Zeitschrift: Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Forschungsinstitut Zürich

Band: - (1944)

Artikel: Besiedlung und Vegetationsentwicklung auf den jungen Seitenmoränen des grossen Aletschgletschers

Autor: Lüdi, Werner

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-377495

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.09.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

BESIEDLUNG UND VEGETATIONS-ENTWICKLUNG AUF DEN JUNGEN SEITEN-MORÄNEN DES GROSSEN ALETSCH-GLETSCHERS

mit einem Vergleich der Besiedlung im Vorfeld des Rhonegletschers und des Oberen Grindelwaldgletschers.

Von *Werner Lüdi*, Zollikon.

Anläßlich der botanischen Untersuchung des Aletschwaldreservates und der Errichtung von Dauerflächen in diesem Gebiete wurde auch der Besiedelung der jungen Seitenmoränen des Aletschgletschers, soweit sie im Reservat liegen, Aufmerksamkeit geschenkt, und es ergaben sich Verhältnisse, die von allgemeinem Interesse sind, so daß sich ihre gesonderte Veröffentlichung rechtfertigt.

Der Große Aletschgletscher hat seit einem Jahrhundert einen gewaltigen Rückgang erlitten, der für die in einer engen Schlucht liegende Gletscherzunge über 1 km ausmacht. Noch stärker als am Gletscherende tritt der Rückgang durch das Einsinken der Gletscheroberfläche in Erscheinung. Im Gebiete der Aletschreservation beträgt dieses vertikale Einsinken des Gletschers rund 100 m, so daß dort ein breiter Saum von jungem Gletscherschutt entstanden ist. In diesem im allgemeinen steilen und von Felsabstürzen unterbrochenen Moränensaum wurde etwa 450 m nordöstlich von der Stelle, da der Belalpweg die junge Moräne erreicht (Silbersand), ein Hang gefunden, der als Schuttfläche, ohne größere Felsen, vom oberen Rand der Moräne zum Gletscher abfällt. Der Gletscherrand ist dort in 1870 m Höhe; doch steigt das Eis nach der Mitte des Gletschers hin noch bedeutend an. Dieser Hang befindet sich 2 km oberhalb des Zungenendes. Oben bildet der alte, mit Rhodoreto-Vaccinietum und offenem Arven-Lärchenwald bewachsene Boden in 1960 bis 1975 m Höhe eine scharfe Grenze gegen den jungen Schutt.

Der Moränenschutt besteht aus Silikatgestein; spärlich, aber lokal angereichert, ist ihm homogener Kalk beigemischt, der auf den

linksseitigen Moränen durch den Gletscher vom Jungfraugebiet herabtransportiert wird. Der Einfluß dieses Kalkgesteins kann auf der jungen Moräne immer wieder festgestellt werden. Da der Kalk im ganzen untern Aletschgebiet als anstehendes Gestein fehlt, so wurde nach freundlicher Mitteilung von Frau Dr. Bürcher früher der Kalkschutt sorgfältig aus der Moräne ausgelesen und für Bauzwecke gebrannt [1].

Es war nun ein glücklicher Umstand, daß unser Schutthang nicht ganz gleichmäßig abfällt, sondern zwischen steileren Teilen eine Anzahl kleiner Mulden oder flacher Böden aufweist. Einige von ihnen sind hangabwärts durch deutliche, niedrige Moränenwälle abgegrenzt. Während am steilen Hang die Erosion bis heute sehr wirksam geblieben ist und die Überwachsung verzögerte oder verunmöglichte, stabilisierte sich der Boden der Mulden rasch. In ihrer Gesamtheit verhalten sich infolgedessen diese übereinanderliegenden, flachen Hangteile wie die älteren und jüngeren Teile des Vorfeldes eines auf flachem Boden zurückgehenden Gletschers, zum Beispiel des Rhonegletschers.

Auf den flachen Hangböden errichteten wir, von unten bis oben über den Hang verteilt, fünf große Dauerflächen, die floristisch und bodenkundlich analysiert wurden. Die floristischen Analysen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Um die ältesten Teile der Jungmoräne in ihrer Vielgestaltigkeit besser zu erfassen, wurden auf dem breiten Rücken derselben noch einige Kleinflächen angelegt (s. Tab. 5–7).

Untersuchungsmethodik

Bei der floristischen Analyse untersuchten wir die einzelnen Vegetationsschichten getrennt. Angegeben wird in erster Linie die Häufigkeit und Ausbreitung der einzelnen Arten, wobei die Individuenhäufigkeit und der Dekkungsgrad (AD) durch eine gemeinsame Skala ausgedrückt wird: + = vereinzelt, 1 = ziemlich reichlich, 2 = reichlich, aber Deckung gering, unter $\frac{1}{8}$ der Fläche, 3 = Deckung $\frac{1}{8}$–$\frac{1}{4}$, 4 = Deckung $\frac{1}{4}$–$\frac{1}{2}$, 5 = Deckung größer als $\frac{1}{2}$ der Fläche, 5! = Deckung größer als $\frac{3}{4}$ der Fläche. Bei den Kleinflächen konnte die Analyse genauer ausgeführt werden. Die Dominanz (D) und die Abundanz (A) wurden getrennt aufgenommen, die erstere in Prozenten der Deckung der gesamten Dauerfläche, die letztere mit folgender Skala: + = 1–2, 1 = 3–10, 2 = 11–25, 3 = 25–50, 4 = 50–100, 5 = mehr als hundert Individuen oder selbständige Sprosse auf der Fläche von 1 m² (für die größeren Flächen entsprechend mehr).

---

[1] Vgl. als allgemeine Orientierung über die Aletschreservation einschließlich des Moränengebietes die nachstehenden Schriften, die auch weitere Literaturangaben enthalten: E. Hess, La forêt d'Aletsch, monument national. Bull. Murithienne **51** 1934 (78–111). – J. Mariétan, La réserve d'Aletsch et ses environs. Bull. Murithienne **53** 1936 (71–115). – E. Heß, Zehn Jahre Aletschwaldreservat. Die Alpen **19** 1943 (205–216).

Einklammerung der AD oder D in den Listen bedeutet, daß die Art der Dauerfläche fehlt, sich aber in der unmittelbaren Umgebung findet.

Besondere Aufmerksamkeit wendeten wir der Vitalität der Arten zu, da diese für die Veränderungen in der Zusammensetzung der Flora von grundlegender Bedeutung ist. Für ihre Darstellung kam in den Tabellen die nachfolgende Skala in Anwendung: + = sehr schlecht gedeihend, ausgesprochene Kümmerform, 1 = steril und auch vegetativ in der Entwicklung gehemmt, 2 = meist steril, aber vegetativ normal gedeihend, 3 = normal fruktifizierend und vegetativ normal entwickelt.

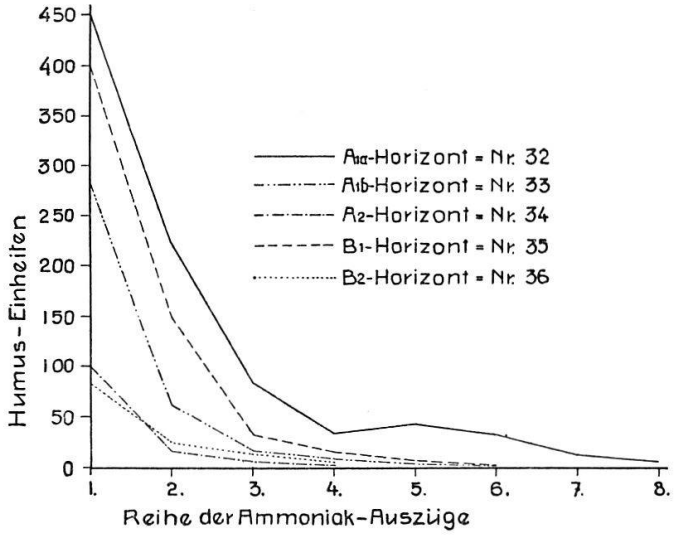

Abb. 1. Lösung des kolloidal ungesättigten Humus aus den Bodenhorizonten unseres Aletschwald-Podsolprofils (vgl. Tab. 2) durch wiederholte Behandlung mit Ammoniaklösung.

Der Anteil der einzelnen Vegetationsschichten wurde in Prozent der Bodendeckung geschätzt, wobei die Grenzen zwischen Zwergstrauch- und Strauchschicht etwas schwankend waren. Im allgemeinen wurde sie in 50 bis 60 cm Höhe durchgelegt.

Zur Untersuchung der Bodenentwicklung entnahmen wir aus jeder der großen Dauerflächen mehrere Proben, womöglich auf verschiedene Bodentiefen verteilt. Ferner wurde ein Bodenprofil aus dem anstoßenden Altmoränengebiet untersucht. Wir bestimmten die Wasserstoffjonenkonzentration (pH), den Glühverlust und die Färbung des Glührückstandes, sowie den Gehalt an adsorptiv ungesättigtem, kolloidalem Humus (s. Tab. 2). Als Maß für den kolloidalen Humus verwendeten wir den ammoniakalischen Auszug: 2 g lufttrockenen Bodens wurden mit 10 cm³ 2 % Ammoniak eine Minute geschüttelt, dann abfiltriert und der Gehalt an kolloidalem Humus nach der Färbung des Filtrates im Reagensglas beurteilt: a) nach sechsteiliger Skala, 1 = Filtrat leicht bräunlich, 5 = Filtrat schwarz, absolut undurchscheinend; b) durch Verdünnung mit Wasser bis auf einen hellbräunlichen Normalton (Nr. 153b des Code des couleurs von Klincksick und Valette), wobei die Zahl der Einheiten angibt, mit wie viel Teilen Wasser ein Teil des Filtrates verdünnt werden mußte, bis der Normalton erreicht wurde. Diese Methode gibt natürlich nur Annäherungswerte, namentlich weil bei der einmaligen Behandlung mit Ammoniak nicht aller Humus gelöst wird. Wir

haben zur genaueren Orientierung einige an kolloidalem Humus reiche Böden des Podsolprofils wiederholt mit Ammoniak behandelt, bis der kolloidale Humus beinahe völlig ausgezogen war. Wie die Zusammenstellung in Abb. 1 zeigt, geben die Mineralböden (A_2, B_2) den größten Teil ihres kolloidalen Humus bereits bei der ersten Behandlung ab. Das gilt auch für unsere humusarmen Moränenböden. Bei den Humushorizonten (A_1, B_1) sinkt der kolloidale Humus im Bodenauszug erst nach der zweiten oder dritten Behandlung auf einen unbedeutenden Wert ab; aber bereits der erste Auszug gibt beim Vergleich mit den andern Bodenhorizonten einen brauchbaren Größenindex.

Ferner untersuchten wir die Pufferung der Böden gegen Säure- und Laugenzusatz. 10 g lufttrockene Feinerde wurden mit 100 g destilliertem Wasser und den vorgesehenen Mengen (1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 40 cm^3) $^1/_{10}$ norm. Kalilauge oder Salzsäure versetzt, dann vier Stunden geschüttelt, einen Tag unter wiederholtem Aufschütteln stehen gelassen und nochmals eine Stunde geschüttelt. Dann bestimmten wir das pH mit der Chinhydronelektrode, die allerdings bei höherer Alkalinität nur Annäherungswerte liefert. Die erhaltenen pH-Werte trugen wir in ein Koordinatensystem ein und erstellten die Pufferungskurven, von denen wir in den Abb. 2 bis 4 einige zur Darstellung bringen. Um vergleichbare Zahlenwerte zu bekommen, konstruierten wir nach dem Rat von Prof. H. Pallmann die Pufferungsflächen, d. h. die Flächen, die zwischen der pH-Kurve der Böden und derjenigen der reinen Laugen- und Säurelösung liegen. Diese Flächen wurden zwischen 0 und 40 cm^3 Laugen- respektive Säurezusatz ausgemessen und in Tab. 3 zusammengestellt. Von den Proben aus den Moränenflächen 1 bis 4 und aus dem B-Horizont des Podsolprofils wurden zur Untersuchung je zwei gleichartige Proben vereinigt, und wegen Materialmangels mußten die vier Lärchenstreueproben (26, 27, 29, 30) zu einer einzigen Probe vermischt werden.

Im weiteren bestimmten wir für unsere Böden, mit Ausnahme einzelner Humusböden, die Korngrößenverteilung nach folgender Größenskala:

Grobsand	Korngröße = 2,0 –0,2 mm
Feinsand	Korngröße = 0,2 –0,02 mm
Schluff	Korngröße = 0,02–0,002 mm
Ton	Korngröße = kleiner als 0,002 mm

Zur Vorbereitung wurden 20 g lufttrockene Feinerde mit 100 g destilliertem Wasser zwei Stunden mit Rücklaufkühler gekocht und dann zwei Stunden geschüttelt. Der Grobsandgehalt wurde mittels Durchschlämmen im 0,2 mm Normalsieb festgestellt, die feineren Fraktionen mit dem Pipettzylinder von Esenwein. Bei den humusreichen Böden zerstörten wir den Humus vor dem Schlämmen durch Kochen mit H_2O_2 und bezogen die Korngrößenbestimmung nur auf den verbleibenden Mineralboden. Die Ergebnisse sind in Tab. 4 zusammengestellt. Wiederholte Nachprüfungen ergaben nur geringfügige Unterschiede.

Dr. M. Jäggli bestimmte die Moose, Dr. Ed. Frey die Flechten, was wir auch hier bestens verdanken [1]. Doch wurden diese Kryptogamen bei den Bestandesaufnahmen nur unvollständig erfaßt, unter Beschränkung auf das Wesentliche. Für Mithilfe bei der Feldarbeit und für die Ausführung der Bodenuntersuchung danke ich Herrn Assistent P. Villaret.

[1] Die Moos- und Flechtenflora der Moräne wurde schon vor zehn Jahren eingehend untersucht. Vgl. Ch. Meylan, La Flore bryologique de la réserve d'Aletsch. Bull. Murithienne **53** 1936 (116–140). – Ed. Frey, Die Flechtenvegetation des Aletschreservates und seiner nächsten Umgebung. Ibid. **54** 1937 (55–93).

Beschreibung der Dauerflächen

Dauerfläche 1 (vgl. Taf. 1, Abb. 1). Sie liegt unmittelbar über dem heutigen Gletscher, in einer Höhe von ± 1875 m und mißt etwa 50 m in der Längsrichtung des Gletschers, 16 bis 17 m in der Breite, also rund 800 m² in der Fläche. Der Boden ist eine Mischung von Schutt aller Größen. Feinere Bodenteilchen (Ton, Schluff) fehlen beinahe, dagegen ist Sand reichlich zwischen den Steinen vorhanden und da und dort auch bodenbildend, wobei der Grobsand meist ausgesprochen vorherrscht (vgl. Tab. 4, Nr. 1–4). Die Reaktion dieses Sandbodens ist neutral oder leicht alkalisch (vgl. Tab. 2, Nr. 1–4). Auffallend ist die geringe Pufferung, namentlich gegen die Säuren (Tab. 3, Nr. 1–2, Abb. 2).

Die Vegetation ist noch sparsam entwickelt; beim ersten Anblick erscheint die Fläche beinahe pflanzenleer. Die genauere Untersuchung lehrt aber etwas anderes. Zahlreiche, kleine Pflänzchen sind über den Schuttboden vertreut und besitzen eine Deckung, die im Mittel etwa 1 bis 2% betragen mag, gelegentlich sich bis auf 5 bis 8% anreichert. Daneben sind allerdings kleinere Stücke noch ganz vom Pflanzenwuchs entblößt. Die Artenzahl ist beträchtlich: 37 Arten von Gefäßpflanzen wurden in dem Raume von 800 m² festgestellt. Sie zeigen in der Mehrzahl eine gute Vitalität, blühen und fruchten reichlich. Doch ist der Wuchs niedrig und eher mager. Die Flora setzt sich zur Hauptsache aus Silikatpflanzen zusammen. Einzelne Kalkpflanzen sind eingestreut: *Saxifraga aizoides* (reichlich), *Sedum atratum*, *Campanula cochleariifolia*. Der neutrale Boden ermöglicht ihnen gutes Gedeihen, obgleich Kalkschutt hier kaum beobachtet wurde. Bereits finden sich mehrere Holzpflanzen unter den Erstansiedlern. *Salix helvetica*, *Salix hastata* und vor allem *Alnus viridis* zeigen ein normales vegetatives Gedeihen der Jungpflanzen. Eine Grünerle, die am gletscherseitigen Rande hinter einem Felsblock aufwächst, hat bereits 60 cm Höhe erlangt (Taf. 1, Abb. 2). Die etwas sandigen Teile der Mulde, besonders gegen den Südrand hin, sind wesentlich stärker besiedelt, als die Grobschutt-Teile. Eine gegenseitige Beeinflussung der Ansiedler fehlt jedenfalls noch.

Stellenweise ist der sonst noch völlig lockere Schuttboden etwas verfestigt. Man kann ganze Oberflächenschichten abheben. Kleine, beinahe ganz im Boden versteckte Moosrasen haben als Festiger gewirkt. Wir fanden *Polytrichum piliferum*, *P. juniperinum*, *Ceratodon*

Tabelle 1

Übersicht über die floristische Zusammensetzung der Moränendauerflächen 1–5.

(AD=Abundanz+Dominanz kombiniert, V=Vitalität, vergl. Seite 36)

Gefäßpflanzen	D1		D2		D3		D4		D5	
	AD	V	AD	V	AD	V	AD	V	AD	V
Cystopteris fragilis	+	2	+	3	+	3	+	1		
Picea excelsa	+	1	1	2	1	3	+	2	–1	2–3
Agrostis rupestris	1	3	+–1	3	+	1–3	+	3	+	–3
Poa alpina	+	3	1	3	+	3	1	3	2	3
laxa	+	3								
nemoralis	+	2–3	+	2–3	1	3	1	3	2	3
Luzula spadicea	+–	3	+	3						
spicata	+	3	+	3	+	3	+	3		
Salix appendiculata	(+)	1	+	2	+	2	+	2		
helvetica	1	2	2–3	3	4	3	2–3	3	3	3
hastata	+	2	1	3	+	3	1	3	2	3
nigricans	+	1	+	3	+	3				
Betula pendula	(+)	2	1	3	2	3	1	3	1	3
Alnus viridis	1	2	+	3	+	3	+	3		
Rumex scutatus	+	3								
Oxyria digyna	2	3	+	3	+	2–3				
Silene rupestris	+–	3			+	3	+	3		
Cerastium uniflorum	+	3								
pedunculatum	–1	3								
strictum	+	2–3								
Sagina saginoides	2	3								
Cardamine resedifolia	+	3			+	3				
Arabis alpina	2	3	(+)	3						
Sedum atratum	+	3			+	–3	+	3		
Saxifraga bryoides	1	3	+	2–3	+	2–3	+	2		
aizoides	2	3	1	3	1	3				
moschata	+	3			+	–3	+	3		
Alchemilla alpina	+	2	+	3						
glaberrima	+	3	+	3						
Trifolium pallescens	+	2	1	3	1	3	1	3	+	2
Epilobium angustifolium	+	2	+	2	1	3				
Fleischeri	2	–3	1–2	3	2	3	1	3	–1	2
Vaccinium uliginosum	+	+–	+	2–3	+	–3	2	2–3	1	2–3
Linaria alpina	1	3	+	3			+	2–3		
Veronica fruticans	+	3					+	–3		
Campanula cochleariifolia	+	3								
Chrysanthemum alpinum	1	3	+	2–3	+	2–3	+	2–3		
Tussilago farfara	2	3	1	3	1	3	+	2–3	+	–2
Doronicum Clusii	+	2								
Dryopteris Linnaeana			+	3	+–1	3				
Asplenium trichomanes			+	2						

Gefäßpflanzen	D1		D2		D3		D4		D5	
	AD	V	AD	V	AD	V	AD	V	AD	V
Equisetum variegatum			1	–3						
Larix decidua			1	2	1	3	2	3	3	3
Phleum alpinum			(+)	2–3						
Festuca rubra ssp. *comm.*..			+	3					+	2–3
Carex sempervirens			+	3						
Juncus Jacquini			+	3						
trifidus			+	3	+	3	+	3	+	2–3
Tofieldia calyculata			(+)	3						
Orchis maculata			+	3						
Platanthera bifolia			+	3						
Salix herbacea			+	2	+	2				
retusa			1	3	+	3	2	3	3	3
serpyllifolia			1	3	+	3	2	3	2	3
reticulata			+–1	3	+	2–3	+	–3	+–1	2
purpurea			+–1	2–3	–1	3	+	2	1	2–3
caprea			+	2–3	+	2	+	2	1	–3
arbuscula ssp. *foetida*			+	3	+	3	+	3	+	2–3
Populus tremula			+	2	+	2	+	2	+	2
Silene exscapa			+	3			+	3		
Cardamine alpina			(+)	3	+	3				
Sempervivum montanum ..			+	3	2	3	2	3	2	3
Saxifraga oppositifolia			+	–3	+	3	+	–3		
aizoon			+	3	1	3	+	3	+	3
stellaris			+	3						
Dryas octopetala			+	3			+	3	+	3
Trifolium badium			(+)	2–3	+	3				
Anthyllis vulneraria			+	2–3						
Empetrum nigrum			+	2	+	2–	–3	3	2	3
Viola biflora			+	2						
Epilobium alsinifolium ...			+	3						
Rhododendron ferrugineum			+	2	–1	3	2–3	3	4	3
Vaccinium vitis idaea			+	2			+	2–3	–1	2–3
myrtillus			+	2	+	3	1	2	1	2–3
Calluna vulgaris			+	2			1–2	3	2	3
Primula hirsuta			+	2						
Veronica alpina			+	2–3						
Pinguicula leptoceras			2–3	3						
alpina			(+)	3						
Campanula Scheuchzeri ...			+	2–3			+	2–3	+	3
Bellidiastrum Michelii			+	2–3	+	3				
Erigeron alpinus			(+)	2–3	+	2–3	+	2–3		
polymorphus			+	2–3						
Antennaria dioeca			+	3	+	–3	+	2–3	2	2–3
carpathica			+	2	+	2				
Artemisia laxa			+	3						
Homogyne alpina			+	2	+	2			+	2
Arnica montana			+	2						

Gefäßpflanzen	D1		D2		D3		D4		D5	
	AD	V	AD	V	AD	V	AD	V	AD	V
Senecio incanus			(+)	2–3						
Cirsium spinosissimum			+	1–2	+	2				
Leontodon helveticus			+	3	+	3				
Taraxacum alpinum			+	3						
Crepis aurea			+	2						
Hieracium pilosella			1	3	1	3	1	3		
auricula			+	2						
cf. ***bifidum***			+	3	1	3	+–	2–3	1	2–3
alpinum			+	2	+	2–3	+	–3		
staticifolium			1	3	–1	3	1	3	2	3
Dryopteris filix mas					+	3				
austriaca					+	2				
lonchitis					+	3				
Asplenium viride					+–	3				
Lycopodium selago					+	2	+	2		
Pinus cembra					+	2	+	2	+–	1–2
Juniperus nana					+	2			+	2–3
Agrostis tenella					+	2	+	2	+–	2
Calamagrostis villosa					+–1	2			1	2
Salix daphnoides					+	3	+	2	+	2–3
Sempervivum arachnoideum					+	2–3				
Saxifraga cuneifolia					+	2–3				
Sieversia montana					+	3				
Lotus corniculatus					+	2				
Pyrola secunda					1	3	+	3		
minor					–1	3	+	3		
Thymus serpyllum					+	2–3				
Valeriana tripteris					+	3	+	3	+	2
Adenostyles alliariae					+	2				
Artemisia genipi					+	3				
Taraxacum officinale					+	3				
Hieracium intybaceum					+	2				
Anthoxanthum odoratum							+	3	+	3
Deschampsia flexuosa							+1	2–3	–1	2–3
Festuca Halleri							+	3		
Luzula silvatica							+	2	1	2–3
Gymnadenia conopea							+	3		
Trifolium pratense							+	–2	+	2
Loiseleuria procumbens							+	3		
Euphrasia minima							+	–3		
Galium pumilum							+	2–3		
Phyteuma hemisphaericum							+	3		
Erigeron uniflorus							+	2–3		
Aster alpinus							+	–3		
Carduus defloratus							+	2		
Festuca ovina									+	2
Carex ericetorum									+	3

Gefäßpflanzen	D1		D2		D3		D4		D5	
	AD	V	AD	V	AD	V	AD	V	AD	V
Luzula lutea									+–	3
multiflora									+	2–3
Salix cf. *phylicifolia*									+	2–3
Melampyrum silvaticum									1	3
Phyteuma betonicifolium									+	2–3
Solidago virga aurea									+	2–3
Achillea moschata									+	2–3
Moose und Flechten										
Ceratodon purpureus	1									
Rhacomitrium canescens										
v. *tortuloides*	1									
aciculare	1									
Bryum caespititium	1									
Polytrichum juniperinum	1		1		1		1		1	
piliferum	1		1		1		1		1	
Oncophorus virens			1							
Rhacomitrium canescens			2		4		4		4–5	
Pohlia Ludwigii			1							
Bryum pallens			1							
pallescens			1		+					
Philonotis tomentella			2–3							
Climacium dendroides			1							
Cratoneuron commutatum										
v. *falcatum*			2							
Cladonia fimbriata										
v. *simplex*			+							
pyxidata v. pocillum			+		1		1		1	
Dicranoweisia crispula					+		+			
Encalypta streptocarpa					1					
Aulacomnium palustre					+					
Drepanocladus uncinatus					1					
Brachythecium glareosum					1					
Polytrichum formosum					+				+	
Cladonia fimbriata v. *radiata*					+					
Stereocaulon alpinum					1		2–		3	
Peltigera rufescens					+					
Ditrichum flexicaule							+			
Grimmia elatior										
Brachythecium collinum							+			
Cladonia macrophyllodes							1		+	
silvatica							+		+–	
Psoroma hypnoides							+			
Peltigera polydactyla							1			
Cetrarix islandica							+		+	
crispata									+	

purpureus, *Bryum caespititium*, *Rhacomitrium aciculare*, *R. canescens* var. *tortuloides*, insgesamt 6 Arten. Die Rhizoiden dieser Moose durchspinnen den Boden und halten ihn auch nach ihrem Absterben noch zusammen. Da und dort sind die Moospölsterchen bereits im Absterben begriffen, und erste Anflüge von Flechten, die aber noch unbestimmbar sind, haben sich auf ihnen angesiedelt. Auch der Boden verändert sich

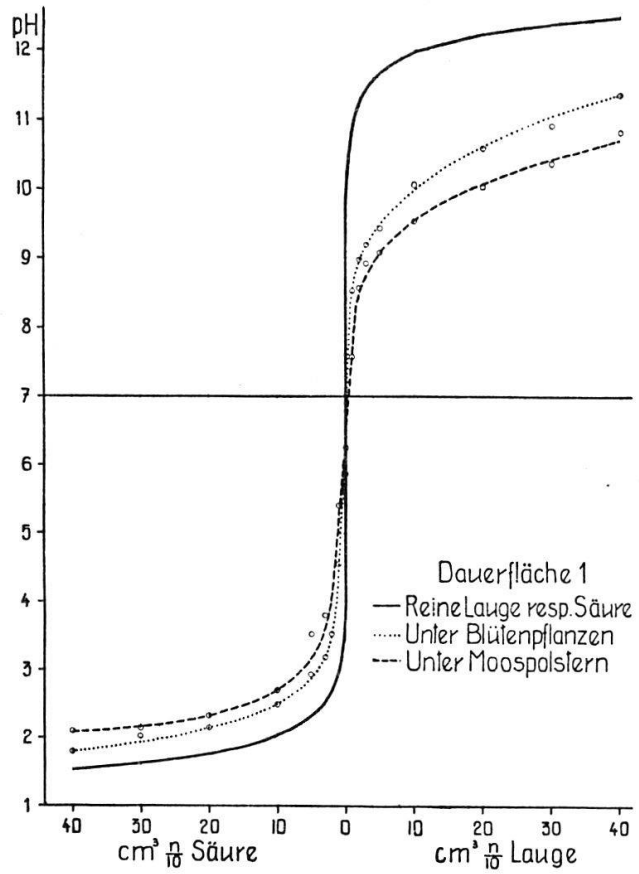

Abb. 2. Pufferungskurven zweier Böden der Moränendauerfläche 1.

unter diesen Moospolstern innerhalb kurzer Zeit. Er ist schon in leichter Versauerung begriffen und weist etwas Humus und deutlichen Gehalt an kolloid ungesättigten Humusstoffen auf (Tab. 2, Nr. 3, 4). Auch ist seine Pufferung gegen Lauge und Säure deutlich größer geworden (Tab. 3, Nr. 3 und 4, s. auch Abb. 2).

