

***Rhizocarpon geographicum* – Große Landkartenflechte (*Rhizocarpaceae*), Flechte des Jahres 2014**

GÖTZ HEINRICH LOOS & DIETER GREGOR ZIMMERMANN

1 Einleitung

Die Bryologisch-Lichenologische Arbeitsgemeinschaft für Mitteleuropa (BLAM) hat die Große Landkartenflechte (*Rhizocarpon geographicum*) zur Flechte des Jahres 2014 gewählt. Der deutsche Name beruht auf der Felderung des Lagers dieser Flechtenart, das an das Signaturrenmuster und z. T. an die Signaturfarben insbesondere von Topographischen Karten erinnert. Da einige ähnliche Arten der Gattung meist kleinere Lager als diese Art aufweisen, erscheint der Name "Große Landkartenflechte" angemessener als die mehrfach verwendete Bezeichnung "Gewöhnliche Landkartenflechte", zumal die Art längst nicht überall (mehr) gewöhnlich ist. Grundsätzlich ist dies allerdings die Flechte, die mit dem Namen "Landkartenflechte" verbunden wird, während andere *Rhizocarpon*-Arten traditionell nicht mit deutschen Namen versehen wurden – ein Manko, was viele grundsätzlich Interessierte von der Beschäftigung mit Flechten abhält und dazu einlädt, möglichst für alle Arten einen deutschen Namen zu finden, auch wenn sie mitunter etwas konstruiert klingen mögen (bestes Vorbild sind die niederländischen Namen, die von dortigen Lichenologen eingeführt wurden, vgl. VAN HERK & APTROOT 2004; inzwischen gibt es aber ebenso in Deutschland verschiedene Bestrebungen hierzu, siehe auch die vergangenen "Flechte des Jahres"-Artporträts des Bochumer Botanischen Vereins).

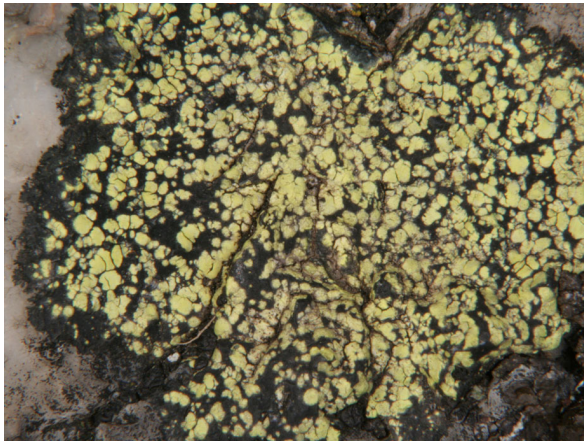


Abb. 1: *Rhizocarpon geographicum* an der Lahn (Rheinland-Pfalz, 2008, T. SCHMITT).



Abb. 2: *Rhizocarpon geographicum* (Krs. Soest/NRW, 01.11.2012, B. MARGENBURG).

Warum der wissenschaftliche Name *Rhizocarpon* für die Gattung gewählt wurde (griech. *rhiza* = Wurzel, Erdspross, *karpos* = Frucht), erscheint nach GENAUST (2005) nicht ganz klar, da keine wurzelähnlichen Haftorgane (Rhizinen) vorhanden sind und die Fruchtkörper, genauer die Apothecien, höchstens dem zwischen den Lagerteilen befindlichen Prothallus (Vorlager), mit dem sich der Flechtenpilz zunächst ohne die zugehörige Alge an einem neuen Wuchsort ausbreitet, aufsitzen können, der dann als "Wurzelgeflecht" fehlinterpretiert worden sein mag. MARZELL (1977) sieht diese Deutung jedenfalls als sicher an. Wie in anderen Fällen auch, war der Blick auf die Struktur der Flechten in der Zeit der Beschreibung noch weniger genau (die Erstbeschreibung stammt von LINNÉ höchstpersönlich (, damals

