

- : West-Pakistan: Entwicklungsprobleme in der Indusebene. In: Umschau in Wiss. u. Technik, Nr. 66, 1966, S. 541.
- BOESCH, H.: Bewässerungsprobleme in Westpakistan. In: Geogr. Helv., Jg. 17, 1962, S. 223–229.
- DETMANN, K.: Agrarkolonisation im Rahmen von Kanalbewässerungsprojekten am Beispiel des Fünfstromlandes. In: Göttinger Geogr. Abh., Nr. 66, 1976, S. 179–191.
- : Die britische Agrarkolonisation im Norden des Industiefandes. Der Ausbau der Kanalkolonien im Fünfstromland. In: Mitteilungen d. Fränkischen Geogr. Gesell. Nr. 23/24, 1978, S. 351–393.
- : Signs of Decay in Pakistan Agriculture, Loss of Cultivated Land and Deterioration of the Social Structure in the Irrigated Area of the Punjab. In: MENSCHING, H. (Hrsg.): Problems of the Management of Irrigated Land in Areas of Trad. and Modern Cultivation. Hamburg 1982, S. 133–148.
- DOUIE, J. M.: The Punjab Canal Colonies. In: Journal of the Royal Soc. of Arts, Nr. 62, 1914, S. 611–623.
- KHALIQ, I. A.: Irrigation system in Pakistan. Measures to improve irrigation efficiency at the farm level. In: Pakistans Engineering Congress. Proceedings of the 57th Annual Session, Paper Nr. 445. Lahore 1980.
- M.R.E.P., Mona reclamation experimental project, Pakistan. Case study on desertification. United Nations Conference on Desertification, Nairobi, Kenya. A Conf. 74/13, 1977.
- PAUSTIAN, P. W.: Canal irrigation in the Punjab. New York 1930.
- RAHMAN, M.: Probleme der Be- und Entwässerung, Versalzung und Vernässung im Sind (W-Pakistan). In: Geogr. Rundschau Nr. 19, 1967, S. 261–265.
- SCHILLER, O.: Die Wasserfrage in der pakistanischen Landwirtschaft. In: Wasser und Nahrung 1, H. 3, 1955/56, S. 37–41.
- SCHOLZ, F.: Seßhaftmachung von Nomaden in der Upper Sind Frontier Province (Pakistan) im 19. Jahrhundert . . . In: Geoforum, Nr. 18, 1974, S. 29–46.
- : Kolonialzeitliche Seßhaftmachung von Nomaden. Politische Frontier- und Siedlungsdynamik im NW der britischen Provinz Sind im 19. Jahrhundert. In: Göttinger Geogr. Abh. Nr. 66, 1976, S. 159–168.
- : Punjab. In: Diercke Weltraum Atlas, Textband. Braunschweig 1982, S. 241–242 (Atlasseiten 120, 121).
- SPATE, O. H. K.: India and Pakistan, 2. Aufl. 1957. Neudruck, London–New York 1963.
- WHEELER, M.: Alt-Indien und Pakistan bis zur Zeit des Königs Ashoka. Köln 1959 (hier: S. 81–102).
- WITTFOGEL, K. A.: Die orientalische Despotie. Eine vergleichende Untersuchung totaler Macht. Köln–Berlin 1962 (hier: S. 335 ff.).
- ZAFAR, F.: The colonisation process and population changes in the Punjab during British rule. In: Die Erde, 1985 (im Druck).

BERICHTE UND MITTEILUNGEN

VEGETATIONSVERÄNDERUNGEN AN PERIGLAZIALEN KLEINFORMEN IN RONDANE/NORWEGEN ALS KLIMAINDIKATOREN

Mit 1 Tabelle

KARSTEN GARLEFF

Die frostdynamische Mobilisierung des oberflächennahen Lockermaterials stellt im periglazialen Milieu einen wichtigen Standortfaktor für die Vegetation dar, beeinflusst die Konkurrenzverhältnisse der Arten und führt zur Differenzierung in Pflanzengesellschaften bzw. ökologische Artengruppen unterschiedlicher Toleranz gegenüber derartigen Störungen der Substrate. Kleinräumige Vegetationsaufnahmen auf Arealen annähernd einheitlicher frostdynamischer Beanspruchung in verschiedenen Teilen des norwegischen Hochlandes ließen in Abhängigkeit von Art und Intensität dieser Beanspruchung folgende *Artengruppen* erkennen (vgl. GARLEFF 1977):

Gruppe I: Arten, die ausschließlich oder fast ausschließlich auf stabilen Böden auftreten. Hierzu gehören Bäume und

Sträucher, aber auch viele Arten aus der Krautschicht der borealen und der subalpinen Waldstufe.

