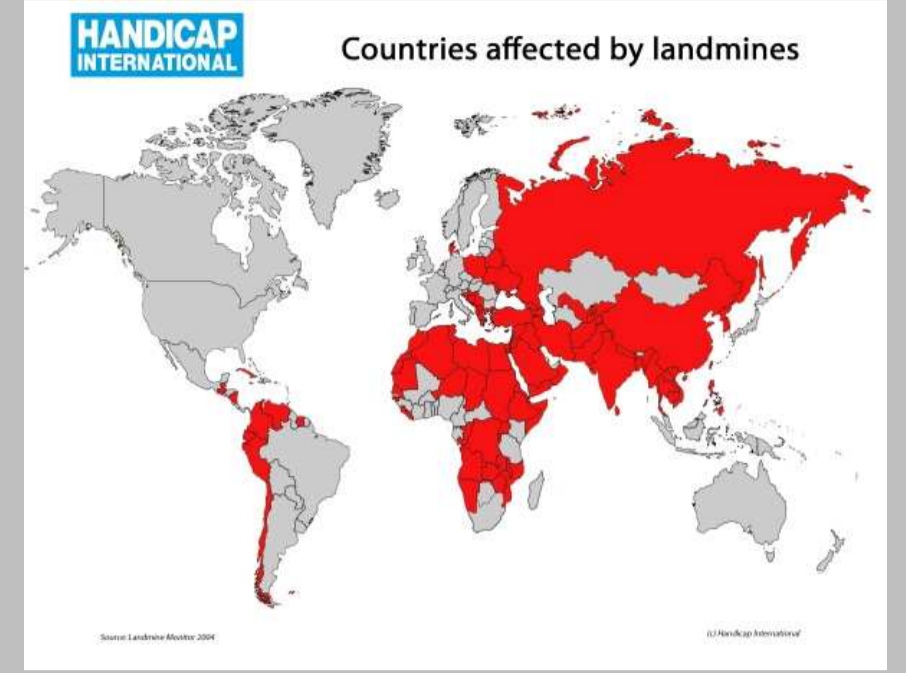


## Motivation

Der Metalldetektor, der auf dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion beruht, ist das am meisten verwendete Gerät zur Landminensuche. Der Boden, in dem die Minen vergraben sind, kann aufgrund seiner magnetischen Eigenschaften die Detektion negativ beeinflussen. Neben der absoluten Höhe der magnetischen Suszeptibilität spielt dabei auch deren Frequenzabhängigkeit eine wichtige Rolle.

Weltweit sind die Tropen die Gebiete, die am stärksten von der Landminenproblematik betroffen sind. Zusätzlich sind tropische Böden stark verwittert und weisen daher häufig ausgeprägte magnetische Eigenschaften auf. Bislang gibt es kein Klassifikationssystem mit dem der Einfluss tropischer Böden auf die Landminendetektion vorhergesagt werden kann.