Der Außenrand dieser Dauerfläche ist 15 m vom heutigen Eisrand des Gletschers entfernt, der etwa 6 m tiefer liegt. Doch steigt der Gletscher vom Rand weg rasch an, bis mindestens 10 m höher als die Untersuchungsfläche. Die pflanzlichen Ansiedler rücken noch beträcht-

lich über den Rand der Untersuchungsfläche hinaus gegen das Eis vor. Als äußerste fanden sich 2 m über der Eissohle und 3,5 bis 4 m in horizontaler Entfernung vom Eis *Oxyria digyna*, *Epilobium Fleischeri* und *Arabis alpina*, die letztere blühend. Dann 2,5 m über der Eissohle und etwa 5 m vom Gletscherrand *Saxifraga aizoides* (blühend), *Cerastium* cf. *pedunculatum* und je eine *Betula* ~~*pubescens*~~ **pendula** und *Salix* cf. *appendiculata*, beide 10 bis 15 cm hoch und etwa 4 Jahre alt.

Gegen Norden hin schließt in rund 30 m Entfernung ein kleiner Seitenlappen des Gletschers die Dauerflächenmulde ab. Vor diesem Lappen ist der Schutt auf etwa 20 m Entfernung hin pflanzenfrei. Dann treten miteinander an einer flacheren Stelle auf: *Oxyria digyna*, *Saxifraga aizoides*, *Sagina saginoides*, *Arabis alpina* sowie die kleinen, schuttverfestigenden Moosrasen.

Oberhalb der Dauerfläche folgt ein steiler, rutschender und nur wenig besiedelter Hang, der ungefähr in der Mitte gegen die Dauerfläche 2 hin einen kleinen Boden von etwa 3×4 m Größe einschließt. Hier fanden sich neben den Krautpflanzen auch mehrere Holzpflanzen: 2 *Betula* ~~*pubescens*~~ **pendula** von 80 und 100 cm Höhe, 1 buschige *Larix* (40 cm), 2 dichtbuschige *Picea* (etwa 35 cm) und mehrere *Salices*. Polster von *Rhacomitrium canescens* waren schon kräftig entwickelt, und es zeigten sich die ersten Anflüge von *Stereocaulon alpinum*. In Rhacomitriumpolstern wuchs hier vereinzelt *Pyrola minor*.

Dauerfläche 2 (vgl. Taf. 2, Abb. 1). Sie liegt ebenfalls auf einem größeren Boden des Moränenhanges in 1900 m Meereshöhe, etwa 25 m oberhalb der Fläche 1 und besitzt eine Größe von 50×15 m, also eine Fläche von etwa 750 m². Auf der Südseite fließt in geringer Entfernung ein Bächlein vorbei, das bis in den Sommer hinein Wasser führt und von Grünerlengebüsch und einer Quellflur gesäumt wird. Die Grünerlen am Bach erreichen schon gut 2 m Höhe. Auch der südlichere Teil der Dauerfläche ist wasserzügig.

Die Überwachsung ist bereits ziemlich fortgeschritten, so daß der nackte Boden nur noch etwa 40% ausmacht. Unsere Bestandesliste weist 77 Arten von Gefäßpflanzen auf, bei Einbezug der unmittelbaren Randgebiete sogar 85 Arten. Dazu kommen 10 Moos- und 2 Flechtenarten. Auch hier weisen die meisten Gefäßpflanzen ein gutes Gedeihen auf, blühen und fruchten reichlich. Ihre Individuenzahl ist in der Regel gering; nur wenige kommen reichlich vor, vor allem *Pinguicula leptoceras*, die im Juni im feuchten Teil der Fläche mit ihren blauen Blüten

Tabelle 2

Untersuchung von Bodenproben aus den Seitenmoränen des Aletschgletschers

Nr.	Herkunft der Probe	Allgemeine Beschaffenheit des trockenen Bodens	pH	Glühverlust %	Färbung des Glüh-rückstandes	Koll. Humus	
						Skalen-teile	Ein-heiten
1	Dauerfläche 1 (ca.1938), unter Saxifraga aizoida	sandig, viel Grobsand, grau	7.03	1	graul.-braun	0	<1
2	flacher Boden mit Tussilago u. Epilob. Fleisch.	grobsandig,grau	7.13	1	graul.-braun	0	<1
3	Boden durch Moose etw. verfestigt, 0–5 cm	sandig-staubig, grau	6.78	1	kräftig rot-braun	0–1	1,5
4	ebenso, stärker verfestigt, 0–5 cm	wie Nr. 3	6.21	3	kräftig rot-braun	0–1	2
5	Dauerfläche 2 (ca.1920), unter Salix serpyllifolia	sandig, etwas staubig, grau	8.01	2	braun	0	<1
6	unt. Philonotis-Polstern	wie Nr. 5	8.10	2	braun	0	<1
7	an Felsblock mit Vaccinium ulig. u. Rhodod.ferr.	sandig, viel Grobsand,grau	7.59	2	braun	0	<1
8	unter dichtem Vaccinium ulig., 1–2 cm	sandig-humos, schwärzlich	5.55	12	graul.-braun	1	10
9	3–5 cm	sandig, graubr.	5.97	2	braun	–1	7
10	Dauerfläche 3 (ca.1900), unter Rhacomitrium-polster, 0–3 cm	grobsandig, etw. humos, dunkel-grau	6.49	3	braun	0–1	2
11	unter Vaccinium ulig.	wie Nr 10	6.44	2	braun	0–1	2
12	Dauerfläche 4 (ca.1875), unter Calluna u. Empetrum, 1–3 cm	sandig, grau	6.74	3	braun	0–1	1
13	unter Vaccinium ulig., 0,5–1 cm	sandig-humos, dunkel-graul.	5.76	7	braun	1	5
14	1–5 cm	sandig, etwas staubig, graubr.	5.69	2	braun	0–1	4
15	unter Vaccinium ulig. u. Empetrum, 0–3 cm	sandig, etwas humos, graubr.	5.65	5	braun	–1	5
16	± 5 cm	sandig-staubig, hellgrau	5.81	3	braun	0–	1
17	unter Dryas, 0–3 cm . . .	wie Nr. 14	5.86	4	braun	0–1	3
18	Dauerfläche 5 (ca.1860), unt.Empetrum, Vaccin., Rhod., 0–1 cm	sandig-humos, schwärzlich (Humusfilz)	5.49	14	graubraun	3	40

Nr.	Herkunft der Probe	Allgemeine Beschaffenheit des trockenen Bodens	pH	Glühverlust %	Färbung des Glüh-rückstandes	Koll. Humus Skalen-teile	Koll. Humus Ein-heiten
19	1–2 cm	sandig, grau	5.85	2	braun	1	6
20	2–4 cm	feinsandig-staubig, graubr.	5.62	2	braun	–1	4
21	5–10 cm	sandig, hellgrau	6.18	1	graubraun	0–1	2
22	unt.Rhod.,Empetrum, Vaccin.,Calluna, 0–1 cm	feinsandig-humos, dunkel	5.11	8	braun	2	15
23	4–8 cm	sandig, graubr.	5.69	2	braun	0–1	2
24	unter Rhacomitrium, 0–3 cm	sandig, grau	6.36	1	rotbraun	0–1	2
25	ebenso, andere Stelle, 0–3 cm	grobsandig, graubraun	6.38	2	rotbraun	0–1	3
26	Larix-Streueschicht unt. Lärchen, 0–3 cm	zieml. trockene, dicht gelagerte Nadelstreue, wenig zersetzt	5.98	94	graueAsche	2–	20*
27	3–6 cm	ebenso, etwas feuchter	5.43	92	graueAsche	3–	70*
28	Mineralboden, unt.Streue ± 10 cm	sandig, etwas humos, grau	6.01	3	rotbraun	–1	4
29	Dauerfläche 8 (ca.1860), Larix-Streue unter Lärchen, 0–2 cm	wie Nr. 26	5.68	92	graueAsche	2–3	40*
30	2–5 cm	wie Nr. 27	6.04	85	graueAsche	3	50*
31	Mineralboden unter Streue, 6–12 cm	sandig-staubig, etw. hum., grau	6.67	3	kr. rotbraun	0–1	3
32	Altes Rhodoreto-Vaccinietum, oberh. Silbersand, 2–10 cm, A_{1a}	Rohhumus, stark zersetzt, dunkelbraun	3.93	48	graueAsche	5	400
33	± 15 cm, A_{1b}	sandig-humos, dunkel	3.98	10	hellgrau	5	280
34	± 25 cm, A_2	sandig, hellgrau	4.84	5	grau-rötlich	4–5	100
35	28 cm, B_1	sandig-humos, dunkel	4.73	10	bräunlich	5	400
36	ca. 40 cm, B_2	sandig-staubig, rotbraun	5.60	6	kräftig ziegelrot	4	100
37	ca. 120 cm, B_2	wie Nr. 36	5.44	6	wie Nr. 36	4	100

* Zur Bestimmung des kolloidalen Humus konnte nur 1 g der Streueschicht verwendet werden. Der Vergleichswert liegt also ungefähr doppelt so hoch.

das Bild beherrschte. Bemerkenswert ist, daß unter den im Vergleich mit Dauerfläche 1 neu hinzukommenden Arten sich mehrere finden, die charakteristisch sind für die subalpin-alpinen, azidophilen Rasen und Zwergstrauchgesellschaften. Wir nennen: *Dryopteris Linnaeana, Agrostis rupestris, Carex sempervirens, Juncus Jacquini, Juncus trifidus, Sempervivum montanum, Empetrum nigrum, Rhododendron ferrugineum, Vaccinium uliginosum, myrtillus, vitis idaea, Calluna vulgaris, Antennaria carpathica* und *dioeca, Homogyne alpina, Arnica montana, Leontodon helveticus, Hieracium pilosella, auricula, alpinum.* Anderseits haben sich auch kalkholde Arten angesiedelt: *Salix reticulata, Saxifraga aizoides, Dryas octopetala, Anthyllis vulneraria, Bellidiastrum Michelii,* die von dem in der Moräne vorhandenen Kalkschutt und der meist noch neutralen oder alkalischen Bodenreaktion ihren Vorteil ziehen. Charakteristische Pioniere wie *Poa laxa, Rumex scutatus, Cerastium uniflorum* und *pendunculatum, Campanula cochleariifolia, Doronicum Clusii* sind verschwunden.

Eine starke Zunahme haben die Holzpflanzen erfahren. Die Deckung des Zwerggesträuches wurde auf 15% geschätzt. Der Hauptanteil davon kommt den Zwergweiden zu, namentlich der *Salix helvetica.* Ein Exemplar von *Alnus viridis* erreicht bereits die Höhe von 170 cm. Die azidophilen Ericaceen sind eingewandert, vorerst aber nur in wenigen Individuen vorhanden. In bedeutender Zahl sind die Baumpflanzen vorhanden, *Birken, Lärchen* und *Fichten.* Wir zählen zusammen 63 Stück (vgl. Tab. 9). Die Fichten sind alle niedrig und zeigen sehr mäßiges Gedeihen. Der Wuchs ist grotzenhaft, dicht- und kurzästig; die Nadeln sind oft von gelbgrüner Farbe. Etwas besser gedeihen die Lärchen, deren eine die Höhe von 1 m überschritten hat. Noch besser wachsen die Birken, von denen eine bald 2 m Höhe erreicht.

Eine deutliche Ausscheidung der Arten nach Standorten hat eingesetzt, indem insbesondere die wasserzügigen oder zeitweilig überrieselten Böden Anfänge der Quellflurbildung zeigen. Schöne Polster von *Philonotis tomentella, Cratoneuron commutatum* var. *falcatum* und andern hygrophilen Moosen breiten sich aus, und in ihnen finden wir *Epilobium alsinifolium, Tofieldia calyculata, Pinguicula leptoclados* und *alpina, Bellidiastrum Michelii, Saxifraga stellaris* und *aizoides.* Auf feuchtem Sand wächst reichlich *Equisetum variegatum;* auffallend blüht verschiedentlich *Orchis maculata.* Mittlere Böden tragen Spaliere von *Salix retusa, serpyllifolia, reticulata.* Auf trockenem Sand fängt *Rha-*

Tabelle 3

Pufferung von Bodenproben aus den Seitenmoränen des Aletschgletschers und einiger Proben vom Oberen Grindelwaldgletscher. Darstellung der Pufferflächen (siehe Seite 38).

Nr.	Herkunft der Probe	Pufferfläche in cm²	
		geg. Lauge	geg. Säure
1+2	Dauerfläche 1, loser Sand	173,6	46,6
3+4	Jb., unter Moospolstern	227,0	75,0
5+6	Dauerfläche 2, unter Spalierweide respektive Moospolstern	193,6	69,9
8+9	Jb., unter Vaccinium uliginosum-Busch	255,7	61,2
10+11	Dauerfläche 3, unter Vaccinium uliginosum und Rhacomitrium	188,5	46,8
13+15	Dauerfläche 4, unter Vaccinium uliginosum und Empetrum, oberflächlicher Humus	221,0	52,1
14+16	Jb., Sand unter der Humusschicht	146,6	44,2
18	Dauerfläche 5, unter Empetrum, Rhododendron ferrugineum, Vaccinium, Humusfilz	349,4	113,1
19	Jb., graulicher Sand, 1–2 cm	170,7	49,2
20	Jb., bräunlicher Sand, 2–4 cm	219,5	44,3
21	Jb., heller Sand, 5–10 cm	158,6	55,5
22	Jb., wie 18, Humusfilz	290,5	63,9
23	Jb., heller Sand, 4–8 cm	189,5	68,0
26,27, 29,30	Dauerfläche 5+8: Larix-Streue	491,4	254,5
28	Dauerfläche 5, Sand unter der Larix-Streue	189,5	68,0
32	Arvenwald unter Rhododendron ferrugineum-Vaccinien-Zwerggesträuch (Podsolprofil), 2–10 cm (A_1)	581,2	71,8
33	Jb., ± 15 cm (A_1 b)	382,3	63,5
34	Jb., ± 25 cm (A_2)	282,6	97,4
36+37	Jb., 40+120 cm (B)	315,8	145,7
G1	Oberer Grindelwaldgletscher, junge Moräne	171,2	543,4
G2	Jb.	118,6	554,4

comitrium canescens an, sich auszubreiten und mit ihm zusammen *Hieracium staticifolium*, *pilosella*, *auricula*, *Antennaria dioeca* und andere Arten. Da und dort haben sich erste Anfänge eines azidophilen Ericaceenzwerggebüsches gebildet. Aber die primitiven Stadien einer regellosen, zufälligen Ansiedlung herrschen noch vor.

Die Feinerde ist grobsandig; doch erreicht der Feinsand hohe Werte und überwiegt gelegentlich (Tab. 4, Nr. 5–9). Die Differenzierungen des Bodens können in den Extremen bereits sehr bemerkbar werden.

Wir fanden unter *Philonotis*-Polstern und unter *Salix serpyllifolia*-Spalieren noch alkalische Böden ohne kolloidalen Humus aber mit verhältnismäßig hohem Gehalt an Schluff, der wohl durch Einschwemmung angereichert war (Tab. 2 und 4, Nr. 5–6). Nicht viel anders war der Boden unter einer jungen Ansiedlung von *Vaccinium uliginosum* und *Rhododendron ferrugineum* (Tab. 2 und 4, Nr. 7). Ein etwas älterer und dichter Busch von *Vaccinium uliginosum* dagegen zeigte schon eine dünne Oberflächenschicht von saurem Humus, und auch der unterliegende Sand in 3 bis 5 cmTiefe war noch deutlich sauer (siehe Tab. 2 und 4, Nr. 8–9). Auch die Pufferung gegen Lauge war bedeutend erhöht (Tab. 3, Nr. 8–9).

Dauerfläche 3 (vgl. Taf. 2, Abb. 2). Sie liegt in einer durch deutlichen Moränenwall abgeschlossenen Mulde in 1925 m Höhe und besitzt in Anpassung an die Gestalt der Mulde eine Größe von 43 × 10 m = 430 m². Durch Aussickerung aus dem Moränenhang entsteht in ihrem südlichen Teile ein kleines Bächlein, das während unseres Aufenthaltes um den 20. Juni 1944 gerade austrocknete.

Die Überwachsung bietet ein ganz anderes Bild, als bei den Flächen 1 und 2, weil bereits dichtes Zwerggesträuch einen großen Teil der Fläche deckt und gegen das südliche Ende hin sich kräftiger Baumwuchs entwickelt hat. Die Zahl der Baumpflanzen ist zwar geringer als in der Fläche 2; aber zum erstenmal erscheint die *Arve* mit 6 kleinen Individuen, die dicht nebeneinander stehen, und die Baumgruppe der *Lärchen*, *Birken* und *Fichten* zeigt gutes und rasches Wachstum. Die Bäume fruchten und erreichen Höhen zwischen 3 und 5 m (vgl. Tab. 9). Dieses üppige Wachstum ist wohl auf die besondere Begünstigung durch das Wasser zurückzuführen. Wahrscheinlich hängt auch die starke Entwicklung des Gebüsches, das rund 40% der Fläche deckt, mit der guten Durchfeuchtung des Bodens zusammen. Es ist im wesentlichen ein Weidengebüsch, in dem 8 verschiedene Weidenarten gezählt wurden, aber *Salix helvetica* bei weitem vorherrschte. *Salix nigricans* erreichte 1,65 m, *Salix daphnoides* 2,2 m Höhe. Neu aufgetreten ist der Zwergwacholder, *Juniperus nana*.

Die Bodendeckung der krautartigen Vegetation hat sich gegenüber der Fläche 2 nicht vergrößert; die Artenzahl ist annähernd gleich geblieben (Gesamtzahl von Gefäßpflanzen-Arten = 77); die Individuenzahl ist immer noch klein, und gut ausgeprägte Gesellschaften haben sich nicht ausgebildet. Dagegen ist die Vitalität der Arten im allge-

Tabelle 4

Korngrößenverteilung in Bodenproben aus den Seitenmoränen des Aletschgletschers und einiger Proben vom Vorfeld des Rhonegletschers und des Ob. Grindelwaldgletschers

Wegen der Herkunft der einzelnen Proben vergl. Tab. 2 (Aletsch), Tab. 11 (Rhonegletscher), Tab. 13 (Oberer Grindelwaldgletscher)

G = Grobsand (2–0,2 mm); F = Feinsand (0,2–0,02 mm); S = Schluff (0,02 bis 0,002 mm); T = Ton (<0,002 mm).

Nr.	Herkunft	G. %	F. %	S. %	T. %
1	Dauerfläche 1 . .	46	46	5	3
2	Jb.	86	11	0	3
3	Jb.	58	29	10	3
4	Jb.	57	30	10	3
5	Dauerfläche 2 . .	45	37	15	3
6	Jb.	51	36	10	3
7	Jb.	72	23	3	2
8	Jb.	46	49	5	<1
9	Jb.	26	66	5	3
10	Dauerfläche 3 . .	80	15	3	2
11	Jb.	86	9	3	2
12	Dauerfläche 4 . .	50	40	7	3
13	Jb.	49	46	5	<1
14	Jb.	46	44	7	3
15	Jb.	41	51	5	3
16	Jb.	41	44	12	3
17	Jb.	44	43	10	3
18	Dauerfl.5	35	55	10	<1
19	Jb.	33	54	3	10
20	Jb.	9	78	10	3
21	Jb.	18	77	3	2
22	Jb.	17	63	15	5
23	Jb.	46	46	3	5
24	Jb.	38	47	10	5
25	Jb.	61	29	7	3

Nr.	Herkunft	G. %	F. %	S. %	T. %
28	Jb.	38	42	17	3
31	Moränenfläche 8	45	18	30	7
32	Silbersand, Podsolprof., A_1 . .	18	43	29	10
34	Jb., A_2	24	41	27	8
36	Jb., B	37	43	15	5
37	Jb., B	44	36	17	3
R1	*Rhonegletscher*,	81	16	3	<1
R2	Jb.	94	4	2	<1
R3	Jb.	61	34	5	<1
R4	Jb.	48	44	5	3
R5	Jb.	40	47	8	5
R12	Jb.	58	32	7	3
R13	Jb.	26	51	20	3
R14	Jb.	32	50	15	3
G1	*Grindelwaldgl.*,	65	17	15	3
G2	Jb.	62	30	5	3
G4	Jb.	3	77	17	3
G9	Jb.	57	33	7	3
G10	Jb.	44	34	15	7

meinen sehr gut. Bemerkenswert ist die verhältnismäßig starke Vertretung der Farne, von denen 6 Arten gezählt werden, nur in einzelnen oder wenigen Individuen aber mit gutem Gedeihen. Neu in Erscheinung treten die im Gebiete bestandbildenden Gräser *Agrostis tenella* und *Calamagrostis villosa*, sowie von azidophilen Begleitern der Rasen und des Zwerggesträuchs *Sieversia montana*, *Pyrola minor* und *secunda*.

Moose und Flechten nehmen, wie in der Fläche 2, etwa 30% des Bodens ein; aber dieses Mal sind es trockene Böden, und herrschend ist absolut *Rhacomitrium canescens*. Während die Zahl der Moosarten gleich geblieben ist, hat die der Flechten sich verdoppelt, und *Stereocaulon alpinum* fängt an, sich auf den alten Rhacomitrium-Polstern auszubreiten. Die Bedeutung der Flechten ist also größer geworden. Frei von Vegetation sind noch etwa 30% des Bodens.

Wir haben aus dieser Fläche nur zwei Bodenproben untersucht (Tab. 2, 3, 4, Nr. 10–11). Die eine wurde unter Rhacomitrium-Polstern von der Bodenoberfläche bis in 3 cm Tiefe entnommen. Sie bestand aus graugelblichem Sand unter dem direkt der Fels kam. Die andere entnahmen wir unter einem Vaccinium uliginosum-Gebüsch, wo der Boden oben etwa 1 cm humosen Sand, dann einige Zentimeter reinen Sand, dann gröbere Steine zeigte. Beide Proben sind außergewöhnlich grobsandig und stimmen auch darin überein, daß sie eine leichte Ansäuerung und einen merklichen Gehalt an kolloidal ungesättigtem Humus aufweisen. Die Pufferung ist schwach. Der größere Teil der Untersuchungsfläche hat offensichtlich noch kaum veränderten, mineralischen Rohboden.

Dauerfläche 4 (vg. Taf. 3, Abb. 1). Wie Dauerfläche 3 liegt sie in einer durch einen kleinen Moränenwall abgeschlossenen Mulde, 1955 m ü. M. und ist in Anpassung an das Gelände 60 × 10 m groß (= 600 m² Fläche). Der Boden ist gleichmäßig trocken. Die Zahl der gefundenen Gefäßpflanzen hat gegenüber den Dauerflächen 2 und 3 merklich abgenommen (68). Dagegen zeigt die Überwachsung Fortschritte. Allerdings ist die Deckung durch Baumschicht und Strauchschicht etwas zurückgegangen; aber zugenommen hat die Überwachsung durch Zwerggesträuch, Kräuter, Flechten und Moose (s. Tab. 8). In der Krautschicht hat sich vor allem die Zahl der Farne vermindert, ferner die der feuchtigkeitsliebenden Arten. So ist *Saxifraga aizoides* verschwunden, *Tussilago farfara* spärlich geworden. Als neu sind zu erwähnen *Deschampsia flexuosa*, *Anthoxanthum odoratum*, *Luzula silvatica*, *Phyteuma hemisphaericum*. Immer noch finden wir einzelne Kalkpflanzen, wie *Salix reticulata*, *Dryas octopetala* und *Aster alpinus*. *Lotus corniculatus*, der in der Fläche 3 zum erstenmal und spärlich auftrat, ist zur häufigsten Blütenpflanze geworden, die ausgezeichnet gedeiht. Reichlich sind auch die Spalierweiden *Salix retusa* und *serpyllifolia*.

Die Zahl der Baumpflanzen hat sich zwar gegenüber der Fläche 3

verdoppelt; doch ist die Individuengröße viel geringer: es ist ein reichlicher Aufwuchs vorhanden, der aber in langsamem Wachstum begriffen ist. Dies ist vor allem für die *Fichte* auffallend. Kein einziges Individuum erreicht die Höhe von 1 m, während einzelne *Lärchen* und *Birken* immerhin die Höhe von 3 m überschreiten. Die begünstigende Wirkung des Faktors Bodenwasser in der Fläche 3 wird durch den Vergleich augenscheinlich. Einen deutlichen Fortschritt dagegen haben die *Arven* gemacht (s. Tab. 9): 11 Stück verteilen sich auf 5 Gruppen, und das höchste Bäumchen überschreitet 1 m.

Starke Veränderungen gegenüber der Fläche 3 zeigt der Aufbau des Gesträuchs. Die Strauchschicht hat in der Deckung abgenommen und erreicht noch knapp 10%. Dieser Rückgang kommt von der Abnahme der Weiden, namentlich der *Salix helvetica*. Anderseits hat aber das azidophile Zwerggesträuch stark zugenommen, insbesondere *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium uliginosum* und *Empetrum nigrum*. *Loiseleuria procumbens*, die zwar nicht nach ihrem Wuchs aber doch nach ihrer soziologischen Bedeutung hierher gehört, ist neu eingewandert.

In der Bodenschicht herrscht noch immer *Rhacomitrium canescens*, die gut ein Drittel des Bodens bedeckt. Neben diesem Moos treten die andern Moose völlig zurück. Die Flechten sind etwas reichlicher geworden, vor allem *Stereocaulon alpinum*. Drei verschiedene Cladonien wurden festgestellt.

Der Boden in den mit Zwerggesträuch oder Spaliergesträuch bedeckten Teilen besitzt eine verhältnismäßig große Homogenität. Er ist ein ausgesprochener Sandboden, in dem Grobsand und Feinsand annähernd gleiche Anteile aufweisen (Tab. 4, Nr. 12–17). Unter einem schwach aber deutlich entwickelten, obersten humosen Horizont liegt gewöhnlich eine dünne Schicht von Sand, dem schon in wenigen Zentimetern Tiefe eine Mischung von Sand und Steinen oder auch größere Felsstücke folgen. Einige unter Zwerggesträuch in verschiedener Bodentiefe entnommene Bodenproben (Tab. 2, Nr. 12–17) zeigten übereinstimmend eine leichte Azidität und einen schwachen Gehalt an kolloidalem Humus .Interessanter Weise war die Bodenprobe unter *Dryas* ebenso sauer, wie die unter den Vaccinien, während eine unter *Empetrum* und *Calluna* entnommene Probe beinahe neutral reagierte. Die humose Oberflächenschicht weist eine bedeutend größere Pufferung auf, als der darunter liegende, reine Sand (Tab. 3, Nr. 13–16).

Dauerfläche 5 (vgl. Taf. 3, Abb. 2). Diese Dauerfläche lag unmittelbar über der Fläche 4 in 1975 m Höhe auf dem breit ausgeweiteten Scheitel der jungen Moräne. Eine kleine Mulde trennte sie von dem alten Wald. Ihre Fläche betrug 30×13 m = 390 m². Wiederum hat die Zahl der gefundenen Gefäßpflanzen bedeutend abgenommen (53), was kaum in der relativen Kleinheit der Fläche, sondern in der stärkeren Einheitlichkeit der Bodenbeschaffenheit und in der damit parallel gehenden Artenkonkurrenz begründet sein dürfte. Die Überwachsung ist gegenüber den bis jetzt besprochenen Flächen sehr viel bedeutender geworden; alle Vegetationsschichten haben zugenommen; die Moos- und Flechtenschicht steckt aber zum Teil unter dem Gesträuch oder den Krautpflanzen. Der nackte Boden beschränkt sich im wesentlichen auf das grobe Gestein.

