

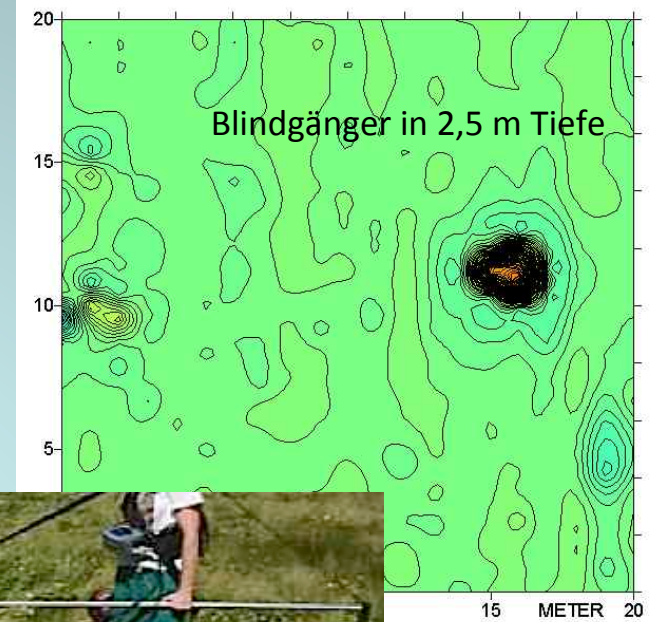
Die unmagnetische Bombe – ein Märchen?



Prof. Dr. Dr. habil. Kord Ernstson

Ebinger Prüf- und Ortungstechnik GmbH

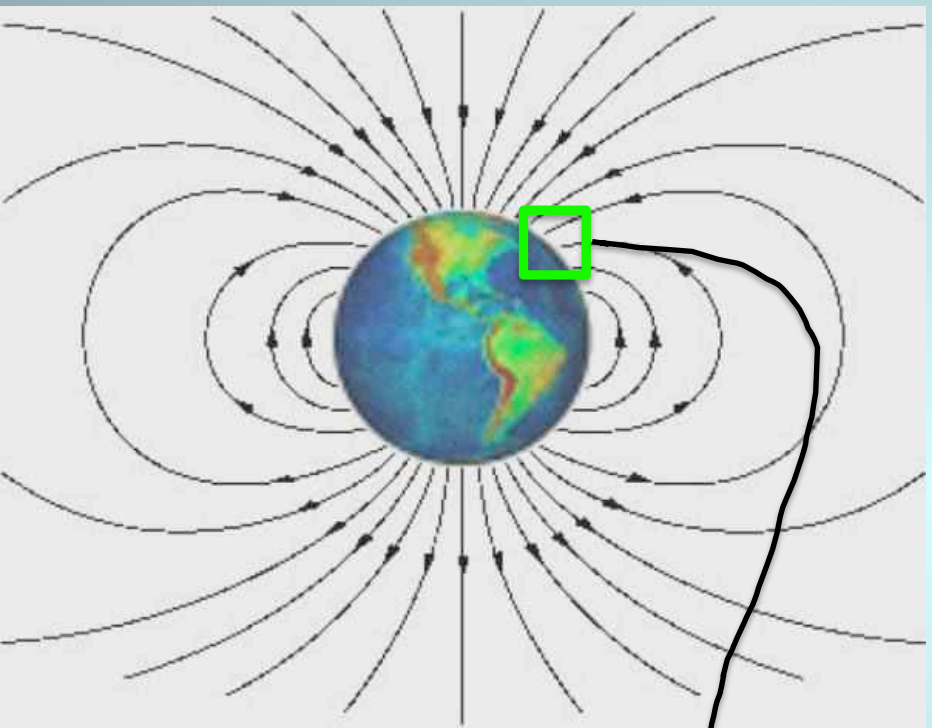
Worum geht es?



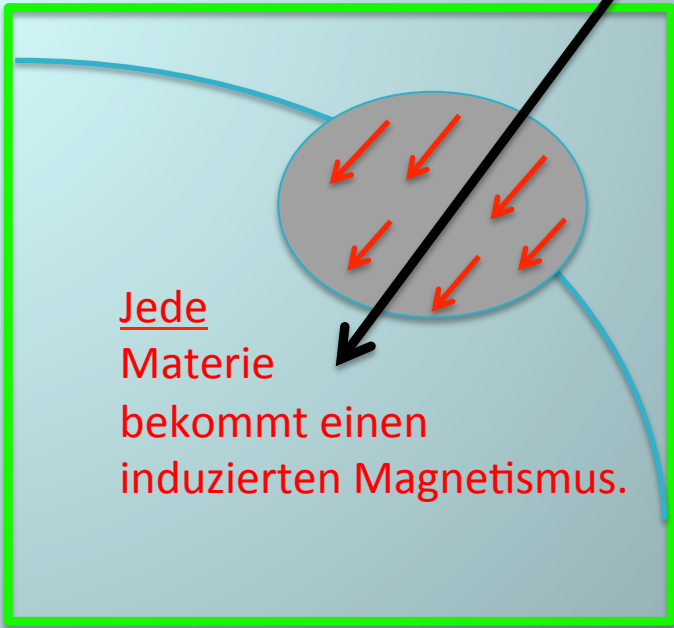
Ortung von Kampfmitteln
mit Magnetfeldmessungen -
Magnetometern,
Gradiometern

