

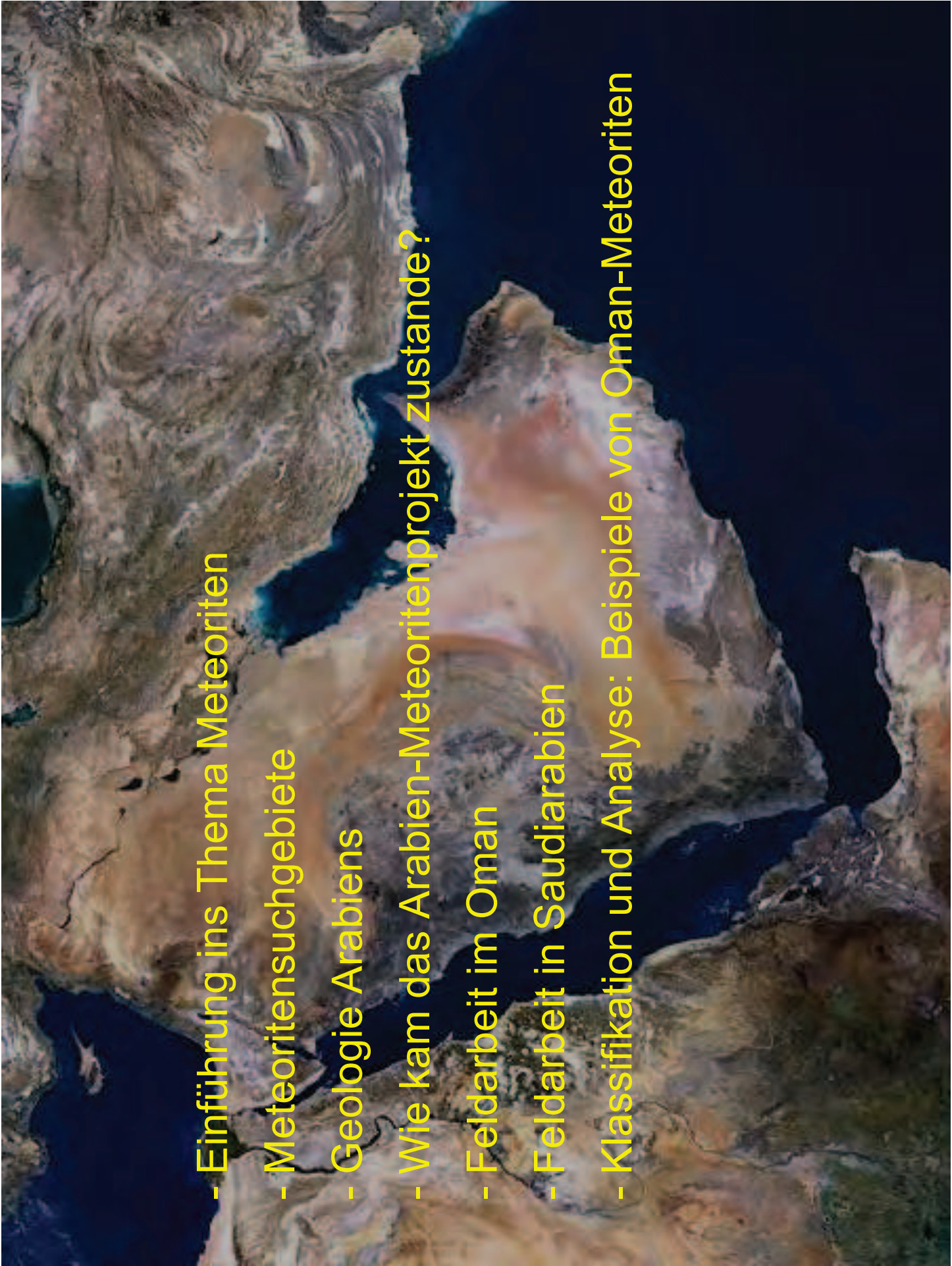


Die Nadel im Heuhaufen - Wie man Meteoriten findet und was sie bedeuten

Beda A. Hofmann

**Naturhistorisches Museum der Burggemeinde Bern*
& Institut für Geologie der Universität Bern**

***Bernastrasse 15, CH-3005 Bern
beda.hofmann@geo.unibe.ch**

- 
- Einführung ins Thema Meteoriten
 - Meteoritensuchgebiete
 - Geologie Arabiens
 - Wie kam das Arabien-Meteoritenprojekt zustande?
 - Feldarbeit im Oman
 - Feldarbeit in Saudiarabien
 - Klassifikation und Analyse: Beispiele von Oman-Meteoriten



Ueber

Feuer = Meteoze,

und

über die mit denselben

herabgefallenen Massen,

von

Ernst Florens Friedrich Chladni,

der Philosophie und Rechte Doctor, der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg, der königl. Akademien zu Berlin, München und Turin, der königl. Societäten der Wissenschaften zu Göttingen und zu Haarlem, der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin, der philomatischen zu Paris, der Großherzogl. mineralogischen zu Jena, der Akademie der Künste und Wissenschaften zu Livorno, der Gesellschaft für Naturkunde zu Rostock, der Hamburgischen zu Gvorno, der Gesellschaft für Künste und nützlichen Gewerbe, der naturforschenden Gesellschaft zu Halle, der naturhistorischen zu Hannover, und noch einiger andern theils Mitgliede, theils Correspondenten.

Mit zehn Steindrucktafeln und deren Erklärung,

von

Carl von Schreibers,

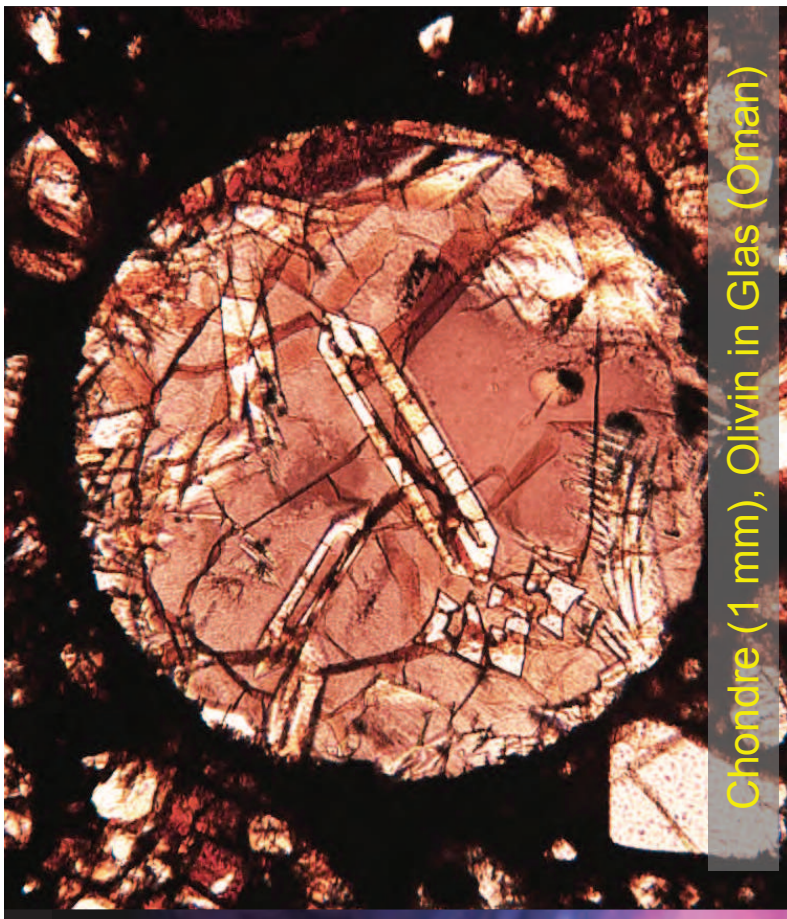
Director der k. k. Hof = Naturalien = Cabinetts zu Wien.

Wien 1819.

Im Verlage bey J. G. Heubner.



Das Sonnensystem vor 4568 Millionen Jahren



Chondre (1 mm), Olivin in Glas (Oman)



Das Sonnensystem vor 4568 Millionen Jahren



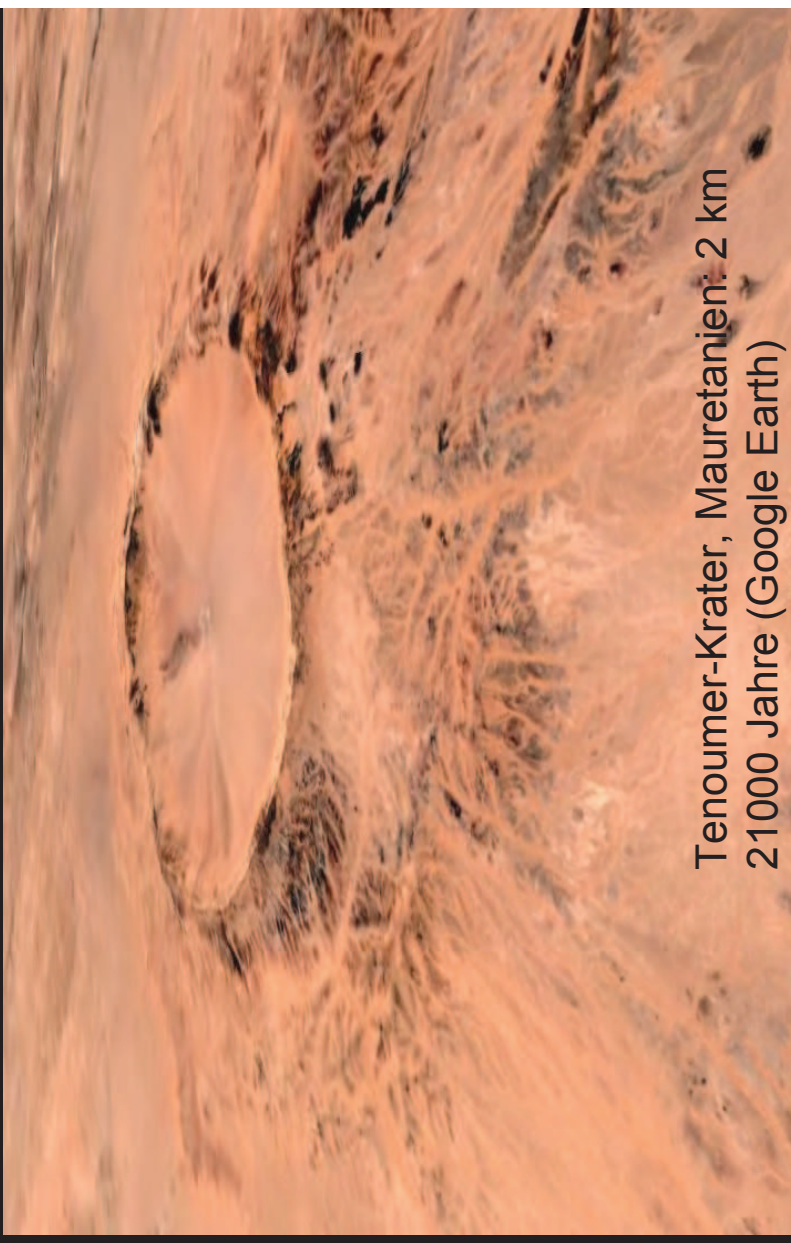
Das Sonnensystem heute



Was geschieht beim Fall von Meteoriten ?

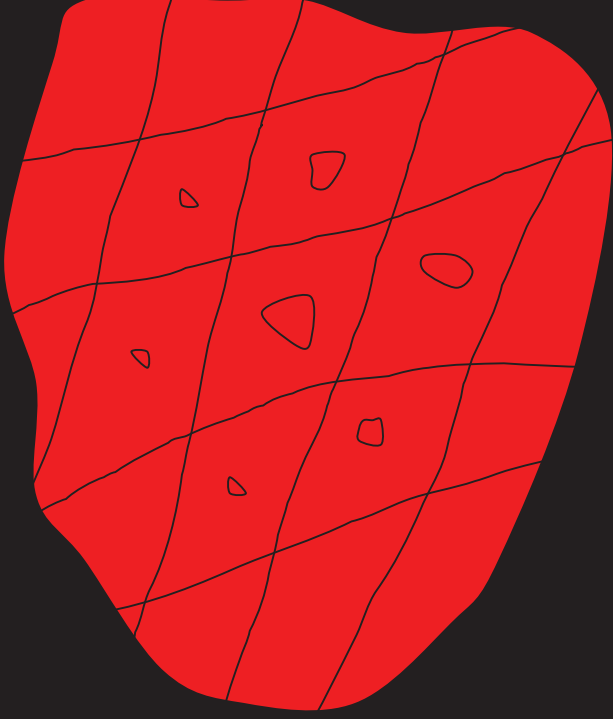


Kinetische Energie bei 20 km s^{-1} entspricht dem 48-fachen der gleichen Masse TNT



Tenoumer-Krater, Mauretanien: 2 km
21000 Jahre (Google Earth)

Energieabgabe an der Erdoberfläche:
Kraterbildung

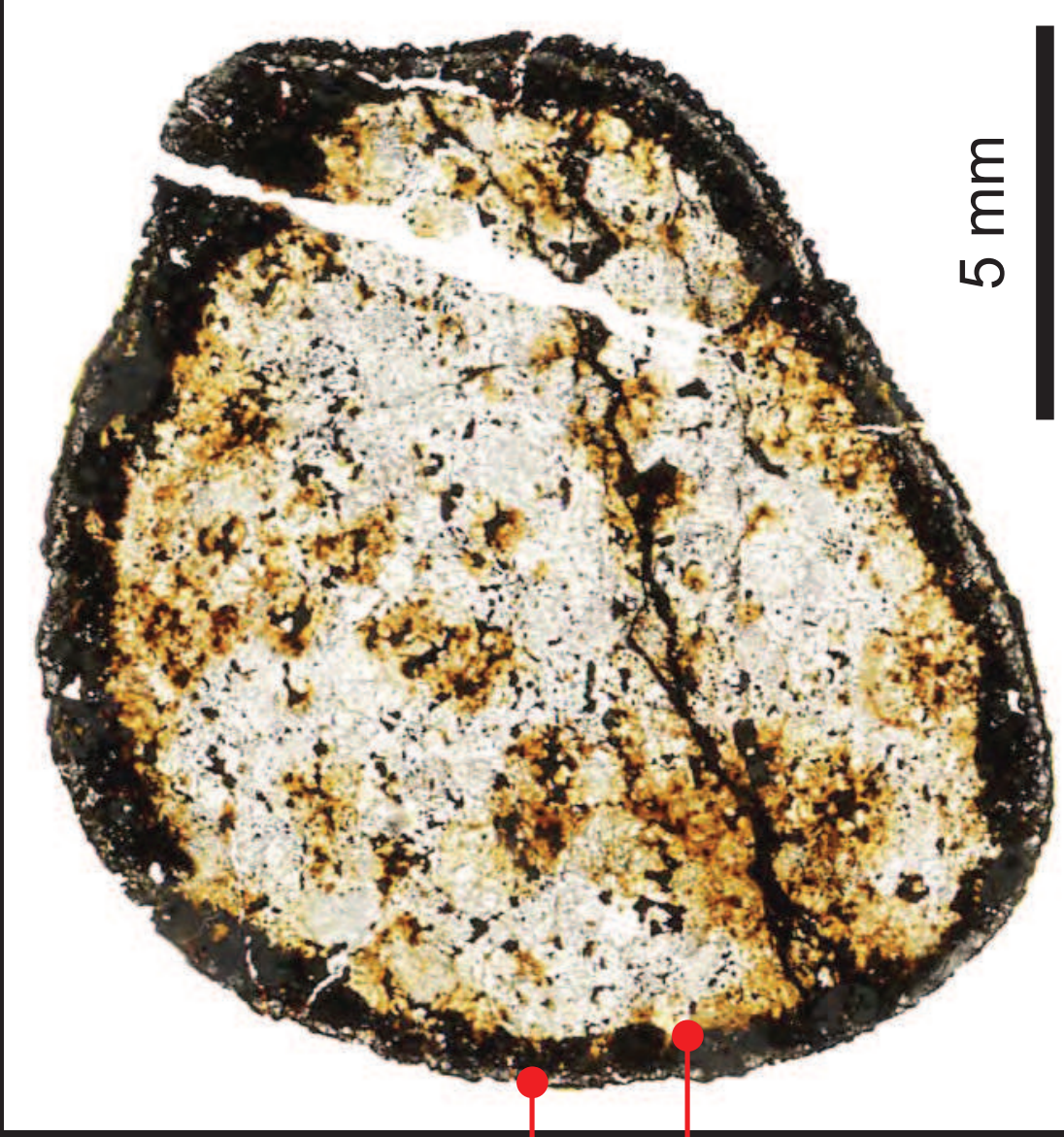


Energieabgabe in der Atmosphäre:
Fragmentierung und Abschmelzen



1600°C

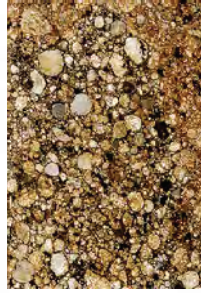
1190°C



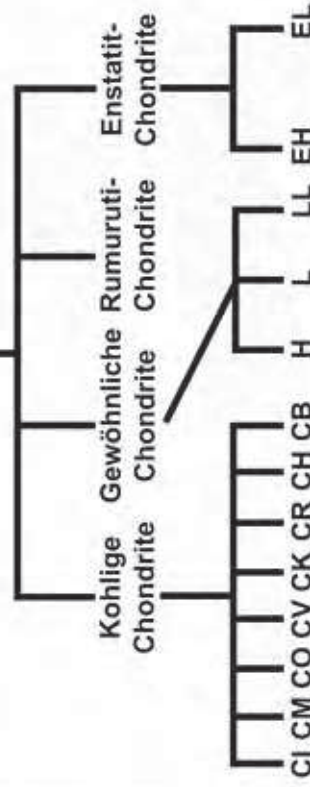
Wie heiss werden Meteorite beim Fall ?