Unter den Baumpflanzen dominiert ausgesprochen die *Lärche* mit 50 Individuen, von denen 18 über 200 cm Höhe messen und 8 zwischen 400 und 450 cm erreichen. In zweiter Linie kommt die *Birke* mit 5 Individuen über 200 cm Höhe. Die *Fichte* bleibt weit zurück. Kein einziges der 7 Individuen erreicht 200 cm. Mit 44 Individuen ist auch die *Arve* reichlich vertreten. Aber es sind Kleinpflanzen, keine über 50 cm hoch, und sie verteilen sich auf wenige Gruppen, die aus verschleppten Arvenzapfen hervorgingen. Die meisten werden in der gegenseitigen Konkurrenz innerhalb der nächsten Jahre absterben, und eine Anzahl sind bereits tot (nicht gezählt). Einige junge Arven, in der Größe um 100 cm herum, stehen in der Nähe dieser Dauerfläche, aber außerhalb ihrer Grenzen. Die Gesamtzahl der Baumpflanzen beläuft sich auf 114 und hält damit im Vergleich zu den andern Dauerflächen weitaus die Spitze; in der mittleren Höhe der Bäumchen bleibt die Dauerfläche 5 aber noch hinter der Dauerfläche 3 zurück, wo die kleinen Baumpflanzen spärlich sind und die Fichten einen beinahe dreimal höheren Mittelwert erreichen. Die Bäume stehen aber in größeren Teilen der Fläche 5 so dicht, daß sie bereits den Eindruck eines aufwachsenden Waldes erwecken.

Das Gesträuch hat mit etwa 65% Deckung weitaus die größte Verbreitung unter den 5 Dauerflächen. Einerseits hat sich die meist aus Weiden bestehende höhere Strauchschicht ungefähr auf dem Niveau der Fläche 3 gehalten und ihren Anteil gegenüber der Fläche 4 etwas verbessert. Anderseits hat aber das Ericaceen-Zwerggesträuch sehr stark zugenommen und bedeckt beinahe die Hälfte der Fläche (40%).

Besonders auffallend ist die Zunahme von *Rhododendron ferrugineum*, das vielerorts beginnt, zu geschlossenem Bestande zusammenzuwachsen, in Verbindung mit *Calluna*, den *Vaccinien* und *Empetrum*. Gewöhnlich enthalten diese Rhododendronbestände noch Reste von *Salix helvetica;* die charakteristischen Begleiter der azidophilen Zwergstrauchheide unter den Krautpflanzen, Moosen und Flechten sind noch spärlich. Immerhin können wir als solche nennen: *Deschampsia flexuosa*, *Agrostis tenella*, *Calamagrostis villosa*, *Luzula silvatica*, *Luzula multiflora*, *Melampyrum silvaticum*, *Phyteuma betonicifolium*, das Moos *Polytrichum formosum* und die Flechten *Cladonia silvatica* und *pyxidata*, *Cetraria islandica* und *erispata*.

In der Feldschicht erlangen die Spaliere von *Salix retusa* und *serpyllifolia* erst in dieser Fläche eine starke Verbreitung. *Dryas* hat sich in einzelnen kleinen Teppichen gehalten. Ein leichtes Ansteigen des Anteils der Gräser ist festzustellen, das vor allem auf *Poa alpina* und *nemoralis* entfällt. Häufig sind, wie in Fläche 4, *Sempervivum montanum*, *Lotus corniculatus* und *Hieracium staticifolium*. Auch *Antennaria dioeca* ist reichlich geworden. Neu hinzugekommen und sehr verbreitet ist *Melampyrum silvaticum*. Die Farne dagegen fehlen.

Die Bodenschicht hat eine Deckung von etwa 50%, ist aber zum Teil von Zwerggesträuch und Kräutern überwachsen. Reine Moos- und Flechtenrasen mit vereinzelten Individuen von Gefäßpflanzen überziehen vor allem vorstehende Rücken und Höcker, die der Austrocknung stark ausgesetzt sind. Absolut dominant ist immer noch *Rhacomitrium canescens*, neben dem von Moosen nur noch *Polytrichum juniperium* und *piliferum* reichlich, aber meist in unauffälligen Räschen vorhanden sind. Dagegen ist der Anteil der Flechten weiter gewachsen. In der Artenzahl stehen sie hier über den Moosen, und *Stereocaulon alpinum* hat eine bedeutende Deckung in den offenen Teilen der Untersuchungsfläche erlangt. Sie wächst in der Regel auf alten, abgestorbenen Moosrasen.

Ein besonderes Interesse erweckt die Bodenbildung in dieser Dauerfläche. Im großen ganzen ist der Boden ähnlich beschaffen, wie in der Dauerfläche 4, aber doch weiter entwickelt. Wir finden zwar immer noch Rohböden auf dem offenen oder erst kürzlich überwachsenen Schutt. Daneben sind aber bereits ausgesprochene Reifungsstadien vorhanden, am ausgeprägtesten in den kleinen Mulden, in denen sandige Feinerde von einiger Mächtigkeit aufgehäuft wurde. Hier haben sich dichte Be-

stände von azidophilem Zwerggesträuch gebildet. Für solche Stellen sind *Vaccinium uliginosum*, *Calluna*, *Empetrum* charakteristischer, als das im ganzen viel häufigere *Rhododendron ferrugineum*, das oft in Spalten zwischen den Blöcken oder großen Steinen wurzelt, wo die Feinerde in schwer erreichbarer Tiefe liegt und eine Stratifikation des Bodens nicht in Erscheinung treten kann. Wir finden in den flachen Muldenböden, dem reinen Sand aufliegend, eine etwa 1 cm dicke, mehr oder weniger verfilzte, humose Oberflächenschicht. An mehreren Stellen zeigte der darunterliegende Sand bereits die ersten Anfänge der Podsolierung. So ergab sich unter *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinien*, *Empetrum* folgendes Profil:

0– 1 cm Bodentiefe = Humusfilz
1 –2 cm Bodentiefe = grauer Sand (0,5–1 cm mächtig)
2– 4 cm Bodentiefe = bräunlicher Sand (1–3 cm mächtig)
4–10 cm Bodentiefe = grauer, heller Sand.

Die zugehörigen Bodenproben sind in den Nummern 18 bis 21 der Tabellen 2, 3, 4 enthalten. Der Boden ist immer noch von sandiger Beschaffenheit; aber der Feinsand tritt in der Regel gegenüber dem Grobsand entschieden in den Vordergrund. Staub und Ton sind etwas reichlicher vorhanden, und in dem oben aufgeführten Profil erscheint der Ton aus der obersten Schicht ausgeschwemmt und etwas in die Tiefe verlagert (Nr. 19). Die humose Schicht ist bereits kräftig versauert, stark gepuffert, besonders gegen Lauge (Tab. 3 und Abb. 3) und enthält eine beträchtliche Menge von kolloidalem Humus. Noch der helle Sand in 5 bis 10 cm Tiefe läßt die Einwirkung der Auslaugung erkennen. Ähnliche Verhältnisse geben die an anderer Stelle mit übereinstimmenden Bedingungen entnommenen Proben Nr. 22 bis 23. Auf den mit *Rhacomitrium* bewachsenen Rücken dagegen ist der Rohboden nur wenig verändert (Nr. 24–25). Besondere Bedingungen zeigen sich unter den größeren Lärchen, wo in der Regel *Rhododendron ferrugineum* angesiedelt ist, manchmal im geschlossenen Bestand. Die Lärchennadeln zersetzen sich in dem trockenen Klima nur langsam, und so häuften sich unter den Bäumen mächtige Schichten von Lärchennadeln, gelegentlich bis gegen 10 cm dick. Die trockenen Nadeln sind dicht ineinandergeballt und bilden eine abschließende Decke, ganz wie in dem humideren Klima die Nadeln der Föhre oder der Fichte. Proben ergaben in diesen Streueschichten beträchtliche Versauerung und starke Anhäufung von kolloidalem Humus (Tab. 2, Nr. 26–27). Die Pufferung

ist außerordentlich hoch, sowohl gegen Laugen als auch gegen Säuren (Tab. 3, Nr. 26, 27, 29, 30; Abb. 3). Auch der unter der Streue liegende Sand ist noch saurer, als unter den Rhacomitrium-Polstern (Tab. 2, Nr. 28).

Ähnliche Verhältnisse, wie wir sie für die Dauerflächen 4 und 5 geschildert haben, sind allgemein verbreitet auf dem unregelmäßig ab-

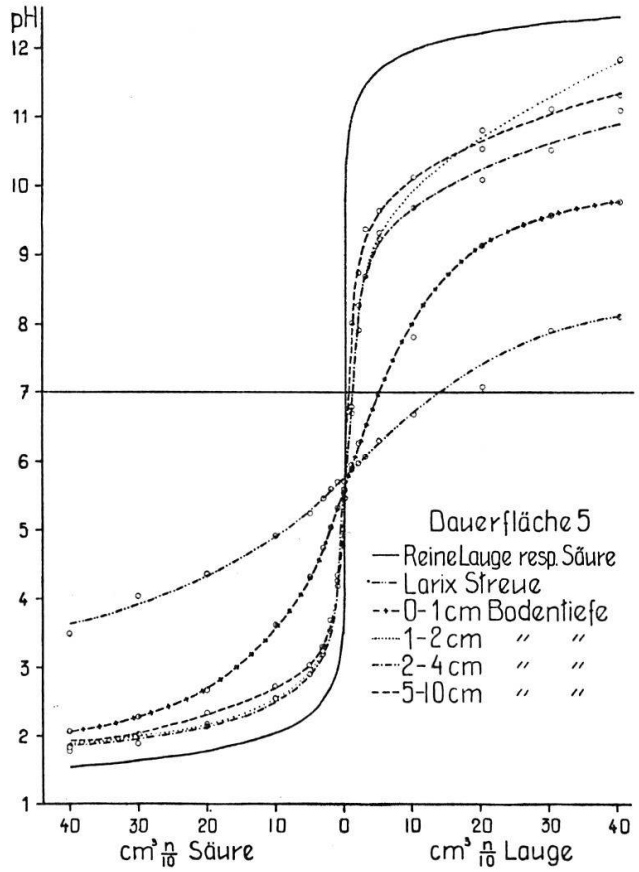

Abb. 3. Pufferungskurven der verschiedenen Horizonte eines Bodens der Moränendauerfläche 5 und der Streuedecke aus Lärchennadeln.

geflachten Moränenrücken, der sich, leicht abfallend, von unseren Dauerflächen gegen Süden hinzieht, nach Silbersand und darüber hinaus. Günstigere Stellen sind mehr oder weniger dicht mit jungaufwachsendem Lärchenwald besetzt (vgl. Taf. 4, Abb. 1).

Die *Lärchen* zeigen meist gutes Gedeihen aber einen sehr ungleichen Zuwachs. Dieser liegt vorwiegend zwischen 10 bis 15 cm im Jahr, kann jedoch gelegentlich bedeutend größer werden und 30 bis 35 cm erreichen. Anderseits beträgt er in vielen Fällen nur um die 5 cm herum. Das hat

zur Folge, daß auch in jüngeren Moränenteilen, wenn die Wachstumsbedingungen sehr günstig sind, bereits kräftige und verhältnismäßig hohe Bäume stehen, wie wir dies in der Fläche 3 gefunden haben. Die letzten hochwüchsigen Lärchen stehen sogar noch etwas unterhalb der Dauerfläche 3. Die *Birke* verhält sich ähnlich wie die Lärche. Ihr Zuwachs ist eher größer. Man findet oft Triebe, die vom Wild abgefressen worden sind, was während der winterlichen Schneedecke bis in mehr als 2 m Höhe erfolgen kann. Als Ganzes steht die Birke im Bilde des jungen Baumbestandes stark hinter der Lärche zurück. Noch viel weniger tritt die *Fichte* hervor. Dies ist einmal bedingt durch ihre kleinere Zahl, mehr aber durch die geringe Größe der Bäumchen. Wir haben gesehen, daß die Fichte auf dem Moränenschutt bereits sehr früh auftritt. Aber das Wachstum ist schwach. Für eine Anzahl Fichten auf den älteren Moränenteilen stellten wir einen mittleren Zuwachs fest, der unter 5 cm im Jahr bleibt. Die meisten Fichten der älteren Moränenteile erreichen kaum die Größe eines Meters und machen den Eindruck von Grotzen. Größen von 3 m, wie in den Dauerflächen 3 und 8 sind seltene Ausnahmen. Wieder anders verhält sich die *Arve*. Sie kommt erst spät auf und meist in Gruppen, die aus den Samen eines vom Nußhäher oder Eichhörnchen verschleppten Zapfens hervorgehen. Der Zuwachs ist noch kleiner als bei der Fichte, im Jahr einige Zentimeter, kaum je 1 dm. Im ganzen sind die Jungpflanzen der Arve auf den älteren Teilen der Moräne reichlich verstreut, doch meist nur einige Dezimeter hoch und wenig auffällig. Vereinzelt erreichen sie aber an Stellen mit besonders günstigen Lebensverhältnissen auch schon die Höhe von 1 m oder etwas mehr. Schließlich spielen in dem jungen Aufwuchs auch die hochwüchsigen Weiden eine gewisse Rolle, *Salix purpurea*, *daphnoides*, *nigricans* und *appendiculata*, da sie rasch wachsen und stellenweise häufig sind.

Um noch ein weiteres Bild des in Entwicklung begriffenen Waldes zu geben, bringen wir die Aufnahme der Dauerfläche 8 vom höchsten Teil der Moräne (1960 m). Sie mißt 5 × 6 m und stößt direkt und ziemlich flach an den alten Boden an. Die floristische Zusammensetzung ergibt sich aus Tabelle 5. Der Baumbestand besteht aus 9 Lärchen von 1,2 bis 6 m Höhe und einer Fichte von 3 m Höhe, deren Kronen dicht ineinander verzahnt sind (vgl. Abb. 4), so daß in absehbarer Zeit ein Ausscheiden der schwächeren erfolgen muß. Außerhalb der Fläche, schon ± auf dem alten Waldboden, stehen auf der Ost-

Tabelle 5

Floristische Zusammensetzung der Moränendauerfläche 8

(D = Dominanz, A = Abundanz, V = Vitalität, s. S. 36).

1960 m, Expos. ± 10° NW. Größe 5×6 m.	D %	A	V
Baumschicht. Gesamtdeckung: 75 %			
Larix decidua	60	1	3
Picea excelsa	15	+	3
Pinus cembra		(+)	2
Strauchschicht. Gesamtdeckung: 27 %			
Salix helvetica	5	–1	2
hastata	5	–1	2
cf. *phylicifolia*	–1	+	2–3
Rhododendron ferrugineum	15	1	3
Vaccinium myrtillus	–1	+	2
uliginosum	–1	+	2
Empetrum nigrum	1	–1	2
Krautschicht. Gesamtdeckung: ca. 5 %			
Agrostis rupestris	–1	+	2–3
cf. *Calamagrostis villosa*	–1	+	2
Deschampsia flexuosa	1	1	2
Anthoxanthum odoratum	–1	+	2
Poa alpina	–1	+	2
nemoralis	–1	+	2
Salix retusa	1	–1	2
Sempervivum montanum	–1	+	2
Epilobium Fleischeri	–1	+	2
Pyrola secunda	1	1	3
Veronica fruticans	–1	+	2
Euphrasia minima	–1	+	2
Valeriana tripteris	–1	+	1
Erigeron polymorphus	–1	+	2–3
Antennaria dioeca	–1	+	2–3
Chrysanthemum alpinum	–1	+	1
Tussilago farfara	–1	+–	1
Hieracium pilosella	–1	1	1
cf. *bifidum*	–1	+	2
staticifolium	–1	–1	1
Moos- und Flechtenschicht. Gesamtd.: ca. 3 %			
Rhacomitrium canescens	2		1–2
Polytrichum juniperinum	–1		
piliferum	–1		
Brachythecium glaciale	–1		
Drepanocladus uncinatus	–1		
Peltigera rufescens	–1		
Cladonia coccifera	–1		
pyxidata v. pocillum	–1		

seite zwei Arven; die eine, 0,7 m von der Grenze, ist 2,1 m hoch, die andere, 2 m von der Grenze, mißt 1,7 m. Der größte Teil des Bodens unter den Bäumen ist nackt mit kümmerlich gedeihenden, meist sterilen Krautpflanzen und Resten von Rhacomitrium-Polstern, wird aber von einer dicken Streueschicht bedeckt. Zwerggesträuch von Rhodo-

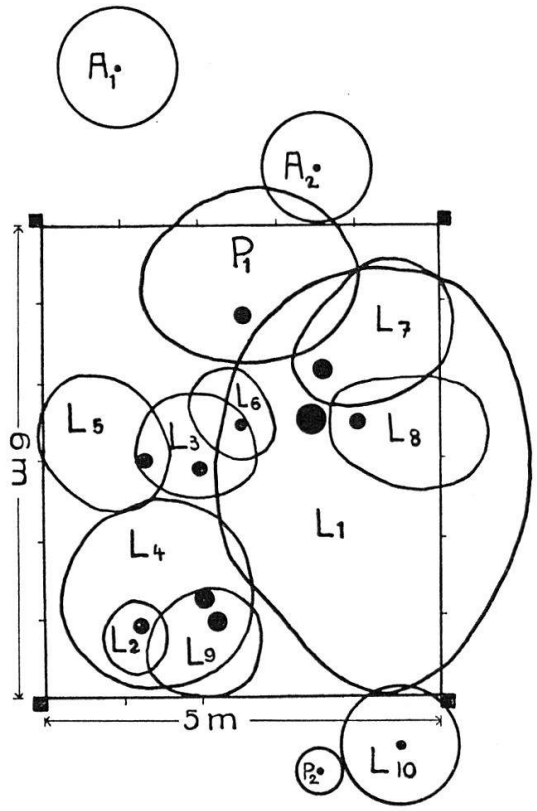

Abb. 4. Die Verteilung der Bäume auf der Dauerfläche 8 (vgl. Tab. 5). L = Larix europaea, P = Picea excelsa, A = Pinus cembra. Der schwarze Fleck deutet die Lage des Stammes, die dünne Linie den Kronensaum an. Höhe der Bäume: L_1 = 6 m (in 1 m Höhe = 20 cm Durchmesser), L_2 = 1,2 m, L_3 = 5 m, L_4 = 5 m, L_5 = 2,4 m, L_6 = 3 m, L_7 = 2 m, L_8 = 2 m, L_9 = 4 m, L_{10} = 2,5 m, P_1 = 3 m, P_2 = 0,8 m, A_1 = 2,1 m, A_2 = 1,7 m.

dendron ferrugineum sowie etwas Vaccinien und Salices deckt namentlich die randlichen Teile der Lärchengruppe. Die Streueschicht zeigt die gleichen Erscheinungen, wie bei den Proben der Dauerfläche 5: beträchtliche Versauerung und Anhäufung von kolloidalem Humus und starke Pufferung. Doch reagiert der unterliegende Mineralboden noch beinahe neutral (Tab. 2, Nr. 29–31).

Große Flächen der ältesten Teile der jungen Moräne, auf dem Niveau der Dauerfläche 5, tragen aber immer noch offenen Schutt oder

Tabelle 6

Floristische Zusammensetzung der Moränendauerflächen 9–11

(D = Dominanz; A = Abundanz, V = Vitalität, s. S. 36).

Dfl. 9: 1940 m, ca. 5° NW, 1×1 m Dfl. 10: 1940 m, ca. 5° NE, 1×1 m Dfl. 11: 1940 m, ca. 10° W, 1×1 m	Dauerfläche 9			Dauerfläche 10			Dauerfläche 11		
	D%	A	V	D%	A	V	D%	A	V
Strauchschicht. Gesamtdeckung ca.	2			3			21		
Larix decidua				–1	+	1			
Salix helvetica							2	+	–2
hastata				3	+	2–3			
Populus tremula							4	+	2
Rhododendron ferrugineum							10	+	3
Vaccinium uliginosum	2	+	–2				3	+	2
Calluna vulgaris							2	+	2
Krautschicht. Gesamtdeckung ca.	4			19			2		
Festuca rubra ssp. *comm.*				–1	+	2			
Salix herbacea							1	+	2
serpyllifolia				–1	+	–2			
Sempervivum montanum	–1	–1	–2	–1	+	1–2			
Trifolium badium							1	1	2–3
Lotus corniculatus	–1	+	1	18	2	3			
Saxifraga bryoides	–1	+	1						
Epilobium Fleischeri	3	3	2–3						
Tussilago farfara	–1	+	1				–1	+	1–2
Hieracium cf. *bifidum*	–1	–1	2–3						
staticifolium				–1	1	1–2			
Moos- und Flechtenschicht Gesamtdeckung ca.	100			80			98		
Rhacomitrium canescens	20		3	45		3	90		3
Polytrichum juniperinum	3		3	1		2			
piliferum	–1		2				–1		2
Stereocaulon alpinum	76		3	35		3	8		3
Cladonia pyxidata v. *pocillum*	–1								

Pioniervegetation, namentlich sehr ausgedehnte Rasen von *Rhacomitrium canescens*, die mehr oder weniger durchwachsen werden von *Stereocaulon alpinum*. Um die Veränderungen solcher Flächen genauer zu verfolgen, haben wir in ihnen drei Dauerflächen in der Größe von 1 m² angelegt (D 9, 10, 11). Ihre floristische Zusammensetzung ergibt sich aus der Tabelle 6. Der Anteil von Gefäßpflanzen ist oft gering. Wir haben die Flächen so ausgewählt, daß sie einzelne Holzpflanzen

Tabelle 7

Floristische Zusammensetzung der Moränen-Dauerflächen 6 (Festuca rubra commutata-Agrostis tenella-Rasen) und 7 (Festuca rubra commutata-Rasen)

(D = Dominanz; A = Abundanz; V = Vitalität, s. S. 36).

D 6: 1945 m, flach, 4×4 m D 7: 1940 m, flach, 1×1 m	Dauerfläche 6			Dauerfläche 7		
	D %	A	V	D %	A	V
Agrostis tenella	20	5	3	1	3	3
Avena versicolor				–1	+	3
Anthoxanthum odoratum	1	1–2	3			
Poa alpina				–1	+	2–3
Festuca rubra ssp. *commutata*	60	5	3	62	5	3
Nardus stricta	2	1	3			
Carex cf. *fusca*	–1	+	1			
Salix herbacea	–1	+	2			
purpurea	3	(+)	3			
helvetica	25	1	3			
hastata	10	–1	3			
nigricans	1	+	3			
Alnus viridis, Keimling	–1	+				
Polygonum viviparum	–1	1	3			
Silene exscapa	–1	+	2–3			
rupestris	–1	+	2–3			
Ranunculus montanus	–1	+	–3			
Potentilla aurea	–1	+	2–3	1	–1	3
erecta	–1	+	2–3			
Sibbaldia procumbens	–1	+	2	–1	+	2
Alchemilla alpina	–1	+	2			
glaberrima				–1	+	3
vulgaris s. l.	4	1	3	3	–1	3
Trifolium pallescens	–1	+	2–3	+–1	1	2
Lotus corniculatus	–1	+	2–3	–1	+	1–2
Empetrum nigrum	–1	+	2			
Viola biflora	–1	+	2			
calcarata	–1	+	3	–1	+	3
Epilobium angustifolium				8	2	2–3
Fleischeri				3	2	3
Ligusticum mutellina	–1	+	2			
Vaccinium uliginosum	2	–1	2			
Soldanella alpina	–1	+	2			
Gentiana nivalis				–1	+	3
Melampyrum silvaticum	–1	+	3			
Galium pumilum	–1	2	3	–1	1	3
Valeriana tripteris	–1	+	3			

	Dauerfläche 6			Dauerfläche 7		
	D %	A	V	D %	A	V
Campanula barbata	–1	1	2–3			
Scheuchzeri	–1	+	2			
Solidago virga aurea	–1	+	3	1	–1	3
Erigeron alpinus	–1	+	2			
polymorphus				–1	+	3
Tussilago farfara	–1	+	2	–1	+	1–2
Homogyne alpina	–1	+	1			
Carduus defloratus	–1	+	2			
Cirsium spinosissimum	1	+	2–3	–1	+	2
Leontodon helveticus				1	1–2	2
hispidus	1	1	2–3	5	2	3
Taraxacum alpinum	1	1	3			
Crepis aurea				2	1	2
Hieracium pilosella				10	3	2–3
auricula				–1	–1	2–3
staticifolium	–1	+	2			

enthalten, Salices oder azidophile Ericaceen; eine ist reich an *Lotus corniculatus*, der sich zwischen diesen Moos- und Flechtenteppichen oft massenhaft findet und reich blüht. Häufig finden sich tote oder im Absterben begriffene *Rhacomitrium canescens* Rasen. Meist dienen sie auch der *Stereocaulon*-Flechte als Unterlage.

An einzelnen Stellen des Moränenrückens wachsen in flachen Vertiefungen auch Rasen, die ihre Ausbildung wohl der verhältnismäßig großen Bodenfeuchtigkeit, ihre Erhaltung vielleicht teilweise dem Weidgang durch das Wild verdanken. Wir haben in ihnen zwei Dauerflächen angelegt. Die Dauerfläche 7 (s. Tab. 7), in der Größe von 1 m², bietet das Bild einer mageren, artenarmen (24 Arten) aber homogenen Festuca rubra commutata-Wiese, die später in einen Nardusbestand übergehen dürfte, wenn es ihr gelingt, sich als Wiese zu behaupten. Als Erinnerung an das Pionierstadium der Besiedlung sind in ihr noch *Epilobium Fleischeri* und *angustifolium* sowie Spuren von *Tussilago farfara* erhalten. Ähnliche Vegetationsflecke, stets von kleiner Ausdehnung, sind auch in den altbesiedelten Teilen der Aletschwaldreservation zu finden. Die Dauerfläche 6 dagegen (Größe 4×4 m, siehe Tab. 7 und Taf. 4, Abb. 2) ist ganz unhomogen. Ein schmales, nacktes Gräblein zieht sich mitten durch, das im Frühling etwas Wasser führt, zur Zeit des längsten Tages 1944 aber bereits trocken lag. Die größere

Hälfte der Fläche wird von einem üppigen Rasen von *Festuca rubra* ssp. *commutata* beherrscht, der mächtige Bülten bildet, während im südlichen und östlichen Teil sich ein dichter, hochwüchsiger Bestand von *Agrostis tenella* ausbreitet. Etwa 40% der Fläche trägt noch einen lockeren Weidenoberwuchs. Die Gesamtzahl der Arten ist zwar ziemlich bedeutend (42); aber die meisten von ihnen sind spärlich vorhanden. Etwas reichlicher ist nur noch *Alchemilla vulgaris* s. l. entwickelt, die gut in das Bild der frischen Festuca rubra commutata-Wiese hineinpaßt. Auf eine mögliche Vermagerung deuten *Nardus stricta* und *Vaccinium uliginosum*, beide aber noch mit wenigen Prozent Deckung. Rings um diese kleine Wiese ist Gebüsch entwickelt, vor allem ein üppiger und hochwüchsiger Bestand von *Alnus viridis*, dessen Unterwuchs von *Agrostis tenella* gebildet wird. Aber auch Baumwuchs geht in der Nähe auf: am Ostrand, 1 m entfernt, eine Lärche, 230 m hoch, am NW-Rand, 3 m entfernt, eine Lärchengruppe, etwa 4 m hoch, auf der NE-Seite, 4 m entfernt, eine Betula-Gruppe, 4 bis 4,5 m hoch. Es ist anzunehmen, daß in absehbarer Zeit Bäume und Gebüsche diesen Rasenfleck auch überdecken werden, und die Anlage der Dauerfläche soll es ermöglichen, den Vorgang genauer zu verfolgen.

