Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 87 (1986)

Artikel: Die Böden auf Serpentinit bei Davos : Entstehung, Verbreitung, Eigenschaften = The soils of the serpentinitic area near Davos : formation, distribution and properties

Autor: Sticher, Hans / Gasser, Ubald / Juchler, Stephan

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308787

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: 07.12.2025

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

Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich **87** (1986), 275-290

Die Böden auf Serpentinit bei Davos - Entstehung, Verbreitung, Eigenschaften

The soils of the serpentinitic area near Davos - formation, distribution and properties

von

Hans STICHER, Ubald GASSER und Stephan JUCHLER

1. EINLEITUNG

Böden auf Serpentinit wurden bisher im Detail eher spärlich untersucht, obwohl dem Serpentinproblem von Pflanzensoziologen und Botanikern seit langem beträchtliche Aufmerksamkeit entgegengebracht wird. Die meisten Arbeiten beschränken sich auf eine morphologische Beschreibung der Böden, oder sie beziehen sich auf das Ca/Mg-Verhältnis und den Ni/Cr-Gehalt im Oberboden, Phänomene, die als Ursache für eine geringe Fruchtbarkeit der Serpentinböden angesehen werden (PROCTER und WOODELL, 1975).

Entsprechend den klimatischen und topographischen Bedingungen wurden dabei auf Serpentin folgende Bodentypen beobachtet: Serpentinranker, Braunerde, Parabraunerde (Brown forest soil), Pseudogley, Podsol, Schwarzerde (Erubazem), Ferralsol.
Bezüglich der Verwitterungsabfolge und der Bodengenese bestehen aber noch viele Unklarheiten. Als Verwitterungsprodukte von Serpentin wurden genannt: Al-Chlorit, Mg-Chlorit, chloritisierter Vermikulit, Chlorit-Montmorillonit-Intergrades, Beidellit, Kaolinit, Nontronit.
In einzelnen Fällen ist es jedoch keineswegs erwiesen, dass der aktuelle Tonmineralbestand bodenbürtig ist. Ein gründliches Studium der Literatur zeigt, dass der Zusammensetzung des Muttergesteins (Nebengemengeteile) und vor allem der Zufuhr allochthoner Mineralien (äolisch, fluviatil, glazial) oft zu wenig Beachtung geschenkt wurde.
In der vorliegenden Arbeit werden die Böden auf dem Totalp-Serpentinit bei Wolfgang/Davos (Kt. Graubünden) näher untersucht. Anhand zahlreicher Bodenprofile werden die Bildung und die Verbreitung der Böden in Abhängigkeit der Faktoren Gestein, Relief und Vegetation beschrieben. Neben der Charakterisierung des aktuellen Mineralbestandes wird der Dynamik der beiden Schwermetalle Nickel und Chrom besondere Beachtung geschenkt.

2. DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET

Die Ausdehnung des Serpentingebietes um das Totalphorn bei Davos beträgt ca. 6 km^2. Es zieht sich als etwa 1 km breiter Streifen vom Bergsturzhügel Delenwald (um 1600 m ü.M.) gegen Westen über das Totalphorn bis hinauf zum Weissfluhjoch (um 2700 m ü.M.).
Vom Serpentinit sind nur ca. 20% exponierter Fels. Der Rest verteilt sich auf den Kegel des spätglazialen Totalpbergsturzes, auf Felsschutthalden, Bachschutt und Moränenmaterial.
Der Totalpserpentin ist nach PETERS (1963), der den Mineralbestand des Gebietes eingehend untersucht hat, durch Metamorphose von Lherzolith entstanden (Lherzolith: ultrabasisches Gestein aus Olivin und Pyroxen). Er ist nur stellenweise vollständig serpentinisiert. Als Hauptgemengeteile treten neben den eigentlichen Serpentinmineralien (Ortho- und Clinochrysotil, sowie Lizardit, jedoch kein Antigorit), Augit und stellen-

weise Enstatit auf. Als Nebengemengeteile und in Spuren findet man Granat, Picotit, Magnetit, Rutil, Pentlandit und Chlorit. Die chemische Zusammensetzung zweier charakteristischer Proben ist in der Tabelle 1 zusammengestellt:

Tab. 1. Chemische Zusammensetzung verschiedener Serpentinite (nach PETERS 1963)
Table 1. Chemical composition of two different serpentinites (after PETERS 1963)

	Augitserpentin SO Totalpsee 781030/190060	Eigentl. Serpentin W Schwarzhorn 780565/190570
	%	%
SiO_2	39.1	38.4
Al_2O_3	3.4	3.85
Fe_2O_3	8.35	6.9
MgO	33.4	37.5
CaO	3.2	0.2
Na_2O	0.23	0.39
K_2O	0.03	0.07
H_2O^+	10.4	12.07
H_2O^-	1.4	0.62
	ppm	ppm
Cr	600	1300
Ni	550	1250

3. METHODEN

Für die Detailkartierung einzelner Flächen wurde das Gebiet mit Hilfe von Stereoaufnahmen der eidg. Landestopographie in Abschnitte gleichen Reliefs, bzw. gleicher Vegetationsbedeckung, eingeteilt. Insgesamt wurden auf dem ganzen Gebiet 60 Bodenprofile gegraben und mittels Feldmethoden beschrieben. Ausgewählte Leitprofile wurden im Detail untersucht.

Die Zuordnung der vorgefundenen Bodentypen zu den anhand des Luftbildes ausgeschiedenen Flächeneinheiten, sowie die Grenzbereinigung, erfolgte mittels Bohrstockaufnahmen. Wegen der grossen Heterogenität der Böden konnten allerdings in vielen Fällen nicht bodentypreine Flächen, sondern lediglich Komplexe ausgeschieden werden.

