

Tagungsbeitrag zu:  
 Jahrestagung der DBG, Kommission V  
 Titel der Tagung:  
 Böden – eine endliche Ressource  
 Veranstalter:  
 DBG, September 2009, Bonn  
 Berichte der DBG  
 (nicht begutachtete online-Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## **Vorhersage des Einflusses der magnetischen Suszeptibilität des Bodens auf die Funktionsweise von Metalldetektoren bei der Landminensuche – Fallbeispiel Angola**

PREETZ, H.<sup>1)</sup> & HENNINGS, V.<sup>2)</sup>

### **Zusammenfassung**

Zur Räumung der als Relikte bewaffneter Konflikte im Boden liegenden Landminen werden wegen geringer Kosten und leichter Anwendbarkeit vor allem Metalldetektoren eingesetzt. Tropische Böden bereiten dabei häufig Probleme, da ihre magnetische Suszeptibilität zu starken Einschränkungen wie z.B. Fehlalarmen führt. In einer Studie an 511 Proben von lateritischen Böden aus 15 tropischen Ländern konnten PREETZ et al. (2008) ein Klassifikationssystem entwickeln, das die magnetische Suszeptibilität nach dem Ausgangsgestein und dem Verwitterungsgrad des Bodens einzuschätzen erlaubt. Um die in vielen Ländern vorliegenden Bodenkarten nutzen zu können, wurde nach einem Algorithmus gesucht, der die Zielgröße direkt zu Bodentypen nach dem FAO- oder WRB-System in Beziehung setzt. Als regionales Fallbeispiel diente Angola. Auf der Grundlage vorhandener Bodenkarten und der Definitionen diagnostischer Horizonte nach dem FAO-/WRB-System wurde ein zusätzliches Schema entwickelt, das die örtlich verbreiteten Ferralsols, Plinthosols, Acrisols und sonstigen Bodentypen nach dem prognostizierten Grad der magnetischen Suszeptibilität in 4 Klassen unterschiedlichen Ein-

<sup>1)</sup> Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Stilleweg 2, 30655 Hannover

<sup>2)</sup> Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 30655 Hannover  
 E-mail: [holger.preetz@liag-hannover.de](mailto:holger.preetz@liag-hannover.de)

flusses auf die Funktionsweise von Metalldetektoren einteilt. Das Ergebnis besteht in landesweiten Karten, die die Medianwerte und die 90 %-Quantile der prognostizierten magnetischen Suszeptibilität darstellen und als Hilfsmittel bei der Planung der Landminensuche eingesetzt werden können.

*Schlüsselworte:* Landminensuche, Metalldetektor, magnetische Suszeptibilität, Bodenkarte, Angola

### **Zielsetzung**

In weltweit mehr als 75 Ländern sind als Relikte bewaffneter Konflikte Landminen im Boden verborgen, die noch lange nach Beendigung der Kriege eine große Gefahr vor allem für die Zivilbevölkerung darstellen. In besonderem Maße betroffen ist Angola als Folge eines langjährigen Bürgerkriegs, der erst 2002 endete. Nach Schätzungen des SURVEY ACTION CENTER sind im Land noch 500.000 bis 1.000.000 Landminen verbreitet und ca. 2.000 Ortschaften direkt betroffen (SAC 2007).

Zur Räumung der im Boden liegenden Landminen werden häufig elektromagnetische Suchverfahren eingesetzt. Unter den zahlreichen Detektionsverfahren ist der Metalldetektor wegen seiner geringen Kosten und leichten Anwendbarkeit das verbreitetste Suchgerät. Tropische Böden verursachen dabei häufig Probleme, da ihre magnetische Suszeptibilität zu starken Fehlfunktionen führt. Den mit der Minenräumung befassten Experten stellt sich die Frage, wie diese Störeinflüsse anhand verfügbarer geowissenschaftlicher Informationen vorausgesagt und zur Planung von Minenräumungskampagnen genutzt werden können. Daher wird versucht, vorhandene Informationen über die relevanten Bodeneigenschaften auszuwerten und für den Geländeeinsatz zu nutzen.