...und die Signifikanz der
Anzeige von Messgeräten

Grundlage aller Magnetik-Messungen in der Kampfmittelortung: das Erdmagnetfeld



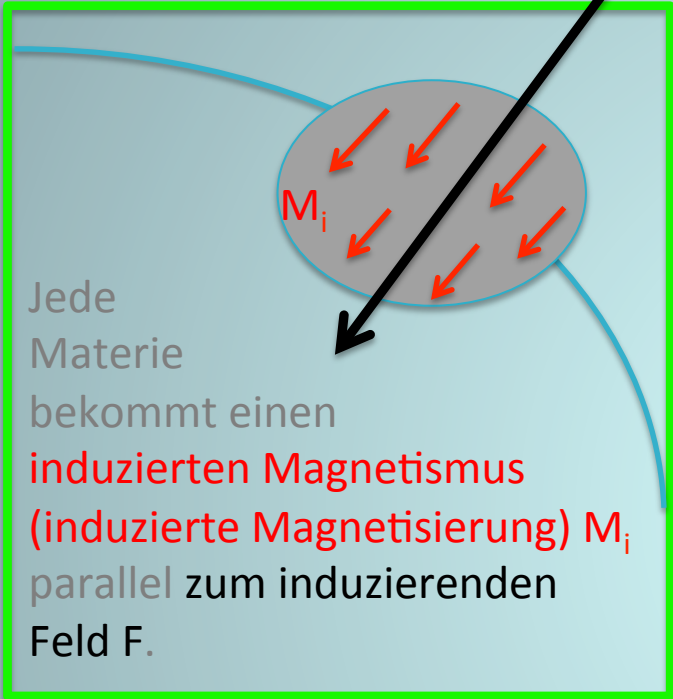
Vektor des induzierenden Erdmagnetfeldes



Jede Materie bekommt einen induzierten Magnetismus.

Vektor des induzierenden Erdmagnetfeldes

F



$$M_i = k * F$$

k magnetische Suszeptibilität

materialspezifisch

Der Magnetisierungsprozess bei der Induktion hat verschiedene Gesichter: man spricht von Dia-, Para-, Ferri-, Antiferro- und Ferromagnetismus. Ferri- und Ferromagnetismus ist besonders stark, Dia-, Para und Antiferromagnetismus ziemlich schwach.

Quarz, Calcit, Wasser sind diamagnetisch $k \approx -10^{-5}$
 Feldspat, Glimmer sind paramagnetisch $k = + 10^{-4} - 10^{-2}$
 Eisen ist ferromagnetisch $k = + 10^3 - 10^4$



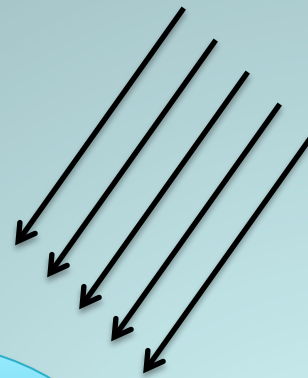
Bomben sind vor allem ferromagnetisch.

Die unmagnetische Bombe – ein Märchen?



Ja!

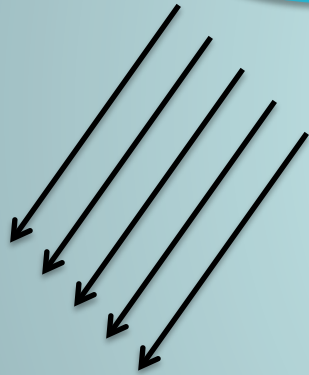
... und nein



magnetisierendes,
induzierendes
Erdmagnetfeld der
Stärke F



Vektor des induzierten
Magnetismus, der induzierten
Magnetisierung M_i



$$M_i = k * F$$

k magnetische
Suszeptibilität

Einheiten:
M, F [A/m]

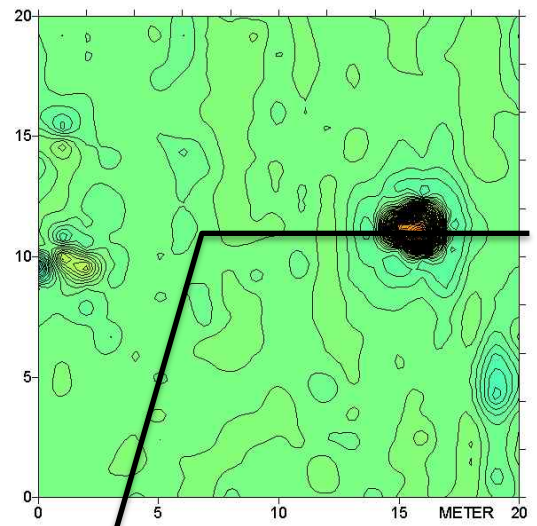
k dimensionslose
SI -Einheiten

$$B = \mu_0 * F$$

Die magnetische Induktion in Tesla (T) bzw. nT oder nT/m misst das Magnetometer.