noch unter dem Namen *Lichen geographicus*; Flechten wurden – LINNÉ folgend – im 18. und auch im frühen 19. Jahrhundert oftmals noch kaum in Gattungen aufgegliedert und einer allgemeinen, den "kryptogamischen Pflanzen" zugerechneten Flechtengattung *Lichen* unterstellt). Das Artepitheton *geographicum* verweist auf die oben erwähnte Ähnlichkeit mit Landkarten, weshalb diese Art informell als "Kern" der Gattung *Rhizocarpon* betrachtet werden kann (keine andere hat derart deutliche "Landkartenmuster"), wenn der deutsche Gattungsname "Landkartenflechte" verwendet wird. Der jeweiligen "Kernart" einer Gattung (oft ist diese auch, taxonomisch gesehen, ihre Typusart) kommt dann als deutsche Artbezeichnung im Regelfall "gewöhnlich" (ehemals "gemein") oder "echt" zu; letztere Zuweisung ist allerdings zumindest bei Pflanzen normalerweise traditionell auf medizinisch angewendete Arten beschränkt.

Der im Vergleich zu anderen Flechtenarten bereits seit Langem etablierte deutsche Name "Landkartenflechte" (vgl. u. a. MARZELL 1977) zeigt, dass es sich, ebenfalls verglichen mit anderen, um eine weiter bekannte Art handelt als nur innerhalb von Flechtenkennerkreisen. Dieses Phänomen war ein wichtiges Kriterium zur Ernennung dieser Art zur Flechte des Jahres. Außerdem hat sie einige Prominenz als Weltraumbesucher erlangt (Näheres siehe unten). Gefährdet ist die Art nicht überall, in den Gebirgen tritt sie in entsprechender Höhenlage sogar regelmäßig bis häufig auf. Hingegen ist sie im Flachland deutlich seltener, teilweise stark zurückgegangen oder bereits ausgestorben bzw. verschollen (vgl. auch VON BRACKEL 2013a).

2 Merkmale und Verwandtschaft

Durch die Farbe ihres Lagers (Thallus) ist die Große Landkartenflechte durchaus auffällig. Die Farbe rührt von Tetransäuren des Pulvinsäuretyps her (DOLL 1982). Sie schwankt von einem leuchtenden, eher helleren Gelb (fast zitronengelb) bis hin zu einem hellen, gelblichen, mitunter auch olivfarbenen Grün. MOBERG & HOLMÅSEN (1992) betonen, dass in Skandinavien zwei Farbtypen existieren: Im Süden sei das Lager gelbgrün, im Gebirge intensiv gelb. In Mitteleuropa sind diese räumlichen Unterschiede nicht so deutlich; vielmehr lassen sich im Hochgebirge (selbst studiert in der Hohen Tatra) nebeneinander eher grüne und eher gelbe Typen beobachten, was auf verschiedene Sippen hindeutet.



Abb. 3: *Rhizocarpon geographicum* (Krs. Soest/NRW, 01.11.2012, B. MARGENBURG).

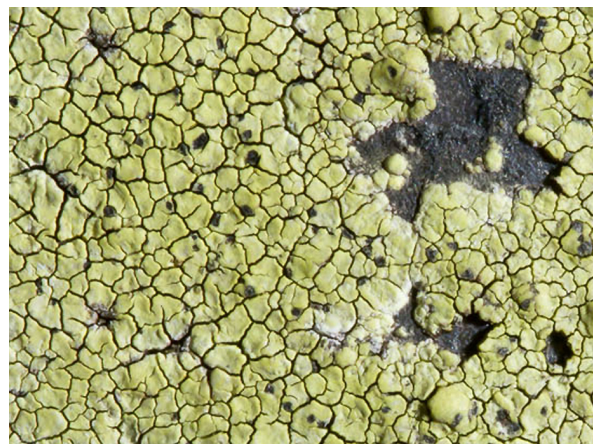


Abb. 4: *Rhizocarpon geographicum*, vergrößertes Detail aus der Abb. 3 (Krs. Soest/NRW, 01.11.2012, B. MARGENBURG).

Aufgeteilt ist der krustige Thallus mehr oder weniger mosaikartig in bis etwa 2 mm breite, eckige, flache bis schwach gewölbte Felder (Areolen), zwischen denen der Prothallus in Form dünner, aber verschieden breiter schwarzer Linien und manchmal deutlich breiterer,