Der pH-Wert wurde in 0.01 M $CaCl_2$ mit einer Glaselektrode gemessen. Die freien Sesquioxide wurden nach Mehra-Jackson extrahiert und mit Atomabsorption bestimmt. Elementaranalysen wurden nach $HF/HClO_4$-Aufschluss ebenfalls mit Atomabsorption durchgeführt. Silicium wurde nach NaOH-Aufschluss photospektrometrisch mit der Molybdatblau-Methode bestimmt. Die Körnungsanalyse wurde im Bereich 4 mm bis 0.063 µm durch Nassiebung, im Bereich 63 µm bis 2 µm mit einer modifizierten Kopecki-Apparatur, im Bereich <2 µm mit einer Ausschwingzentrifuge durchgeführt. Für die Mineralanalyse wurden die einzelnen Kornfraktionen nach Sesquioxidentfernung mit einem Diffraktometer geröntgt. Von einzelnen Proben wurden IR-Spektrogramme aufgenommen. DT, TG und DTG-Kurven wurden simultan mit einem METTLER Thermoanalyzer I bei strömender Luftatmosphäre aufgenommen. Die Tonfraktionen 2-0.2 und <0.2 µm wurden mit dem Transmissions-Elektronenmikroskop untersucht. Einzelne Schluffraktionen und grössere verwitterte und unverwitterte Steine wurden mit einem Stereoscan Raster-Elektronenmikroskop abgebildet und zum Teil mit einem energiedispersiven Spektrometer EDAX analysiert.

4. RESULTATE UND DISKUSSION

4.1. DIE BOEDEN UND IHRE VERBREITUNG

Wie bereits angetönt wurde, liegt der Serpentinit im Untersuchungsgebiet kleinflächig in unterschiedlich aufbereiteter Form vor. Anstehende Felsen wechseln mit Moränen, Blockströmen, Schutthalden und Bachschuttkegeln ab. Eine beträchtliche Fläche nimmt der Schutthügel des spätglazialen Totalpbergsturzes ein. Entsprechend dieser Vorgeschichte sind die Böden stark durch die ursprüngliche Korngrösse des Muttergesteins geprägt.

Nach der Ablagerung wurden die Serpentinitblöcke und -steine mechanisch kaum mehr weiter zerkleinert. Da sich infolge des hohen Ferroeisengehaltes auf der Oberfläche ausserdem eine schützende Rostschicht bildete, schritt auch die chemische Verwitterung nur langsam fort. Die Bildung von Feinerde erfolgte daher auf grobblockigen Flächen nur äusserst langsam. Das Aufkommen einer Vegetationsdecke auf dem schon von der Zusammensetzung her wenig fruchtbaren Serpentinit war damit doppelt erschwert. Austrocknung und Deflation waren die unausweichliche Folge.

Oberhalb der Waldgrenze herrschen Gesteinsrohböden vor. Nur dort, wo sich an windgeschützten Lagen die Feinerde halten konnte, findet man kleinflächig spärlich bewachsene Serpentinranker und Serpentinbraunerden von 20-50 cm Mächtigkeit. Der Name Totalp spiegelt die kärgliche Boden- und Vegetationsentwicklung eindrücklich wider. Etwas weiter fortgeschritten ist die Bodenentwicklung auf der Moräne im Meierhofertälli, wo die Gletscherbewegung das Gestein feinkörnig vorverwittert hat. Hier überwiegen Serpentinbraunerden, deren B-Horizont auffallend intensivrostfarbig erscheint. Unmittelbar oberhalb der Waldgrenze wachsen bis gegen 2200 m hinauf vereinzelte Latschen (Legföhren), unter welchen sich, meist unmittelbar über dem Muttergestein, eine Rohhumusauflage bilden konnte.

Im Waldgebiet an der Ostflanke des Totalphorns, westlich der Bahnlinie Klosters-Davos, findet man im Bereich des Wolfgangpasses die Waldkomplexe "In den Arelen" und "Delenwald"; PETERS (1963) beschreibt für diese Flächen Serpentinit mit weissen Calcitadern, Augit-Serpentinit und Ophicalcite mit rotem bzw. graugrünem Kalkmaterial als anstehende Gesteine; zusammen mit den Serpentiniten des Totalphorns liegen diese Gesteine

auch als Gehänge- und Bachschutt vor. Das Relief des Geländes ist stark geneigt bis sehr steil, und tiefe Erosionsfurchen durchziehen den Hang in der Fallinie. Die Waldkartierung ergab folgende Waldgesellschaften: Torfmoos-Fichtenwald mit Reitgras, Schneeheide-Bergföhrenwald und Legföhrengebüsch.

Entsprechend dem kleinflächigen Wechsel der Faktoren der Bodenbildung wechseln verschiedene Bodentypen auf relativ engem Raum miteinander ab, wobei jedoch Ranker und Braunerden am häufigsten sind.