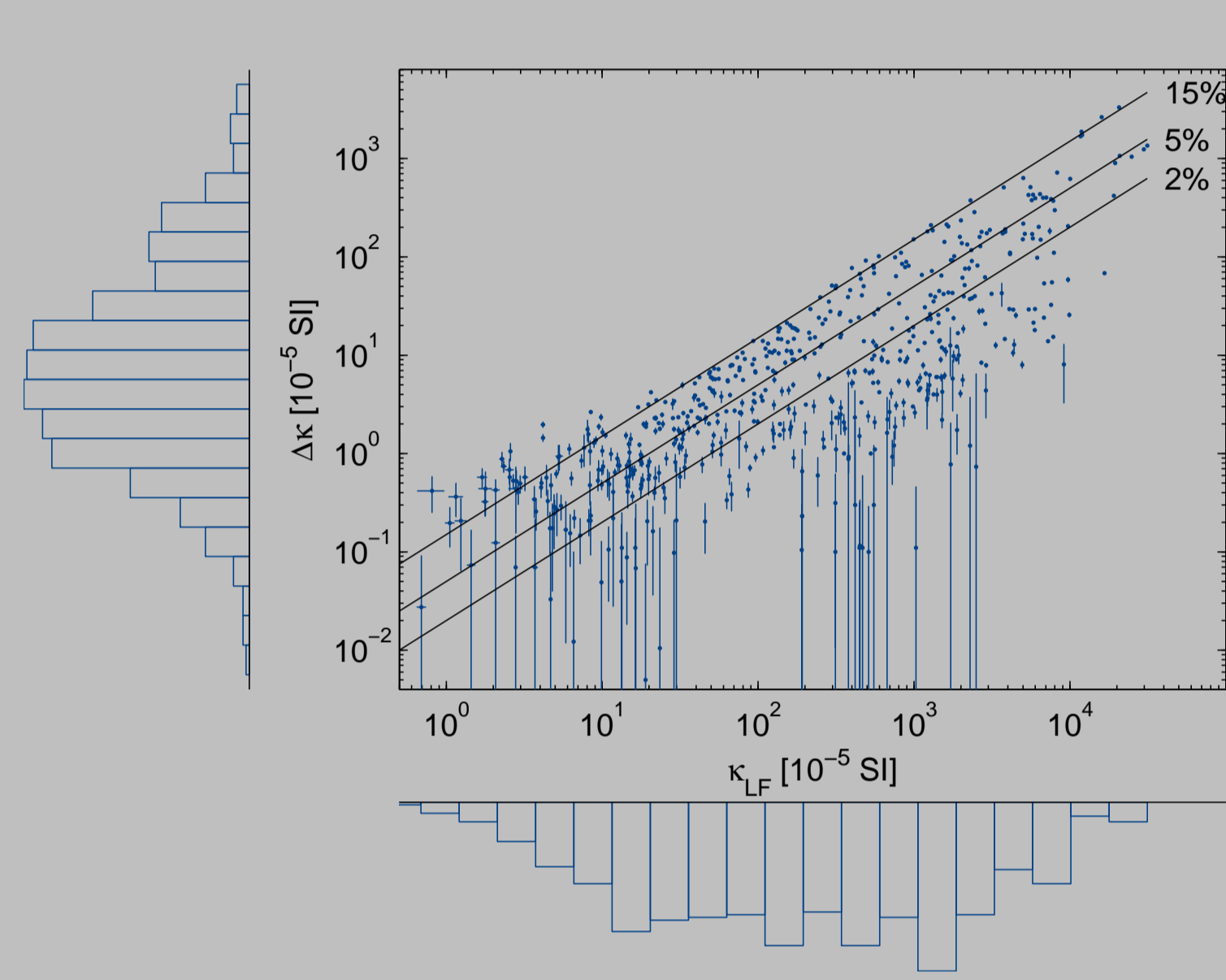


## Magnetische Bodeneigenschaften, Viskosität

- ▶ maßgeblich bestimmt durch ferrimagnetische Minerale: Magnetit, Titanomagnetit und Maghemit
- ▶ lithogener oder pedogener Ursprung
- ▶ Mineralkorngröße: groß (multidomain, MD), klein (stable single domain, SSD), ultra-feinkörnig (superparamagnetisch, SP)

- ▶ SP Minerale: magnetisch viskos  $\Rightarrow$  Frequenzabhängigkeit der magnetischen Suszeptibilität
- ▶ Hauptquelle SP Minerale: pedogene Neubildung im Zuge der Bodengeneses, residuale Anreicherung von gesteinsbürtigen SP Mineralen auch möglich
- ▶ frequenzabhängige magnetische Suszeptibilität bereitet Metalldetektoren Probleme (geringe Sensitivität, hohe Fehlalarmrate ...)