teilweise rundlicher, trapezförmiger oder fast dreieckiger schwarzer Felder angeordnet ist ("Landkartenmuster"). Auch am Rand der Individuen macht sich der Prothallus als ziemlich breite schwarze Umgrenzung bemerkbar. Die Apothecien liegen am Rand der Areolen (dadurch gelegentlich scheinbar auf dem Prothallus) und sind ebenfalls schwarz, in der Form unregelmäßig, bis 1,5 mm im Durchmesser. Die Sporen sind braun oder grünlich (dunkel olivfarben), groß (20-40×10-20 Mikrometer), mehrzellig (nach WIRTH & al. 2013 mindestens sechszellig; eigene Proben aus verschiedenen Regionen Deutschlands zeigten regelmäßig zwischen 8 und 11 Zellen im mikroskopischen Schnitt), ausgewachsen mauerförmig bzw. mit zahlreichen Quer- und Längswänden, diese teilweise auch etwas diagonal eingezogen, wodurch die Zellen z. T. sehr ungleich in Größe und Form sind.

An Farbtests mit Chemikalien zeigt sich das Mark des Lagers hinsichtlich Chlorkalk bzw. Natriumhypochlorid bei einigen Individuen rot, bei anderen ergibt sich keine Reaktion; gleiches gilt für para-Phenylendiamin, wo teilweise eine gelblichorange Färbung auftritt, bei anderen Exemplaren ist wiederum keine Färbung festzustellen. Auch bei Beleuchtung mit UV-Licht sind Unterschiede bei verschiedenen Individuen bzw. Populationen festzustellen: Meist ist keine Färbung erkennbar, seltener ergibt sich ein tiefes Orange (DOBSON 2005 erwähnt dies ausschließlich für die Vorkommen auf den Britischen Inseln, während WHELAN 2011 für Irland nur UV negativ angibt). Für das Epihymenium (oberste Gewebeschicht der Apothecien) zeigt sich schließlich bei Anwendung von Kalilauge in Abhängigkeit von der Population eine ganze Bandbreite an Reaktionen: Von keiner Reaktion über schwache grünliche bis bräunliche oder orange Färbungen bis hin zu leuchtendem Rot (vgl. DOBSON 2005).

Rhizocarpon geographicum zeigt eine hohe phänotypisch-morphologische Veränderlichkeit, was, wie erwähnt, auch die Farbe des Thallus einbezieht, sowie (wie ebenfalls gezeigt) eine Variabilität in den Reaktionen auf Tests mit Chemikalien, auf verschiedene Chemotypen hindeutend (vgl. auch POELT 1988). Eine Modifikationsbreite dürfte bei allen diesen Phänomenen ebenso eine Rolle spielen wie erbkonstante Merkmalsabweichungen. Deshalb wird die Art seit einiger Zeit als Komplex verstanden (*R. geographicum* s. lat. oder agg.), hinter dem mehrere, teils wohl auch kryptische Sippen stehen könnten. Allerdings fehlen bislang umfassende taxonomische Arbeiten zur Gliederung dieses mutmaßlichen Komplexes (vgl. u. a. POELT 1988, WIRTH 1995). Gelegentlich werden einzelne Unterarten erwähnt; ob diese Rangstufe bei den betreffenden Sippen, die ursprünglich als Arten beschrieben wurden, jedoch akzeptabel ist, erscheint zweifelhaft, zumal sie meist von *R. geographicum* in einem engeren Sinne (aber einschließlich der dargestellten Variabilität) klarer abzugrenzen sind.

Während die Gattung *Rhizocarpon* früher der Familie *Lecideaceae* zugeordnet wurde, gilt sie heute allgemein als Typusgattung einer eigenen Familie *Rhizocarpaceae* (vgl. u. a. LUMBSCH & HUHDORF 2007). Die Gattung *Rhizocarpon* ist kosmopolitisch verbreitet, mit deutlichem Schwerpunkt in den gemäßigten bis kalten Regionen, wobei die weltweite Zahl der Arten offenbar strittig ist, da zahlreiche kryptische Sippen vermutet werden. In Deutschland wurden etwa 40 Arten nachgewiesen (WIRTH & al. 2011, 2013). Von diesen sind 16 Arten in Nordrhein-Westfalen gefunden worden (HEIBEL 1999, BÜLTMANN & al. 2011), unter ihnen kann nur die ebenfalls mit grünlichgelben Lagern versehene Kleine Landkartenflechte (*Rhizocarpon lecanorinum* ANDERS) als entfernt ähnlich – bei einer weiteren Verbreitung vor allem im Bergland – angesehen werden, die aber rundliche und rundlich-lappige, um 1 mm breite Areolen besitzt, wodurch der Thallus etwas unstrukturiert, wie gehäuft aussieht; die Apothecien werden von den Areolen oft sichelförmig umschlossen. Die anderen *Rhizocarpon*-Arten in NRW weisen hinsichtlich des Thallus überwiegend eine andere, graue bis