Durch die hohe Reliefenergie besitzt das Gelände eine ziemlich grosse Dynamik, welche bei vielen Bodenprofilen im flächenhaften, mehrfachen Auf- und/oder Abtrag zum Ausdruck kommt. Diese Dynamik verhindert in vielen Fällen eine Entwicklung der Ranker zu Braunerden. In stark abtragsgefährdeten Lagen findet man häufig Gesteinsrohböden. Als Humusform trifft man in der Regel Moder an; er kann sich in "geschützten" Lagen unter Legföhren auch zu einem mehrere Dezimeter mächtigen Rohhumus entwickeln. Dagegen kann in leicht erosiven Lagen der Oberboden mullartig sein. Im Bereich der Waldkomplexe "In den Arelen" und "Delenwald" könnte das Auftreten von nichtföhrenartigen Baumarten (Lärche, Fichte) durch das Vorhandensein von kalkhaltigem Gestein zumindest teilweise gesteuert werden; dabei gelangen kalkhaltige Gesteinsbrocken durch Herunterkollern und Wassertransport auch in Bereiche, die sonst kalkfrei sind. Auch GIGON (mdl.) vermutet, dass die Serpentinit-Vegetation stark durch das Ca/Mg-Verhältnis des Bodens beeinflusst wird.

Im Bereich des Bachschuttkegels (In den Arelen) wechseln Rohböden mit Rankern, sauren Braunerden (meist mit Rohhumusauflage) und schwach podzolierten sauren Braunerden ab. Entsprechend der Schüttungsdynamik des Schuttkegels sind die meisten Böden zwei- bis mehrstöckig: die meist noch sehr jungen, rezenten Böden liegen auf dem begrabenen B-Horizont einer älteren Bodenentwicklung auf.

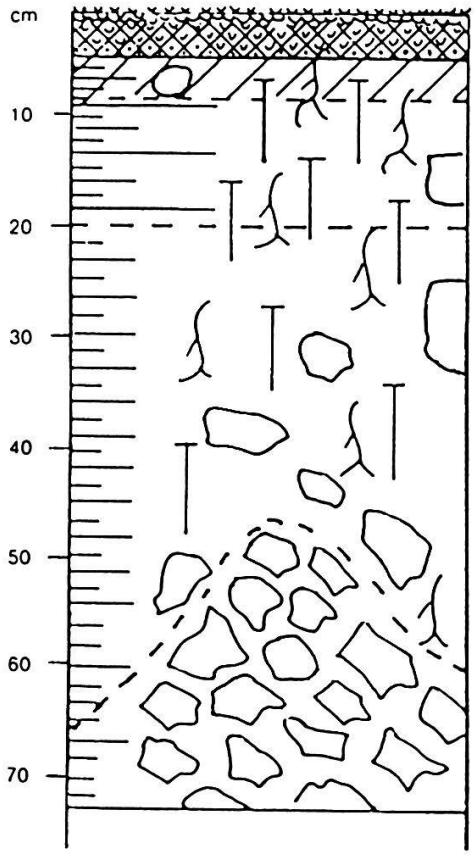
Das Waldgebiet östlich Wolfgang wurde von uns im Hinblick auf eine bodenkundliche Deutung des Davoser Bergsturzes besonders detailliert kartiert (JUCHLER und STICHER, 1985).

Der Bergsturzhügel östlich Wolfgang lässt sich in zwei Komplexe unterteilen, die verschiedenen Bergsturzereignissen zugeordnet werden können. Das Bergsturzmaterial des Drussetschawaldes und Lusiwaldes entspricht einem ersten Bergsturz, der aus einem sauren Silikat-/Serpentinitgemisch bestand. Delenwald und Budlerboden aber liegen auf reinem Serpentinitschutt, der von einem nachfolgenden Bergsturz stammt. Das Bergsturzer-

eignis wird von MAISCH (1981) auf ca. 14000 BC datiert. Seither ist die Bodenentwicklung hier ungestört verlaufen.

Im Delenwald (Bergföhrenwald) und Budlerboden (lockerer Lärchen-Fichtenwald) findet man gut ausgebildete saure Serpentinbraunerden, die teilweise einen dünnen Bleichhorizont aufweisen (siehe unten). Die übliche Horizontabfolge lautet: 5-10 cm Moder bis Rohhumus, 0-3 cm Bleichhorizont, bis 20 cm Tiefe ein intensiv verwitterter brauner Bv Horizont, bis 50 cm ein brauner BC Horizont. Darunter folgt frischer grobblockiger Serpentinitschutt mit grossen Packungshohlräumen. Das Skelett ist bis weit hinunter von eingewaschenem Feinmaterial braun überzogen.

In der Abb. 1 ist ein charakteristisches Profil schematisch dargestellt. Die entsprechenden chemischen und physikalischen Daten finden sich in Tab. 2.



O Rohhumusauflage, schwarz, pH 4.2

AB Uebergangshorizont, dunkelbraun (10YR 3/4), pH 5.5, 10% angewittertes Skelett, sandiger Lehm, kohärent

Bv Verwitterungshorizont, braun (10YR 4/5), pH 5.7, 20% angewittertes Skelett, sandiger Lehm, kohärent-feingekrümelt

BC Uebergangshorizont, braun (10YR 4/4), pH 6.1, 30% frisches Skelett, stark sandiger Lehm, feingekrümelt-einzelkörnig

Ct Muttergestein mit eingewaschenem Ton, pH 6.4, 50% frisches Skelett (Augitserpentinit), anlehmiger Sand, Packungshohlräume

Abb. 1. Schematische Darstellung und Beschreibung des Profils Delenwald I

Fig. 1. Diagram and description of the profile Delenwald I

Tab. 2. Physikalische und chemische Kennwerte des Profils Delenwald III
Table 2. Physical and chemical data of the profile Delenwald III

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur in % der Feinerde			Dichte	GPV
	cm	%	Sand	Silt	Ton	g/cm^3	%
0	0- 3	5	-	-	-	0.29	87
Ae	4- 6	5	22	55	23		
Bv1	8-15	13	19	54	27	0.79	70
Bv2	20-30	44	41	32	27	1.37	48
BC	50-60	33	81	11	8	1.36	49
C	80-90	48	85	11	4	1.44	46