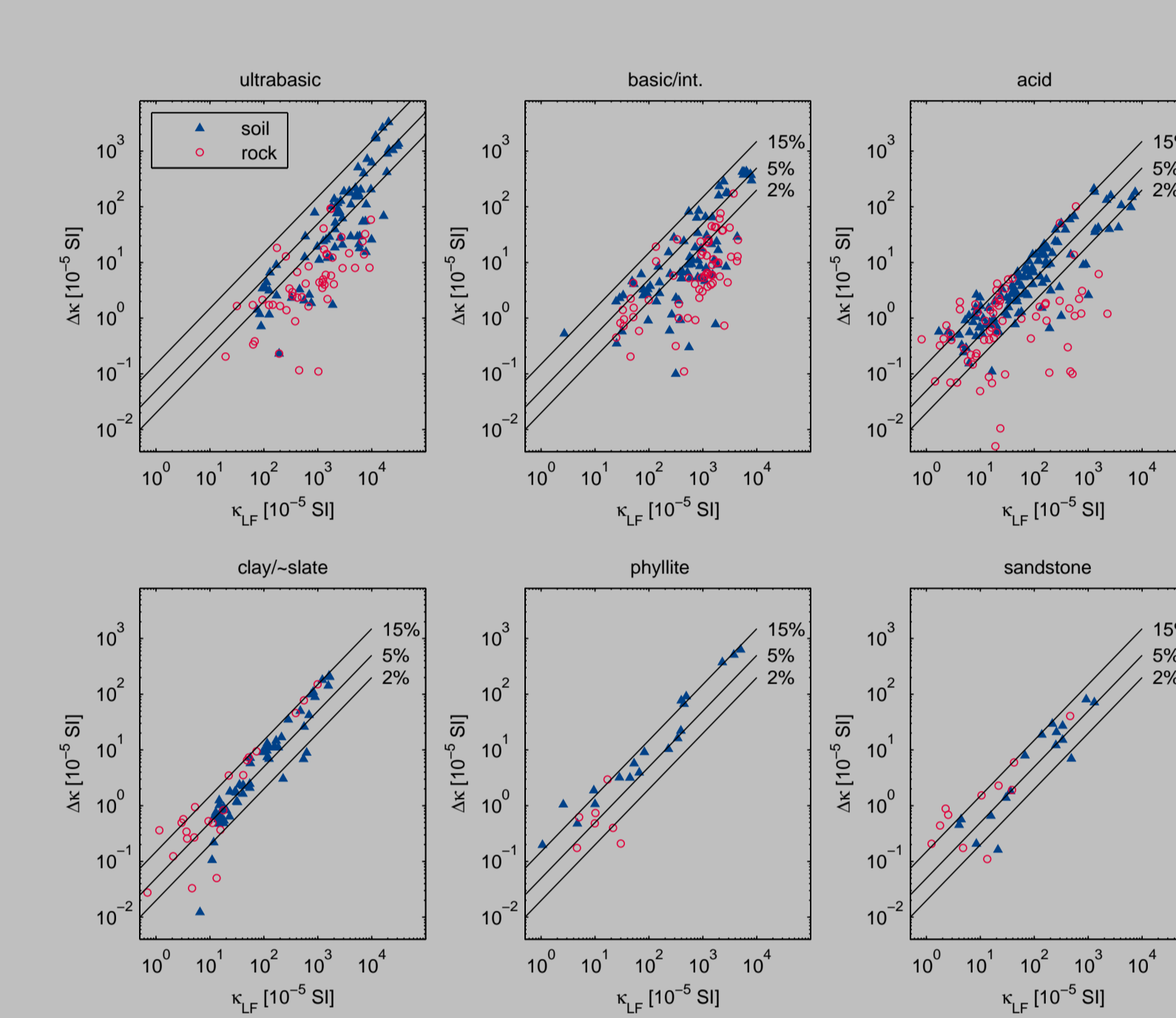
## Datensatz



Es wurden 594 Proben aus dem gesamten Tropengürtel der Erde hinsichtlich ihrer frequenzabhängigen magnetischen Suszeptibilität untersucht. Das Probenmaterial besteht aus unverwittertem und verwittertem Gestein sowie Unter- und Oberböden. Es deckt eine große Breite an silikatischen Ausgangsgesteinen ab. Dargestellt ist die absolute Frequenzabhängigkeit der Suszeptibilität

