

Wiesensterben auf Island - eine Rück- und Vorschau

Heinz ELLENBERG

Ein flächenhaftes Absterben von Kulturwiesen (auf Island "kal" genannt) bedrohte die dort auch heute noch wichtige Rindviehnutzung in manchen Jahren beträchtlich. Über den Komplex der möglichen Ursachen wurde vor allem in den frühen 50er und den späten 60er Jahren lebhaft diskutiert, aber fast nur auf dieser nordischen Insel und in der lokal erscheinenden Literatur. Da ich zur Ursachenanalyse der Schäden und zur Abhilfe einiges beitragen konnte, halte ich angesichts mancher anderer in der Nordhemisphäre seit etwa 1950 von Menschen ausgelöster Vegetations- und Umweltschäden eine zusammenfassende Übersicht für angebracht. Sie sei Wolfgang Haber gewidmet, dessen Wirken in der Landschafts- und Umweltpflege ich bewundere und für dessen Freundschaft ich dankbar bin.

1 Wiesengesellschaften und deren "kal"-Schäden

Die betroffenen Wiesen befinden sich sämtlich im Küstenbereich Islands; sie werden gedüngt und gemäht und sind ausnahmslos sekundär (wie übrigens auch die meisten Grasländer in Mitteleuropa). Von Natur aus würden auf den in Island verbreiteten Lößböden Birkenwälder oder -gebüsch (d.h. *Betula pubescens*-Gesellschaften) vorherrschen, wie dies GLAWION (1985) überzeugend dargelegt hat, indem er eigene und frühere Untersuchungen auswertete. Viele Kulturwiesen entstanden außerdem durch Ansaat auf entwässerten ehemaligen Niedermooren, vor allem seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts. Die meisten der für solche Mähewiesen typischen Pflanzenarten sind auf Island nicht heimisch, sondern wurden, unbewußt oder bewußt, vom europäischen Festland, namentlich aus Norwegen und Dänemark, dorthin gebracht (s. Tab. 1). Manche Samen mögen schon von den Schafen, Ziegen, Rindern und Pferden mitgeschleppt worden sein, die seit etwa 800 n. Chr. von wikingischen Eroberern und Siedlern in ihren niedrigen Schiffen herübergebracht wurden. Diese Tiere ließ man auf der Insel größtenteils frei weiden. Wie auf dem Festland trugen sie Jahrhunderte hindurch zur Zerstörung der natürlichen Wälder und zur Erosion der Böden bei. Nur im Inneren der Insel kann man noch heute Schafe dabei beobachten, wie sie die Pflanzendecke verbeißen und stellenweise zertreten, und wie Niederschlagswässer, Frosthebungen und hef-

tige Winde den ungeschützten Boden abtragen (PREUSSER 1974).

Rinder, deren Milch und Fleisch noch immer neben gefangenen Meerestieren wesentlich zur Ernährung der Bevölkerung beitragen (STÄHLIN 1962) hält man heute auf umzäunten, hofnahen Düngeweidern, die floristisch an mitteleuropäische Weidelgras-Weißkleeweidern erinnern (s. Tab. 1, rechts unten). Das im Winter für das Rindvieh notwendige Futter gewinnt man auf ausgedehnten Mähewiesen, z.T. auch auf Umtriebs-Mäheweidern, die besonders intensiv gepflegt werden. Das Saatgut von *Phleum pratense* sowie von wichtigen Mähewiesengräsern (z.B. *Alopecurus pratensis* und *Festuca pratensis*), aber auch von an und für sich einheimischen Arten wie *Festuca rubra*, wird regelmäßig aus Dänemark, Norwegen oder Finnland eingeführt (STÄHLIN 1960, FRIDRIKSSON 1972), d.h. aus sommerwärmeren Ländern, wo die Samen mit Sicherheit ausreifen. Hauptzweck der Mähewiesen war und ist es, Heu zu liefern, neuerdings auch Grünmasse zur Silage. Nur kurzfristig läßt man das Rindvieh auch auf den Wiesen grasen, vorwiegend zur Nachweide im Herbst, seltener zur Vorweide im Frühjahr, und zwar nur dann, wenn keine Gefahr besteht, durch das Treten der Tiere die Narbe zu verletzen. Das Artengefüge der Mähewiesen entspricht somit weitgehend dem von - relativ artenarmen - Glatthaferwiesen (*Arrhenatherion*, Tab. 1, links).

Die Schäden, von denen im Folgenden die Rede sein soll, bezeichnet man auf Isländisch mit "kal", einer Kurzform von "kaldur" = kalt (JÓNSSON 1938). Sie treten nur auf Mähewiesen ein, allenfalls auch auf modernen Umtriebsweiden, die gelegentlich gemäht werden, um kein "Unkraut" hochkommen zu lassen. Am Ende mancher Winter (s. Tab. 4) vergilbt das zunächst noch grüne Gras und stirbt ab. Eine schützende Schneedecke fehlt oft ganz oder ist so dünn, daß sie wenig Kälteschutz bietet, weil heftiger Wind den Schnee schon beim Fallen größtenteils fortreibt. Auch die abgestorbenen Pflanzen entfernt bald ein Sturm, so daß auf mehr oder minder großen Flächen nackter Boden sichtbar wird. Schon im Spätfrühling wird er jedoch von kurzlebigen niedrigen Pflanzen (z.B. *Stellaria media* und *Poa annua*) besiedelt. Die Wiese "ergrünt" also wieder, allerdings ohne mähbar, ja nicht einmal richtig beweidbar zu werden. Diesen Schadverlauf als "winter killing" (t'HART und van der MOLEN 1971, BÖTTCHER 1971) der Wiesen zu bezeichnen, lag

Tabelle 1

Auf Island vorkommende Charakterarten der europäischen Kulturwiesen und Kulturweiden (Klasse, Ordnungen und Verbände), nach GLAWION (1985). Nur wenige sind einheimisch; die meisten müssen nach STEINDORSSON (1962) als mögliche (?), wahrscheinliche oder sichere (+) Neophyten gelten.

	Molinio-Arrhenatheretea Grünland-Gesellschaften	Molinetalia und -ion Feuchtwiesen
Einheimische:	<i>Agrostis gigantea</i> <i>Festuca rubra</i> S ¹⁾ <i>Holcus lanatus</i>	<i>Angelica sylvestris</i> <i>Dactylorhiza maculata</i> <i>Galium boreale</i> <i>Lathyrus palustris</i>
Neophyten:	+ <i>Alopecurus pratensis</i> S ¹⁾ + <i>Festuca pratensis</i> S <i>Lathyrus pratensis</i> ? <i>Poa pratensis</i> ? <i>Poa trivialis</i> <i>Prunella vulgaris</i> ? <i>Ranunculus acris</i> ? <i>Rhinanthus minor</i> ? <i>Rumex acetosa</i> ? <i>Vicia cracca</i>	? <i>Filipendula ulmaria</i> <i>Lychnis flos-cuculi</i> <i>Sanguisorba officinalis</i> <i>Succisa pratensis</i>
	Arrhenatheretalia ²⁾ Gedüngte Frischwiesen	Poion alpinae (A) und Cynosurion ³⁾ Gedüngte Frischweiden
Einheimische:	<i>Alchemilla vulgaris</i>	<i>Cerastium fontanum</i> (A) <i>Poa alpina</i> (A) <i>Phleum alpinum</i> (A)
Neophyten:	? <i>Achillea millefolium</i> <i>Arrhenatherum elatius</i> S + <i>Carum carvi</i> + <i>Knautia arvensis</i> <i>Saxifraga granulata</i> <i>Stellaria graminea</i> <i>Viola tricolor ssp.</i>	? <i>Leontodon autumnalis</i> + <i>Phleum pratense</i> S ? <i>Trifolium repens</i> <i>Veronica serpyllifolia</i>

- 1) S = oft mit Saatgut aus wärmeren Bereichen Europas (Dänemark, Norwegen) angesät; das gleiche gilt für *Poa pratensis*, die nirgends Charakterart ist.
S = gelegentlich angesät. Die in vielen Gesellschaften (auch der Arrhenatheretalia, siehe Tab. 2) auftretende Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*) ist einheimisch und weniger kieselsäurereich (d.h. als Viehfutter besser geeignet) als im übrigen Europa.
- 2) Arrhenatherum ist Charakterart des Verbandes Arrhenatherion (Glatthaferwiesen). Alchemilla und Viola sind Charakterarten der Goldhafer-Bergwiesen (Polygono-Trisetion).
- 3) Auch die Verbände Poion alpinae (Hochgebirgs-Frischweiden) und Cynosurion (Weidelgras-Kammgrasweiden tieferer Lagen) gehören zur Ordnung Arrhenatheretalia.

durchaus nahe. Er begann ja stets nach einem Winter, wenn auch nicht nach jedem, und machte die Mähwiesen für mehrere Jahre wertlos.

Der auf der Insel übliche Name "kal" deutet ebenfalls auf einen Winterschaden. Mit dem deutschen Wort "kahl" darf man die Erscheinung mithin ohne näheren Hinweis nicht benennen, obwohl vorübergehend eine Verkahlung von Teilflächen der Wiesen eintritt.

Wie sich "kal" auf das Artengefüge auswirkt, sei am Beispiel einer in Westisland sowohl auf Lößböden als auch auf entwässerten Niedermooren (JÓHANNESSON 1960, NYGARD 1959) häufigen Gesellschaft beschrieben, der "Rasenschmielenwiese" (Tab. 2). Diese von BÖTTCHER (1971) *Rinantho-Deschampsietum cespitosae* genannte Feuchtwiese hat außer der Schmiele den hier neophytischen Wie-

senfuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*) als lokale Charakterart. Der im Namen verwendete Kleine Klappertopf (*Rhinanthus minor*) ist nur gelegentlich zu finden und als Differentialart gegen andere *Deschampsia*-Gesellschaften deshalb nur bedingt brauchbar.