Horizont	Fe_d	$C_{org.}$	N_t	C/N	pH		KAK
	mg/g	%	mg/g		H_2O	$CaCl_2$	meq/kg
0	-	36.8	12.7	29.0	4.7	4.0	410
Ae	39.7	10.2	4.1	24.9	5.1	4.4	319
Bv1	53.7	3.0	1.4	21.4	6.0	5.3	216
Bv2	27.4	1.2	0.5	23.9	6.4	5.6	167
BC	13.8	0.4	0.1	-	6.6	5.9	106
C	11.8	0.2	0.1	-	6.8	6.1	96

Horizont	austauschbare Kationen, meq/kg						V
	Na	K	Mg	Ca	H	Mg:Ca	%
0	1.5	6.8	136	82	184	1.7	55
Ae	0.5	1.3	130	33	154	3.9	52
Bv1	0.4	0.5	117	11	87	10.6	60
Bv2	0.3	0.3	105	3	58	35.0	65
BC	0.3	0.1	70	4	32	17.5	70
C	0.3	0.1	61	3	32	10.3	67

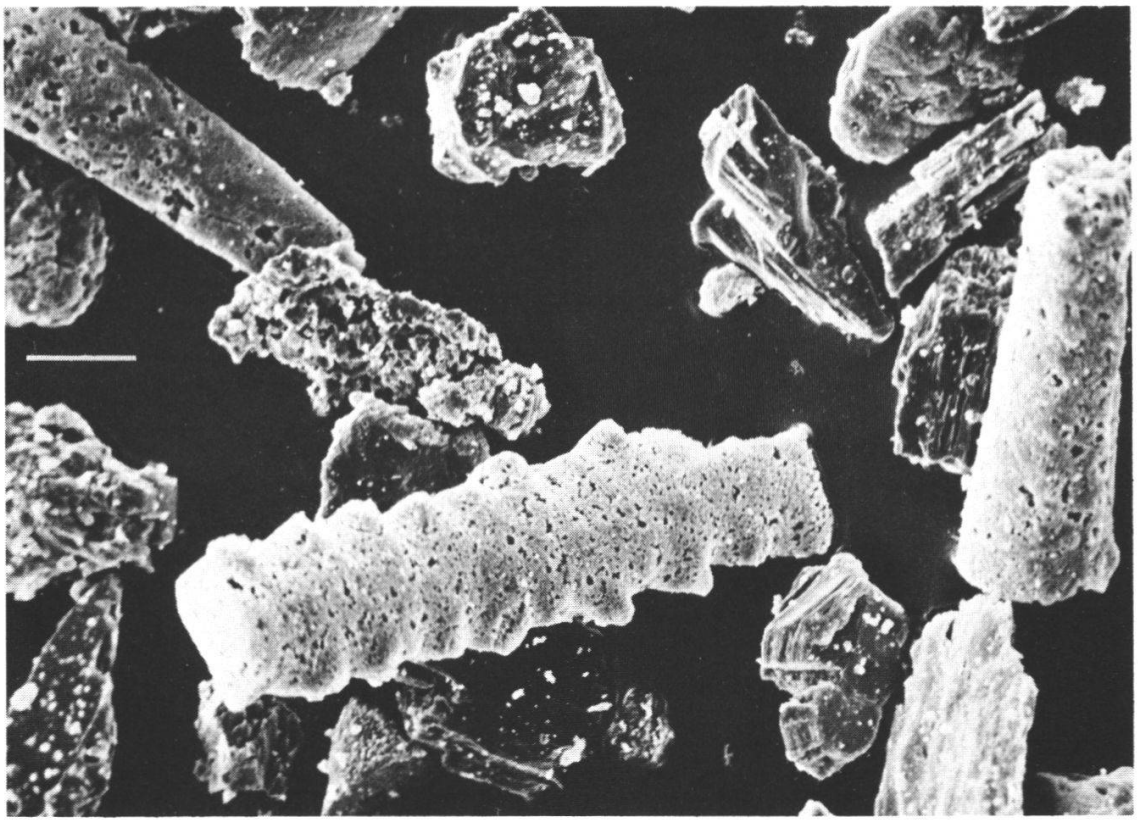


Abb. 2. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Grobsiltfraktion (20-63 µm) aus dem Ae-Horizont einer schwach podzolierten Serpentinbraunerde (weisser Strich: 10 µm)

Fig. 2. Scanning electronmicrograph of the course silt fraction (20-63 µm) separated from the Ae-horizon of a slightly podzolized serpentinitic brown earth (white bar: 10 µm)

Im Drussetschawald liegt ein Gemisch von Serpentinit und saurem Silikat (Gneisse, Glimmerschiefer u.a) alternierend oder vermischt vor. Das saure Silikat ist oft sehr grobblockig (bis haushoch). Zwischen den Blöcken bildeten sich auf Feinerde Eisen-Humus-Podsole, auf den Blöcken Rohhumus-Lithosole, d.h. dicke Rohhumuslagen, die die Blöcke überziehen. Unter dieser Rohhumusdecke ist die Gesteinsoberfläche oft gebleicht. Auf und zwischen diesen Blöcken wurzelt ein dichter Fichtenwald. Auf dem Mischgestein bildeteten sich je nach Serpentinit-Anteil Uebergangsböden zwischen Serpentinbraunerden und Braunpodsolen. Diese Mischgesteinsböden sind bezüglich dem Skelett feinkörniger und weisen einen lockeren Lärchen-Fichtenwald auf.