### **Methodik**

In einer Studie an 511 Proben von tropischen Böden aus 15 Ländern konnten PREETZ et al. (2008) nachweisen, dass die magnetische Suszeptibilität des Bodens vom Ausgangsgestein und Verwitterungsgrad des Bodens abhängig ist. Sie ist am

höchsten bei ultrabasischen und basischen Magmatiten und deutlich geringer bei Sandsteinen und Quarziten. Gleichzeitig verhält sie sich proportional zum Verwitterungsgrad, für den das Verhältnis von  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$  als Maß dienen kann. Ein niedriger Wert kennzeichnet einen hohen Verwitterungsgrad bzw. starke Desilifizierung und eine große Anreicherung von Fe- und Al-(Hydr-)Oxiden. Ein solcher Sachverhalt wird in alten Klassifikations-

systemen mit Begriffen wie "ferralitische Böden" ausgedrückt. Diese Zusammenhänge haben PREETZ et al. (2008) zu einem Klassifikationsschema verarbeitet, das den Störeinfluss der magnetischen Suszeptibilität auf den Metalldetektor in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein und Verwitterungsgrad beschreibt (Tab. 1). Die Einschränkung des Metalldetektors wird dabei in 4 Klassen eingeteilt (Tab. 1).

Tab. 1: Medianwerte und 90 %-Quantile der magnetischen Suszeptibilität von 511 tropischen Böden, berechnet für 2 Gruppen von Ausgangsgesteinen und 3 Verwitterungsgrade

Ausgangsgestein	Verwitterungsgrad	n	Median	Klasse	90 %-Quantil	Klasse
Ultrabasische/ bas./ intermediäre Magmatite	0 - 1	158	1390	●	7327	●
	1 - 3	46	990	●	2257	●
	3 - 10	13	187	●	1300	●
Saure Magmatite, Tonsteine, Phyllite, Sandsteine	0 - 1	114	72	●	2001	●
	1 - 3	125	33	●	591	●
	3 - 10	55	27	●	436	●

Klassifikation der magnetischen Suszeptibilität /	●	neutral	0 - 50
Einschränkung des Metalldetektors [ $10^{-5}$ SI]:	●	mäßig	50 - 500
	●	hoch	500 - 2000
	●	sehr hoch	> 2000

Der als Maß des Verwitterungsgrades in Tab. 1 verwendete Bodenparameter ist nur über Analysen zu gewinnen und nicht direkt aus Legenden bodenkundlicher Grundlagenkarten verfügbar. Es fehlte daher ein zusätzlicher Algorithmus, um die in vielen Ländern vorhandenen Bodenkarten nach dem FAO-Klassifikationssystem für die o.g. Fragestellung nutzen zu können.

Für Angola existiert aus portugiesischer Kolonialzeit eine Bodenkarte i.M. 1:3 Mio. (MINISTÉRIO DO ULTRAMAR 1965), die über die Homepage des ISRIC im Archiv gesannter Bodenkarten von Afrika verfügbar ist. Deren Kartiereinheiten wurden vom SADCC (1991) in das Klassifikationssystem nach FAO übertragen. Das großräumige Muster lässt sich wie folgt beschreiben: im westlichen Zentrum im Bereich

alter Landoberflächen aus präkambrischen Kristallingesteinen dominieren Acrisols und Ferralsols, wobei der Verwitterungsgrad mit der Dauer der Regenzeit und der jährlichen Niederschlagshöhe von NW nach SE abnimmt. Im Osten des Landes stellen quartär-/tertiärzeitliche Sande äolischen Ursprungs das Ausgangsmaterial, hier dominieren Arenosols. Noch von Relevanz sind punkt-hafte Vorkommen junger basischer Vulkanite im Osten. Ordnet man die in Angola vertretenen Böden nach ihrem Verwitterungsgrad, so entsprechen ferralsolitische Böden Lixisols und repräsentieren einen niedrigen Verwitterungsgrad (3-10 in Tab. 1). Acrisols weisen einen mittleren Verwitterungsgrad auf, und "typical ferralitic soils" sind mit Ferralsols gleichzusetzen und Ausdruck eines hohen Verwitterungsgrades (0-1 in Tab. 1).

