbene, gestürzte oder sonstwie geschädigte Buchen wurden aus verschiedenen Gründen sofort aus dem Wald entfernt: Der Holzverkauf brachte Geld ein, herumliegendes Holz durfte gratis als Brennholz gesammelt werden und das traditionelle Waldbild verlangte «Sauberkeit».

*Rosalia alpina* gilt daher in den meisten europäischen Ländern als gefährdet. Viele Buchenwälder wurden bis vor Kurzem durch lukrativere Fichtenforste ersetzt. Naturnahe Buchenwälder gibt es am ehesten noch in abgelegeneren Gebieten – das ist mit ein Grund, warum der Alpenbock vor allem noch im Alpenraum anzutreffen ist.

Alpenböcke suchen zur Eiablage mangels Alternativen auch gelagertes Nutzholz auf. Dieses ist trocken, liegt häufig an sonnigen Stellen und ist somit attraktiv. Damit werden solche Stammholter und Brennholzbeigen zur Falle

für die Käfer (Abb. 15), wenn das Holz vor dem Ausflug der neuen Generation in der Sägerei eingeschnitten, zur Zellulosegewinnung verarbeitet oder im Ofen verheizt wird (siehe Empfehlungen). Ebenso können zu kleine Strünke oder am Boden liegendes Holz zur Falle werden, wenn das Holz zu schnell vermodert.



Abb. 15. Attraktives Buchenbrennholz kann zur Falle werden, wenn es vom Alpenbock mit Eiern belegt wird. Eine Larvenentwicklung im Spaltholz ist kaum möglich und ausserdem ist das Risiko gross, dass die Larven in einem Ofen landen (Bild B. Wermelinger).

## Forschung

Über die Habitatansprüche von *R. alpina* gibt es verschiedene, zum Teil widersprüchliche, ältere Beobachtungen und Berichte, aber wenige wissenschaftliche Untersuchungen aus neuerer Zeit.

Im Hinblick auf eine gezielte Förderung dieses gefährdeten Käfers ist es wichtig zu wissen, nach welchen Kriterien die Weibchen den Eiablageplatz aussuchen. Um sie von den verhängnisvollen Brennholzbeigen wegzulocken, muss eine attraktivere Eiablagestelle zur Verfügung gestellt werden. Aus Untersuchungen von Wulf Gatter (GATTER 1997) im Schwarzwald (D) ist bekannt, dass aus Holzbeigen, die von Weibchen des Alpenbocks mit Eiern belegt wurden, kaum erwachsene Käfer aus schlüpfen. Hingegen sind gut belüftete und besonnte Stammteile sowohl für den Käfer attraktiv als auch gut geeignet. Wenn bei einem Schlag hohe Stöcke stehengelassen werden, stellen diese ebenfalls gute Fortpflanzungsorte dar. An stehendem Altholz werden Eier offenbar bis in Höhen von 25 m abgelegt (GATTER 1997)

Die Eidg. Forschungsanstalt WSL hat im Sommer der Jahre 2001 und 2002 an drei bekannten *Rosalia*-Standorten im Verzascatal, im Prättigau und im Jura je ein «Käfer-Buffer», d.h. eine Auswahl von toten Buchenstämmen unterschiedlicher Qualität, aufgestellt (Abb. 16). Ein Buffer bestand aus zehn Buchenstämmen, die in zwei Reihen



Abb. 16. In einem Versuch wurde den Alpenbock-Weibchen für die Eiablage ein «Buffer» von verschiedenen Stämmen angeboten (Bild P. Duelli).



angeordnet waren, sowie zwei Eschenstämmen, die an beiden Enden des Buffets standen. Die anfliegenden Käfer konnten auswählen zwischen langen (2 m) oder kurzen (1 m), liegenden oder stehenden, dicken (>25 cm) oder dünnen (<20 cm) Stammabschnitten. Bei den dicken, langen, stehenden hatten sie zudem die Wahl zwischen Stämmen von Buchen, die auf saurem oder kalkigem Boden gewachsen waren.

Am liebsten verteidigten die Männchen ihr Territorium auf einem langen, dicken, stehenden Stamm. Auch die Weibchen wurden dort am häufigsten bei der Eiablage beobachtet (VÖGELI 2001). Bis Ende 2004 schlüpfen erst wenige Käfer aus den Buffetstämmen. Die meisten (11 von 13) bohrten sich erwartungsgemäss aus den langen, dicken, stehenden Buchenstämmen. Wir rechnen damit, dass im Sommer 2005 und sogar noch 2006 weitere Käfer schlüpfen.

### Flaggschiff *Rosalia*

Das Flaggschiff war früher der Stolz einer nationalen Flotte. Als «flagship species» bezeichnet man heute im Naturschutz Tier- und Pflanzenarten, die durch ihre Attraktivität, ihren Gefährdungsgrad und ihre Beliebtheit in der Öffentlichkeit als Flaggschiffe für die politischen Anliegen des Naturschutzes eingesetzt werden können. Meist handelt es sich dabei um grosse, bekannte und sympathische Tiere wie den Panda, den Tiger, den Adler oder die Wale. In der Schweiz sind es schöne, bedrohte Pflanzen wie der Frauenschuh, oder Tiere wie der Eisvogel und der Laubfrosch, mit denen man für die Erhaltung gefährdeter Feuchtgebiete werben kann.

Die Insekten sind vor allem mit Tagfaltern wie dem Schwalbenschwanz in der Liga der Flagship-Arten vertreten. Doch heute gehört der Alpenbock in Europa mit Sicherheit auch dazu. Er ist in zwölf Ländern auf Briefmarken dargestellt (Abb. 17). Auch die Schweizer Post widmete ihm im Jahr 2002 eine 50-Rappen Marke. Im Jahre 2001 war er das «Insekt des Jahres» in Österreich, und er ist eine der 149 «Smaragd-Arten» des WWF Schweiz (www.wwf.ch/smaragd).