Die Böden im Lusiwald sind Hangbraunerden. Die Dynamik des Steilhanges verhinderte, dass sich trotz des praktisch reinen sauren Silikates Pod-

sole bilden konnten. Die Bodenentwicklung ging zu Mull- bis Moder-Braunerden, in denen ein dichter Fichtenwald stockt.
Da reiner Serpentinit quarzfrei ist, würde man auch unter einer stark sauren Rohhumusauflage keinen Bleichhorizont erwarten. Die aus dem O-Horizont in den Mineralboden eindringenden Streusubstanzen und Fulvosäuren lösen die säurelabilen Serpentinmineralien auf und beladen sich schnell mit dem reichlich vorhandenen Eisen, so dass sie, ohne weiter verlagert zu werden, unmittelbar unter dem Rohhumus wieder ausfallen.
Trotzdem stösst man im Delenwald und Budlerboden stellenweise auf schwach angedeutete dünne Bleichhorizonte. IR-Spektren und Röntgendiffraktogramme zeigen eindeutig Quarz an, mit Spuren von Feldspäten, Glimmer, Chlorit und anderen Mineralien. Im Raster-Elektronen-Mikroskop erkennt man ausserdem einen hohen Anteil von (röntgenamorphen) Phytolithen

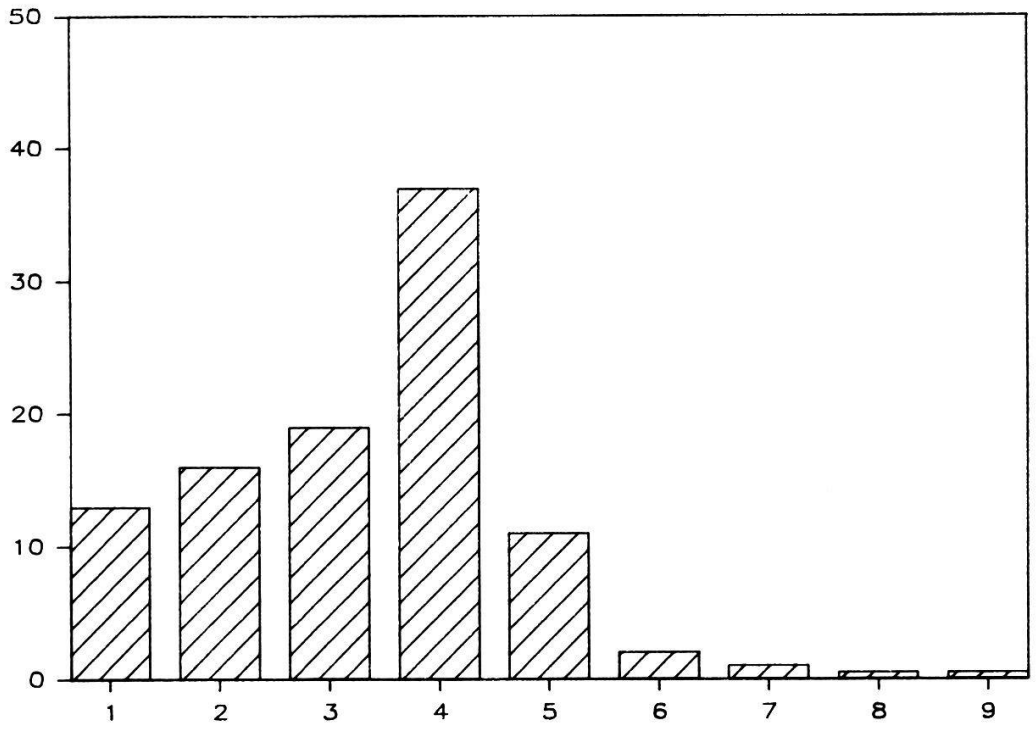


Abb. 3. Kornverteilung des Quarzanteils in der Feinerde des Bv-Horizonts im Profil Delenwald II
Fig. 3. Particle size distribution of the quartz present in the fine earth of the Bv-horizon (Profile Delenwald II)

1	Clay	4	10 - 20 µm	7	125 - 250 µm
2	2 - 5 µm	5	20 - 63 µm	8	250 - 500 µm
3	5 - 10 µm	6	63 - 125 µm	9	500 - 1000 µm

(Abb. 2). Serpentin hingegen fehlt. Das Maximum der Kornverteilungskurve des vorgefundenen Quarzes liegt µm 20 µm herum, was auf eine äolische Herkunft hinweist (Abb. 3, vgl. auch STICHER et al. 1975).
Das ungleichmässige Vorkommen dieses Bleichhorizontes kann vom Grossrelief bestimmt sein, indem je nach Exposition verschieden stark podsolierende Bedingungen herrschen, die erst den Quarzstaub sichtbar machen können. Andernseits kann das Kleinrelief (die Bodenoberfläche ist durch die vielen Steinblöcke sehr unregelmässig ausgebildet) für die Ablagerung und Akkumulation von Flugstaub unterschiedliche Bedingungen geschaffen haben.