Klassifikation der Meteorite

Undifferenzierte Meteorite



Chondrite

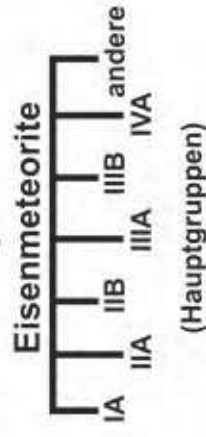


Differenzierte Meteorite



Achondrite

Primitive
Achondrite:
Acapulcoite
Winonaite
Lodranite



Steineisenmeteorite

Pallasite Mesosiderite

Mondmeteorite

HED

Angrite

Ureilite

Aubrite

Brachinite

Marsmeteorite

SNC

Chassignite

Nakhlite

Shergottite

Howardite

Eukrite

Diogenite

Addi Bischoff (2005)
Inst. f. Planetologie
D - 48149 Münster

ALH 84001

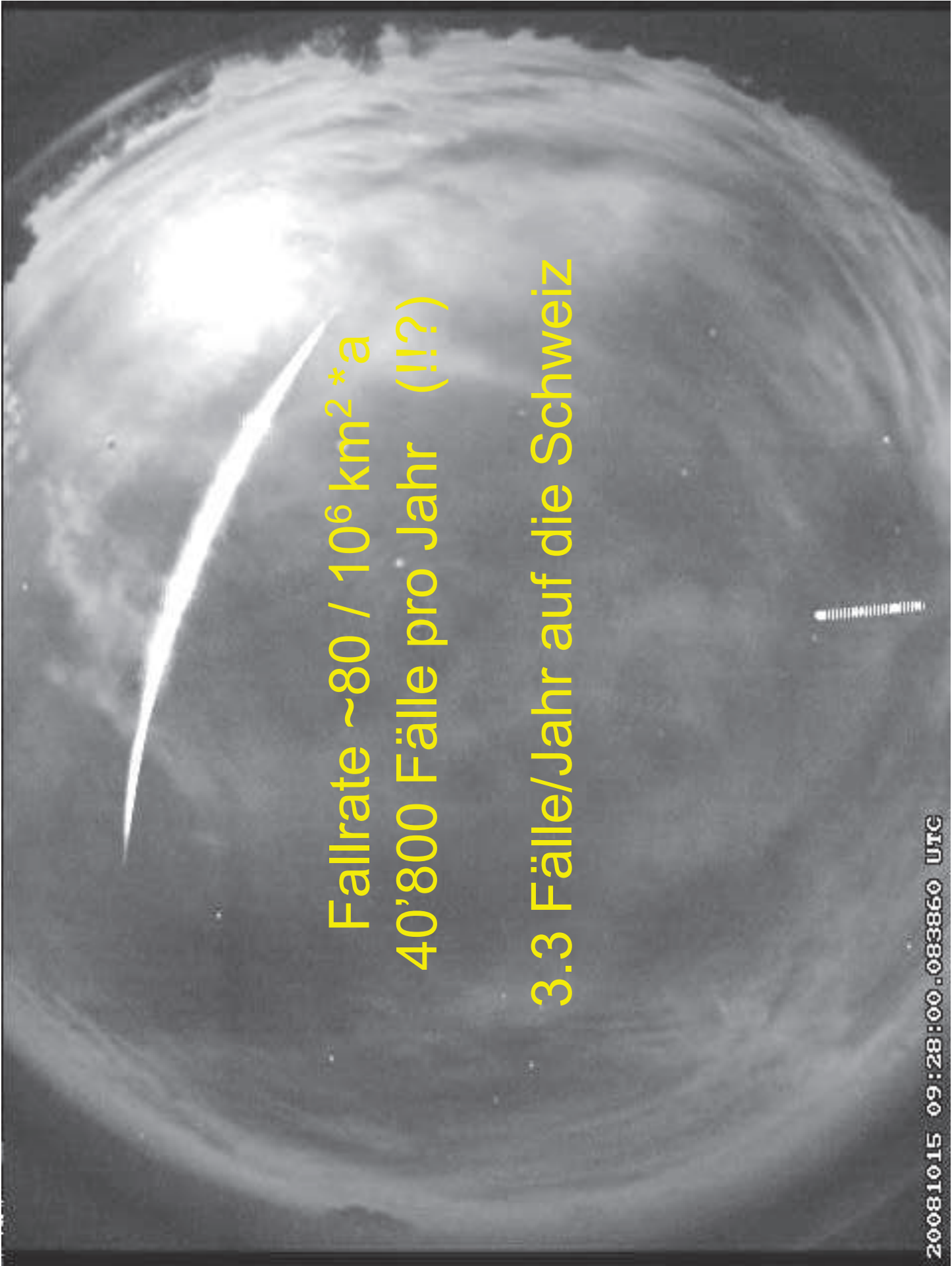




Cañon Diablo, Arizona



Carancas, Peru, Meteoritenfall am 15.9.2007



Fallrate $\sim 80 / 10^6 \text{ km}^2 \cdot \text{a}$
40'800 Fälle pro Jahr (!!?)
3.3 Fälle/Jahr auf die Schweiz

20081015 09:28:00.083860 UTC

Der Fall von Ulmiz, Schweiz
25.12.1926
Einer von acht Schweizer
Meteoriten





- Sahara 3273

- Oman 2340

- Antarktis 10280

Meteoritensuchgebiete
Neufunde 2000-2010

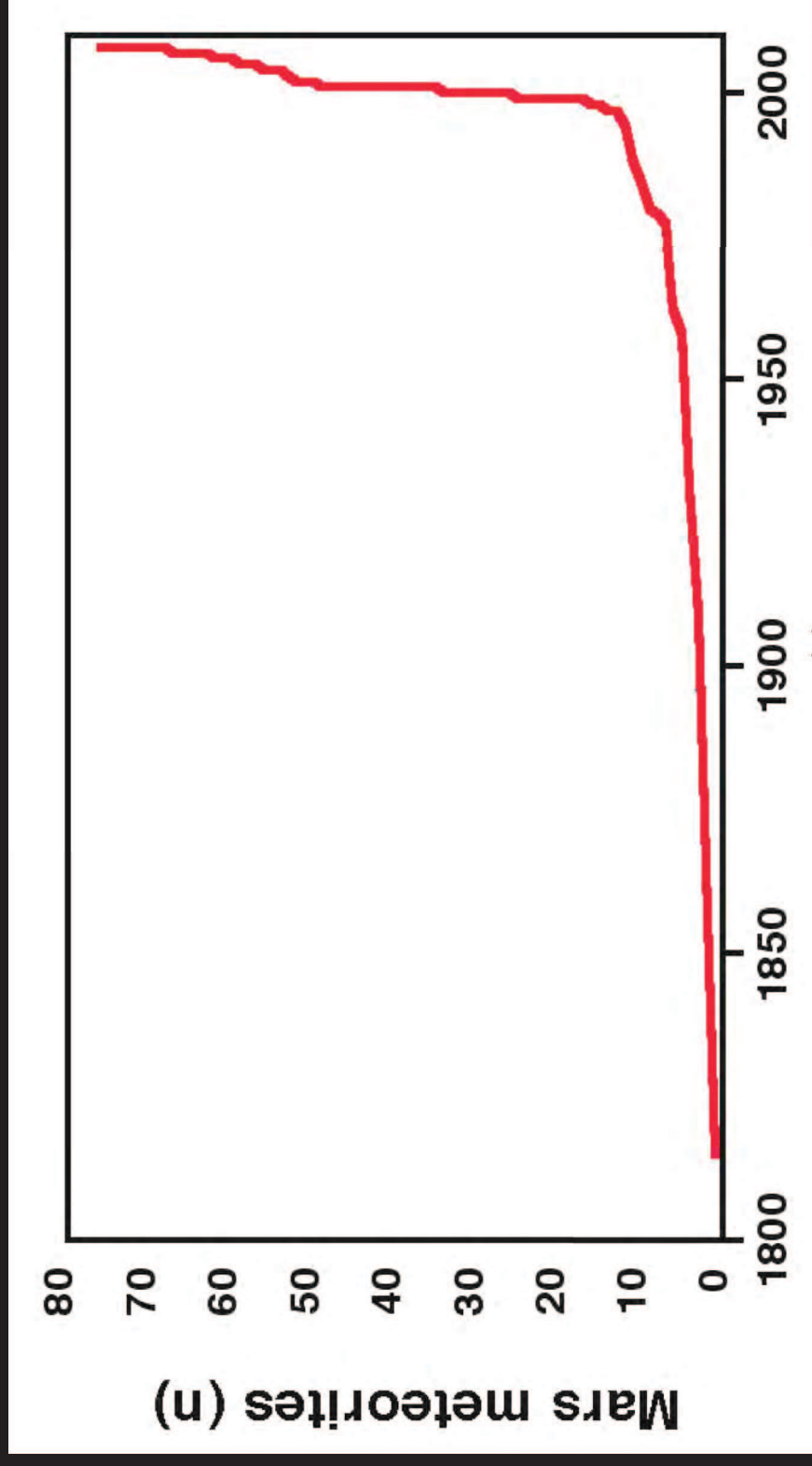


Meteoritensuche in der Antarktis

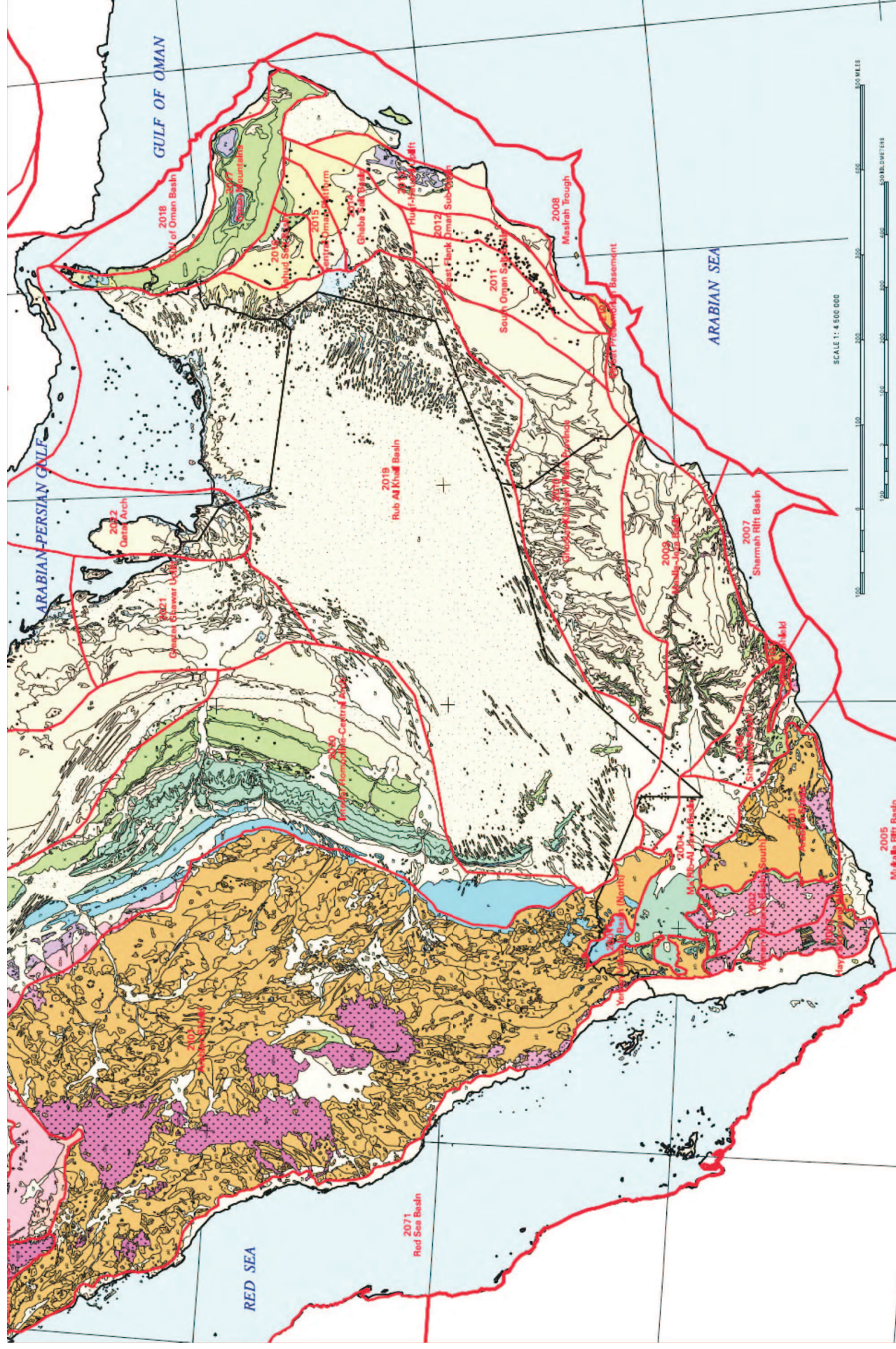


RBT 04262, the larger of the two shergottites

Meteoritensuche in der Antarktis



Die "Explosion" der Marsmeteoritenzahl: 95 Meteoriten (~56 Fälle)



Geologie Arabiens



©2007 Google™

Sichtshöhe 1285.37 km

Image © 2008 TerraMetrics

Image © 2008 DigitalGlobe

Image NASA

Übertragung 100%

100 m

150 m

200 m

300 m

400 km

Zeiger 20°40'42.46" N 55°18'46.82" O Höhe 94 m



Muscat

Salalah

Meteoritenakkumulationen in Arabien

Projekt

“Meteorite accumulations of Arabia”

Zusammenarbeit zwischen:

BE: Naturhist. Museum - Institut für Geologie - Physikal. Inst.

GE: Muséum d'histoire naturelle

ZH: Institut für Geophysik, ETH Zürich

UK: Open University (Richard Greenwood)

US: University of Arizona, Tucson (Tim Jull)

D: TU München (Natuschka Lee)

Oman: Ministry of Commerce and Industry

Saudiarabien: Geological Survey

The Meteoritical Bulletin, No. 84, 2000 August

JEFFREY N. GROSSMAN*

U. S. Geological Survey, MS 954, Reston, Virginia 20192, USA

*Author's e-mail address: jgrossman@usgs.gov

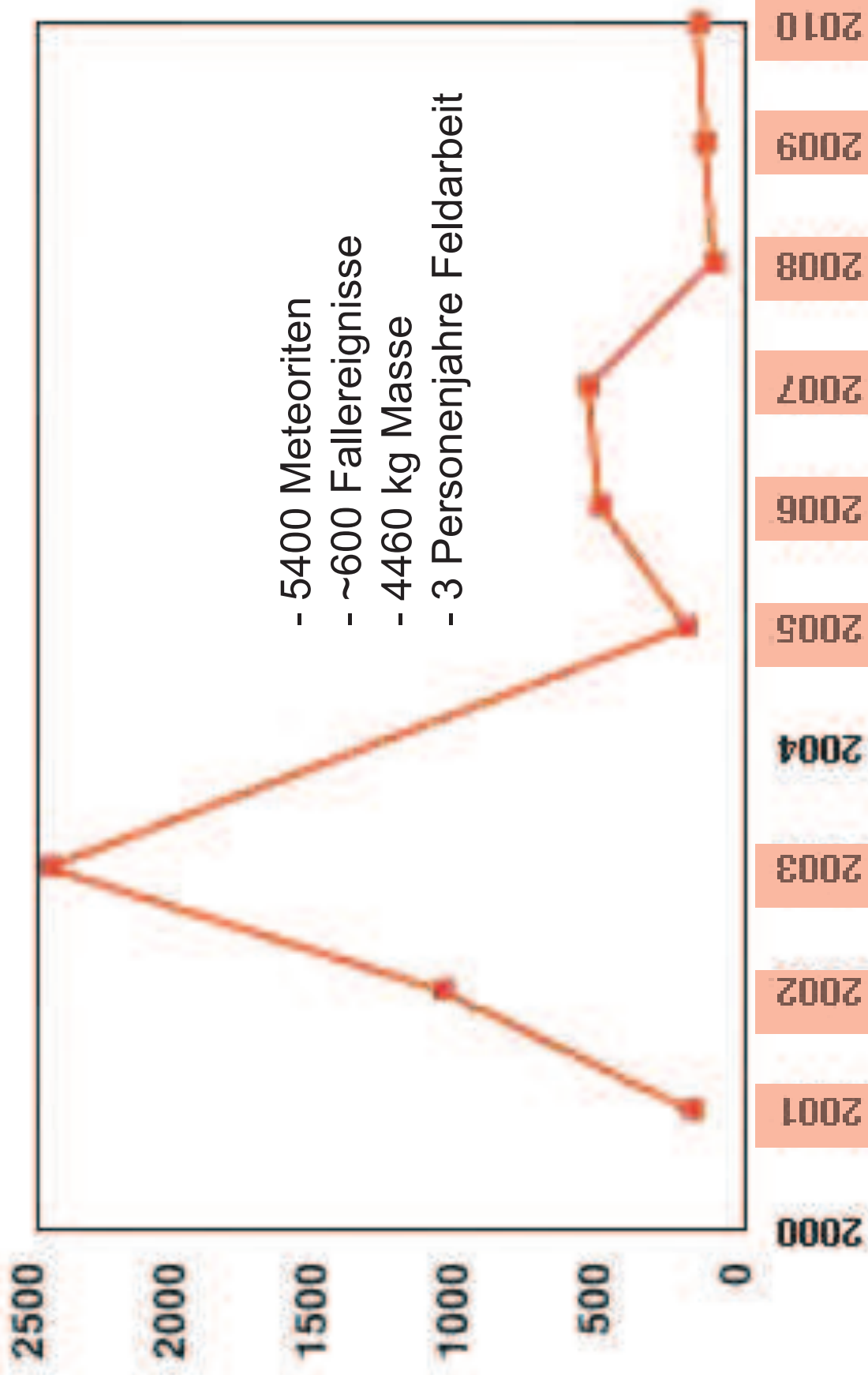
Oman meteorites (39 meteorites)

Oman

Found 1999–2000

Thirty-nine meteorites (Table 5) were found during field work in the desert of Oman by people searching for meteorites. Notable finds were two lunar meteorites (Dhofar 025 and 026), three martian basalts (Dhofar 019, Sayh al Uhaymir 005 and 008), a CK3 (Dhofar 015), a howardite (Dhofar 018), a cumulate eucrite (Dhofar 007), and a highly unequilibrated H3 chondrite (Dhofar 008). Four large meteorite showers were recognized.

Auslöser des Oman-Meteoritenprojektes



- 5400 Meteoriten
- ~600 Fallereignisse
- 4460 kg Masse
- 3 Personenjahre Feldarbeit

Oman-Meteoritenprojekt: Fundstatistik von 9 Feldkampagnen 2001 - 2010

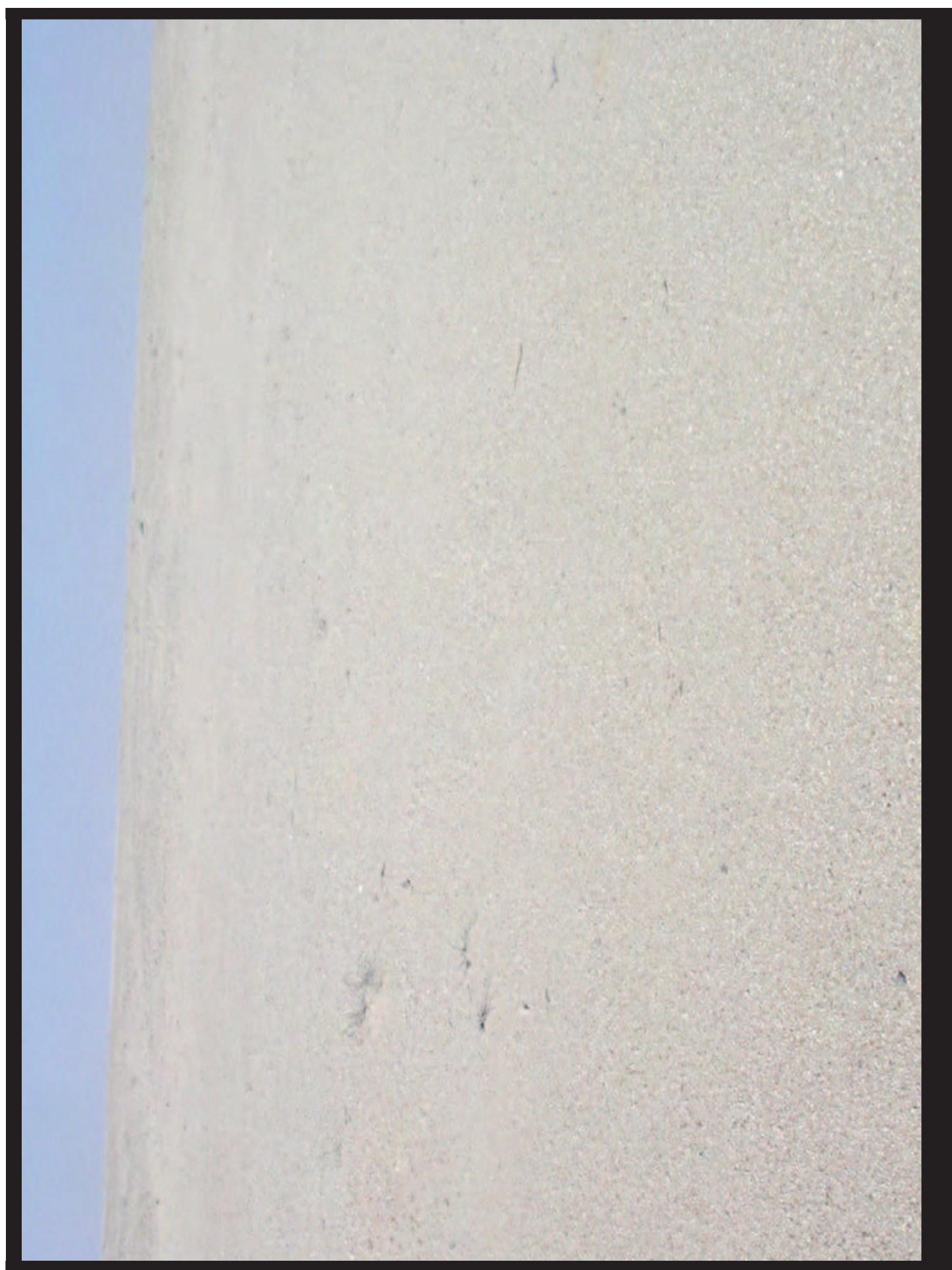
Wichtigste Ziele des Oman-Meteoritenprojektes