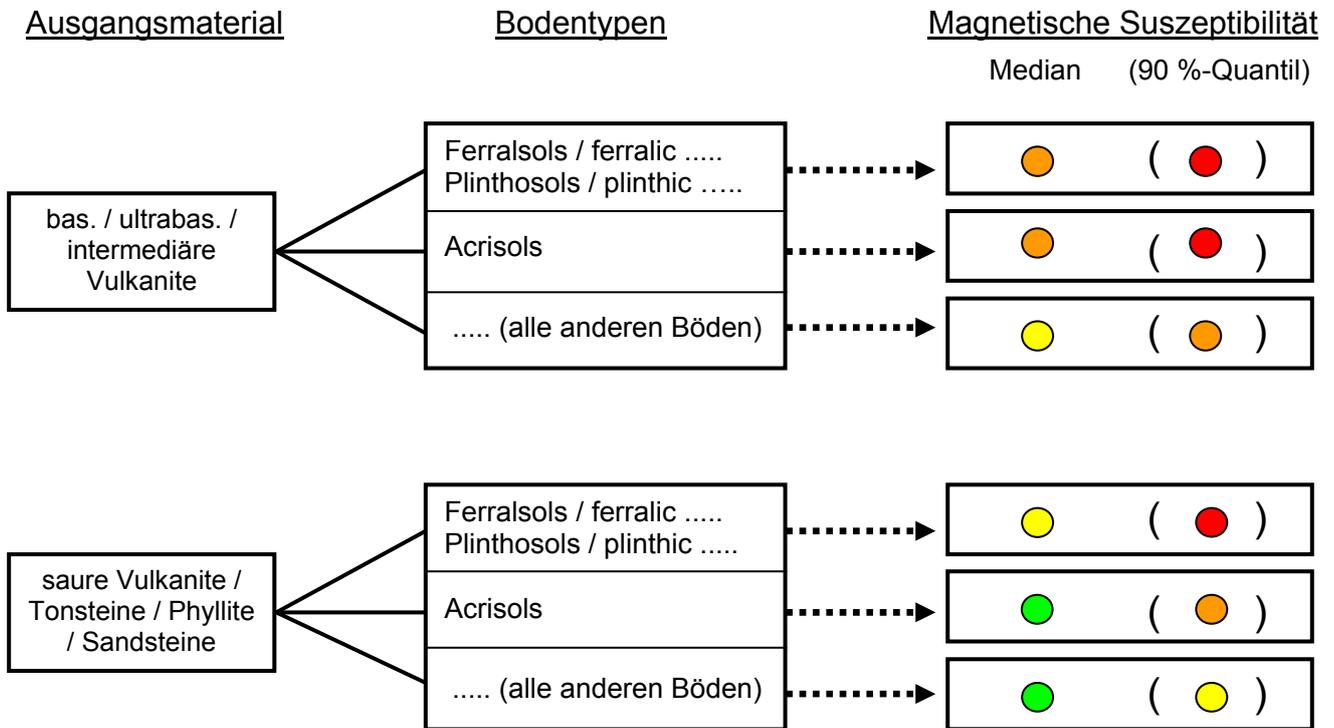


Abb. 1: Klassifikationsschema zur Vorhersage der magnetischen Suszeptibilität in Abhängigkeit von Ausgangsmaterial und Bodentyp