4.2. UNTERSUCHUNGEN ZUR BODENBILDUNG

Im Augitserpentin finden sich Zonen mit fast 100% Serpentin und Zonen mit starker Anhäufung von Augit und Granat. Infolge der unterschiedlichen Verwitterungsstabilität dieser Komponenten erscheint die Oberfläche angewitterter Steine inhomogen zersetzt. Aufgrund der detaillierten mineralogischen Analyse der verschiedenen Kornfraktionen der Feinerde, sowie der Verwitterungskruste von Steinen aus dem B-Horizont, lässt sich das Verhalten der einzelnen Mineralien wie folgt beschreiben:
Augit zerfällt zunächst in Einzelkristalle kleiner als 200 µm. Diese sind im sauren Milieu wenig beständig. Die kleineren Körner verschwinden daher rasch. Der Granat zerfällt in Einzelkristalle von bis zu 125 µm. Da Granat chemisch relativ beständig ist, erfolgt eine Anreicherung in der Schluff- und auch Tonfraktion. Die Serpentinmeneralien zerfallen in Einzelfasern und Faserbündel von weniger als 2 µm Länge (Abb. 4). Als Folge dieses verschiedenen Verhaltens der Hauptmineralien findet man in der Tonfraktion zur Hauptsache Serpentinmineralien (Chrysotil und Lizardit), sowie etwas Granat. In der Schluffraktion ist Augit angehäuft, während in der Sandfraktion wegen der meist unverwitterten Kerne der Körner Serpentin wieder vorherrscht (Abb. 5).
Für die Neubildung von anderen Tonmineralien bestehen keine Hinweise. Der geringe Anteil von chloritischen und smektitischen Mineralien kann durch die äolische Staubzufuhr hinreichend erklärt werden.
Ein Ueberblick über den Verlauf der chemischen Verwitterung wurde aus der Gesamtanalyse der Feinerde (Tab. 3) und den einzelnen Kornfraktionen, aus der Analyse der Verwitterungskruste, sowie aus der Analyse des

Sickerwassers gewonnen. Ausserdem wurden im Labor Perkolationsversuche mit Fulvosäurelösungen und Serpentinsand durchgeführt.
Eine wässerige Suspension von gemahlenem Serpentinit weist einen pH-Wert von etwas über 8 auf. Die alkalische Reaktion ist bedingt durch die Desorption von Magnesium- und die Adsorption von Hydronium-Ionen. Im Boden, wo die freigesetzten Magnesium-Ionen mit dem Sickerwasser weggeführt werden, stellt sich ein Fliessgleichgewicht mit einem pH-Wert ein, der im CO_2/HCO_3^- -Pufferbereich liegt. Bei allen untersuchten Böden beträgt der pH im Bv-Horizont, in Calciumchlorid gemessen, 5.3-5.5, unabhängig von Höhenlage und Exposition. In diesem pH-Gebiet sind die Serpentinmineralien gegenüber der hydrolytischen Verwitterung instabil und werden allmählich gelöst. Das frei werdende Magnesium und die Kieselsäure werden in der Gesamtbilanz ausgewaschen. Calcium, das im Serpentinit nur in sehr geringer Menge vorkommt, wird durch die Bioakkumulation im Oberboden angereichert. Das Eisen wird oxidiert, fällt an Ort und Stelle

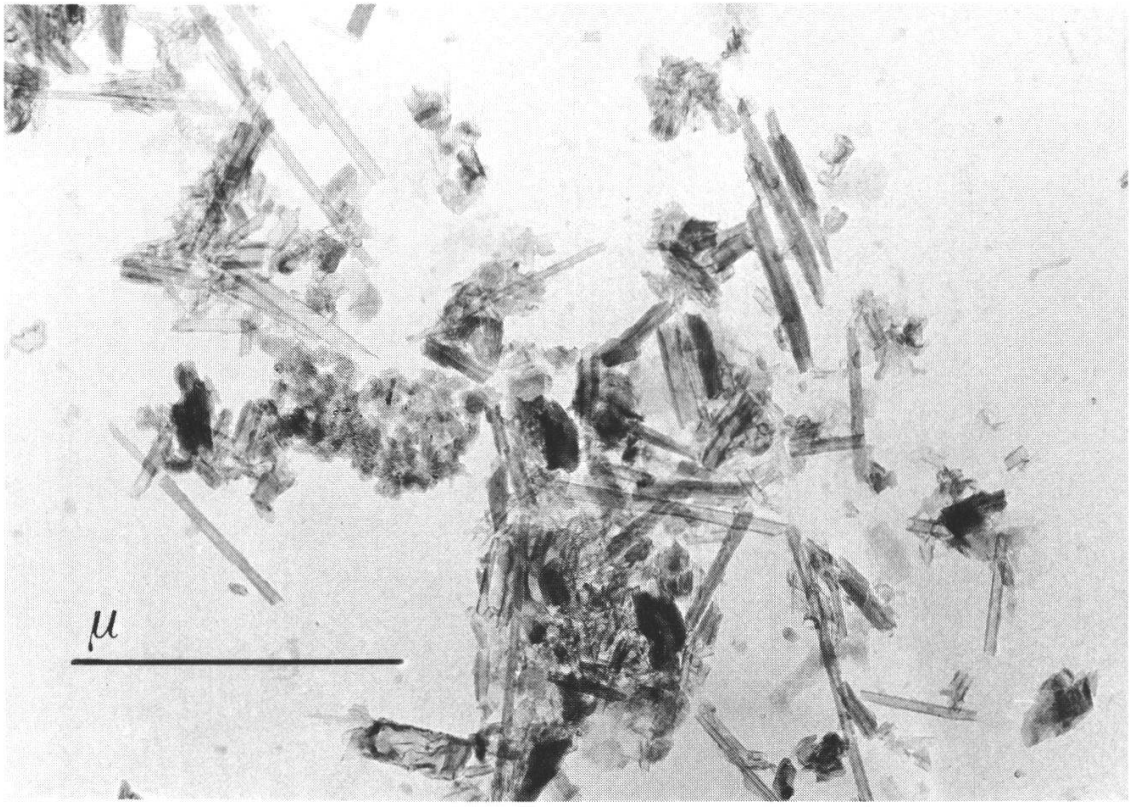


Abb. 4. Elektronenmikroskopische Aufnahme der Tonfraktion aus dem Bv-Horizont einer Serpentinbraunerde
Fig. 4. Transmission electronmicrograph of the clay fraction separated from the Bv-horizon of a serpentinitic brown earth