Wie BÖTTCHER (1980) mit Recht betont, hat die Rasenschmiele auf Island weichere (d.h. kieselsäurereichere) Blätter als in Mitteleuropa und ist hier ein recht gutes Futtergras. Sie kann also auf dieser Insel kaum - wie bei uns - als "Weideunkraut" (s. ELLENBERG 1996) zur Vorherrschaft gelangt sein, zumal ja die Mähwiesen nur selten beweidet werden.

In den isländischen Rasenschmielenwiesen bilden normalerweise mittelhohe bis niedrige Gräser dichte Bestände, neben der namengebenden Art vor allem *Agrostis stolonifera* und *tenuis* sowie *Poa*

Tabelle 2

Kulturwiesen ohne und mit "kal"-Schäden in Westisland. Nach Aufnahmen in einer dort verbreiteten Kulturwiesen-Gesellschaft (*Rhinanthus minor-Deschampsia cespitosa* Ass., mit einigen Vernässungszeigern aus dem *Agropyro-Rumicion*-Verband durchsetzt) von BÖTTCHER (1971, Tab. 5)¹⁾ Stickstoff- und Feuchte-Zeigerwerte nach ELLENBERG (1992, für Mitteleuropa gültig; siehe aber Tab. 3). G= Grasartige.

		„kal“:	nicht				schwach				± stark						
Laufende Nummer			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Nr. der Aufnahme			636	884	840	883	895	853	886	850	823	870	854	814	896	852	
Bodenart (Lehm, Sand, Torf)			T	L	T	L	L	L	tL	L	S	T	L	sT	L	L	
Alter des Rasens (Jahre)			?	15	11	15	50	10	?	8	60	17	10	3	50	5	
Deckungsgrad (%), Krautige			85	98	100	100	98	98	100	95	95	90	100	95	95	95	
Zeiger- werte			20	30	5	20	20	10		5	5	10	10	20	10	2	
desgl. Moose ²⁾			3	8	10	8	8	15	6	5	5	3	3	3	3	5	
N F			15	16	12	14	16	20	12	15	11	11	15	14	12	11	
<u>Char. - u. Diff. Rhinanth.-Desch.-Ass.</u>																	
3	7	<i>Deschampsia cespitosa</i>	G	4	3	3	1	2	2	1	3			1	+	1	
7	6	<i>Alopecurus pratensis</i>	G	+	2	+	1		+			+				+	
3	4	<i>Rhinanthus minor</i> (Diff.)			+			+	+			+		+			
<u>Therophyten</u>																	
8	x	<i>Stellaria media</i>			+		+	+	2	+	1	4	2	2	2	1	2
8	6	<i>Poa annua</i>	G		+			1	2	2	2	2	4	3	4	4	4
		<i>Polygonum aequale</i> (= <i>arenastrum</i>)				+		2	2		+			1	1	2	1
6	5?	<i>Capsella bursa-pastoris</i>							1		1			2			2
<u>Char. u. Diff. Agropyro-Rumicion</u>																	
7	8	<i>Alopecurus geniculatus</i>	G	+	2	4	4	3	2	3	+	1		2	2	2	1
4?	9	<i>Montia fontana</i>		1	1	3	3	2	2	2	1	2	2	1			3
5	7	<i>Agrostis stolonifera</i>	G			2			2			2	1	3			
7	6	<i>Potentilla anserina</i>											+			2	
<u>Char. Molinio-Arrhenatheretalia</u>																	
5	5	<i>Leontodon autumnalis</i>		1	1	1	1	+	1	+		1		+			
7	5	<i>Phleum pratense</i>	G			+	+		+		+		1	+	1		
5	5	<i>Cerastium fontanum</i> ssp. <i>trivialis</i>		+	2		2	+	+		1	+		+			
x	6	<i>Festuca rubra</i>	G	3			1	2	2						2	+	
		<i>Rumex pratensis</i> ssp. <i>pratensis</i>		1	1	2	1			1							
x	6	<i>Ranunculus acris</i>		1	1	1	1			+							
x	5	<i>Taraxacum officinale</i>									+				+		
5	x	<i>Achillea millefolium</i>									+						
2	8	<i>Achillea ptarmica</i>								+							
<u>Begleiter</u>																	
3?	5?	<i>Poa subcoerulea</i> (= <i>irrigata</i>)	G	2	2	2	2	3	3	3	2	1	2		2	+	3
4	x	<i>Agrostis tenuis</i>	G		3		2	2	2	3	2		2			+	
2	8	<i>Carex fusca</i> (= <i>nigra</i>)						+						+			
2	9	<i>Epilobium palustre</i>							r					+			
8	5	<i>Matricaria discoidea</i>												+			+
Mittlere Stickstoffzahl (mN)			4.4	5.1	5.3	5.6	5.0	5.1	5.3	5.4	5.5	6.0	6.1	6.3	7.0	7.4	
Mittlere Feuchtezahl (mF)			6.5	6.0	6.5	7.0	7.0	6.3	7.2	6.2	6.5	7.0	6.5	6.1	6.8	5.7	

1) Die in der Originaltabelle angegebenen Soziabilitäten sind weggelassen.

2) Außerdem vorkommende Arten: Nr. 2: *Cardamine nymmannii* +; Nr. 5: *Poa glauca* + (N2, F4); Nr. 8: *Poa glauca* 1 (N2, F4); Nr. 12: *Sagina procumbens* 2 (N6, F5), *Equisetum arvense* ssp. *boreale* + (N3, Fx); Nr. 13: *Spergula arvensis* 1 (N6, F5).

Ohne N- und F-Zahl: Moose: Nr. 1: *Rhytidadelphus squarrosus* 3, *Brachythecium albicans* 3, *Pohlia nutans* 1; Nr. 2: *Rhyt. squ.* 3, *Brach. alb.* 2; Nr. 3: *Rhyt. squ.* 1, *Ceratodon purpureus* 2; Nr. 5: *Rhyt. squ.* 1, *Pohl. nut.* 2; Nr. 6: *Brach. alb.* 1, *Mniobryum albicans* 1; Nr. 7: —; Nr. 8: *Cerat. purp.* 2; Nr. 9: *Brach. alb.* 1; Nr. 10: *Rhyt. squ.* 1, *Brach. alb.* 1, *Mniobr. alb.* +; Nr. 11: —; Nr. 12: *Cerat. purp.* 2; Nr. 13: *Rhyt. squ.* +, *Pohl. nut.* 2; Nr. 14: *Cerat. purp.* +.

subcoerulea (eine *P. pratensis*-Kleinart) und *Alopecurus geniculatus* (s. Tab. 2).

Wo diese in "kal"-Jahren absterben, sei es fleckenweise (Aufnahmen Nr. 5-8) oder fast überall (Nr. 9-14), treten vor allem das Einjährige Rispengras und die Vogelmiere sowie andere als "Ackerunkräuter" bekannte Arten hervor, deren Samen im Ober-

boden keimfähig blieben. Streng genommen werden die Wiesenflächen mithin nicht "kahl" im Sinne von pflanzenlos.

Die kurzlebigen Lückenbüßer sowie nackter Boden und Reste des ausdauernden Rasens bilden meist ein kleinflächiges Mosaik, das den Pflanzensoziologen dazu zwingt, ungewöhnlich kleine Probeflächen

aufzunehmen (s. den "Kopf" der Tab. 2), wenn er der Forderung nach deren "Homogenität" einigermaßen genügen will.

Mit Ausnahme der Rasenschmiele und einiger ebenfalls wenig nährstoffbedürftiger, seltenerer Arten gelten die meisten ihrer Partner als Stickstoffzeiger (N-Zahlen nach ELLENBERG u. Mitarb. 1992 über 5 in Tab. 2). Das trifft auch für die Therophyten zu, die sich in den Rasenlücken ausbreiteten. Die (unter Berücksichtigung der Mengen berechneten) Mittelwerte der Stickstoffzahlen sind deshalb in den schwach bis stark "kal"-geschädigten Beständen relativ hoch (s. Tab. 2 unten). Darauf werden wir beim Erörtern der Ursachen des Wiesensterbens zurückkommen.

Was hier an den mehr oder minder bodenfeuchten Vertretern des *Rhinantho-Deschampsietum cespitosae* dargestellt wurde, gilt im Prinzip auch für die übrigen Mähwiesen-Gesellschaften Islands, namentlich für die "reine" *Deschampsia*-Wiese auf etwas trockeneren Böden, den von *Agrostis vinealis* (= *coarctata*) beherrschten Rasen auf sandigen Böden und die *Poa glauca*-Gesellschaft an steinigten Standorten (s. BÖTTCHER 1971). Die beiden letztgenannten Wiesentypen waren nach GLAWION (1985) aus natürlichen Schuppenseggen- (*Kobresia*) Rasen durch Mahd und Düngung hervorgegangen.

2. Mögliche Ursachen des Wiesensterbens

Die Frage nach den Ursachen des "kals" bewegte auf Island nicht nur die Bauern sowie die mit ihnen verbundenen Wissenschaftler und Politiker, sondern nahezu jedermann, zumindest nach "kal"-Jahren wie 1951, 1952, 1960, 1965, 1968 und besonders 1969. Auch als Tourist wurde man immer wie-

der in Erörterungen einbezogen, die geradezu an Kriminalfälle erinnerten, denn dem Winter schlecht hin konnten die Schäden offenbar nicht angelastet werden. "Who is the killer?" oder "was ist mitschuldig?" fragte man sich selbstverständlich auf den Farmen, aber auch in Hotels, ja schon auf dem Flugplatz sowie an jeder Tankstelle, vor allem aber in dem musterhaft eingerichteten staatlichen Altersheim in Reykjavík.