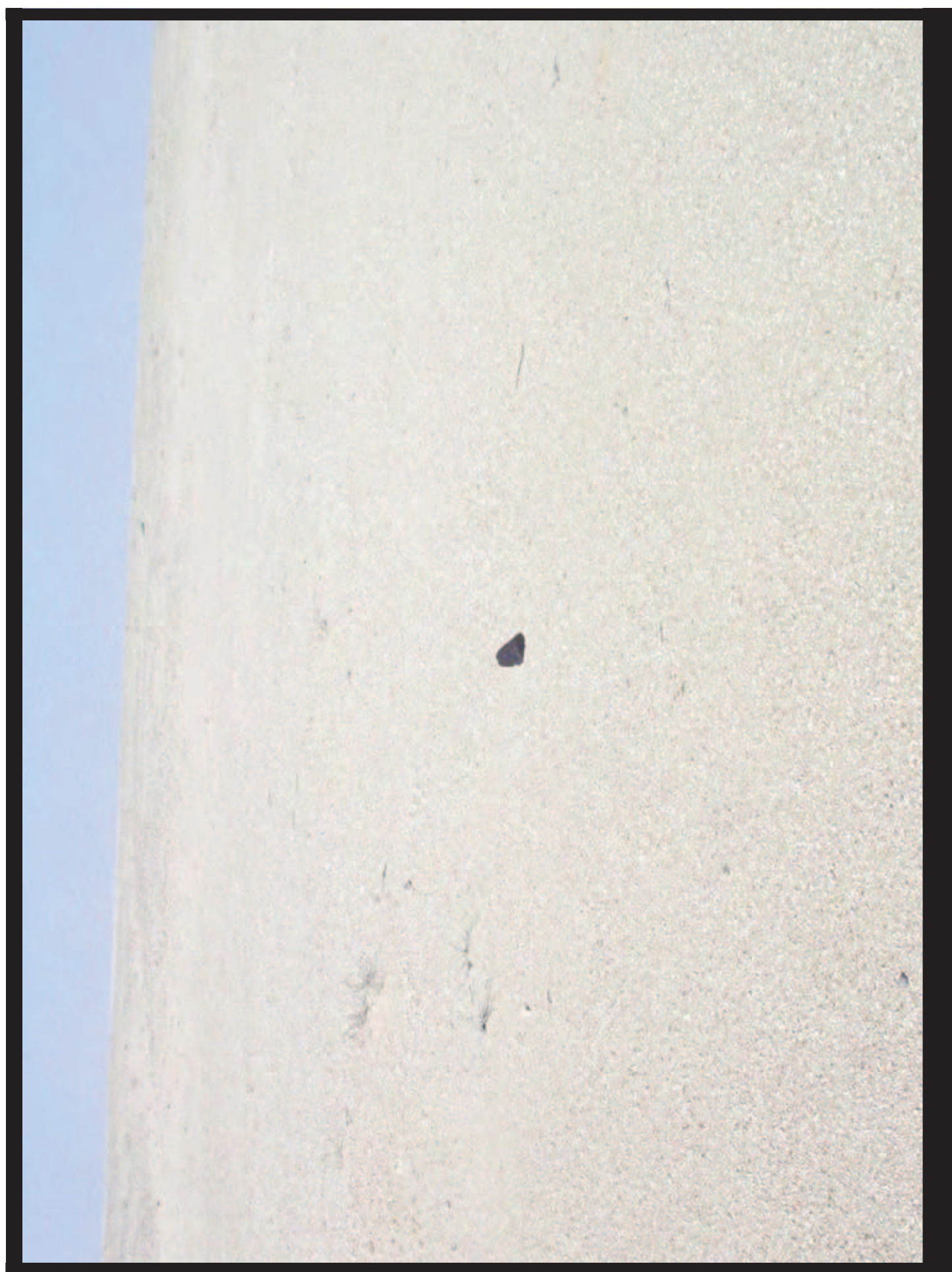
- Aufsammlen einer grossen Zahl von Meteoriten -> Statistik
- Akkumulation und Zerstörung von Meteoriten in einem Wüstengebiet
- Seltene Meteoriten
- Häufigkeit von Streufeldern

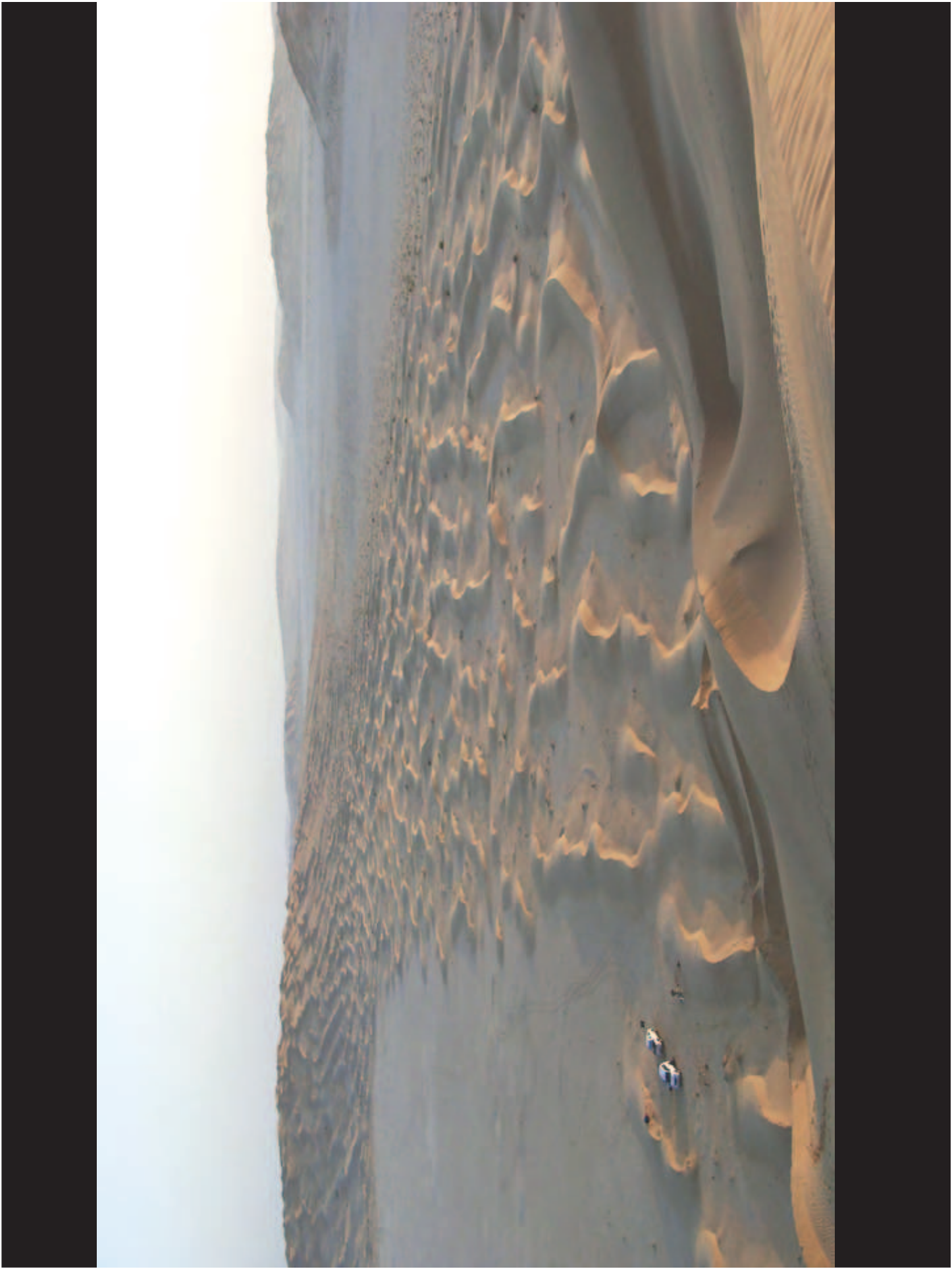










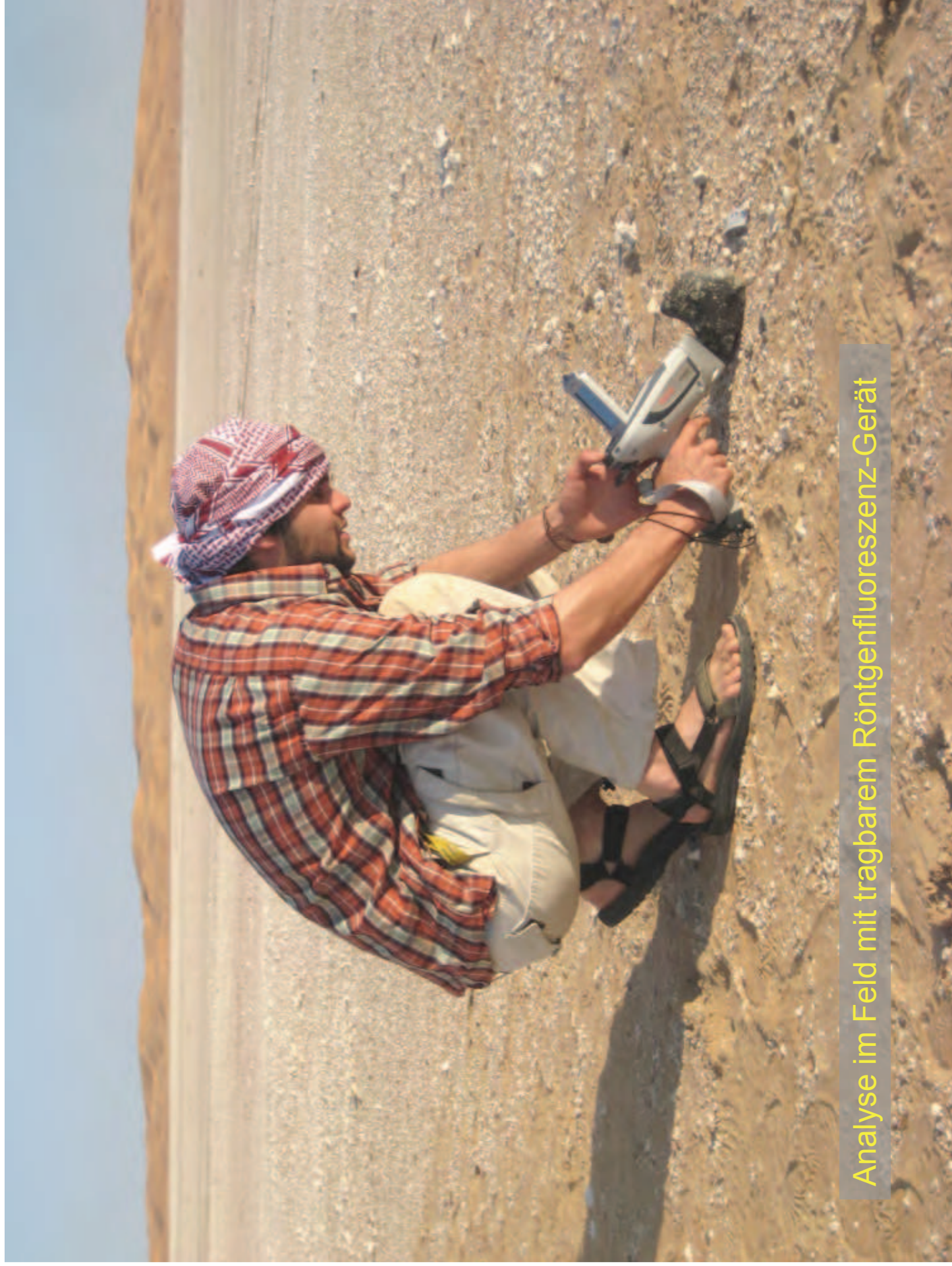






Dokumentation im Feld:

- Genaue Koordinaten (GPS)
- Verteilung von Fragmenten
- Fotos in situ
- Erkennungs-Distanz
- Einsinkgrad im Boden
- Magnetische Suszeptibilität
- Gewicht



Analyse im Feld mit tragbarem Röntgenfluoreszenz-Gerät

Omani-Swiss Meteorite Search 2009
0901-23

...erlaubt erste Klassifikation

47.34 m 160°
 10° 28.6071
 55° 31.6731 Sept! gegenwärtig mit Selen-
 Wende, völlig unversehrt.
 Major A.2
 Waven. Frequenz 435 m to 310°
 100% Fe
 14.11 Fe
 108 Ni
 6141 Cu
 1.95 Co
 17.14 W
 4807 V
 187 V
 30.09
 Fe / Mn 26.65
 → Vermutlich Diogenit

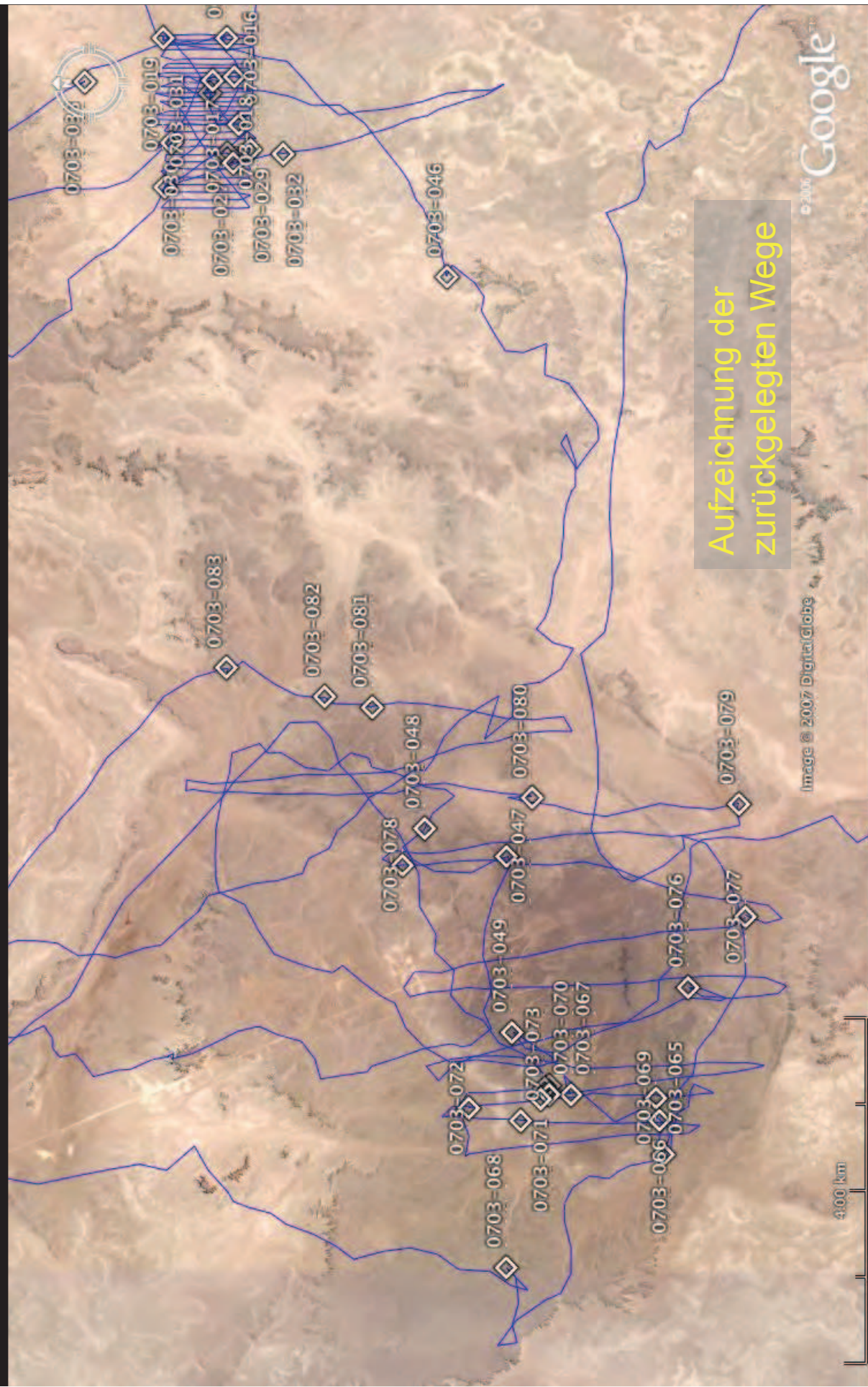


Grösster Fund 2010 (30 kg)

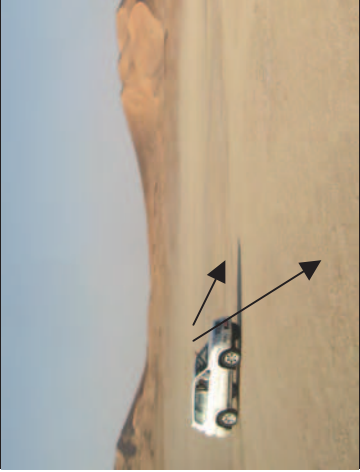


Probennahme für Mikrobiologie





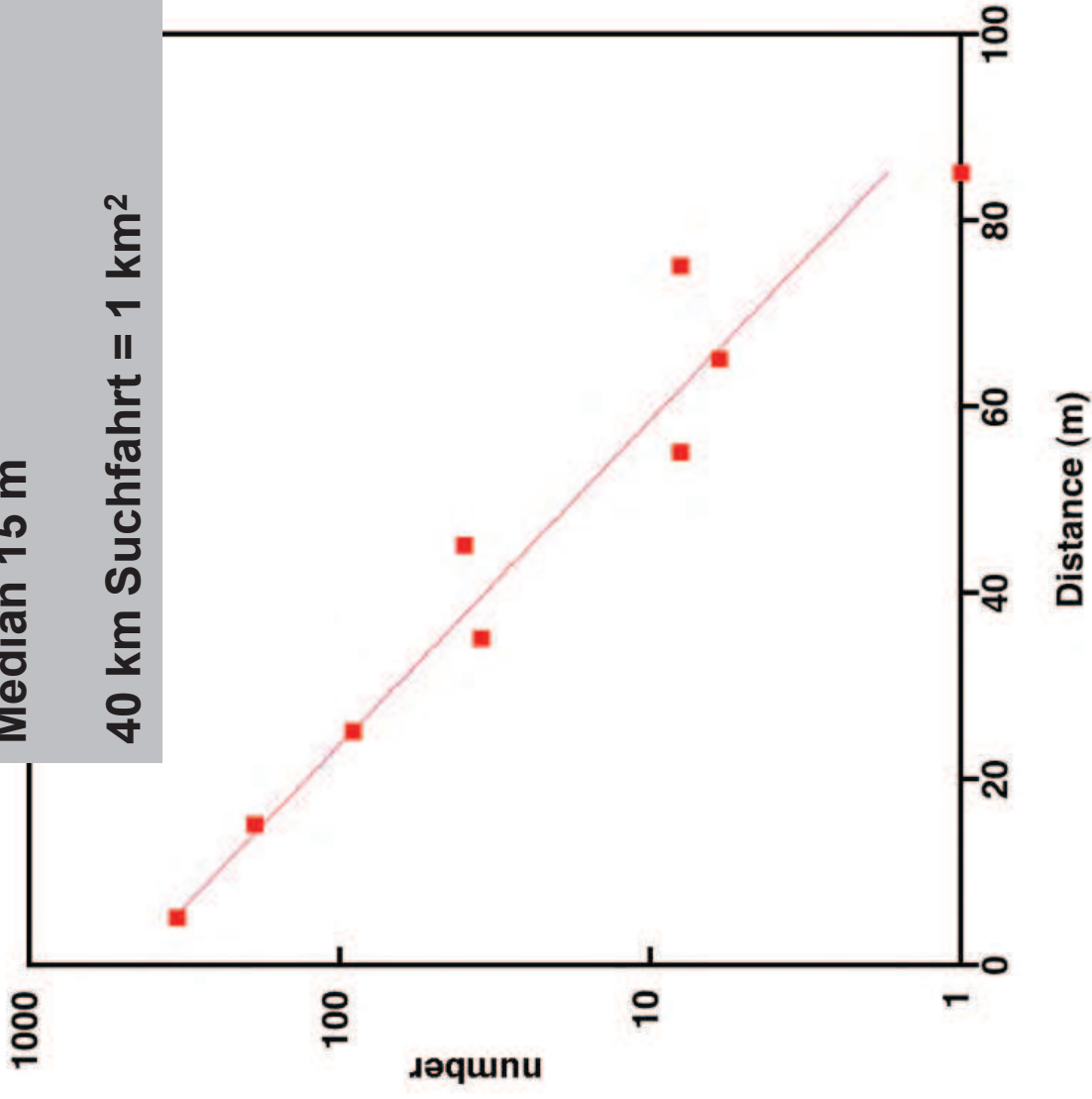
Aufzeichnung der
zurückgelegten Wege



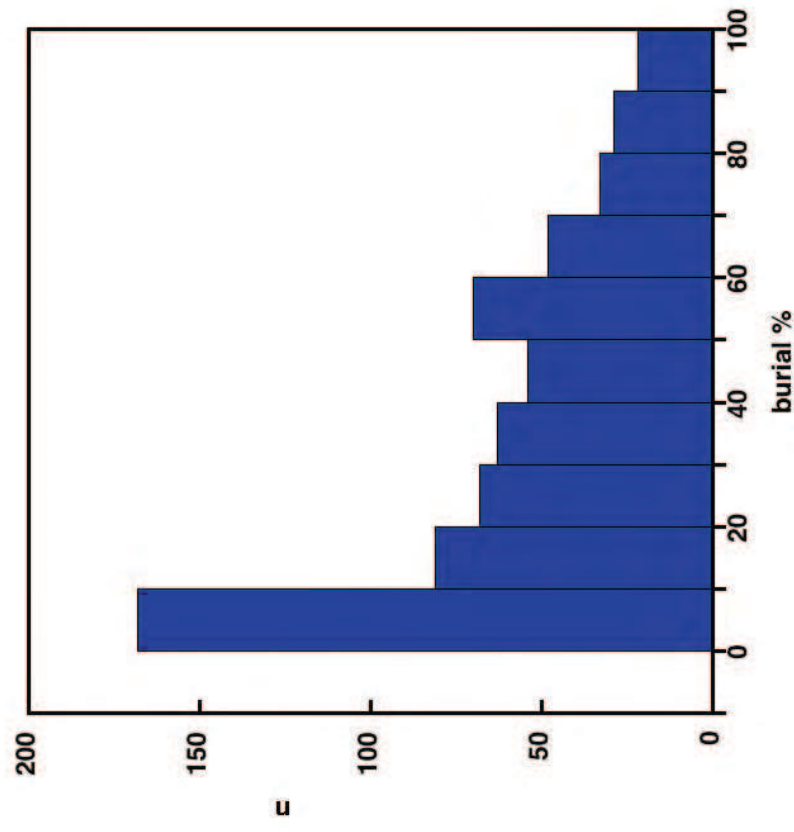
Erkennungsdistanz für 746 Funde

Median 15 m

40 km Suchfahrt = 1 km²



Ein bedeutender Anteil ist teilweise
in den Boden eingesunken
-> wie viele stecken völlig im Boden?



