

Redox-Milieu-Detektorband (RMD) und Textil-Passivsammler (TPS) zur Ortung der Phasengrenzschicht zwischen oxischer und anoxischer Phase (PGS) in Aquiferen und Sedimenten und Quantifizierung chemisch-biologischer Prozesse in der PGS

gM-Ingenieurbüro, Tannenweg 2, 35274 Kirchhain, oeste@gm-ingenieurbuero.com, www.gm-ingenieurbuero.com

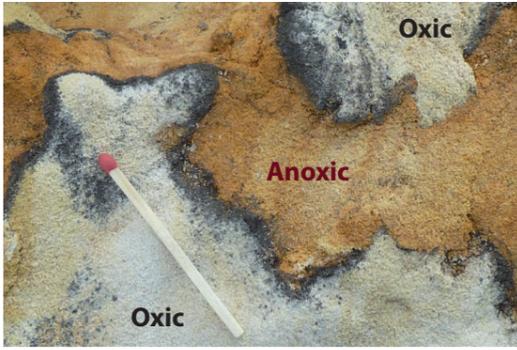


Abbildung 1: Fossile PGS-Abbildung als parallel verlaufende Eisen(III)- und Mangan(IV)-Ausfällung durch das Sediment eines oligozänen Meeresandes.

Fundort: Sandgrube Rockenberg.

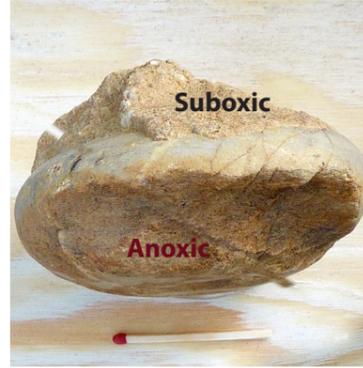


Abbildung 3: Fossile PGS-Abbildung auf einem ursprünglich annähernd eirunden Quarzgeröll. Auf der Geröll-Unterseite ist anoxisches Milieu durch die ockerfarbigen Ausnehmungen dokumentiert; auf der Gerölloberseite ist mindestens suboxisches Milieu durch Kiesel-Ausscheidung dokumentiert.

Fundort: Steinberg bei Münzenberg.

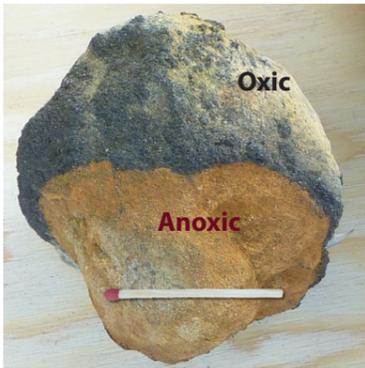


Abbildung 2: Fossile PGS-Abbildung, als parallel verlaufende Eisen(III)- und Mangan(IV)-Ausfällung über einer Baryt-Konkretion im Sediment eines oligozänen Meeressandes. Der im Bereich der Eisen(III)-oxidhydrat-Ausfällung weggelöste Baryt zeigt an, dass dort anoxisches sulfatreduzierendes Milieu herrschte.

Fundort: Sandgrube Rockenberg.

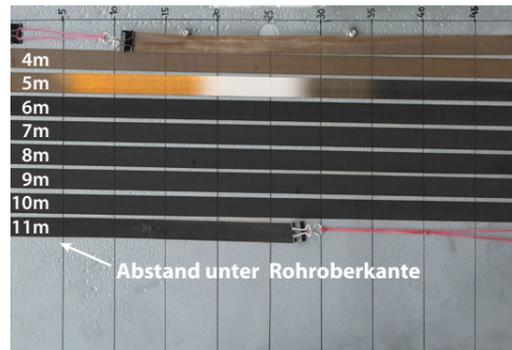


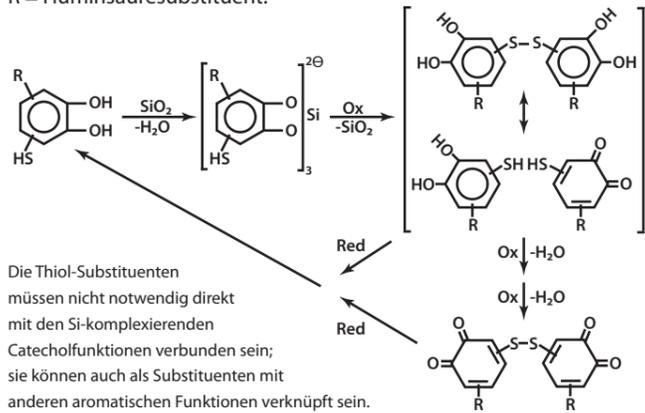
Abbildung 4: Rezente PGS-Abbildung zwischen oxischem und anoxischem Porengrundwasserleiter auf einem RMD-C nach einem Monat Detektionsdauer im Grundwasserleiter aus glazialen Sanden und Schottern in der Lahnaue. Die PGS bildete sich durch reduktionsmittelhaltige Sickerwassereinträge aus einer Altdeponie.