μ_0 magnetische Permeabilität





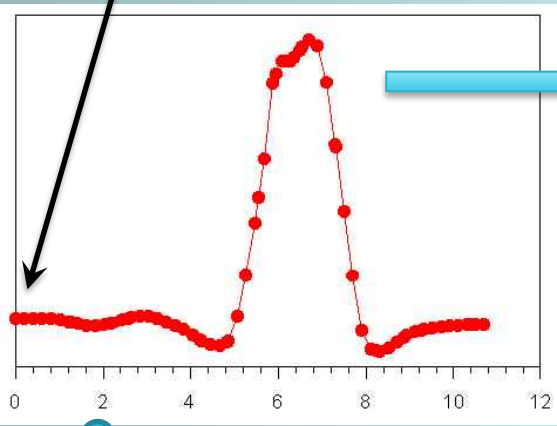
$$B_{\text{gemessen}} = m/z^3 * f(x, z)$$

1-Sensor-Magnetometer

$$B_{\text{gemessen}} = m/z^4 * f(x, z)$$

Gradiometer

$m = M_i * V = k * F * V$, m = magnetisches Dipolmoment
 V = Volumen
 M_i = induzierte Magnetisierung
 k = Suszeptibilität
 F = induzierendes Magnetfeld

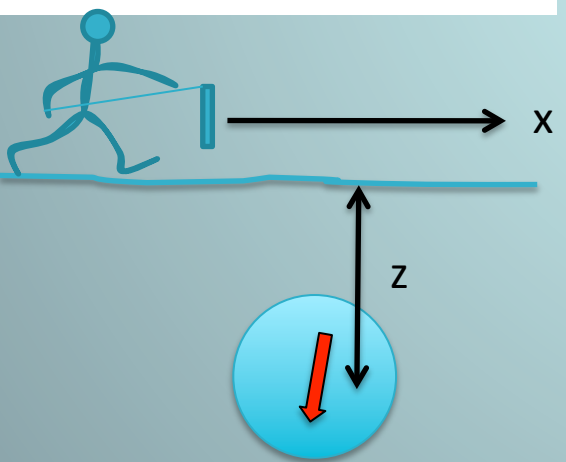


Aus der gemessenen Kurve lassen sich die Tiefe z und aus dem Kurvenmaximum das Dipolmoment m ableiten.

$$m = M_i * V = k * F * V$$

$$V = m/k * F$$

Suszeptibilität von Eisen



In der Kampfmittelräumung:
 Abschätzung der **Objektgröße**
 aus der magnetischen Anomalie.



Die großen Fragezeichen bringen uns auf die Spur der unmagnetischen Bombe.

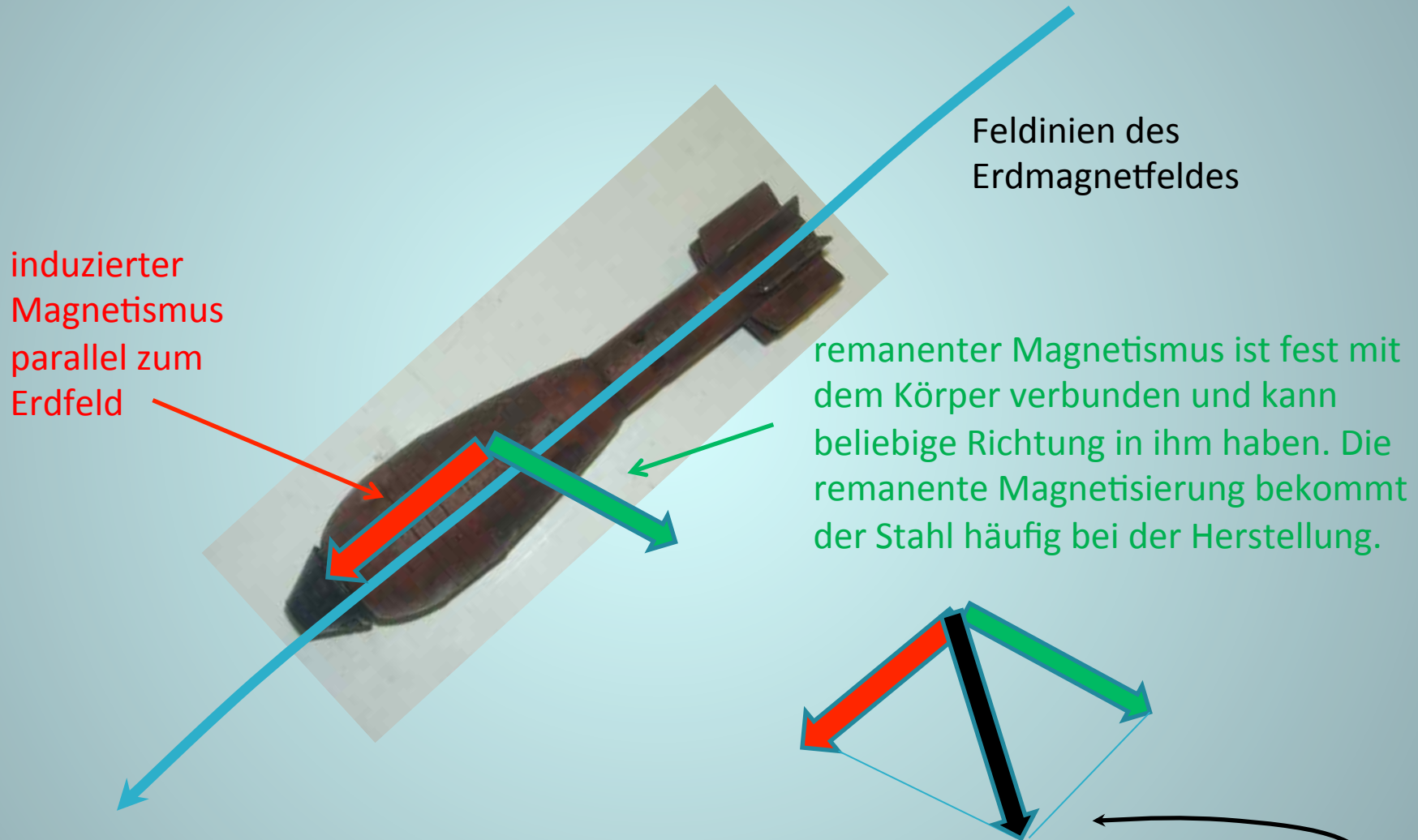
Die unmagnetische Bombe – ein Märchen?



