

Die Auswirkungen eines Moorbrandes im Hohen Venn auf Vegetation und Laufkäfer (Col., Carabidae)

DOROTHEE RASKIN und RICHARD RASKIN
unter Mitarbeit von
GOTTFRIED LENNARTZ und PETER TAUTZ

(Manuskripteingang: 14. März 1998)

Kurzfassung: Nach einem natürlichen Moorbrand in einem Heidemoorkomplex im Hohen Venn bei Simmerath (Kreis Aachen) im April 1996 wurden die Auswirkungen auf Vegetation und Laufkäfer untersucht. Die ökologischen Folgen des Moorbrandes sind gering und wirken nur kurzzeitig.

Schlafworte: Heidemoor, Erika-Anmoor, Rasenbinsen-Anmoor, Hochmoorbult, Feuer

Abstract: The influence of natural fire in early spring 1996 was investigated on vegetation and carabids in heather peat land in the „Hohes Venn“ on the German-Belgian border. The results show that there are only slight ecological consequences that will have an effect only for a short time.

Keywords: transition mire, *Ericion tetralicis*, *Trichophoretum germanici*, *Sphagnetum papilloso*, carabid beetles, fire

Résumé: En mois d'avril 1996 il y avait un feu naturel dans un complexe de bruyère marécageuse à la contrée des Hautes Fagnes près de Simmerath (région Aix-la-Chapelle). Les effets écologiques à la végétation et aux carabes étaient insignifiants et d'une durée très limitée.

Mot-clé: bruyère marécageuse, *Ericion tetralicis*, *Trichophoretum germanici*, *Sphagnetum papilloso*, carabes, feu

1. Einleitung

Moorbrände sind im Hohen Venn sporadisch auftretende, natürliche Phänomene, die durch Entwässerungsmaßnahmen gefördert werden. Die ökologischen Auswirkungen von Moorbränden werden – fälschlicherweise – allgemein negativ beurteilt (GOLDAMMER et al. 1997a). Sie sollen im Hohen Venn wesentlichen Anteil am Rückgang der Hochmoore und moorigen Heiden haben (s. z. B. TAFFEIN & DECLEER 1997). Gesicherte Erkenntnisse über die Auswirkungen spontaner Moorbrände fehlen bislang allerdings. Eine Ursache hierfür ist nicht zuletzt das Fehlen geeigneter Daten einer „Vor-Brand-Situation“, auf der ein wissenschaftlicher Vergleich vorher/nachher basieren kann.

Im „Paustenbacher Venn“, einem Heidemoorkomplex, ereignete sich im April 1996 ein flächiger Moorbrand. Als Ausgleich für den Bau einer Hochspannungsfreileitung durch die RWE Energie AG wurden im Paustenbacher Venn 1992/93 Revitalisierungsmaßnahmen eingeleitet. Aufgrund vegetationskundlicher und tierökologischer Grundlagenuntersuchungen in den Jahren 1991 und 1992 sowie jährlichen Effizienzkontrollen seit 1994 waren die Zustandsbedingungen vor dem Moorbrand hinlänglich bekannt

(BIOLOGISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT RASKIN & LENNARTZ 1992, PAULSON & RASKIN 1995–1998, RASKIN 1994, RASKIN et al. 1996).¹ Hierdurch war es möglich, die Auswirkungen des Moorbrandes auf Flora, Vegetation und Laufkäferfauna eingehend zu untersuchen.

2. Untersuchungsgebiet

Das 4 ha große Paustenbacher Venn liegt in der östlichen Vennabdachung unterhalb des Hoescheits westlich von Simmerath in einer Höhenlage von 550 m ü. NN im deutsch-belgischen Grenzgebiet (TK 25 5303/4). Das Berglandklima ist mit einem jährlichen Temperaturmittel von 5,8 °C kühl und mit einem Niederschlagsmittel von 1200 mm/Jahr sehr niederschlagsreich. Auf Tongesteinen liegen Pseudo-, Stagno- und Moorgleye mit dünnen, 20–30 cm mächtigen Torfaufgaben.

Im intakten Heidemoor wachsen in Abhängigkeit vom Wasserdargebot verschiedene Glockenheide-Feuchtheidegesellschaften (Erika-Anmoor): Moorlilien-Gesellschaft (*Narthecis*

¹ Eine ausführliche ökologische Beurteilung der verschiedenen Revitalisierungsmaßnahmen ist nach Abschluß der Effizienzkontrolle zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen.

tum ossifragi), Torfbinsenrasen (*Juncetum squarrosi*) und Rasenbinsen-Anmoor (*Trichophoretum germanici*) (vgl. SCHWICKERATH et al. 1969). Im Kontakt zur Heidemoorvegetation kommt kleinflächig die Hochmoorbultgesellschaft des Papillentorfmooses (*Sphagnetum papillosum*) vor. Einen größeren Anteil nehmen Grauweiden-Moorbirkengebüsche ein. Durch Entwässerung degeneriertes Heidemoor wird von Zwergsträuchern, Pfeifengras und mesophilen Sekundär-Gebüsch besiedelt. Durch Revitalisierungsmaßnahmen (v. a. Wiedervernässung und Entkusselung) sollen sich die letztgenannten Degenerationsstadien wieder zu intaktem Heidemoor entwickeln.

3. Moorbrand

Brände treten im Hohen Venn regelmäßig auf. Es werden zwei Brandtypen unterschieden (SCHUMACKER, mdl. Mitt.):

- **Frühjahrsbrände**

Sie treten zwischen März und Mai vor allem während Antizyklonenperioden bei starkem Ostwind auf. Zu diesem Zeitpunkt weisen die Venngebiete eine hohe brennbare Menge trockener Pflanzenstoffe auf. Frühjahrsbrände sind häufiger als Spätsommerbrände.

- **Spätsommerbrände**

Sie können in Jahren mit langen Trockenperioden im Spätsommer oder Frühherbst entstehen (1911, 1947 u. 1971). Aus ökologischer Sicht sind sie problematisch, da auch der Torf angegriffen wird und die Vegetation vollständig zerstört wird. Nach einem solchen Brand vergehen 15 bis 20 Jahre bis sich wieder torfbildende Vegetation einstellt.

