

Diss. ETH Nr. 9859

**Geomechanische Eigenschaften**  
**von**  
**Serpentinitmassen**

Mit besonderer Berücksichtigung  
von Diskontinuitätsflächen

A B H A N D L U N G  
zur Erlangung des Titels  
DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN  
der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von  
**MAHMOOD GHARAVIZADEH**  
Dipl. Geol.  
geboren am 18. Mai 1957  
von TEHERAN/IRAN

Angenommen auf Antrag von

**Prof. Dr. C. Schindler**, Referent  
**Prof. Dr. K. Kovari**, Koreferent  
**Prof. Dr. Tj. Peters**, Koreferent

Zürich 1992



## **KURZFASSUNG**

Die Serpentinmassen stellen oft als stark tektonisch entfestigte Gesteine grosse geotechnische Probleme. Diese Gesteine, deren geologische Ursprung lange Zeit unbekannt war, sind Objekte vieler geologischer, petrographischer und neuerdings geophysikalischer Untersuchungen. Trotz der grossen Verbreitung von Serpentinmassen in der Schweiz findet man nur wenige geotechnische Daten über diese Gesteine. Für die folgenden Untersuchungen wurden die südpeninischen Ophiolithzonen in Graubünden, im Südosten der Schweiz, ausgewählt. Diese eignen sich für die Studie besonders, da aufgrund der alpinen Regionalmetamorphose und des tektonischen Aufbaus alle typischen Erscheinungsformen der Serpentinmassen auftreten. Ihr geologischer Aufbau und ihre tektonische Deformation wird untersucht. In dieser Arbeit werden die tektonischen Entfestigungserscheinungen der Serpentine modellhaft erfasst.

Eine Auswahl typischer, *intakter Serpentinesteine* wurde petrographisch und felsmechanisch charakterisiert. Die felsmechanischen Laborversuche umfassen einaxiale Druckversuche und Triaxialversuche mit kontinuierlichen Bruchzuständen. Die intakten Serpentine verhalten sich sehr spröde und sie zeigen mittlere bis sehr hohe Festigkeiten im Sinne von BIENIAWSKI (1967). Die Resultate der triaxialen Druckversuche zeigen eine grosse Streuung, welche auf den inhomogenen petrographischen Aufbau der Serpentine und die daraus resultierende Bruchart zurückgeführt wird. Dies wird im einzelnen diskutiert. Allgemein ist bei steigendem Grad der Metamorphose eine zunehmende Festigkeit zu beobachten.

Die *Schwächezonen*, wie z.B. *Rutschharnische* und *Aderbildungen* - welche die meisten Serpentinmassen durchsetzen -, werden geologisch und felsmechanisch untersucht. Ihre Scherfestigkeit wird ermittelt und ihr Einfluss auf die Felsmassen studiert. Dazu werden Resultate von Triaxialversuchen und direkten Scherversuchen vorgestellt. Die *Aderbildung* wirkt im allgemeinen *heilend* auf die Serpentine. Insbesondere die massigeren Adern verleihen den tektonisch entfestigten Serpentinitten eine grössere Festigkeit als die parallelfaserigen Adern. Im Gegensatz zur Aderbildung wirken die verschiedenartigen Bruchflächen schwächend auf die intakten Serpentine. Ihr Einfluss wird detailliert diskutiert. Die niedrigsten Scherparameter in den Serpentinmassen wurden auf ebenen Rutschharnischen mit einem Reibungswinkel zwischen  $21^\circ$  und  $26^\circ$  für die Restfestigkeit gemessen. Da die Serpentinmassen im Gebirge eine Schwächezone darstellen und deshalb bei tektonischen Bewegungen als mögliche Verschiebungshorizonte funktionieren, kann den von uns ermittelten Scherparametern auf Rutschharnischen geologisch eine grosse Bedeutung beigemessen werden.

Die Festigkeitsparameter einiger typischer, *stark kataklastisch deformierter Serpentingesteine* werden mit felsmechanischen und bodenmechanischen Methoden untersucht. Die Art und die Häufigkeit der Bruchflächen spielen eine sehr grosse Rolle. Der massgebende Faktor bei der Beurteilung der Felsmassen ist der Grad der spröden Deformation.

## **ABSTRACT**

Serpentinite bodies commonly exhibit a reduced strength due to tectonic stress/strain, and thus, pose relatively serious geotechnical problems. These rocks have been the focus of numerous geological, petrographic and, more recently, geophysical investigations. Although serpentinites are widespread in Switzerland, only few geotechnical data exist. The south-penninic ophiolite bodies in the Grisons (southeastern Switzerland) were chosen as study area, because in that region the serpentinites exhibit typical properties and a variety of appearances resulting from the Alpine regional metamorphism and the tectonic evolution. The present study is centered on the geology and the deformation of the serpentinites, and a model is presented for their tectonically-induced loss in strength.

A selection of typical, *intact serpentinites* is characterized by petrographic and rock-mechanical observations. The latter result from laboratory experiments by means of uniaxial and continuous failure state triaxial tests. Intact serpentinites exhibit a very brittle behaviour and have, conforming with BIENAWSKI (1967), average to high strength. The results from the triaxial tests show a large scattering, which is due to the mineralogical inhomogeneity and the concomitant difference in fracturing. In general, the strength of the serpentinites is increasing with increasing metamorphic grade.

Similarly, *weak zones* (e.g. *slickensided* or *veins*), which cross-cut most of the serpentinite bodies, were studied with respect to rock-mechanical properties. The weak zones were investigated in particular in order to determine shear strength

and its influence on the whole serpentinite body. The results from triaxial and direct shear tests show that vein formation generally strengthens the tectonically weakened serpentinites. Massive veins provide a greater strength to the serpentinites than fibrous veins. In contrast to that, fracture planes reduce the strength of intact serpentinites. The lowest shear parameters were found on plane slickensided with friction angles between 21° and 26° for the residual strength. Since the serpentinite bodies represent a weak zone within the studied area, the shear parameters determined for the slickensided in this study may be of significant importance for the understanding of the tectonic evolution.

Finally, the strength parameters were determined for a selection of typical, *cataclastically deformed serpentinites*. It was found that spatial orientation and frequency of the fracture has a significant influence on the strength. The amount of brittle deformation is of primary importance in judging the geotechnical properties of the studied serpentinite bodies.