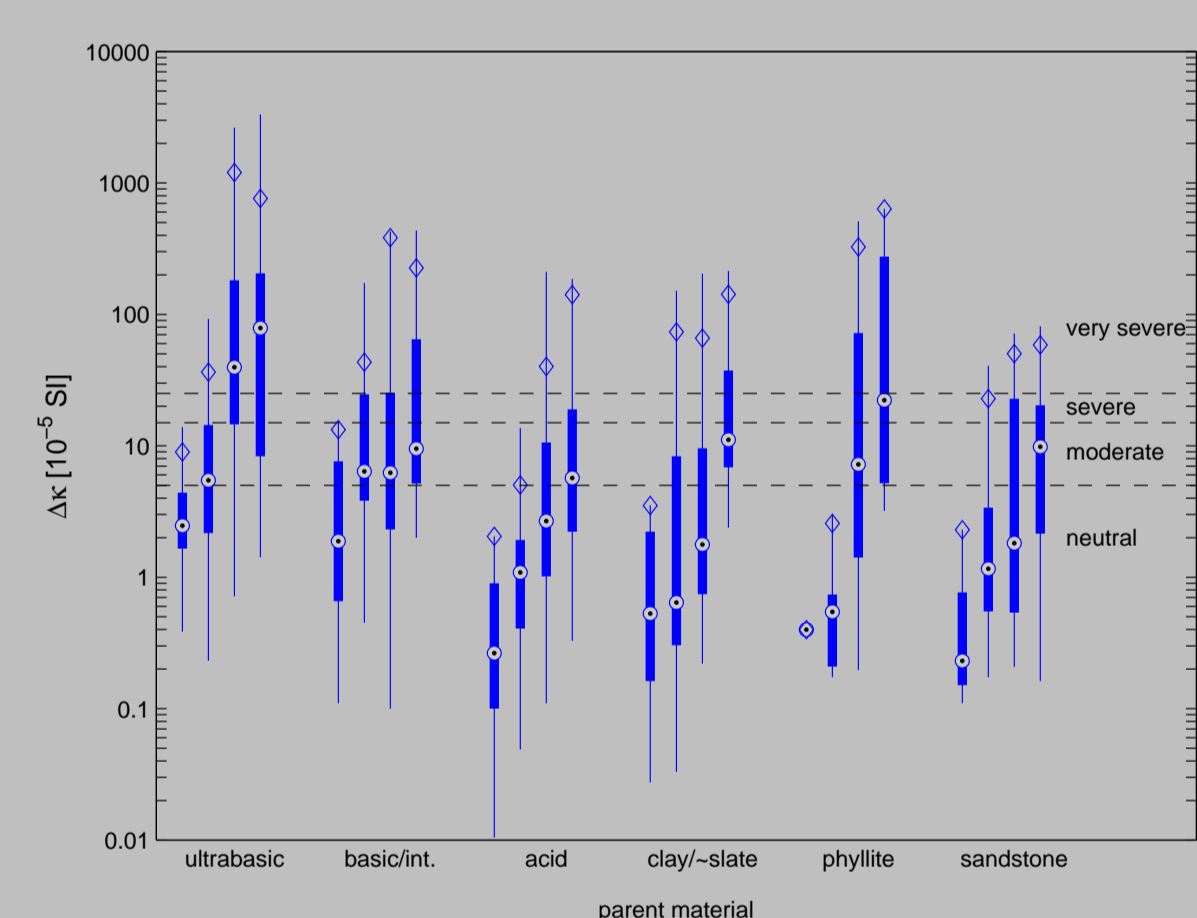
$$\Delta\kappa = \kappa_{LF} - \kappa_{HF} \text{ über } \kappa_{LF} \text{ für den gesamten Datensatz (LF/HF = 465/4650 Hz).}$$