Als wichtige oder doch oft mitbeteiligte Ursachen von "kal"-Erscheinungen kommen außer klimatischen Faktoren vor allem edaphische und biologische in Frage, die in Tab. 3 nach Diskussionsnotizen und nach der Literatur zusammengestellt sind. Manche davon kann man mit guten Gründen ausschließen und andere zumindest nach ihrer Bedeutung gewichten.

Das Klima Islands ist ausgesprochen ozeanisch (EYTHORSSON u. SIGTRYGSSON 1971, GLAWION 1985), besonders im West- und Südteil der Insel (s. Abb. 1), die dank dem Golfstrom mehr Wärme genießen, als nach ihrer Breitenlage zu erwarten wäre. In diesen Teilen sind die Niederschläge deutlich höher als im Norden und Osten, nicht selten vor allem im Frühjahr (Faktor 4 in Tab. 3, s. auch Abb. 2). Die Wintertemperaturen entsprechen ebenfalls dem Kontinentalitäts-Gefälle, sind also im Norden und Osten im Durchschnitt und in den Extremen unter sonst vergleichbaren Bedingungen tiefer als in den vom Golfstrom begünstigten Bereichen (s. auch Tab. 4). Doch sogar bei der Stadt Akureyri, die nicht nur im Norden, sondern auch relativ weit landeinwärts liegt, ist noch Ackerbau möglich und wurde früher vorwiegend zum Anbau von Gerste und Kartoffeln ausgeübt (SIGGEIRSSON 1978). Extrem tiefe Temperaturen (Faktor 1 in Tab. 3) sind hier sogar in "kal"-Jahren nicht regi-

- Klima:** 1. Winterkälte (a) zu groß und/oder (b) zu lange anhaltend,
2. zu wenig Schnee (also fehlender Kälteschutz),
3. zu starker und/oder zu häufiger Frostwechsel,
4. zu trockenes Frühjahr (Niederschlagsmangel),
5. Mitwirkung stürmischer Winde (z.B. bei 1, 2, 4 u. 6).
- Boden:** 6. Zu starke Frosthebung durch Nadeleis (Wurzelschäden),
7. zu dichter und/oder nasser Boden (Sauerstoffmangel),
8. zu geringe Wassernachlieferung (strukturbedingt),
9. zu sauer und kalkarm (allgemein ungünstig),
10. zu arm an Nährstoffen (besonders N, P, Spurenelemente),
11. zu reich an Stickstoff (Überdüngung).
- Pflanzen:** 12. Zu hygromorpher Bau (frost- und dürreempfindlich),
13. zu kalteempfindlich (Saatgut aus wärmeren Ländern),
14. zu alt (d.h. ohnehin absterbend),
15. zu viele „Unkräuter“ (die als Konkurrenten wirken).
- Sonstiges:** 16. Parasitische Pilze (z.B. Schneeschimmel),
17. parasitische Bakterien (Krankheiten),
18. schädliche Würmer (z.B. Nematoden an Wurzeln),
19. schädliche Insekten (theoretisch; bisher kein Hinweis),
20. zu späte oder zu frühe Viehweide (mechanische Schäden).

Zusammenwirken mehrerer Faktoren, z.B.:

1, 2, 5, 12 u. 13	4, 14, 15 u. 20	8, 9, 10 u. 20
1, 3, 6, 18	4, 5, 8, 12 u. 18	13, 14, 16-18
1, 7, 10 u.a.	4, 11, 12 u.a.	u.v.a.

Tabelle 3

Mögliche Ursachen des Wiesensterbens auf Island. Gruppierete Übersicht wichtiger Einzelfaktoren und verschiedener Formen ihres Zusammenwirkens.

striert worden, wohl aber verhältnismäßig zahlreiche Monate mit Temperatur-Durchschnitten unter 0°C (s. Tab. 4 sowie Abb. 2).

Die Bezeichnungen "winter killing" und "kal" sind also allenfalls im Hinblick auf die Dauer der vorangehenden Kälteperiode berechtigt, nicht jedoch auf deren Temperatur-Minima. Das Andauern des Frostes gewinnt im Zusammenhang mit dem Faktor 2 an Bedeutung, d.h. dem Fehlen einer schützenden Schneedecke infolge der häufig stürmischen Winde (Faktor 5). Aus Erfahrungen in Mitteleuropa, vor allem in Gebirgen, wissen wir, daß die Bodentemperaturen schon unter wenige Dezimeter mächtigem Schnee sogar in kalten Wintern nahe bei 0°C oder darüber bleiben, so daß das Grasland "immergrün" ist, wie schon RÜBEL (1912) feststellte. Nackter Boden gefriert dagegen selbst bei mäßigem Frost in wenigen Tagen bis in große Tiefe.

Ausgesprochene Frosttage sind in isländischen Tiefen seltener als Tage mit Frostwechsel (Faktor 3), d.h. mit Tagestemperaturen über 0°C und Nachtfrost. Dieser Wechsel bewirkt Bodenbewegun-

gen, die zu polygonalen Strukturen und/oder zu Aufwölbungen von kleinen Hügeln (isländisch Thufur) führten. In solcher Weise frostgeformte Böden (s. LÖTSCHERT 1974, SCHUNKE 1975 u.v.a.) entstanden auf Island im Laufe längerer Zeiträume, nicht jedoch unter Wald oder Gebüsch und dichtem krautigen Bewuchs, also auch nicht in Kulturliesen. Mit deren "kal" haben sie offenbar nichts zu tun, zumal bei den täglichen Frostwechseln im Winter nie für Grünlandpflanzen letale Tiefstwerte auftreten.

Diese Pflanzenarten überdauern die Winter gewöhnlich mit voll ausgebildetem Blattwerk, auch bei geringer Schneebedeckung. Gefährlich kann ihnen dagegen die Witterung im Frühling werden, wenn bereits junge Triebe entstanden, aber noch nicht voll ausdifferenziert sind (Faktor 12). Dann wirkt sich möglicherweise ein plötzlich wieder einsetzender Frostwechsel verhängnisvoll aus, jedenfalls aber eine zu trockene Wetterperiode (Faktor 4). Tatsächlich bringen die Monate März bis Mai besonders im nördlichen und östlichen Island oft wenig Niederschläge (s. Abb. 1 u. 2). Frühjahrs-

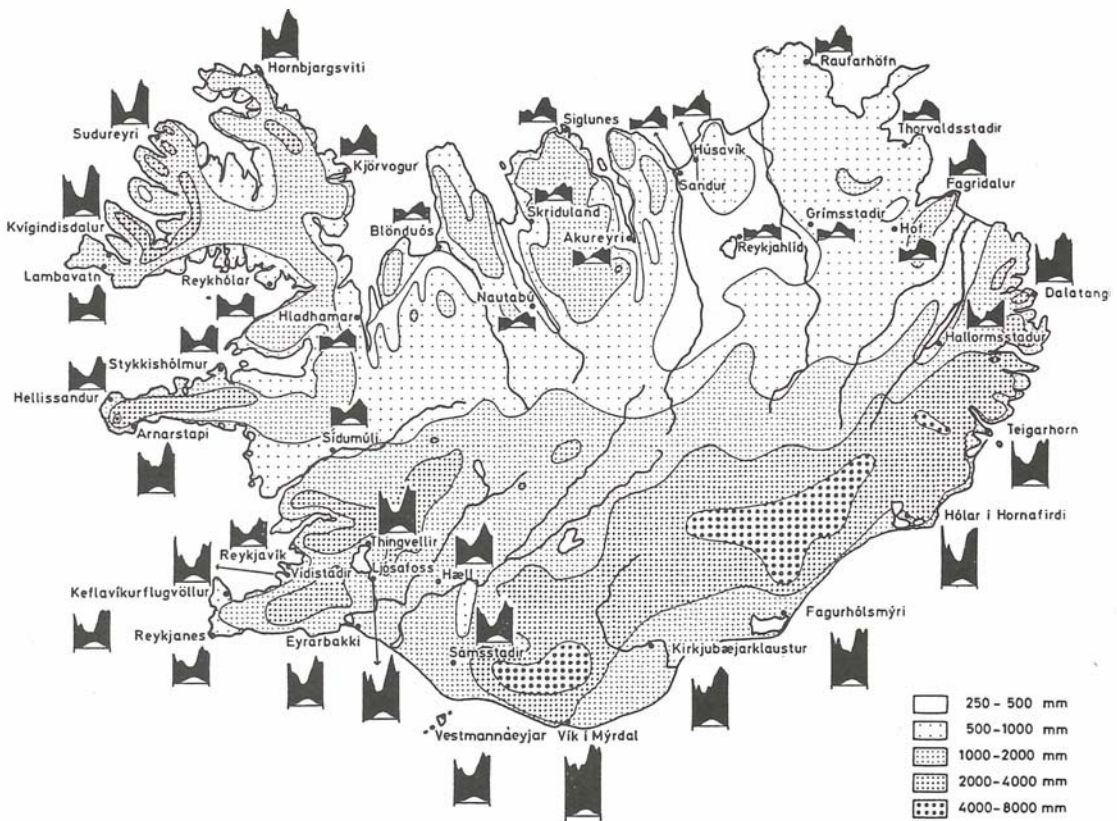


Abbildung 1

Jahresmittel der Niederschläge auf Island sowie Klimadiagramme einiger Stationen. Nach BERGTORSSON (1970) sowie RUTHSATZ & GEYGER (1971) aus RUTHSATZ & GEYGER (1971). Die langfristigen Jahresmittel übersteigen in der Nordhälfte der Insel nur auf küstennahen Anhöhen 1000 mm, in der Südhälfte dagegen überall. Auf den teilweise vergletscherten Bergen erreichen sie mehr als das Vierfache.