Im Paustenbacher Venn ereignete sich am 20.04.1996 ein Frühjahrsbrand, der den überwiegenden Teil des Gebietes erfaßte. Bei dem Feuer handelte es sich um ein Mitwindfeuer, welches sich bei starkem Südwind nach einem trockenen Winter rasch ausbreiten konnte. Ein Mitwindfeuer entwickelt hohe Temperaturen im oberen Flammenbereich (bis 1.000°C). In Bodennähe ist es aber kälter als ein Gegenwindfeuer und wirkt wegen der kurzen Verweildauer nicht so gründlich (GOLDAMMER et al. 1997a).

Zwergsträucher und trockene Blattreste, vor allem des Pfeifengrases, sind nahezu vollständig verbrannt. Nur oberflächlich verbrannt sind die Bulte des Pfeifengrases, Torfmoospolster sowie die Streu- und Humusschicht. Ein Eindringen des Feuers in den humosen bzw. torfigen Ober-

boden erfolgte nicht. Gehölze sind meist nur im Bodenbereich angebrannt (v.a. auf der windabgewandten Nordseite), höhere Stammbereiche und Äste wurden nur selten in Mitleidenschaft gezogen. Die Biotoptypen haben umso stärker gebrannt, je trockener sie sind.

Der Brand hat im Oberboden zu einer Nährstofffreisetzung geführt. In den untersuchten Pflanzengesellschaften Rasenbinsen-Anmoor und Pfeifengrasbestand liegt die Freisetzung der Nährstoffe Nitrat, Ammonium und Phosphat im Bereich der natürlichen Schwankungsbreite. Das relativ geringe Ausmaß der Anreicherung ist auf die Mineralstoffarmut der verbrannten, oberirdischen Streu zurückzuführen (ELLENBERG 1986). Eine grundlegende Veränderung der bodenchemischen Standortbedingungen erfolgte durch den Brand nicht.

4. Methoden

Die Auswirkungen des Brandes auf die Flora wurde in verschiedenerlei Hinsicht erfaßt. Zum einen wurde untersucht, ob „Brandzeiger“ auftreten. Unter diesem Begriff werden Pflanzen zusammengefaßt, die in einem konkreten Vegetationstyp bei Störungsfreiheit allenfalls sporadisch vorkommen und die sich nach einem Feuer aufgrund der veränderten Standortbedingungen (Erhöhung des pflanzenverfügbaren Nährstoffgehaltes, Verschiebung des Mikroklimas und Verminderung der interspezifischen Konkurrenz) verstärkt ausbreiten oder ansiedeln. Zum anderen wurde die Vitalität und Bestandsentwicklung der gebietstypischen Moor- und Heidearten analysiert.

Zur vegetationskundlichen Erfassung der Brandfolgen wurden Dauerflächenbeobachtungen im *Sphagnetum papillosum* (2,2 m²), *Trichophoretum germanicum* (9 m²) und *Molinia*-Bestand (9 m²) durchgeführt. Die Schätzung des Deckungsgrades erfolgte nach einer modifizierten Schätzskala nach SCHMIDT (1974): + < 1 %, 1 = 1 %, 3 = 2—3 %, 5 = 5 %, 10 = 6—10 %, 15 = 11—15 %, 20 = 16—20 %, 25 = 21—25 %, 30 = 26—30 %, 40 = 31—40 %, ..., 100 = 91—100 %.

Zur Beurteilung der ökologischen Auswirkungen des Brandes auf die Laufkäferfauna wurden Bodenfallenfänge à 6 Fallen jeweils in verbrannten und unverbrannten Bereichen des Heidemoores (Moorlilien-Gesellschaft, Rasenbinsen-Anmoor und Papillentorfmoos-Gesellschaft) und des Pfeifengrasbestandes von April bis Oktober durchgeführt. Die Nomenklatur richtet sich nach TRAUTNER et al. (1997).

5. Ökologische Auswirkungen des Feuers

5.1. Flora

Brandzeiger

Infolge des Brandes haben sich die Standortbedingungen und Konkurrenzverhältnisse im Paustenbacher Venn so verändert, daß ausbreitungsfreudige und z. T. nährstoffliebende Pflanzen – nachfolgend „Brandzeiger“ genannt – in die Moor- und Heidevegetation eindringen bzw. Ausbreitungstendenz zeigen. In der zweiten Vegetationsperiode nach dem Feuer sind 14 Gefäßpflanzen als Brandzeiger zu bewerten (Tab. 1).

Die Brandzeigerpflanzen traten allesamt auch vor dem Feuer im Paustenbacher Venn auf. Sie waren allerdings auf Wegraine und nährstoffreichere Gebüsche beschränkt. An ihren Siedlungsschwerpunkten haben sich diese Pflanzen nach dem Brand stark vermehrt und dringen stellenweise mehrere Meter in die angrenzenden Moor- und Heideflächen ein. Zu den ausbreitungsfreudigsten Arten, die z. T. flächige Herden bilden und dadurch die ursprüngliche Vegetation vollständig verdrängen können, zählen Honiggräser (*Holcus mollis* et *lanatus*), Hohlzahn (*Galeopsis tetrahit*), Brombeere (*Rubus fruticosus* agg.), Himbeere (*Rubus idaeus*) und allen voran das Schmalblättrige Weidenröschen (*Epilobium angustifolium*). Hohlzahn und Weidenröschen gehören zu den wenigen „Streukei-

mern“ auf unverbrannten Streuauflagen (MÜLLER et al. 1997).

Unter den Moosen sind bislang keine eindeutigen Brandzeiger aufgetreten. Das Brandmoos (*Funaria hygrometrica*), das stickstoffreiche Brandstellen oft in Unmengen besiedelt, ist im Gebiet nach wie vor selten. Als indirekte Folge des Brandes ist lediglich eine Ausbreitung der Pioniermoose *Campylopus pyriformis*, *Dicranella heteromalla* und *Pohlia nutans* festzustellen. Diese Arten profitieren von der Offenstellung der Standorte. Es sind typische, lichtliebende Begleiter der Vennvegetation. Das in Südamerika beheimatete Kaktusmoos (*Campylopus introflexus*), das erst in den 70er Jahren ins Rheinland eingewandert ist, wurde im Paustenbacher Venn erstmals nach dem Brand festgestellt.