Wie bereits erwähnt, ist der Übergang von diesen jungen Moränen zum alten Wald ein sehr schroffer. Von einem Meter zum andern tritt ein offener Arven-Lärchenwald auf, dessen Unterwuchs aus einem artenarmen, meist Hylocomien-reichen Rhodoreto-Vaccinietum besteht. Dieser Vegetationsunterschied entspricht einem Wechsel der Bodenbeschaffenheit. Der Boden im alten Wald ist ein gereifter Eisen-Podsol, was schon E. Heß [1] durch Untersuchung verschiedener Bodenprofile feststellte. Wir haben bei Silbersand, nur etwa 10 m oberhalb der Jungmoränengrenze (etwa 1950 m; die junge Moräne fällt talabwärts ziemlich rasch ab), am neuen Belalpweg einen tiefgehenden Bodenaufschluß in Nordostlage untersucht, der folgendes Profil ergab:

0– 10 cm: brauner Rohhumus, Ericaceenhumus, Horizont A_{1a}
10– 20 cm: schwarzer, stark zersetzter Humus, Horizont A_{1b}
20– 30 cm: grausandiger Mineralboden, Horizont A_2
30– 32 cm: schwarzes Humusband, koll. Ausfällung, Horizont B_1
32–120 cm: rotbrauner Mineralboden, Anreicherungshorizont B_2

Die Mächtigkeit der A-Horizonte war schon auf kleinem Raume schwankend, und wir haben in der obenstehenden Aufstellung Mittel-

[1] loc. cit. (1934, S. 82).

werte eingesetzt. Das schwarze Humusband (B_1) war unregelmäßig und nur stellenweise entwickelt. Aus allen Horizonten wurden Bodenproben entnommen, und die Ergebnisse der Untersuchung finden sich in den Tabellen 2, 3, 4, Nrn. 32 bis 37 dargestellt. Wir haben hier ein ausgereiftes Podsolprofil von großer Mächtigkeit vor uns. Der B-Horizont, dessen Ausbildung durch die große Wasserdurchlässigkeit des sandigen

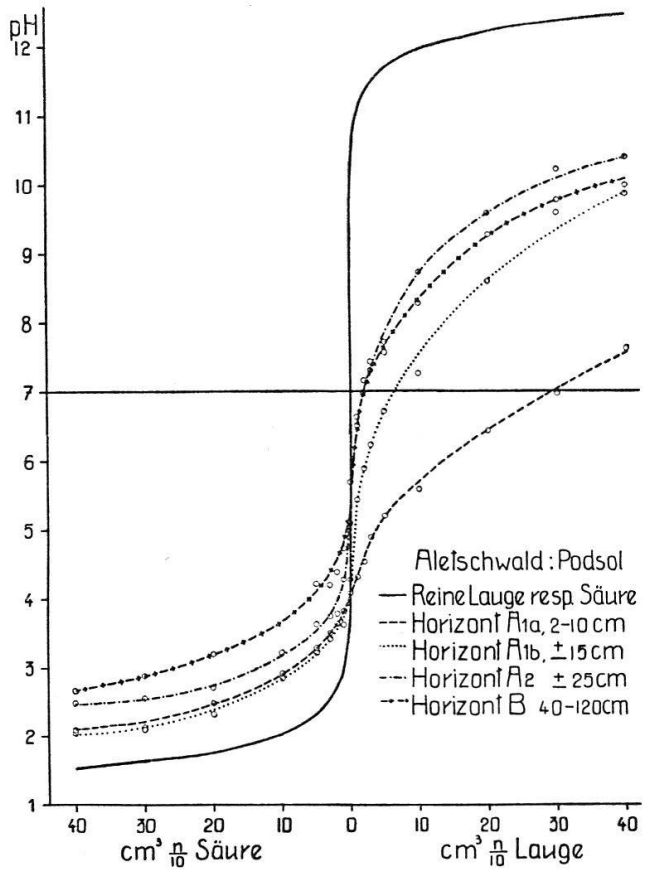

Abb. 5. Pufferungskurven der verschiedenen Horizonte eines Podsolbodens im Altwald.

Bodens sehr begünstigt wird, ist mindestens 1 m mächtig, und wir konnten sein unteres Ende nicht ergraben. Die Azidität des A-Horizontes bleibt unter pH 4 und ist somit sehr hoch. Auch der Gehalt an kolloidalem Humus ist sehr groß, auffallend namentlich im Horizont B_1 der wohl durch die Ausfällung von kolloidalem, von dem Sickerwasser mitgebrachten Humus entstanden ist (s. auch Abb. 1). Der ganz außergewöhnlich hohe Gehalt der Rohhumusschichten (A_1) an Mineralstoffen (vgl. Glühverlust) ist jedenfalls auf die bedeutende Zufuhr von Staub durch Ausblasung aus den ausgedehnten Moränen-Gebieten im

Laufe langer Zeiträume zurückzuführen. Die Einblasung durch den Wind kann auch das starke Vorherrschen der feinen Bodenteilchen im A_1-Horizont erklären. Zum Teil wird dies aber die Folge fortgeschrittener Verwitterung sein; denn auch der A_2-Horizont zeigt eine ganz ähnliche Korngrößenstruktur, wie der oberste Rohhumushorizont. Der B-Horizont dagegen ist viel grobkörniger. Die Pufferung gegen Laugen ist sehr hoch (Tab. 3, Nrn. 32–37 und Abb. 5), am höchsten im braunen Rohhumushorizont, am kleinsten in der Bleicherde A_2, während die Pufferung gegen Säure in dem A-Horizont klein ist, besonders in den Humusschichten, im B-Horizont dagegen stark ansteigt und den höchsten in unseren Aletschböden gemessenen Wert erreicht (ausgenommen die Larix-Streueschicht).

Besprechung der Untersuchungsbefunde

Der Vergleich der verschiedenen Dauerflächen D_1 bis D_5 ergibt ein schönes Bild von den gesetzmäßig verlaufenden Besiedlungsvorgängen auf der jungen, vom Gletscher abgesetzten Moräne. In Tabelle 8 und Abbildung 6 finden sich die Überwachsungsvorgänge und in Tabelle 9 der Zuwachs an Bäumen übersichtlich zusammengestellt. Für die Bodenentwicklung verweisen wir auf die Tabellen 2 bis 4 und in bezug auf die Feinerdebildung (Kornzerfall) auf Tabelle 10 und Abbildung 7.

D 1: Der Boden ist mineralischer Rohboden, grobkörnig, chemisch noch völlig unverwittert, neutral oder alkalisch reagierend, auch wenn kein Kalk sichtbar ist, beinahe frei von Humus. Die ersten Blütenpflanzen siedeln sich bald nach dem Rückgange des Eises an, wobei sich *Oxyria digyna*, *Saxifraga aizoides*, *Epilobium Fleischeri*, *Cerastium uniflorum*, *Tussilago farfara* und *Arabis alpina* als besonders besiedelungstüchtig erzeigen, aber auch viele andere Arten mit guter Vitalität auftreten. Die Ansiedlung erfolgt zerstreut, nach dem Zufall des Samentransportes, basiphile, neutrophile und azidophile Arten gemischt. Vereinzelt erscheinen erste Holzpflanzen, unter denen *Alnus viridis* besonders gut gedeiht. Auch Moose treten reichlich auf, festigen mit ihren Rhizoiden den lockeren Boden, bereichern ihn an Humus und leiten dadurch die ersten Vorgänge der Bodenbildung ein. = Jüngste Pionierstadien.

D 2: Die Besiedlung nimmt zu, und die Artenzahl wächst; doch herrscht der nackte Schutt noch weit vor. Moosrasen fangen an, sich auszubreiten. Bereits sind einzelne Pioniere verschwunden. Wir stellen erste Anzeichen der Aussonderung nach Standorten fest: Auf durchnäßtem Boden und am Bächlein bildet sich Alnus viridis-Gebüsch, das bereits fruchtet, und hydrophile Moospolster führen zur Bildung einer Quellflur. Auf dem trockenen Schutt geht die Überwachsung viel langsamer vor sich, und vorläufig ist die Ansiedlung der Rhacomitrium-Rasen sowie das reichliche Auftreten von niedrigen Weidengebüschen, besonders *Salix helvetica*, die auffallendste Erscheinung. Baumpflanzen sind nicht spärlich, aber klein. Immerhin erreichen einzelne Lärchen und Birken bereits eine Höhe von mehr als 100 cm. Die genauere Untersuchung zeigt, daß sich eine Anzahl azidophiler Rasen- und Zwergstrauchpflanzen angesiedelt haben, und während im allgemeinen der Boden noch im Zustand des Rohbodens verharrt, finden sich da und dort die ersten Anflüge der Bildung einer oberflächlichen Humusschicht, der Bodenauslaugung und der Anreicherung von freien Wasserstoffionen, so besonders unter den Zwergsträuchlein von *Vaccinium uliginosum.* = Stadium der ersten Standortsausgliederung.

Tabelle 8

Aletschmoräne: Deckungsprozente der verschiedenen Vegetationsschichten in den Moränendauerflächen 1–5.

Vegetationsschicht	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5
Baumschicht, höher als 200 cm	–	–	5	2	20
Strauchschicht, 50–200 cm	–	< 1	20	<15	<20
Zwerggesträuch, bis ca. 50 cm Höhe ...	< 1	10	20	25	45
Feldschicht (Kräuter u. Spaliergesträuch)	± 2	5	5	10	20
Bodenschicht (Flechten und Moose) ...	1	30	35	40	50
Nackter Schutt	>97	60	30	25	<10

D 3: Der Boden ist nur noch teilweise offen; dichtes und reich fruktifizierendes Zwerggebüsch von Weiden, in dem *Salix helvetica* bei weitem vorherrscht, hat sich vielerorts ausgebreitet, andernorts, so besonders auf den kleinen, flachen Erhebungen und Bodenwellen, decken ausgedehnte Rasen von *Rhacomitrium canescens* den Feinschutt. Da und dort, meist auf alten Moosrasen, ist *Stereocaulon alpinum*

angesiedelt. Auch das Ericaceen-Zwerggesträuch hat zugenommen, während die Krautpflanzen sehr zurücktreten. Birken und Lärchen zeigen stärkeres Wachstum; die Fichten bleiben bedeutend zurück. Zum erstenmal treten Jungpflanzen der Arve auf. Lokale Begünstigung des Wachstums durch bessere Wasserversorgung hat ein starkes Wachstum der Birken, Lärchen und Fichten zur Folge, die bereits Höhen von 300 bis 500 cm erreichen und fruchten können. = Stadium der Zwergweiden.

D 4: Im allgemeinen sind nur noch die stärkerer Ausschwemmung unterworfenen Hangteile und der Grobschutt unbesiedelt. Der Anteil des Weidengebüsches geht zurück, derjenige des azidophilen Zwerggesträuchs nimmt bedeutend zu, und Anfänge zur Bildung der Zwergstrauchheide sind vorhanden. Die Rhacomitrium-Rasen haben sich in ihrer Gesamtausdehnung ungefähr behaupten können; aber auf toten Moospolstern hat die Flechte *Stereocaulon alpinum* sich sehr ausgebreitet. Auch der Anteil der Krautpflanzen ist größer geworden; besonders *Lotus corniculatus*, stellenweise auch *Trifolium pallescens* sind in starker Ausbreitung und zeigen ausgezeichnete Vitalität, während den Gräsern noch keine Bedeutung zukommt. Die Artenzahl nimmt ab; weitere Pioniere, wie *Tussilago farfara*, sind verschwunden oder bei verminderter Vitalität stark zurückgegangen. Dies ist zum großen Teile auf die Konkurrenz der Arten, die jetzt auf den geeigneten Böden in dichtem Bestande leben, zurückzuführen. Die Zahl der Baumpflanzen hat sich stark vermehrt. Doch sind die Individuen im allgemeinen noch klein: die mittlere Höhe der Birken und Lärchen bleibt noch etwas unter 1 m; die der Fichten erreicht nur etwa ⅓ m (vgl. Tab. 9). Der Boden, dessen Untersuchung hier besonders gleichmäßige Werte gab, zeigt einen merklichen Kornzerfall, ungefähr gleich viel Feinsand wie Grobsand und leichte Zunahme der feinen Fraktionen. Unter dem Zwerggesträuch ist Versauerung eingetreten und beginnt die Schichtung eines dünnen Humushorizontes über dem Sand. = Stadium der Ericaceenheide-Initialen.

D 5: Die Baumpflanzen beginnen die Physiognomie zu beherrschen. Ihre Zahl hat weiterhin zugenommen, und sie sind bedeutend gewachsen, vor allem die Birken und Lärchen: Höhe der Lärchen im Mittel 204 cm, Birken 164 cm; die Fichten bleiben mit 66 cm weit zurück, und die reichlicher eingestreuten Arven sind erst im Stadium größerer Keimpflanzen (Mittel 13 cm). Es entsteht ein Lärchenwald mit

Tabelle 9

Aletschmoräne: Zahl der Baumpflanzen der verschiedenen Höhenklassen in den Moränendauerflächen 1–5

B = Betula pendula; L = Larix europaea; P = Picea excelsa; Pc = Pinus cembra.

Baumhöhen in cm	D 1 (825 m²)		D 2 (750 m²)			D 3 (430 m²)				D 4 (600 m²)				D 5 (390 m²)			
	B	P	B	L	P	B	L	P	Pc	B	L	P	Pc	B	L	P	Pc
<10	1	1	1		9				2	2	2	1	3			1	29
10–50			17	6	20				4	9	10	6	4	2	3	2	15
50–100			4	2		2		3		7	9	2	3	2	7	3	(1)
100–150			2	1		3		2		7	6		1	1	8		
150–200			1			4				2	2			3	14	1	
200–250						3	1				1			2	4		
250–300						4	2	1						3	3		
300–350						3		2		1	1				2		
350–400						1	2				1				1		
400–450						1									8		
450–500							1										
Total ..	1	1	25	9	29	21	6	8	6	28	32	9	11	13	50	7	44
Total auf 1000 m²	1	1	33	12	39	49	14	19	14	47	53	15	18	33	128	18	113
mittlere Höhe cm	5	5	50	50	22	227	325	171	21	84	94	37	44	164	204	66	13

viel Birken und etwas Fichten. Das azidophile Zwerggesträuch beginnt sich zu einem artenarmen, in der Begleitflora noch nicht sehr charakteristischen Rhodoreto-Vaccinietum zu schließen. Bereits sind geschlossene Bestände von einiger Ausdehnung vorhanden, und insgesamt deckt das Zwerggesträuch, an dem aber die Zwergweiden noch wesentlich beteiligt sind, beinahe die Hälfte der Bodenfläche. Offener, nackter Schutt ist nur noch in geringem Umfange vorhanden, an Stellen, da die Feinerde in den oberflächlichen Schichten fehlt. Spalierweiden *(Salix retusa, serpyllifolia, reticulata)* haben angefangen, solche Flächen zu überspinnen; ihr Anteil an der Vegetation ist größer als in allen jüngeren Dauerflächen. Auch *Rhododendron ferrugineum* überdeckt vielfach den Grobschutt, indem es in den Spalten zwischen den Blöcken wurzelt. Eine bedeutende Ausbreitung haben immer noch die Moospolster von *Rhacomitrium canescens*, meist auf Grobsandunterlage der kleinen Geländeerhöhungen und flachen Rücken, also an Stellen,

deren Boden starker Austrocknung ausgesetzt ist. Die Moospolster sind sehr häufig von der *Stereocaulon alpinum*-Flechte überwachsen, und auch Gefäßpflanzen, einerseits Krautpflanzen wie *Sempervivum montanum*, *Lotus corniculatus*, *Hieracium staticifolium*, anderseits Zwergweiden und Ericaceen-Zwerggebüsch überdecken in allen Häufigkeitsgraden den Moosteppich.

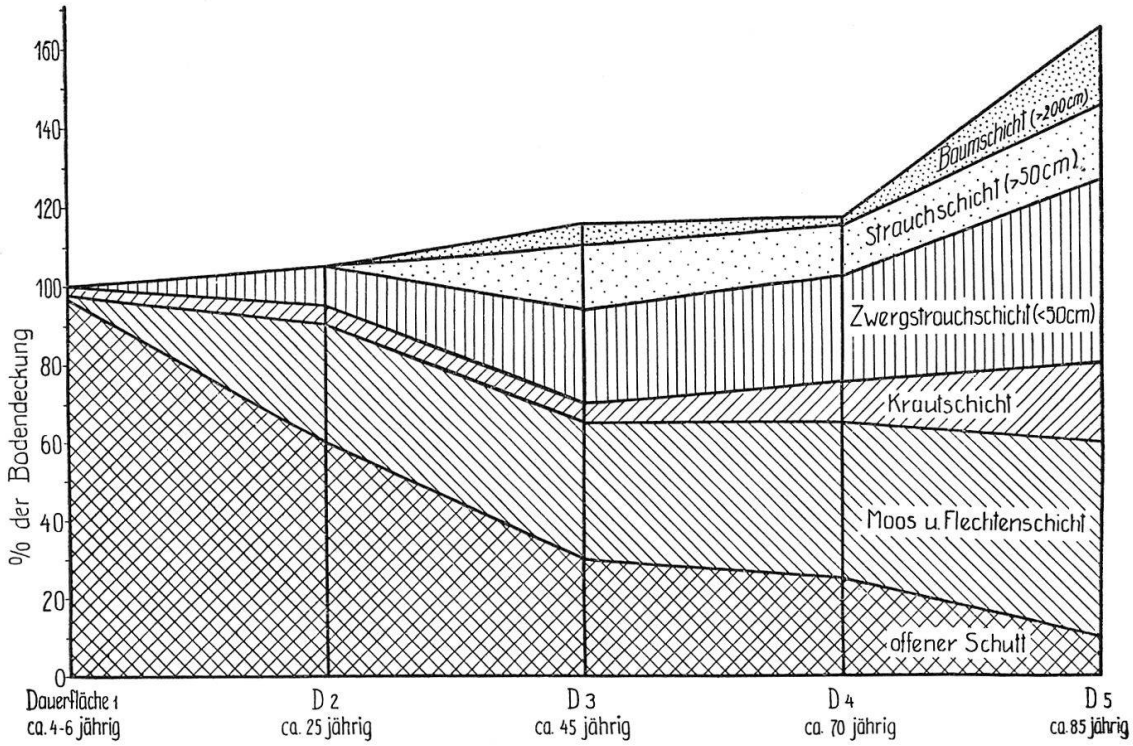

Abb. 6. Die Deckungsprozente der verschiedenen Vegetationsschichten in den Moränendauerflächen 1–5.

Als Folge der fortschreitenden Vegetationsentwicklung hat die Schichtbildung große Fortschritte gemacht und häufig sind mehrere Stockwerke von Pflanzenwuchs übereinandergelagert. Das geht schön aus der Abbildung 6 hervor, wo die gesamte Bodenbedeckung durch Pflanzen in der Dauerfläche 5 die 100% weit überschreitet.

Schließlich gibt es in diesem Niveau der Moräne noch hochwüchsige Gebüsche von *Alnus viridis*, meist mit einem Unterwuchs von *Agrostis tenella* sowie kleine, artenarme aber natürliche Rasenflächen, in denen *Festuca rubra* ssp. *commutata* oder auch *Agrostis tenella* dominieren. *Nardus stricta* findet sich nur vereinzelt. Solche Vegetationsformen sind auf flache Mulden beschränkt und verdanken ihre Entstehung und Erhaltung der guten Wasserversorgung des Bodens.

Tabelle 10

Mittelwerte der Korngrößen der Bodenproben aus den verschiedenen Moränendauerflächen und dem Altwald.

(Nach Tabelle 4 zusammengestellt.)

Nr.	Herkunft	G %	F %	S %	T %
1–4	Dauerfläche 1	62	29	6	3
5–9	Dauerfläche 2	49	43	6	2
10–11	Dauerfläche 3 (zu wenig Proben) ...	83	12	3	2
12–17	Dauerfläche 4	45	44	8	3
18–25, 28, 31	Dauerfläche 5 und 8	34	51	11	4
32–36	Podsol im Altwald	26	42	24	8

Der Boden ist in diesem Stadium der Vegetationsentwicklung kein Rohboden mehr. Eine deutliche Kornverwitterung ist eingetreten, so daß der Feinsand gegenüber dem Grobsand zu überwiegen beginnt und die feineren Bodenteilchen sich anreichern. Eine beträchtliche Humusanreicherung führt zur Ausbildung einer humosen Oberflächenschicht. Als Folge dieser Vorgänge ist die Pufferung des Bodens, besonders gegen Lauge, bedeutend besser geworden. Bereits ist auch eine deut-

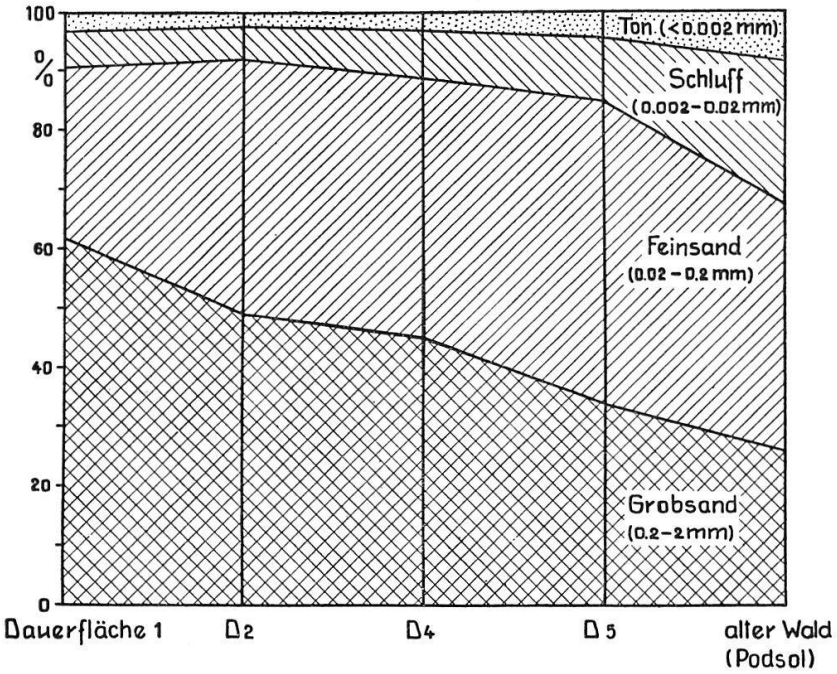

Abb. 7. Die Verteilung der Korngrößen in den Moränenflächen 1–5 und im Podsolboden des Altwaldes (Mittelwerte).

liche Versauerung vorhanden, am stärksten in den humosen Oberflächenschichten unter dem Empetrum- und Vacciniengesträuch. Hier werden Anfänge der für Podsolböden charakteristischen Bodenschichtung erkennbar, die sich allerdings nach Schichtmächtigkeit und Bodenfärbung noch in sehr bescheidenem Rahmen halten. Begünstigt wird die Podsolierung des Bodens auch durch die dicken Lager von Lärchennadeln unter den größeren Lärchengruppen, die den Boden abschließen und bedeutende Mengen von Säuren und adsorptiv ungesättigtem Humus entwickeln. = Stadium der Bildung von Lärchenwald und Zwergstrauchheide.

Die vergleichende Betrachtung der Vegetationsentwicklung auf diesen jungen Silikatschutt-Moränen ergibt vom Gletscher aufwärts eine langsame aber stetige Entwicklung zu einem Alpenwald als Funktion der Zeit. Das Ziel, dem diese Entwicklung zugeht, ist der Arven-Lärchen-Mischwald mit einem Einschlag von Fichten und dem Unterwuchs von azidophilem Zwerggesträuch (Rhodoreto-Vaccinietum), wie er in dem anstoßenden Gebiete als Vegetationsklimax herrscht. Vegetationsentwicklung und Bodenreifung streben parallel nebeneinander diesem Ziele zu und bedingen sich gegenseitig. Doch kommt die Vegetation dabei bedeutend rascher vorwärts als der Boden.

C. Schröter[1] hat seinerzeit die Ansicht vertreten, der Aletschwald finde gegen den Gletscher hin eine natürliche, untere Waldgrenze, indem die Nachbarschaft des Gletschers lokalklimatisch so ungünstige Verhältnisse schaffe, daß der Waldwuchs nicht mehr aufkommen könne. Unser ganzes Jung-Moränengebiet würde nach dieser Auffassung außerhalb der Baumgrenze liegen, was sicher zu weit geht. Hingegen könnte man annehmen, die Abnahme der Vegetation von den oberen zu den untersten Teilen der Jung-Moräne sei eine Folge von lokaler Klimaverschlechterung. Wir haben gesehen, daß sich diese Vegetationsveränderungen im wesentlichen zwangslos durch den Zeitfaktor erklären lassen.

Doch sind klimatische Änderungen im Sinne einer Verschlechterung mit der Annäherung an den Gletscher zu erwarten. So muß die Nähe des Eises abkühlend wirken, und namentlich wird von verschiedenen

[1] C. Schröter, mit Beiträgen von M. Rikli, Der Aletschwald. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen **1916** (127–133).

Autoren den kalten Winden, die bei guter Wetterlage über den Gletscher und seine nächste Umgebung abwärts ziehen, schädigender Einfluß auf die Vegetation zugeschrieben. Anderseits bringt der Gletscher eine stärkere Einstrahlung auf seine Randgebiete. Die Verhältnisse sind noch wenig untersucht aber jedenfalls nicht einfach und in ihrer Auswirkung von Ort zu Ort wechselnd. Auf unseren Moränen ist zu konstatieren, daß in D 1 und bis gegen D 2 einzelne hochalpine Arten ein gutes Gedeihen finden (z. B. *Cerastium uniflorum* und *C. pedunculatum)*, die höher oben am Hang verschwinden. Umgekehrt zeigt *Picea* ein kümmerliches Wachstum. Aber ein großer Teil der Vegetationsveränderungen, die bei zunehmender Entfernung vom Gletscherrand auftreten, kann auf die Bodenverhältnisse und die mit der dichteren Besiedlung parallel gehende Artenkonkurrenz zurückgeführt werden. Nach den von uns bisher durchgeführten Messungen (Temperaturen, Luftfeuchtigkeit) scheint vom Gletscherrand bis auf die Höhe der jungen Moräne der Unterschied in den klimatischen Hauptwerten nicht so bedeutend zu sein, daß er mehrere hundert Meter Höhendifferenz bis zur Baumgrenze kompensieren könnte. Die jungen Lärchen und Birken zeigen von der Dauerfläche 2 an aufwärts ein gutes Wachstum. Und zahlreiche Arven und Lärchen, die heute noch leben, haben die Zeit des letzten Gletscherhochstandes in unmittelbarer Nähe des Eises überdauert.

So gelangen wir zu der Auffassung, das Aufhören des Waldes gegen den Gletscher hin sei, vielleicht abgesehen von der unmittelbaren Nachbarschaft, nicht klimatisch bedingt, sondern die Folge davon, daß die Zeitspanne seit dem Rückzuge des Eises noch nicht genügend lang war, um dem Walde die Neubildung zu ermöglichen. Bei der verhältnismäßig kurzen Vegetationszeit geht in diesen Höhenlagen die Entwicklung der Bäume sehr langsam vor sich. Dazu kommt, daß der Boden gewisse Reifungserscheinungen aufweisen muß, bevor die Bäume auf ihm ihr Gedeihen finden (Freiwerden von Nährstoffen durch Verwitterung, Humuseinlagerung, Einwanderung einer bestimmten Bodenlebewelt, besonders Bakterien und Mykorrhiza). Zwergweiden, Grünerlen, Birken und Lärchen sind in dieser Hinsicht sehr anspruchslos, während Fichten und Arven viel mehr Vorbedingungen stellen. Eine genauere Untersuchung der Lokalklimate am Gletscher sowie der Entwicklung und der Mikrobiologie von Moränenböden wäre wertvoll und würde den Schlüssel zum Verständnis mancher Eigenheiten in der Moränenbesiedlung bringen.

Vom Aufkommen des ersten Waldes mit Zwergstrauchunterwuchs auf den jungen Moränen bis zum typischen Klimax ist noch ein weiter Weg. Bevor die Arven zur Dominanz kommen, wird sich ein Lärchenwald mit Birken einstellen, und auch das Rhodoreto-Vaccinietum, wenngleich es in den Hauptkonstituenten typisch ausgebildet ist, benötigt noch viel Zeit, bis sich der Hylocomienteppich entwickelt hat und die Anreicherung an charakteristischen Arten eingetreten ist. Vor allem läßt der Vergleich der Böden erkennen, wie jung unser Moränenboden gegenüber dem alten Waldboden, an den die Moräne anstößt, noch ist: hier nur erste Andeutungen der Podsolierung, mäßige Versauerung, ein A_1-Humushorizont, der kaum 1 cm Mächtigkeit erreicht, ein A_2- und B-Horizont nur an besonders günstigen Stellen und auch da nur schwach angedeutet ... dort intensive Versauerung, starke Einlagerung von adsorptiv ungesättigtem Humus, Humushorizonte von $\pm$ 20 cm Mächtigkeit, ein A_2-Horizont von $\pm$ 10 cm und vor allem ein intensiv gefärbter B-Horizont in mächtiger Entwicklung, unter Umständen in einer Dicke von mehr als 100 cm.