Gruppe II: Arten mit größerer Toleranz gegenüber frostdynamischen Störungen ihrer Standorte. Sie haben zwar ihren Verbreitungsschwerpunkt auf ungestörten Standorten, treten aber auch auf Formen der gebundenen und der halbgebundenen Solifluktion nicht selten auf. Hierzu zählen insbesondere die Zwergsträucher der Fjellheiden, wie z. B. *Empetrum hermaphroditum*, *Betula nana* und die *Vaccinium*-Arten, aber auch krautige Pflanzen wie *Festuca ovina* oder *Hieracium alpinum*.

Gruppe III: Arten, die gegenüber dem hier betrachteten Standortfaktor indifferent reagieren, d. h. annähernd gleichmäßig auf frostdynamisch gestörten und auf stabilen Sub-

Tabelle 1: Vegetationsaufnahmen auf periglazialen Kleinformen in Rondane/Norwegen¹⁾

Gruppe	Aufnahme Nr.	Strukturbodenränder und -rahmen																		Auffrierinseln der Strukturzentren																
		1976				1981						1983								1976		1981						1983								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	Deckungsgrad Vegetation	4	5	5	4	5	4	4	3	3	3	4	4	5	4	4	5	5	4	4	2	2	3	3	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1
	Deckungsgrad Grobschutt 2 cm	2	2	1	3	2	2	3	3	2	4	3	3	2	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2	3	2	3	2	2	3	2	3	3	3	3	2
	Deckungsgrad Feinschutt/Boden	2	2		2	1	2	2	3	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	3	4	3	3	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	
I	<i>Salix lanata</i>															+	1																			
	<i>Calluna vulgaris</i>																	1	+																	
II	<i>Arctostaphylos alpina</i>		+				+																													
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	3															+	+																		
	<i>Vaccinium vitis idea</i>					+				1		1	1			2	1	1							+				+							
	<i>Vaccinium uliginosum</i>					1	1	+	+	+		1	1	1		1	1	+				+														
	<i>Betula nana</i>	2	3	5	5	3	3	1	+	2	1	1	2	3	1	1	4	3	1	2	1	2	1	1	+				+				+			
	<i>Empetrum hermaphroditum</i>	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	3	3	2	2	3	2	2		1	1	+	2	+				+	+			1	+	+		
III	<i>Phyllodoce coerulea</i>	2	+																																+	
	<i>Deschampsia flexuosa</i>	2								+													+													
	<i>Loiseleuria procumbens</i>	1	1			1	1	2	1	2	1	1	1	2	2		1	2	1		+	1	2	2	1		+	+	+	+	+	1	1			+
	<i>Carex Bigelowii</i>	2	2	2		1	+	+	+	+	+	1	1	1	1	1	3	2	2	1	1	2	+	+	+	+		+	+			+		+	+	1
	<i>Juncus trifidus</i>	2	1	1		2	1	+	1	1	2	2	2	1	2	2	+	1	1	+	1	2	1	1	1	1	+	1	1	+	1	1	1			1
IV	<i>Diapensia lapponica</i>		+			+	+													1		+	+	+	+	+	+	1	1	1		+				
	<i>Lycopodium selago</i>									+										+						+										
	<i>Salix herbacea</i>					+	+	+	+	1		1	+	1						1	2	1	+	1	1	+	1	+	1	+	+			+		
	Flechten	4	1	1		3	2	3	2	1	+	2	2	2	4	3	2	2	3	3			2	2	1	+	+	+	+	+	+	+		1	+	
	Moose	2				+	1	+	1	+						1	+									+									+	

¹⁾ Lokalisation der Aufnahmen: Nr. 1 bei 1100 m auf der SE-Abdachung der Styghö/Döraalen; Nr. 2, 16–19 u. 33–35 an der S-Abdachung der westlichen Neverbuhö in 1200–1250 m Höhe; Nr. 3–13 u. 20–32 im Sattel südlich der östlichen Neverbuhö zwischen 1300 und 1350 m ü. M.; Turistkart Rondane 1: 100000

straten vertreten sind. Zu ihr sind in regional-klimatisch geringfügig differenzierter Weise u. a. *Juncus trifidus*, *Carex Bigelowii*, *Deschampsia flexuosa*, *Phleum commutatum*, *Rumex acetosa* oder *Alchemilla alpina* zu stellen.