braune (z. T. auch rötliche) Färbung auf und können nicht mit *R. geographicum* verwechselt werden. Unter ihnen sind die Dunkle Landkartenflechte (*R. reductum* TH. FR.; syn.: *R. obscuratum* auct., unter letzterem Namen bei HEIBEL 1999) und die Braune Landkartenflechte (*R. distinctum* TH. FR.) die hinsichtlich ihrer Verbreitung und Häufigkeit bedeutendsten. Beide Arten kommen vor allem im Mittelgebirge an Felsen und solitären Steinen vor, wachsen aber auch in Siedlungsgebieten, dabei auch im Flachland, an anthropogen verändertem, gemauertem Gestein wie Grabsteinen und Einfassungen (Näheres zur Bestimmung wichtiger Arten dieser Verwandtschaft siehe bei IHLEN 2004).

Der Großen Landkartenflechte strukturell ähnlicher können Arten anderer Gattungen (und Familien) sein, die aber durch ganz andere Thallusfarben deutlich abweichen (vgl. z. B. die graue *Fuscidea kochiana* auf dem Foto von *Rhizocarpon geographicum* bei WIRTH & DÜLL 2000: 137).

3 Ökologie, Verbreitung und Gefährdung

Rhizocarpon geographicum ist eine charakteristische gesellige Pionierart auf hartem, nicht porösem Silikatgestein aller Art und wächst sogar direkt auf Quarz. Dabei gehört sie zu den Arten, die Minerale in den Gesteinen umwandeln bzw. neu bilden können (vgl. u. a. ASCASO & al. 1976). Die Art meidet basenreiche Gesteine, erscheint aber auch auf basischen Silikaten gelegentlich, dann einzeln und deutlich weniger vital. Vorzugsweise werden kühle belichtete Felsen und Steine besiedelt, die stärker und regelmäßig dem Regen ausgesetzt sind, während zu sehr beschattete und vor allem wärmere, trockene, regen- und sickerwassergeschützte Bereiche von ihr weitgehend unbewohnt bleiben. Neben Felsen im eigentlichen Sinne werden auch mehr oder weniger solitäre und erratische Gesteinsblöcke eingenommen, so Geröll, Blockhaldensteine und Findlinge. Wenn die Befeuchtung stimmt (in niederschlagsreichen Gebieten), kann sie auch an anthropogen beeinflussten Gesteinssubstraten wachsen, so auf Steinriegeln, Lesesteinhaufen, Grabsteinen und Dachziegeln nach Auswaschung der basischen Bestandteile (siehe auch das Foto von STAPPER bei VON BRACKEL 2013a) sowie Mauerkronen. Selbst an verbrachten Geröllsteinen und Findlingen (z. B. in Gärten) kann sie unter entsprechenden klimatischen Bedingungen überdauern oder neu erscheinen. Neuerlich ist sogar ein Vorkommen auf Eisenbahnschotter bekannt geworden (vgl. ZIMMERMANN & GUDERLEY 2012). Angesichts ihrer Wuchspräferenzen kann diese Art als Säure- und (Luft-) Feuchtezeiger gelten, während sie hinsichtlich einer Exposition gegenüber Stickstoff als negativer Indikator fungiert, da sie stickstoffreiche Standorte weitgehend meidet (zur Ökologie vgl. weiterhin die einschlägigen Flechtenführer und Monographien, vor allem WIRTH & al. 2013, sowie auch ARMSTRONG 2011).

Bemerkenswert erscheint, dass *Rhizocarpon geographicum* in Amman in Jordanien eine typische Art der Mauern und Dächer an den Hauptstraßen darstellt, wo sie als Bioindikator für Luftverschmutzung eingesetzt wird (Näheres bei JIRIES & al. 2008).