Auf der Grundlage vorhandener Bodenkarten von Angola und der Definitionen diagnostischer Horizonte/Bodentypen nach dem FAO- bzw. WRB-System wurde ein Schema entwickelt, das die in Angola verbreiteten Böden nach dem prognostizierten Grad der magnetischen Suszeptibilität in 4 Klassen unterschiedlichen Einflusses auf die Funktionsweise von Metalldetektoren einteilt. Seitens des Ausgangsmaterials erfolgt dabei eine Zweiteilung analog zu Tab. 1, seitens der Bodentypen eine Dreiteilung mit individueller Bewertung von Ferralsols, Plinthosols und Acrisols. Plinthosols werden in gleicher Weise wie Böden mit dem Präfix plinthic interpretiert. Die Farbsignaturen entsprechen der Klassifikation der magnetischen Suszeptibilität in Tab. 1.

### Ergebnisse

Das Ergebnis einer Umsetzung von Abb. 1 besteht in landesweiten Karten, in der die Medianwerte und die 90 %-Quantile der prognostizierten magnetischen Suszeptibilität dargestellt werden und als Hilfsmittel bei der Planung der Landminensuche eingesetzt werden können. Exemplarisch sind

in Abb. 2 die vorhergesagten 90 %-Quantile dargestellt.

Als Gebiete relativ höchster magnetischer Suszeptibilität und damit relativ höchsten Störeinflusses auf Metalldetektoren treten in Abb. 2 im NW und E des Landes Ferralsols aus beliebigen Ausgangsgesteinen, im NE vereinzelte Vorkommen basischer Vulkanite sowie im Zentrum des Hochlandes Acrisols hervor, die noch der Kategorie "hoch" zugeordnet werden.

Die erstellten Karten wurden zusätzlich mit einer Karte des Survey Action Center (SAC 2007) verschnitten, die die Lage der "impact communities" in Angola dokumentiert. Die resultierende Darstellung zeigt, dass zahlreiche betroffene Gemeinden in Gebieten hoher und sehr hoher magnetischer Suszeptibilität liegen.

Die methodische Vorgehensweise ist auf Regionen gleicher bodenkundlicher Standortbedingungen übertragbar und damit im Weltmaßstab auf andere von der Landminenproblematik betroffene Länder anwendbar.