Gruppe IV: Arten, die ebenfalls eine weite Amplitude ihrer Reaktion auf frostdynamische Störungen besitzen, deren Verbreitungsschwerpunkt jedoch auf frostdynamisch gestörten Böden, insbesondere auf Formen der gebundenen und der halbgebundenen Solifluktion liegt. Ihr können *Salix herbacea*, *Luzula arcuata* und *L. spicata*, *Veronica alpina*, *Sibbaldia procumbens*, *Polygonum viviparum*, *Saxifraga stellaris*, *Poa alpina* oder auch *Lycopodium selago* zugeordnet werden.

Gruppe V: Arten, die weitgehend auf offene Gesellschaften frostdynamisch gestörter Standorte, insbesondere auf Formen der halbgebundenen Solifluktion und auf Sortierungserscheinungen beschränkt sind. In diese Gruppe gehören *Ranunculus glacialis*, *Festuca vivipara*, *Cassiope hypnoides* oder *Cardamine bellidifolia*.

Die Artenkombinationen dieser ökologischen Gruppen lassen sowohl regional wie auch kleinräumig geringfügige Abwandlungen auf vergleichbaren Periglazialformen erkennen. Darin dokumentiert sich die Bedeutung weiterer Standortfaktoren wie Bodenfeuchteregime, Mächtigkeit der winterlichen Schneedecke, Aperatur oder Trophiegrad, deren unterschiedliche Kombinationen wiederum von übergeordneten Faktoren wie Regionalklima, Relief oder Substrat gesteuert werden.

Eine besonders deutliche regionale Differenzierung betrifft Arten der Gruppe II, die im kontinentalen östlichen Hochland häufiger auf frostdynamisch gestörten Standorten auftreten als im ozeanischen Westen und damit ihre Einordnung in eine Gruppe höherer Verträglichkeit frostdynamischer Störungen nahelegen. Diese Differenzen können teilweise mit der unterschiedlichen Ausprägung und Dynamik der vorherrschenden Periglazialerscheinungen korreliert werden, nämlich der eher kontinuierlichen bis periodischen Bewegung im Bereich der gebundenen Solifluktion einerseits, der bevorzugt episodisch-ruckartigen Bewegungen halbgebundener Solifluktion andererseits (vgl. GARLEFF 1977). Häufig ist im östlichen Hochland eine enge räumliche Kombination der Fjellheide-Arten mit frischen Frostaufbrüchen zu beobachten, so daß sich die Frage ergibt, ob dieses Phänomen ein generelles Merkmal kontinental getönter Periglazialbereiche darstellt, oder ob sich hier junge Veränderungen bzw. Verschärfungen der frostdynamischen Verhältnisse dokumentieren, auf die sich die Vegetation in ihrer Artenkombination noch nicht eingestellt hat.

Diese Frage wurde durch wiederholte Beobachtung der gleichen Standorte in mehrjährigen Abständen geprüft. Die Untersuchung stützte sich dabei vor allem auf Strukturbodenvorkommen im Nationalpark Rondane und zwar auf Fußflächen und Satellagen zwischen der Neverbuhö und der Diggeronden-Midtronden-Gruppe in Höhenlagen zwischen 1300 und 1350 m. Die vorzeitig angelegten Strukturböden mit Durchmesser von 1,5 bis 4 m weisen meist rinnenartig 1–3 dm eingetiefte Steinrahmen auf, in denen wenige Zentimeter bis über 2 dm torfartiger Rohhumus die langanhaltende Inaktivität der Sortierungsvorgänge belegt. Auf den geringfügig aufgewölbten Zentren der Steinpolygone sind frische Feinmaterial-Frostaufbrüche verbreitet.

Die Vegetationsaufnahmen der Tabelle 1 (nach dem Verfahren von Braun-Blanquet – vgl. ELLENBERG 1956) beziehen sich auf Areale annähernd einheitlicher frostdynamischer Beanspruchung, d. h. auf Bereiche mit ungestörten Böden,

insbesondere auf den randlichen Partien der Strukturböden (Aufnahme Nr. 3–15 u. 17–19) einerseits, auf die vegetationsarmen frischen Auffrierinseln andererseits (Aufnahme Nr. 20–35). Die Aufnahmen 1, 2 und 16 erfassen überwachsene Strukturböden ohne frische Frostaufbrüche. Die Aufnahmeflächen haben nur geringe Größen, zwischen wenigen Quadratdezimetern und maximal 12 m²; sie genügen dementsprechend den Kriterien phytosoziologischer Untersuchungen hinsichtlich des Minimalareals nicht (vgl. ELLENBERG 1956, GARLEFF 1977).