Flechtensoziologisch gesehen ist die Große Landkartenflechte Charakterart der *Rhizocarpetea geographici* WIRTH 1972 der Klasse der Silikatfelsflechtengesellschaften, wodurch ihre bedeutende Stellung innerhalb dieser deutlich wird (vgl. WIRTH 1972, 1995). Folglich kommt sie als insgesamt kosmopolitische Art in nahezu allen Silikatfelsengebieten vor. Wo diese große Landstriche einnehmen und zugleich die klimatischen Bedingungen stimmen (in den wärmeren Regionen weicht sie ganz in die Höhenlagen aus), ist sie fast überall zu finden, so in den Hochgebirgen meist häufig, in den Mittelgebirgen vor allem in den höheren Lagen regelmäßig, während sie im Flachland deutlich seltener ist und hier mit dem Abräumen und neuerlich auftretender Beschattung (durch Sukzession in Folge von Nutzungsaufgabe sowie Ausbreitung von nitrophilen Hochstauden) von Findlingen, Lese-

steinen und Steinriegeln auch stärker gefährdet, in einigen Gebieten fast ausgestorben oder verschollen ist (so in Schleswig-Holstein, vgl. u. a. DOLNIK & al. 2010, VON BRACKEL 2013a; im benachbarten Mecklenburg-Vorpommern hingegen ist sie "nur" auf der Vorwarnliste geführt, siehe LITTERSKI & SCHIEFELBEIN 2007).

Für Nordrhein-Westfalen ist *Rhizocarpon geographicum* in der Roten Liste als ungefährdet eingestuft (BÜLTMANN & al. 2011). Wenn LAHM (1885) die Art für Westfalen als im Tiefland und in Kalkgebieten „seltener“, „sonst“ – also in den silikatischen Mittelgebirgsregionen – als "häufig und stellenweise gemein" bezeichnet, muss allerdings von einem Rückgang ausgegangen werden. Auch wenn man berücksichtigt, dass LAHMs Beobachtungen überwiegend regional beschränkt waren, teils zudem auf einzelne Gewährsleute zurückgehen und er für das Gesamtgebiet "hochgerechnet" hat, wobei ihm sicherlich einige Fehler unterlaufen sind, so muss er doch einen Eindruck auf seinen Exkursionen gewonnen haben, die ihn zu diesen Angaben führten. Die wenigen aktuellen (und historischen) Nachweise, die bei HEIBEL (1999) angeführt und in der Verbreitungskarte wiedergegeben werden, stehen dazu in keinem Verhältnis, obwohl sie bis heute weitgehend den Kenntnisstand konkreter Vorkommen zutreffend abbilden. So sind aktuelle Populationen bekannt aus dem Teutoburger Wald, dem Desenberg bei Warburg, aus dem Süderbergland von Felsgebieten im Raum Olsberg/Bestwig/Brilon (inzwischen mehrere Nachweise gegenüber HEIBEL 1999) sowie dem Renautal, in jüngerer Zeit auch weiter nördlich mehrfach im Raum Warstein/Rüthen, während die Art im Rheinland bei Solingen, im Siebengebirge sowie mehrfach in der Eifel nachgewiesen wurde, neuerdings zudem in Wuppertal (auf Bahnschotter in Vohwinkel, vgl. ZIMMERMANN & GUDERLEY 2012). Von einer häufigen oder „gemeinen“ Art kann jedoch kaum gesprochen werden; vor diesem Hintergrund ist die Große Landkartenflechte mit Sicherheit deutlich zurückgegangen und doch besser als gefährdet einzustufen – selbst in den Silikatgebirgsregionen, z. B. durch Steinbruchtätigkeit und gewiss nicht zuletzt durch den seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nochmals zugenommenen Nutzholz-, insbesondere Fichtenanbau, infolgedessen zahlreiche ehemals offene Felspartien beschatteten. Aus dem Flachland existieren keine aktuellen Nachweise, sodass bei einer Regionalisierung der Gefährdungseinstufung hier sogar von der Kategorie "ausgestorben oder verschollen" auszugehen ist.