Bedeutsame Veränderungen der Flora durch die Ausbreitung von Brandzeigern haben in den großflächiger ausgebildeten Moor- und Heidepartien nicht stattgefunden. In die nassen und feuchten Heidemoorbereiche sind keine Brandzeiger eingewandert. Die Vegetationsdecke war hier nur vergleichsweise gering geschädigt und hat sich bereits in der zweiten Vegetationsperiode wieder vollständig geschlossen (s. Kap. 5.2), so daß die Ansiedlungsmöglichkeiten für neue Pflanzen ungünstig sind. Auch in den vom Pfeifengras beherrschten Degradationsstadien des Heidemoors, die z.Zt. noch lückig sind, treten

Tabelle 1. Auftreten von Brandzeigerpflanzen in der 2. Vegetationsperiode nach dem Brand

Häufigkeit:

- vereinzelt wenige Exemplare
- stellenweise in kleineren Trupps
- regelmäßig auftretend, z. T. Herden (flächige Dominanzbestände) bildend

| Art | Häufigkeit | |
|----------------------------------|--------------------------------|-----|
| <i>Agropyron repens</i> | Gemeine Quecke | •• |
| <i>Agrostis tenuis</i> | Rotes Straußgras | •• |
| <i>Epilobium angustifolium</i> | Schmalblättriges Weidenröschen | ••• |
| <i>Galeopsis tetrahit</i> | Gewöhnlicher Hohlzahn | •• |
| <i>Hieracium lachenalii</i> agg. | Gemeines Habichtskraut | • |
| <i>Hieracium laevigatum</i> agg. | Glattes Habichtskraut | • |
| <i>Hieracium sabaudum</i> | Savoyer Habichtskraut | • |
| <i>Holcus lanatus</i> | Wolliges Honiggras | •• |
| <i>Holcus mollis</i> | Weiches Honiggras | ••• |
| <i>Linaria vulgaris</i> | Gewöhnliches Leinkraut | • |
| <i>Populus tremula</i> | Zitterpappel | • |
| <i>Rubus fruticosus</i> agg. | Brombeere | •• |
| <i>Rubus idaeus</i> | Himbeere | •• |
| <i>Rumex acetosa</i> | Sauerampfer | •• |

Brandzeiger nur vereinzelt auf. Größere Bestände sind hier auf die an Gebüschgrenzen beschränkt. Nachhaltige floristische Veränderungen durch das Auftreten von Brandzeigern sind kleinflächig auf fragmentarische Borstgrasrasen entlang eines Wirtschaftsweges beschränkt.

Moor- und Heidepflanzen

Durch den Brand wurden nur solche Arten beeinträchtigt, die zum Zeitpunkt des Feuers vegetativ bereits entwickelt waren (z. B. *Drosera rotundifolia* und *Trichophorum germanicum*) oder gar blühten (*Eriophorum vaginatum*). Be-

Tabelle 2. Bestandsentwicklung und Vitalität von gebietstypischen Moor- und Heidepflanzen in der 2. Vegetationsperiode nach dem Brand

Erläuterungen und Abkürzungen:

Bestandsentwicklung:

— leichter Rückgang

— starker Rückgang

+ leichte Zunahme

= unverändert

Vitalität:

● sehr gut entwickelt, üppig, normal blühend und fruchtend

⊙ nur vegetativ gut entwickelt

○ stark geschwächt, kümmerlich durch sichtbare Brandschäden

✦ Holzkörper abgestorben, aber aus dem Wurzelstock wieder austreibend (nur Gehölze)

| Art | | Bestandsentwicklung | Vitalität |
|---|---------------------------|---------------------|-----------|
| <i>Agrostis canina</i> | Hunds-Straußgras | + | ● |
| <i>Andromeda polifolia</i> | Rosmarin-Heide | = | ⊙ |
| <i>Arnica montana</i> | Arnika | = | ⊙ |
| <i>Betula pubescens</i> | Moorbirke | — | ✦ bis ● |
| <i>Calluna vulgaris</i> | Heidekraut | + | ● |
| <i>Carex echinata</i> | Igel-Segge | = | ● |
| <i>Carex leporina</i> | Hasenpfoten-Segge | = | ● |
| <i>Carex nigra</i> | Wiesen-Segge | = | ● |
| <i>Carex panicea</i> | Hirse-Segge | = | ● |
| <i>Dactylorhiza maculata</i> ssp. <i>maculata</i> | Geflecktes Knabenkraut | = | ● |
| <i>Danthonia decumbens</i> | Dreizahn | = | ● |
| <i>Drosera rotundifolia</i> | Rundblättriger Sonnentau | = | ● |
| <i>Erica tetralix</i> | Glockenheide | + | ● |
| <i>Eriophorum angustifolium</i> | Schmalblättriges Wollgras | = | ● |
| <i>Eriophorum vaginatum</i> | Scheiden-Wollgras | = | ● |
| <i>Festuca tenuifolia</i> | Haar-Schafschwingel | = | ● |
| <i>Galium harcynicum</i> | Harzer Labkraut | = | ● |
| <i>Genista anglica</i> | Englischer Ginster | = | ● |
| <i>Gentiana pneumonanthe</i> | Lungen-Enzian | = | ● |
| <i>Juncus acutiflorus</i> | Spitzblütige Binse | = | ● |
| <i>Juncus bulbosus</i> | Zwiebel-Binse | = | ● |
| <i>Juncus squarrosus</i> | Sparrige Binse | = | ● |
| <i>Luzula multiflora</i> agg. | Vielblütige Hainsimse | = | ● |
| <i>Molinia caerulea</i> | Pfeifengras | = | ● |
| <i>Nardus stricta</i> | Borstgras | = | ● |
| <i>Narthecium ossifragum</i> | Beinbrech | = | ● |
| <i>Pedicularis sylvatica</i> | Wald-Läusekraut | = | ● |
| <i>Platanthera bifolia</i> agg. | Weißer Waldhyazinthe | + | ● |
| <i>Polygala serpyllifolia</i> | Quendel-Kreuzblümchen | = | ● |
| <i>Potentilla erecta</i> | Blutwurz | = | ● |
| <i>Salix cinerea</i> | Grauweide | — | ✦ bis ● |
| <i>Salix repens</i> ssp. <i>repens</i> | Kriechweide | = | ⊙ |
| <i>Trichophorum germanicum</i> | Deutsche Rasenbinse | = | ● |
| <i>Vaccinium myrtillus</i> | Heidelbeere | — | ○, ⊙, ● |
| <i>Vaccinium uliginosum</i> | Moorbeere | — | ○, ⊙, ● |
| <i>Vaccinium vitis-idaea</i> | Preiselbeere | — | ○, ⊙, ● |

sonders stark betroffen wurden alle Zwergsträucher: Rosmarinheide (*Andromeda polifolia*), Heidekraut (*Calluna vulgaris*), Glockenheide (*Erica tetralix*), Englischer Ginster (*Genista anglica*), Kriechweide (*Salix repens*), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), Moorbeere (*V. uliginosum*) und Preiselbeere (*V. vitis-idaea*). Diese Arten regenerieren sich allerdings gut aus ihren Wurzelstöcken. Bei Glockenheide und Heidelbeere ist im nassen bzw. wechselfeuchten Bereich eine hohe Keimrate festzustellen. Von den Ericaceen ist allgemein bekannt, daß sie Hitkestreß nicht nur tolerieren, sondern mit erhöhten Keimungsraten beantworten (REMMERT 1989).

