MÖSELER, B. M. & MOLENDA, R., Hrsg., 1999, Lebensraum Blockhalde, 43-47

Kaltluftströme auf Blockhalden und ihre Auswirkungen auf Flora und Vegetation

Cold airstreams within block fields and their influence on flora and vegetation

BODO MARIA MÖSELER und JÖRG WUNDER

Kurzfassung: Im Rheinischen Schiefergebirge zeigen isolierte, nordexponierte Blockhalden vereinzelt eine Vegetation und Flora mit borealem oder boreomontanem Verbreitungsschwerpunkt. Als Ursache hierfür konnten mit Hilfe langfristiger Temperaturmessungen Kaltluftströme im Haldenbereich ermittelt werden. Jahresmitteltemperatur und Jahresgang der Temperatur könnten auf isolierte außeralpine Pemafrostvorkommen deuten.

Schlagworte: Mikroklima, Kaltluft, Blockhalden, Basaltblöcke, Vegetationsökologie

Abstract: In the Rhenian Massif isolated north exposed slopes with extensive blocks locally are covered by vegetation and flora of boreal or boreo-montainous character. The special nature of these stands is caused by cold airstreams coming out of the ground, which are identified by longtime measurements of different microclimate parameters. The mean annual temperature and the annual course of temperature presumably indicate permanent underground ice outside the Alpes.

Keywords: microclimate, cold airstreams, block fields, basaltic blocks, vegetation ecology

Einleitung

Mitteleuropa ist durch ein mehr oder weniger mild-humides zonales Klima gekennzeichnet. Dieses ist im Westen stärker ozeanisch und Osten stärker kontinental getönt. Niederschlagsreiche Sommer und milde Winter in Verbindung mit ausgeprägten Übergangsjahreszeiten sind charakteristisch. Unter diesen klimatischen Bedingungen bilden nahezu flächendeckend sommergrüne Laubmischwälder die potentielle natürliche Vegetation. Dabei handelt es sich vor allem um Buchenwälder, die hier ihr Kernareal besitzen.

Auffallende Abweichungen von diesen großklimatischen Bedingungen sind in der Regel nur lokal entwickelt. Sie werden meist durch Höhenlage, Exposition und Inklination des Standortes hervorgerufen. Die daraus folgende thermische Differenzierung der Landschaft wirkt sich auf die Vegetation aus: Die in diesem Zusammenhang verwendete Bezeichnung „Begünstigung" wird meist ohne Zögern als „warm und trocken" aufgefaßt, gleichsam von der Sonne verwöhnt. Verständlich, gilt doch schon seit den Zeiten der prähistorischen Feldgraswirtschaft den „mikroklimatisch begünstigten", weil warmen Standorten im lokal- bis regionalklimatisch geprägten Landschaftsmosaik große Aufmerksamkeit (PAFFEN 1940). Diese anthropozentrische Wahrnehmung wirkt nicht nur im Hinblick auf eine potentielle Besiedlung und mögliche landwirtschaftliche Nutzung durch den Menschen. Auch in der Vegetationskunde impliziert die Standortqualität „mikroklimatische Begünstigung" in der Regel Wärme und Trockenheit. Aus diesen beiden Faktoren resultierende biogeographische Besonderheiten und spezifische ökologische Adaptationen an die mancherorts ausgeprägt xerothermen Verhältnisse sind sicherlich auch deshalb in der Regel sehr gut erforscht.

In den vergangenen Jahren wurden jedoch verstärkt standortökologische, floristisch-vegetationskundliche und faunistische Untersuchungen auf nordexponierten und kühlebetonten Hängen durchgeführt (MOLENDA 1996 a,b, WUNDER & MÖSELER 1996, MOLENDA et al. 1997, HACHTEL et al. 1999, MOLENDA, R. 1999, WUNDER 1999).