Die Tabelle läßt einerseits die Vorherrschaft von Arten der Gruppe II auf den annähernd stabilen Standorten überwachsender Periglazialformen sowie an den Rändern der Strukturböden erkennen; andererseits sind die Arten der Gruppe III und IV auf den frischen Frostaufbrüchen der Strukturbodenzentren stärker vertreten. Daneben zeigt sich auch eine zeitliche Änderung der Anteile der ökologischen Artengruppen von 1976 bis 1983. Diese Veränderung wird bei Berücksichtigung der Artmächtigkeiten besonders deutlich. So betragen die Summen der Artmächtigkeiten der einzelnen Gruppen bezogen auf den jeweiligen Gesamtbestand durchschnittlich:

	auf den Rändern und Rahmen (in %)			auf den Frost- aufbrüchen (in %)		
	1976	1981	1983	1976	1981	1983
Gruppe II	77,5	57	59	30	9,5	2,5
Gruppe III	22,5	41,5	39	42	58,5	58
Gruppe IV	-	1,5	2	28	32	39,5

Diese zeitliche Veränderung weist darauf hin, daß sich die Vegetation in einem Prozeß der Umstellung bzw. Einstellung auf verstärkte frostdynamische Beanspruchung der Standorte befindet. Die Verstärkung der Frostdynamik geht auch aus morphologischen Beobachtungen hervor. In dem altangelegten Strukturbodengebiet in 1300 bis 1350 m Höhe waren 1976 etwa 30–40% der Strukturen von frischen Frostaufbrüchen betroffen, 1981 waren es 70–80% und 1983 80–90%, so daß der Gesamtaspekt sich dem einer Fleckentundra annäherte. Darüber hinaus traten auf den Rohhumus- und Torfdecken im Bereich der Steinrahmen zunehmend Überschüttungen mit frischem Feinschutt auf, der offenbar von den schwach aufgewölbten Feinmaterialkernen der Strukturböden durch Solifluktion und vor allem Verspülung herantransportiert war.

Auf eine Verstärkung der Bodenfrostdynamik weist auch die Beobachtung hin, nach der in westlich benachbarter, 100 m tiefer gelegener Position seit 1981, zunehmend seit 1983 eine entsprechende Entwicklung ansetzt. Sie ist durch die Aufnahmen Nr. 16–19 bzw. 33–35 belegt und anhand der Artmächtigkeiten der ökologischen Gruppen als relativ frühes Stadium der Reaktivierung derartiger Strukturen anzusprechen:

	auf den Rahmen (in %)	auf den Frost- aufbrüchen (in %)
Gruppe II	63	34
Gruppe III	37	49
Gruppe IV	-	17

Dabei waren 1983 etwa 30% der Steinpolygone von frischen Frostaufbrüchen betroffen. Eine Intensivierung

und/oder Ausweitung der frostdynamischen Beanspruchung der untersuchten Standorte kann somit als gesichert gelten.

Diese Veränderungen fügen sich offenbar dem bereits mehrfach beschriebenen allgemeinen Trend der Temperatur-Erniedrigung in den höheren Breiten der Nordhalbkugel seit den 50–60er Jahren unseres Jahrhunderts ein (vgl. z. B. LAMB 1977), der am Beispiel Islands von SCHUNKE (1979) und in jüngster Zeit von LIEBRICHT (1983) unter Berücksichtigung verschiedener frostklimatischer Parameter untersucht wurde.

Die Frage nach den Ursachen und Faktoren dieser jungen Veränderung bedarf allerdings weiterer Untersuchung. Hierzu bieten gerade Beobachtungen von Vegetationseinheiten als komplexen Indikatoren ökologischer Faktoren und ihrer Veränderungen in Bereichen, die nur unter größeren Schwierigkeiten von langfristigen instrumentellen Messungen erfaßt werden können, günstige Möglichkeiten.