In der zweiten Vegetationsperiode nach dem Brand haben fast alle Moor- und Heidepflanzen wieder normal geblüht und gefruchtet (Tab. 2). Ihre Bestandsdichte erreichte in den meisten Fällen wieder das Niveau vor dem Brand. Lediglich die Zwergsträucher der Gattung *Vaccinium*, alle größeren Gehölze und einige Moose haben die Brandschäden aufgrund ihres langsamen Wachstums noch nicht kompensieren können. Verschwunden ist durch den Brand keine Pflanzenart im Paustenbacher Venn.

Einige lichtliebende Pflanzen reagieren auf die lückigere Grasnarbe nach dem Feuer mit einem üppigen Wuchs, wie z. B. der Lungenenzian (*Gentiana pneumonanthe*), oder sogar mit einer Zunahme der Individuenzahlen. Nachweislich zugenommen haben Hunds-Straußgras (*Agrostis canina*), Heidekraut (*Calluna vulgaris*), Glockenheide (*Erica tetralix*) und Weiße Waldhyazinthe (*Platanthera bifolia*).

5.2. Vegetation

In der **Hochmoorbult-Gesellschaft des Papillentorfmooses** (*Sphagnetum papillosum*) sind durch den Brand nur Glockenheide und die bestandsbildenden Torfmoose *Sphagnum fallax* und *S. papillosum* geschädigt worden. Diese Arten haben sich jedoch rasch regeneriert und erreichen 1½ Jahre nach dem Brand wieder ihre ursprünglichen Deckungsgrade (Tab. 3).

Im **Rasenbinsen-Anmoor** ist die Krautschicht 1½ Jahre nach dem Brand ebenfalls wieder weitgehend geschlossen. In die entstandenen Vegetationslücken sind allerdings Arten eingewandert, die vor dem Brand nicht in der Beobachtungsfläche vorkamen. In der Krautschicht ist

Tabelle 3. — Hochmoorbult-Gesellschaft des Papillentorfmooses (*Sphagnetum papillosum*)

| | vor Brand 1995 | nach Brand | |
|---------------------------------|-------------------|------------|------|
| | | 1996 | 1997 |
| Deckung Krautschicht (%) | 70 | 65 | 75 |
| Artenzahl Krautschicht | 9 | 9 | 9 |
| Deckung Moosschicht (%) | 99 | 95 | 99 |
| Artenzahl Moosschicht | 5 | 5 | 5 |
| C <i>Sphagnum papillosum</i> | 80 | 70 | 90 |
| V <i>Andromeda polifolia</i> | 1 | 1 | 1 |
| O <i>Aulacomnium palustre</i> | 30 | 30 | 20 |
| <i>Erica tetralix</i> | 15 | 5 | 15 |
| <i>Narthecium ossifragum</i> | 3 | 3 | 3 |
| <i>Trichophorum germanicum</i> | 1 | 1 | 1 |
| <i>Odontoschisma sphagni</i> | + | + | + |
| K <i>Sphagnum fallax</i> | 10 | 3 | 10 |
| Scheuzerio-Arten: | | | |
| <i>Eriophorum angustifolium</i> | 3 | 3 | 3 |
| <i>Carex echinata</i> | 3 | 3 | 3 |
| Sonstige: | | | |
| <i>Molinia caerulea</i> | 50 | 50 | 50 |
| <i>Betula spec.</i> | 3 | 3 | 3 |
| <i>Juncus squarrosus</i> | 1 | 1 | 1 |
| <i>Calliargon stramineum</i> | + | + | + |

vor allem das Hunds-Straußgras (*Agrostis canina*) am Vegetationsschluß beteiligt (Tab. 4), welches nach OBERDORFER (1983) ein Pionier offener und gestörter Moorstellen ist. Deutliche qualitative und quantitative Veränderungen haben in der Mooschicht stattgefunden. Die Artenzahl hat sich verdoppelt und der Deckungsgrad vierfacht. Einziger standortfremder Vertreter ist das neophytische Kaktusmoos (*Campylopus introflexus*), das trockene Standorte bevorzugt (DÜLL 1980). Die übrigen neu aufgetretenen Moose sind typische Begleiter der Vennvegetation. Explizit genannt seien das Lebermoos *Calypogeia muellerana*, welches offene, grundfeuchte Torfe besiedelt, und das charakteristische Torfmoos der nährstoffarmen, sauren Vennmoore *Sphagnum papillosum*.

In den verbrannten **Pfeifengras-Dominanzbeständen** hat *Molinia caerulea* 1½ Jahre nach dem Brand den ursprünglichen Bestandesschluß noch nicht wieder erreicht (Tab. 5). In der lückigen Grasnarbe haben sich neben *Agrostis canina* vereinzelt auch biotopfremde Arten angesie-

delt (z. B. *Epilobium angustifolium*). Wie im Rasenbinsen-Anmoor ist auch in den Pfeifengrasbeständen die Moosartenzahl deutlich angestiegen. Die neu aufgetretenen Moose besiedeln lichte und offenerdige Standorte und gehören zu den natürlichen Begleitern der Vennvegetation, wie z. B. die vorherrschende Art *Campylopus pyriformis*. Die erforderlichen Standortbedingungen herrschen für diese Moose in den Pfeifengrasbeständen nur nach Störungen. Mit zunehmender Verfilzung werden diese Arten wieder verdrängt. Physiognomisch fällt in der verbrannten Fläche die dunkelgrüne Färbung und starke Rispenbildung des Pfeifengrases auf. In der nicht abgebrannten Fläche erscheint die Färbung von *Molinia* demgegenüber eher gelblichgrün. Ursache für diese Farb- und Blühunterschiede ist die kurzzeitig bessere Nährstoffversorgung auf den verbrannten Standorten.