4 Biologische Besonderheiten und Kuriositäten

Die Große Landkartenflechte lebt gesellig und kommt nur selten in Einzelindividuen vor, weshalb viele Vorkommen schon von weitem erkennbar sind. Die Größe insbesondere der Individuen gibt Aufschluss über ihr Alter. Generell gilt *Rhizocarpon geographicum* als langsamwüchsige Art. So wird ein Jahreszuwachs von 0,25-0,6 mm angegeben (HENNSEN & JAHNS 1974) oder ein durchschnittlicher Zuwachs von 15 mm in 100 Jahren (SCHÖLLER 1997). Auf Livingston Island in der Antarktis konnte auf einer Moräne innerhalb von vier Jahren ein Zuwachs von 0,9 cm konstatiert werden (SANCHO & VALLADARES 1993, vgl. auch KAPPEN 1997). Forschungen dieser Art existieren viele, unter ihnen werden weitere Werte u. a. genannt von PROCTOR (1983), MAHANEY (1987), ARMSTRONG (diverse Arbeiten, auch mit Co-Autoren, zusammenfassend 2011, darin sämtliche Studien genannt), sowie wohl nach mehreren Quellen auch bei VON BRACKEL (2013a); dort wie auch bei ARMSTRONG (2011) wird betont, dass für die Wachstumsraten ein Zusammenhang mit der geographischen Breite bzw. der Meereshöhe einerseits, andererseits mit dem Alter der Lager existiert. Demnach wächst diese Art zumindest in der Arktis in der Jugend schneller, wodurch sich frühere Angaben von Wachstumsraten relativieren und die jeweiligen Untersuchungsgebiete zu berücksichtigen sind (detaillierter bei BRADWELL & ARMSTRONG 2006, ARMSTRONG 2011). Dabei kann die Art zudem sehr alt werden: FEIGE & KREMER (1979) nennen nach verschie-

denen Quellen Einzelthalli mit einem Alter von 350 bis 1300 Jahren aus den Gletschervorfeldern der Alpen sowie von über 4000 Jahren aus Grönland. Bei Bekanntheit der Wachstumsrate kann die Landkartenflechte zur Datierung des Zeitraums benutzt werden, in dem Gesteine frei liegen, z. B. nach Gletscherrückzügen (lichenometrische Methode bzw. Lichenometrie, hierzu vgl. BESCHEL 1961, CHAUJAR 2006, ARMSTRONG 2011 und dort genannte Quellen).

Als komplexer lichenisierter Schlauchpilz (wie eine Flechte biologisch korrekter zu bezeichnen ist), der in Symbiose mit einer Alge (Gattung *Trebouxia*) lebt, nimmt die Große Landkartenflechte wie andere Flechten auch eine Wirtspflanze für mehr oder minder nahe verwandte lichenicole (flechtenbewohnende) und flechtenparasitische Arten ein. VON BRACKEL (2013a) weist auf 13 lichenicole Pilzarten und 7 parasitische Flechtenarten hin (zu den Parasiten vgl. HAFELLNER 2006, der sogar 8 Arten nennt; jüngst hat VON BRACKEL 2013b den lichenicolen Pilz *Pronectria rhizocarpicola* auf *Rhizocarpon geographicum* beschrieben, damit erstmals eine *Pronectria*-Art auf der Landkartenflechte). Andererseits kann die Große Landkartenflechte auch allelopathisch auf andere Flechtenarten wirken, die versuchen, sich neben ihr anzusiedeln (vgl. für Details ARMSTRONG 2011).

In jüngster Zeit ist *Rhizocarpon geographicum* als "Astronaut" bekannt geworden: Im Rahmen der Lithospanspermia-Experimente zur Frage, ob das Leben im Weltraum entstanden sein kann, wurde sie zehn Tage den dortigen Bedingungen ausgesetzt, was sie überstand – jedoch nicht den Wiedereintritt in die Erdatmosphäre (vgl. VON BRACKEL 2013a). Inzwischen sind einige Experimente ausgewertet worden, z. B. bei SANCHEZ & al. (2013) zur UV-C-Toleranz der symbiotischen Alge in der Flechte, welche z. T. sehr komplexe Ergebnisse lieferten.

Zum Schluss: Hin und wieder wird als zusätzlicher deutscher Name für *Rhizocarpon geographicum* die Bezeichnung "Geographenflechte" erwähnt. Nach MARZELL (1977) erscheint dieser Name zuerst bei WARBURG (1913). Diese Benennung hat allerdings weniger damit zu tun, als dass es sich um die "Lieblingsflechte" der Geographen handeln könnte; vielmehr neigen Organismenforscher im Alltagsgebrauch gelegentlich dazu, einen deutschen Namen aus vergleichbaren wissenschaftlichen Namensteilen zu bilden, auch wenn die Grammatik des Originals dabei außer Acht gelassen wird, so dass die "Übersetzung" eigentlich falsch ist ("*geographicum*" heißt schließlich nicht "der Geographen", wie jeder Lateinkundige sofort bemerken wird) – "Geographenflechte" dürfte in dieser Hinsicht ein typisches Beispiel sein.