Unsere Untersuchungen ergeben in überzeugender Weise, daß die ganze Vegetations- und Bodenentwicklung auf der jungen Moräne einheitlich entstanden ist, in progressiver Entwicklung, mit fließenden Übergängen, ohne Sprünge oder Lücken. Somit ist auch die ganze junge Moräne eine einheitliche Bildung. Sie wurde ohne größere Unterbrechung aufgeschüttet, während eines einzigen Gletscherrückzuges, der aber dem Anscheine nach verschiedentlich von kurzen Zeiten des Stillstandes und vielleicht auch von kleinen Vorstößen unterbrochen war, wobei die Böden und Mulden entstunden, auf denen wir die Dauerflächen angelegt haben.

Wie steht es mit der zeitlichen Fixierung dieser Vorgänge? Über die Schwankungen der Alpengletscher in der neueren Zeit herrscht heute in den Hauptzügen Klarheit. H. Kinzel [1] hat vor kurzem in kritischer Weise die Angaben der Überlieferung und der Dokumente zusammengefaßt und durch den Vergleich mit der Topographie des Gletscherrandgebietes nachgewiesen, daß unsere Alpengletscher in jüngerer Zeit zwei ausgesprochene Hochstände erlebt haben, den einen in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts, den

[1] H. Kinzel, Die größten nacheiszeitlichen Gletschervorstöße in den Schweizeralpen und in der Montblancgruppe. Zeitschr. f. Gletscherkunde **20** 1932 (270–397).

andern in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Diese beiden Hochstände unterschieden sich in ihrem Ausmaße nicht wesentlich; je nach dem Gletscher ist bald der eine, bald der andere bedeutender gewesen. Es scheint aber sicher zu sein, daß von der ausgehenden Eiszeit an die Gletscher nie weiter vorgestoßen sind, als im 17., resp. 19. Jahrhundert.

Auch für den Aletschgletscher kommen nur die beiden genannten Hochstände in Betracht. Kinzel gibt an, im Jahre 1653 habe ein feierlicher Bittgang zum Aletschgletscher stattgefunden, um seinem Vorrücken ein Ende zu setzen. Die von uns untersuchte Seitenmoräne ist aber jedenfalls bis da, wo sie an den alten Wald anstößt, in ununterbrochener Ablagerung seit dem Vorstoß in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts entstanden. Der alte Wald seinerseits muß viel älter sein, als 300 Jahre; das ergibt sich ohne weiteres aus dem Vergleiche der Bodenreifung, wie er oben durchgeführt worden ist. Es sind keine Zeichen da, für Bildungen, die etwa 200 Jahre älter wären, als die übrigen. Also ist der Gletscher in unserem Untersuchungsgebiete seit der ausgehenden Eiszeit nie höher gestanden, als im 19. Jahrhundert. Dieser Schluß wird auch dadurch bestätigt, daß eine bei mittelalterlichem Gletschervorstoße verlassene Wasserleitung sich wenige Meter über dem Jungmoränenrand im Altwald längs des Hanges hinzieht.

Nach Kinzel fällt der letzte Höchststand des Aletschgletschers ungefähr auf das Jahr 1850. F. A. Forel, der sich bei seinen Untersuchungen über die Schwankungen der Schweizer Gletscher wiederholt mit dem Aletschgletscher beschäftigt[1], kommt zum Schlusse, der Rückzug der Gletscherzunge habe im Jahre 1860 begonnen, sei aber anfänglich nur schwach gewesen und meint, vielleicht könne man sogar die Lage der Gletscherzunge während der Jahre 1855 bis 1870 als annähernd stationär bezeichnen. Er stützt sich für das genaue Datum auf geschulte Beobachter, den Physiker S. Tyndall und den Geologen T. G. Bonney. Ungefähr zur Zeit, da der Gletscherrückzug einsetzte, vielleicht einige Jahre früher, wird in unserem Untersuchungsgebiet das seitliche Einsinken des Gletschers begonnen haben.

Unsere mächtige Jung-Moräne ist also weniger als ein Jahrhundert, wahrscheinlich nur etwa 85 Jahre alt. Wie sich das Eisfreiwerden des Hanges auf diese Zeitperiode verteilt, ist im einzelnen nicht zu sagen. Die verschiedenen übereinanderliegenden, kleinen und zum Teil durch

[1] Les variations périodiques des glaciers des Alpes. Jahrb. d. Schweizer Alpenklub **17** 1882 (S. 324), **24** 1889 (S. 355), **26** 1891 (S. 358) u. a.

Schuttwälle abgedämmten Böden legen, wie bereits erwähnt, den Gedanken nahe, der Gletscher habe hier seinen Rückzug unterbrochen und sei vorübergehend stabil geblieben oder etwas vorgestoßen. Vielleicht sind aber die Schuttwälle, die ja nie ein größeres Ausmaß erlangen, auch direkt als solche aus dem Eise herausgeschmolzen. Die Gletscherzunge, deren Stand seit Beginn der 1870er Jahre regelmäßig beobachtet wurde, ließ seither keinen einzigen deutlichen Vorstoß erkennen. Sie geht jedes Jahr mehr oder weniger stark zurück. Nur im Jahre 1891 lesen wir im Bericht [1], sie habe angefangen, sich zu verlängern, und im Jahre 1935 beträgt der Rückgang nur 1 m, im Jahre 1942 nur 2 m, erreicht zwischenhinein aber wieder bedeutende Werte. Die beträchtlichen Vorstöße, die viele unserer Gletscher in den Jahren 1875 bis 1890 und wiederum von 1912 bis 1922 machten, scheinen sich also am Aletschgletscher nicht abzuzeichnen. Immerhin darf man von der Gletscherzunge nicht ohne weiteres auf das Verhalten der Gletscheroberfläche 2 bis 3 km weiter oben schließen. Leider sind wir aber über Oberflächenschwankungen nicht näher unterrichtet. Bei Forel (loc. cit.) findet sich nur eine kurze Notiz, um 1889 habe der Aletschgletscher im oberen Teile, oberhalb Märjelen, eine deutliche Zunahme gezeigt. Es ist aber ungewiß, ob diese Gletscherstauung sich bis zum Aletschwald hinunter fortsetzte.

Angesichts der Unsicherheit über das Verhalten der Gletscheroberfläche im Untersuchungsgebiet ist es wohl am besten, wenn wir für unsere Betrachtung den Maximalstand ins Jahr 1860 einsetzen und von da an einen gleichmäßigen Gletscherabfall annehmen. Wir bleiben uns dabei bewußt, daß die Altersangabe für die verschiedenen Höhenlagen der Moräne einen Fehler von einigen Jahren enthält, der aber für die Einschätzung der Besiedlungsvorgänge sicher nicht von wesentlichem Einflusse ist. Indem wir die 85 Jahre gleichmäßig auf den Rückzug des Gletschers von 1975 m bis auf 1870 m Meereshöhe verteilen und die Werte etwas abrunden, erhalten wir für das Alter der Dauerflächen folgende Zahlen:

Dauerfläche 1	= 1875 m	=	1938–1940
2	= 1900 m	=	1920
3	= 1925 m	=	1900
4	= 1955 m	=	1875
5	= 1975 m	=	1860

[1] Regelmäßig veröffentlicht von F. A. Forel und Mitarbeitern, später von P. L. Mercanton im Jahrb. d. Schweizer Alpenklub.

Wir finden also etwa 5 Jahre nach dem Eisfreiwerden bereits eine sehr bedeutende Zahl phanerogamer Ansiedler, die ersten verfestigenden Moosrasen; die ersten Holzpflanzen müssen unmittelbar nach dem Rückzug des Eises gekeimt haben. 25 Jahre haben bereits die Ausscheidung der Arten nach lokalen Standorten, vor allem die Bildung von Quellfluren mit reichen Moosteppichen, so wie von Rhacomitrium-Teppichen auf dem trockenen Boden gebracht, ebenso das erste azidophile Zwerggesträuch. Nach 45 Jahren herrschen die Zwergweiden und ausgedehnte Rhacomitrium-Rasen, nach 70 Jahren tritt das azidophile Zwerggesträuch in reichem Maße auf und nach 85 Jahren bildet sich ein Lärchen-Birkenwald mit Rhodoreto-Vaccinietum-Unterwuchs.

Unter günstigen Verhältnissen edaphischer Art geht die Entwicklung bedeutend rascher: schon nach 25 Jahren breitet sich hochgewachsenes, fruchtendes Alnus viridis-Gebüsch aus, und nach 45 Jahren erreichen Lärchen, Birken und Fichten Baumhöhen von 300 bis 500 cm und fruchten. Im Gegensatz zum Verhalten der Vegetation zeigt sich, daß die Bodenbildung nur langsam fortschreitet. Die Umwandlung des Rohbodens beginnt allerdings schon frühzeitig: unter Moospolstern ist sie bereits nach einigen Jahren erkennbar und wird unter azidophilem Zwerggesträuch nach 25 Jahren sehr deutlich; aber nach 85 Jahren sind erst die Anfänge der Podsolbildung vorhanden, obschon das Gestein diesem Prozeß günstige Bedingungen bietet.

Zur richtigen Einschätzung der Bewaldungsvorgänge auf den jungen Moränen müssen wir uns erinnern, daß sie beträchtlich unter der Waldgrenze liegen. Die Baumgrenze ist für Arven und Lärchen am Riederhorn und an dem Moosfluhgrat in West-, Ost- und Nordwestexposition in etwa 2200 bis 2230 m Höhe einzusetzen. Einzelne niedrigwüchsige aber noch fruchtende Fichten gelangen am Riederhorn bis auf 2200 m, am Moosfluhgrat nördlich der Riederfurka bis auf 2180 m. Die Waldgrenze befindet sich wenig tiefer. Das Untersuchungsgebiet liegt also 250 bis 350 m unter der Waldgrenze.

Zum Vergleiche mit unseren Ergebnissen über die Besiedlung von jungen Moränenböden haben wir noch im Vorfelde des Rhonegletschers und des Oberen Grindelwaldgletschers einige Untersuchungen angestellt.

Die Besiedlung im Vorfelde des Rhonegletschers.

Das Vorfeld des Rhonegletschers ist ein klassisches Objekt der Forschung. Von 1874 an wurden durch die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft, zum Teil in Verbindung mit dem Schweizer. Alpenklub, genaue Messungen über die Veränderungen der Gletscherzunge ausgeführt [1]. Im Jahre 1886 schilderte J. Coaz [2] die Besiedlung durch die Vegetation auf dem vom Gletscher verlassenen Boden. Auch Ed. Frey[3] kommt in seinem schönen Werk über die Vegetationsverhältnisse der Grimselgegend auf den Rhonegletscherboden zu sprechen. Dann hat neuerdings Helmut Friedel [4] die Boden- und Vegetationsentwicklung im Vorfelde des Rhonegletschers geschildert.

Geländebildung. Vor der Zunge des Rhonegletschers breitet sich heute eine Ebene von gut 2000 m Länge aus, die von 1760 m Meereshöhe bei Gletsch auf 1830 m am Fuße des Gletschersturzes ansteigt. Sie ist seit dem Anfange des 19. Jahrhunderts durch den fortgesetzten Rückzug des Gletschers entstanden. Um das Jahr 1800 reichte der Gletscher bis in die Nähe von Gletsch, wo er beim Rückzug einen kleinen Moränenwall zurückließ, der von 1816 datiert ist. Etwas weiter auswärts liegen noch Reste eines älteren Walles in der Nähe der Kapelle von Gletsch, die dem Gletschervorstoß des 17. Jahrhunderts zugeschrieben werden. Mercanton [5] datiert sie vom Jahre 1640. Der Gletscherrückzug wurde um 1834 ein erstes Mal unterbrochen, und ein kleiner Vorstoß lagerte eine Moräne ab (1856). Dann erfolgte ein rascher Rückzug bis 1889, dem ein Stillstand bis 1893 folgte. Vor dem Gletscherende dieser Zeitperiode ist wohl eine unregelmäßige Erhöhung aber kein richtiger Wall zu sehen. Von 1893 zog sich der Gletscher

---

[1] Vermessungen am Rhonegletscher 1874–1915. Bearbeitet und verfaßt im Auftrage der Gletscherkommission der Schweiz. Naturf. Ges. von P. L. Mercanton. Neue Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges. **52** 1916 (190 S., 12 Pläne, 26 Fig.).

[2] J. Coaz, Erste Ansiedelung phanerogamischer Pflanzen auf von Gletschern verlassenem Boden. Mitt. Naturf. Ges. Bern **1886** 1887 (3–12).

[3] Eduard Frey, Die Vegetationsverhältnisse der Grimselgegend im Gebiet der zukünftigen Stauseen. Mitt. Naturf. Ges. Bern **1921** 1922 (195 S., Vegetationskarte, 11 Taf., siehe im besonderen S. 156/157).

[4] Helmut Friedel, Boden- und Vegetationsentwicklung im Vorfeld des Rhonegletschers. Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich **1937** 1938 (65–76).

[5] Rhonegletscherwerk S. 190.

wieder zurück bis 1912, wo der ganze Talboden frei lag, der Gletscher nur noch über den Rand der anstoßenden felsigen Talstufe hinunterhing. Dann setzte ein neuer Vorstoß ein, der etwa 200 m des Vorfeldes mit Eis zudeckte und am äußersten Rande eine kleine Wallmoräne aufwarf. Seit 1922 ist der Gletscher wieder im Rückzug, und heute steht er annähernd an der gleichen Stelle wie 1912, eher noch etwas weiter zurück. Es ergeben sich folgende Daten für das Eisfreiwerden des Vorfeldes:

Außerhalb der Moräne von 1640: unbekannt, wahrscheinlich am Ende der Eiszeit.
Zwischen Moräne 1640 und 1818: etwa 100 m breiter Geländestreifen, der einige Moränenreste enthält, die vielleicht aus dem 17. Jahrhundert stammen.
Zwischen Moräne 1818 und 1856: etwa 100 m breiter Geländestreifen, mit einer kleinen Moräne, die bald nach dem Rückzug von 1818 entstanden ist.
Zwischen Moräne 1856 und dem Stand von 1874 (1874 nicht durch Moräne gekennzeichnet; aber in diesem Jahre beginnen die jährlichen Beobachtungen des Zungenendes): ein etwa 600 m breiter Geländestreifen.
Zwischen dem Stand von 1874 und der Moräne von 1922: ein etwa 950 m breiter Geländestreifen von etwas unregelmäßiger Gestaltung aber ohne Wallmoräne.
Innerhalb der Moräne von 1922 bis zum Fuß des Felsabsturzes: ein etwa 200 m breiter Geländestreifen, von 1922 bis etwa 1935 eisfrei geworden.

Das Vorfeld des Rhonegletschers liegt etwa 100 Meter tiefer und ist infolge der flachen Lage der Besonnung besser ausgesetzt, als die von uns untersuchten Seitenmoränen des Aletschgletschers. Dafür ist das Klima humider und rauher; die Vegetationsgrenzen sind niedriger. Ferner zeigen die beiden Gebiete übereinstimmende Beschaffenheit des Moränenschuttes (Silikatgestein). Schließlich ist der Rhonegletscherboden, mit Ausnahme der äußersten Teile, gleichen Alters, wie die untersuchten Aletschmoränen. Es liegt also nahe, die Vegetationsentwicklung der beiden Gebiete zu vergleichen.

Ergebnisse der früheren Forscher. J. Coaz besuchte das Vorfeld des Rhonegletschers im Sommer 1883. Er fand die durch schwarz gestrichene Steine markierten Zuwachs-Gürtel des Vorfeldes der Jahre 1874 bis 1883 vor, von denen der letzte noch nicht ganz ausgebildet war. Für jeden dieser 10 Gürtel, die jeder dem Gletscherrückgange eines Sommers entsprachen, wurden die angesiedelten Gefäßpflanzen festgestellt. In den drei jüngsten Gürteln, entstanden in den Jahren 1881 bis 1883, fand sich nur eine einzige Art, *Saxifraga aizoides*, die sich also als die besiedlungstüchtigste erwies und sich auch in allen älteren Gürteln vorfand. Im vierten Gürtel nahm die Artenzahl auf 7 zu, vermehrte sich dann weiterhin in den nächsten Gürteln nur langsam, vom 8. an wieder rasch.

Im 4. Jahr (4. Gürtel) mit insgesamt 7 Arten kamen hinzu: zwei Gräser *Agrostis vulgaris* (vermutlich ist gemeint *Agrostis tenella*) und *Poa nemoralis*, ferner *Oxyria digyna*, *Saxifraga aspera*, *Epilobium Fleischeri*, *Tussilago farfara*.

Im 5. Gürtel fanden sich insgesamt 9 Arten: davon neu: *Agrostis rupestris*, *Sagina saginoides*, *Achillea moschata*, während einzelne Arten des vorausgegangenen Gürtels wegfielen.

Im 6. Gürtel: insgesamt 9 Arten; neu: *Festuca violacea*, *Rumex acetosella*, *Epilobium alpinum*, *Androsace alpina*.

Im 7. Gürtel: insgesamt 12 Arten; neu: *Deschampsia flexuosa*, *Silene rupestris*, *Saxifraga bryoides*, *Trifolium badium*, *Chrysanthemum alpinum*.

Im 8. Gürtel: insgesamt 23 Arten; neu: *Agrostis alba*, *Deschampsia caespitosa*, *Alnus viridis*, *Rumex scutatus*, *Silene acaulis*, *Cerastium arvense*, *Cardamine resedifolia*, *Arabis alpina*, *Petasites niveus*, *Achillea nana*, *Leontodon helveticus*, *Hieracium intybaceum*.

Im 9. Gürtel: insgesamt 37 Arten; neu: *Anthoxathum odoratum*, *Poa alpina*, *Carex frigida*, *Carex sempervirens*, *Juncus Jacquini*, *Luzula multiflora*, *Salix purpurea*, *Salix helvetica*, *Rumex acetosa* (wohl *R. arifolius*), *Polygonum viviparum*, *Arenaria ciliata*, *Cerastium uniflorum*, *Cerastium cerastioides*, *Sedum atratum*, *Saxifraga stellaris*, *Alchemilla vulgaris*, *Trifolium pallescens*, *Lotus corniculatus*, *Veronica alpina*, *Veronica fruticans*, *Campanula pusilla*, *Campanula rotundifolia* (wohl *C. Scheuchzeri*), *Gnaphalium supinum*.

Im 10. Gürtel: insgesamt 39 Arten; neu: *Phleum alpinum*, *Agrostis alpina*, *Poa laxa*, *Nardus stricta*, *Carex echinata*, *Carex brunescens*, *Salix retusa*, *Silene inflata*, *Cardamine alpina*, *Sedum sexangulare*, *Sedum repens*, *Campanula thyrsoidea*, *Solidago virga aurea*, *Gnaphalium silvaticum*.

Leider wird über die Häufigkeit der einzelnen Arten nichts gesagt. Aber in ihrer Art ist diese Liste von rund 70 Arten, welche die Besiedelung innerhalb der ersten 10 Jahre Jahr für Jahr wiedergibt, sehr wertvoll. Mit den jüngsten Stadien der Besiedlung unserer Aletschmoränen zeigt sie große Übereinstimmung. Doch scheint hier die Entwicklung rascher zu gehen; denn die Zahl der ausgesprochenen Rasenpflanzen, die während 10 Jahren einwanderten, ist bemerkenswert groß. Wir nennen: *Phleum alpinum*, *Agrostis alba*, *vulgaris (tenella?)*, *Anthoxanthum odoratum*, *Deschampsia caespitosa* und *flexuosa*, *Poa alpina*, *Festuca violacea*, *Nardus stricta*, *Carex sempervirens*, *Luzula multiflora*, *Alchemilla vulgaris*, *Trifolium badium* und *pallescens*, *Lotus corniculatus*, *Leontodon helveticus*. Hervorzuheben ist die Tatsache, daß *Nardus stricta* bereits nach 9 Jahren vorhanden ist. Von Holzpflanzen werden nur wenige genannt: 1 Hochstrauch, *Alnus viridis*, im 8. Jahr, 2 Hochsträucher, *Alnus viridis* und *Salix purpurea*, im 8. und 9. Jahr, 1 Zwergstrauch, *Salix helvetica*, im 9. Jahr und 1 Spalierstrauch, *Salix retusa*, im 10. Jahr. Entwicklungsrichtungen der Vegetation lassen sich noch keine erkennen, und es ist sehr zu bedauern, daß diese Beobachtungen nicht weiterhin fortgesetzt wurden.

Ed. Frey besuchte den Rhonegletscher im Jahre 1915 und fand zwischen dem Gletscherrand und dem 8 m entfernten Muttbach 19 Arten, die mit Ausnahme von *Myosotis pyrenaica* und *Anthyllis vulneraria* auch in dem Verzeichnis von Coaz stehen. Da aber der Gletscher in den Jahren 1913 bis 1915 im Mittel bereits um 36 m vorgestoßen war, hat Frey vermutlich nicht die jüngsten Stadien der Besiedlung erhalten. Er hebt hervor, die Vegetation des innern Schotterfeldes sei ausgesprochen silizikol, während da, wo Grundwasser austrete, sich in Menge *Saxifraga aizoides* und da und dort auch *Dryas octopetala* finde.

Helmut Friedel gibt uns ein Gesamtbild von der Vegetationsentwicklung im Vorfeld des Rhonegletschers, so wie er es im Jahre 1938 sah. Er unterscheidet nach der Bodenbeschaffenheit im flachen Boden auf der rechten Seite der Rhone folgende Gürtel:

1. Lockerschuttzone oder Schuttsetzungszone reicht vom Gletscherende bis in etwa 500 m Entfernung (Boden eisfrei geworden seit 1890). Die Vegetation ist charakterisisert durch eine homogene Mischung zwischen *Epilobium Fleischeri* und *Oxyria digyna*. Die Deckung des Bodens durch die Pflanzen ist noch sehr gering. Der Boden ist locker, von großen Hohlräumen durchsetzt. Ein jüngerer Abschnitt umfaßt die innersten Teile des Gletscherbodens bis zur Moräne von 1922 mit regelloser Ansiedelung und einer Vegetationsdeckung von nur etwa 1 %. Ein älterer Abschnitt liegt außerhalb dieser Moräne. Die Vegetation ist etwas dichter geworden (± 5 %); *Rhacomitrium canescens* und *Pohlia*-Arten haben sich ausgebreitet. Doch ist noch kaum ein Unterschied zwischen Mulden und Höckern vorhanden.

2. Zone des Ruhschutt-Rohbodens oder Kornscheidungszone, reicht von 500 bis 1500 m vom Gletscherrand (Boden eisfrei geworden von 1890 bis 1865). Ruhschutt-Rohboden beherrscht weithin das Bild. Die Hohlräume im Boden haben sich ausgefüllt. Durch Ausblasung und Ausschwemmung wird der Feinschutt von den Rücken entfernt und in den Mulden angehäuft. Die Vegetation ist sehr unhomogen und macht den Eindruck des Zufälligen. Wir finden alle Deckungsgrade bis zum völligen Vegetationsschluß. Die Pioniere sind verschwunden. Sporadisch haben sich bereits *Calluna*, *Rhododendron ferrugineum* und *Alnus viridis* eingestellt. Im allgemeinen ist eine Scheidung zwischen Rücken und Mulden vorhanden, obwohl meist nicht scharf. Auf den Rücken dominiert *Polytrichum piliferum* mit *Rhacomitrium canescens* und *Stereocaulon alpinum*, in den Mulden *Polytrichum juniperinum*. In der Krautschicht herrscht im allgemeinen *Agrostis rupestris*, in den ältesten Teilen des Gürtels immer mehr *Trifolium pallescens*.

3. Zone des Beginnes der echten Bodenbildung (Anboden) oder Schuttzerfallzone, reicht von 1500 bis 1850 m (Boden eisfrei geworden von 1865–1818). Der Vegetationsschluß ist so dicht geworden, daß die Ausblasung und Ausschwemmung der Feinerde im wesentlichen aufgehört hat. Durch Kornzerfall und chemische Umsetzungen wird die Bodenreifung eingeleitet. Bereits findet sich mancherorts eine reichliche Humusauflagerung. Die Vegetation hat sich zu „Halbgesellschaften" ausgegliedert und zwar herrscht, abgesehen von den ausgedehnten Sumpfflächen, in den jüngeren Teilen dieser Zone die *Tri-*

folium pallescens-Polytrichum juniperinum-Gesellschaft in die fleckenweise Milchkrautweide (gemeint ist wohl der *Festuca rubra commutata*-Bestand) eingesprengt ist; in den älteren Teilen, von der Moräne 1856 bis zu derjenigen von 1818 dagegen überwiegt die Milchkrautweide mit großen Nardusflächen. An den Rändern der Moränenwälle schließen sich *Rhododendron ferrugineum*-Bestände zusammen, und auf den Kuppen breiten sich *Calluna*, *Juniperus nana* und Rasen von *Polytrichum piliferum* und *Rhacomitrium canescens* aus.

4. Zone der Braunerdebildung (Übergangsboden) reicht vom Gletscherstand des Jahres 1818 bis zu dem von 1640. Die Vegetation der ebenen Flächen setzt sich aus Milchkrautweide, Callunetum und Sumpf zusammen und ist durch Beweidung stark beeinflußt. Auf den Moränenkuppen findet sich *Festuca duriuscula*-Weide mit einzelnen Trupps von *Calluna*, *Juniperus nana*, *Vaccinium uliginosum*. Einige Lärchenwurzeln zeigen an, daß hier ältere Lärchen gestanden haben müssen.

5. Zone des Eisenpodsol (Klimaxboden), außerhalb der Moräne von 1640. Die Vegetation besteht aus einem Rhododendron ferrugineum-Vaccinium uliginosum-Komplex.

Auf der linken Seite des Rhoneflusses findet Friedel die gleiche Zonation mit dem Unterschiede, daß in der Zone des Ruhschuttes die Schneeböden sehr ausgedehnt sind als Folge der Schattenlage und der langdauernden Bedeckung mit Lawinenschnee.

Vergleichen wir diese Ergebnisse Friedels mit den unsrigen vom Aletsch, so ergibt sich in der Bodenbildung ziemliche Übereinstimmung, mit der Einschränkung, daß am Aletsch das Braunerdeglied fehlt, wie auch die entsprechende Altersstufe der Bodenbildung (seit 1650). In der Vegetation stimmen das Anfangsglied und das Schlußglied überein; für die zwischenliegenden Glieder ergeben sich aber weitreichende Unterschiede, indem Friedel das Zwerggesträuch nur ganz nebensächlich erwähnt, und sich über die Ansiedelung von Bäumen überhaupt ausschweigt. Ferner dauert bei ihm die Pionierzeit, der im weitern Sinn auch die Zone 2 zuzurechnen ist, sehr lange an (73 Jahre).

Es schien angezeigt, die Verhältnisse im Vorfeld des Rhonegletschers vergleichsweise zu überprüfen, und ich habe zu diesem Zwecke das Gebiet zweimal, im August 1943 und im Juli 1944 aufgesucht. Wir bringen im Nachstehenden die Ergebnisse dieser Untersuchung, die sich auf den besser gelegenen Teil, das Vorfeld der rechten Rhoneseite, beschränkt. Die von uns gemachten Feststellungen lassen sich zeitlich genau festlegen, wobei für die Zeit von 1874 bis 1912, nach der im Rhonegletscherwerk veröffentlichten Karte der Abnahme der Gletscherzunge, sogar die Zuteilung auf die einzelnen Jahre möglich ist. Die Abschätzung der Distanzen geschah mit Hilfe der Telephonstangen,

die in einem Abstande von etwa 60 m eine Reihe durch den ganzen Gletscherboden von Gletsch bis zur Moräne von 1922 bilden. Zur Ergänzung der floristischen Beobachtungen wurden auch eine Anzahl Bodenproben genauer untersucht.