Jein

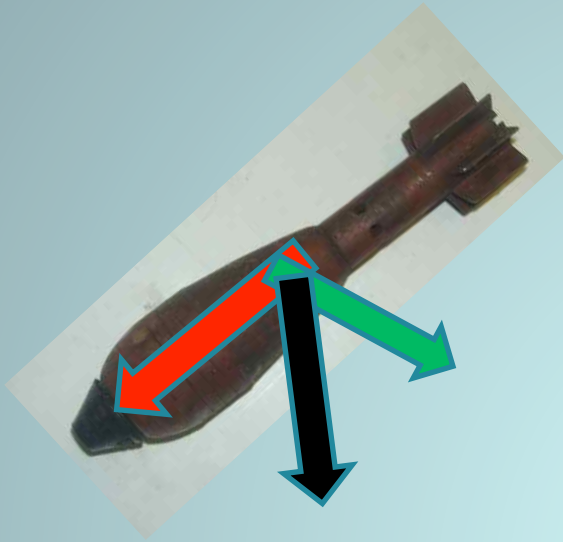
JEIN

Es gibt zwei Arten von Magnetismus: induzierten Magnetismus und remanenten (bleibenden) Magnetismus.

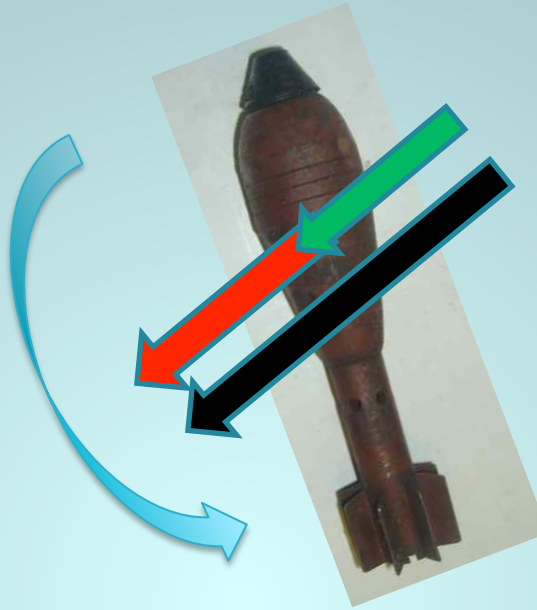


Durch die Überlagerung (vektorielle Addition) bekommt der Körper Stärke und Richtung des wirksamen Magnetismus.

Was ist die Konsequenz? Ein Beispiel:



induzierter und
remanenter
Magnetismus
haben
unterschiedliche
Richtung →
mittelstarker
Magnetismus



induzierter und
remanenter
Magnetismus haben
dieselbe Richtung →
starker Magnetismus