Grosse Streufelder im Oman

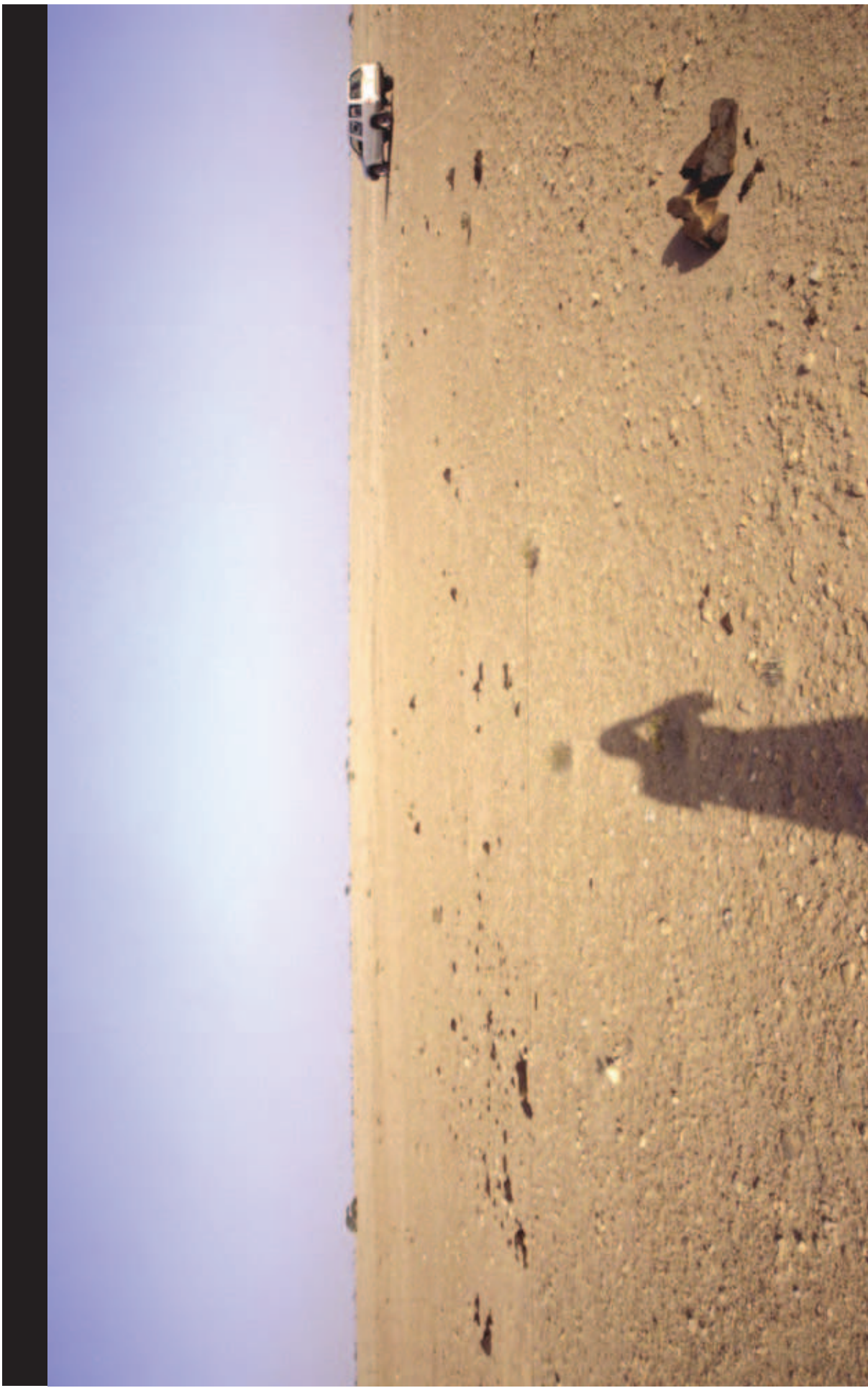
100 km





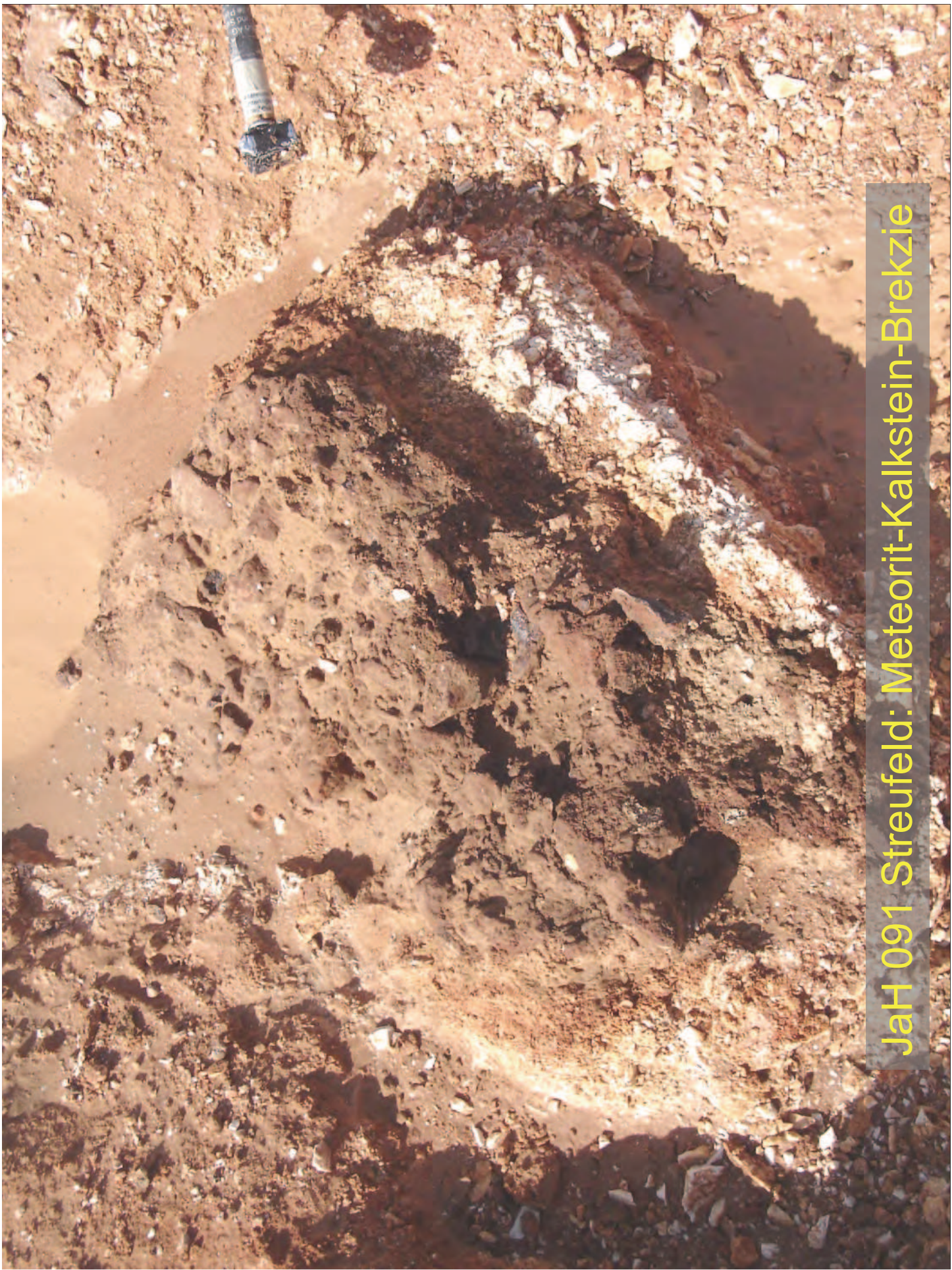
Grosse Streufelder im Oman

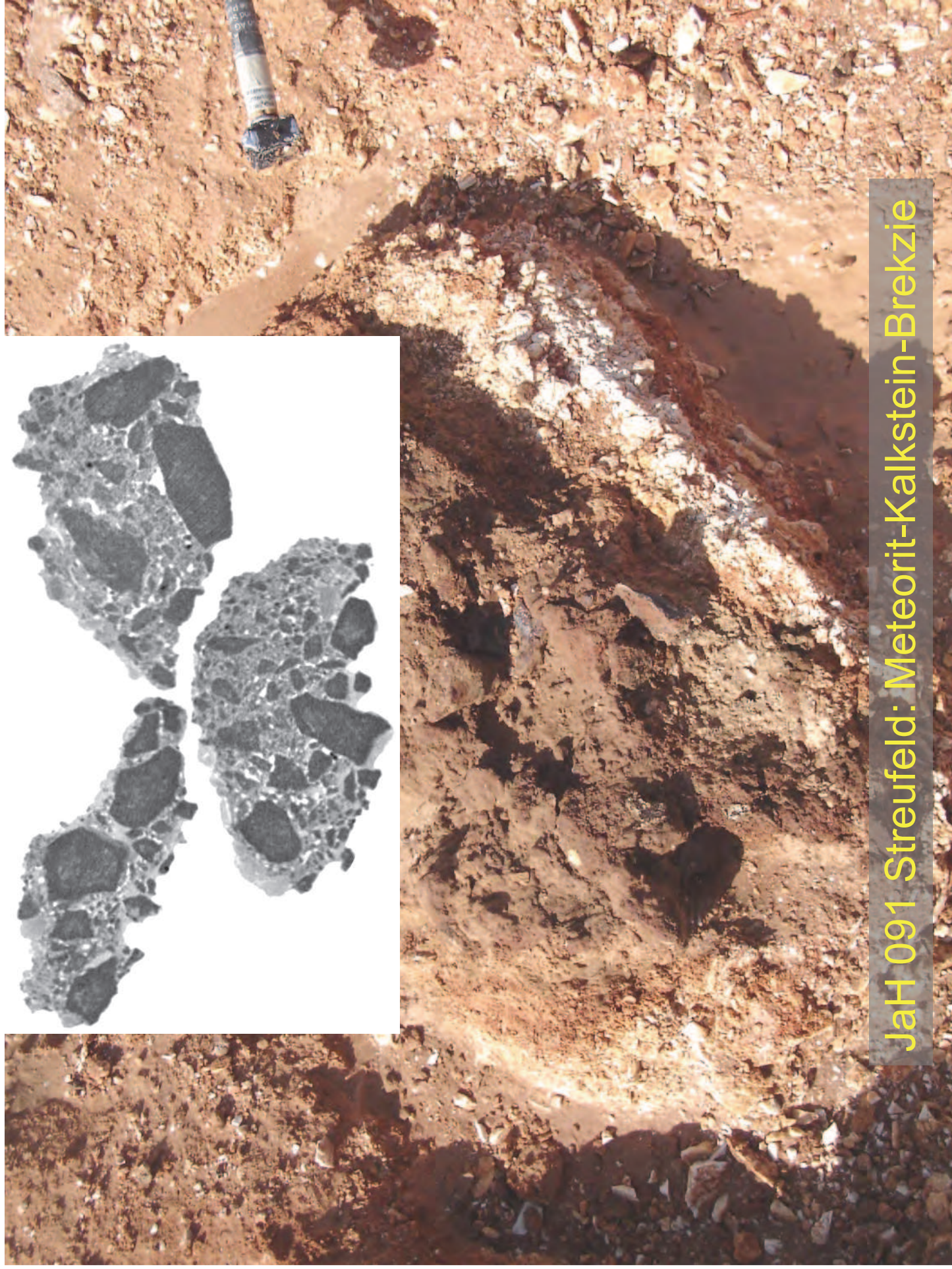
100 km



Jiddat al Harasis 091: Das grösste Streufeld im Oman (>50 km)







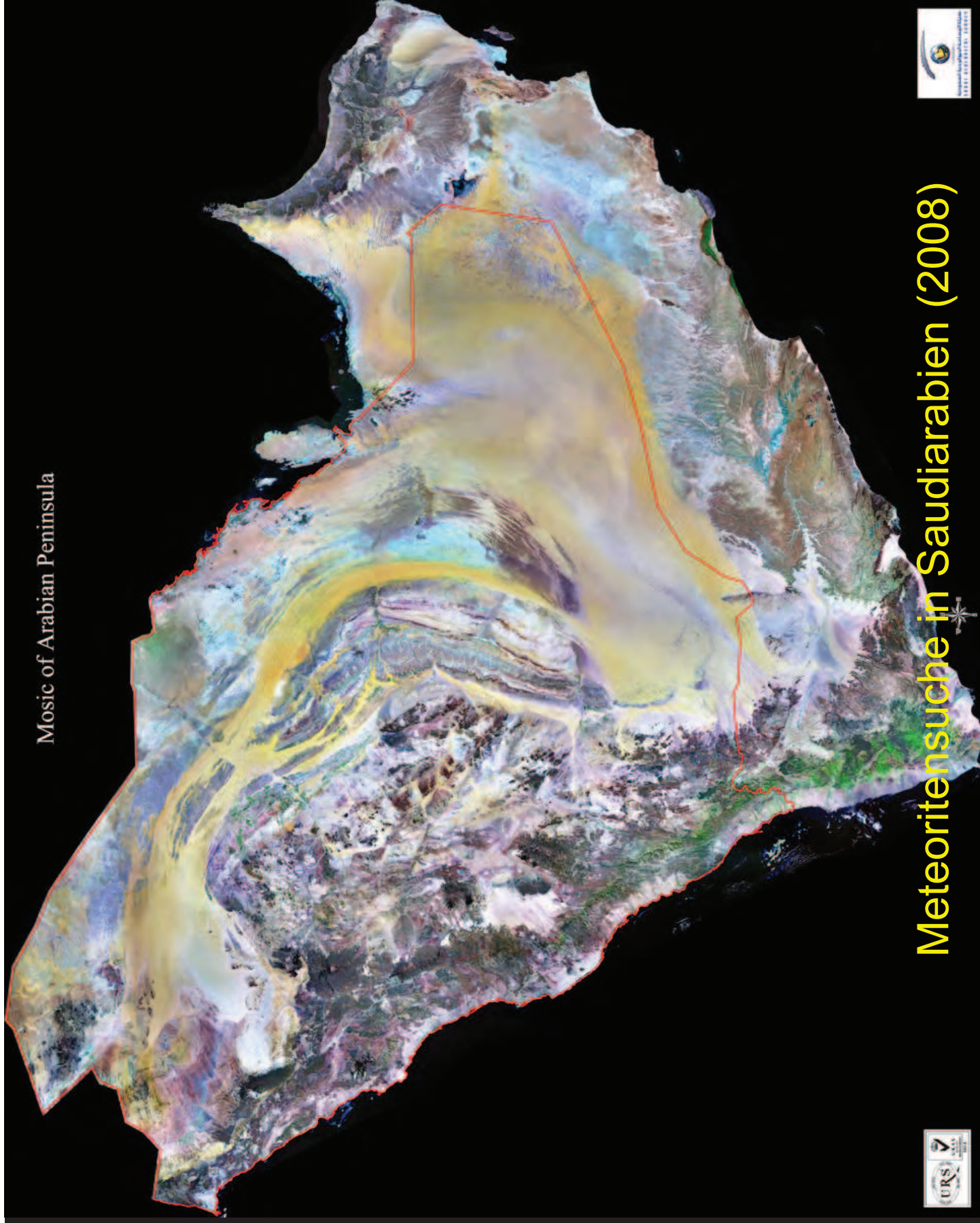
JaH 091 Streufeld: Meteorit-Kalkstein-Brekzie



Aufsammeln des grössten Fragments im JaH 091-Streufeld
für Natural History Museum in Muscat (2009)

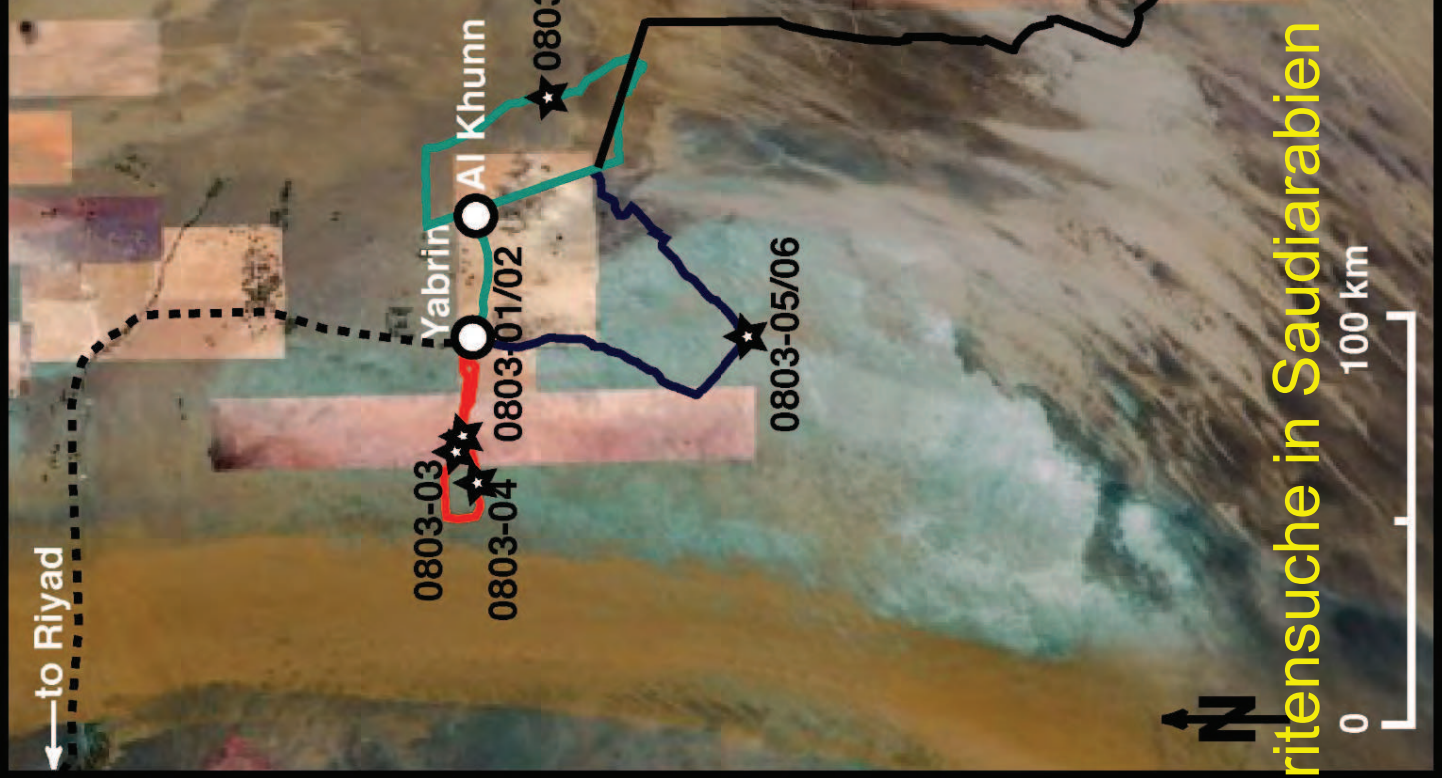


Mosaic of Arabian Peninsula



Meteoritensuche in Saudiarabien (2008)





Date

19.03.2008

20.03.2008

21.03.2008

22-25.03.2008



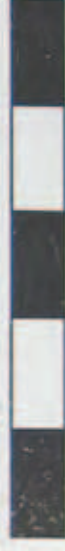
Meteorite find

Meteoritensuche in Saudiarabien (2008)



