

# Oberflächenpotential von Bruchgesteinen im Straßenbau

(Zusammenfassung der Diplomarbeit)

Markus MEISSNER

## Einleitung

Im Zuge des Forschungsauftrages des Wirtschaftsministerium mit dem Thema: „Mineralkriterium neu - auf der Suche nach einem verbesserten Mineralkriterium“ wurde die Einsatzmöglichkeit der Oberflächenladung zur Problematik Wasserbindung in natürlichen Korngemischen untersucht. Eventuelle Zusammenhänge zwischen dem Oberflächenpotential und ausgewählten Schnellversuchen sollten überprüft werden. Die gewählte Untersuchungsmethode für die Oberflächenladung war die Strömungspotentialmessung mittels Partikelladungsdetektors (MÜLLER 1995), eine relativ rasche und kostengünstige Methode, welche ohne speziellen Präparationsaufwand durchzuführen ist.

Ausgangspunkt war die Bestimmung des Gesamtmineralbestandes (nach SCHULTZ 1964) und eine semiquantitative Tonmineralanalyse (MOORE & REYNOLDS 1997). Aus der durch Nasssiebung gewonnenen Fraktion  $<20\mu\text{m}$  wurde die Tonfraktion durch Sedimentation nach dem Stoke'schen Gesetz gewonnen.

## Probenmaterial

Zur Verfügung standen fünfzehn, im Straßenbau verwendete Steinbruchmaterialien verschiedener geologischer Einheiten Österreichs:

**Magmatite:** Granit, Kersantit, Diabas 1 und 2, Basalt 1 bis 3

**Metamorphite:** Amphibolit, Grünschiefer und Serpentin 1 bis 3

**Sedimente:** Schotter 1 und 2, Kalk

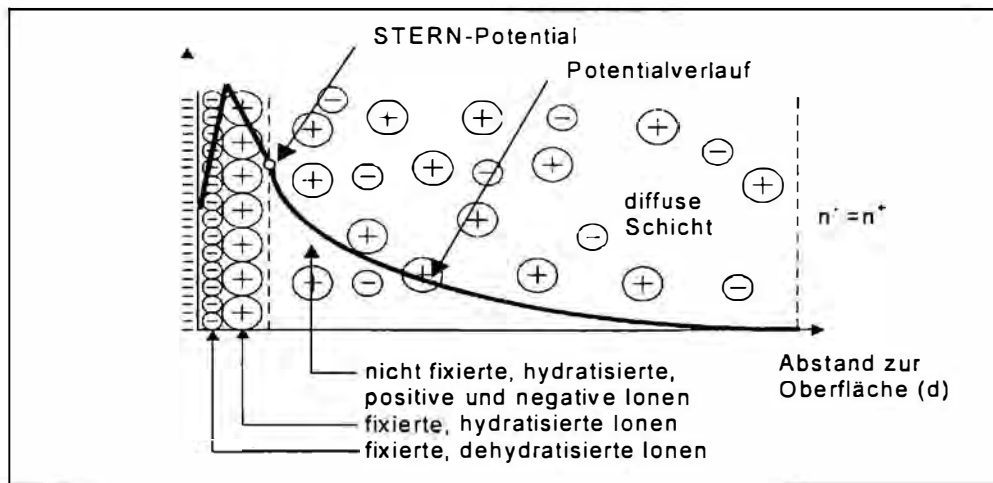
Der Fragestellung entsprechend (Verhalten von Gesteinen unter Wassereinfluss) wurden die Massenanteile der einzelnen Minerale zu Gruppen zusammengefasst: **Tonminerale** (Kaolinit-, Serpentin-, Illit-, Vermikulit-, Smektit- und Chloritgruppe) und **Nicht Tonminerale** (Quarz, Feldspäte, Pyroxene, Amphibole, Talk, Feldspatvertreter [Analcim], Kalzit, Dolomit, Magnesit, Pyrit und Eisenoxide). Für die Beurteilung des Verhältnisses zwischen Wasser und den Gesteinsproben wurde aus den oben genannten Mineralen eine weitere Gruppe geformt, die **Aktiven Phasen**. In ihr werden jene Minerale zusammengefasst, welche die Beziehung des Bruchgesteins zu Wasser maßgeblich beeinflussen: Quellbare und/oder oberflächenaktive Phasen wie Smektite, Vermikulite und Eisenoxide- / hydroxide.