5.3. Laufkäfer (Coleoptera, Carabidae)

Im Heidemoor ist die Aktivitätsdichte und -artenzahl der Laufkäfer in den verbrannten Be-

Tabelle 4. Rasenbinsen-Anmoor (*Trichophoretum germanici*)

| | vor Brand | nach Brand | |
|--|-----------|------------|------|
| | 1991 | 1996 | 1997 |
| Deckung Krautschicht (%) | 98 | 85 | 95 |
| Artenzahl Krautschicht | 7 | 7 | 9 |
| Deckung Mooschicht (%) | 2 | 3 | 8 |
| Artenzahl Mooschicht | 4 | 6 | 9 |
| <hr/> | | | |
| C <i>Trichophorum germanicum</i> | 40 | 40 | 40 |
| <i>Sphagnum molle</i> | + | + | + |
| V <i>Erica tetralix</i> | 4 | 1 | 2 |
| <i>Sphagnum papillosum</i> | . | . | + |
| <hr/> | | | |
| Sonstige: | . | . | . |
| <i>Molinia caerulea</i> | 60 | 50 | 50 |
| <i>Agrostis canina</i> | . | . | 10 |
| <i>Vaccinium vitis-idea</i> | 2 | + | 2 |
| <i>Vaccinium myrtillus</i> | 1 | 1 | + |
| <i>Salix cinerea</i> | + | . | . |
| <i>Betula spec.</i> | + | + | + |
| <i>Deschampsia flexuosa</i> | . | . | + |
| <i>Festuca tenuifolia</i> | . | + | + |
| <i>Polytrichum commune</i> var. <i>commune</i> | 1 | 1 | 3 |
| <i>Polytrichum formosum</i> | . | . | + |
| <i>Pohlia nutans</i> | + | + | + |
| <i>Plagiothecium</i> cf. <i>ruthei</i> | + | + | + |
| <i>Ceratodon purpureus</i> | . | + | + |
| <i>Campylopus pyriformis</i> | . | + | 1 |
| <i>Campylopus introflexus</i> | . | . | 1 |
| <i>Calypogeia muellerana</i> | . | . | + |

Tabelle 5. Pfeifengras (*Molinia caerulea*) – Dominanzbestände

| | nicht verbrannt | | verbrannt | |
|--------------------------------|-----------------|------|-----------|------|
| | 1996 | 1997 | 1996 | 1997 |
| Deckung Krautschicht (%) | 100 | 100 | 65 | 80 |
| Artenzahl Krautschicht | 3 | 5 | 4 | 7 |
| Deckung Moosschicht (%) | < 1 | < 1 | < 1 | 3 |
| Artenzahl Moosschicht | 2 | 1 | 3 | 7 |
| D <i>Molinia caerulea</i> | 100 | 100 | 70 | 80 |
| Oxycocco-Sphagnetee-Arten: | | | | |
| <i>Erica tetralix</i> | + | . | . | . |
| Nardo-Callunetea-Arten: | | | | |
| <i>Calluna vulgaris</i> | + | + | . | + |
| <i>Galium hircynicum</i> | . | + | . | . |
| <i>Potentilla erecta</i> | . | + | . | + |
| <i>Polytrichum juniperinum</i> | . | . | . | + |
| Sonstige: | | | | |
| <i>Deschampsia flexuosa</i> | . | 1 | . | . |
| <i>Agrostis canina</i> | . | . | + | 1 |
| <i>Salix spec.</i> | . | . | + | + |
| <i>Carex cf. panicea</i> | . | . | + | . |
| <i>Crataegus spec.</i> | . | . | . | + |
| <i>Epilobium angustifolium</i> | . | . | . | + |
| <i>Campylopus pyriformis</i> | + | . | + | 3 |
| <i>Pohlia nutans</i> | + | . | + | . |
| <i>Lophocolea heterophylla</i> | . | + | . | . |
| <i>Dicranella heteromalla</i> | . | . | + | + |
| <i>Campylopus introflexus</i> | . | . | . | + |
| <i>Atrichum undulatum</i> | . | . | . | + |
| <i>Polytrichum formosum</i> | . | . | . | + |
| <i>Plagiomnium spec.</i> | . | . | . | + |

reichen höher (Tab. 6). Ursache sind verringerter Raumwiderstand und veränderte mikroklimatische Bedingungen durch die stärkere Besonnung (wärmer und trockener). Hiervon profitieren Feingestreifter Laufkäfer (*Carabus monilis*), Hain-Laufkäfer (*C. nemoralis*) und Glatthalsiger Buntgrabläufer (*Poecilus versicolor*). Unter den typischen Laufkäfern des Heide-moors, die fast ausschließlich in Mooren und Sümpfen leben, reagiert nur der dominante Rhaetische Grabläufer (*Pterostichus rhaeticus*) indifferent auf den Brand. Die übrigen sechs Moor- und Sumpfsarten meiden die verbrannten Bereiche vollständig. Eine Meidungsreaktion zeigt ebenfalls der Gewöhnliche Schaufelläufer (*Cychrus caraboides*), eine feuchtigkeitsliebende Waldart. In den Uferbereichen neuangelegter Tümpel und aufgestauter Gräben ist ebenfalls ein Rückgang spezialisierter, feuchtepräferenter

Agonum-Arten (*A. viduum* et *gracile*) zu verzeichnen, obwohl die direkte Brandeinwirkung dort aufgrund der hohen Feuchte nur sehr gering war.

In den Pfeifengrasbeständen reagiert die Laufkäferfauna ähnlich auf den Brand. Wiederrum kommen Hain-Laufkäfer und Glatthalsiger Buntgrabläufer auf den verbrannten Flächen in höheren Aktivitätsdominanz vor, die von den Moor- und Sumpfsarten² sowie vom Schaufelläufer und vom Schwachpunktigen Stirnfurchenläufer (*Trichotichnus nitens*) gemieden werden. Der Mondhals-Kanalkäfer (*Amara lu-*

2 Die hohe Aktivitätsdichte der Moor- und Sumpfsarten ist in den unverbrannten Pfeifengrasbeständen z. T. auf die Lage der Bodenfallen zurückzuführen. Wegen der geringen Flächenausdehnung der unverbrannten Pfeifengrasbestände wurde ein Teil der Fallen in der Nähe eines angestauten Entwässerungsgrabens platziert.