## Einfluss des Ausgangsmaterials



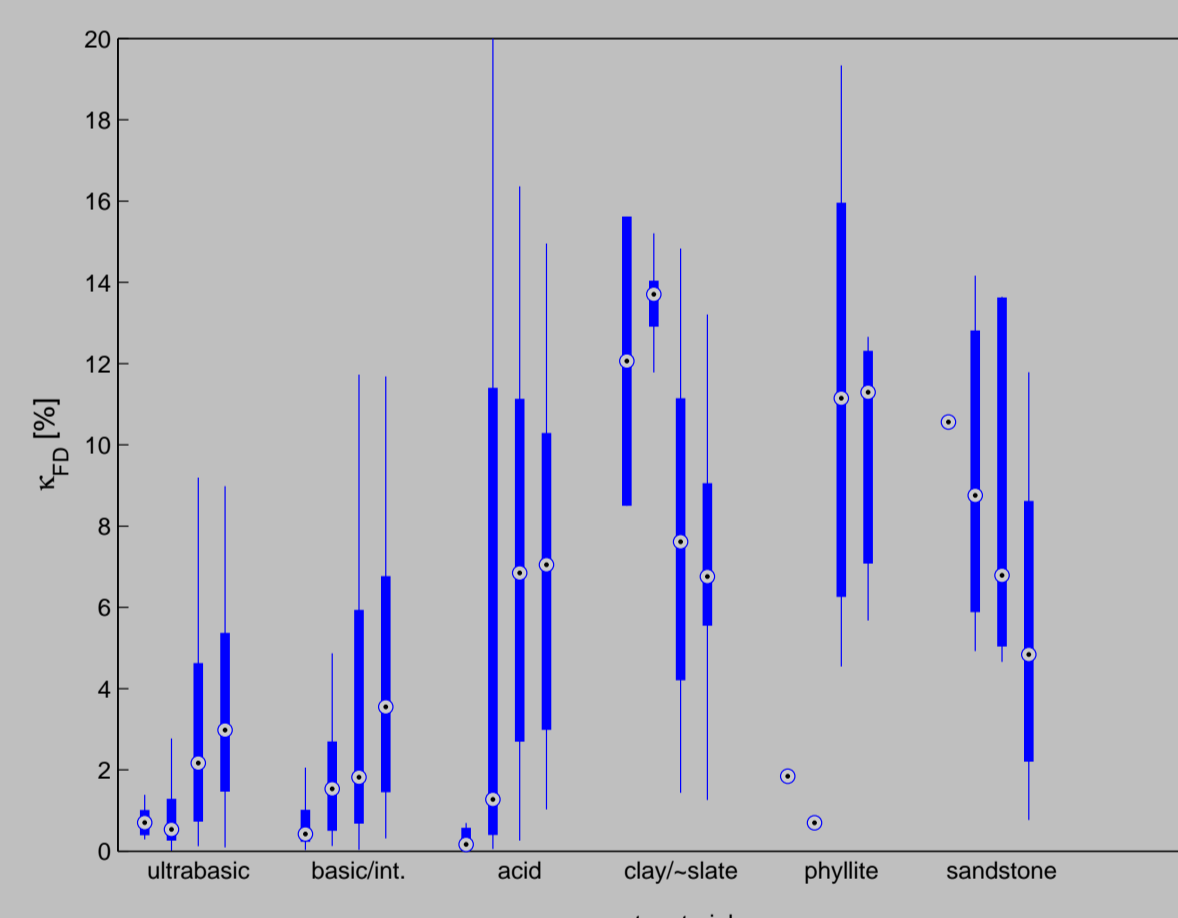
Die Proben wurden entsprechend ihrem Ausgangsgestein gruppiert. Innerhalb jeder Gesteinsklasse zeigen die Böden höhere Suszeptibilitäten und Frequenzabhängigkeiten als die entsprechenden Ausgangsgesteine, was ein klares Indiz für den Einfluss der Bodenbildung auf magnetische Eigenschaften ist. Die Variabilität innerhalb der Gruppen wird verursacht durch Unterschiede in der chemisch-mineralogischen Zusammensetzung der Ausgangsgesteine und dem unterschiedlichen Entwicklungsgrad der Böden.

## Einfluss der Verwitterung



Boxplot:  
Box: 1.-3. Quartil  
○ Median  
◇ 90%-Quantil  
- - Grenzwerte bezüglich des Bodeneinflusses auf Metalldetektoren

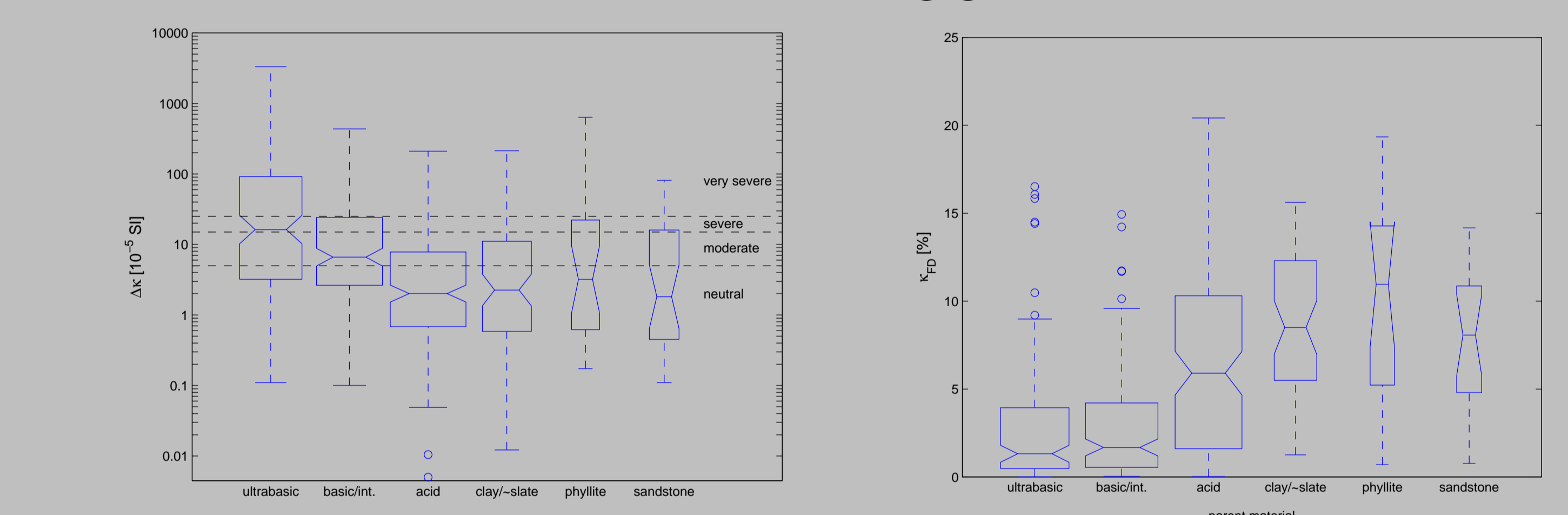
Die Verwitterung nimmt für jede Gruppe von Ausgangsgesteinen von links nach rechts zu.