So weist z. B. die Verbreitung von Arten, die für windexponierte, schneearme Standorte kennzeichnend sind, wie *Loiseleuria procumbens* und *Diapensia lapponica*, darauf hin, daß einer Verringerung der winterlichen Schneedecke und der entsprechend verstärkten Bodenfrostdynamik eine wesentliche Rolle zuzuschreiben ist. Ein derartiger Zusammenhang wird auch durch Beobachtungen belegt, nach denen die kräftige Ausweitung der Frostaufbrüche mit verbreitetem Absterben der Fjellheide-Arten an ihren Rändern 1981 mit schneearmen Wintern korrelierte, während derartige Merkmale 1983 nicht beobachtet wurden, in einem Jahr, in dem die Verbreitung von Schneeflecken Mitte August angesichts des warmen trockenen Sommers auf einen verhältnismäßig schneereichen Winter schließen ließ. Offen bleibt allerdings weiterhin, welche klimatischen Fak-

toren im einzelnen die Veränderungen der Schneedecken-Mächtigkeit beeinflussen.

Trotz der verbleibenden offenen Fragen dürfte mit dem vorgelegten Material gezeigt worden sein, daß die detaillierte Aufnahme der Vegetation und ihrer zeitlichen Veränderungen bei periglazialmorphologischen Untersuchungen erhöhte Aufmerksamkeit verdient und insbesondere vor dem Hintergrund der aktuellen klimatischen Veränderungen in derartigen Grenzbereichen vertiefte Einblicke in die landschaftskundlich/geoökologischen Zusammenhänge ermöglicht.

Literatur

- ELLENBERG, H.: Grundlagen der Vegetationsgliederung. I. Teil: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. Einf. in die Phytologie, Bd. IV, 1, hrsg. v. H. WALTER. Stuttgart 1956.
- GARLEFF, K.: Formen und Pflanzengesellschaften der periglazialen Höhenstufe, Beispiele aus Sogn und Oppland (Norwegen). In: Abh. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl., 3. F., Nr. 31. Göttingen 1977, S. 77–91.
- LAMB, H. H.: Climate: Present, Past and Future. Vol. 2: Climatic History and the Future. London 1977.
- SCHUNKE, E.: Aktuelle thermische Klimaveränderungen am Polarrand der Ökumene Europas – Ausmaß, Ursachen und Auswirkungen. In: Erdkunde 33, 1979, S. 282–291.
- LIEBRICHT, H. (1983): Das Frostklima Islands seit dem Beginn der Instrumentenbeobachtung. Bamberger Geogr. Schr. 5. Bamberg 1983.

STANDORTPROBLEME DER NE-METALLHÜTTEN IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND Vorläufige Ergebnisse eines Forschungsprojektes

Mit 3 Abbildungen und 2 Tabellen

KLAUS-ACHIM BOESLER und HERMANN BREUER

Die Metallhütten in der Bundesrepublik Deutschland scheinen gegenwärtig zu den Industriebranchen zu gehören, deren Standorte unter mehreren Gesichtspunkten gefährdet sind. Dr. WALTER SIES, Generalbevollmächtigter der Metallgesellschaft AG, sah sich kürzlich zu der Feststellung veranlaßt, daß die nächsten Jahre für diese Branche zu „Schicksalsjahren“ in der Standortsicherung werden könnten (SIES 1983). Derartige Standortkrisen haben in der jüngsten Vergangenheit bereits andere Industriebranchen der Bundesrepublik Deutschland, z. B. die petrochemische und die eisen- und stahlerzeugende Industrie, erfahren. Sie führten sehr schnell auch zu regionalen Krisen. Nicht zuletzt an diesen beiden Beispielen hat sich gezeigt, daß jede sektorale Strukturpolitik auch regionalpolitische Aspekte aufweist.

Die Forschung, von der eine vorsorgende Standortpolitik der Wirtschaftsverbände und des Staates gesicherte empirische Erkenntnisse zu diesem Problembereich erwartet, weist bisher erstaunliche Informationsdefizite auf. Sie liegen besonders im Grenzbereich zwischen ökonomischer Standortanalyse und Untersuchungen der Wirksamkeit relevanter Politikbereiche. Insbesondere fehlen empirische Ansätze zur Beurteilung regionaler Folgen sektoraler Entwicklungen (RASMUSSEN 1983). Standortfragen in Wirkungsanalysen politischer Programme sind jahrelang vorwiegend unter dem Gesichtspunkt von Neuansiedlungen und Verlagerungen untersucht worden. Dies erscheint verständlich, da hier regionale Effekte noch am ehesten meßbar sind. In eingeschränktem Maße gilt dies auch für Betriebsstilllegungen.