## Oberflächenladung

*Tonminerale* erhalten ihre Ladung durch isomorphe Substitution und Fehlstellen in den Schichten: Die Oktaederzentren können durch niederwertigere Metallionen besetzt werden; Ladungen können auch durch Ersatz von  $\text{Si}^{4+}$  durch  $\text{Al}^{3+}$  in den Tetraederzentren entstehen. Diese Ladungen sind fix, also nicht von der Umgebung beeinflusst. An den Rändern der Schichtpakete sitzen zusätzlich variable Ladungen, die sich mit dem pH-Wert einstellen.

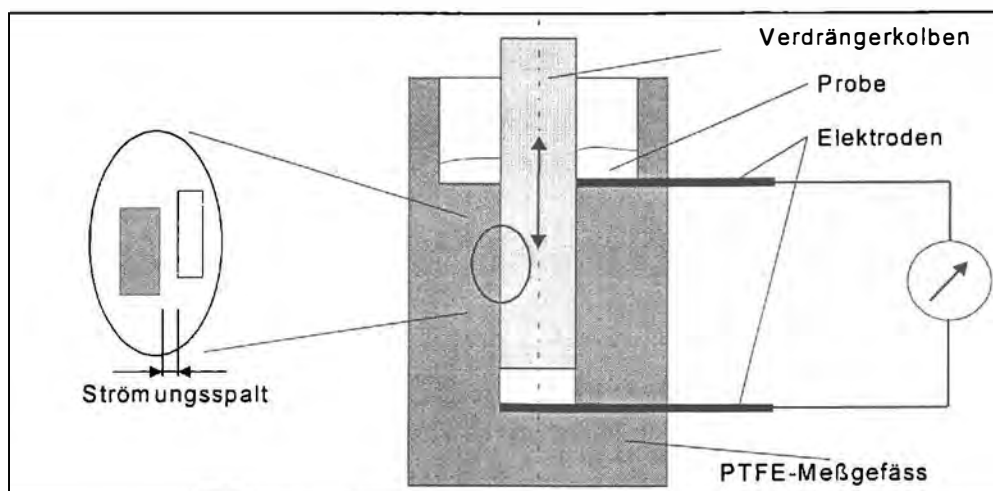
In wässrigen Lösungen bilden oberflächengeladene Partikel einen Wasserfilm aus. Innerhalb dieser Schicht wird durch unterschiedliche Ionenkonzentrationen die Oberflächenladung neutralisiert. Während die Sternschicht (**Abb. 1**) fix gebunden ist, sind die Ionen der diffusen Schicht beweglich und unterliegen Einflüssen der van-der-Waals-Kräfte und elektrostatischen Wechselwirkungen.

Da die Sternschicht sehr stark mit dem Teilchen verbunden ist und so einen Teil der stöchiometrischen Ladung neutralisiert, ist die nach außen wirksame Ladung mit dem Stern-Potential gleichzusetzen. Für die verwendete Detektionsmethode kann als weitere Näherung gelten: Stern-Potential = Oberflächenpotential.



**Abb. 1:** Schichtenaufbau und Potentialverlauf um ein Partikel in elektrolythaltigem Lösungsmittel: Durch die hohe Affinität kommt als innerster Belag eine Schicht dehydrierter Anionen zu liegen. Daran schließt eine Lage hydratisierter Kationen an. Das Potential an diesem Punkt wird *Stern-Potential* genannt, der Ionenbelag *Stern-Schicht*. Der endgültige Ladungsausgleich erfolgt in der diffusen Schicht durch frei bewegliche, gelöste Ionen. Außerhalb der diffusen Schicht ist die Lösung ungestört, die Konzentration an Kationen  $n^+$  ist gleich jener der Anionen  $n^-$ .

Um das Oberflächenpotential zu ermitteln, muss die diffuse Schicht abgetrennt werden. Im *Partikelladungsdetektor (PDC)* geschieht dies mit Hilfe einer Flüssigkeitsströmung: Aufgebaut wird der PDC aus einer Meßzelle aus Polytetrafluorethylen (PTFE). In einer einseitig geschlossenen Bohrung wird ein Kolben (ebenfalls PTFE) mit 4Hz periodisch auf und ab bewegt (**Abb. 2**). Der Kolbenhub beträgt ca. 5mm.