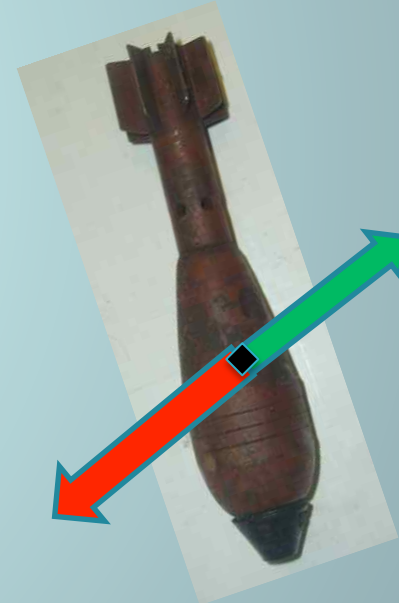
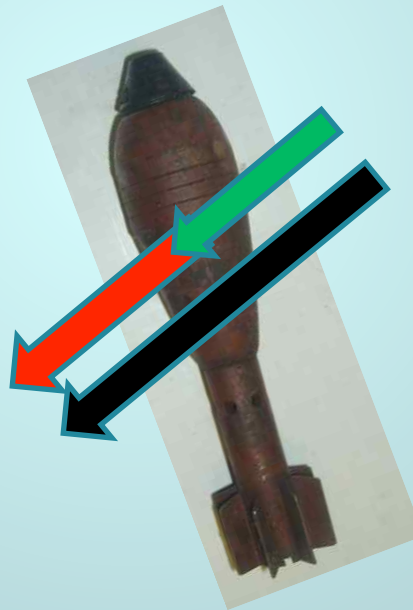
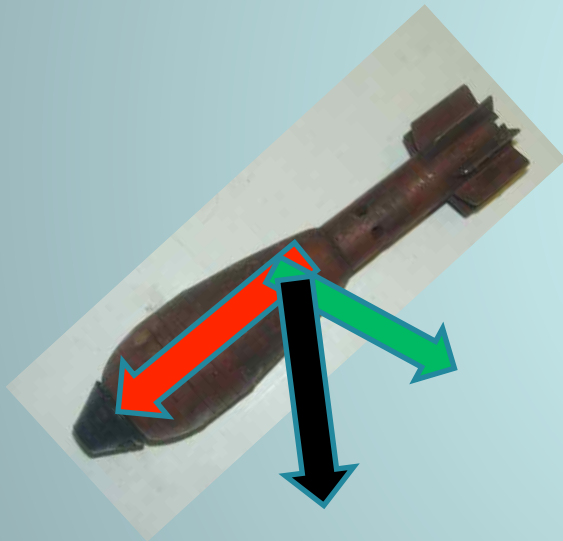
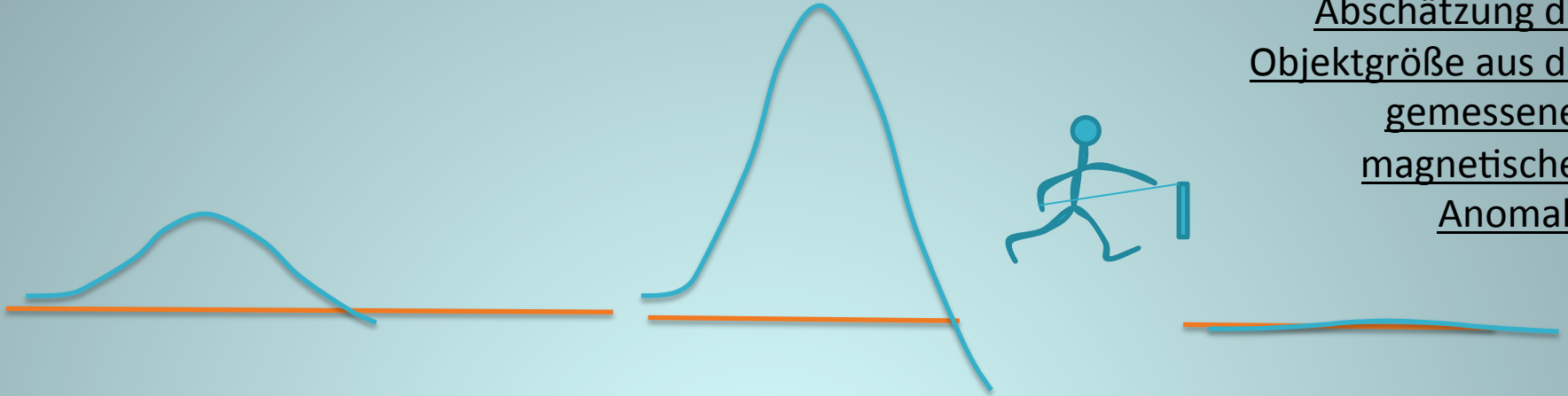


induzierter und
remanenter
Magnetismus haben
ähnliche Stärke aber
entgegen gesetzte
Richtung → sehr
geringer Magnetismus

Je nach Lage des Blindgängers im Untergrund und der Orientierung und Stärke des remanenten Magnetismus ergeben sich ganz unterschiedliche „Reaktionen“ des Magnetometers!

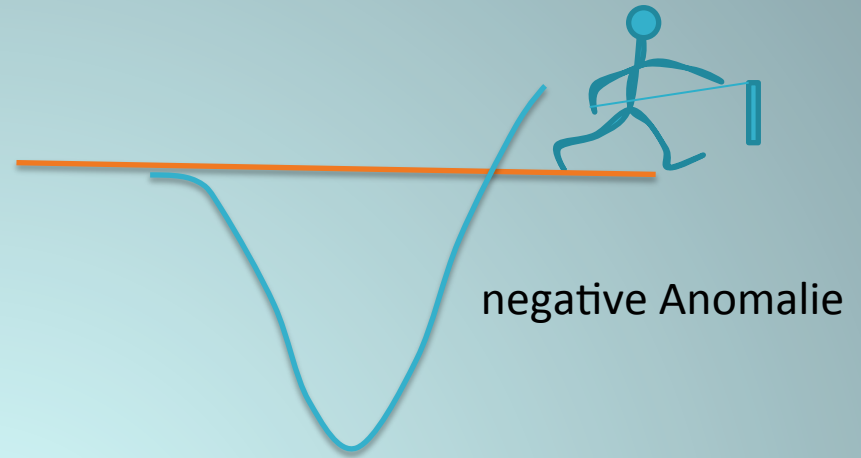
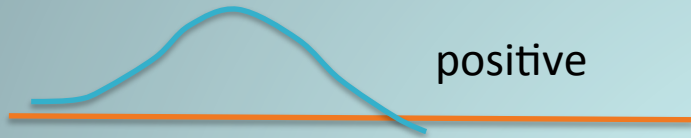
Was ist die Konsequenz?

