



Doctoral Thesis

Die Böden auf Serpentin in der subalpinen Stufe bei Davos Nickel- und Chromdynamik

Author(s):

Juchler, Stephan Johannes

Publication Date:

1988

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000511928> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

**DIE BÖDEN AUF SERPENTINIT
IN DER
SUBALPINEN STUFE BEI DAVOS
I. BODENBILDUNG
II. NICKEL- UND CHROMDYNAMIK**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

STEPHAN JOHANNES JUCHLER

Dipl. Natw. ETH
geboren am 28. März 1957
von Kirchberg SG



Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. H. Sticher, Referent
Prof. Dr. H. Flühler, Korreferent

ADAG Administration & Druck AG

Zürich 1988

KURZFASSUNG

Um das Langzeitverhalten von Schwermetallen in Böden zu studieren, wurden postglaziale Böden auf Serpentin in der subalpinen Stufe bei Davos, Schweiz, auf die Nickel- und Chromdynamik hin untersucht. Das Ablagerungsgebiet des Totalbergsturzes, ein Gebiet mit etwa 14'000 Jahren Bodenbildung, wurde dazu bodenkundlich kartiert. Ausgewählte Profile wurden chemisch und physikalisch untersucht mit Schwergewicht auf Nickel und Chrom. An zwei Profilen wurde während eines Jahres mittels eigens entwickelter Lysimeter Sickerwasser aus verschiedenen Tiefen entnommen und analysiert. Durch Dialyse und Berechnungen mit dem Computerprogramm GEOCHEM wurde an den Sickerwässern eine Spezierung vorgenommen. Mit Nickel wurden Sorptionsexperimente an Bodenkomponenten durchgeführt. Die Daten aus diesen Schüttelexperimenten wurden mit einem dreidimensionalen Modell mathematisch beschrieben. Zum Schluss wurde eine Standortbilanzierung für Nickel und Chrom angestrebt und die Verwitterungskinetik des Serpentin im Boden berechnet.

Folgende Schlussfolgerungen können gezogen werden: Im Gebiet "Davos-Wolfgang" haben sich mindestens zwei spät- bis postglaziale Bergstürze ereignet, deren Ablagerungsgebiete auf der Bodenkarte deutlich sichtbar sind. Der erste Bergsturz bestand aus saurem Silikat und Serpentin, welche unvollständig vermischt abgelagert wurden. Der zweite Sturz bestand aus reinem Serpentin. Die Bodenbildung auf Serpentin in der subalpinen Stufe bei Davos führte zu Braunerden, weil das Gestein für eine Podsolierung zu basen- und eisenreich ist und keinen lithogenen Quarz enthält. Ein stellenweise auftretender, dünner Bleichhorizont ist auf Flugstaub und Phytolithe zurückzuführen. Eine Serpentinverwitterungsrate wurde geschätzt. Sie beträgt zwischen 15 und 25 g pro Quadratmeter und Jahr. Dabei werden pro Jahr und Quadratmeter knapp 10 g pedogene Substanzen gebildet, welche im Boden zurückbleiben.

Im Verlaufe der Bodenbildung wurde Nickel, welches als isomorpher Ersatz für Magnesium in den leicht verwitterbaren Serpentinmineralien eingebaut ist, zusammen mit dem Magnesium aus dem Oberboden ausgewaschen. Sein Gehalt nimmt in den Serpentinbraunerden bis zum Muttergestein kontinuierlich zu. Das im Oberboden verbliebene Nickel ist zu einem grossen

Teil in pedogenen Bodensubstanzen inkorporiert. Zwischen O- und Bv-Horizont ist es etwa zu gleichen Teilen organisch gebunden oder im Rost inkorporiert. Im Unterboden dominiert der DCB-extrahierbare Anteil. Chrom dagegen sitzt in erster Linie in den Spinellen, welche säureresistent sind und residual vor allem in der Grobschlufffraktion angereichert wurden. Das Chrommaximum liegt im Bv-Horizont. Das wenige durch Verwitterung freigesetzte Chrom findet sich vor allem in der Rost-, im Bv-Horizont auch in der organischen Fraktion. Aus frischem Serpentinmaterial löst sich unter leicht sauren Bedingungen rund 1000 mal mehr Nickel als Chrom. Selbst aus Bv-Material, welches infolge der Bodenentwicklung deutlich mehr Chrom als Nickel enthält, löst sich noch immer 10-40 mal mehr Nickel als Chrom. Bei stark sauren und leicht alkalischen Bedingungen nähert sich aber die Löslichkeit von Chrom derjenigen von Nickel an.