Tabelle 6. Aktivitätsdominanzen (in %) der Laufkäfer in den Heidemoorgesellschaften

| | vor Brand | | nicht verbrannt | | verbrannt | |
|--------------------------------|-----------|------|-----------------|------|-----------|------|
| | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1996 | 1997 |
| Artenzahl | 7 | 8 | 6 | 7 | 12 | 7 |
| Individuenzahl | 22 | 35 | 44 | 32 | 51 | 58 |
| Moor- u. Sumpffarten: | | | | | | |
| <i>Pterostichus rhaeticus</i> | 54,5 | 65,7 | 20,5 | 59,4 | 47,1 | 54,2 |
| <i>Acupalpus parvulus</i> | . | 2,9 | . | . | . | . |
| <i>Agonum gracile</i> | . | . | 56,8 | 12,5 | . | . |
| <i>Agonum piceum</i> | 9,1 | . | . | . | . | . |
| <i>Agonum viduum</i> | . | . | 2,3 | . | . | . |
| <i>Pterostichus diligens</i> | . | . | 2,3 | . | . | . |
| <i>Trichocellus placidus</i> | . | 2,9 | . | 3,1 | . | . |
| Brandflieher: | | | | | | |
| <i>Cychrus caraboides</i> | 4,5 | . | 15,9 | 15,6 | 2,0 | 4,2 |
| Brandbegünstigte: | | | | | | |
| <i>Carabus monilis</i> | . | . | . | 3,1 | . | 8,3 |
| <i>Carabus nemoralis</i> | 9,1 | . | . | . | 13,7 | 12,5 |
| <i>Poecilus versicolor</i> | 4,5 | . | . | . | 17,6 | 8,3 |
| Indifferente: | | | | | | |
| <i>Agonum mülleri</i> | . | 5,7 | . | 3,1 | . | . |
| <i>Amara lunicollis</i> | 13,6 | 11,4 | . | 3,1 | 5,9 | 10,4 |
| <i>Amara plebeja</i> | . | 2,9 | . | . | 2,0 | . |
| <i>Amara similata</i> | 4,5 | . | . | . | . | . |
| <i>Anisodactylus binotatus</i> | . | . | . | . | 2,0 | . |
| <i>Bembidion lampros</i> | . | 5,7 | . | . | . | . |
| <i>Carabus coriaceus</i> | . | . | 2,3 | . | 2,0 | . |
| <i>Carabus problematicus</i> | . | . | . | . | 2,1 | . |
| <i>Carabus violaceus</i> | . | . | . | . | 2,0 | . |
| <i>Harpalus latus</i> | . | . | . | . | 2,0 | . |
| <i>Leistus terminatus</i> | . | . | . | . | 2,0 | . |
| <i>Pterostichus madidus</i> | . | . | . | . | 2,0 | . |
| <i>Trichotichnus nitens</i> | . | 2,9 | . | . | . | . |

lunicollis), häufigster Laufkäfer im Paustenbacher Venn, zeigte im Brandjahr einen massiven Aktivitätseinbruch, dem 1997 ein Aktivitätsmaximum folgte.

6. Diskussion

Der Moorbrand im Paustenbacher Venn hat die Vegetation nicht und die Laufkäferfauna kaum nachhaltig beeinflusst. Das Ökosystem Heide-moor reagiert inklusive seiner Degenerationsstadien stabil auf ein Frühjahrsfeuer. Bereits in der zweiten Vegetationsperiode nach dem Feuer hat sich die Vegetation weitestgehend regeneriert, d.h. die Bestände der gebietstypischen Moor- und Heidepflanzen haben wieder das Niveau vor dem Brand erreicht. Einige Arten wurden durch das Feuer sogar positiv beeinflusst (z. B. Glockenheide, Heidekraut und Hunds-Strauß-

gras). Diese Effekte sind in erster Linie auf die Beseitigung der wuchshemmenden Streudecke zurückzuführen, die ein Ansteigen von Temperatur und Lichtintensität in Bodennähe ermöglicht (vgl. MÜLLER et al. 1997). Die Ausbreitung unerwünschter Brandzeiger stellt in den großflächigen Moor- und Heidepartien kein ökologisches Problem dar.

Im Gegensatz zur Vegetation war nur ein geringer Teil der Laufkäfer dem Brand unmittelbar ausgesetzt. Zu den direkt vom Feuer betroffenen Arten gehört der Mondhalskanalkäfer (*Amara lunicollis*). Die Art, ein typischer Frühbrüter in Heiden, stand zum Zeitpunkt des Brandes kurz vor ihrem Aktivitätsmaximum und damit kurz vor der Eiablage. Die tragenden Weibchen der macropteren Art waren zu dieser Zeit in ihrer Flugfähigkeit eingeschränkt (vgl. DEN