Innerhalb der Moräne von 1922 fand ich folgende Arten, wobei aber das Verzeichnis nicht vollständig ist, da nur ein Teil der Fläche abgesucht wurde.

v = vereinzelt h = häufig w = wiederholt

Dryopteris filix mas v
Dryopteris Linnaeana v
Agrostis tenella h
Agrostis alba v
Agrostis cf. *alpina* v
Deschampsia caespitosa einzelne große Horste
Poa nemoralis h
Tofieldia calyculata v
Orchis cf. *latifolia* v
Salix purpurea v
Salix daphnoides v
Salix cf. *caprea* v
Salix hastata v
Salix helvetica v
Alnus viridis hin und wieder, bis 1 m hoch und fruchtend
Rumex scutatus h und weit vordringend
Rumex alpinus v
Oxyria digyna w
Sagina saginoides w
Minuartia verna v
Cerastium strictum w
Arabis alpina w
Sempervivum montanum v
Saxifraga aizoides h und weit vordringend
Saxifraga stellaris h, besonders gegen den Gletscher hin
Saxifraga aspera w
Saxifraga aizoon v
Trifolium badium w
Anthyllis vulneraria v
Epilobium Fleischeri sehr häufig und weit vordringend
Epilobium alsinifolium v
Peucedanum ostruthium w
Bartsia alpina w
Pinguicula leptoceras w
Campanula thyrsoidea v, blühend
Campanula cochleariifolia v
Adenostyles alliariae v
Tussilago farfara h und weit vordringend
Achillea moschata h und weit vordringend
Hieracium staticifolium w

Pohlia cf. *elongata*
Pohlia cf. *gracilis*
Rhacomitrium canescens var. *tortuloides*
Polytrichum piliferum
Brachythecium collinum

Diese Vegetation bleibt gegen den Gletscher hin bis auf etwa 100 m von der Moräne weg ziemlich gleichartig, nimmt dann rasch ab und hört bei etwa 150 m, wo auch der Untergrund stark felsig wird, sozusagen auf. Die am weitesten vordringenden Arten sind besonders hervorgehoben. Unsere Liste umfaßt 40 Arten von Gefäßpflanzen und 5 Moosarten, bleibt also hinter derjenigen von Coaz beträchtlich zurück, trotzdem der ihr zugrunde liegende Boden bis zu 20 Jahren eisfrei ist. Das rührt wahrscheinlich im wesentlichen davon her, daß die untersuchte Fläche vielmal kleiner ist, als bei Coaz. Etwa die Hälfte der Arten sind mit den jüngsten Aletschmoränen (D 1 und D 2) gemeinsam. Sie erzeigen sich als charakteristisch für solche Standorte und treten immer wieder auf. Daneben sind aber auch zufällige Arten reichlich vertreten. In der von Friedel angegebenen Liste findet sich eine *Poa compressa*, was vermutlich auf einer Verwechslung mit *Poa nemoralis* beruht, die, wie im Aletschgebiet, hier verbreitet ist. Anderseits fehlt bei Friedel die im ganzen Vorfeld häufige und charakteristische *Agrostis tenella*.

Der Boden besteht hauptsächlich aus Blockschutt; feinere Ablagerungen treten zurück und sind vorwiegend grobsandig. Der Sand liegt locker, ohne daß uns die von Friedel angegebenen Hohlräume bei verschiedenen Nachgrabungen aufgefallen wären. Ihre Erscheinung dürfte im allgemeinen darauf beruhen, daß beim Nachgraben Steine leicht aus dem Lockerboden herausfallen und dadurch Löcher vortäuschen. Eigentliche Höhlungen würden bei der lockeren Beschaffenheit des Bodens unter Mitwirkung des Sickerwassers rasch ausgefüllt. Wir haben zwei Bodenproben näher untersucht (vgl. Tab. 4, Nr. R 1–2 und Tab. 11, Nr. 1–2). Sie waren auffallend grobsandig, ohne Humus und von annähernd neutraler Reaktion.

Außerhalb der Moräne von 1922 behält die Vegetation nur noch auf kurze Strecke den geschilderten Charakter bei. Dann tritt eine ausgeprägte Anreicherung ein, die wir nur in den Hauptzügen, mit besonderer Berücksichtigung der Holzpflanzenvegetation, schildern wollen.

Schon dicht am Wall, an einer etwas feuchten Stelle, finden wir eine hochwüchsige, reichlich fruchtende *Alnus viridis*, 200 bis 250 cm hoch,

Tabelle 11

Untersuchung von Böden aus dem Vorfeld des Rhonegletschers.

Nr.	Herkunft der Probe	Allg. Beschaffenheit des trockenen Bodens	pH	Glüh-verlust%	Färbung des Glührückst.	Koll. Humus
1.	Innerhalb d. jüngsten Walles, ca. 1925–1930	grobsandig, grau	6.65	1	grau	0
2.	Jb.	grobsandig, grau	6.97	1	grau	0
3.	ca. 1885, unter Moosteppich und Kräutern	grausandig, etw. humos	5.87	1	braun	1
4.	ca. 1865, unter Ericaceen-Zwerggesträuch, 1–4cm	sandig, etwas humos, graubräunlich	5.54	3	hellbraun	1
5.	± 15 cm	sandig, etw. staubig, grau	6.13	1	braun	0–1
6.	Moräne 1818, unt. Calluna	sandig-humos, dunkel	4.91	7	hellrot	–4
7.	unt. Vaccinium ulig. u. myrt., 1–5 cm	sandig-humos, dunkel	4.91	7	hellrot	–4
8.	unt. Vaccinium myrt., 1–5 cm	sandig-humos, dunkel	5.11	6	hellrot	–4
9.	unt. Vaccinium u. Rhododend. ferrug., 1–5 cm	sandig-humos, dunkel	5.11	3	hellrot	–4
10.	15 cm	sandig, grau, etw. humos	5.31	3	rötlich	2–3
11.	40 cm	sandig, grau	5.81	1	rötlich	1–2
12.	andere Stelle 35–40 cm	sandig, etw. staubig, hellgr.	6.55	0	hellbraun	0–1
13.	Moräne 1640, unt. Nardus u. etw. Rhodod., ±5cm	sandig-staubig, graubraun mit Würzelchen	4.78	5	rotbraun	–4
14.	10 cm	rein sandig-staubig, grau	5.15	2	rotbraun	3

und unter Rhacomitrium-Polstern und im Epilobium Fleischeri-Bestand auf dem Sandboden einen deutlichen Humushorizont von einigen Millimetern Dicke. Es zeigt sich hier die Begünstigung der Entwicklung der Vegetation durch genügendes Bodenwasser, wie wir dies auch im Aletsch festgestellt haben. Besonders auffallend ist dies gegen den Fluß hin zu sehen, wo bereits 60 bis 100 m von der Moräne weg geschlossenes und reich fruchtendes Alnus viridis-Gebüsch steht. Auf der linken Seite des Flusses ist es noch stärker entwickelt. Friedel, der auf diese Erscheinung Bezug nimmt, erklärt das gute Wachstum durch düngendes Sickerwasser vom Hotel Belvédère her, das 450 m höher liegt. Wir wissen nicht, wohin die Abwässer des Hotels geleitet werden, betrachten aber eine solche Düngung als unwahrscheinlich und für den auf dem rechten Ufer gelegenen Bestand als unmöglich. Auch das bloße Gletscherwasser düngt, was ja von den Wallisern in der Praxis genügend bewiesen wird.

Etwa 60 m außerhalb des Walles, bei der ersten Stange der Telephonleitung, zeigen sich spärlich *Lärchen*, von denen zwei eine Höhe von 150 cm erreichen, einige fruchtende *Alnus viridis* und vereinzelt aber wiederholt Zwergsträuchlein von *Vaccinium myrtillus*, *Rhododendron ferrugineum*, *Juniperus nana*, *Calluna vulgaris* und *Arctostaphylos uva ursi*. Wenig weiter auswärts wachsen die ersten *Fichten*, von denen eine die Höhe von 120 cm erreicht, mit jährlichem Zuwachs von 15 cm in den letzten Jahren, und bei etwa 100 m Entfernung zählten wir 4 Lärchen mit einer Höhe zwischen 150 bis 200 cm. Kleine Weidenbüsche, vor allem *Salix helvetica*, sind über das Gelände verstreut. Rasenpflanzen treten häufig auf und bilden bereits kleine, zusammenhängende Rasen. Darin sind herrschend *Agrostis tenella*, *Festuca rubra* ssp. *commutata*, *Trifolium pallescens*, *Hieracium staticifolium* und stellenweise schon reichlich vorhanden *Poa alpina*, *Poa nemoralis*, *Phleum alpinum*. *Arnica montana*, *Campanula barbata* haben sich eingestellt. Bedeutende Flächen nehmen die Polster von *Rhacomitrium canescens* ein, mit dem zusammen sich auch *Stereocaulon alpinum* findet. Doch wiegt der offene Schutt noch bei weitem vor; *Epilobium Fleischeri* ist häufig.

Dieses Gelände, 60 bis 120 m vor dem Moränenwall von 1922, wurde etwa in den Jahren 1900 bis 1907 eisfrei. Seine Überwachsung ist durch den Vorstoß des Gletschers von 1912 bis 1922 vielleicht verzögert, aber nicht unterbrochen worden. Die Vegetation ist also etwas jünger als die der Dauerfläche 3 im Aletsch und ist dem Übergangsstadium von Dauerfläche 2 zu 3 sehr ähnlich. Der Holzwuchs ist vielleicht im Rhonegletscher Vorfeld etwas weniger entwickelt, dagegen der Rasen stärker ausgebildet.

In etwa 150 m Entfernung von der Moräne von 1922 breiten sich das Zwergweidengebüsch und die Grünerle stark aus, und wir haben ein eigentliches Weidenstadium, das sich bis gegen 800 m von der Moräne weg erstreckt. Der Boden wurde von 1875 bis 1895 eisfrei. *Salix helvetica* ist die Hauptweide, daneben finden sich häufig *Salix hastata*, *purpurea*, *daphnoides*. Die letztere erreicht bereits bei 220 m etwa 2,5 m Höhe. Auch die *Lärchen* werden häufiger und erreichen höheren Wuchs. In 200 m Entfernung fanden wir eine ganze Anzahl Individuen mit Höhen zwischen 250 bis 300 cm, und besonders reichlich sind sie bei einer Entfernung von etwa 350 m, wo ihr jährlicher Zuwachs zwischen 5 bis 15 cm liegt. Die Anreicherung an Baumwuchs

erfolgt sehr ungleichmäßig; die Bäume stehen oft in Gruppen und setzen dann wieder aus.

Innerhalb dieses weiten Gürtels der Zwergweiden nehmen die Ericaceen-Sträucher zu. Von etwa 350 m an wird *Rhododendron ferrugineum* häufig, und bei 400 m beginnt *Calluna* kleinere Teppiche zu bilden. Bald schließen sich kleine, geschlossene Bestände von *Calluna* mit *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium myrtillus* und *vitis idaea* sowie *Juniperus nana* an, in denen gewöhnlich mehr oder weniger *Salix helvetica* steckt. So teilt sich der Salix-Gürtel in einen jüngeren Teil, 150 bis 350 m von der Moräne von 1922, mit wenig Ericaceen-Gebüsch und in einen älteren in 350 bis 800 m Entfernung, in dem das Zwerggesträuch sich mehr und mehr ausbreitet. Die Übergänge sind außerordentlich fließend. Aber auch die Ausbreitung der Rasen und der Rhacomitrium-Polytrichum-Stereocaulon-Teppiche hat stark zugenommen, so daß der Boden großenteils überwachsen ist. Charakteristisch ist die Durchmischung der Krautpflanzen mit dem Moosteppich, und die entstandenen Krautbestände sind überall fragmentarisch klein, sehr offen und mager. Wir haben in 350 m Entfernung von der Moräne einen solchen Krautbestand aufgenommen und geben nachstehend seine floristische Zusammensetzung.

Tabelle 12. Rasen in der Nähe der Stange 27, etwa 1 m².

Deckung der Kräuter etwa 80 %, der Moose und Flechten > 90 %.

+	*Agrostis rupestris*	2	*Thymus serpyllum*
2	*Anthoxanthum odoratum*	+	*Euphrasia minima*
1	*Deschampsia flexuosa*	1–	*Veronica fruticans*
+	*Poa alpina*	3	*Achillea moschata*
+	*Festuca ovina*	3	*Hieracium staticifolium*
1–2	*Festuca rubra* ssp. *commutata*	3	*Hieracium pilosella*
+	*Silene rupestris*		
(+)	*Silene nutans*		
+	*Cerastium strictum*	5	*Polytrichum piliferum*
1	*Sempervivum montanum*	3	*Polytrichum juniperinum*
1–	*Trifolium pratense*	3	*Rhacomitrium canescens*
3	*Trifolium pallescens*	2	*Stereocaulon grande*

Der Boden war grobsandig, beträchtlich sauer, mit einem merklichen Gehalt an kolloidalem Humus, wie eine Probe aus ± 5 cm Tiefe zeigt (Tab. 4, Nr. R 3, Tab. 11, Nr. 3). Der Boden ist also in deutlicher Versauerung begriffen.

In den älteren Teilen dieses Gürtels treten gegen den Bach hin die

ersten Nardusbestände und auf niedrig liegenden Alluvionen Sumpfbestände auf. Vegetationstypen beginnen sich herauszuschälen.

Der Weidengürtel mit der langsamen Ausbreitung des azidophilen Zwerggesträuches findet sein Gegenbild in den Dauerflächen 3 bis 4 unserer Aletschmoräne, mit dem Unterschiede, daß *Calluna* am Rhonegletscher eine viel wichtigere Rolle spielt und *Juniperus nana* einen bedeutenden Anteil nimmt, während *Empetrum nigrum* nicht beobachtet wurde und *Vaccinium uliginosum* im wesentlichen durch *V. myrtillus* und *V. vitis idaea* ersetzt wird und spärlich ist. Auch sind die Rasen besser entwickelt, und bei Moosgesellschaften treten die Polytrichum-Polster auf Kosten der Rhacomitrium-Rasen stärker hervor. Hier liegen wohl Einwirkungen der stärkeren Besonnung und der damit verbundenen Bodenaustrocknung vor; aber es entsteht nicht etwas grundsätzlich Verschiedenes, sondern es ergeben sich nur Unterschiede, wie sie bei ähnlichem Allgemeinklima und Bodenzustand zwischen der Vegetation sonniger und schattiger Hänge allgemein auftreten. Da sich die Vegetation des Weidengürtels am Rhonegletscher im jüngeren Teil etwa seit 1885 bis 1895, im älteren Teil seit 1875 bis 1885 entwickelt hat, so entspricht ihre Entstehung auch zeitlich gut den in der Vegetationsentwicklung übereinstimmenden Dauerflächen 3 und 4 der Aletschmoränen.

An den Weidengürtel setzt mit sehr unregelmäßiger Grenze ein Gürtel an, in dem das azidophile Zwerggesträuch dominiert. Der Boden wird von einem vorwiegend offenen, mageren *Calluna*-Gestrüpp bedeckt, dem reichlich *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis idaea*, *Juniperus nana* und etwas *Vaccinium uliginosum* beigemischt sind. Doch ist diese Zwergstrauchheide häufig durch Rasenflächen sowie durch Moos- und Flechtenteppiche unterbrochen. In den Rasen herrscht vorwiegend *Nardus stricta* mit azidophilen Rasenpflanzen, während die Kleearten und die besseren Futtergräser, verglichen mit dem Weidengürtel, zurückgegangen sind. Doch ist *Festuca rubra* ssp. *commutata* im allgemeinen noch reichlich vorhanden, und auch Festuca rubra- Trifolium pallescens-Wiesen, besonders die lockeren, mageren Rasen, wie sie Tabelle 11 wiedergibt, sind immer noch verbreitet. Längs der Rhone, die viele kleine Wasserläufe bildet, sowie längs der vom Hange her mündenden Bächlein ziehen sich ausgedehnte Sumpfwiesen verschiedener Art hin, die auch die kleinen, nassen Geländemulden füllen.

Der Baumwuchs hat in diesem Gürtel nicht zugenommen; die Bäume sind im Gegenteil kleiner und sehen schlechter aus, als im Weidengürtel. Der genaue Augenschein lehrt, daß es sich meist um Krüppel handelt, die durch Viehverbiß und andere Schädigungen gehemmt sind. Solche Gruppen von Lärchenkrüppeln mit einigen Fichten und Bergföhren stehen zum Beispiel in etwa 1200 m Entfernung von der Moräne von 1922.

Dieser Gürtel, in dem das azidophile Zwerggesträuch langsam zur Vorherrschaft gelangt, reicht bis gegen die Moräne von 1818 hin, umfaßt also den in den Jahren 1820 bis 1875 eisfrei gewordenen Gletscherboden, in rund 800 bis 1500 m Entfernung von der Moräne von 1922. Auch die Moräne von 1856 ist dazu zu rechnen.

Der Boden ist auch hier noch wenig entwickelt. Oberflächlich ist zwar eine Humusschicht von einigen Millimetern bis etwa 1 cm vorhanden, besonders da, wo abgestorbene Moospolster liegen. Aber meist folgt darunter ziemlich unvermittelt der graue, scheinbar unverwitterte Sand- oder Grusboden. Wir haben unter der dicht geschlossenen Zwergstrauchheide von *Calluna*, *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium myrtillus* und *uliginosum*, *Empetrum*, *Juniperus nana* mit schwachen *Deschampsia flexuosa*-Trieben und *Polytrichum juniperinum*-Polstern zwei Bodenproben entnommen und untersucht, die eine in 1 bis 4 cm Tiefe aus leicht bräunlichem, mit Humus durchsetzten Sand (oberste 2 cm ziemlich dunkel gefärbt), die andere aus dem grauen, reinen Sand in 12 bis 20 cm Tiefe (s. Tab. 4, Nr. R 4–5 und Tab. 11, Nr. 4–5). Hier ist bereits ein leichter Kornzerfall eingetreten, indem Feinsand und Grobsand ungefähr in gleichem Prozentsatz vorhanden ist. Die oberste Bodenschicht ist ziemlich sauer geworden und enthält eingelagerten kolloidalen Humus. Die Reifungsvorgänge erreichen aber auch die tieferen Bodenschichten, wie der Gehalt an feineren Bodenteilchen und an kolloidalem Humus zeigt. Auf einem flachen Rücken im Zwerggesträuch war ein Bodenaufschluß vorhanden, der die Anlage eines Humushorizontes von etwa 3 cm Mächtigkeit zeigte (A_1-Horizont), verbunden mit Schlierenbildungen im Sand und darunter einer braunen Verfärbung, die den Anfang der Bildung eines B-Horizontes andeutete. Solche Stadien sind aber doch die Ausnahme; im allgemeinen ist die Bodenbildung weniger weit vorgeschritten.

Dieser Gürtel kann nach Vegetations- und Bodenentwicklung zwangslos mit der Dauerfläche 5 und ganz allgemein mit den ältesten

Teilen der Jung-Moräne im Aletsch homologisiert werden, die auch ungefähr gleiches Alter aufweisen. Dort dominieren aber an Stelle von *Calluna* im Zwerggesträuch *Rhododendron*, die *Vaccinien* und *Empetrum*. Es fehlen die Nardus-Rasen, und auch die übrigen Rasengesellschaften sind viel weniger verbreitet. Ein auffallender Unterschied liegt schließlich im völligen Zurücktreten der Waldbildung in diesem Gürtel des Rhonebodens.

Wir erblicken eine Hauptursache für diese Unterschiede und namentlich für das Fehlen der Waldbildung in der Einwirkung des Menschen und seines Weideviehs in den älteren Teilen des Vorfeldes des Rhonegletschers. Auch Friedel macht darauf aufmerksam, daß hier bedeutende Störungen stattgefunden hätten, ganze Moränenteile abgegraben worden seien. Das Gebiet wird regelmäßig beweidet, und der Mensch hat alle Vorkehren ergriffen, um den Weidgang ergiebiger zu gestalten. Beim Vergleiche mit den jungen Teilen des Gletscherbodens drängt sich der Gedanke auf, daß vielfach auch der grobe Schutt weggeräumt worden sei, um dem Rasen die Ausbreitung zu ermöglichen. Er kann beim Häuserbau in Gletsch oder zur Ausfüllung der Sumpflöcher Verwendung gefunden haben. Jedenfalls ist er in dieser kurzen Zeit nicht verwittert. Sicher wurde das Zwerggesträuch bekämpft, der Baumwuchs abgefressen oder weggehauen. So haben sich die Rasen in größerer Ausdehnung erhalten, als ihnen von Natur aus zukam und wurde besonders die Entstehung des Nardetums begünstigt, wahrscheinlich auch die widerstandsfähige *Calluna* gegenüber *Rhododendron* und *Vaccinium*. Das Fehlen der Waldbildung scheint mir viel eher in dem Faktor Mensch zu liegen als in ungünstigen Klimaverhältnissen (kalte Gletscherwinde). In den jüngeren Teilen des Gletscherbodens gedeiht ja die Lärche recht gut, und das Gebiet als ganzes liegt bedeutend unter der Waldgrenze. Auch die Bodentrockenheit kann auf die Ausbildung des Zwerggesträuches nicht wesentlich hemmend gewirkt haben. Das zeigen die vielen Stellen mit guter Entwicklung, des Zwerggesträuchs namentlich an den vortretenden Hängen der kleinen Wallmoränen und Rücken.

Dies gilt vor allem für die Moräne von 1818. Sie bildet den besterhaltenen Moränenwall und besitzt auch die schönsten und geschlossensten Bestände der Zwergstrauchheide, die hier deutlich eine etwas weiter gehende Entwicklung zeigt, als im soeben besprochenen Gürtel. Soweit nicht Beschädigung vorliegt, ist die ganze Moränen-

oberfläche vom Zwerggesträuch bedeckt: auf der Westseite herrscht *Calluna*, auf dem Scheitel in etwas lockerem Bestand *Juniperus nana* und auf der gegen Osten gewendeten Innenseite *Rhododendron ferrugineum* mit *Calluna* und den *Vaccinien*. Wir haben in diesem Bestande auf der Innenseite notiert:

Larix europaea (einzelne Krüppel)
Rhododendron ferrugineum
Vaccinium myrtillus
Vaccinium uliginosum
Vaccinium vitis idaea
Empetrum nigrum
Juniperus nana
Calluna vulgaris

Agrostis tenella
Deschampsia flexuosa
Luzula lutea
Anemone sulfurea
Silene rupestris
Silene nutans
Sempervivum montanum
Trifolium pallescens
Lotus corniculatus

Laserpitium panax
Peucedanum ostruthium
Gentiana purpurea
Campanula barbata
Phyteuma betonicifolium
Achillea moschata
Solidago virga aurea
Arnica montana
Senecio incanus
Hieracium pilosella
Hieracium sp.

Cladonia silvatica
Cetraria islandica
Cetraria crispata
Polytrichum juniperinum
Rhacomitrium canescens var. *ericoides*

Hier liegt also nach der floristischen Zusammensetzung ein Rhodoreto-Vaccinietum vor, das im wesentlichen charakteristisch zusammengesetzt ist, obschon noch Reste anderer Vegetation darin enthalten sind und die Hylocomien fehlen.

Der Boden ist aber immer noch weit von dem Reifungszustand entfernt, der diesem Klimaxbestande entspricht. Mehrere Grabungen führten zu nachstehendem Bodenprofil:

0–2 – cm dunkler, humoser Sand
darunter grober, zum Teil grusiger Sand, oben schwärzlich
dann mehr oder weniger gebräunt bis etwa 20–25 cm Tiefe
darunter reiner, grauer, grusiger Sand (s. Tab. 4, Nr. R 12).

Die Untersuchung einer Anzahl von Bodenproben ergab die in Tabelle 11, Nr. 6 bis 12 dargestellten Ergebnisse. Die obersten Bodenschichten weisen bereits eine starke Versauerung und großen Gehalt an kolloidal ungesättigtem Humus auf, bei mäßigem Gesamthumus. Nach unten nimmt die Beeinflussung durch die Bodenreifungsprozesse rasch ab und wird in 35 bis 40 cm Tiefe ganz unbedeutend. Immerhin ist der Boden der 1818-Moräne, verglichen mit demjenigen der etwas jüngeren

Teile des Gletschervorfeldes, bedeutend weiter gereift, ausgesprochen auf dem Wege zur Bildung eines B-Horizontes. Infolge der mit der Hanglage verbundenen stärkeren Ausschwemmung sind die Vorgänge der Bodenentwicklung, namentlich die Humuseinlagerung, wahrscheinlich eher etwas verzögert worden.

Der Reifungszustand dieses Bodens, der etwa 125 Jahre alt ist, gibt uns eine Bestätigung für die Annahme, daß die Böden der ältesten Teile unserer jungen Aletschmoränen nicht früher als seit der Mitte des vergangenen Jahrhunderts entstanden sein können.

Vermutlich ist auch diese Moräne vom Menschen stark beeinflußt worden. Das Fehlen des Baumwuchses ist künstlich, sekundär. Ferner fällt auch hier die Spärlichkeit der Blöcke und des Grobschuttes auf.

Die äußersten, um 1640 entstandenen Moränenwälle, von denen nur unbedeutende Reste erhalten sind, bieten in der Vegetation leider wenig Charakteristisches. Sie sind vorwiegend mit Nardus-Bestand bewachsen und enthalten nur ärmliche Reste der Rhododendron-Vaccinium-Zwergstrauchheide. Friedel hat auf ihnen noch Reste von Lärchenwurzeln gesehen. Der Rasen zeigt eine intensive Beeinflussung als Weideland. Interessant sind die Bodenverhältnisse. Unter einer 2 bis 3 cm dicken, dunkel-humosen Schicht kommt eine ziemlich mächtige Schicht brauner Feinerde. Ein Profil des äußersten Walles (hinter der Kapelle) zeigte von oben nach unten folgende Verhältnisse:

2–3 cm	schwärzlich-humos
5–10 cm	dunkelbraune Feinerde
etwa 20 cm	braune Feinerde, die nach unten grobsandig wird
darunter	graulicher, grober Sand mit viel Steinen

Die Untersuchung von zwei Bodenproben aus der Feinerdeschicht (Tab. 4, Nr. R 13–14; Tab. 11, Nr. 13–14) ergab eine starke, gegen unten hin nur wenig abnehmende Versauerung mit kleiner Humuseinlagerung aber beträchtlichem Gehalt an kolloidalem Humus. Vor allem ist aber die geringe Korngröße, der schwache Anteil an grobem Sand und der reiche Gehalt an Schluff charakteristisch sowie die Ausbildung eines Braunerdeprofils, das noch nicht einmal den Reifungszustand erkennen läßt, wie das Bodenprofil der beinahe 200 Jahre jüngeren Moräne von 1818. Ich halte dafür, daß wir in diesen oberen, feinsandigen Bodenschichten nicht das Verwitterungsprofil der Moräne vor uns haben, sondern eine spätere Auflagerung, die durch Ausblasung von Staub aus dem Gletscherschutt seit dem Rückzuge des Gletschers vor

300 Jahren und bis in die Gegenwart hin entstanden ist. Also eine Art Löß. Diese Feinerde bildet chemisch und mechanisch ein anderes System als der grobe Sand und ist gegen die Podsolierung viel widerstandsfähiger.

Wenn wir die im Vorfeld des Rhonegletschers gefundenen Entwicklungsstadien der Vegetation nach den am Aletschgletscher angewendeten Grundsätzen zusammenfassen, so ergibt sich folgendes Bild:

1. Pionierstadium: innerhalb des Moränenwalles von 1922.
2. Stadium der ersten Aussonderung nach Standorten, der stärkern Entwicklung von Holzpflanzen und Moospolstern, etwa 1905 bis 1920.
3. Stadium der Zwergweiden, etwa 1885 bis 1900.
4. Stadium der Initialen des azidophilen Zwerggesträuchs, etwa 1875 bis 1885.
5. Stadium der beginnenden Dominanz des azidophilen Zwerggesträuchs, etwa 1820 bis 1875.
6. Stadium der charakteristischen Ausbildung des Rhodoreto-Vaccinietums bei atypischem Boden, etwa 1820.

Beim Vergleich dieser Ergebnisse mit denen, die wir für die jungen Moränen am Aletschgletscher erhalten haben, finden wir in allem wesentlichen die gleichen Erscheinungen der Vegetationsentwicklung und Bodenreifung und auch ungefähr die gleichen Zeiten, um zu den entsprechenden Entwicklungsstufen zu gelangen. Die Entwicklung der Vegetation wird aber in den älteren Teilen des Rhonegletscherbodens gehemmt und zum Teil verdeckt durch die Einwirkung des Menschen, der das Neuland als Viehweide nutzte. Am Aletsch fallen diese Einflüsse weg. Die Abweichung von den Ergebnissen Friedels ist dadurch bedingt, daß wir unsere Aufmerksamkeit in erster Linie auf diejenigen Vorgänge richteten, die nach den allgemeinen Gesetzmäßigkeiten der Vegetationsentwicklung vor sich gehen müssen und die vom Menschen bedingten Abweichungen von den natürlichen Sukzessionen auszuscheiden suchten.