Die Ionenstärke der mittels Gravitationslysometern aufgefangenen Sickerwässer liegt in der Größenordnung von 0.0001 M. Mit den dabei verwendeten Bettfeder-Lysimetern liessen sich trotz hohem Skelettgehalt die Stoffflüsse zwischen den Horizonten gut erfassen. Nickel und Chrom werden in den Serpentinböden zu einem grossen Teil partikulär verlagert. Nach den Spezierungsberechnungen liegt gelöstes Nickel als positive Spezies vor. Es dominiert das Aquaion, daneben spielen Carbonate, Sulfate und Hydroxide eine gewisse Rolle. Das Cr(III)-Aquaion tritt nur im stark sauren pH-Bereich auf. Im leicht sauren bis neutralen Bereich dominieren negativ geladene Carbonatkomplexe oder organisch komplexiertes Chrom. Im pH-Bereich 3 bis 8 treten bis 10^{-5} M aus der Bodenlösung keine Nickelausfällungen auf. Unter diesen Bedingungen wird die Nickelkonzentration durch Sorptionsprozesse bestimmt. Die Nickelsorption an oxidischen und silikatischen Oberflächen steigt oberhalb ca. pH 5.5 steil an. Die Sorption von Nickel durch Goethit und Bodenmaterial lässt sich für den pH-Bereich zwischen pH 4 und 7 mit einer dreidimensionalen Freundlich-Isotherme, welche die unabhängigen Variablen pH und Gleichgewichtskonzentration aufweist, recht gut beschreiben.

ABSTRACT

In order to study the longterm behavior of heavy metals in soil, postglacial soils on serpentinite in the subalpine level near Davos, Switzerland, were investigated on nickel and chromium dynamics. The soil types on a deposition hill of an ancient mountain slide, which occurred about fourteen thousand years ago, were studied and mapped. Some of the profiles were investigated chemically and physically with emphasis on nickel and chromium. For one year, at two profiles, gravitational water from different horizons was captured with simple tension-free lysimeters, which had been developed by the author. By means of dialysis and calculations with the computer program GEOCHEM, speciation of the gravitational water was made. Sorption experiments with nickel and soil components were made. The data from these batch experiments were described by a three dimensional Freundlich isotherm. Finally, a site balance for nickel and chromium was calculated and the weathering kinetics of serpentinitic soil material were estimated.

The following conclusions were drawn: Mapping elucidated the boundary between two mountain slide depositions. The first slide consisted mainly of acid silicates mixed with some serpentinite, whereas the second slide consisted of pure serpentinite. Soil genesis in the subalpine level near Davos led to brown earth and not to podsoles, because the parent material is free of quartz and rich in magnesium and iron. A slightly visible eluvial horizon was due to a deposition of aeolian dust and of phytoliths. The weathering rate of serpentinitic soil material was estimated to lie between 15 and 25 g per square meter and year. In the same time about 10 g per square meter of secondary soil components were formed.

During soil genesis, nickel, incorporated in the easily weatherable serpentinite minerals as isomorphic replacement for magnesium, was leached out together with magnesium from the topsoil. Its content increased continuously from top to the parent material. In the top soil, nickel was mainly incorporated in secondary soil components, i.e. to about the same amount in organic form and in iron oxides. Chromium on the other hand was located mainly in spinels, which are acid resistant. It was residually enriched in the coarse silt fraction. The maximum chromium content was

found in the Bv-horizon. Secondary chromium was located mainly in the iron hydroxides. In the Bv-horizon it was also bound to organic material. In batch experiments, about 1000 times more nickel than chromium was released out of fresh serpentinitic material, using slightly acid conditions. With strong acid or slightly alkaline conditions, the solubility of chromium approached that of nickel.

The ionic strength of the gravitational water was about 0.0001 M. With the lysimeters used in this study, the fluxes between the horizons could be well estimated, in spite of the high stone content. In the serpentinitic soils, nickel and chromium were transported in the gravitational water mainly as small particles. According to the calculated speciation, soluble nickel was always positively charged. The aqua ion was dominant. Carbonato, sulfato and hydroxo complexes played a minor role. The Cr(III) aqua ion is only important under strongly acid conditions. Under slightly acid to neutral conditions, negatively charged carbonato or organic complexes dominated. In the pH range from 3 to 8 and at concentrations up to 10^{-5} M, no nickel precipitated in the soil solution. Under these conditions, the nickel concentration was ruled by sorption. The sorption of nickel by iron hydroxide or silicate surfaces rose steeply above pH 5.5. The sorption of nickel by goethite and soil material at a pH range from 4 to 7 could be well described with a three dimensional Freundlich isotherm, with pH and equilibrium concentration as independent variables.