**Abb. 2:** Prinzipskizze des Partikelladungsdetektors.

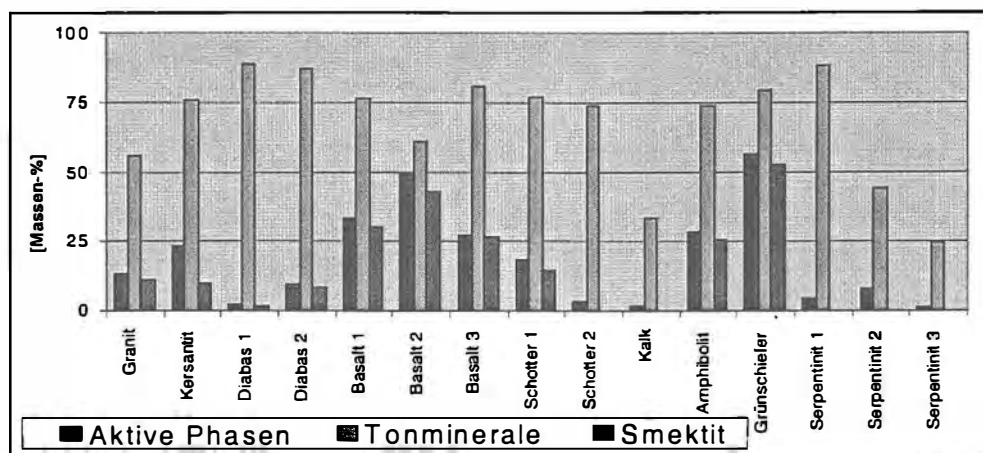
Zwischen Kolben und Zelle entsteht auf diese Weise eine oszillierende Flüssigkeitsströmung. Im schmalen Spalt ist die Flüssigkeitsströmung so stark, dass aufgrund unterschiedlicher Massenträgheit die diffuse Schicht vom Partikel abgetrennt wird. Es kommt zur räumlichen Trennung von Ladungen und zum Fließen eines Stromes. Mittels Goldelektroden wird dieses Signal aufgenommen und elektronisch verarbeitet. Wesentliche Versuchsparameter sind der pH-Wert und die Leitfähigkeit als Maße für die Ionenkonzentration.

### Weitere Untersuchungen

Bei der Ermittlung der *Hygroskopischen Sorption* besteht das Prinzip darin, die Probe gezielt einer oder mehreren Stufen definierter Luftfeuchte auszusetzen, bis sich ein Gleichgewichtszustand eingestellt hat. Überprüft wird dieses Gleichgewicht durch Abwägen (DIN EN ISO 12 571). Gewählt wurden fünf Feuchtestufen: Trocknung bei 60°C (als Bezugspunkt), 23 %, 54%, 75% und 97%. Die Luftfeuchten stellten sich über gesättigten Salzlösungen ein und wurden in zwei Exsikkatoren realisiert. Der mit Hilfe des Versuches nach Enslin/Neff (DIN 18 132) ermittelte *Indexwert zur Wasseraufnahme* von bindigen Böden korreliert mit verschiedenen Kennwerten des Erd-/Grundbaues, wie z.B. Fließ/Ausrollgrenze oder Schrumpfmaß. Zur Erfassung der *Kationenaustauschkapazität* (KAK) wird eine photometrische Methode nach KAHR & MEIER (1996) angewandt.

### Ergebnisse und Interpretation

Tonminerale stellen den Hauptbestandteil der Fraktion  $<2\mu\text{m}$  dar (**Abb. 3**). Smektitische Phasen finden sich in den meisten Materialien. Die Anteile an Aktiven Phasen schwanken stark zwischen wenigen Prozent (z.B. Serpentinite) und um die 50% (z.B. Grünschiefer).