Das Vorfeld des Oberen Grindelwaldgletschers.

Der Obere Grindelwaldgletscher stieß in den Jahren 1912 bis 1922 gewaltig vor und ging seither ebenso bedeutend zurück. Bei seinem Vorstoß geriet er in den Erlenwald hinein, der Teile des alten Gletscherbodens deckte, überrannte ihn und warf die Bäume um oder scherte

sie über der Bodenfläche ab. Anfangs der zwanziger Jahre machte es einen außerordentlich tiefen Eindruck, zu sehen, wie das Gletschereis mitten im Walde stand und dort einen mächtigen Schutt ablagerte. Dieser Gletschervorstoß wurde von glaziologischer Seite durch A. de Quervin[1] und O. Lütschg[2] beschrieben.

Da es von Interesse schien, im Vergleich mit den Aletschmoränen die Neubesiedelung des seither wieder frei gewordenen Gletscherbodens festzuhalten, so benutzte ich im August 1944 die sich bietende Gelegenheit, um eine kleine Untersuchung vorzunehmen.

Gegenüber den bisher besprochenen Gletscherböden ergeben sich im Vorfelde des Oberen Grindelwaldgletschers einige sehr wesentliche Unterschiede in den Voraussetzungen für die Neubesiedelung. Er liegt in nur etwa 1250 m Meereshöhe, an der Grenze zwischen der Buchenstufe und der Fichtenstufe in einem ausgesprochen humiden Klima. Dann ist das Gestein aus Kalk und Kristallin gemischt und nicht einheitlich Silikatgestein, was sowohl für die Auswahl der zur Ansiedelung gelangenden Arten als auch für die Vorgänge der Bodenbildung andere Verhältnisse schafft. Klima und Boden lassen eine raschere Entwicklung der Vegetation erwarten.

Ich fand auf der linken Seite des Gletscherbodens, wo der Schutt zum weitaus größeren Teil aus Kristallin bestand, die nachfolgend in den Hauptzügen geschilderten Verhältnisse. Da die Entfernungen nach der Schrittzahl geschätzt wurden, sind sie nur in der Größenordnung richtig.

Das Gletscherende lag etwa 2 m innerhalb der Marke von 1942. Die ersten Pflänzchen traten in rund 15 m Entfernung vom Eise auf. Es waren Keimlinge von *Saxifraga aizoides* und 1 Keimling von *Picea excelsa*. Etwa 35 m vom Eis blühten die ersten *Saxifraga aizoides*. Dann nahm mit größerer Entfernung vom Gletscher die Individuen- und Artenzahl rasch zu. Bei etwa 60 m blühten *Epilobium Fleischeri*, *Gypsophila repens*, *Agrostis alba*, *Saxifraga aizoides*, *Anthyllis vulneraria* (wenig), und steril lebten *Salix daphnoides* und *Silene inflata*, beide vereinzelt. Von 70 m an waren *Epilobium*, *Agrostis* und *Gypso-*

[1] A. de Quervin, Über Wirkungen eines vorstoßenden Gletschers. Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich **64** 1919 (336–349, 1 Taf.).

[2] O. Lütschg-Loetscher, Beobachtungen über das Verhalten des vorstoßenden Obern Grindelwaldgletschers im Berner Oberland. Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Serie **4** Hydrologie: Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges 1 Bd., 1. Teil, 5. Kapitel, 1944 (81–94, Taf. u. Abb.).

Tabelle 13

Untersuchung von Bodenproben aus dem Vorfeld des Oberen Grindelwaldgletschers

Nr.	Herkunft der Probe	Allg. Beschaffenheit des trockenen Bodens	pH	Glüh-verlust%	Färbung des Glüh-rückstandes	Koll. Humus	CaO_3 %
1.	Junge Moräne, ca.1940 0–5 cm	sandig-staubig, viel Grobsand, grau	8.36	0,5	braun	0	6
2.	Jb.	sandig-staubig, viel Grobsand, grau	8.34	0,5	braun	0	6
3.	ca.1930, unt.Moospolstern u.Junus alpin. u.a., 0–1,5 cm	feinsandig-staubig, graubraun	8.02	2	braun	0–1	20
4.	3–8 cm	feinsandig-staubig, grau	8.41	2	braun	0–1	20
5.	Moräne ca.1850, Picea-Wald,unt.Hylocomiendecke, 2–10 cm	Rohhumus, wenig zersetzt, braun	4.77	89	graue Asche	2	0
6.	Übergang z.Mineralboden, 8–12 cm	grobsandig-humos, dunkelbraun	7.55	16	braun	1	4,5
7.	15 cm	grobsandig-staubig, graulich	7.78	8	braun	0–1	14
8.	Moräne ca.1820, Picea-Wald, unt.Hylocomiendecke, ± 5 cm	Nadel-Rohhumus, dunkelbraun	4.45	85	graue Asche	2	0
9.	12 cm	sandig, graubraun	7.39	8	rotbraun	–1	3
10.	18–25 cm	sandig, grau	8.41	4	rotbraun	0,1	10

phila immer reichlich vorhanden, während *Saxifraga aizoides* bereits zurücktrat. Sie hält sich aber in Massenvegetation an mehr oder weniger überschwemmten Stellen in der Nähe des Baches, was mit dem Verhalten im Vorfelde des Rhonegletschers übereinstimmt. In etwa 70 m Entfernung vom Eise fanden sich außerdem *Alnus incana* (15 cm hoch), *Salix daphnoides*, *Salix* cf. *nigricans*, *Picea* (nicht ganz 5 cm hoch), *Tussilago farfara*, *Poa alpina*, *Heracleum sphondylium*, *Linaria alpina*. Hier wurden zwei Bodenproben entnommen, die eine am Fuß des Hanges, 5 m über dem Wasser, die andere in einem kleinen Boden, 2 m über dem Wasser des Baches. Sie geben ein Bild des alkalischen, humusfreien, grobsandigen Rohbodens (Tab. 4, Nr. G 1–2; Tab. 13, Nr. 1–2). Seine Pufferung gegen Lauge ist mäßig, gegen Säure aber infolge des Karbonatgehaltes außerordentlich hoch. Bei dem Zusatz von 40 cm^3 $^n/_{10}$ Säure wird erst der Neutralpunkt erreicht (vgl. Tab. 3,

Nr. G 1–2 und Abb. 8). Daraufhin verläuft die pH-Kurve bei weiterem Säurezusatz beinahe horizontal, und erst bei 120 cm³ $^{n}/_{10}$ Säure tritt der starke Abfall auf der Säureseite ein.

In etwa 120 m Entfernung vom Eis erreichte ein *Picea*-Pflänzchen bereits 20 cm Höhe, eine *Salix incana* 50 cm, *Salix caprea* 30 cm, und es fanden sich blühende *Knautia arvensis*, *Leontodon hispidus*, *Phaca frigida*.

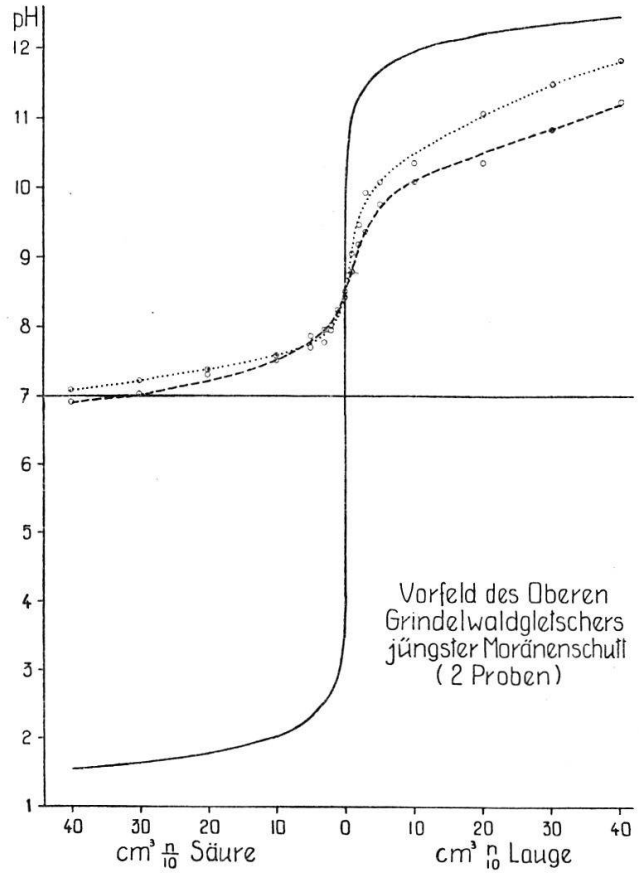

Abb. 8. Pufferungskurve eines Rohbodesn im jüngsten Moränenschutt des Oberen Grindelwaldgletschers.

Etwa 150 m vom Eis: *Alnus incana* 100 cm hoch. *Dactylis glomerata*. Viel *Anthyllis*. Dann beginnt ein ebener Boden, in dem Kies ausgebeutet wird. Auf ihm ist ein lockerer Bestand von *Alnus incana* mit reichlicher *Salix daphnoides*, beide etwa 100 bis 150 cm hoch, aufgewachsen. Verschiedene *Picea* von grotzenartigem Wuchs erreichen 20 bis 30 cm. Außerdem einige *Salix incana*. Die Krautvegetation, in der namentlich *Gypsophila*, *Agrostis alba* und *Anthyllis* reichlich sind, ist noch ganz offen.

Etwa 200 m vom Eis: stellenweise ziemlich geschlossener Krautbestand, in dem *Anthyllis dominiert. Alnus incana* und *Salix daphnoides* erreichen etwa 200 cm Höhe, *Picea* 50 cm. Das Gebüsch ist immer sehr offen. Hier treten in feuchter Depression die ersten Humusanflüge auf feinem Sandboden auf, vorwiegend bewirkt durch dünne Moosdecken mit *Juncus alpinus, Agrostis alba, Anthyllis, Saxifraga aizoides.* Die Moose wurden von Dr. F. Ochsner bestimmt als: *Angstroemia longipes, Barbula convoluta, Bryum argenteum* und *Bryum* sp. Unter abgeschabten Moospolstern wurden zwei Bodenproben entnommen, die eine in 0,5 bis 1,5 cm Tiefe, die andere tiefer im grauen Sand (3–8 cm). Der Boden zeigte sich als homogener Feinsand, dessen Oberflächenschicht bereits eine merkliche Veränderung erlitten hat durch Humuseinlagerung (Tab. 4, Nr. G 4; Tab. 13, Nr. 3–4).

Etwa 220 bis 320 m vom Eis: Die höheren, trockenen Teile des Schotterfeldes behalten den für 200 m geschilderten Charakter bei: offener bis ziemlich geschlossener Krautbestand, in dem meist *Anthyllis* dominiert und lockeres Gebüsch sich ausbreitet. Allerdings sind hier die Verhältnisse durch Schotterentnahme sehr gestört. In den tiefliegenden, dem Bache benachbarten Teilen dagegen haben sich *Alnus incana* und *Salix daphnoides* zu 3 bis 4 m hohem Gebüsche zusammengeschlossen, zwischen dem da und dort noch offene Stellen mit *Agrostis alba* und *Epilobium Fleischeri* auftreten. An den Wasserrinnsalen blühen üppig *Saxifraga aizoides*-Polster mit viel *Parnassia palustris.* Dieser Charakter der Vegetation bleibt bestehen bis zum Rand des alten Alnus incana-Waldes, der etwa 300 bis 350 m vom heutigen Gletscherende entfernt ist.

Da der Rückzug des Gletschers sehr unregelmäßig vor sich ging und die einzelnen Lappen der Zunge sich ungleich verhielten (unsere Seite scheint langsamer eisfrei geworden zu sein, als die rechte Seite des Baches), die uns zur Verfügung stehenden Zahlen des jährlichen Rückzuges aber nur Mittelwerte betreffen, so können wir die festgestellten Einzelheiten der Neubesiedelung nicht genau nach Jahren datieren. Innerhalb einer Fehlerquelle von einigen Jahren ist dies aber ohne weiteres und mit Sicherheit möglich. Der Gletscher stieß nach Mercanton 1922/1923 zum letzten Male vor (im Mittel um 1,5 m). Die gesamte Rückzugszeit bis 1944 beträgt also 21 Jahre, der mittlere jährliche Rückzug 15 bis 16 m. Der Rückzug war aber in den ersten Jahren unbedeutend und erreichte erst vom Jahre 1930 an große Werte.

Unter Berücksichtigung dieser Tatsache ist anzunehmen, daß das Grauerlen-Weiden-Gebüsch von 3 bis 4 m Höhe auf Boden steht, der 18 bis 14 Jahre eisfrei ist und daß etwa 10 bis 12 Jahre nach dem Eisrückzug bereits ein offenes Erlen-Weiden-Gebüsch von über 1 m Höhe und ein stellenweise geschlossener Krautbestand entstehen konnte. Das sind Werte, die an Schnelligkeit weit über denen stehen, die wir im Aletsch und am Rhonegletscher gefunden haben, eine deutliche Wirkung der so viel günstigeren klimatischen Verhältnisse.

Um das Vorfeld des Oberen Grindelwaldgletschers zieht sich ein Kranz von älteren Moränen, die aus dem Anfang des 17. und aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts stammen, was für Grindelwald durch Daten belegt ist. Kinzel unterscheidet drei hintereinanderliegende Systeme, die um 1600, 1820 und 1850 entstanden sein sollen [1]. Da sie teilweise noch bewaldet sind, so wäre ein genaueres Studium von Vegetation und Bodenverhältnissen sicher sehr interessant. Wir bringen hier nur einige kleine Beobachtungen, die zeigen können, wie sich etwa der Gang der Entwicklung von Boden und Vegetation gestaltet.

Am Fuß der jungen Moränen, noch im flachen Gletscherboden, stehen Bestände von *Alnus incana*, während die alten Moränen zum großen Teil von *Picea*-Wald, zum Teil von *Alnus incana*-Beständen bedeckt sind. Die Begleitflora ist sehr heterogen. Die Grauerlen herrschen auf den alten Moränen bei frischem, ± wasserzügigem Boden, und unter ihnen gedeihen artenarme Staudenbestände mit sehr viel *Tussilago farfara*, etwas *Adenostyles alpina* und *alliariae*, *Knautia silvatica*, *Paris quadrifolia*, *Viola biflora*, *Campanula cochleariifolia* und anderen Arten, welche die Beschattung und Bodenfeuchtigkeit ertragen können. Stellenweise bilden auch Fichten den Oberwuchs über dieser Staudenvegetation. Da wo der Wasserabfluß größer wird oder sogar in Form von kleinen Bächlein erfolgt, hat sich eine hygrophile Vegetation angesiedelt. Anderseits breiten sich an den trockeneren Stellen der Moränen und besonders auf ihrem abgeflachten Rücken Fichtenbestände mit Hylocomien-Moosdecken aus, in denen stellenweise sehr reichlich saprophytische Orchideen auftreten: *Listera cordata*, *Corallorrhiza trifida*, *Goodyera repens*, außerdem *Pyrola secunda*, *Galium rotundifolium*, *Lactuca muralis*, *Epipactis atropurpurea* und steril *Tussilago farfara*. Größere Flächen sind vegetationslos mit Decken von Nadelstreu.

---

[1] Vgl. dazu auch die Zusammenstellung bei Lütschg, loc. cit., S. 82.

Wir haben dem Boden an zwei Stellen Proben entnommen:

Die erste Entnahmestelle lag auf einem breiten Absatz in halber Höhe der innersten Moräne, wohl im Jahre 1850 entstanden, im Fichtenbestand mit Moosdecke von *Rhytidiadelphus triquetrus* und *Hylocomium proliferum*, und darin reichlich wachsend *Listera cordata*. Stellenweise deckte auch bloße Nadelstreue den Boden. Die Bodenoberfläche bestand bis in 2 bis 10 cm Tiefe aus Moos- und Nadelstreu-Rohhumus; dieser ging in einen dunkelhumosen, etwa 4 cm mächtigen Mineralboden über. Unmittelbar darunter erschienen Felsblöcke und große Steine, zwischen denen nur wenig mineralische Erde lag. Tiefer zu graben war nicht möglich. An mehreren anderen Stellen gelang es überhaupt nicht, in den Boden einzudringen; die Blöcke, meist Silikatgestein, reichten bis an die Oberfläche und waren nur von etwas Rohhumus überdeckt. An einer benachbarten Stelle stießen wir unter einer Hylocomiendecke und einer etwa 10 cm mächtigen Rohhumusschicht zwischen den Baumwurzeln auf nassen, schlammigen Mineralboden. In Tabelle 13 enthalten die Nummern 5 bis 7 die Ergebnisse der Untersuchung des oben beschriebenen Bodenprofils. Die stark saure Rohhumusdecke, deren Gehalt an kolloidalem Humus aber mäßig ist, ruht unmittelbar auf der alkalischen und karbonathaltigen dunkelhumosen Schicht. Diese ist vom unterliegenden, kalkigen Mineralboden nur wenig verschieden, zeigt aber doch neben der stärkeren Einlagerung von Humusstoffen auch etwas kolloidal ungesättigten Humus und eine bedeutende Abnahme des Karbonatgehaltes.

Das andere Profil wurde dem breiten Rücken der Moräne entnommen, die wahrscheinlich zu Beginn des 19. Jahrhunderts abgelagert worden ist. Auch hier bedeckten den Boden unter geschlossenem Fichtenbestand Decken von *Rhytidiadelphus triquetrus* und *Hylocomium proliferum* mit reichlicher *Corallorrhiza*, *Listera cordata* und etwas *Goodyera* und *Galium rotundifolium*. Unter der Moosdecke fand sich: etwa 10 cm Rohhumus (Moosreste, Nadelstreu, Pilzhyphen, Holzreste), dann etwa 5 cm bräunliche, sandige Mineralerde und darunter bis in etwa 25 cm Tiefe grauliche Mineralrede, mehr oder weniger zwischen den Blöcken versteckt. Die Steine waren zum Teil kristallin, zum Teil kalkiger Art. Die Ergebnisse der Untersuchung der Bodenproben sind in Tabelle 4, Nr. G 9 bis 10 und Tabelle 13, Nr. 8 bis 10 dargestellt. Sie zeigen sehr ähnliche Verhältnisse, wie das oben beschriebene Profil vom Moränenhang. Der Mineralboden ist ein Sandboden, in dem der

Grobsand noch vorwiegt und der deutliche Durchschlämmung der feineren Bodenteile aufweist. Doch ist der Rohhumus etwas stärker sauer, die Anlage des B-Horizontes angedeutet und die Kalkauslaugung erscheint bei Berücksichtigung gleicher Bodentiefe bedeutender. Es ist somit wahrscheinlich, daß dieser Boden einige Jahrzehnte älter ist, als der andere.

Auf dieser Moräne aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts ergibt sich also deutlich eine Entwicklung von Vegetation und Boden zum Typus des Fichtenwaldes (Piceetum excelsae). An vielen Stellen ist bereits eine typische Piceetum-Vegetation vorhanden. Doch die Bodenreifung kommt nicht nach. Oberflächlich, aufgebaut auf abgestorbene Moospolster und Streueschichten, ist zwar eine saure Humusschicht entstanden, unter der sich aber noch der alkalische Mineralboden erhalten hat. Vielleicht gibt diese auf die oberflächlichen Bodenschichten beschränkte Versauerung die Erklärung dafür, daß die in dem subalpinen Fichtenwald auch im Gebiet von Grindelwald so charakteristischen Vaccinien und Farne sich noch nicht ausbreiteten. Der Kalkschutt des Bodens, obgleich er mengenmäßig im allgemeinen gegenüber dem Anteil an Silikatschutt zurücktritt, wirkt sich sehr nachhaltig aus für die Erhaltung eines besseres Zustandes der tieferen Bodenschichten, wird aber auf die Dauer die Bodenreifung im Sinne der Podsolierung nicht verhindern können. Bereits sind die oberen Feinerdeschichten weitgehend entkalkt, und im Profil der Moräne von 1820 bahnt sich ein B-Horizont an. Durch den Reichtum des Bodens an Blöcken und größeren Steinen und den meist sehr geringen Feinerdegehalt werden aber die Bodenreifungsvorgänge stark gehemmt.

Wir haben vor 10 Jahren die Besiedlung einer Moränenlandschaft am Hüfigletscher (etwa 1450 m) in ihrer Beziehung zur Bodenreifung verfolgt [1]. Hier ist der Gletscherschutt vorwiegend Kalk, der dem Silikatfels aufgelagert ist. Es zeigten sich ähnliche Gesetzmäßigkeiten wie am Oberen Grindelwaldgletscher. Das Karbonat wird ausgelaugt, und wenn dieser Vorgang zu Ende geht, beginnt der Boden zu versauern, und kolloidaler Humus tritt auf. Zugleich gehen die kalkholden Arten zurück und azidophile, wie die Vaccinien, wandern

[1] W. Lüdi, Beitrag zur Kenntnis der Beziehungen zwischen Vegetation und Boden im östlichen Aarmassiv. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel **1933** 1934 (41–54).

ein. Böden auf dem Rücken von Rundhöcken, die etwa 80 Jahre eisfrei waren, zeigten Anfänge dieser Vermagerung; aber naturgemäß ergeben sich da von Ort zu Ort große Verschiedenheiten, je nach dem Kalkgehalt des Bodens und dem lokal sehr wechselnden Grade der Auslaugung.

Gletscherböden in der Subarktis.

Wie verhalten sich die von uns festgestellten Gesetzmäßigkeiten zu den Verhältnissen in weit entfernten Erdräumen? Um Anhaltspunkte dafür zu gewinnen, wollen wir noch einen Blick auf die Besiedlungsvorgänge der Gletscherböden im hohen Norden werfen, wobei wir uns auf je ein Beispiel aus dem mittleren Norwegen und aus dem südlichsten Alaska beschränken, die sorgfältig und eingehend untersucht worden sind.

Knut Faegri[1] stellte die Verhältnisse an einigen Gletschern des Jostedalsbre nördlich des Sognefijords dar. Dieses Gebiet liegt zwischen 61° und 62° nördlicher Breite. Das Klima ist ozeanisch und superhumid, jedenfalls wesentlich feuchter und sommerkühler als in der subalpinen Stufe des Wallis, und ein weiterer klimatischer Hauptunterschied dürfte in der Art der Einstrahlung des Sonnenlichtes liegen, die während des Sommers trotz des viel längeren Tages unter einem bedeutend schieferen Winkel erfolgt, als in unseren Alpen und somit eine geringere Intensität erreicht. Die Bodenunterlage ist reines Silikatgestein, Granit und Gneis. Die Enden der untersuchten Gletscher liegen 160 bis 450 m über Meer.

Faegri findet an seinen Untersuchungsobjekten folgenden Entwicklungsgang der Vegetation: Pioniere → kryptogame Gesellschaften → Zwergstrauchheide → Zwergstrauchreiches Betulagebüsch → Vaccinium myrtillus- und Gras-reiches Betula-Gebüsch oder auch Oxalis- oder Gras-reiches Alnus incana-Gebüsch.

In der ersten Pioniervegetation herrschen die Phanerogamen. Von den 38 Phanerogamen, die Faegri an einem 7jährigen Moränenhügel fand, kommen die meisten auch im Aletschgebiet vor, doch nur eine kleinere Zahl in den jüngsten Moränenstadien, darunter *Oxyria digyna*, *Saxifraga aizoides*, *Arabis alpina*, *Sagina saginoides*, *Poa alpina*, *Betula*

[1] Knut Faegri, Über die Längenvariationen einiger Gletscher des Jostedalsbre und die dadurch bedingten Pflanzensukzessionen. Bergens Mus. Arbok 1933 Naturvid. rekke 7 (255 S., 47 Abb.).

pubescens, *Epilobium angustifolium*, während die größere Zahl erst in den späteren Stadien auftritt, wie *Empetrum nigrum*, *Alchemilla alpina*, *Bartsia alpina*, *Dryopteris Linnaeana*, *Phleum alpinum*, *Rumex acetosella* u. a. Neben den Phanerogamen finden sich auch bereits kryptogame Pioniere, denen eine besondere Wichtigkeit zukommt, da sie sich bald gewaltig ausbreiten, während die Phanerogamen zurückgehen, nach Faegris' Ansicht infolge der Auslaugung und Ausschwemmung des Bodens. So entstehen zuerst Moos- und Flechtengesellschaften. Der bedeutendste kryptogame Pionier- und Gesellschaftsbildner ist *Rhacomitrium canescens;* daneben sind wichtig *Stereocaulon rivulorum* (unserem *Stereocaulon alpinum* nahe verwandt, aber feuchtigkeitsliebend), *Polytrichum piliferum*, *juniperinum*, *commune*, *Pohlia gracilis*, *Philonotis fontana* und des weitern namentlich alpine Lebermoose (*Anthelia*-, *Cephalozia*-, *Lophozia*-Arten).

In der Zwergstrauchheide herrschen *Calluna vulgaris*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium uliginosum* und in einer Variante auch *Nardus stricta*. Die gleichen Zwergsträucher beherrschen ferner zusammen mit einem Oberwuchs von *Betula pubescens (tortuosa)*, *Salix phylicifolia* und *Salix glauca* die Folgegesellschaft des Zwergstrauch-Betula-Gebüsches, das eine sehr weite Verbreitung aufweist. Das eigentliche Zwergstrauchheidestadium kann fehlen, wenn Betula oder Weiden sich zugleich mit dem Zwerggesträuch ausbreiten.

Das Schlußglied wird durch zwergige Laubwälder von *Betula pubescens* oder *Alnus incana* mit einem Unterwuchs von *Vaccinium myrtillus*, *V. Vitis idaea* und *Deschampsia flexuosa* gebildet, während der Vegetationsklimax des Gebietes, ein *Vaccinium myrtillus*-reicher *Pinus silvestris*-Wald in der Nähe der Gletscher nicht auftritt, was Faegri der schädigenden Wirkung der kalten Gletscherwinde zuschreibt.

Faegri untersucht auch die Geschwindigkeit, mit der die einzelnen Sukzessionen sich abwickeln und findet große Unterschiede, je nach den lokalen Verhältnissen. Soweit aus den Angaben ein Überblick möglich ist, ergeben sich etwa folgende Zahlenwerte: die Initialgesellschaften der Kryptogamen, besonders von *Rhacomitrium canescens*, können bereits nach wenigen Jahren auftreten, und werden nach etwa 40 bis 50 Jahren, oft auch viel später („Steinheide"), gelegentlich auch früher, von der Zwergstrauchheide verdrängt, in der gewöhnlich ziemlich rasch Birken und Weiden aufwachsen, so daß nach 55 bis 80 Jahren die Stufe des zwergstrauchreichen Betula-Gebüsches erreicht ist. Dieses hält

lange aus, und das Gras- und Heidelbeer-reiche Betula-Hochgebüsch stellt sich viel später ein; es werden dafür 150 bis 180 Jahre angegeben.

Die Bodenbildung führt zum Podsol als Bodenklimax. Die erste Stufe der Bodenentwicklung, die Aufbereitung des mineralischen Rohbodens geht langsam vor sich, die zweite Stufe, die in einer starken Humuseinlagerung besteht, rasch, während die eigentliche Podsolierung wiederum sehr langsam erfolgt. Das Gras-Myrtillus-reiche Betula-Gebüsch enthält als erstes Glied der Sukzessionsreihe eine gut entwickelte Humusschicht.

Wir finden also sowohl in der Artenzusammensetzung als auch in den Sukzessionsgliedern und in der Bodenbildung große Ähnlichkeit zu der Vegetationsentwicklung an unseren Walliser Gletschern. Ein Hauptunterschied liegt in der sehr starken und frühen Entwicklung der Kryptogamengesellschaften. Bei uns fehlen die hochalpinen Lebermoosgesellschaften auf den untersuchten Moränen. Die Rhacomitrium-Stereocaulon- und Polytrichum-Rasen sind zwar mit Ausnahme der jüngsten Moränenteile sehr verbreitet und oft den Aspekt beherrschend, auf besonders ungünstigen Böden bis in die älteren Besiedlungsstadien; aber sie treten stets hinter der Phanerogamen-Vegetation an Bedeutung zurück und bilden einen Nebenweg der Vegetationsentwicklung, gewissermaßen den Ausdruck eine Entwicklungshemmung. Anklänge sind auch zu den Verhältnissen am Grindelwaldgletscher vorhanden (Alnus incana Stadium), wie überhaupt eine starke Mischung von alpiner und subalpiner Vegetation vorhanden zu sein scheint.