Danksagung

Für die Bereitstellung von Fotos bedanken wir uns herzlich bei BERND MARGENBURG (Bergkamen) und Prof. Dr. THOMAS SCHMITT (Bochum),

Literatur

- ARMSTRONG, R. A. 2011: The biology of the crustose lichen *Rhizocarpon geographicum*. – *Symbiosis* 55(2): 53-67.
- ASCASO, C., GALVAN, J. & ORTEGA, C. 1976: The pedogenic action of *Parmelia conspersa*, *Rhizocarpon geographicum* and *Umbilicaria pustulata*. – *Lichenologist* 8: 151-171.
- BESCHEL, R. E. 1961: Dating rock surfaces by lichen growth and its application to glaciology and physiography (lichenometry). – In: RAASCH, G. (ed.): *Geology of the Arctic: proceedings of the first international symposium on Arctic Geology*. Vol. 2: 1044-1062. – Toronto: Toronto Univ. Press.
- VON BRACKEL, W. 2013a: Die "Landkartenflechte", *Rhizocarpon geographicum*, ist die Flechte des Jahres 2014. – URL: <http://www.blam-hp.eu/mofledJ14.html> [21.02.2014].
- VON BRACKEL, W. 2013b: *Pronectria rhizocarpicola*, a new lichenicolous fungus from Switzerland. – *Mycosphere* 4(5): 926-928.
- BRADWELL, T. & ARMSTRONG, R. A. 2006: Growth rates of *Rhizocarpon geographicum* lichens: a review with new data from Iceland. – *J. Quaternary Sci.* 22(4): 311-320.