Für die vegetationsökologischen Untersuchungen wurden periglaziale Blockhalden des Rheinischen Schiefergebirges (zunächst das Hundsbachtal bei Gerolstein (WUNDER & MÖSELER 1996), später das Warchetal nahe Malmedy (HACHTEL et al. 1999)) ausgewählt, deren Flora und Vegetation gleichfalls extrazonale, jedoch kühle- und feuchtigkeitsbedingt nordisch getönte Züge aufweisen. Im Vordergrund standen mikroklimatische Dauermessungen von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit, daneben wurden floristische und vegetationskundliche Bestandsaufnahmen durchgeführt. Vorrangig interessierte:

- Welche spezifischen mikroklimatischen Verhältnisse herrschen auf den untersuchten Blockhalden?
- Gibt es Koinzidenzen zwischen Vegetation und Mikroklima?

Methoden

Die Vegetation wurde nach BRAUN-BLANQUET (1964) erfaßt und syntaxonomisch nach OBERDORFER (1992a, 1992b) gegliedert. Die floristische Inventur der Gefäßpflanzen, Moose und der zum Teil miterfaßten Flechten richtet sich nomenklatorisch nach verschiedenen Autoren (siehe hierzu WUNDER & MÖSELER 1996). Mit der Taxonomie von *Betula pubescens* ssp. *carpatica* KOCH wird Bezug auf OBERDORFER (1990) genommen, da dieses Taxon in EHRENDORFER nicht weiter differenziert wird.

Mittels selbständig aufzeichnender Datalogger der Firma GRANT-Instruments (Squirell meter/logger Typ SQ8-3U/1L u. SQ32-16U mit Minithermistor-Temperatursonden) wurden in den bodennahen Luftschichten die Lufttemperaturen erfaßt. An vier verschiedenen Orten (SE-exponierter Hang: offene und bewaldete Halde, NW-exponierter Hang: offene und bewaldete Halde) wurden die Temperaturen an drei unterschiedlichen Stellen gemessen:

- in 20 cm Höhe (Meßfühler in einem Strahlungsschutz)
- innerhalb eines Moospolsters auf einem Basaltblock
- in einem lufterfüllten Raum zwischen den Blöcken

13 Monate lang, vom 08.08.1992 bis zum 21.09.1993, wurden im Sommer alle 15 und im Winter alle 30 Minuten die Lufttemperatur an diesen Stellen registriert. Die Auswertung der pflanzensoziologischen Aufnahmen und der ca. 400.000 mikroklimatischen Einzeldaten erfolgte unter Verwendung eines PC und kommerzieller Software (GRANT Instr. Ltd.: Squirrel Data Analysis, MICROSOFT: Excel) (vgl. hierzu WUNDER & MÖSELER 1996). Das Strahlungsklima wurde an denselben Stellen mit Hilfe hemisphärischer Photographien dokumentiert und analysiert (WUNDER 1999).

Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen wurden im Hundsbachtal südlich Gerolstein in der Eifel vorgenommen. Dieses Tal bildet den Durchbruch des Hundsbachs zur Kyll durch einen nach NE verlaufenden Lavastrom des SW vom Hundsbach liegenden tertiären Vulkans Kalem, der das unterdevonischen Grundgebirge hier überdeckt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Hinblick auf sämtliche Ergebnisse der hier beschriebenen Untersuchungen sei ausdrücklich auf WUNDER & MÖSELER (1996) hingewiesen, wo diese bereits ausführlich dargestellt wurden. Dies gilt vor allem für die floristisch-vegetationskundlichen, aber auch für die mikroklimatischen Befunde, die hier – die Meßstellen auf den offenen Halden betreffend – nur kurz zusammenfassend dargestellt werden sollen. Im Hinblick auf den Strahlungshaushalt der Blockhalden sei auf WUNDER (1999) im vorliegenden Symposiumsband verwiesen.

Vegetationskundlich ist die nordwestexponierte Blockhalde im Hundsbachtal durch das Auftreten des Betulo carpaticae-Sorbetum LOHM. & BOHN 72 gekennzeichnet (LOHMEYER & BOHN 1972, BOHN 1981, MATZKE 1990). In dem flächenmäßig dominierenden, gehölzfreien Bereich findet sich ein großer Bestand der *Saxifraga sponhemica*-Gesellschaft (KORNECK 1974).