Tabelle 7. Aktivitätsdominanzen (in %) der Laufkäfer in den Pfeifengrasbeständen

| | vor Brand | | nicht verbrannt | | verbrannt | |
|--------------------------------------|-----------|------|-----------------|------|-----------|------|
| | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1996 | 1997 |
| Artenzahl | 13 | 15 | 17 | 19 | 22 | 20 |
| Individuendichte | 48 | 141 | 60 | 66 | 114 | 527 |
| Moor- u. Sumpfsarten: | | | | | | |
| <i>Pterostichus rhaeticus</i> | . | 1,4 | 30,0 | 18,2 | 2,6 | 0,2 |
| <i>Agonum gracile</i> | . | . | 6,7 | 3,0 | . | . |
| <i>Pterostichus minor</i> | 2,1 | . | 1,7 | 1,5 | . | 0,4 |
| <i>Pterostichus diligens</i> | . | . | 1,7 | 4,5 | 0,9 | . |
| <i>Trichocellus placidus</i> | . | . | 1,7 | 1,5 | . | . |
| Brandflieher: | | | | | | |
| <i>Cychnus caraboides</i> | . | 0,7 | 21,7 | 1,5 | 0,9 | 0,4 |
| <i>Trichotichnus nitens</i> | 8,3 | 5,7 | . | 7,6 | 0,9 | 0,2 |
| Brandbegünstigte: | | | | | | |
| <i>Carabus nemoralis</i> | 4,2 | 1,4 | 1,7 | 7,6 | 21,1 | 2,6 |
| <i>Poecilus versicolor</i> | 14,6 | 7,1 | . | 4,5 | 42,1 | 20,3 |
| Indifferente: | | | | | | |
| <i>Abax parallelepipedus</i> | . | . | 5,0 | 3,0 | 0,9 | 0,2 |
| <i>Agonum mülleri</i> | 2,1 | . | 1,7 | 1,5 | 0,9 | . |
| <i>Agonum sexpunctatum</i> | . | . | . | . | . | 0,4 |
| <i>Amara aenea</i> | . | . | . | . | . | 1,5 |
| <i>Amara communis</i> | 2,1 | . | . | . | 0,9 | 1,9 |
| <i>Amara familiaris</i> | . | . | . | . | . | 0,2 |
| <i>Amara lunicollis</i> | 45,8 | 73,8 | 10,0 | 28,8 | 13,2 | 66,3 |
| <i>Amara nitida</i> | . | . | . | . | 0,9 | . |
| <i>Amara plebeja</i> | . | 0,7 | 1,7 | 1,5 | 0,9 | . |
| <i>Amara similata</i> | . | 0,7 | . | . | . | . |
| <i>Anisodactylus binotatus</i> | . | . | . | . | 0,9 | . |
| <i>Bembidion lampros</i> | 4,2 | 0,7 | 5,0 | . | . | 0,6 |
| <i>Bradycellus harpalinus</i> | . | . | 1,7 | . | 0,9 | . |
| <i>Calathus fuscipes</i> | . | . | . | . | 0,9 | 0,7 |
| <i>Calathus melanocephalus</i> | . | . | . | . | . | 0,4 |
| <i>Carabus coriaceus</i> | . | 0,7 | . | 1,5 | 1,8 | . |
| <i>Carabus monilis</i> | . | 0,7 | . | 4,5 | 0,9 | 0,7 |
| <i>Carabus problematicus</i> | . | . | . | 3,0 | 4,4 | 1,1 |
| <i>Carabus violaceus</i> | 2,1 | . | 1,7 | 3,0 | . | 1,1 |
| <i>Cicindela campestris</i> | . | . | . | . | 1,8 | . |
| <i>Clivina fossor</i> | . | . | . | . | 0,9 | 0,4 |
| <i>Leistus terminatus</i> | . | 1,4 | 1,7 | . | . | . |
| <i>Loricera pilicornis</i> | . | . | 5,0 | . | 0,9 | 0,2 |
| <i>Nebria brevicollis</i> | 2,1 | . | . | . | . | . |
| <i>Notiophilus biguttatus</i> | . | . | . | 1,5 | . | . |
| <i>Notiophilus palustris</i> | . | 0,7 | . | 1,5 | . | . |
| <i>Pterostichus melanarius</i> | 6,3 | 1,4 | . | . | . | 0,4 |
| <i>Pterostichus niger</i> | . | . | 1,7 | . | 0,9 | . |
| <i>Pterostichus oblongopunctatus</i> | 2,1 | . | . | . | . | . |
| <i>Pterostichus strenuus</i> | . | 2,8 | . | . | . | . |
| <i>Trechus obtusus</i> | 4,2 | . | . | . | . | . |

BOER 1971) und wurden durch das Feuer mit-
samt der Brut stark dezimiert. Aufgrund ihres
hohen Verbreitungspotentials (DEN BOER 1977)
konnte sich der verbliebene Bestand jedoch
rasch wieder auf die verbrannten Flächen ver-

teilen und vermehren. Durch seine Ausbrei-
tungsstrategie hat der Mondhalskanalkäfer die
direkten Brandverluste im ersten Jahr nach
dem Feuer durch starkes Populationswachst-
um im zweiten Jahr kompensiert.

Auf das Gros der Laufkäfer hat der Brand nur indirekt durch Veränderungen der Lebensraumstruktur und des Mikroklimas wirken können, da ihre Hauptaktivitätsperiode später begann. Die Tiere waren zum Zeitpunkt des Feuers wenig aktiv und hielten sich größtenteils in der Streu und dem Oberboden auf. Zahlenmäßig positiv auf das Brandereignis reagierten einige der großen, laufstarken Großlaufkäfer (*Carabus nemoralis* et *monilis*) sowie der schwerpunktmäßig im Grünland auftretende Glatthalsige Buntgrabläufer (*Poecilus versicolor*). Abnahmen in den Falldominanzwerten zeigen Laufkäfer mit Bindung an Moore, Sümpfe und feuchte Wälder (*Agonum gracile*, *A. viduum*, *Pterostichus diligens*, *P. minor*, *Trichocellus placidus*, *Cychrus caraboides* u.a.). Durch die Offenstellung der Standorte nehmen xero- und thermophile sowie aufgrund des verringerten Raumwiderstandes laufaktive Arten zu, der Anteil hygrophiler Arten geht zurück. Aufgrund der schnellen Regeneration der Vegetation dürften die beobachteten Verschiebungen in den Dominanzspektren rasch wieder verschwinden.

In ähnlicher Weise reagiert die Laufkäferzönose auf einen Maibrand in einem degenerierten Hochmoor bei Osnabrück (ASSMANN 1982) und auf zu Pflegezwecken kontrolliert entfachene Winterbrände in Calluna-Heiden der Lüneburger Heide (LÜTKEPOHL et al. 1997). Allgemein sind signifikante Schädigungen der Tierwelt durch Winterbrände in Mooren auf wenige Gruppen der Überwinterungsfaua (Spinnen, Schmetterlingslarven und Hautflügler) beschränkt (NIEMEYER 1997).

Der Offenlandcharakter des Paustenbacher Venns – eine Nutzung findet seit mindestens 60 Jahren nicht mehr statt – bleibt offensichtlich durch gelegentliche Brände erhalten. Hierdurch ließe sich auch die Vorherrschaft des brandfesten Pfeifengrases im Gebiet erklären. Ohne Nutzung würde sich die Vegetation zu Moorbirkenwäldern und Eichen-Birkenwäldern entwickeln (vgl. SCHWICKERATH 1937).