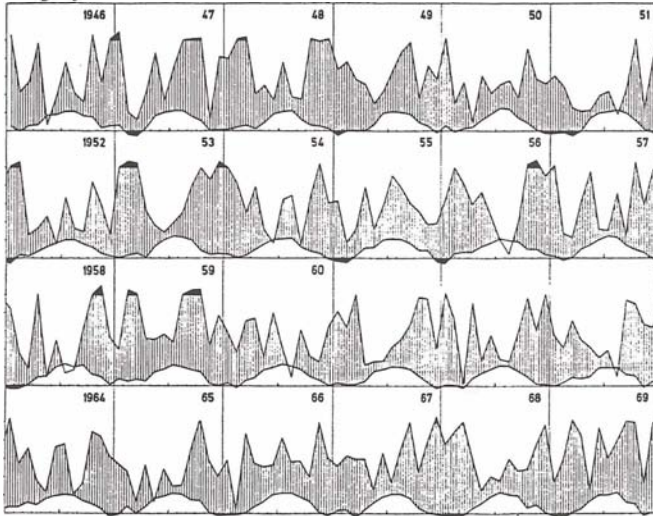
Die vereinfachten Klimadiagramme (im Sinne von H. WALTER) veranschaulichen den Jahresgang der Niederschlags-Monatsmittel (Obergrenze der schwarzen Fläche) sowie der Lufttemperatur-Monatsmittel (Untergrenze) jeweils von Januar bis Dezember. Was man auf jeden Fall gut erkennen kann, sind die Minima und Maxima der Monats-Niederschläge. Regenarm sind bei den meisten Stationen die Frühlings- bis Frühsommer-Monate (im Norden oft der April). Niederschlagsreich ist der Herbst, im Südosten sogar der Winter.

Trockenheit kann hier also eher zum "kal" führen als Winterkälte, zumindest als mitwirkender Streßfaktor. Die Wasserverluste der jungen Gras- und Krautblätter werden zweifellos durch die häufigen Starkwinde (Faktor 5) erhöht, die für Island so typisch sind. Es drängt sich geradezu auf, von Frühlings-Trockenschäden (springtime drought killing) statt von winter killing zu sprechen, oder kurz vom "Trocken-kal" (s. auch ELLENBERG 1971). Das erscheint um so mehr berechtigt, als diese Form von "kal" nicht selten nach milden Wintern auftrat, z.B. gerade auch 1969. Diese Art von Schäden könnte vielleicht durch den häufigen Frostwechsel insofern verstärkt werden, als er eine Frosthebung (Faktor 6) der obersten Bodenkreme durch Entstehen von Eisnadeln bewirkt. Wenn diese Hebung mehr als etwa 1 cm beträgt - was durchaus öfter der Fall ist - reißen junge Wurzeln, so daß sie kein Wasser mehr nachliefern. Älteren Wurzeln schadet sie freilich so wenig, daß diese die Wasserversorgung der Blätter aufrecht erhalten, vorausgesetzt der Boden in größerer

Tiefe ist nicht gefroren. Ein "Rasenschälen" (im Sinne von TROLL 1973), wie es als Folge der Frosthebung auf beweidetem und kurzgefressenem Grasland im Inneren Islands stellenweise vorkommt und durch Sturmwinde mitbewirkt wird, war übrigens auf Mähewiesen nirgends zu beobachten; denn ihr Pflanzenbestand ist zu hoch und zu stark bewurzelt, um in solcher Weise aufgerollt werden zu können.

Als eine weitere Ursache von "kal" kommt nach unseren Beobachtungen in manchen Gebieten Islands auch das den Trockenschäden entgegengesetzte Extrem des Wasserhaushalts in Betracht, nämlich Frühlings-Nässeschäden (springtime wetness killing), kurz "Nässe-kal", infolge von zeitweiligem Sauerstoffmangel der Wurzeln (Faktor 7). Auf manchen Wiesen, die sonst nie überschwemmt oder auffallend bodennaß sind, bilden sich im Frühjahr nach der Schneeschmelze oder bei starken Regengüssen ausgedehnte flache Wasserlachen, weil der Boden noch gefroren oder wassergesättigt ist.

Reykjavík



Akureyri

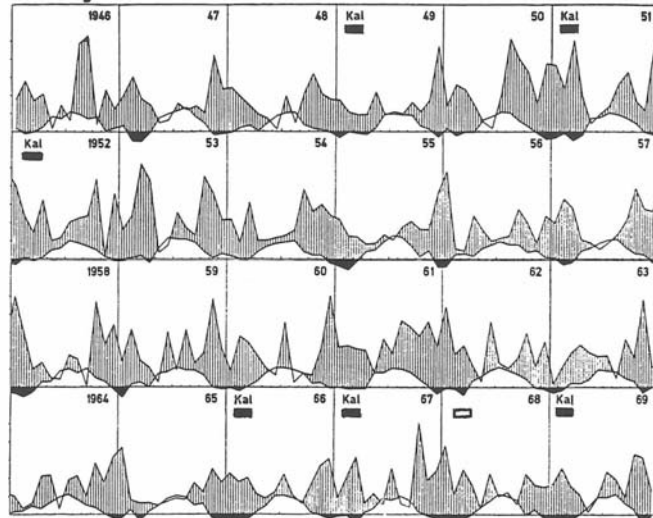


Abbildung 2

Klimadiagramme der Jahre 1946 bis 1969 für die Stationen Reykjavik (im Südwesten Islands, oben) und Akureyri (im mittleren Norden, unten), nach RUTHSATZ & GEYGER (1971).

Die Obergrenze der schraffierten Fläche verbindet die Monatsmittel der Niederschläge, die Untergrenze der Monatsmittel der Lufttemperatur, jeweils von Januar bis Dezember für das betreffende Jahr. Niederschlagsmittel über 100 mm sind auf 1/10 reduziert und schwarz dargestellt. Temperaturmittel unter der Abszisse, d.h. unter 0°C, sind ohne Änderung des Maßstabs ebenfalls schwarz hervorgehoben.

Monate mit Mitteln unter 0°C sind bei Reykjavik selten mehr als 2 pro Winter, und Monate mit Mitteln unter -2°C kommen kaum vor. Hier gab es niemals ausgeprägte Wiesen-schäden. Bei Akureyri war dagegen in den Frühjahren 1949, 51, 66, 67 und 69 starkes "kal" zu beobachten, etwas schwächer auch im Frühjahr 68. In den Wintern vor den genannten Jahren folgten stets mindestens 3, z.T. sogar 5 Monate mit Temperaturmitteln unter 0°C aufeinander. Das Minimum der Monatsmittel lag vor Jahren ohne "kal" nicht selten tiefer als vor "kal"-Jahren (z.B. 1947, 55, 56, 58, 59). Entscheidend war also die Dauer, nicht die Schärfe des Frostes.

Tabelle 4

Zahl der Wintermonate mit Durchschnitts-Temperaturen unter 0°C an meteorologischen Stationen in verschiedenen Teilgebieten Islands von 1946 bis 1969 und das Auftreten von „kal“¹⁾, nach graphischen Darstellungen von RUTHSATZ & GEYGER (1971).

Teil	Ort, Jahr:	19	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
NW	Hladhamar	2	>2	>2	>5	3	<u>>5</u>	>4	>2	>1	<u>>3</u>	<u>>2</u>	>2	>3	2	
NO	Raufahöfn	1	<u>>2</u>	>1	>4	4	<u>5</u>	<u>5</u>	>3	1	>3	<u>>2</u>	>1	3	<u>2</u>	
N	Akureyri	1	<u>>2</u>	>1	>4	>2	<u>>5</u>	<u>>2</u>	>3	0	<u>>3</u>	2	>1	3	<u>2</u>	
O	Egilstadir	-	-	-	>3	>2	<u>>5</u>	<u>>3</u>	>1	1	<u>4</u>	2	>1	<u>3</u>	>1	
WNW	Stykkishólmar	0	2	0	3	>1	>3	2	<1	0	>2	2	>1	>2	1	
W	Hvanneyri					1	>4	3	0	0	<u>>2</u>	<u>2</u>	2	3	<u>2</u>	
SW	Haell	1	2	0	>3	>2	>4	3	0	1	3	2	>1	>3	0	
SSW	Eyrbakki													>1	>2	<u>2</u>
WSW	Reykjavik	0	>1	0	1	<1	3	>2	0	0	>2	2	1	>2	0	
S	Mýrdal	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Teil	Ort, Jahr:	19	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
NW	Hladhamar	>3	3	4	3	>1	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	>5	<u>>4</u>	
NO	Raufahöfn	>1	2	<4	>3	1	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>>5</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	
N	Akureyri	>2	2	>3	>2	1	3	<u>>4</u>	<u>>4</u>	>5	>4	
O	Egilstadir	>1	>1	<u>>2</u>	<u>3</u>	>1	<u>4</u>	<u>>4</u>	<u>>4</u>	>5	>3	
WNW	Stykkishólmar	<1	0	3	0	1	2	>3	<u>>2</u>	<u>>3</u>	<u>>3</u>	
W	Hvanneyri	>2	0	>3	1	1	3	<u>4</u>	<u>3</u>	>4	>3	
SW	Haell	1	<1	>3	2	1	2	>3	<u>>2</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	
SSW	Eyrbakki	1	0	>2	>1	1	>2	3	>1	>2	<u>>2</u>	
WSW	Reykjavik	0	0	1	0	0	1	2	1	>2	2	
S	Mýrdal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

- 1) **halbfette Zahl** = Frühjahr mit „kal“; **unterstrichene Zahl** = mindestens ein Monat mit tieferem Temperaturmittel als -2°C. Einige der Wintermonate können bereits im vorhergehenden Jahr liegen. Im Süden der Insel wirkt sich der Golfstrom stärker auf das Klima aus als im Norden und Osten und macht die Winter wärmer. Akureyri und Hladhamar liegen weiter vom offenen Meer entfernt als die übrigen Stationen, haben also ein kontinentaleres Klima. „kal“ tritt meistens nach Wintern auf, in denen mehr als 3 Monate relativ kalt waren. Zu besonders tiefen Durchschnitts-Temperaturen hat es dagegen keine deutliche Korrelation.