äußerst fragwürdig:
Abschätzung der
Objektgröße aus der
gemessenen
magnetischen
Anomalie

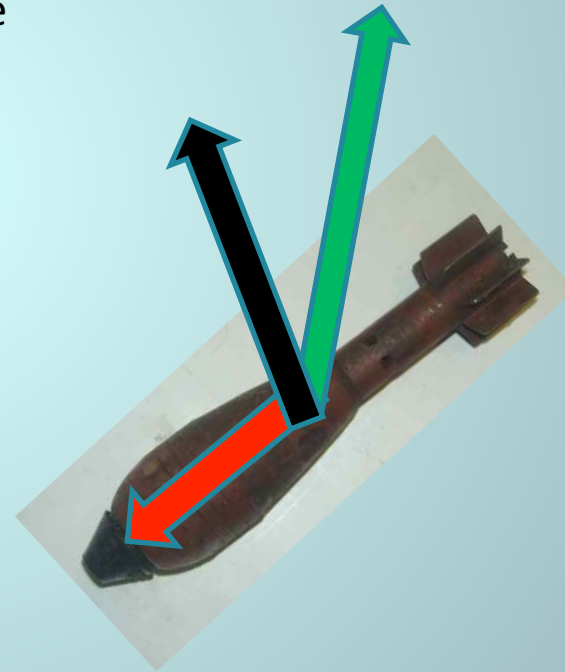
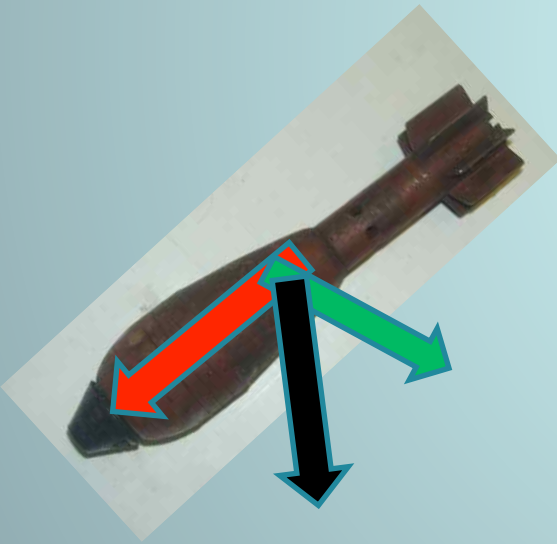


Je nach Lage des Blindgängers im Untergrund und der Orientierung und Stärke des remanenten Magnetismus ergeben sich ganz unterschiedliche „Reaktionen“ des Magnetometers!

Was ist eine weitere Konsequenz?



Dieselbe Lage der Bombe aber völlig verschiedene Anomalien!



Je nach Lage des Blindgängers im Untergrund und der Orientierung und Stärke des remanenten Magnetismus ergeben sich ganz unterschiedliche „Reaktionen“ des Magnetometers!

Das Experiment:



602 g 30 nT/m



2500 g 480 nT/m

5000 g

27 g

4 g

515 g

515 g

85 nT/m

68 nT/m

514 nT/m

5 nT/m

55 nT/m



Kanonenkugel



Fischdose



kleiner Stabmagnet



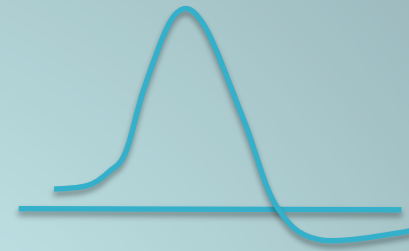
Was sagen uns das Experiment und darüber hinaus die physikalischen Gesetze?

Aus der mit dem Magnetometer gemessenen magnetischen Anomalie und ihrer Stärke lässt sich nicht die Menge des Eisens und damit nicht die Größe und Art eines Objektes ableiten, nicht einmal annäherungsweise.