Die klimatischen Messungen zeigten an beiden Meßstellen der offenen Halde teils erwartete, teils unerwarte Ergebnisse:

SE-exponierter Hang

Das Temperaturgeschehen des südostexponierten Hanges verlief erwartungsgemäß. Mit abnehmender Höhe über Grund nahm die Lufttemperatur immer mehr zu. Ohne das schützende Laubdach von Bäumen oder Sträuchern erreicht die Sonne die Haldenoberfläche ungehindert und kann die Moose und die Haldenoberfläche stark erwärmen. Daher wurden im Bereich der oberflächennahen Moospolster die höchsten Temperaturwerte ermittelt. Die niedrigsten Meßwerte stellten sich wie erwartet im Bereich der Blockzwischenräume ein (vgl. hierzu WUNDER & MÖSELER 1996).

NW-exponierter Hang

Weniger erwartungsgemäß fielen die Meßwerte auf dem NW-exponierten Hang aus. Im Gegensatz zum SE-exponierten Hang stieg nämlich die Temperatur mit abnehmender Höhe über Grund nicht an. Vielmehr sanken die Werte deutlich ab, so daß die Lufttemperatur innerhalb der Moospolster dauerhaft unterhalb der Lufttemperatur in 20 cm Höhe über Grund lag. Es zeigte sich die kleinflächige Bildung einer Inversionsschicht mit relativ niedrigen Temperaturwerten in unmittelbarer Bodennähe (vgl. hierzu WUNDER & MÖSELER 1996).

Die Inversion der bodennahen Luftschichten wird hervorgerufen durch an zahlreichen Stellen austretende Kaltluftströme. Dieses Phänomen ist einerseits durch die Blockhalde selbst und andererseits durch die besondere Struktur des lokalen Kalem-Basaltes begründet: Die wenigstens mehr als einen Meter, vermutlich sogar mehrere Meter mächtige Blockpackung schafft weitreichende, lufterfüllte Hohlräume. Die Blöcke ihrerseits haben ein großes Porenvolumen und besitzen somit zusätzlich eine außerordentlich große Oberfläche. Auf dieser kann im Haldeninneren vorhandenes Sickerwasser im Bereich der oberflächennahen Blockzwischenräume in größerer Menge verdunsten. Die für die Verdunstung aufzuwendende Energie wird der in den Zwischenräumen vorhandenen Luft entzogen. Die dichtere und schwerere Kaltluft strömt nach Abkühlung im Inneren der Halde hangabwärts. Schließlich tritt sie entweder am Hangfuß aus oder verläßt den Haldenkörper dort, wo pflanzlicher Bestandesabfall die Zwischenräume verstopft, den weiteren Abfluß verhindert und einen vorzeitigen Austritt der Kaltluft in den mittleren Partien der Halde erzwingt. An manchen warm-feuchten Sommertagen verursachen die Kaltluftaustritte deutlich sichtbare Schwaden von Bodennebel am Haldenfuß.

Bei optimaler Kühlung können auf diese Weise Minimalwerte erreicht werden, die der Kühlgrenze von Wasser bei den aktuell herrschenden Witterungsbedingungen (Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit) entsprechen. Dieser Grenzwert ist mit einem AßMANN-Aspirationspsychrometer nachweisbar, er wird am angefeuchteten Thermometer ermittelt. Die mit Kühlung durch Wasser erreichbaren Temperaturwerte liegen jedoch über Werten der Kaltluftquelle, hierzu eine Gegenüberstellung verschiedener Temperaturwerte, gemessen am 19. August 1995 auf dem NW-Hang des Hundsbachtales / Eifel – mit einem AßMANN-Aspirationspsychrometer – (nach WUNDER & MÖSELER 1996): - Voraussetzung für die Zulässigkeit einer solchen Gegenüberstellung ist die Annahme, daß die Verweildauer der Luft im Inneren der Halde nur kurz ist. Diese Hypothese stützt sich auf die geringe Hanglänge der Halden einerseits und die Geschwindigkeit der austretenden Kaltluft andererseits (bis zu 2 m sec^{-1}, gemessen am Fuß einer ähnlichen Halde bei Taben-Rodt a.d. Saar, im September 1997). - Folgende Temperaturwerte konnten am 19.8.1995 ermittelt werden:

aktuelle Temperatur der Außenluft (trockenes Thermometer)	22,5 °C
Temperatur der Kaltluftquelle	6,7 °C
Temperaturdifferenz Außenluft / Kaltluftquelle	**15,8 °C**
aktuelle Temperatur der Außenluft (trockenes Thermometer)	22,5 °C
aktuelle Kühlgrenze für H_2O (feuchtes Th. = verdunstungskalte Luft)	15,5 °C
durch die Verdunstungskälte erbrachte Abkühlung	**7,0 °C**
aktuelle Kühlgrenze für H_2O	15,5 °C
Temperatur der Kaltluftquelle	6,7 °C
zusätzlich zu erbringende Kühlung	**8,8 °C**

Die zusätzliche Kühlleistung, die am 19.8.1995 8,8 °C betrug, wird möglicherweise von einem weiteren Kühlmedium erbracht werden. Nach den Untersuchungen von THOMÄ (1841,1849, zitiert in STEINBACH 1954) ist möglicherweise das Auftreten eines massiven Eispanzers in den Blockzwischenräumern, wie dies von der Dornburg im Westerwald und anderen Blockhalden nachgewiesen und rezent beobachtbar ist, auch im Hundsbachtal für das Auftreten des Kaltluftphänomens verantwortlich. Darauf deuten auch die Befunde aus den 13-monatigen Dauermessungen hin, die einen allmählichen Anstieg der Kaltlufttemperatur an der Austrittsstelle dokumentieren. Vom Auftreten erster Fröste Ende November-Anfang Dezember an fällte diese Kurve dann deutlich ab, verbleibt im Winter auf niedrigem Niveau, um mit dem beginnenden Frühjahr dann allmählich wieder anzusteigen. Der Jahresgang der Tagesmitteltemperaturen unterstützt mithin die Hypothese vom Auftreten des Eises in der Weise, wie es STEINBACH (1954) nach seinen Untersuchungen an der Dornburg postulierte: sommerlicher Anstieg der Temperatur der

Kaltluft durch abnehmenden Kontakt zum Eis aufgrund des andauernden Abschmelzens. Damit koinzidieren z. B. die Beobachtungen von FURRER (1961, 1966) und MOLENDA (1996), die eine charakteristische endogene Dynamik dieses Phänomens beschreiben.

Durch die sommerliche Abkühlung der Luft in den Blockzwischenräumen kommt es zum ephemeren Auftreten von Kaltluftquellen an der Basis der Halde. Im Herbst stagniert dann der Abfluß von Kaltluft, um im Winter einem ebenso ephemeren Auftreten von relativ zur Umgebung warmer Luftaustritte am Haldenkopf zu weichen. Das Frühjahr ist erneut durch eine Phase der Stagnation gekennzeichnet, nach der die Abwärtsströmung von Kaltluft erneut einsetzt. Aufgrund der beobachtbaren mikroklimatischen Phänomene ist daher die Existenz von Permafrost im Haldenkörper des Hundsbachtales nicht grundsätzlich auszuschließen.

Während des gesamten Meßzeitraumes wurde eine Mitteltemperatur von nur 2,8 °C erreicht. Episodisch kann die Lufttemperatur der Kaltluftquelle sogar unter dem Gefrierpunkt liegen, so daß sich nach Beobachtungen von MOLENDA (mdl.) auch im Hochsommer kleine stalagmitenartige Kammeiskristalle bilden können.

Das Hundsbachtal ist – wenngleich der Bereich des Haldenkopfes durch den nicht genehmigten Abbruch des Nährfelsens empfindlich gestört ist – Naturschutzgebiet. Eine Abtragung der Blöcke, wie seinerseits von THOMÄ (STEINBACH 1954) an der Dornburg vorgenommen, ist nicht zu tolerieren.