Wieder sind es die jungen Triebe und zarten Blätter, die unter der vorübergehenden Ungunst, hier der Sauerstoffarmut, mehr leiden als die überwinterten älteren Sprosse und Wurzeln. Letztere sind ja bei Gräsern wie *Deschampsia cespitosa*, *Agrostis stolonifera* und *Poa trivialis* und vielen anderen Arten der Frisch- und Feuchtwiesen mit einem System von Lakunen, d.h. innerer Durchlüftung, ausgestattet, die den jüngeren Organen z.T. noch fehlen.

Sowohl beim Trocken- als auch beim Nässe-kal wirkt offenbar ein Faktor mit, der in erster Linie die Pflanzenproduktion fördert, nämlich die Versorgung mit Stickstoff in mineralischer Bindung (Faktor 11). Damit ist nicht nur "Kunstdünger" gemeint, wie er in jüngerer Zeit in Island vorwiegend verarbeitet wird, sondern auch die aus Stallmist durch Bakterien gebildeten Formen (NH₄ bzw. NO₃). Solche Zufuhr macht die Pflanzen stärker hygromorph

(Faktor 12), d.h. ihre Zellen dünnwandig und größer und damit anfälliger für Frost, Trockenheit sowie Pilz- und Bakterienbefall. Indirekt kann also eine zu gut gemeinte Düngung zur Gefahrenquelle werden (Faktor 11). Bevor wir darauf eingehen, seien jedoch die übrigen in Tab. 3 aufgelisteten Faktoren gebührend erörtert.

Die meisten Pflanzen-Nährstoffe (Faktor 10) können nicht wie der Mineralstickstoff im Übermaß zu einer schwerwiegenden Schadensursache werden, aber wohl auch nicht durch extremen Mangel. Das gilt insbesondere für Phosphor, Kalium und Kalk sowie für Spurenelemente, über deren Konzentrationen noch weniger bekannt ist als über die der erstgenannten.

Die meisten Böden Islands enthalten zwar wenig Kalk, doch fällt ihr pH-Wert unter Kulturwiesen selten tiefer als 5 (Faktor 9); er bleibt also im To-

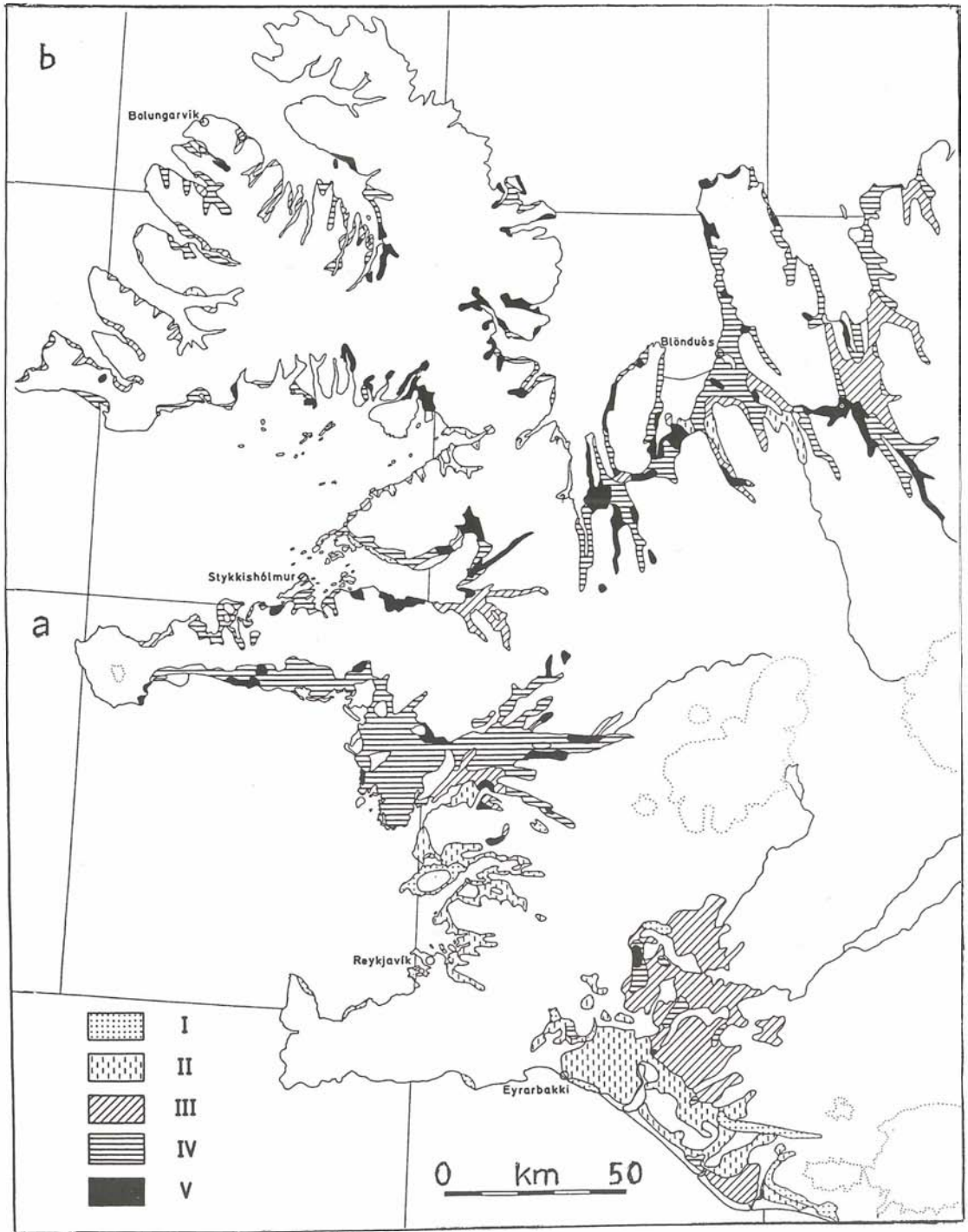


Abbildung 3

Karte der "kal"-Schäden an den Kulturwiesen Islands, nach ELLENBERG u.a. (1971), etwas verändert.

a - c: Schäden im Frühjahr 1969:

I= keine, II= schwache, III= mäßige, IV= starke Schäden auf manchen Farmen,

V= starke Schäden auf den meisten Farmen.

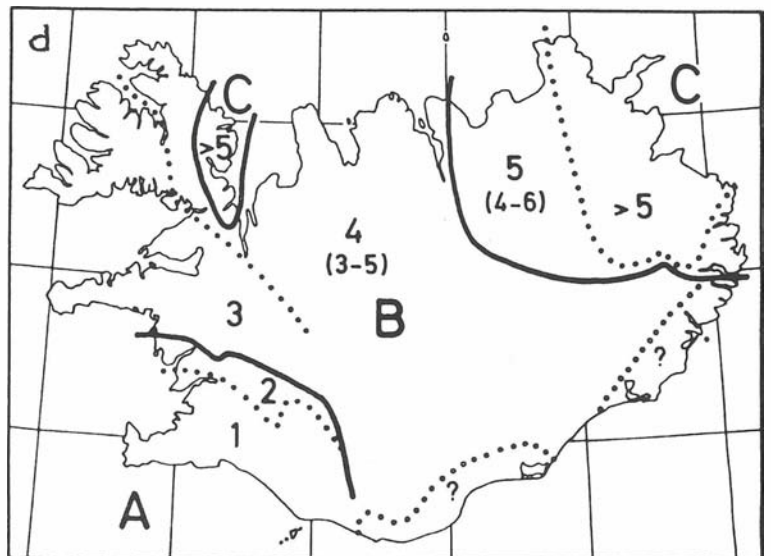
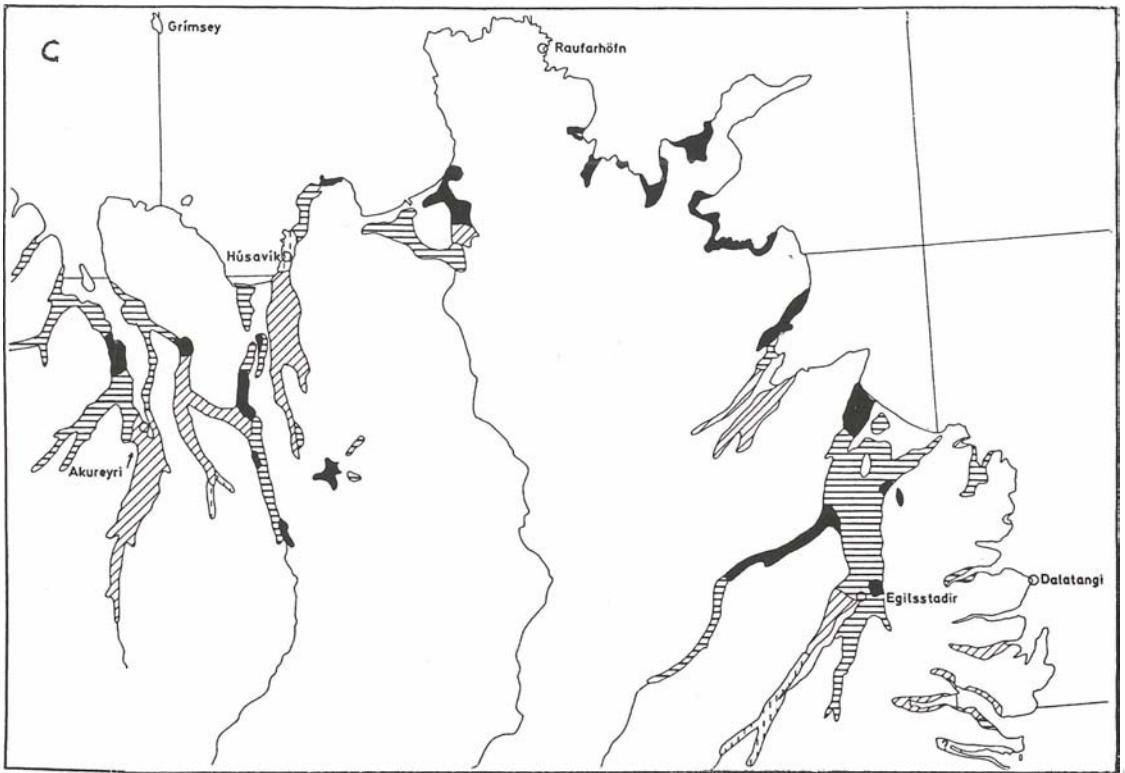
a: Südwesten, b: Nordwesten, c: Nordosten Islands (der Südosten wurde nicht kartiert, weil dort kaum "kal" auftrat).