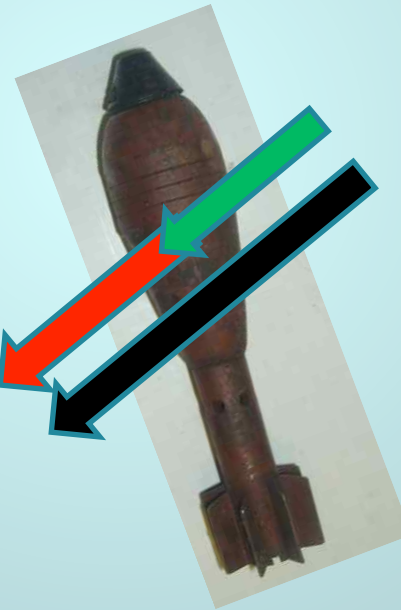
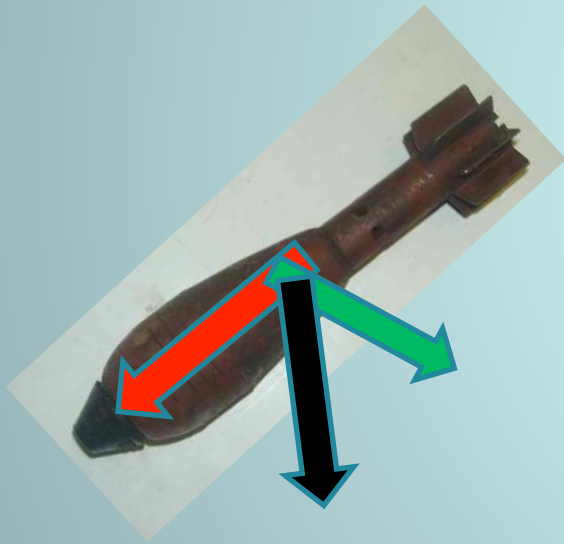
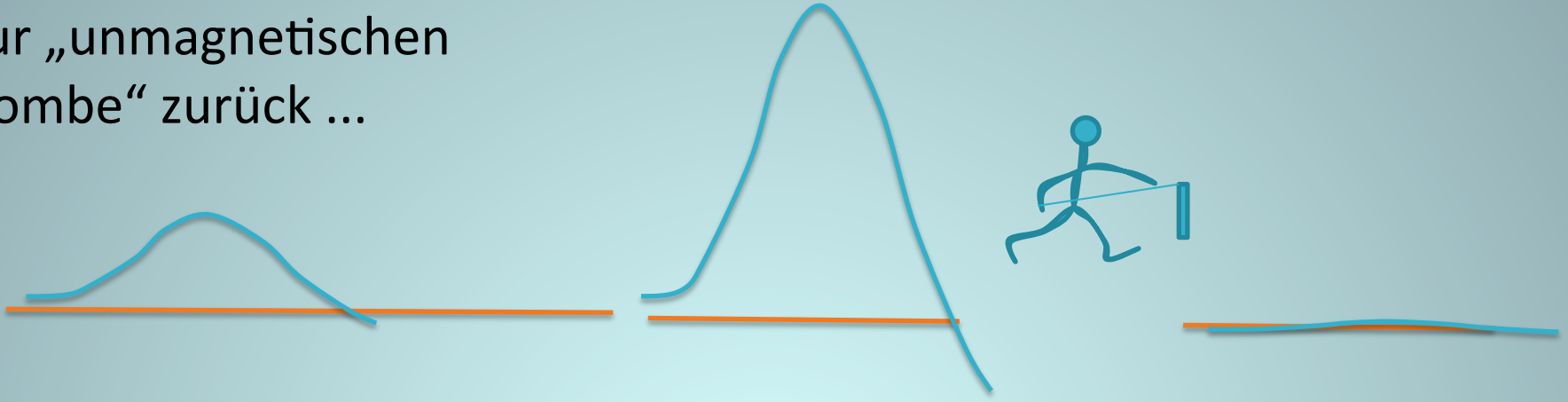
Der Grund ist der bei sehr vielen eisenmagnetischen Objekten anzutreffende remanente Magnetismus.

Entgegen dieser physikalisch feststehenden Tatsache wird auch heute noch in Prospekten, in Räumtabellen, bei Kampfmittelräumdiensten und in Behörden ein solcher Zusammenhang hergestellt.

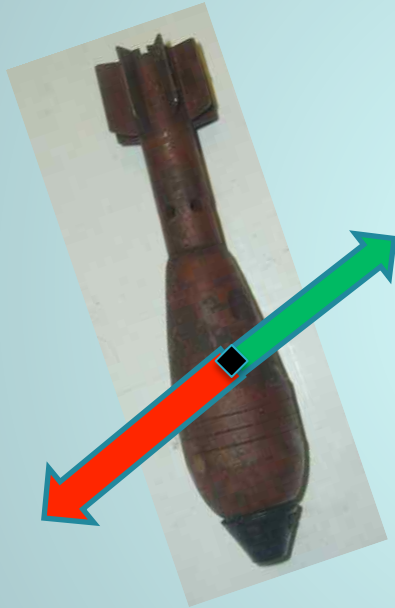
Damit sollte Schluss sein!



... und damit kommen wir zur „unmagnetischen Bombe“ zurück ...

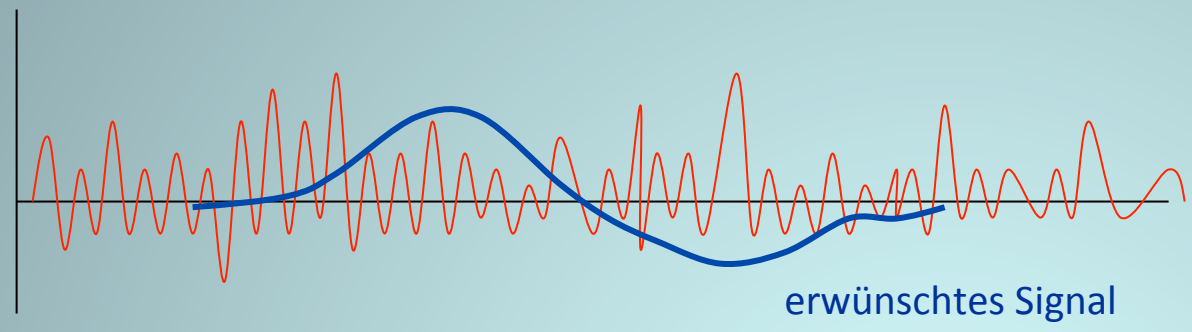


Je nach Lage des Blindgängers im Untergrund und der Orientierung und Stärke des remanenten Magnetismus ergeben sich ganz unterschiedliche „Reaktionen“ des Magnetometers!