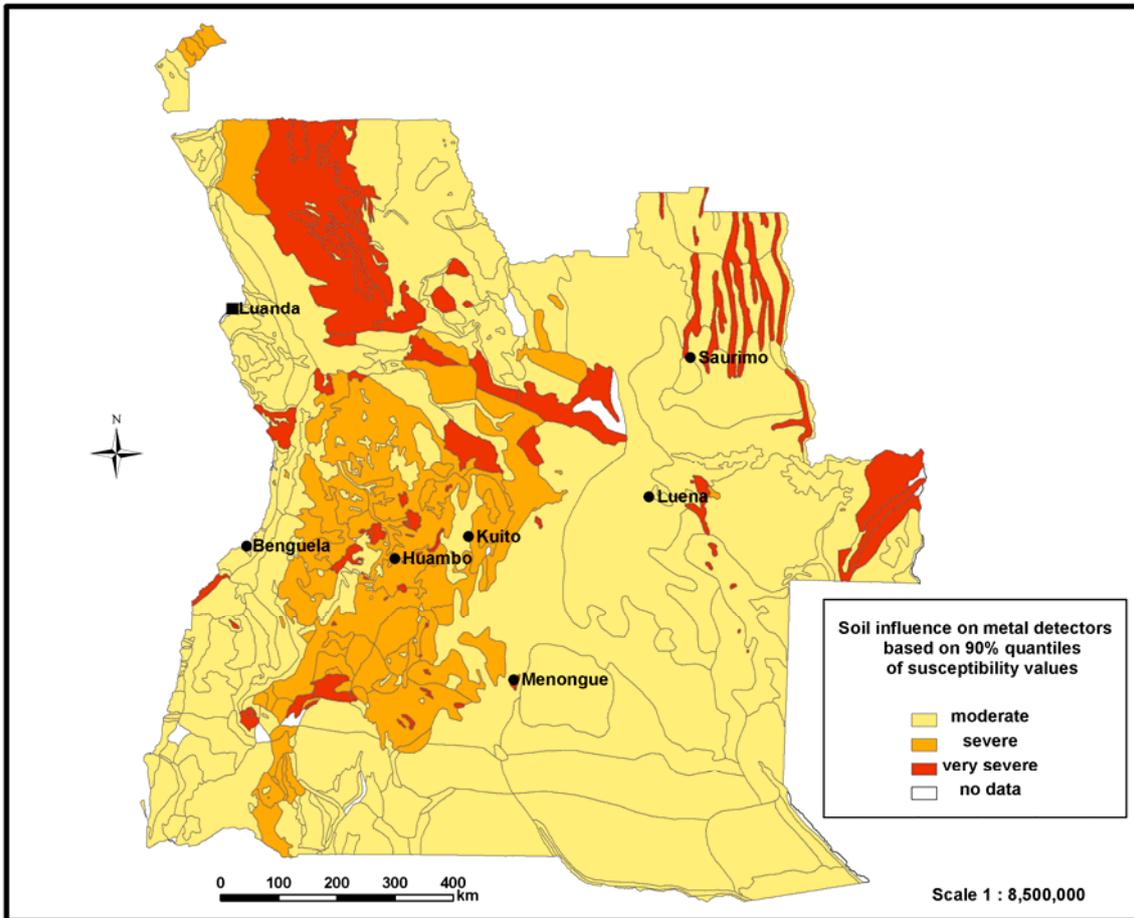


Abb. 2: Vorhergesagte magnetische Suszeptibilität der Böden Angolas auf der Grundlage der 90 %-Quantile der Daten und Klasseneinteilung aus Tab. 1

### Fazit

► Mit dem vorgestellten Algorithmus besteht bei Kenntnis des Ausgangsgesteins und des Verwitterungsgrades die Möglichkeit zur Vorhersage der bodenmagnetischen Eigenschaften und ihres Einflusses auf die Funktionsweise von Metalldetektoren.

► Mit dem zusätzlichen Tool zur Interpretation von Bodentypen nach dem FAO- oder WRB-System ist jetzt auch eine direkte Umsetzung von vorhandenen Bodenkarten möglich.

► Die Ergebnisse sind von praktischem Nutzen für Gerätehersteller und mit der Minenräumung befasste Organisationen.

► Damit existiert ein universeller Ansatz für tropische Länder, der auch von Anwendern ohne geowissenschaftliche Expertise genutzt werden kann.

### Literatur

- PREETZ, H., ALTFELDER, S. & IGEL, J. (2008): Tropical soils and landmine detection - an approach for a classification system. – Soil Sci. Soc. Am. J., 72, 151–159.
- PREETZ, H. & HENNINGS, V. (2009): Predicting metal detector performance for landmine clearance: soil magnetic map of Angola. – Environ Earth Sci, DOI 10.1007/s12665-009-0285-0.
- MINISTÉRIO DO ULTRAMAR (1965): Carta generalizada dos solos de Angola (3. Aproximação), Escala 1:3.000.00. - Junta das Missões Geográficas e das Investigações do Ultramar, Missão de Pedologia de Angola e Moçambique & Centro de Estudos de Pedologia Tropical.
- SADCC (SOUTHERN AFRICAN DEVELOPMENT COORDINATION CONFERENCE) (1991): Soil map of Angola 1:2.000.000. Draft (Revised legend FAO-UNESCO 1988). Food Security Programme, regional inventory of agricultural resource base; Harare. [http://eusoiils.jrc.it/esdb\\_archive/EuDASM/africa/lists/cao.htm](http://eusoiils.jrc.it/esdb_archive/EuDASM/africa/lists/cao.htm).
- SURVEY ACTION CENTER (SAC) (2007): Surveys – Completed Survey – Angola. [http://www.sac-na.org/surveys\\_angola.html](http://www.sac-na.org/surveys_angola.html).