d: Zahl der "kal"-Jahre im Dezennium 1960-69:

A= nur 1969 nennenswerte Schäden, B= auch in früheren Jahren, C= in früheren Jahren z.T. noch stärker als 1969.

leranzbereich aller darin lebenden Pflanzenarten. Die Versorgung mit Wasser kann zwar im Frühjahr übermäßig (Faktor 7) oder zu gering sein (Faktor 6), wie bereits betont wurde. Ein dauernder Wassermangel im Boden (Faktor 8) ist jedoch als "kal"-Ursache auszuschließen, weil solche Wiesenschäden nur im Spätwinter und Frühling auftreten, wenn andere Faktoren als der Wassergehalt des Bodens vorübergehend zu Trockenschäden führen. An und für sich ist dieser zu allen Jahreszeiten ausreichend, wenn nicht gar zu groß. Das Verhalten der Wiesenpflanzen wurde bisher nur im Hinblick auf dessen Beeinflussung durch klima-

tische und/oder edaphische Faktoren erörtert. Als zumindest mitwirkende Ursachen für "kal"-Erscheinungen kommen außerdem Eigenschaften der Pflanzen selbst in Frage. Schon früh wurde man auf ihre genetische Konstitution aufmerksam, soweit diese durch Saatgut-Lieferungen aus klimatisch günstigeren Bereichen geprägt wurde (Faktor 13). Namentlich in Dänemark gezüchtete Gräser erwiesen sich auf Island als relativ frostempfindlich. Sie könnten also einen Teil der bei "kal" abgestorbenen Pflanzen ausmachen. Bei allen Partnern der Wiesengemeinschaften könnte im übrigen das individuelle Alter eine gewisse Rolle spielen (Faktor 14).



Fortsetzung: Abbildung 3

Die eigentlichen Wiesenpflanzen sind zwar mehrjährig, leben aber keineswegs dauernd.

Versuche in Hohenheim (LIETH u. ELLENBERG 1958) haben sogar erwiesen, daß die meisten Horstgräser schon nach wenigen Jahren absterben und nur dann im Bestand erhalten bleiben, wenn sie Samen erzeugen, die keimen und zu neuen Horsten heranwachsen. Es ist also durchaus denkbar, daß eine Wiese durch Überalterung abstirbt. Allerdings wäre ein gleichzeitiges Sterben vieler Arten und/oder sämtlicher Individuen einer Art sehr unwahrscheinlich. Außerdem sind stets auch Arten vertreten, die sich vorwiegend durch Ausläufer, d.h. im Prinzip unbegrenzt vegetativ vermehren (z.B. die *Agrostis*-Arten und weniger ausgreifend *Alopecurus pratensis*). Diese würden ein flächenhaftes Sterben der Wiesengemeinschaft unmöglich machen. Da in "kal"-Jahren raschwüchsige Kräuter bald die Lücken füllen (s. Tab. 2), waren viele isländische Farmer davon überzeugt, daß diese Kräuter die Gräser zu überwachsen und zu unterdrücken vermögen, also gefährliche Konkurrenten für sie seien (Faktor 15). Alle Beobachtungen auf öfter besuchten Dauer-Probeflächen zeigten freilich, daß das schon in Abschnitt 1 dargestellte sekundäre Auftreten der Therophyten den Tatsachen entspricht, sie also nicht Wettbewerber, sondern nur Lückenfüller sind.

Wenn Pflanzen ungewöhnlich früh und rasch absterben, denkt man mit Recht zunächst an irgendwelche Schädlinge, seien es Bakterien, Pilze, Insekten oder sonstige Organismen. Beim Abschmelzen des Schnees offenbart sich z.B. der Befall mit Schneeschimmel-Arten (Faktor 16), die gerade in ozeanischem Klima mit milden Wintern im Schutz einer lockeren Schneedecke die Blätter überwuchern und in die Spaltöffnungen eindringen (s. ELLENBERG 1996). Ein für solche Pilze günstiger langdauernder Schneeschutz hält sich jedoch gerade auf Island nur ausnahmsweise. Als Verursacher weitflächiger Wiesenschäden kommen Schneeschimmel mithin kaum in Betracht. Das gleiche gilt für Welkepilze (*Fusarium*-Arten), die nach KOMMEDAHL u. SIGGEIRSSON (1973) zwar in Wurzeln und Böden isländischer Grasländer häufig vorkommen, aber kein "kal" bewirken. Durch Bakterien verursachte Erkrankungen höherer Pflanzen (Faktor 17) sind meist auf bestimmte Arten oder Gattungen beschränkt, können also kein allgemeines Wiesensterben auslösen. An Wurzeln fressende Fadenwürmer (Nematoden, Faktor 19) sind zwar nach SIGGEIRSSON u. RIEL (1975) auf Island verbreitet, aber nicht in Verbindung mit "kal" zu bringen. Wie bereits in Tab. 3 vermerkt, kommen Insekten (Faktor 19) ebenfalls nicht in Frage. Das dürfte auch für andere Tiergruppen gelten. Weidewie (Faktor 20) kann zwar auf Wiesen manchen Schaden anrichten, vor allem durch sein Trampeln. Als Verursacher von "kal" ist es aber auszuschließen, weil es von den isländischen Farmern nur jeweils kurzfristig und unter Kontrolle zur Nachweide im Herbst auf die Mähewiesen geschickt wird.

Wiederholt wurde auf das Zusammenwirken mehrerer Faktoren hingewiesen, das wahrscheinlicher als irgendein Einzelfaktor für das Auftreten von "kal"-Schäden verantwortlich sein dürfte. Vor allem Kombinationen mit hygromorphem Bau (Faktor 12) und größerer Kälteempfindlichkeit (Faktor 13) gewinnen an Bedeutung, wenn man sich die besondere Situation auf Island vor Augen hält. Zu diesen Landes-Eigentümlichkeiten gehören auch zu wenig Schnee und stürmische Winde (Faktoren 2 und 5).

Bei unseren Erkundungen im Sommer 1968 gewann schließlich eine zu sehr gesteigerte Stickstoff-Versorgung im Zusammenhang mit der dadurch geförderten Hygromorphie (Faktoren 11 und 12) immer mehr an Bedeutung, obwohl sie von Isländern niemals (oder nur nach intensiver Diskussion) mitwogen wurde. Deshalb schlugen wir vor, die "kal"-Schäden auf ganz Island detailliert zu kartieren und dabei die Bewirtschaftung der Wiesen besonders zu beachten. Dieser Plan wurde überraschend stark dadurch begünstigt, daß auf das "kal"-Jahr 1968 das noch stärker ausgeprägte Schadensjahr 1969 folgte.

3 Auswertung einer "kal"-Kartierung im Frühjahr 1969

Nach den Erfahrungen und Diskussionen im Sommer 1968 bereisten wir Island unmittelbar nach Ausgang der Fröste des Winters 1968/69. "kal"-Erscheinungen waren überall deutlich sichtbar und die im Frühjahr 1968 eingetretenen Schäden bei den Farmern noch in genauer Erinnerung. Daher lohnte sich eine Kartierung nahezu aller Kulturwiesen mit Ausnahme einiger sehr verstreuter Vorkommen im Süden der Insel, wo Stichproben nirgends nennenswerte "kal"-Schäden ergaben. Wir konnten bei unserer Kartierung recht gut fünf Stufen des Wiesensterbens unterscheiden, von fehlenden bis zu starken Schäden (s. Abb. 3).

Um die meist einsam gelegenen Farmen auf den oft schlammigen Wegen erreichen zu können, war ein kräftiger Jeep erforderlich. Er wurde von Barbara Ruthsatz oder meiner Frau gesteuert, während ich Karteneintragungen und Notizen sammelte. "Only foolish and foreigners come through!" Mit solchen Worten wurden wir oft von den Farmern empfangen, die schon damals durch das in Island allgemein verbreitete und geradezu familiär gestaltete Fernsehen orientiert waren. Nicht selten hatten sich die letzten Besucher vor uns mehrere Monate früher ins Gästebuch eingetragen. Die Fahrten wurden vom Isländischen Nationalen Forschungsrat finanziert. Herr Magnús Óskarsson von der Landwirtschaftsschule Hvaneyri sowie mehrere andere Landwirtschaftsexperten halfen uns fachkundig. Ungezählte Farmer nahmen uns freundlich auf und gaben uns bereitwillig Auskünfte in ihrem flexiblen Englisch. Wir danken allen noch heute.