1. Eine Bombe ist nicht unmagnetisch, auch wenn der extrem unwahrscheinliche Fall gegeben sein sollte, dass Richtung und Stärke der beiden Magnetisierungsvektoren exakt identisch sind. Es ist festzuhalten:
2. Eine Bombe ist grundsätzlich magnetisch. Der „Knackpunkt“ ist:
3. Ist die Bombe messbar magnetisch? Das hängt ab von
4. dem Signal/Rausch-Verhältnis – ein wichtiger Punkt bei physikalischen Messungen.

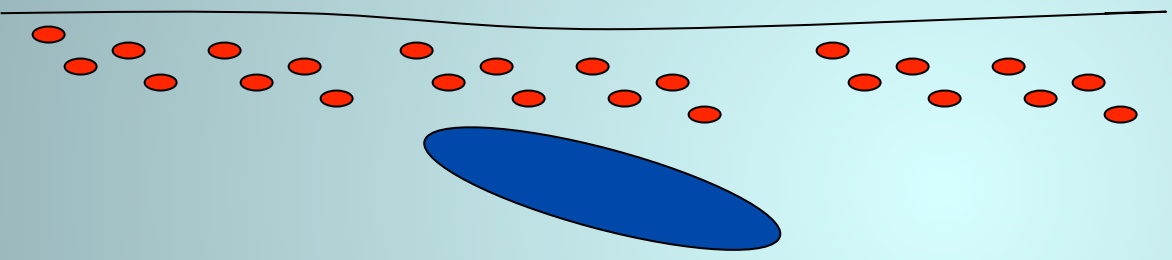
Das Signal-Rausch-Verhältnis



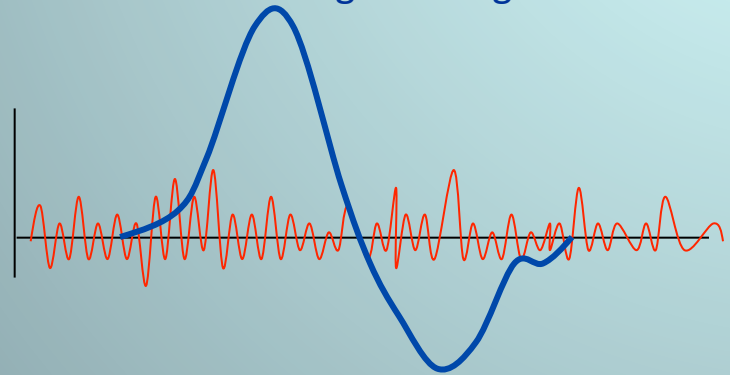
unerwünschtes Rauschen

physikalisches Rauschen
Elektronik des Messinstrumentes
(thermisches Rauschen);
Störschwingungen aus z.B.
Hochspannungsleitungen

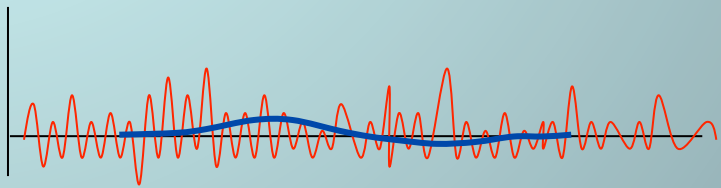
geologisches Rauschen
magnetische Böden, Gesteine,
anthropogene Verunreinigungen



großes Signal-Rausch-Verhältnis



kleines Signal-Rausch-Verhältnis



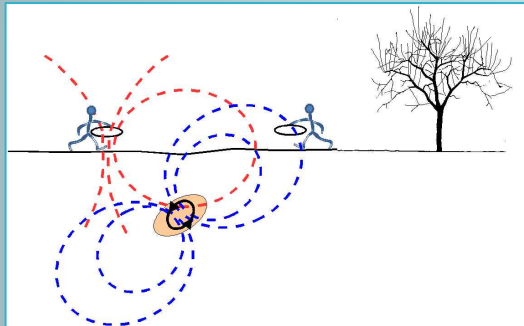
Drei Konsequenzen

1. Im Hinblick auf das Signal-Rausch-Verhältnis gibt es ganz klar die unmagnetische Bombe ... besser: die magnetisch nicht mehr messbare Bombe ...! **Sie ist kein Märchen!** Bei den Kampfmittelräumdiensten sollte das Thema nicht unter den Tisch gekehrt werden.
2. Durch den Einsatz der modernen Digital-Messtechnik und ein leistungsfähiges Daten-Processing ist das Signal-Rausch-Verhältnis signifikant zu verbessern (z.B. durch digitale Filter), was neben vielen anderen einschneidenden Vorteilen auch den Vorteil hat, das Problem der unmagnetischen Bombe zu reduzieren.
3. Auch die Digitaltechnik kommt an ihre Grenzen. Es gibt das belegte Beispiel, dass eine auf einem Testfeld vergrabene 250 kg-Bombe in 3 m Tiefe selbst mit dem besten Magnetik-Digitalsystem und der ausgeklügeltsten Datenverarbeitung nicht zu sehen ist.





Damit sind die prinzipiellen Nachteile des passiven Magnetik-Ortungsverfahrens aufgezeigt. Man muss sich damit nicht abfinden.



Eine zeitgemäße Kampfmittelortung nutzt deshalb vorteilhaft zusätzlich oder alternativ die aktiven Induktionsverfahren der Frequenz- und Impulselektromagnetik.