- BÜLTMANN, H., GUDERLEY, E., ZIMMERMANN, D. G. & WAGNER, H.-G. 2011: Rote Liste und Artenverzeichnis der Flechten und flechtenbewohnenden Pilze in Nordrhein-Westfalen. – LANUV-Fachbericht 36: 303-344.
- CHAUJAR, R. K. 2006: Lichenometry of yellow *Rhizocarpon geographicum* as database of the recent geological activities in Himachal Pradesh. – Current Science 90(11): 1552-1554.
- DOBSON, F. S. 2005: Lichens. An Illustrated Guide to the British and Irish Species, 5. Aufl. – Slough: Richmond.
- DOLL, R. 1982: Flechten. – Die Neue Brehm-Bücherei 40. – Wittenberg: A. Ziemsen.
- DOLNIK, C., STOLLEY, G. & ZIMMER, D. 2010: Die Flechten Schleswig-Holsteins. Rote Liste. – Schriftenr. LLUR SH – Natur – RL 21. Kiel.
- FEIGE, G. B. & KREMER, B. P. 1979: Flechten – Doppelwesen aus Pilz und Alge. – Stuttgart: Franckh.
- GENAUST, H. 2005: Etymologisches Wörterbuch der botanischen Pflanzennamen. – Hamburg: Nikol.
- HAFELLNER, J. 2006: Lecideoid lecanoralean ascomycetes invading *Rhizocarpon* subgen. *Rhizocarpon* taxa, with special emphasis on cryptothalline species. – Fritschiana 52: 31-48.
- HEIBEL, E. 1999: Untersuchungen zur Biodiversität der Flechten in Nordrhein-Westfalen. – Abh. Westf. Mus. Naturkde. (Münster) 61(2).
- HENSSEN, A. & JAHNS, H. M. 1974: Lichenes. Eine Einführung in die Flechtenkunde. – Stuttgart: Thieme.
- VAN HERK, K. & APTROOT, A. 2004: Veldgids Korstmossen. – KNNV Veldgids No. 19. Utrecht.
- IHLEN, P. G. 2004: Taxonomy of the non-yellow species of *Rhizocarpon* (*Rhizocarpaceae*, lichenized *Ascomycota*) in the Nordic countries, with hyaline and muriform ascospores. – Mycol. Res. 108(5): 533-570.
- JIRIES, A. G., BATARSEH, M. I., EL-HASSEN, T., ZIADAT, A. H., AL-NASIR, F. & BERDANIER, B. W. 2008: Lichens (*Rhizocarpon geographicum* (L.) DC.) as a Biomonitor for Atmospheric Pollution in Amman City, Jordan. – Environmental Bioindicators 3: 106-113.
- KAPPEN, L. 1997: Flechten in der Antarktis. – In: SCHÖLLER, H. (Ed.): Flechten. Geschichte, Biologie, Systematik, Ökologie, Naturschutz und kulturelle Bedeutung. Kleine Senckenberg-Reihe 27: 149-156.
- LAHM, G. 1885: Zusammenstellung der in Westfalen beobachteten Flechten unter Berücksichtigung der Rheinprovinz. – Münster.
- LITTERSKI, B. & SCHIEFELBEIN, U. 2007: Rote Liste der Flechten Mecklenburg-Vorpommerns, 2. Fassg. – Hrsg.: Ministerium f. Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin.
- LUMBSCH, H. T. & HUHDORF, S. M. 2007: Outline of *Ascomycota*. – Myconet 13: 1-58.
- MAHANEY, W. C. 1987: Tentative Growth Curve for *Rhizocarpon geographicum* s. l. in Stroud Basin, Wind River Range, Western Wyoming. – Northwest Science 61(1): 13-19.
- MARZELL, H. 1977: Wörterbuch der deutschen Pflanzennamen, Bd. 3. – Leipzig: S. Hirzel.
- MOBERG, R. & HOLMASEN, I. 1992: Flechten von Nord- und Mitteleuropa. – Stuttgart, Jena, New York: Gustav Fischer.
- POELT, J. 1988: *Rhizocarpon* RAM. em. TH. FR. subgen. *Rhizocarpon* in Europe. – Arctic and Alpine Research 20(3): 292-298.
- SANCHEZ, F. J., MEESSEN, J., DEL RUIZ, C., SANCHO, L. G., OTT, S., VILCHEZ, C., HORNECK, G., SADOWSKY, A. & DE LA TORRE, R. 2013: UV-C tolerance of symbiotic *Trebouxia* sp. in the space-tested lichen species *Rhizocarpon geographicum* and *Circinaria gyrosa*: role of the hydration state and cortex/screening substances. – Int. J. Astrobiol. 13(1): 1-18.
- SANCHO, L. G. & VALLADARES, F. 1993: Lichen colonisation of recent moraines on Livingston Island, South Shetland Islands, Antarctica. – Polar Biol. 13: 227-233.
- SCHÖLLER, H. 1997: Flechten und Mensch. – In: SCHÖLLER, H. (Ed.): Flechten. Geschichte, Biologie, Systematik, Ökologie, Naturschutz und kulturelle Bedeutung. Kleine Senckenberg-Reihe 27: 185-211.
- WARBURG, O. 1913: Die Pflanzenwelt, Bd 1. – Leipzig, Berlin: Bibliograph. Institut.
- WHELAN, P. 2011: Lichens of Ireland. – Cork: The Collins Press.
- WIRTH, V. 1972: Die Silikalflechten-Gemeinschaften im außeralpinen Zentraleuropa. – Lehre: Cramer.
- WIRTH, V. 1995: Die Flechten Baden-Württembergs. 2 Bände. – Stuttgart: Ulmer.
- WIRTH, V. & DÜLL, R. 2000: Farbatlas Flechten und Moose. – Stuttgart: Ulmer.
- WIRTH, V., HAUCK, M., BRACKEL, W. v., CEZANNE, R., DE BRUYN, U., DÜRHAMMER, O., EICHLER, M., GNÜCHTEL, A., JOHN, V., LITTERSKI, B., OTTE, V., SCHIEFELBEIN, U., SCHOLZ, P., SCHULTZ, M., STORDEUR, R., FEUERER, T. & HEINRICH, D. 2011: Rote Liste und Artenverzeichnis der Flechten und flechtenbewohnenden Pilze Deutschlands. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(6): 7-122.
- WIRTH, V., HAUCK, M. & SCHULTZ, M. 2013: Die Flechten Deutschlands, Bd 2. – Stuttgart: Ulmer.
- ZIMMERMANN, D. G. & GUDERLEY, E. 2012: Flechten und flechtenbewohnende Pilze auf dem Gelände des ehemaligen Rangierbahnhofes Wuppertal-Vohwinkel (VohRang) unter besonderer Berücksichtigung ephemerer Arten. – Jahresber. Naturwiss. Ver. Wuppertal 62: 223-240.