Die stärksten Schäden zeigten sich im Nordosten (Abb. 3c) und stellenweise im Nordwesten der In-

sel (Abb. 3b). Im Westen und Südwesten (Abb. 3a) waren sie geringer und im Süden ausgesprochen selten. Aufgrund der zahlreichen Informationen war es möglich, außer der Aufnahme des aktuellen Zustandes eine Übersichtskarte (Abb. 3d) zu konstruieren, die nach der Häufigkeit der "kal"-Jahre im Dezennium 1960-69 gegliedert ist. Im Südwesten war nur 1969 ein nennenswerter Schaden eingetreten. Gegen Osten und Norden dagegen stieg die Zahl der Schadensjahre jeweils bis über 5. Damit wird die Bedeutung der Dauer frostreicher, wenn auch nicht extrem kalter Winterzeiten unterstrichen (Faktor 1b in Tab. 3).

Überhaupt war das Ergebnis der Befragungen und/oder unserer eigenen Beobachtungen im Hinblick auf die Ursachen des Wiesensterbens eindeu-

tig. Als wesentlich erwies sich ein Gefälle nach dem Düngeraufwand, insbesondere was den Anteil des Stickstoffs anbetrifft:

Je höher, desto mehr "kal". Dieser kurze Satz stimmte fast ausnahmslos. Auf stark vernachlässigtem oder vor einigen Jahren aufgegebenem Farmland blieben zwar die Heuerträge gering oder fehlten ganz. Doch suchte man hier "kal"-Schäden fast immer vergeblich (s. Tab. 5). Offenbar gab es bei "faulen" Farmern nur einheimische Gräser und keine ausgesprochen hygromorph gebauten Frühjahrstriebe. Die in Tabelle 3 mit 11, 12 und 13 bezeichneten Faktoren erreichten mithin unter so extensiven Bedingungen Minima, während sie auf intensiv bewirtschaftetem Farmland ebenso wie die "kal"-Schäden Maximalwerten zustrebten.

Tabelle 5

Unterschiedliche "kal"-Schäden auf benachbarten Farmen mit geringer und starker Düngung in verschiedenen Teilen Islands (Beispiele), nach ELLENBERG u. Mitarb. (1971).

Lage der Farmen	Jahr	N-Düngung		Lage der Farmen	Jahr	N-Düngung	
		stark	gering			stark	gering
SW s. Laugarvatn	69	4	0	N bei Langholt	69	4	1
WSW sö Skardsheidi	68	3	1	N bei Galmarströnd	69	5	2
	69	5	1	NNO n. Húsavík	69	3-4	0
W w. Reykholt	68	2	0	O n. Egilstadir	60	4-5	
	69	5	1		65	5	2
NW n. Nauteyri	69	4	2		69	3	1
NNW sö. Miðlfjörður	69	4-5	0 alt				
	69		3 jung				
NNW s. Breidahólstadir	69	4-5	2				

0 = kein „kal“, 1 = an kleinen Stellen
 2 = häufiger, aber < 10%, 3 < 25%
 4 = 25-50%, 5 = extrem, > 75%

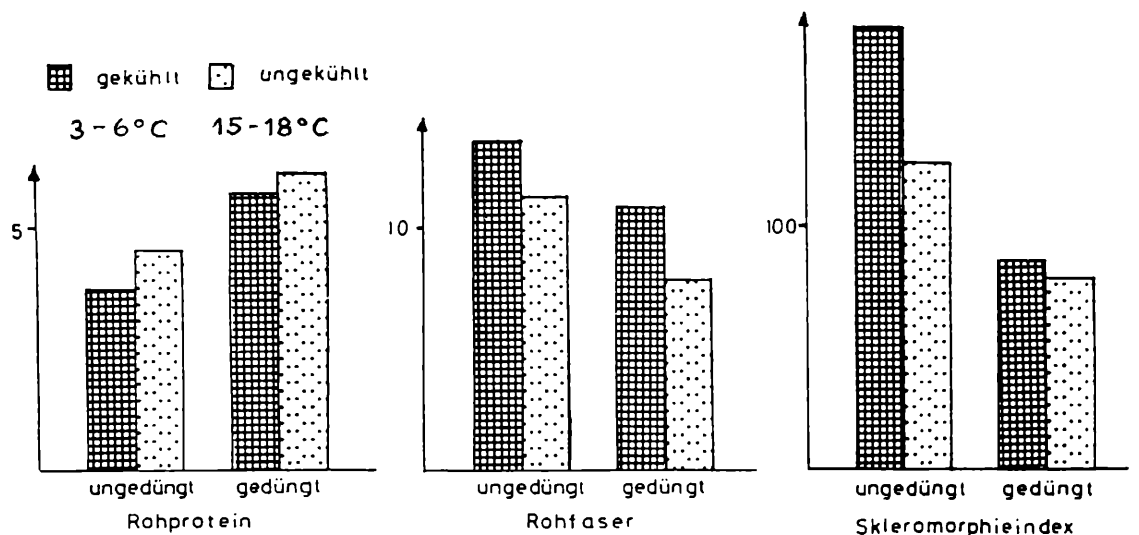


Abbildung 4

Einflüsse der Bodentemperatur und der Düngung auf die Struktur von Grasbeständen, wie sie üblicherweise auf Island angesät werden, nach STEUBING & KNEIDING (1975), verändert.

Im Gewächshaus bei 15-18°C (bzw. 3-6°C) gehaltene Kulturschalen mit isländischer Braunerde, ungedüngt bzw. mit leicht verfügbarem Stickstoff und Phosphor gedüngt. Der Gehalt an Rohprotein steigt mit der Temperatur, stärker aber mit der N-Zufuhr; der Gehalt von Rohfasern fällt dagegen ab. Deshalb steigt der "Hygromorphiegrad" (das Gegenstück zu dem meist berechneten "Skleromorphie-Index") beträchtlich.

zu sein. Zu den übrigen Faktoren (3, 6, 8-10 und 14-20) ergaben sich für uns durch die Kartierungsfahrten keine Erkenntnisse, die von den schon im Jahre 1968 möglichen Überlegungen zu Tab. 3 in bemerkenswertem Maße abwichen.

So kamen wir im Spätfrühling 1969 zu den folgenden Schlußfolgerungen:

Hauptursache der von 1945 bis 1969 häufiger und stärker gewordenen "kal"-Schäden war eine jahrelang überhöhte Stickstoffdüngung. Sie machte die Gräser und anderen Wiesenpflanzen zu hygromorph und damit empfindlich gegen Trockenheit bzw. Sauerstoffmangel im Frühjahr sowie gegen Fröste in schneearmen Wintermonaten und/oder im zeitigen Frühjahr. Diese Empfindlichkeit war besonders hoch bei einigen Kulturgras-Arten, deren Saatgut aus wärmeren Ländern stammte.

Als dieser Befund bei einer abschließenden Zusammenkunft mit isländischen Fachleuten und Förderern diskutiert wurde, stellte sich zu unserer Überraschung heraus, daß nach dem Ende des 2. Weltkrieges die landwirtschaftliche Beratung ausdrücklich eine verstärkte Düngung, besonders mit Stickstoff, aus begründlichen Gründen empfohlen hatte, um die Futtererträge rasch zu steigern.

Außerdem war eine Fabrik zur Bindung von Luftstickstoff errichtet worden, und zwar veranlaßt vom Leiter des staatlichen Beratungsdienstes. Dieser konnte die Ziele der Beratung nach der Zusammenkunft in geschickter Weise schrittweise umstellen, zumal unsere Ergebnisse bewußt zunächst nicht publik gemacht wurden.

Eine geregelte, eher zurückhaltende Düngung der Mähwiesen erwies sich auf Island wie in Mittel- und Westeuropa durchaus als sinnvoll und durchführbar. Starke "kal"-Schäden hat es in den 70er und 80er Jahren nicht mehr gegeben.

4 Ergänzende Feststellungen

Im Hinblick auf die besondere Bedeutung der Hygromorphie von Gräsern für das Entstehen von Wiesenschäden auf Island sind einige Experimente von Interesse, die STEUBING & KNEIDING (1975) im Gewächshaus durchführten. Sie benutzten dazu Kulturgefäße mit Braunerde aus der Gegend von Hvaneyri in Westisland, in denen Grasbestände aus Samen unter 4 verschiedenen Bedingungen (s. Abb. 4) herangezogen wurden. In der auf Island üblichen Weise bestand die Saatmischung zu 50 % aus *Phleum pratense*, zu 30 % aus *Festuca rubra* und zu 20% aus *Poa pratensis*, die vorwiegend in Dänemark, teilweise wohl auch in Norwegen gewonnen worden waren. Eine Reihe der Kulturschalen wurde bei 15-18° C, d.h. bei günstiger Temperatur gehalten, eine andere durch Eismischungen von unten her auf 3-6°C abgekühlt. In jeder Reihe blieb eine Hälfte ungedüngt, während die andere mit leicht verfügbarem Stickstoff und Phosphor versorgt wurde. Zur Beurteilung der Gewebestruktur nach dem Abernten der herangewachsenen Bestände dienten chemische Parameter, nämlich die Gehalte an Rohprotein

und Rohfasern. Ersterer stieg mit der Temperatur und noch stärker mit der Nährstoff-Versorgung. Der Anteil an Rohfasern, der den Futterwert senkt, aber die Widerstandsfähigkeit gegen Frost und/oder Trockenheit der Luft vermehrt, fiel dagegen ab. Als kombiniertes Maß wurde nicht der Hygromorphiegrad, sondern in üblicher Weise sein Gegenstück berechnet, der "Skleromorphie-Index" nach LOVELESS (1961) (Rohfaser in Prozent des Trockengewichts mal 100, geteilt durch Rohprotein in % TG). Wie Abb. 4 veranschaulicht, sind gedüngte Bestände in jedem Falle weniger skleromorph; die Kühlung wirkt in entgegengesetzter Richtung, wenn auch in schwächerem Maße. Mit anderen Worten ausgedrückt: Die Erwärmung im Frühjahr macht stark gedüngte, vor allem mit Stickstoff versorgte Grasbestände besonders hygromorph, also anfällig gegen Frost, Trocknis und Fäulnis.