Vertikalabstand zur Rohroberkante Grundwasser-messstelle

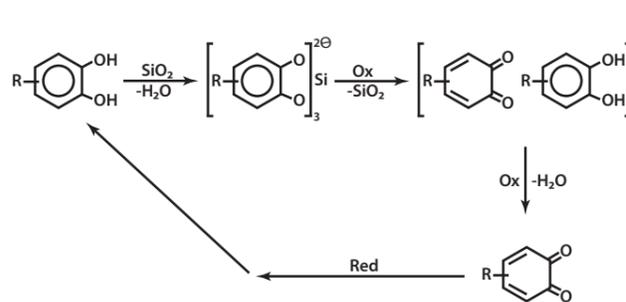
3,11 m - 5,05 m	oxisch	RMZ 1
5,05 m - 5,18 m	suboxisch	RMZ 2
5,18 m - 5,28 m	suboxisch	RMZ 3
5,28 m - 11,28 m	anoxisch	RMZ 4

Formelschema 1: SiO₂-Freisetzung aus schwefelhaltigen Si-Huminsäurekomplexen bei pE 0.

R = Huminsäuresubstituent.



Formelschema 2: SiO₂-Freisetzung aus schwefelfreien Si-Huminsäurekomplexen bei pE > 0



Formelschema 3: Chlorradikal-Bildung im oxischen Milieu in der Gegenwart von Huminsäure und gelöstem Eisen

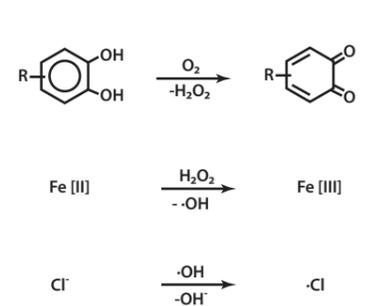


Tabelle 1: Mit Redox-Milieu-Detektorbändern (RMD) **unmittelbar und visuell** nachweisbare Redox-Milieuzonen (RMZ) in der Phasengrenzschicht (PGS).

Die für die Untersuchungen mit den RMD in Lösung oder als Ausfällung bedeutsamen redox-sensitiven Elemente sind farbig hervorgehoben. In den Veröffentlichungen von gM-Ingenieurbüro wird als Bezeichnung für die RMZ die farbig hervorgehobene Nummerierung der RMZ nach dem Mineralstabilitätsbereich verwendet.

Für die Redo-Milieu-Zonen (RMZ) in der Literatur gebräuchliche Bezeichnungen zum Beispiel SIGG & STUMM 1994 und RICKHARD & LUTHER 2007					In Lösung stabil			Ungelöst als Mineralausfällung stabil					
nach O ₂ -Gehalt	nach O ₂ -Gehalt und reduzierenden Eigenschaften	nach Mineralstabilitätsbereich	nach Redox-potential EH, Volt	nach Elektronenaktivität, pE-Wert	Fe als Fe(II)	Mn als Mn(II)	S als S(VI)	Fe als Fe(III)-Oxid	Mn als Mn(IV)-Oxid	S als BaSO ₄ /PbSO ₄	S als Fe(II)sulfid	S als	S als
aerob oder oxisch	aerob	Mn(IV), Fe(III), S(VI)	> 0,6	> 10	-	-	+	+	+	+	-	-	-
anaerob suboxisch	Mangan(IV)-reduzierend	Fe(III), S(VI)	< 0,6 bis > 0	< 10 bis > 0	-	+	+	+	-	+	-	-	-
anaerob suboxisch	Eisen(III)-reduzierend	S(VI)	< 0 bis > -0,2	< 0 bis > -4	+	+	+	-	-	+	-	-	-
anaerob anoxisch	sulfatreduzierend bis methanogen	Fe(II)sulfid	< -0,2	< -4	-	+	-	-	-	-	+	-	+

Tabelle 2: Mit Redox-Milieu-Detektorbändern (RMD) und Textil-Passivsammlern (TPS) **laboranalytisch** nachweisbare Redox-Milieuzonen (RMZ) in der Phasengrenzschicht (PGS), zum Beispiel durch Nachweis von Si-Mobilisation und Schwefelaufnahme von Huminsäuren, von CKW, Nitroaromaten sowie deren Reaktionsprodukten.

Redox-Milieu-Zone (RMZ)	In Lösung stabil			SiO ₂ - "Korrosion" in der RMZ	stabil									
	Mineralstabilitätsbereich	Redox-potential EH, Volt	Elektronenaktivität, pE-Wert		Catechol Thiol	org. Disulfid	Disulfid-Catechol*	Catechol-chinhydrone	1,2-Chinon	CKW	Nitroaromaten	S als FeS ₂	S als org. Disulfid-schwefel	S als Elementarschwefel
Mn(IV), Fe(III), S(VI)	1	> 0,6	> 10	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-
Fe(III), S(VI)	2	< 0,6 bis > 0	< 10 bis > 0	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
S(VI)	3	< 0 bis > -0,2	< 0 bis > -4	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+
Fe(II)sulfid	4	< -0,2	< -4	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-

*) Die Disulfid-Catechole entstehen als primäres Oxidationsprodukt in schwefelhaltigen Huminsäuren. Gemäß Formelschema 1 stehen sie im Gleichgewicht mit den korrespondierenden Thiolen der Catechol-Chinhydrone in den Huminsäuren

**) Nur die Catechole vermögen durch Komplexbildung mit Si die Auflösung kieselhaltiger Minerale auszulösen. Catechole thiolhaltiger Huminsäuren gehen bereits bei diesem Redoxpotential in Chinhydrone über, die keine Si-Komplexe bilden können.