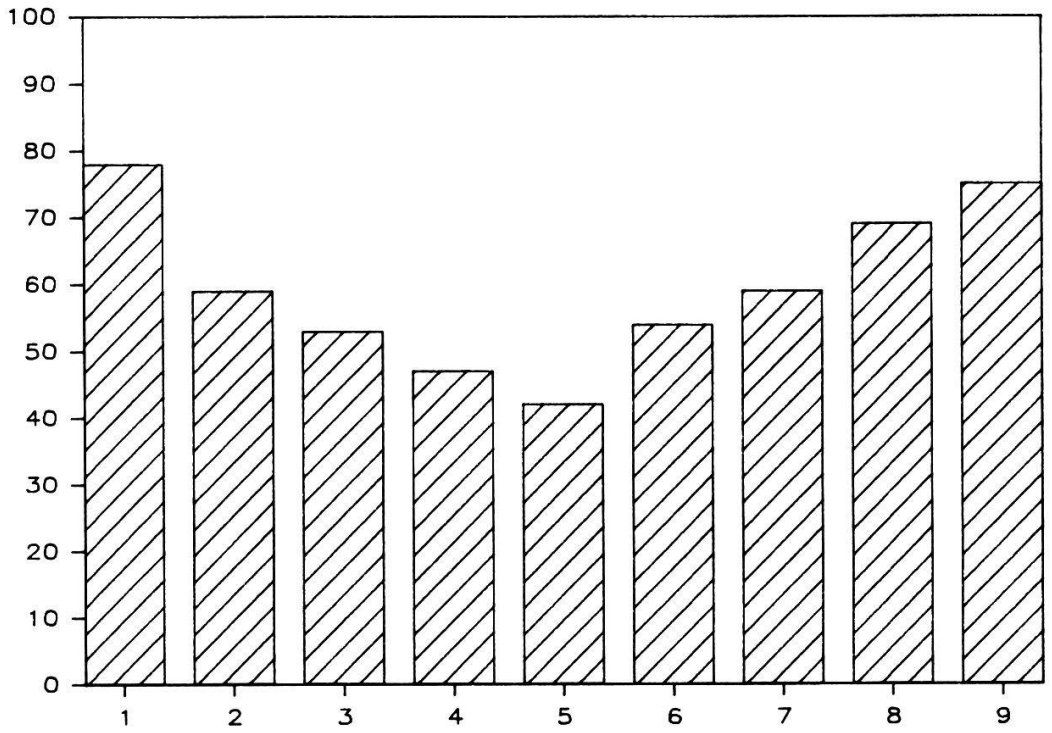


Abb. 5. Prozentualer Anteil der Serpentinmineralien (Chrysotil und Lizardit) in den einzelnen Kornfraktionen der Feinerde im Bv-Horizont des Profils Delenwald II

Fig. 5. Content of serpentine minerals (chrysotile and lizardite) in the particle size fractions separated from the Bv-horizon of profile Delenwald II

Abscissa 1-9: see Figure 3

Tab. 3. Chemische Analyse von Krautschicht, Rohhumus und Feinerde der Mineralhorizonte (Profil Delenwald I, Angaben bezogen auf das Trockengewicht)

Table 3. Chemical analysis of vegetation, O-horizon and fine earth of the mineral horizons (Profile Delenwald I, data on dry matter basis)

Element	Mg o/oo	Ca o/oo	Al o/oo	Fe o/oo	Mn ppm	Ni ppm	Cr ppm
Horizont							
Kraut-schicht	2.1	3.07	0.6	0.8	480	20	10
O	9.2	1.04	3.9	16.1	1320	110	280
AE	38.0	2.31	53.0	62.8	3400	380	2580
Bv1	52.0	1.82	57.6	91.2	1980	580	2620
Bv2	166.0	0.76	30.8	64.6	840	980	1940
C	206.0	0.16	17.5	58.2	880	1820	1740

Tab. 4. Ni- und Cr-Gehalt in verschiedenen Pflanzen, in Wurzeln und im Rohhumus von Profil Delenwald II (in ppm)
Table 4. Ni- and Cr-content of different plants, of roots and of the O-horizon of profile Delenwald II (in ppm)

	in der Ts. S.		in der Asche		Ni/Cr
	Ni	Cr	Ni	Cr	
Calamagrostis	15.2	1.4	132.0	12.4	9.4
Luzula	5.5	3.0	47.8	26.0	1.6
Deschampsia	11.2	1.1	143.6	14.1	9.0
Heidelbeere (Blätter)	23.4	1.9	275.3	22.4	10.9
Erica	14.5	0.9	196.2	10.9	15.9
Wacholder (Nadeln)	32.1	3.3	297.2	30.8	8.5
Lärche (Nadeln)	20.4	0.6	297.9	8.4	31.4
Fichte (Nadeln)	6.6	1.0	102.6	16.2	5.6
Föhre (Nadeln)	15.5	0.5	485.0	16.2	26.5
Wurzeln aus Rohhumus	18.5	13.7	332.0	245.0	1.2
Rohhumus (<2 mm)	114.0	428.0	420.0	1577.0	0.23