Da es erfahrungsgemäß schwierig ist, einwandfrei festzustellen, ob Mähwiesen zu stark mit Stickstoff versorgt sind, könnten Zeigerpflanzen für die zukünftige Beratung hilfreich werden. Für Island gültige Gruppen von Stickstoff-Indikatoren habe ich in Tab. 6 zusammengestellt. Insbesondere sei auf die Gruppen "reich" und "überreich" hingewiesen, die man sich verhältnismäßig leicht einprägen kann.

Summary

Meadow dieback on Iceland - a glance back and forward

A severe hayfield dieback on Iceland (locally called "kal") was (and still is) threatening the utilization of cattle in distinct years, mainly during the period from 1950 to 1970. These damages of grasses becoming fully visible in the spring proved to be not simply a "winter killing" (as they are called normally in English). They turned out to be the results of interactions between climatic and edaphic as well as plant physiological and genetic factors with an intensified management of the hayfields. Mainly the exaggerated fertilization with mineral nitrogen, started after 1945, contributed decisively to make the meadow plants more hygromorphic and sensitive to frost and springtime drought as well as to temporal inundation. This susceptibility had already been enhanced by the common use of grass seeds produced in Denmark and other warmer countries.

A mapping of "kal" damages in all Icelandic hayfield regions which could be realized in 1969, evidenced clearly that the farms managing most intensively were burdened with strong diebacks, while neglected farms were not. Remedial measures to be taken became obvious and already successful to a certain degree.

Literatur

BERGTHORSSON, P. (1969): An estimate of drift ice and temperature in Iceland in 1000 years. *Jökull* 19: 94-101.

- BÖTTCHER, H. (1971):
 me remarks on the vegetation of South-Icelandic cultivated hayfields and their damages by "winterkilling" (kal).
 Ber. Forschungsstelle Nedri Ás (Hveragerdi) 9: 28 S.
- (1980):
 Der anthropogene Einfluß auf die nachhaltige Nutzungsfähigkeit isländischer Rasengesellschaften unter klimatischen, edaphischen und historischen Gegebenheiten.
 Verh. Ges. Ökol. 8: 213-219.
- DIERSSEN, K. (1973):
 Moosgesellschaften auf isländischen Torfböden und ihre Abhängigkeit vom Wasser- und Nährstoffhaushalt. Ber. Forschungsstelle Nedri Ás (Hveragerdi) 13: 30 S.
- ELLENBERG, Ch. u. H. (1969):
 "kal" Das Kahlwerden von Kulturwiesen Islands als ökologisches Problem. Ber. Forschungsstelle Nedri Ás (Hveragerdi) 7: 47 S.
- ELLENBERG, H. (1996):
 Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Aufl. Stuttgart, E. Ulmer: 1096 S.
- ELLENBERG, H. u.a. (1971):
 Zur Kartenübersicht der Kahlschäden an den Kulturwiesen Islands im Jahre 1969. Ber. Forschungsstelle Nedri Ás (Hveragerdi): 22 S.
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1992):
 Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobot. (Göttingen) 18: 258 S.
- EYTHORSSON, J. & SIGTRYGSSON, H., 1971:
 The climate and weather of Iceland. The Zoology of Iceland (Reykjavik) 1(3): 62 S.
- FRIDRIKSSON, Sturla (1954):
 Rannsóknir á kali túna árin 1951 og 1952. Winter injury of plants in icelandic hayfields. Univ. Res. Inst. Dept. Agric. Rep. Ser. B7: 72 pp.
- FRIDRIKSSON, S. (1972):
 Grass and grass utilization in Iceland. Ecology 53: 785-796.
- GLAWION, R. (1985):
 Die natürliche Vegetation Islands als Ausdruck des ökologischen Raumpotentials. Bochumer Geogr. Arb. 45: 208 S.
- (1986):
 Rezente Klimaschwankungen und Vegetationsveränderungen in Island. Ursachen und ökonomische Auswirkungen. Geowiss. in unserer Zeit (Weinheim) 4: 141-153.
- 't HART, M.L. & van der MOLEN, W.H. (1971):
 Winterkilling of grasses in Icelandic hayfields. Ber. Forschungsstelle Nedri Ás (Hveragerdi) 5.
- IWAN, W. (1937):
 Über Löß und Flugsand in Island. Z. Ges. Erdk. 1937: 177-194.
- JÓHANNESSON, B. (1960):
 The soils of Iceland. Univ. Res. Inst. Reykjavík, Dept. Agric., Rep. B13, 140 p.
- JÓNSSON, O. (1938):
 Kal. Ársrit, Raekt. Nordirlands: 1-31.
- KOMMEDAHL, Th. & SIGGEIRSSON E.I. (1973):
 Prevalence of Fusarium species in roots and soils of grassland in Iceland. Res. Inst. Nedri Ás (Hveragerdi) 14.
- LIEBRICHT, H. (1983):
 Das Frostklima Islands seit dem Beginn der Instrumentenbeobachtung. Bamberger Geogr. Schr. 5.
- LIETH, H. & ELLENBERG, H. (1958):
 Konkurrenz und Zuwanderung von Wiesenpflanzen. Z. Acker- u. Pflanzenbau 106: 205-223.
- LÖTSCHERT, W. (1974):
 I. Über die Vegetation frostgeformter Böden auf Island. Ber. Forschungsstelle Nedri Ás (Hveragerdi) 16: 1-15.
- LOVELESS, A.R. (1961):
 A nutritional interpretation of sklerophylly based on differences in chemical composition of sclerophyllous and mesomorphic leaves. Ann. Bot. 25: 168-176.
- NYGARD, I.J. (1959):
 Jarðvegskort af islandi (Soil map of Iceland). In: JÓHANNESSON, B., 1960.
- PREUSSER, H. (1974):
 Die Deflation in Island. Deutsch-Isländisches Jahrbuch 7: 32-48.
- RÜBEL, E. (1912):
 Pflanzengeographische Monographie des Berninagebietes. Leipzig: 615 S.
- RUTHSATZ, B. & GEYGER, E. (1971):
 Wird die Intensivierung der Grünlandkultur in Island durch das Klima begrenzt? Ber. Forschungsstelle Nedri Ás (Hveragerdi) 8.
- SCHUNKE, E., (1975):
 Periglazialerscheinungen Islands in Abhängigkeit von Klima und Substrat. Abh. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl. 3 F, 30: 275 S.
- (1977):
 Zur Ökologie der Thufur Islands. Ber. Forschungsstelle Nedri Ás (Hveragerdi) 26.
- SCHUNKE, E. & STINGL, H. (1973):
 Neue Beobachtungen zum Luft- und Bodenfrostklima Islands. Geografiska Annaler, Ser. A 55: 1-23.
- SIGGEIRSSON, E. (1978):
 Über den Kartoffelbau in Island. Ber. Forschungsstelle Nedri Ás (Hveragerdi) 12.
- SIGGEIRSSON, E.I. & von RIEL, H.R. (1975):
 Plant parasitic nematodes in Iceland (Isländisch). Res. Inst. Nedri Ás (Hveragerdi) 20.
- STÄHLIN, A. (1960):
 Beobachtungen an Grünland und Graslandansaat in Island. Das Grünland 9/12: 77-80.
- (1962):
 Probleme der isländischen Volkswirtschaft in landwirtschaftlicher Sicht. Ber. üb. Landwirtsch. N.F. 40: 460-467.

STEFANSSON, S. (1948):
Flora Islands. 3. Aufl. Akureyri.

STEINDORSSON, St. (1962):
On the age and immigration of the Icelandic flora.
Visindafélag Íslendinga (Reykjavík) 35: 1-157.

STEUBING, L. & KNEIDING, S. (1975):
Untersuchungen zur Rekultivierung von Grünland auf
winderodierten Böden Islands. Ber. Forschungsstelle
Nedri Ás (Hveragerdi): 45 S.

TROLL, C. (1973):
Rasenabschälung (Turf Exfoliation) als periglaziales

Phänomen der subpolaren Zonen und der Hochgebirge.
Z. Geomorphologie N.F., Suppl. Bd. 17: 1-32.

VEDRATTAN (1970 ff.):
Monatswetterhefte, hrsg. v. Vedurstofa Islands (Icelandic
Meteorological Office), Reykjavík.

Anschrift des Verfassers: *

Prof. em. Dr. Drs. h.c. Heinz Ellenberg
Wohnstift
D-37070 Göttingen

* Prof. Dr. Drs. h.c. Heinz Ellenberg ist während der verzögerten Drucklegung am 2. Mai 1997 verstorben.
Die Korrekturfahnen der im Februar 1996 eingereichten Arbeit wurden im Dezember 1996 von ihm autorisiert.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege \(ANL\)](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [Beiheft_12](#)

Autor(en)/Author(s): Ellenberg Heinz

Artikel/Article: [Wiesensterben auf Island - eine Rück- und Vorschau 99-113](#)