Deshalb wurden im Frühjahr und Sommer 1998 auf unsere Anregung hin von Wissenschaftlern des Geographischen Institutes der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn unter Leitung von Dr. Lothar SCHROTT mit geophysikalischen Methoden Messungen zur Mächtigkeit der Blockpackung und zur Lokalisierung von Eis im Inneren der NW-exponierten Blockhalde des Hundsbachtales vorgenommen. Die Ergebnisse der geoelektrischen und schallseismischen Untersuchungen liegen derzeit noch nicht vor. Erst die Ergebnisse dieser Meßserie sowie die Klärung haldeninterner Energieflüsse können weitere Indizien respektive den definitiven Nachweis für das Auftreten von außeralpinem Permafrost im Rheinischen Schiefergebirge liefern.

Das ausgeprägte lokale Mikroklima der Blockhalden fördert eine extrazonale Flora, Vegetation und Fauna. Die tierischen und pflanzlichen Taxa weichen – wenigsten zum Teil – von der näheren und weiteren Umgebung deutlich ab. Eingebettet in eine Landschaft, deren Gesicht von mesophytischen Rotbuchen-Wäldern geprägt ist, bereichern als biogeographische Besonderheiten kältetolerante Arten und Pflanzengesellschaften mit borealer oder boreo-montaner, vereinzelt sogar arktischer Verbreitung das mitteleuroäische Floren- und Vegetationsinventar. Wie die Untersuchungen von MOLENDA (1996 b) zeigen, steht die Verbreitung der tierischen Organismen in Zusammenhang mit den letzten kontinentalen Vereisungen. Die rezenten Vorkommen dieser Taxa sind mithin als Relikte deren periglazialer Areale zu interpretieren.

Für das Hundsbachtal sind zu nennen: die mitteleuropäisch-endemische *Saxifraga sponhemica* C. C. GMEL. aus dem arktisch-praealpinen *Saxifraga decipiens* EHRH. s. str.-Komplex, die boreal verbreitete *Betula pubescens* ssp. *carpatica* (WILLD.) ASCH. & GR., die Flechte *Stereocaulon dactylophyllum* (FLÖRKE), die Moose *Marsupella funkii* (WEB. & MOHR) DUM. und *Andreaea rupestris* HEDW. sowie das Blockhalden-spezifische Betulo carpaticae-Sorbetum LOHM. & BOHN 72.

Durch das von Kaltluft geprägte Mikroklima der Blockhalden werden offensichtlich auch die folgenden Arthropoden gefördert: *Leptusa simoni*, Staphylinidae (Kurzflügelkäfer), ein stenotoper, stenothermer Kurzflügler aus dem Einflußbereich kaltlufterzeugender Blockhalden (MOLENDA et al. 1997), der im Hundsbachtal eine individuenreiche Population besitzt, sowie die Cryptocephalidae (Blattkäfer) *Cryptocephalus punctiger* und *Cryptocephalus frontalis*, zwei im Rheinland an *Betula pubescens* ssp. *carpatica* auf Blockhalden im Saarland bei Taben-Rodt nachgewiesene nordisch verbreitete Arten einer vorwiegend trocken-warme Standorte bewohnenden Familie (FRANK KÖHLER, Bonn, 1997, mündliche Mitteilung).

Literatur

BOHN, U. (1981): Vegetationskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:200 000 - Potentielle natürliche Vegetation - Blatt CC 5518 Fulda. - Schr.-R. f. Vegetationskde., Bonn-Bad Godesberg, **15**, 330 S.

BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie, 3. Aufl. Wien-New York, 865 S.