Saudi-Swiss Meteorite Search 2008

0803-1



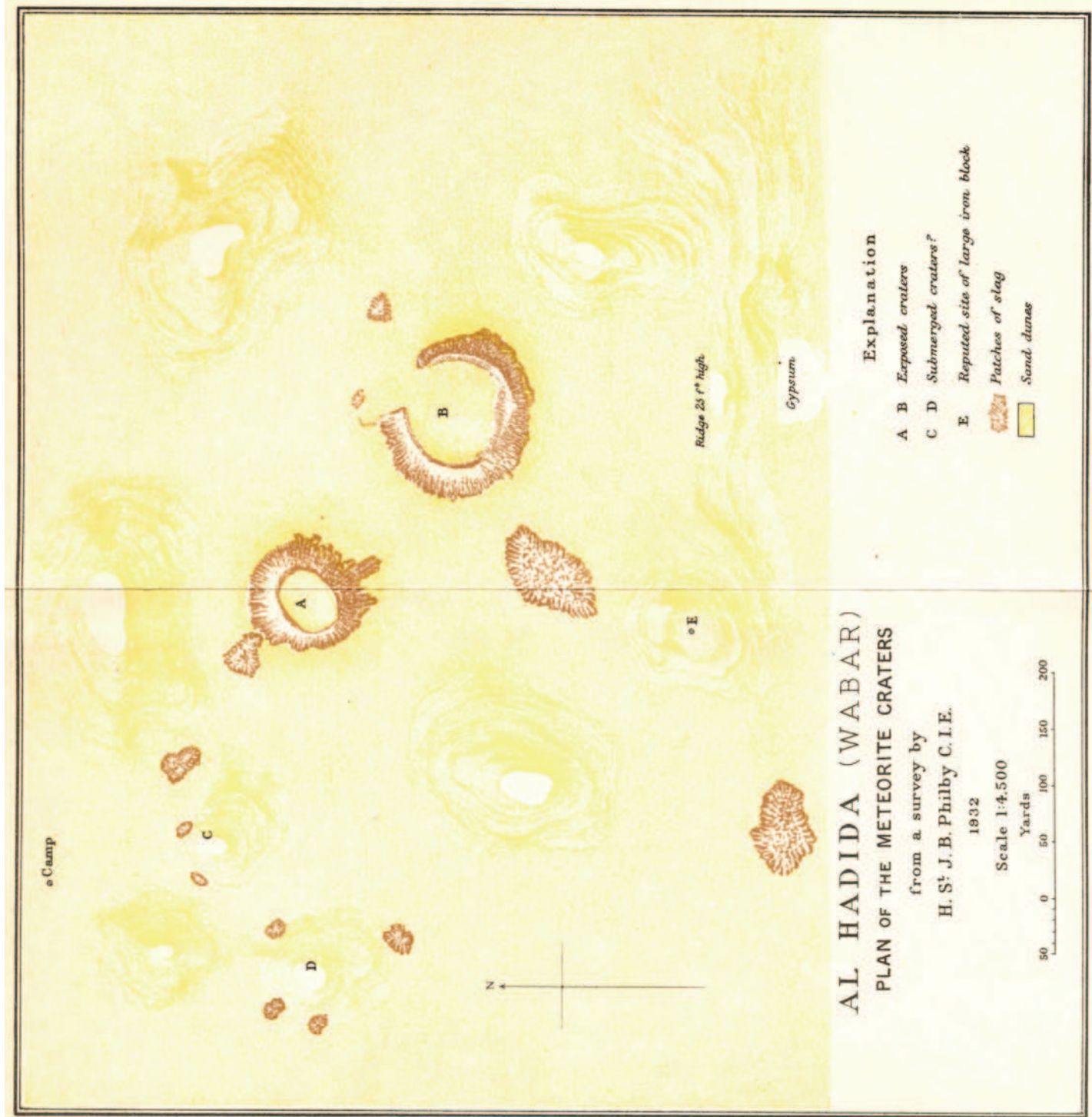










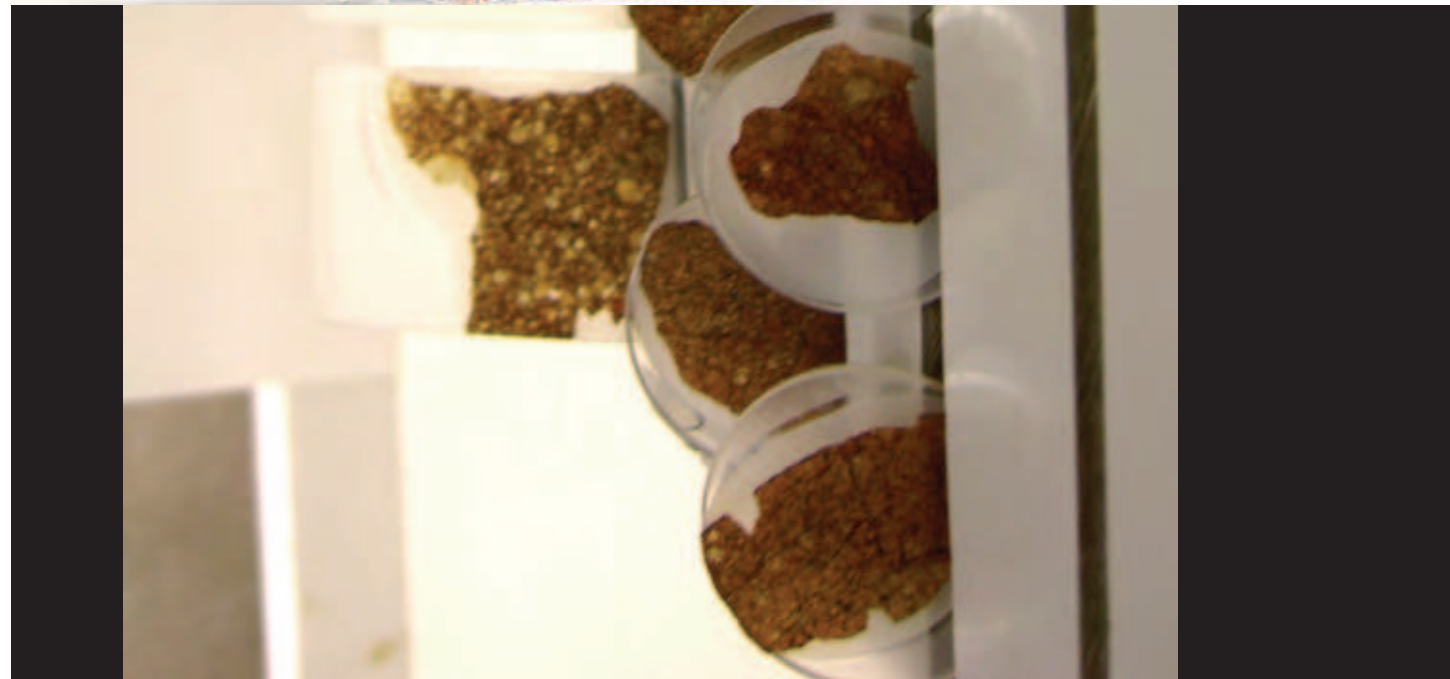
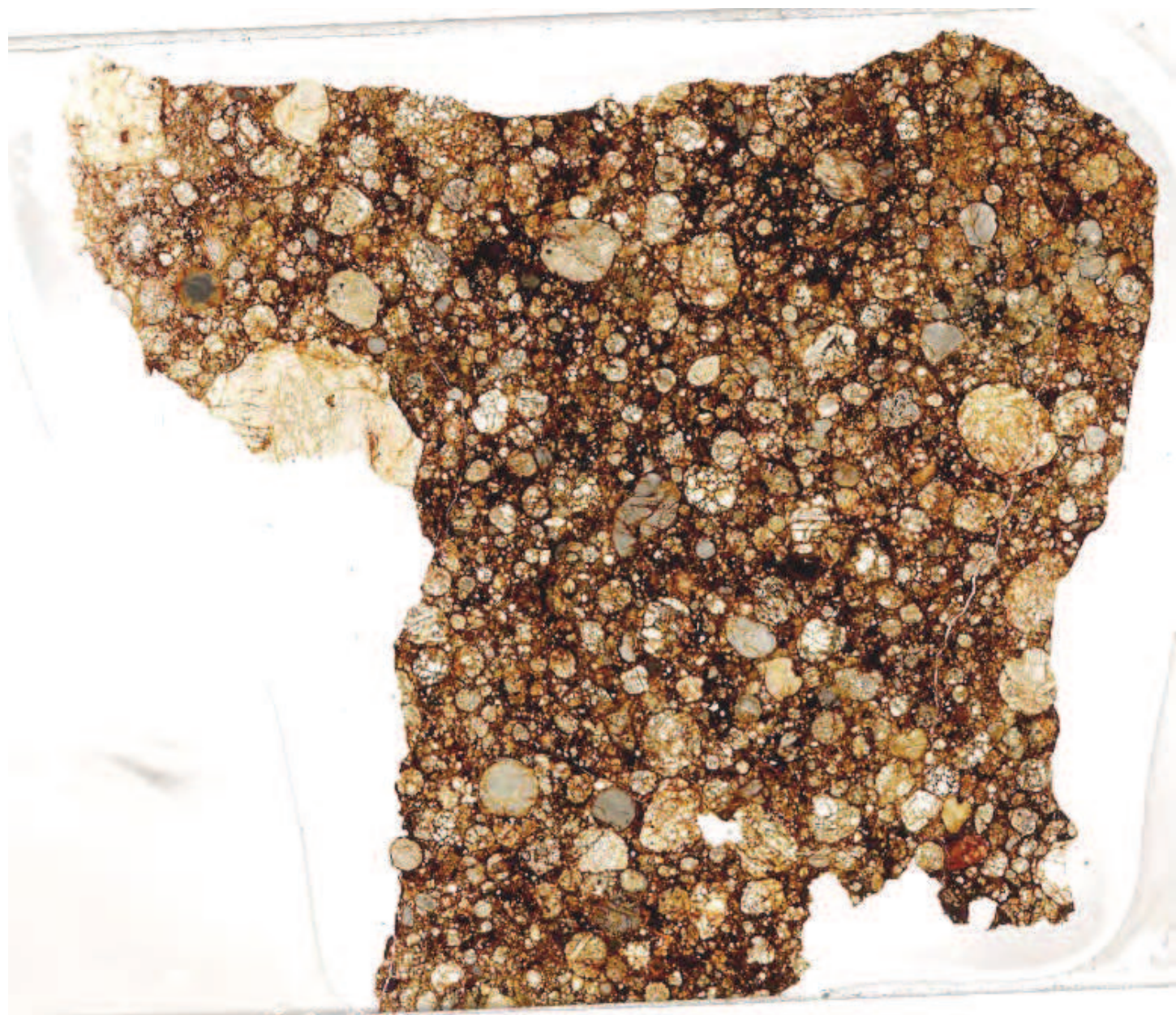