Absolute (links) und relative Frequenzabhängigkeit der Suszeptibilität (rechts). Innerhalb eines Ausgangsmaterials geordnet nach: unverwittertem Gestein, verwittertem Gestein, Unterboden, Oberboden (v.l.n.r.).

- ▶ mit zunehmender Verwitterung nimmt absolute Frequenzabhängigkeit für alle Ausgangsgesteine zu  $\Rightarrow$  Zunahme der SP Minerale durch residuale Anreicherung oder Neubildung
- ▶ Ergussgesteine: relative Frequenzabhängigkeit nimmt mit Verwitterung zu  $\Rightarrow$  Neubildung SP Minerale
- ▶ Sedimente: Frequenzabhängigkeit ist schon vor Verwitterung hoch und bleibt auf hohem Niveau  $\Rightarrow$  Verwitterung und Neubildung SP Minerale halten sich die Waage

Absolute Frequenzabhängigkeit  $\Delta\kappa$  (links) ist Maß für die Gesamtmenge an SP Teilchen in einer Probe, die relative Frequenzabhängigkeit  $\kappa_{FD} = \Delta\kappa/\kappa_{LF}$  (rechts) für die Konzentration der SP Teilchen an den magnetischen Mineralen.



▶ ultrabasischer + basisch/intermediärer Ursprung: hohe absolute und geringere relative Frequenzabhängigkeit  $\Rightarrow$  magnetische Eigenschaften durch lithogene Minerale bestimmt (MD, SSD, SP), die bei der Kristallisation Fe-reicher Schmelzen entstehen und während der Bodenbildung zusätzlich angereichert werden

- ▶ saurer + sedimentärer Ursprung: geringere absolute und hohe relative Frequenzabhängigkeit  $\Rightarrow$  magnetische Eigenschaften durch ultra-feine SP Minerale bestimmt, die bei der Pedogenese neu gebildet werden

## Ergebnis: Prognose des Bodeneinflusses auf die Landminensuche

Ausgangsgestein	Unabhängig von Verwitterung	Verwitterungsgrad			
		unverw. Gestein	verw. Gestein	Unterboden	Oberboden
Ultrabasisch	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■
Basisch/intermediär	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■
Sauer	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■
Ton/Tonschiefer	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■
Phyllite	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■
Sandstein	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■

Bodeneinfluss auf Detektion von Landminen:

■ neutral, ■ moderat, ■ stark, ■ sehr stark, - keine Daten, □ geringe Anzahl von Daten.

Das erste Symbol entspricht dem Median, das zweite dem 90%-Quantil der Frequenzabhängigkeit der magnetischen Suszeptibilität.

- ▶ Die frequenzabhängige magnetische Suszeptibilität wurde entsprechend ihres Einflusses auf Metalldetektoren bewertet.
- ▶ Das erste Symbol entspricht dem im Mittel zu erwartenden Einfluss, das zweite dem schlimmstenfalls zu erwartenden Einfluss.
- ▶ Das Prognosesystem kann von Organisationen, die mit dem Räumen von Landminen befasst sind verwendet werden, um den Bodeneinfluss auf die Minensuchgeräte schon im Vorfeld einer Kampagne abzuschätzen.
- ▶ Das Ausgangsgestein kann anhand von geologischen oder Bodenkarten oder durch einen Geowissenschaftler vor Ort bestimmt werden.
- ▶ Es können für die jeweilige Region geeignete Metalldetektoren beschafft werden oder in extremen Fällen auf andere Suchmethoden ausgewichen werden.