FURRER, E. (1961): Über „Windlöcher" und Kälteflora am Lauersee (Schwyz). - Ber. d. Geobot. Inst. d. ETH Zürich, Stifung Rübel, **32**, 83-96

FURRER, E. (1966): Kümmerfichtenbestände und Kaltluftströme in den Alpen der Ost- und Innerschweiz. - Schweiz. Z. f. Forstwes. **10**, 720-733

HACHTEL, M., WEDDELING, K. & MÖSELER, B. M. (1999): Zusammenhänge zwischen Mikroklima und Moosvegetation der Arkose-Blockhalden im Warchetal (Hohe Ardennen / Belgien) - in: MÖSELER, B. M. & MOLENDA, R. (Hrsg.): Lebensraum Blockhalde. - Decheniana-Beiheft, Bonn, **37**, 49-66

KORNECK, D. (1974): Xerothermvegetation in Rheinland-Pfalz und Nachbargebieten. Schr.-R. f. Vegetationskde, Bonn-Bad Godesberg, **7**

LOHMEYER, W. & BOHN, U. (1972): Karpatenbirkenwälder als kennzeichnende Gehölzgesellschaft der Hohen Rhön und ihre Schutzwürdigkeit. Natur u. Landschaft, BFANL, Bonn-Bad Godesberg, **47** (7), 196-200

MATZKE, G. (1990): Der Karpatenbirken-Ebereschen-Blockschuttwald - auch im Rheinischen Schiefergebirge. Decheniana, Bonn, **143**, 160-172

MOLENDA, R. (1996 a): Das Ökosystem "Kaltluft erzeugende Blockhalde". - Natur- und Kulturlandschaft, Heft **1**, 133-136

MOLENDA, R. (1996 b): Zoogeographische Bedeutung Kaltluft erzeugender Blockhalden im außeralpinen Mitteleuropa: Untersuchungen an Arthropoda, insbesondere Coleoptera. - Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg, (NF) **35**, 5-93

MOLENDA, R. (1999): Die Rolle von Blockhalden bei der Entstehung disjunkter Areale - Zoogeographische Aspekte. - in: MÖSELER, B. M. & MOLENDA, R. (Hrsg.): Lebensraum Blockhalde. - Decheniana-Beiheft, Bonn, **37**, 161-170

MOLENDA, R., WUNDER, J. & MÖSELER, B. M. (1997): *Leptusa simoni* EPPELSHEIM, 1878 (Coleoptera: Staphylinidae) in einer Kaltluft erzeugenden Basaltblockhalde im Hundsbachtal bei Gerolstein / Eifel. - Decheniana, Bonn, **150**, 321-327

OBERDORFER, E. (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora (6. Aufl.). Stuttgart, 1050 S.

PAFFEN, K. (1940): Heidevegetation und Ödlandwirtschaft. - Beiträge zur Landeskunde der Rheinlande, **3**, Serie 3, o. S.

STEINBACH, A. (1954): Beobachtungen und Messungen an Eishöhlen im Westerwald und in der Eifel. Jb. Nass. Ver. Naturkde., Wiesbaden, **91**, 8-36

WUNDER, J. (1999): Abschätzung des Strahlungsklimas geneigter Flächen durch hemisphärische Photographien am Beispiel des NSG Hundsbachtal / Eifel. - in: MÖSELER, B. M. & MOLENDA, R. (Hrsg.): Lebensraum Blockhalde. - Decheniana-Beiheft, Bonn, **37**, 67-80

WUNDER, J. & MÖSELER, B. M. (1996): Kaltluftströme auf Basaltblockhalden und ihre Auswirkung auf Mikroklima und Vegetation. - Flora **191**, 335-344

Anschrift der Autoren: Priv.-Doz. Dr. BODO MARIA MÖSELER, Dipl. Biol. JÖRG WUNDER, Institut für Landwirtschaftliche Botanik, Abt. Geobotanik und Naturschutz, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Meckenheimer Allee 176, D-53115 Bonn, email: moeseler@uni-bonn.de, BR Deutschland

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Decheniana

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: BH_37

Autor(en)/Author(s): Möseler Bodo Maria, Wunder Jörg

Artikel/Article: Kaltluftströme auf Blockhalden und ihre Auswirkungen auf Flora und Vegetation 43-47