Es ergibt sich aus diesen Vergleichen, daß offenbar Faegris Stufe der Zwergstrauchheide und des zwergstrauchreichen Betula-Gebüsches unserem Weidenstadium und dem Initialstadium der Zwergstrauchheide entsprechen und das Gras-Myrtillus-reiche Betula-Gebüsch unserem Stadium der Bildung von Wald und Rhodoreto-Vaccinietum, das allerdings durch die Anwesenheit der Lärche und Alpenrose sowie durch das Aufkommen von Fichte und Arve einen wesentlich anderen Charakter erhält.

Die Untersuchung der Besiedelung von subarktischen Moränenböden in Alaska verdanken wir W. S. Cooper [1], der in den Jahren

[1] William S. Cooper, The recent ecological history of Glacier Bay, Alaska. Ecology **4** 1923 (93–128, 223–246, 355–365, viele Fig.). – A third expedition to Glacier Bay, Alaska. Ecology **12** 1931 (61–95, 14 Fig.). – A fourth expedition to Glacier Bay, Alaska. Ecology **20** 1939 (130–155, 13 Fig.).

1916 bis 1935 in wiederholten Besuchen die Vegetationsentwicklung in der Glacier-Bay verfolgte. Glacier-Bay liegt an der Westküste von Nordamerika, in 59° nördlicher Breite. Das Klima ist von ähnlichem Charakter, wie in dem westlichen Mittelnorwegen, doch wahrscheinlich noch ausgesprochener ozeanisch, da die großen Gletscher dort in fijordähnlichen Tälern bis zum Meer hinabreichen. Dagegen ist die Gesteinsunterlage nicht einheitlich, sondern gemischt aus Silikatgestein und verschiedenartigen Sedimentgesteinen, darunter auch Kalken und Dolomiten. Vor etwa 150 bis 200 Jahren erreichte die Ausdehnung der Gletscher ein Maximum; der größte Teil der Glacier-Bay war vom Eis gefüllt. Seither zieht sich der Gletscher zurück. Seine Veränderung wird von 1879 an regelmäßig verfolgt. Cooper untersuchte die Besiedlung des eisfrei gewordenen Bodens durch die Vegetation. Er unterscheidet in der Vegetationsentwicklung 4 Hauptstadien: Pionierstadium → Weidenstadium → Erlenstadium → Nadelwaldstadium.

Als erste Ansiedler, die oft rasch nach dem Rückgange des Eises auftreten und sich ausbreiten, nennt er *Rhacomitrium canescens*, *Rh. lanuginosum* und *Epilobium latifolium*. Bald wandern *Dryas Drummondii* und *Equisetum variegatum* ein, auf feuchtem Boden auch *Equisetum arvense*, *Philonotis fontana* und *Drepanocladus Kneiffii*. Sie sammeln den ersten Humus. Zugleich siedeln sich verschiedenartige Holzpflanzen an, Weiden, Erlen und ganz vereinzelt auch bereits Pappeln und Nadelhölzer. In solchen Pionierbeständen hat Cooper eine Anzahl kleiner Dauerflächen angelegt. Ihre Vegetation zeigt während der 20 Jahre Beobachtungszeit (1916–1935) vor allem eine starke Ausbreitung von *Dryas*, die einzelne der Flächen lückenlos überwachsen hat sowie ein Rückgang der ersten phanerogamen Pioniere. Stellenweise haben sich auch *Rhacomitrium* und *Sterocaulon tomentosum* ausgebreitet, was Cooper mit dem Mangel an winterlicher Schneebedeckung auf exponierten Rücken in Zusammenhang bringt. Die Weiden-Kleinpflanzen nahmen bis 1929 an Größe stark zu, an Individuenzahl ab, während sie von 1929 bis 1935 eher stabil blieben.

Das Weidenstadium läßt sich in drei Abschnitte unterteilen: zuerst gelangen in der Pioniergesellschaft die Spalierweiden zu starker Entwicklung, drei Arten, unter denen *Salix arctica* die wichtigste ist. Dann bilden die größeren Weiden ein offenes Zwerggesträuch. Es sind insgesamt 6 Arten, unter ihnen auch *Salix glauca*. Schließlich wachsen zwei dieser Arten zu Hochsträuchern auf, *Salix alaxensis* und *S. sit-*

chensis und leiten langsam in das Erlenstadium über; denn zugleich breitet sich auch *Alnus tenuifolia* aus. Diese neigt zur Bildung dichter Gebüsche, in denen die lichtliebenden Arten, vor allem auch die Spaliersträucher, ersticken. Dafür wandern Mesophyten und Hylocomien-Moose ein, und die Humusbildung wird sehr beschleunigt. In diesem Zustande des dichten Erlen-Hochgebüsches kann die Vegetationsentwicklung längere Zeit verharren, da das Aufwachsen der Nadelhölzer durch die Beschattung gehemmt ist. Doch keimen viele Nadelholzpflanzen bereits in früheren Stadien der Sukzessionsreihe; namentlich das offene Weidengebüsch ist ihrem Fortkommen sehr günstig. So bilden sich Gruppen von Nadelbäumen[1], von denen aus die Waldbildung fortschreitet zum Schlußglied der Vegetationsentwicklung, dem mesophytischen Nadelwaldklimax. Der Hauptwaldbaum ist *Picea sitchensis;* weniger häufig sind *Tsuga heterophylla* und *T. mertensiana* sowie *Populus trichocarpa.* Die letztere findet ihr bestes Gedeihen im Weiden-Erlenstadium. Im geschlossenen Wald bedeckt eine dicke Humusschicht mit üppiger Moosdecke den Boden. Die wichtigsten Moose sind *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Rh. loreus*, *Rh. squarrosus* und *Hylocomium proliferum.* Die letztere wandert etwas später ein, als die drei Erstgenannten, und wenn sie in Menge vorhanden ist, gilt das als ein Zeichen für den gereiften Wald. Unter den von Cooper angegebenen Begleitpflanzen finden wir viele uns bekannte Geschlechter, so die Farne *Dryopteris filix mas*, *D. spinulosa*, *D. Braunii*, ferner *Pyrola secunda* und *P. uniflora*, *Streptopus amplexifolius*, *Aruncus silvester*, *Sambucus racemosa* und Arten von *Ribes*, *Rubus*, *Actaea*, *Arnica*, *Corallorrhiza* u. a. Dagegen scheinen die Ericaceen so ziemlich zu fehlen (genannt wird nur so nebenbei [1939] *Phyllodoce glanduliflora).*

Über die Zeit, die zur Erreichung der einzelnen Entwicklungsstadien benötigt wird, gibt Cooper keine genauen Zahlen. Er betont gelegentlich, daß je nach der Lage und der Beschaffenheit des Untergrundes die Entwicklung ganz ungleich rasch vor sich gehe, so daß die verschiedenen Entwicklungsstadien nebeneinander auftreten. Immerhin scheint das Pionierstadium unter günstigen Verhältnissen kaum 40 Jahre zu dauern und das Erlenstadium bereits etwa 50 Jahren nach dem Eisfreiwerden auftreten zu können. In einem schönen Nadelwald mit dominanter Picea, sind die 12 bis 15 m hohen Bäume (1. Genera-

[1] Die Gruppenbildung wird für Picea begünstigt, durch die Fähigkeit, aus niederliegenden und wurzelnden Ästen neue Stämme zu bilden.

tion) etwa 120jährig, und in einem 1935 aus dem Erlen-Weidenstadium aufwachsenden Wald zeigte sich, daß die Mehrzahl der Bäume zwischen 1870 und 1880 gekeimt hatten. Rechnen wir hier für das Pionierstadium, in dem nur ganz vereinzelt Nadelbäume keimen, rund 30 Jahre, so ergeben sich für die Zeitspanne vom Rückzug des Gletschers bis zum Aufwachsen dieses Klimax-Waldes 90 bis 100 Jahre.

Diese Besiedlungsverhältnisse auf freiwerdendem Gletscherschutt in Alaska stehen in den Berner Alpen wohl denen am Oberen Grindelwaldgletscher am nächsten, da dort die gleiche Folge von Stadien auftritt. Aber dem Inhalte nach ist am Grindelwaldgletscher das Pionierstadium durch das Fehlen der Spaliergehölze und der Rhacomitrium-Moosdecken sehr verschieden, und läuft auch schneller ab. Ferner ist am Grindelwaldgletscher das Schlußglied der Vegetationsentwicklung, der Klimaxwald, nicht durch Mesophyten, sondern durch azidophiles Zwerggesträuch, Farne und Saprophyten charakterisiert, wozu in der Glacier-Bay immerhin Anklänge vorhanden zu sein scheinen. Auch mit den Aletsch- und Rhonemoränen ist eine generelle Übereinstimmung vorhanden, sobald wir das Erlenstadium mit dem Lärchen-Birkenwald in Parallele setzen, und manche Einzelzüge, wie das Auftreten gleicher oder vikariierender Arten unter ähnlichen ökologischen Bedingungen, fallen auf. Aber das Fehlen des Ericaceen-Zwerggesträuchs in Alaska in den späteren Sukzessionsstadien, und das frühe und dominante Auftreten des Spaliergesträuchs und der Rhacomitrium-Moosdecken, ergibt immerhin bedeutsame Unterschiede. Die Pioniervegetation scheint in der Glacier-Bay alpiner ausgebildet, als die späteren Stadien der Sukzessionsreihe.

Leider gibt Cooper keine genaueren Vegetationsanalysen und Beschreibungen von homogenen Pflanzengesellschaften und auch keine näheren Angaben über die Bodenbeschaffenheit. Doch müssen in dem superhumiden Klima Auslaugungsvorgänge in den Böden stattfinden und Bodenreifungsprozesse auftreten, die zu podsolähnlichen Endwerten führen. Es wäre sehr wünschbar, von Cooper gelegentlich noch mit verfeinerten Methoden der Vegetations- und Bodenforschung ausgeführte Ergänzungsuntersuchungen zu erhalten. Erst dann können diese auf dem abgelegenen Stück Erde in langen Jahren durchgeführten Arbeiten voll ausgenützt werden.

Zusammenfassung.

In der Naturschutzreservation Aletschwald führten wir an den jungen Seitenmoränen des Aletschgletschers Untersuchungen über die Besiedlung und Vegetationsentwicklung aus, die dann auch auf das Vorfeld des Rhonegletschers und des Oberen Grindelwaldgletschers ausgedehnt wurden.

Die untersuchten jungen Aletschgletscher-Seitenmoränen liegen auf der Schattenseite (NW-Exp.) in 1870 bis 1975 m Höhe und sind seit dem Rückzuge des Gletschers von seinem letzten Höchststand ums Jahr 1860 entstanden, also maximal 85 Jahre alt. Ihr Gestein ist Silikatschutt mit ganz geringer Beimischung von homogenem Kalk. Die erste Besiedlung des Schuttes durch Gefäßpflanzen und Moose folgt dem Eisfreiwerden des Bodens beinahe unmittelbar nach, und die Artenzahl ist bereits nach etwa 5 bis 8 Jahren sehr bedeutend, auf unserer Dauerfläche von 800 m² 37 Arten von Gefäßpflanzen, mit einer Flächendeckung von etwa 1 bis 2%. Diese bilden ein buntes Durcheinander, weisen aber meist eine gute Vitalität auf. Viele von ihnen sind Pioniere, Pflanzen des feuchten Schuttes, die in späteren Stadien verschwinden; andere gedeihen um so besser, je weiter die Vegetationsentwicklung fortschreitet und halten bis zur völligen Überwachsung aus. Die Feinerde ist grobsandig, humusfrei und reagiert neutral oder etwas alkalisch. Winzige Moosdecken treten als erste Festiger des Lockerschuttes auf und erzeugen eine dünne Humuslage, in der bereits in den ersten Jahren Bodenreifungsvorgänge vor sich gehen. Moosrasen erweisen sich auch fernerhin als beste Humusbildner; als Keimbetten für die Blütenpflanzen sind sie aber im allgemeinen nicht notwendig. Keimlinge von Sträuchern und Bäumen treten schon im frühesten Besiedlungsstadium auf (Salices, Alnus viridis, Larix europaea, Betula pendula ~~bescens~~, Picea excelsa). (Pionierstadium.) – Nach etwa 25 Jahren ist bereits eine erste Aussonderung der Ansiedler nach Standorten vorhanden; azidophile Zwergsträucher haben sich eingestellt, Quellfluren sonderten sich aus, und Grünerlengebüsche, die sogar fruchten können, haben sich gebildet. Ausgedehnte Rhacomitrium canescens-Moosrasen sind entstanden, auf denen bald auch Flechtendecken von Stereocaulon alpinum einen Wuchsort finden. Die Humusablagerung hat sich verstärkt, besonders unter Rhacomitrium-Polstern und Zwergstrauchbüschen, und bereits sind die ersten Bodenreifungsvorgänge festzu-

stellen durch leichte Versauerung und Einlagerung von adsorptiv ungesättigtem Humus unter azidophilem Zwerggesträuch. (Stadium der ersten Standortsausgliederung.) – Nach etwa 45 Jahren sind die Zwergweiden, besonders Salix helvetica, so stark entwickelt, daß sie die Vegetation beherrschen. Anderseits haben sich auch die Rhacomitrium-Polster und Stereocaulon-Decken noch weiterhin ausgedehnt, und das azidophile Zwerggesträuch hat ebenfalls zugenommen. Bestände krautartiger Pflanzen treten noch zurück, und Gräser sind spärlich. Der Lärchen-Birken-Baumwuchs wächst kräftig auf, während die Fichten im allgemeinen noch sehr zurückbleiben und die Arven als Keimpflanzen in erster Ansiedlung begriffen sind. Unter günstigen Verhältnissen (Wasserversorgung) haben Lärchen, Birken und Fichten bereits Baumhöhen von 300 bis 500 cm erreicht und sind in das Fruchtbarkeitsalter eingetreten. (Stadium der Zwergweiden.) – Nach etwa 70 Jahren hat sich das azidophile Ericaceen-Zwerggesträuch sehr ausgebreitet, so daß da und dort kleine Bestände von Vaccinien, Empetrum nigrum, Rhododendron ferrugineum und Calluna vulgaris vorhanden sind. Es fängt an, die Zwergweiden zu überflügeln. Auf der Bodenoberfläche zeichnet sich eine dünne Humusschicht ab, und die Versauerung ist beträchtlich geworden. (Stadium der Ericaceenheide-Initialen.) – Nach 85 Jahren ist die Bestandbildung dieser azidophilen Ericaceen-Zwergsträucher bedeutend weiter fortgeschritten; sie führt zur Bildung eines geschlossenen Rhodoreto-Vaccinietums, das zwar in bezug auf die Begleitflora noch wenig charakteristisch ausgebildet ist. Der Boden läßt da, wo genügend stabilisierte Feinerde (Sand) vorhanden ist, bereits die Anfänge der Podsolierung erkennen. Er ist versauert und zeigt beginnende Stratifizierung (A_1-, A_2-, B-, C-Horizont). Die Korngröße hat sich durch Verwitterung verkleinert; der Grobsand tritt gegenüber dem Feinsand zurück. Unter den größeren Lärchen haben sich dichte Streuedecken von Lärchennadeln gebildet, die sauer reagieren und auf den unterliegenden Mineralboden ungünstig einwirken. Lärchen und Birken sind zu einem offenen Walde herangewachsen, mit Baumhöhen bis 400 — 600 cm. Die Fichten bleiben wesentlich zurück, und die Arven sind zwar ziemlich zahlreich geworden aber meist erst einige Dezimeter hoch. An ungünstigeren Stellen haben sich noch die Rhacomitrium- und Stereocaulon-Teppiche erhalten. Rasenbestände waren in dieser Entwicklungsreihe nie bedeutend; doch gibt es in den ältesten Teilen der Jung-Moräne da und

dort kleine Festuca rubra ssp. commutata- oder Agrostis tenella-Rasen, und von den rasenbildenden Kräutern sind besonders Lotus corniculatus und Trifolium repens sehr verbreitet. (Stadium der Bildung von Lärchen-Wald und Ericaceen-Zwergstrauchheide.)

Diese Besiedlungsstadien auf der jungen Moräne bilden von den ersten Pionieren bis zur Waldwerdung eine lückenlose, geschlossene Reihe mit fließenden Übergängen. Der anstoßende, alte Arven-Lärchenwald mit Rhodoreto-Vaccinietum-Unterwuchs und mächtigem Eisenpodsolboden ist von ihnen scharf abgesetzt. Übergänge wurden nicht gefunden, was beweist, daß der Aletschgletscher um die Mitte des 19. Jahrhunderts seinen höchsten Stand seit langen Jahrhunderten, sehr wahrscheinlich seit der ausgehenden Eiszeit, erreicht hat. Auch Reste einer mittelalterlichen Wasserleitung, die wegen des Vorstoßes des Aletschgletschers verlassen werden mußte und dicht über dem Grat der Jung-Moräne hinziehen, sprechen gegen einen höhern Gletscherstand seit dem frühen Mittelalter.

Das Vorfeld des Rhonegletschers liegt in 1760 bis 1830 m Höhe, also etwa 100 m tiefer als die untersuchte Seitenmoräne des großen Aletschgletschers, aber in einem humideren Klimagebiet. Es besteht ebenfalls aus Silikatgestein. Die Entwicklung der Vegetation folgt genau den am Aletsch gefundenen Gesetzmäßigkeiten und benötigt dazu annähernd die gleichen Zeiträume. Doch ist die Ausbildung grasig-krautiger Gesellschaften hier etwas stärker, und längs des Flusses und der vielen übrigen Wasserläufe, sowie in flachen Depressionen, finden sich in beträchtlicher Ausdehnung Quellflur- und Sumpfbildungen verschiedener Art. Hier sind aber auch ältere Moränenwälle vorhanden, entsprechend Gletscherhochständen von 1818 und 1640. Ein Moränenwall im Alter von 125 Jahren trägt ein ziemlich geschlossenes und floristisch charakteristisch ausgebildetes Rhodoreto-Vaccinietum, in dessen Boden die Anfänge der Bildung eines B-Horizontes zu erkennen sind. Ältere, vor etwa 300 Jahren gebildete Moränen, sind mit einer Schicht feinerdiger Braunerde bedeckt, die sehr wahrscheinlich nicht durch primäre Verwitterung des Moränenschuttes, sondern durch Staub, den der Wind aus den Moränen ausblies und wieder ablagerte, gebildet wurde. Die Verhältnisse der natürlichen Vegetationsentwicklung sind in den älteren Teilen dieses Gletschervorfeldes durch die Tätigkeit des Menschen, der Weideland zu gewinnen suchte,

sehr verändert worden. Insbesondere wurde die Ausbreitung des azidophilen Ericaceen-Zwerggesträuches gehemmt und das Aufkommen von Bäumen verhindert. Aber genaue Beobachtung läßt doch die vom Aletschgletscher her bekannten Züge immer wieder erkennen.

Das Vorfeld des Oberen Grindelwaldgletschers liegt mit 1250 m Meereshöhe in einem viel günstigeren Klimagürtel. Außerdem bietet es eine Mischung von Silikat- und Kalkschutt. Die jüngsten Stadien der Überwachsung zeigen prinzipiell die gleichen Verhältnisse, wie die Aletschgletschermoränen, mit der Einschränkung, daß die Flora vom Kalkgehalt der Bodenlösung beherrscht wird und infolgedessen teilweise andere Arten in den Vordergrund treten. Doch geht die Entwicklung, entsprechend den höheren Temperaturen und der längeren Vegetationszeit, viel rascher vor sich. Nach 10 bis 12 Jahren ist bereits ein offener, etwa 1 m hoher Aufwuchs von Alnus incana und Salix daphnoides vorhanden, und 14 bis 18 Jahre nach dem Rückgange des Eises hat sich unter Voraussetzung günstiger Wasserversorgung ein geschlossenes Gebüsch von 3 bis 4 m Höhe gebildet. Die älteren Moränen von 1850 und 1820 sind von Fichtenwald bedeckt, so weit nicht Bodennässe den Grauerlenbestand erhalten hat oder die Wiesenkultur bereits den Raum in Besitz nahm. Im Boden dieses Fichtenwaldes hat sich stellenweise eine bis 10 cm mächtige Rohhumusschicht aus Nadelstreue und Resten von Hylocomien-Decken gebildet, die sehr sauer reagiert und auf der ausgesprochene, azidophile Fichtenwaldpflanzen, vor allem saprophytische Orchideen, gedeihen. Aber die mineralischen Bodenschichten haben dank des Kalkgehaltes noch ihre alkalische Beschaffenheit erhalten. Die Bodenreifung, die ebenfalls dem Podsol zustrebt, erscheint also hier sehr verlangsamt. Doch ist der Karbonatgehalt in den obersten Teilen des Mineralbodens bereits stark zurückgegangen und in einem etwa 120jährigen Bodenprofil erscheinen die Anzeichen der Bildung eines B-Horizontes.

Ganz allgemein lehren unsere Untersuchungen, daß bei der Besiedlung von ruhendem Moränenschutt im Waldgebiet Sträucher und Bäume sich rasch einstellen und schon nach einigen Jahrzehnten den wurzelbaren Boden beherrschen. In der zentralalpinen Arven-Lärchen-(Fichten-)Stufe wird auf Silikatboden das erste Gehölzstadium von Zwergweiden und Grünerlen gebildet, das dann vom azidophilen Ericaceen-Zwerggesträuch abgelöst wird, und der erste Wald baut sich aus

Larix europaea und Betula (pubescens) auf. Etwas später tritt Picea excelsa in Erscheinung und die Pinus cembra kommt zuletzt. Sie bildet mit dem Rhodoreto-Vaccinietum als Unterwuchs den Klimaxwald. Da, wo Pinus montana vorkommt, dürfte ihr im Wald-Pionierstadium eine wesentliche Rolle zufallen.

Auf Kalkmoränen ist eine parallele Sukzession zum gleichen Ziel hin zu erwarten; doch wird die Entwicklung zum Klimax viel langsamer vor sich gehen infolge der langsamen Bodenreifung. Lärchen-Fichten-(Bergföhren-)Wald mit Unterwuchs von Weiden und von basiphilen Ericaceen (Erica carnea, Rhododendron hirsutum) und Gräsern wie Calamagrostis varia und Sesleria coerulea wird sich lange erhalten. Die Fichte wird in den späteren Entwicklungsstadien, soweit sie nach den Klimaverhältnissen standortsgemäß ist, größeren Einfluß nehmen, die Arve einen geringeren.

Im tieferen Teile der subalpinen Stufe geht die Entwicklung der Vegetation viel rascher vor sich und führt in den Nordalpen zum Piceetum-Klimax. Auch hier finden wir als Zwischenstufe den Weiden-Erlenbestand, wobei aber hochwüchsige Weiden und die baumförmige Alnus incana für die niedrigwüchsigen Arten der höheren Lagen eintreten.

Interessante Ausblicke ergeben sich für die Beurteilung der Besiedlung der ungeheuren Vorfelder der eiszeitlichen Gletscher nach ihrem Rückzuge am Ende der Eiszeit. Doch sollten wir zu dieser Auswertung auch Gletscherböden, die über der Waldgrenze liegen, in ähnlicher Weise untersuchen können, da im frühen Spätglazial der Baumwuchs anfänglich noch fehlte.

Ein Vergleich mit den von K. Faegri aus Jostedalsbre im mittleren Norwegen und von W. S. Cooper aus der Glacier-Bay im südlichen Alaska beschriebenen Verhältnissen der Besiedlung freiwerdenden Gletscherschuttes ergibt in den Grundzügen und zum Teil sogar in überraschenden Einzelheiten weitgehende Übereinstimmung, die sich wahrscheinlich noch verstärken würde, wenn die Untersuchungen nach den gleichen Gesichtspunkten und mit den gleichen Methoden durchgeführt wären. Doch treten auch charakteristische Unterschiede auf, indem zum Beispiel in den subarktischen Gebieten und namentlich am Jostedalsbre, Moosgesellschaften bereits in den Pioniergesellschaften oder direkt als erste Pioniere eine ausschlaggebende Bedeutung erlangen und die azidophile Ericaceen-Zwergstrauchheide am Jostedalsbre

unmittelbar nach den Pioniergesellschaften, vor dem Ausbreitung der Weiden herrschend wird, an der Glacier-Bay dagegen völlig fehlt. In beiden subarktischen Gebieten ist auffallend, wie die Pioniervegetation beim Vergleiche mit dem zugehörenden Vegetationsklimax stärker alpin ausgebildet ist, als wir dies aus den Alpen gewöhnt sind, was eine Folge der stärkeren Ozeanität des Klimas sein mag.

Abb. 1. Dauerfläche 1, von Südwesten gegen Nordosten. Links außen der Gletscher, daran anschließend ein Rundhöcker.

Abb. 2. Alnus viridis-Sträuchlein auf der Dauerfläche 1 (in Abb. 1 links vorn sichtbar). Im Hintergrund das Eis des Gletscherrandes.

Abb. 1. Dauerfläche 2, südwestlicher Teil. Hinten Gebüsch von Alnus viridis (zum größten Teil außerhalb der Dauerfläche). Davor Quellflur mit Moospolstern. Im Vordergrunde etwas Zwergweiden.

Abb. 2. Dauerfläche 3, südwestlicher Teil. Weidengebüsch, Rhacomitriumpolster, hinten die Gruppe von Lärchen, Birken, Fichten, rechts der Moränenwall.

Abb. 1. Dauerfläche 4 von Südwesten gegen Nordosten.

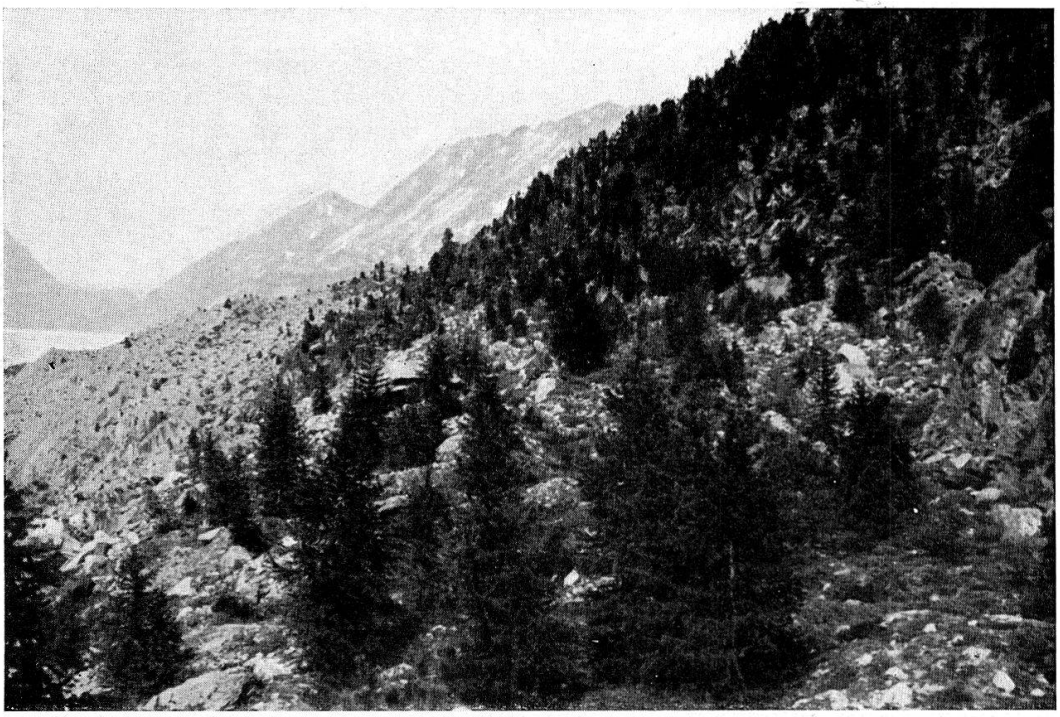

Abb. 2. Dauerfläche 5 von Südwesten gegen Nordosten (mittlere Teile des Vordergrundes). Aufwachsender Lärchenbestand, rechts gegen oben alter Arven-Lärchenwald, im Hintergrund Eggishorn.