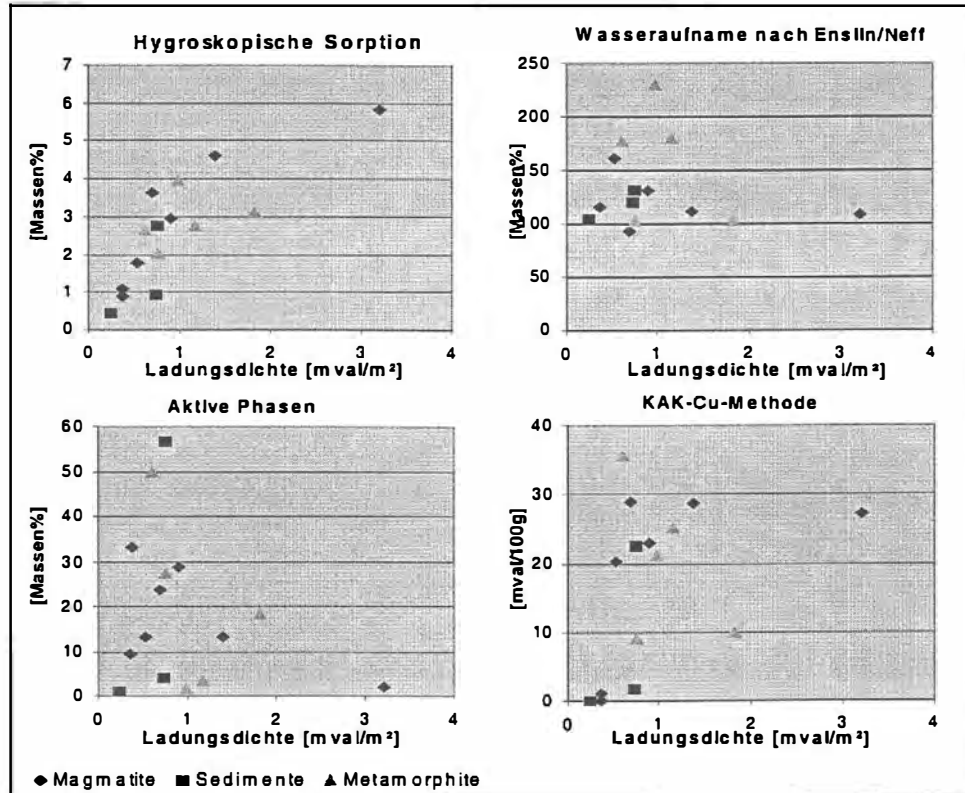


**Abb. 3:** Ergebnisse der Gesamt- und Tonmineralanalyse: Anteile an „Aktiven Phasen“, „Tonminerale“ und „Smektit“.

Bei der Bestimmung der *Oberflächenladungsdichte* mittels Partikelladungsdetektors wurden zwei Messreihen durchgeführt (dest. Wasser und 5mmol  $\text{CaCl}_2/\text{l}$ ). In der Auswertung zeigte sich, dass die verdünnte Salzlösung stabilere Messbedingungen gewährleistete und nur unwesentlich geringere Ladungsdichten gemessen wurden.

Für die *Hygroskopische Sorption* wurde durch statistische Analyse gezeigt, dass ein Messpunkt bei 75% relativer Luftfeuchte repräsentativ für den gesamten Versuch ist. Die Bestimmung *Kationenaustauschvermögen mit Kupfer(II)-Triethyl-tetramin-Komplex* hat sich auch bei natürlichen Mineralgemischen als durchführbar erwiesen. Einzig bei Serpentiniten kann dieser Zusammenhang nicht bestätigt werden.

Die Gegenüberstellung der einzelnen Versuche (**Abb. 4**) zeigte keine direkten Beziehungen zwischen Mineralogie und Oberflächenladung. Neben den quellbaren Phasen müssen noch anderen Einflüsse bestehen, welche nicht eindeutig identifiziert werden konnten.



**Abb. 4:** Streudiagramme der Oberflächenladungsdichte versus der Hygroskopische Sorption (*links oben*), der Wasseraufnahme nach Enslin/Neff (*rechts oben*), den Gehalt an „aktiven Phasen“ (*links unten*), und Kationenaustauschkapazität (*rechts unten*).

### Literaturverzeichnis

DIN EN ISO 12 571 (2000): Bestimmung der hygroskopischen Sorptionseigenschaften. Deutsches Inst. f. Normung.

DIN 18 132 (1995): Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens. Deutsches Institut für Normung.

MEIER L.P., KAHR G. (1999): Determination of the cation exchange capacity (CEC) of clay minerals using the complexes of copper(II) ion with triethylenetetramine and tetraethylenepentamine. *Clays and Clay Minerals*, Vol.47, No.3, 386-388.

MOORE, D.M. & REYNOLDS, R. C., Jr., 1997: X – Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. - Oxford Univ. Press, New York.

MÜLLER R.H., 1995: Zetapotential und Partikelladung in der Laborpraxis. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart.

SCHULTZ, L. G., 1964: Quantitative Interpretation of Mineralogical Composition from X-Ray and Chemical Data of the Pierre Shales. – *Geol. Surv. Prof. Paper*, 391C, 1-31, 10 Abb., 8 Tab., Washington.

Autor:

Dipl.Ing. Markus MEISSNER

1020 Wien

email: h9140143@edv1.boku.ac.at