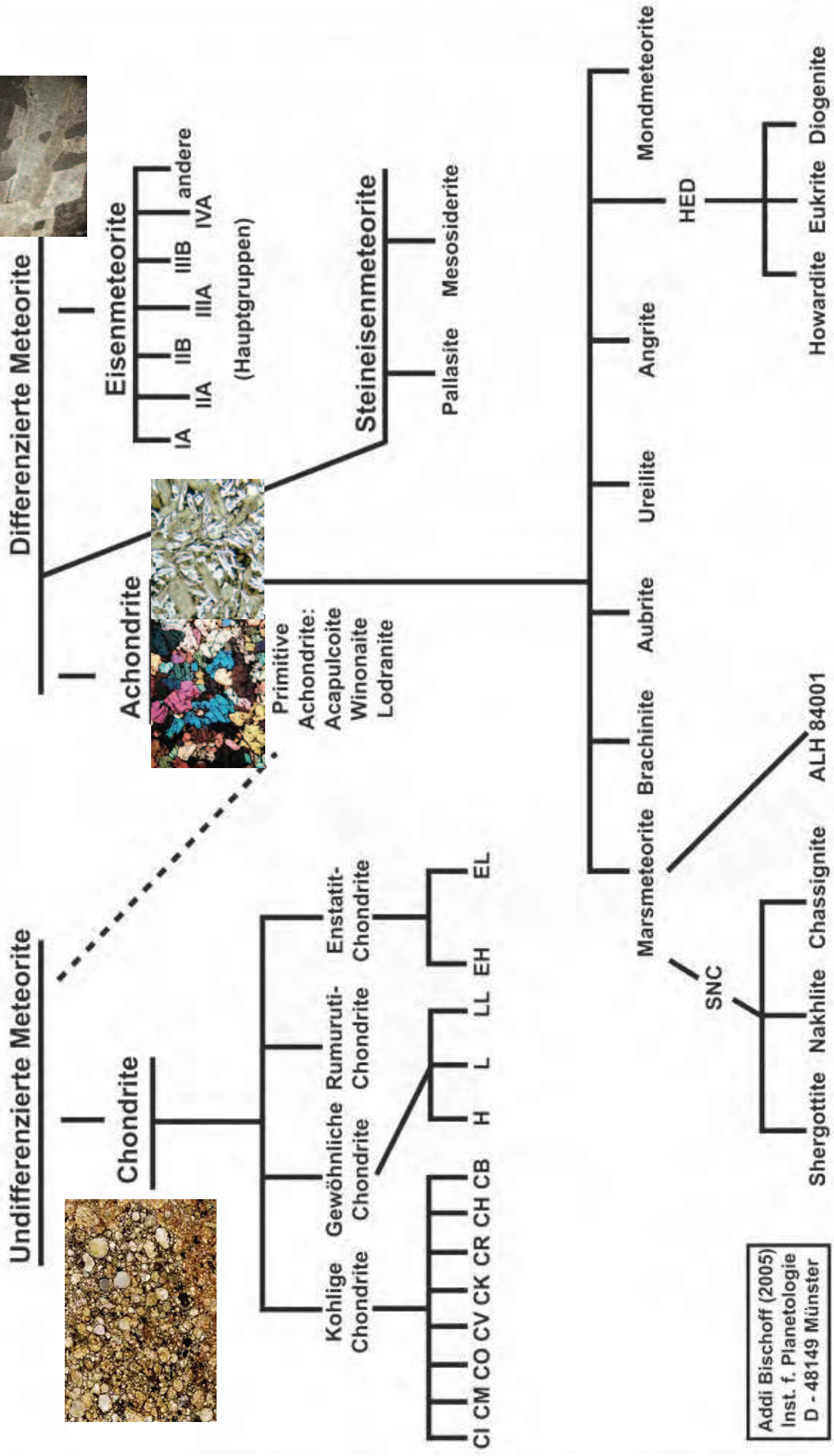




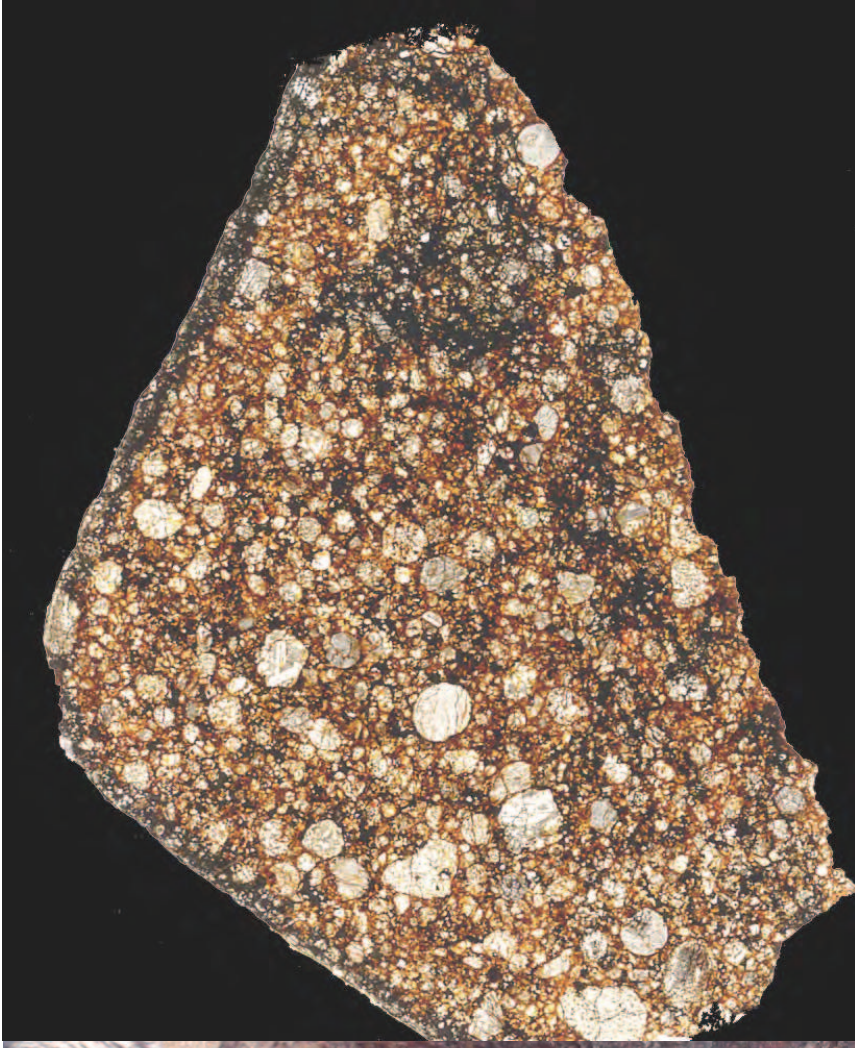
Klassifikation und Analyse



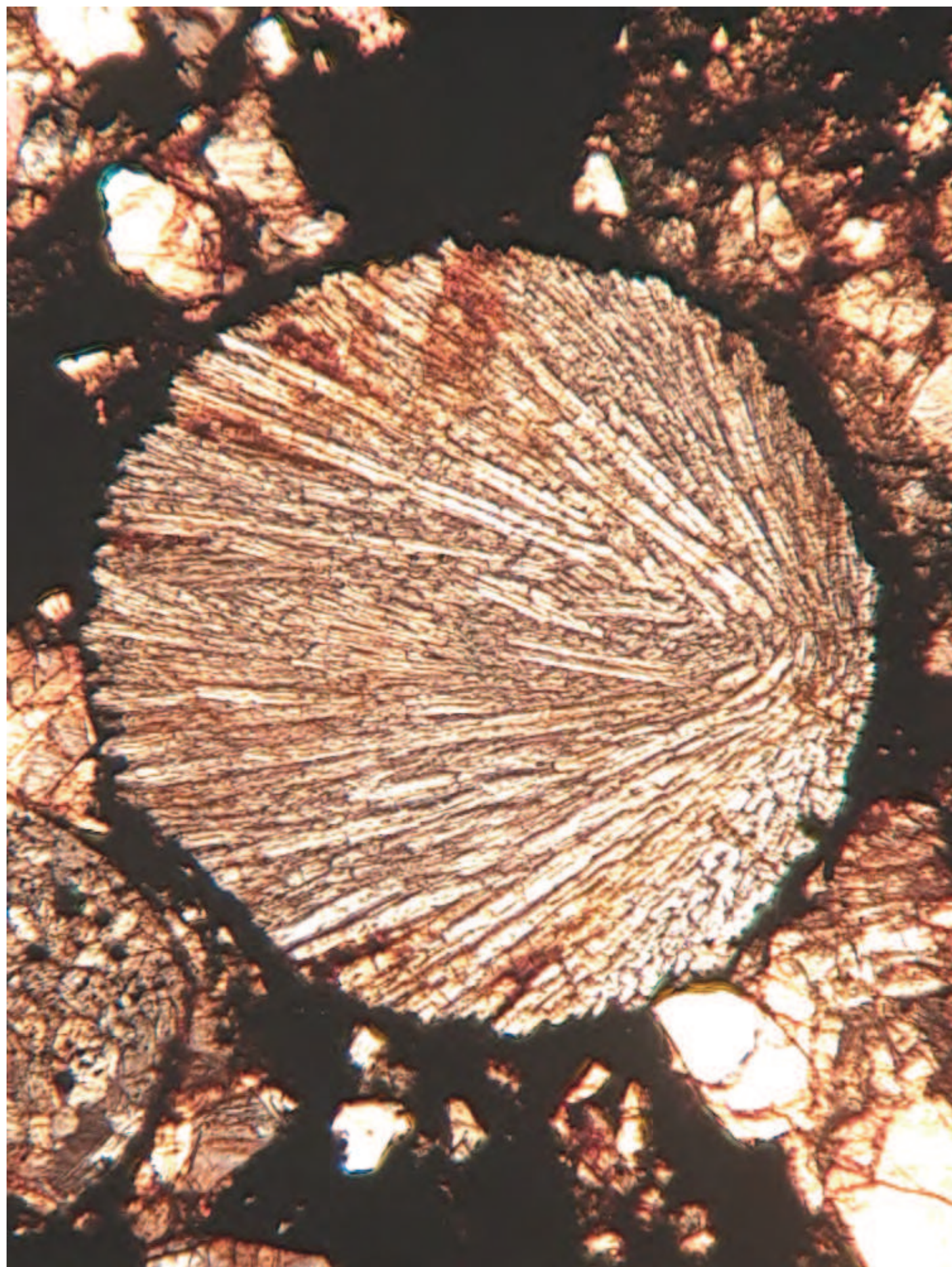
Klassifikation der Meteorite

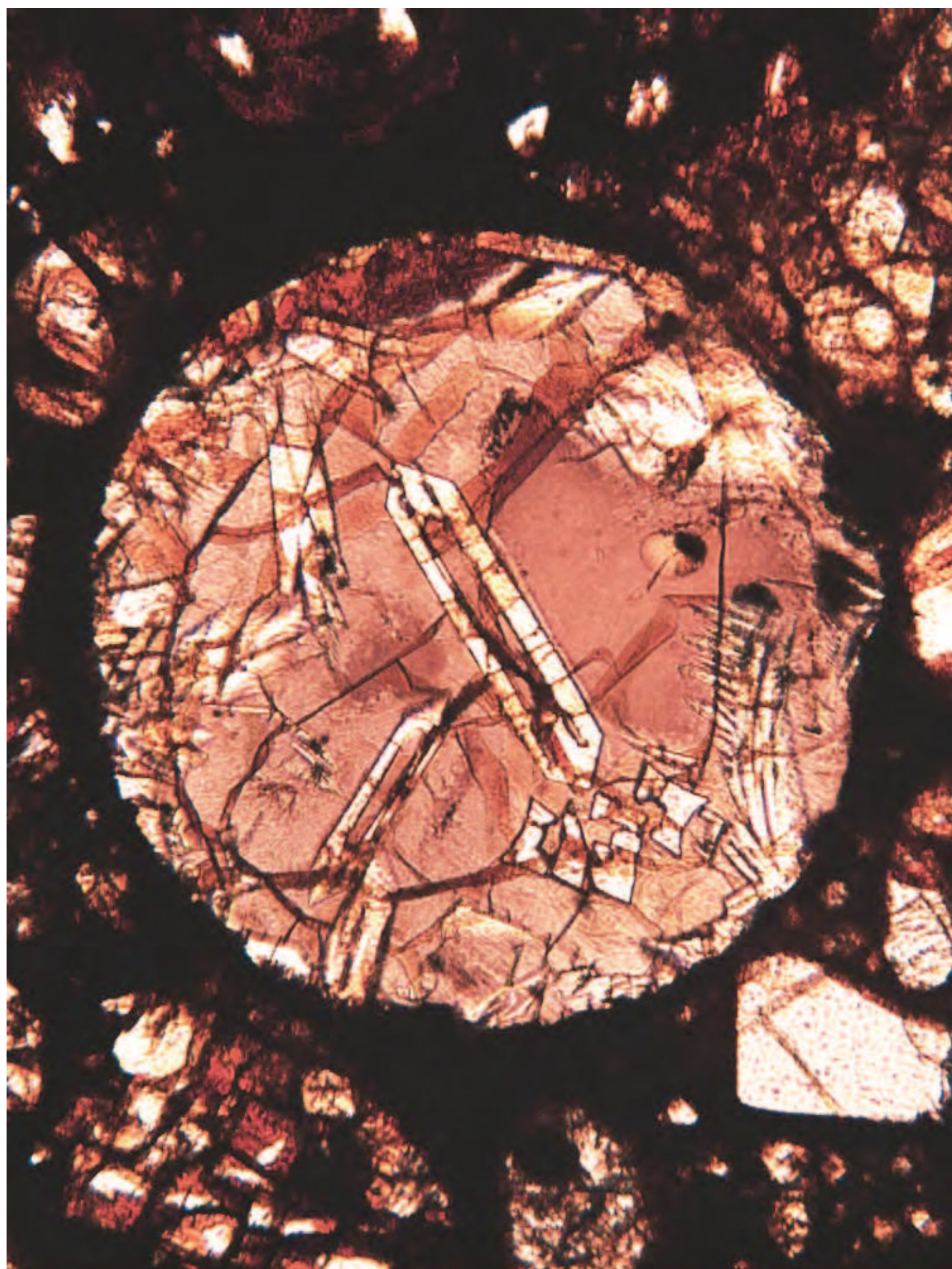


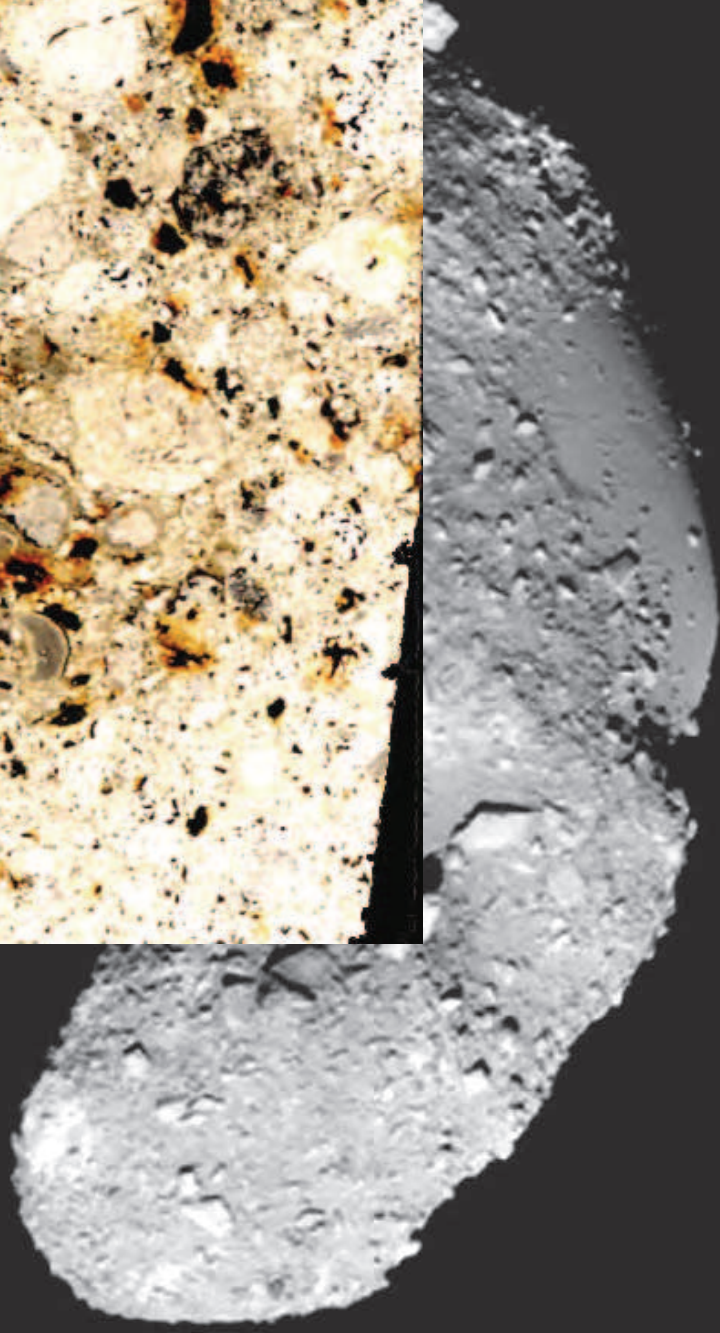
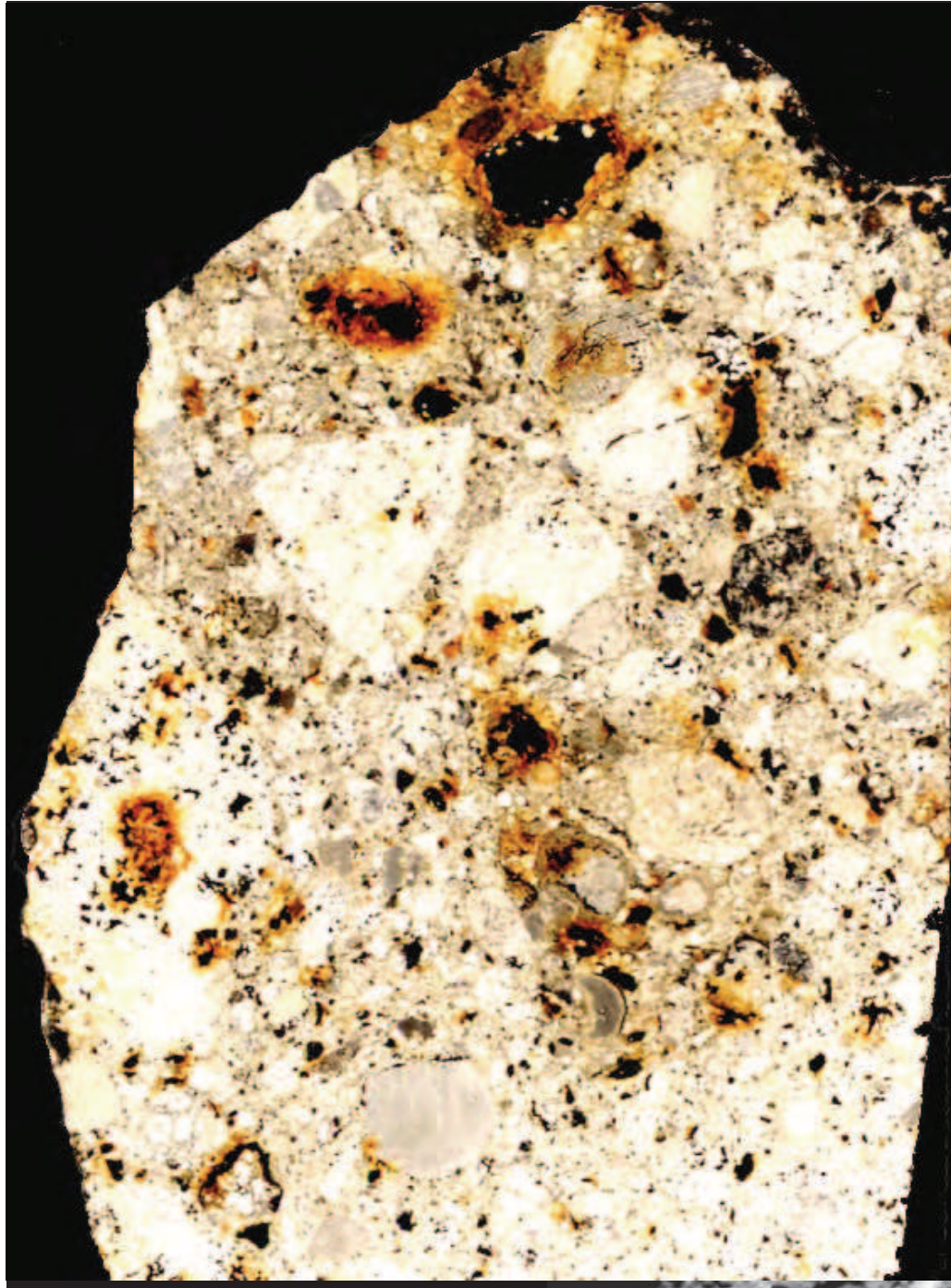
Addi Bischoff (2005)
Inst. f. Planetologie
D - 48149 Münster



Beispiele von Oman-Meteoriten







Release 051101-2 ISAS/JAXA



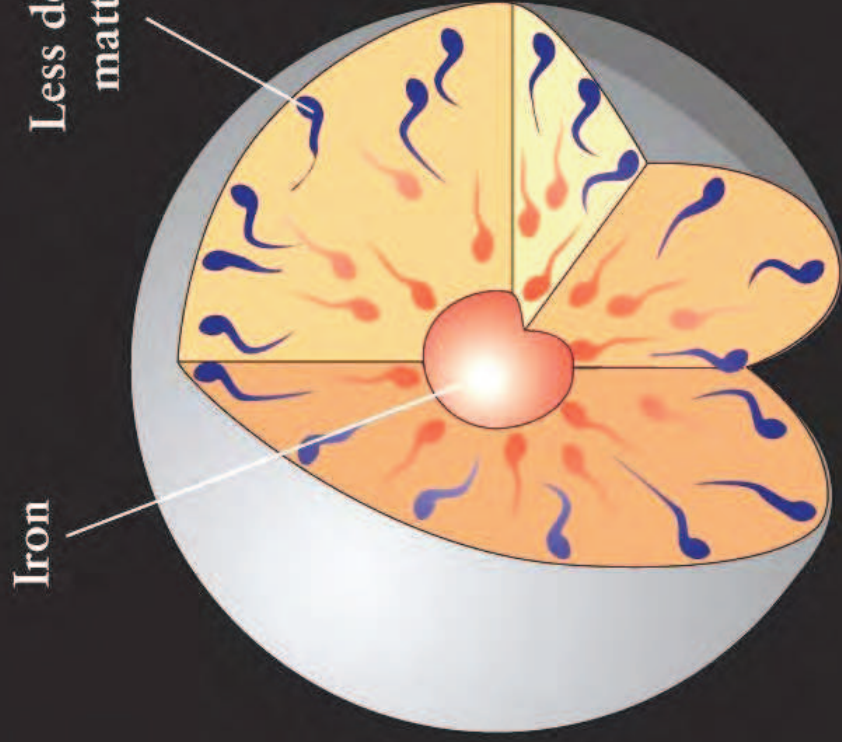
Ringwoodit
Hochdruckform
von Olivin



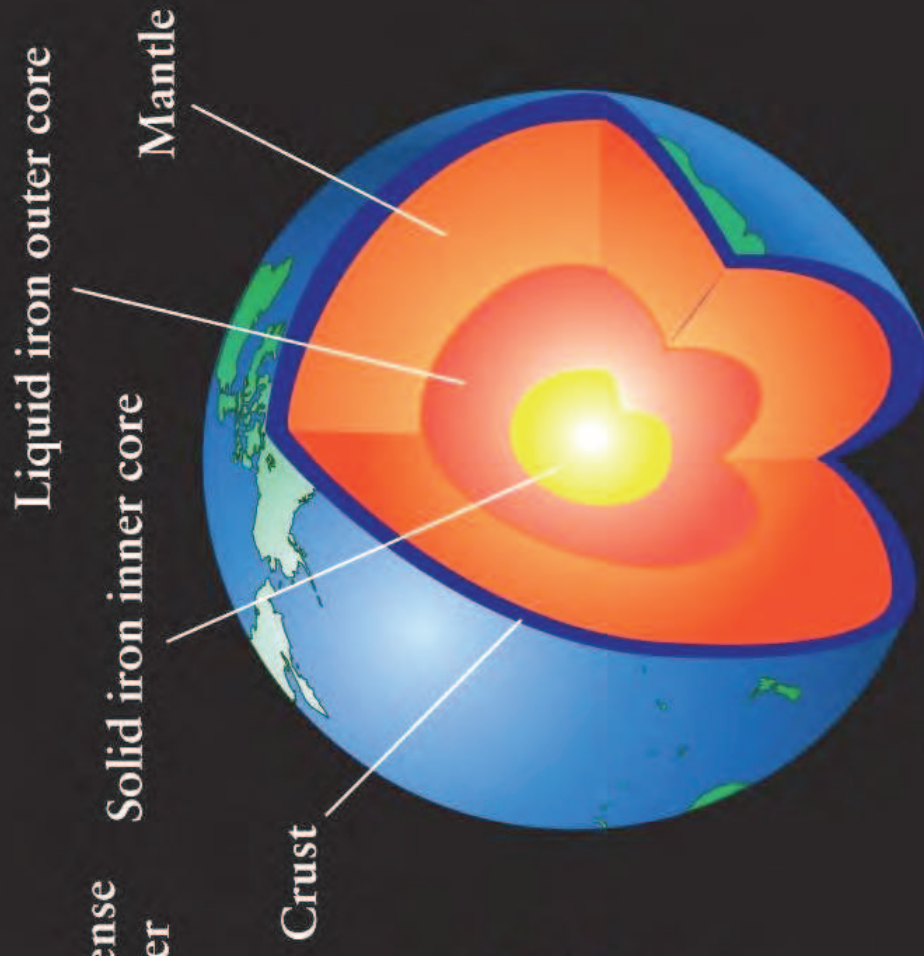
100 μm



Eisenmeteorit Shisr 043 (IIIAB)