Abb. 17. Seiner Schönheit verdankt es der Alpenbock, dass er Marken aus vielen Ländern schmücken durfte (Sammlung P. Duelli).

### Schutzstatus

*Rosalia alpina* ist in der Schweiz und in Europa in verschiedenster Hinsicht geschützt:

- Die OECD hat in der Berner Konvention den Alpenbock für ganz Europa als geschützt erklärt.
- In der EU ist der Käfer durch den Ratsbeschluss 92/43/EEC als «Prioritätsart von öffentlichem Interesse» eingestuft.

- In der schweizerischen Natur- und Heimatschutzverordnung ist *R. alpina* als geschützt aufgeführt.
- *R. alpina* ist auf der internationalen Roten Liste der IUCN.

## Empfehlungen

Aufgrund der genannten Erkenntnisse aus den Forschungsarbeiten schlagen wir als aktive Förderungsmassnahme vor, in Regionen mit gesichertem oder vermutetem Alpenbock-Vorkommen neben Buchen-Brennholzbeigen einen oder mehrere etwa 2 m lange, mindestens 25 cm dicke Buchenstämme an gut besonnten Orten aufzustellen. Darauf werden die Weibchen zumindest einen Teil ihrer Eier ablegen. Die Larven aus diesen Eiern werden später nicht mit dem Brennholz verbrannt. Der Stamm sollte vor dem Schlüpfen der Käfer, das heisst vor dem dritten Sommer, an eine Stelle ohne Brennholzbeigen gebracht werden. Als zukünftiger Lebensraum eignen sich anbrüchige oder frisch abgestorbene Buchen, am besten an einem sonnigen Waldrand oder in einer nicht vollständig aufgeräumten Windwurffläche.

Generell empfiehlt sich für die Förderung des Alpenbockes, alte, geschädigte oder abgestorbene Buchen an sonnigen Standorten stehen zu lassen (vgl. Abb. 2). Nach einem Holzschlag aufgearbeitete, für den Verkauf bestimmte Buchenstämme sowie Brennholzbeigen sollten vor dem Sommer, der Flugzeit der Alpenböcke, abgeführt oder im Schatten gelagert werden. In Windwurfflächen können einzelne Buchenstrünke oder Stämme minderer Qualität belassen werden. Auch bei Holzschlägen sollten einzelne alte Buchen und hohe Baumstrünke (Abb. 18) stehen bleiben. Zudem können Stammstücke an besonnten Stellen an stehende Bäume angelehnt und befestigt werden. Am Boden liegendes Holz und kleine Strünke sind für die Entwicklung des Alpenbockes ungeeignet.



Abb. 18. Wenn bei einem Holzschlag hohe Strünke stehen gelassen werden, nützt das sowohl dem Alpenbock wie auch gegen Stein-schlag. Hier wird gerade ein in der Nähe auf Brennholz gefundener Alpenbock freigelassen (Bild P. Duelli).



### Buchenstock für Alpenbock – Belohnung für Buchenstämme

Pro Natura offeriert allen Personen 100 Franken, die dort, wo im Juli oder August Alpenböcke gesehen werden, einen mindestens 2 m hohen und mindestens 25 cm dicken Buchenstamm neben einem Buchenholzstoss aufstellen. Die WSL prüft die Gesuche. Falls Sie im Sommer einen Alpenbock sehen und einen Stamm neben einem Brennholzstoss aufstellen wollen, wenden Sie sich an:

Peter Duelli, WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf ZH, Telefon 01 739 23 76, peter.duelli@wsl.ch oder Pro Natura, Urs Tester, Dornacherstr. 192, 4018 Basel, Telefon 061 317 91 91, mailbox@pronatura.ch.

## Literatur

BENSE, U., 1995: Longhorn beetles – Illustrated key to the Cerambycidae and Vesperidae of Europe. Margraf Verlag, Weikersheim, 512 S.  
GATTER, W., 1997: Förderungsmöglichkeiten für den Alpenbock. Allg. Forst. Z. Waldwirtsch. Umweltvorsorge 213: 1305–1306.

GERBER, J.-C., 1998: *Rosalia alpina* (Coleoptera – Cerambycidae): recherches et observations dans la région de Moutier (Jura plissé, Suisse). Université de Neuchâtel, Ecofoc – Formation continue en ecologie et en sciences de l'environnement, 32 S.

VÖGELI, P., 2001: Habitatanforderungen des Alpenbockes (*Rosalia alpina*) in der Schweiz. Diplomarbeit ETHZ, Abt. UMNW. 87 S.

WOLF, M., 2001: Schön, selten und mit totem Holz zufrieden: Der Alpenbock *Rosalia alpina*. Bündnerwald 54: 41–49.

## Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

### Konzept

Forschungsergebnisse werden zu Wissens-Konzentraten und Handlungsanleitungen für Praktikerinnen und Praktiker aufbereitet. Die Reihe richtet sich an Forst- und Naturschutzkreise, Behörden, Schulen, interessierte Laien usw.

Französische Ausgaben erscheinen in der Schriftenreihe

**Notice pour le praticien** ISSN 1012-6554

Italienische Ausgaben erscheinen in loser Folge in der Zeitschrift

**Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi.**

## Managing Editor

Dr. Ruth Landolt  
Eidg. Forschungsanstalt WSL  
Zürcherstrasse 111  
CH-8903 Birmensdorf  
E-mail: ruth.landolt@wsl.ch  
www.wsl.ch/lm/publications/

Layout: Sandra Gurzeler, WSL

Druck: Bruhin AG, Freienbach