Zur Erhaltung der offenen Heide- und Moorlandschaften im Hohen Venn, die wegen des landschaftlichen und historischen Wertes auch in den großen, belgischen Vennschutzgebieten angestrebt wird, sind zur Unterbindung der natürlichen Sukzession Pflegemaßnahmen notwendig. Hierbei werden vor allem historische Nutzungsformen eingesetzt, die zur Entstehung dieser offenen Landschaften im Mittelalter geführt

haben (Beweidung, Mahd und auch Plaggen). Die ehemalige Brandwirtschaft mit dem Heide- und Moorbrennen in der Eifel und den Ardennen (GOLDAMMER et al. 1997b) wird hierbei bislang noch kaum berücksichtigt. Aufgrund der vorgestellten Ergebnisse sollte zukünftig der kostengünstige Einsatz dieser historischen Landnutzungsform in Form kontrollierten Feuers im Winter oder zeitigen Frühjahr verstärkt in Erwägung gezogen werden (s. auch RIESS 1976 u. GOLDAMMER et al. 1997a). In Kombination mit einer nachfolgenden Schafbeweidung läßt sich sogar ein Nährstoffaustrag und ein Zurückdrängen des Pfeifengrases erzielen (NIEMEYER 1997).

Danksagung

Die Untersuchung erfolgte im Rahmen der Erstellung ökologischer Gutachten für die RWE Energie AG (Essen). Für die Unterstützung sei v.a. den Herren Dipl.-Ing. H. LANDSKRÖNE und Ass. d. F. D. UTHNER gedankt.

Literatur

- ASSMANN, T. (1982): Faunistisch-ökologische Untersuchungen an der Carabidaifauna naturnaher Biotope im Hahnenmoor (Col., Carabidae). – Osnabrücker naturwiss. Mitt. **9**, 105–134
- Biologische Arbeitsgemeinschaft RASKIN & LENNARTZ (1992): Ökologische Zustandserfassung und Vorschläge zum Biotopmanagement des Paustenbacher Venns – Hauptausgleichsfläche der geplanten 110-kV-Hochspannungsfreileitung Imgenbroich-Lammersdorf (Bl. 1071). – Unveröff. Gutachten i.A. der RWE Energie AG (Aachen), 137 S., 2 Vegetationstabellen, 6 Karten
- DEN BOER, P. J. (1971): On the dispersal power of carabid beetles and its possible significance. – Misc. Papers Landb. hogesch. Wageningen **8**
- DEN BOER, P. J. (1977): Dispersal power and survival. – Carabids in a cultivated countryside. – Wageningen (H. Veenman & Zonen B.V.)
- DÜLL, R. (1980): Die Moose (Bryophyta) des Rheinlandes (Nordrhein-Westfalen, Bundesrepublik Deutschland). – Decheniana Beihefte (Bonn) **24**
- ELLENBERG, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. – Stuttgart (Verlag Eugen Ulmer)
- GOLDAMMER, J. G., PAGE, H. & PRÜTER, J. (1997 a): Feuereinsatz im Naturschutz in Mitteleuropa – Ein Positionspapier. – NNA-Berichte **5**, 2–17
- GOLDAMMER, J. G., MONTAG, S. & PAGE, H. (1997 b): Nutzung des Feuers in mittel- und nordeuropäischen Landschaften. – NNA-Berichte **5**, 18–38
- LÜTKEPOHL, M., MELBER, A. & PRÜTER, J. (1997): Konzeptionelle Grundlagen und erste Erfahrungen mit dem Einsatz von Feuer im Naturschutzgebiet „Lüneburger Heide“. – Schr.-R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz **54**, 229–238

- MÜLLER, J., VAGTS, I. & FRESE, E. (1997): Pflanzliche Regenerationsstrategien und Besiedlungsdynamik in nordwestdeutschen *Calluna*-Heiden nach Brand. – NNA-Berichte **5**, 87–104
- NIEMEYER, F. (1997): Erfahrungen mit dem Feuereinsatz im Neustädter Moor. – NNA-Berichte **5**, 82–86
- OBERDORFER, E. (1983): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. – Stuttgart (Verlag Eugen Ulmer)
- PAULSON & RASKIN (1995–1998): Ökologische Effizienzkontrolle der Ausgleichsmaßnahmen zur 110-kV-Hochspannungsfreileitung Imgenbroich-Lammersdorf (Bl. 1071) im Paustenbacher Venn – 1. Untersuchungsjahr 1994 bis 4. Untersuchungsjahr 1997. – Unveröff. Gutachten i. A. der RWE Energie AG (Aachen)
- RASKIN, R. (1994): Die Schwebfliegenfauna (Diptera, Syrphidae) eines Heidemoorkomplexes im Hohen Venn. – Decheniana (Bonn) **147**, 128–136
- RASKIN, R., LENNARTZ, G., PAULSON, C. & TAUTZ, P. (1996): Bemerkenswerte Moose aus dem Paustenbacher Venn (Hohes Venn, Kreis Aachen). – Bryologische Mitt. **2**, 33–37
- REMMERT, H. (1989): Ökologie. – Berlin (Springer Verlag), 4. Aufl.
- RIESS, W. (1974): Der Feuereinsatz und seine Technik in der Landschaftspflege. – Natur und Landschaft **51**, 284–287
- SCHMIDT, W. (1974): Bericht über die Arbeitsgruppe für Sukzessionsforschung auf Dauerflächen der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde. – Vegetatio **29**, 69–73
- SCHWICKERATH, M. (1937): Die nacheiszeitliche Waldgeschichte des Hohen Venns und ihre Beziehung zur heutigen Vennevegetation. – Berlin (Preuß. Geol. Landesamt)
- SCHWICKERATH, M., GALLHOFF, E. & RADKE, G. J. (1969): Die florengeographische und vegetationskundliche Gliederung des Naturschutzgebietes „Wollerscheider Venn“, Kreis Monschau. – Schr.-R. Landesstelle f. Naturschutz u. Landschaftspflege in NW (Recklingshausen), Bd. **6**
- TAFFEIN, C. & DECLEER, M. (1997): Das Hohe Venn. – Eupen (Verlag Grenz-Echo)
- TRAUTNER, J., MÜLLER-MOTZFELD, G. & BRÄUNICKE, M. (1997): Rote Liste der Sandlaufkäfer und Laufkäfer Deutschlands. – Naturschutz u. Landschaftsplanung **29**, 261–273

Anschriften der Autoren:

Dipl.-Biol. DOROTHEE RASKIN, Dr. RICHARD RASKIN, Büro für Landschaftsplanung und angewandte Ökologie, Kirberichshofer Weg 6, D-52066 Aachen