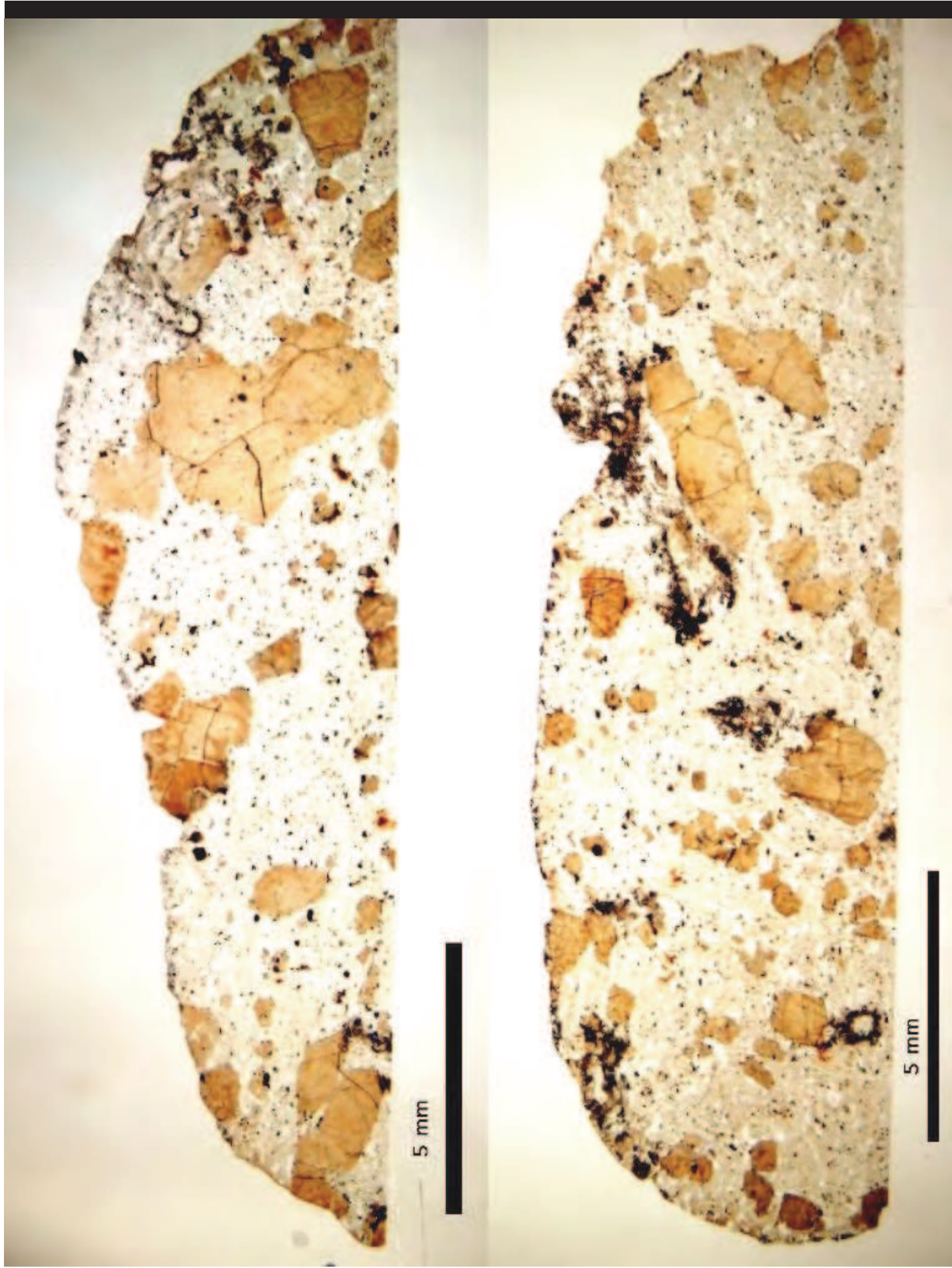
a



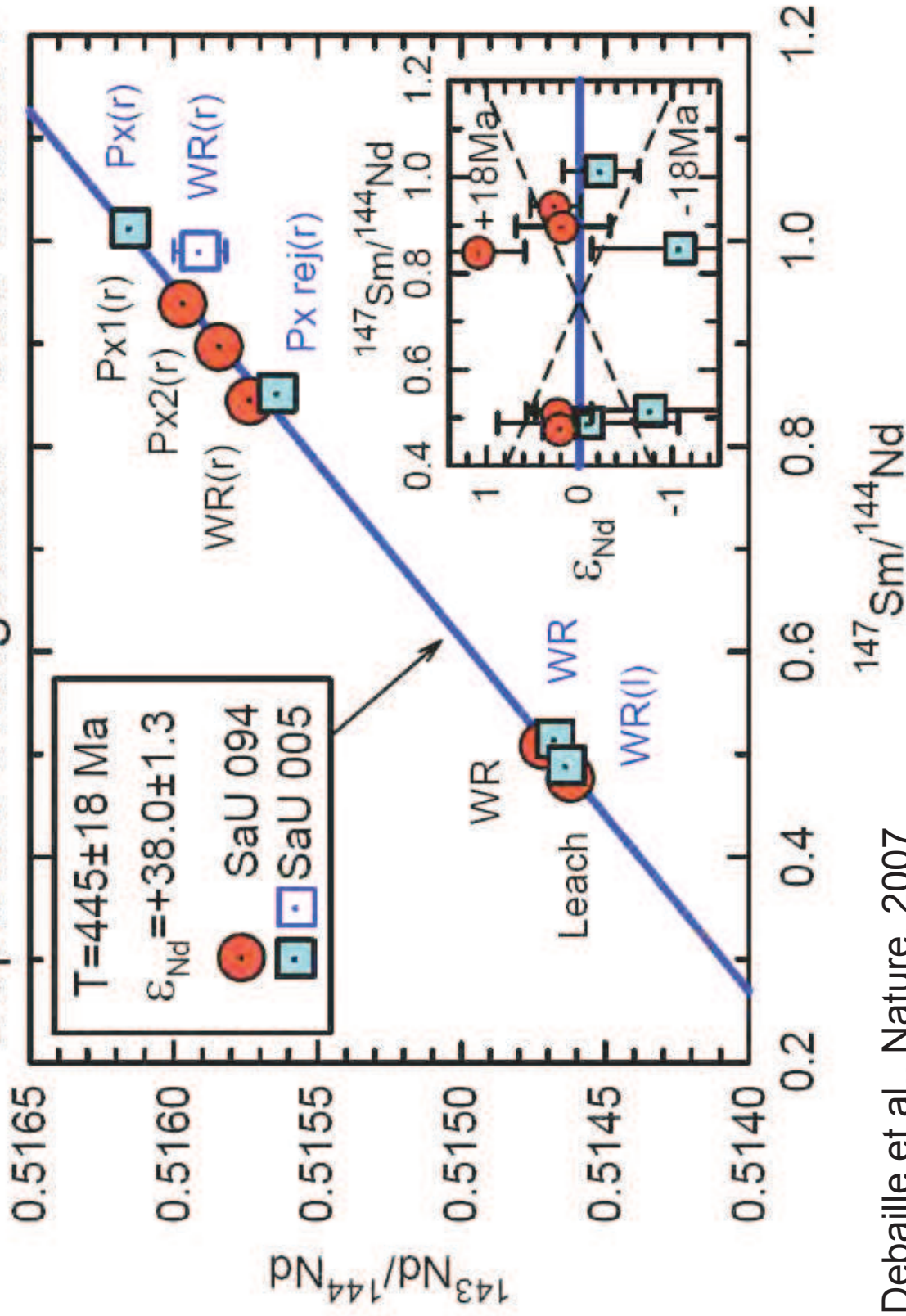
b



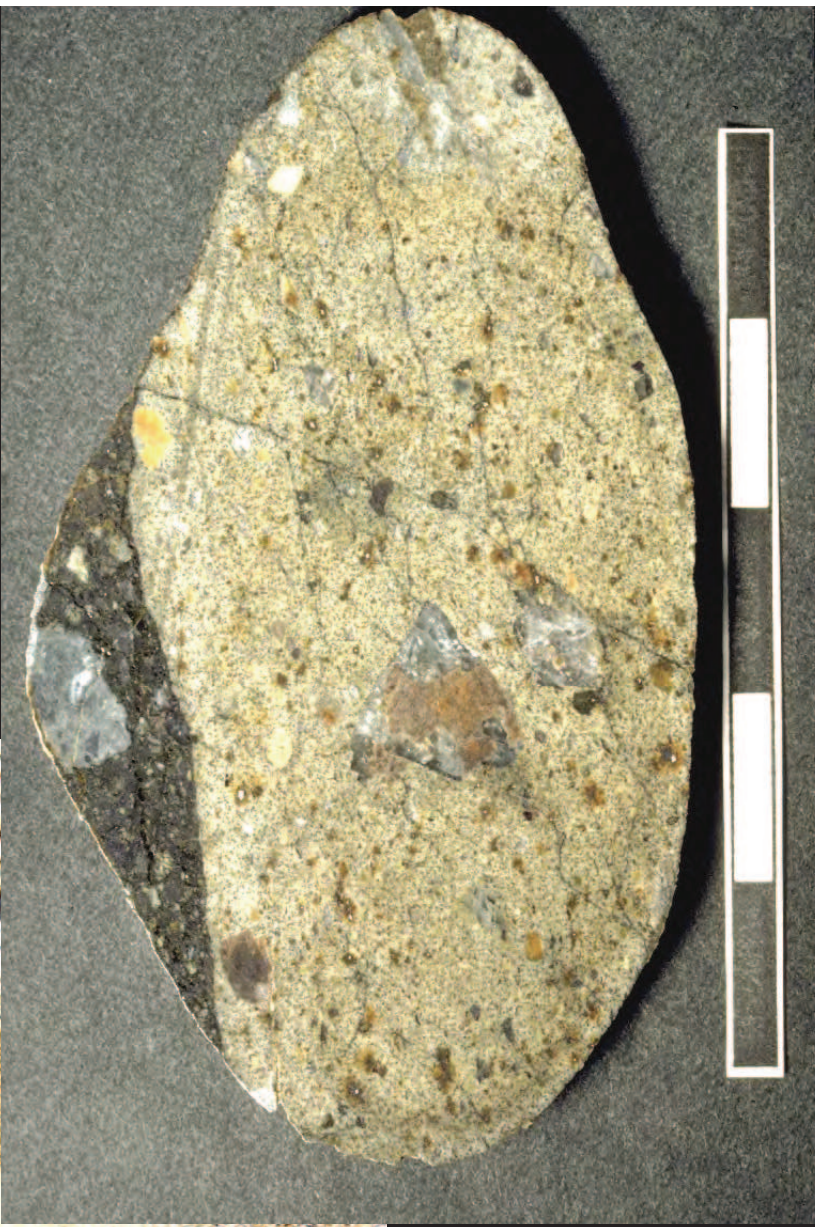
Shergottit (Marsbasalt) SaU 094



Depleted Shergottites - SaU 005/094



Debaille et al., Nature, 2007



Mondmeteorit SaU 169: Extrem KREEP-reich 32 ppm Th

Zirkon Pb-Pb / U-Pb

3909±13 Gnos et al. 2004

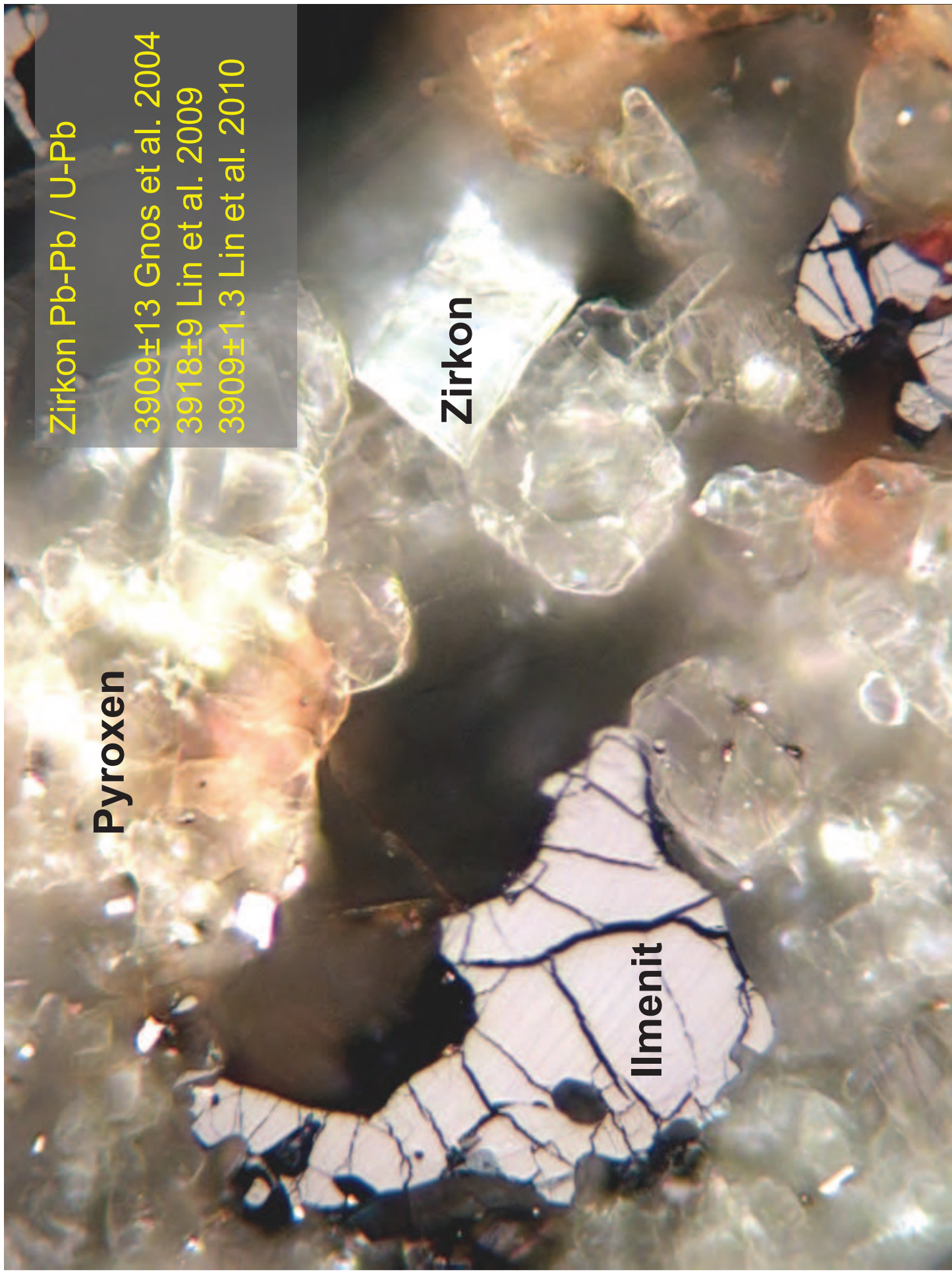
3918±9 Lin et al. 2009

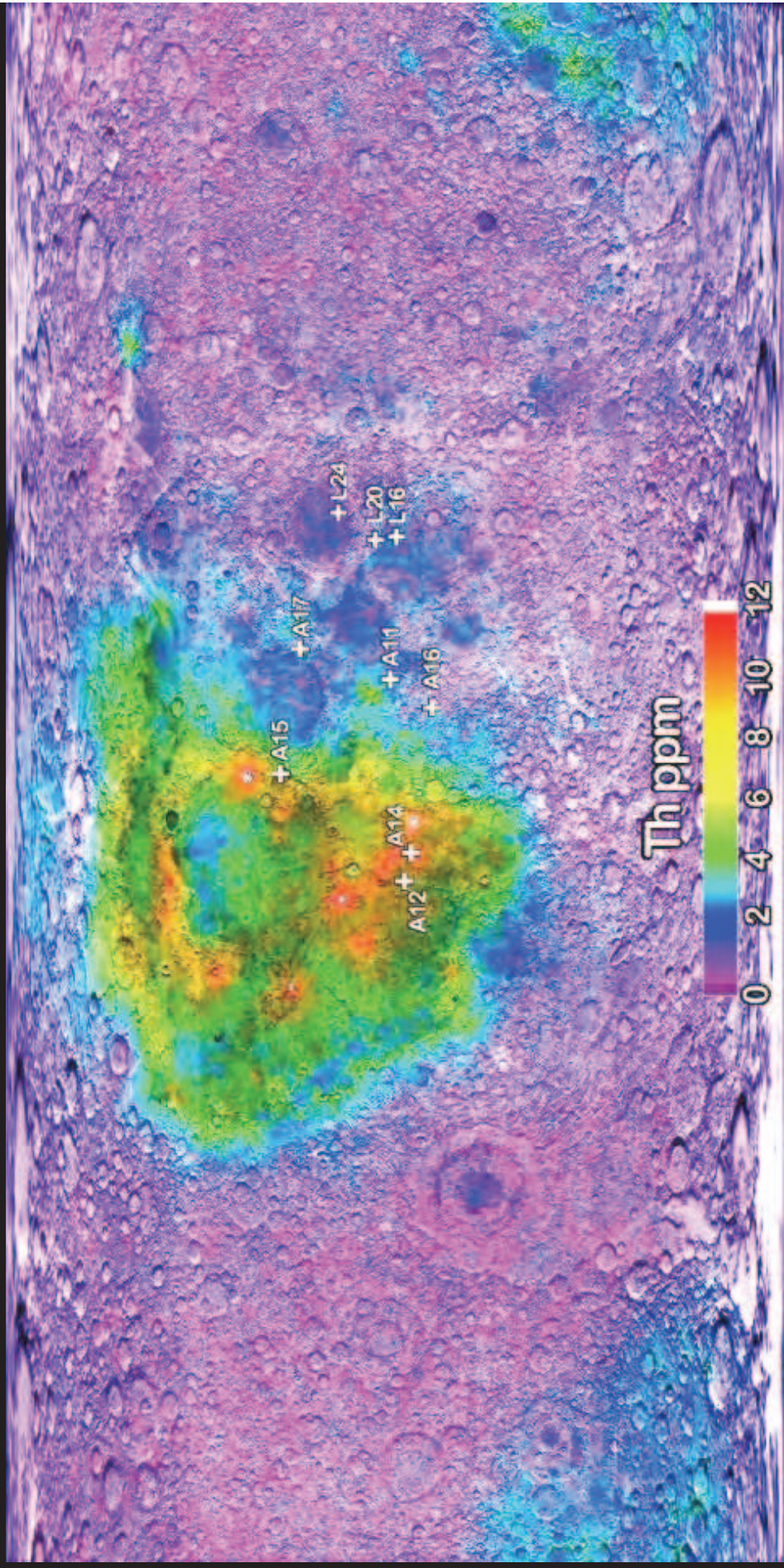
3909±1.3 Lin et al. 2010

Pyroxen

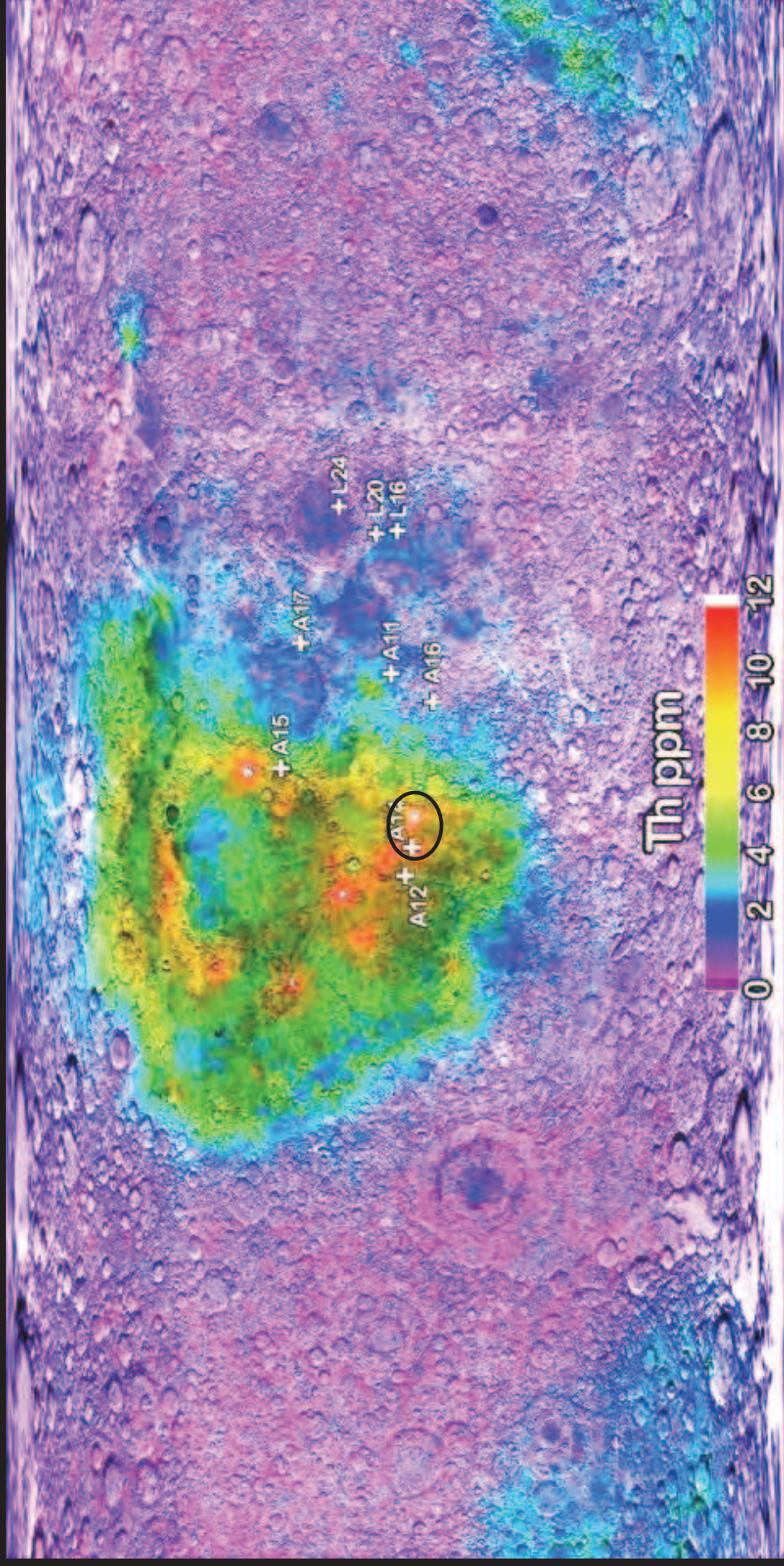
Zirkon

Ilmenit



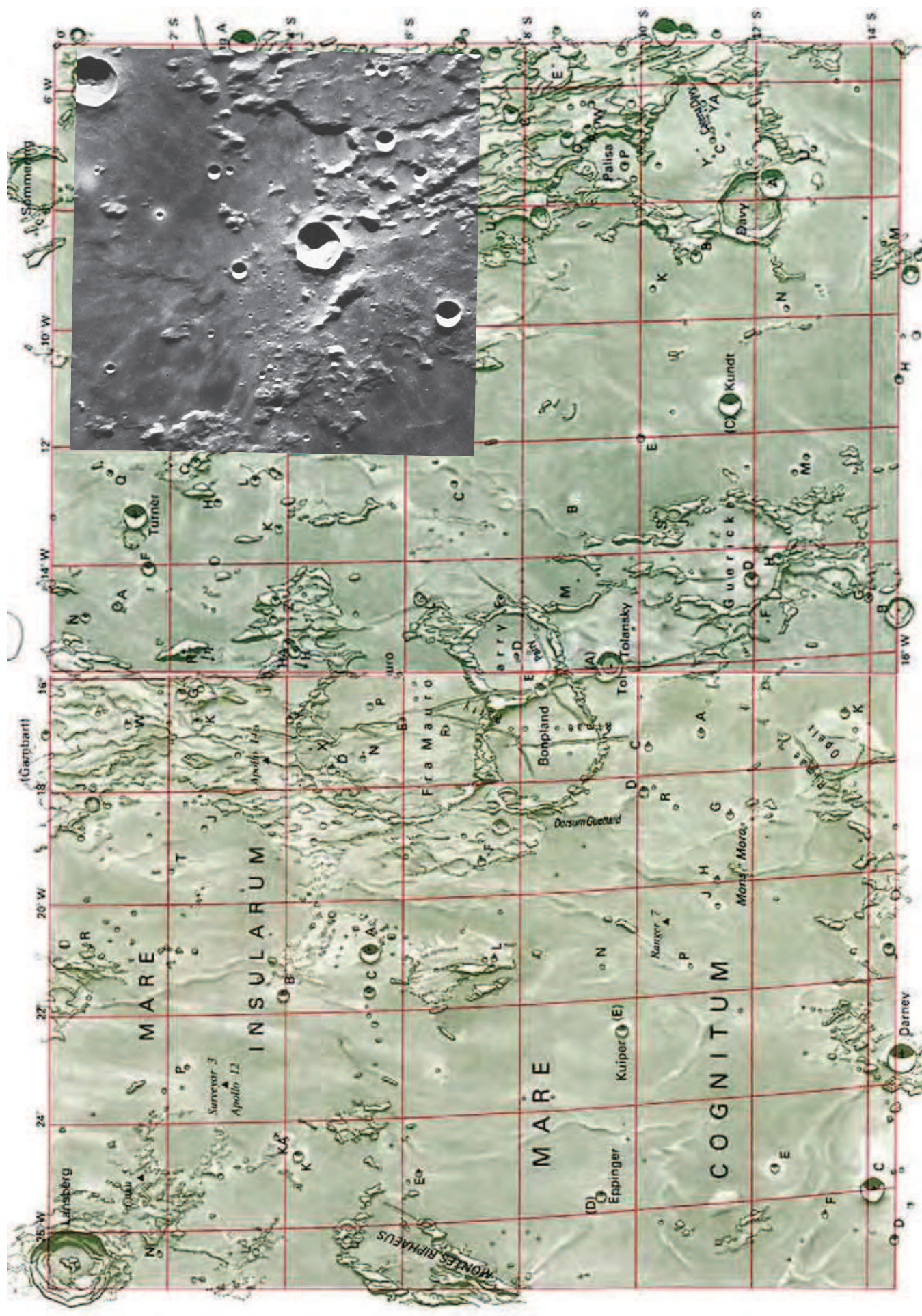


Thorium-Verteilung auf dem Mond (Lunar Prospector)