zusammen mit dem Aluminium aus und bildet um die Mineralkörper herum eine kompakte Verwitterungskruste, welche dem Boden die intensive Rostfarbe verleiht.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch das Verhalten der beiden Schwermetalle Nickel und Chrom, welche im Totalpserpentinit je zwischen 500 und 1500 ppm ausmachen. Wie EDAX-Aufnahmen von angeschliffenen Steinen und Röntgenaufnahmen von Verwitterungskrusten zeigen, kommen diese beiden Elemente nicht gleichmässig auf das Gestein verteilt vor. Während sich Nickel vorwiegend in der kompakten, dunklen Ca-freien Grundmasse findet, [mit dem eigentlichen Serpentin zusammen, selten als Pentlandit, $(FeNi)_9S_8$)], tritt Chrom eher in den grobkörnigen und dehalb poröseren, Ca-haltigen Zonen auf (zusammen mit dem Augit und teilweise als Spinell, Chromit-Picotit-Reihe). In der Folge der Verwitterung des Serpentinits wird das Chrom im Bv-Horizont stark angereichert. Zum einen sind die chromhaltigen Spinelle relativ verwitterungsresistent, zum anderen erfolgt die Zersetzung des ebenfalls chromhaltigen Augits wegen der grobkörnigen Textur langsamer als jene des Serpentins. Sodann wird das freigelegte Chrom nicht verlagert, da es entsprechend seinen ähnlichen che-

mischen Eigenschaften zusammen mit dem Eisen als Hydroxid ausfällt (STICHER 1978).
Das freiwerdende Nickel wird hydratisiert und bildet in der Bodenlösung Komplexe mit gelösten Fulvosäuren und mit Sulfat. Da die Adsorption an Eisenhydroxid bei pH-Werten um 5.3-5.5 gering ist (GERTH und BRUEMMER 1983), bleibt es mobil und kann mit dem Sickerwasser verlagert werden. Im Unterboden wird ein Teil infolge des höheren pH-Wertes wieder absorbiert. Das unterschiedliche chemische Verhalten der beiden Schwermetalle im Boden äussert sich auch im Gehalt in den Pflanzen (Tab. 4). Während das mobile Nickel leicht aufgenommen wird und bei einzelnen Species möglicherweise die Toxizitätsgrenze erreicht, bleibt die Aufnahme des schwerlöslichen Chroms spärlich. Da jedoch Chrom stabile Huminsäurekomplexe bildet, wird es im Rohhumus stark angereichert.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Serpentingebiet bei Wolfgang-Davos (1500 - 2700 m ü.M.) findet man über der Waldgrenze vorwiegend Gesteins- und Lockergesteinsrohböden. Im Waldgebiet herrschen mässigsaure Serpentinbraunerden vor, oft mit einer stark sauren Rohhumusschicht überdeckt und schwach podzoliert. Es scheint, dass die schwache Podzolierung auf Pflanzenopal und die Zufuhr von quarzhaltigem äolischem Staub zurückzuführen ist.
Von den beiden Schwermetallen im Serpentinit ist Nickel ziemlich mobil; es wird daher in den Unterboden verlagert oder in die Pflanzen aufgenommen. Das Chrom, welches in seiner dreiwertigen Form vorliegt, ist extrem schwerlöslich. Im Verlauf der Verwitterung des Serpentinits wird es zusammen mit dem Aluminium und Eisen in den Verwitterungskrusten im Bv-Horizont ausgefällt und damit angereichert. In die Pflanzen wird es kaum aufgenommen.

SUMMARY

In the serpentinitic area near Wolfgang-Davos (1500 to 2700 m a.s.l.) lithosols and rhegosols are the predominant soil units above the timberline. In the wooded area humic cambisols prevail; they are mostly covered with raw humus and slightly podzolized. It is assumed that the thin Ae-horizon was formed by the accumulation of aeolic dust and plant opal.

Of the two heavy metals present in the serpentinite, nickel is rather mobile, and it is therefore leached out into the subsoil. Chromium, present in its trivalent form, is highly insoluble. During weathering it precipitates together with iron and aluminium in the weathering crusts of the Bv-horizon where it therefore accumulates.

LITERATUR

GERTH J. und BRUEMMER G., 1983: Adsorption und Festlegung von Nickel, Zink und Cadmium durch Goethit (α-FeOOH). Fresenius Z.Anal.Chem. **316**, 616-620.

JUCHLER S. und STICHER H., 1985: Der Totalpbergsturz bei Davos aus bodenkundlicher Sicht. Geographica Helvetica **40**, 123-132.

MAISCH M., 1981: Glazialmorphologische und gletschergeschichtliche Untersuchungen im Gebiet zwischen Landwasser- und Albulatal (Kt. Graubünden, Schweiz). Diss. ETH Zürich. 215 S.

PETERS T., 1963: Mineralogie und Petrographie des Totalpserpentins bei Davos. Diss. ETH Zürich. 154 S.

PROCTOR J. und WOODELL S., 1975: The Ecology of Serpentine soils. Adv. Ecol.Res. **9**, 256-366.

STICHER H., BACH R., BRUGGER H. und VOEKT U., 1975: Flugstaub in vier Böden aus Kalk, Dolomit und Serpentin. Catena **2**, 11-22.

STICHER H., 1978: Chrom- und Nickeldynamik in Serpentinböden. Mitt. deutsch.bodenkundl.Ges. **27**, 239-246.

Adresse der Autoren: Prof. Dr. Hans Sticher
Ubald Gasser, dipl.Natw.ETH
Stephan Juchler, dipl.Natw.ETH
Laboratorium für Bodenkunde
ILW, ETH-Zentrum
CH-8092 Zürich