Thorium-Verteilung auf dem Mond (Lunar Prospector)





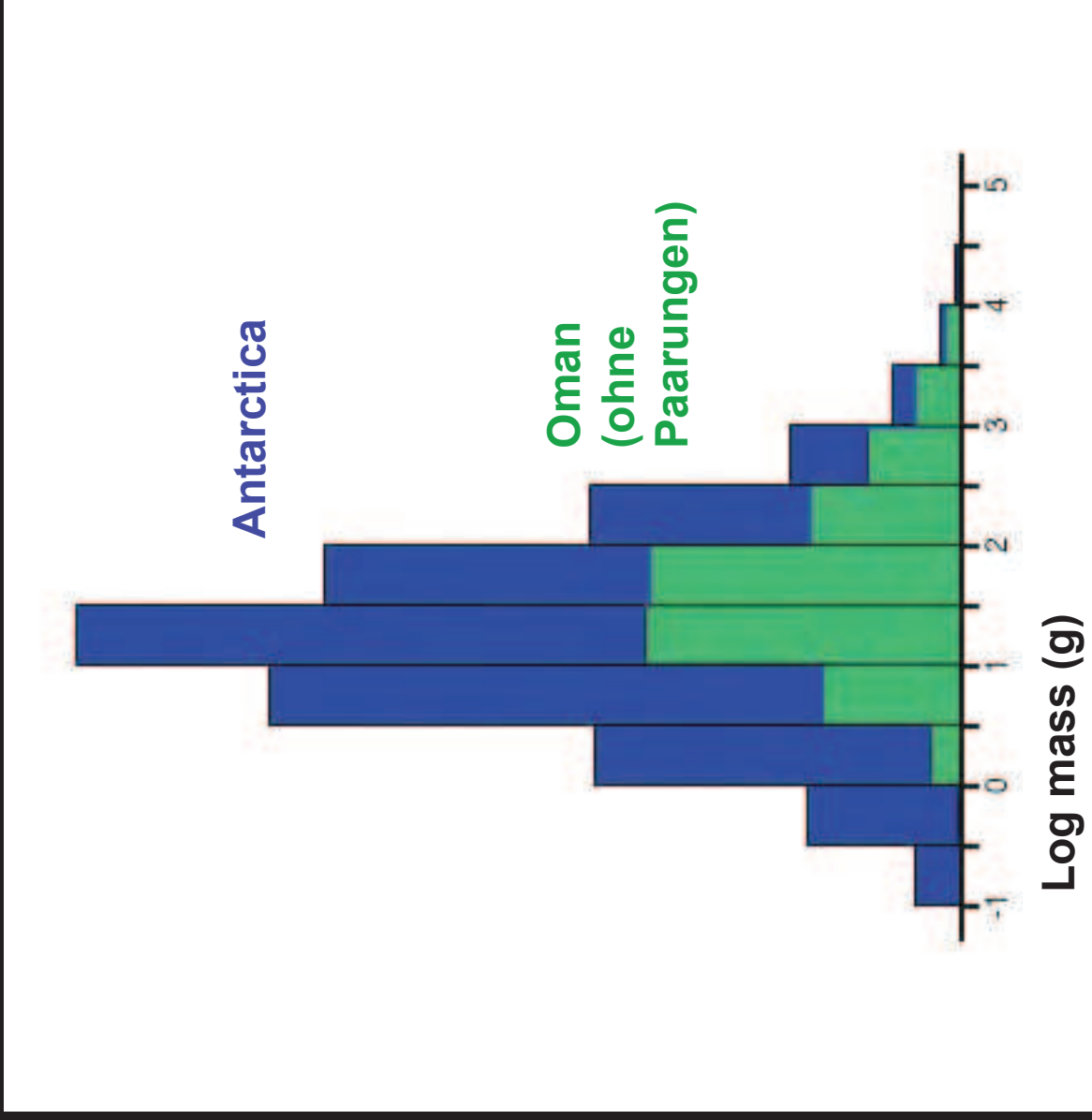


Mesosiderit-Streufeld

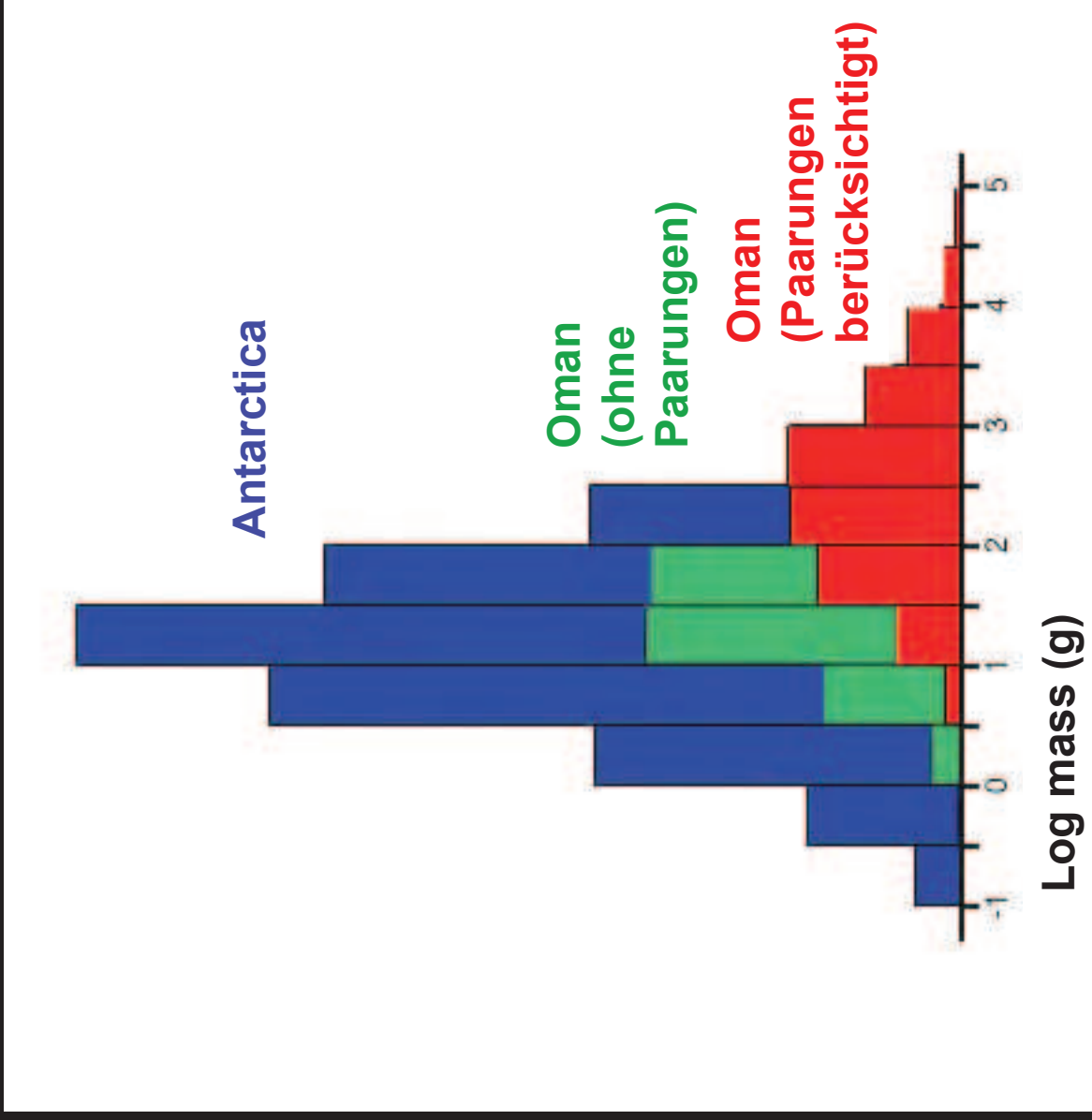


10 cm

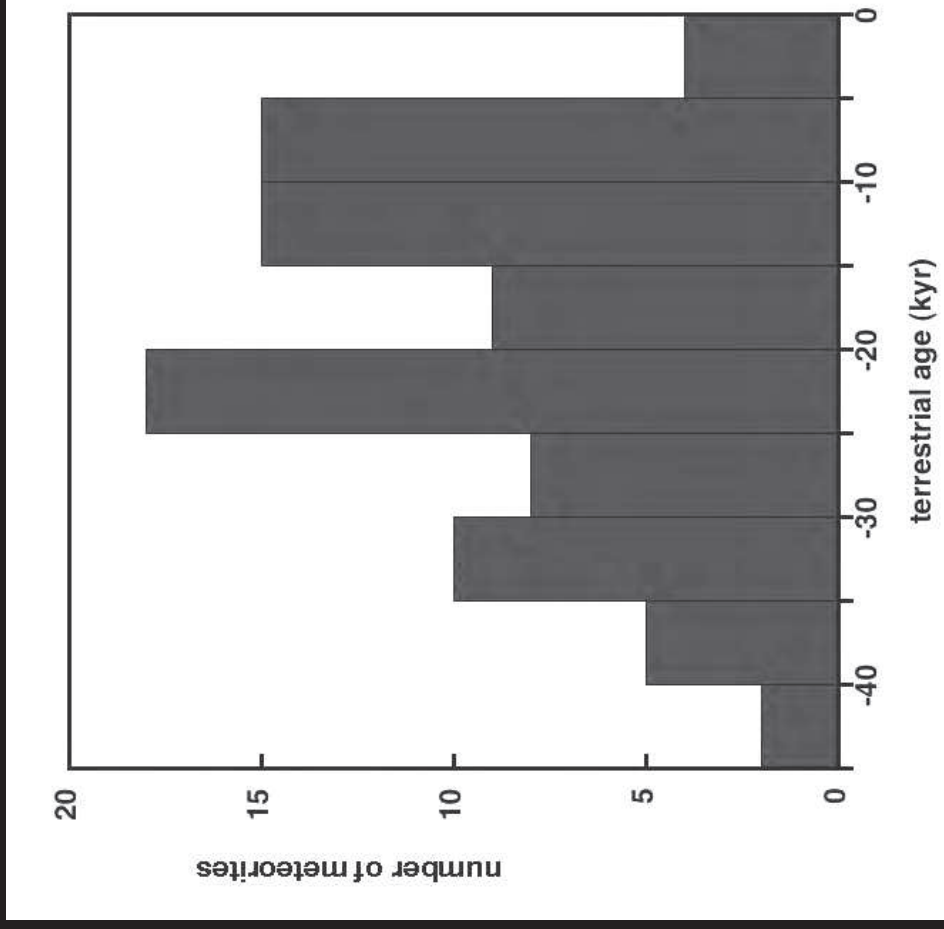
Mesosiderit mit Klasten



Analyse der Oman-Meteoritenpopulation



Analyse der Oman-Meteoritenpopulation



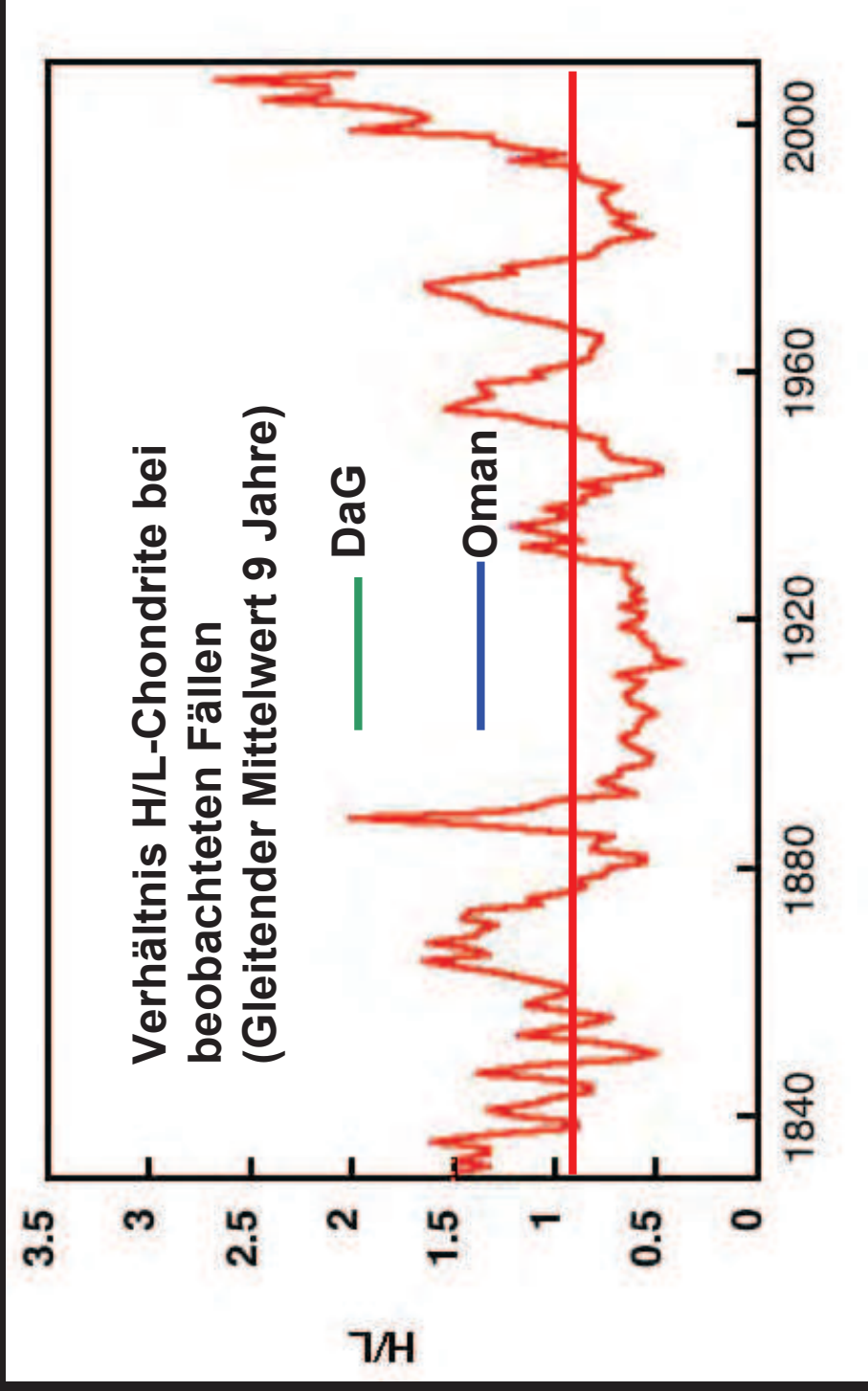
Terrestrische Alter (^{14}C)

**117 Analysen von 87
Fallereignissen**

Mittleres Alter 20'000 Jahre

-> zuwenige junge Meteoriten ?!

Analyse der Oman-Meteoritenpopulation

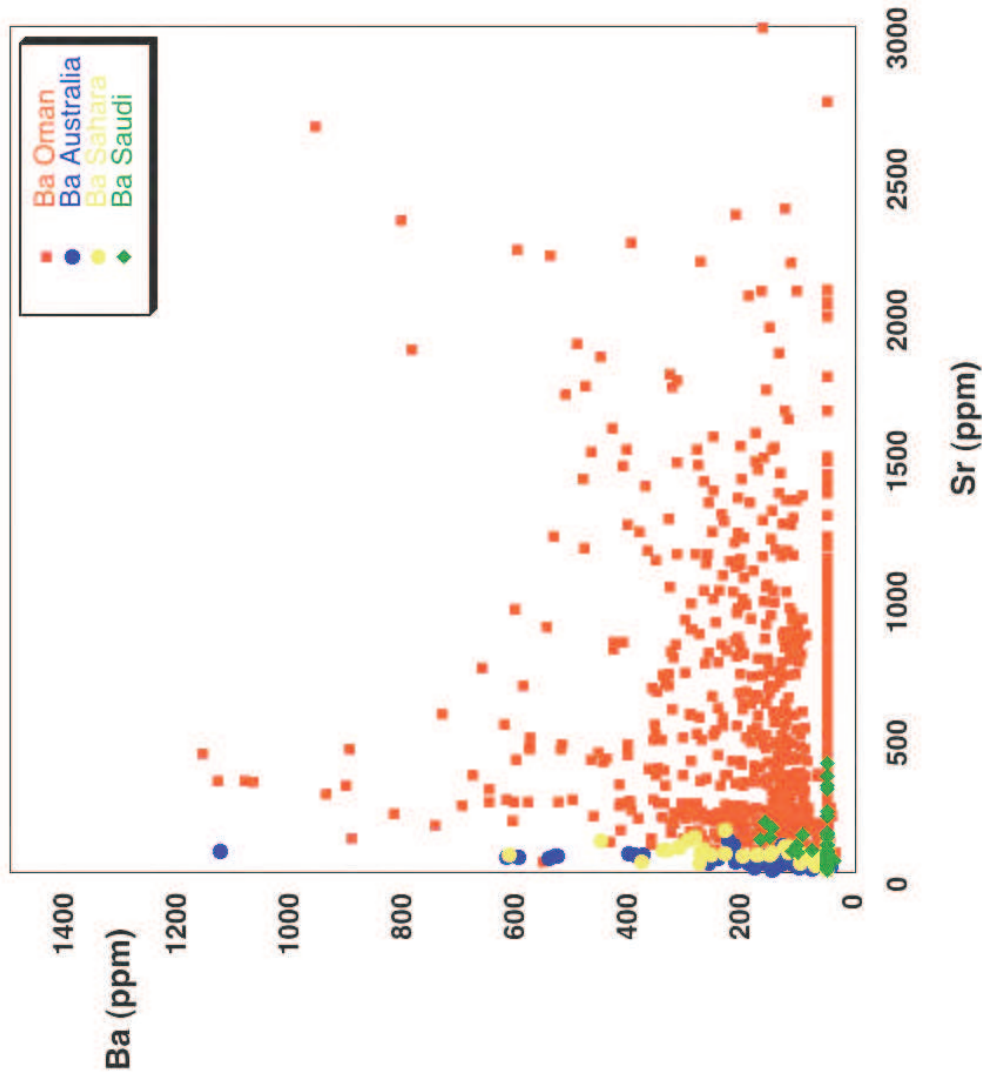


Analyse der Oman-Meteoritenpopulation



MgCl_2 -
Salzlösung

Verwitterung: Die Rolle von Salz in Meteoriten



Anreicherung von Sr und Ba bei der Verwitterung

OMAN-METEORITEN

Die Meteoriten von Oman sind die ältesten und größten Meteoriten, die jemals gefunden wurden. Sie sind aus der Zeit vor der Entstehung des Lebens auf der Erde und sind daher von großer wissenschaftlicher Bedeutung. Die Meteoriten von Oman sind in drei Hauptgruppen unterteilt: die HED-Meteoriten, die Chondrit-Meteoriten und die Eisen-Meteoriten. Die HED-Meteoriten sind die häufigsten und sind aus der Zeit vor der Entstehung des Lebens auf der Erde. Die Chondrit-Meteoriten sind die zweitgrößte Gruppe und sind ebenfalls aus der Zeit vor der Entstehung des Lebens auf der Erde. Die Eisen-Meteoriten sind die seltenste Gruppe und sind ebenfalls aus der Zeit vor der Entstehung des Lebens auf der Erde.



Oman-Vitrine im Naturhistorischen Museum Bern

A photograph of a person standing on a rocky outcrop, looking out over a vast, flat landscape. A white SUV is parked on the right side of the frame. The sky is a deep orange, suggesting a sunset or sunrise, with a large, bright orange sun visible on the left. The overall scene is desolate and expansive.

“Meteorite accumulations of Arabia“ wird/wurde unterstützt von:
Schweizerischer Nationalfonds
Paneth Trust (London)
Rehau GmbH, Muri b. Bern

Feld-Team:

Mohammed Al-Battashi
Ali Al-Kathiri
Silke Bartels
Annette Bretscher
Jürg Bühler
Mariana Cosarinsky
Nathalie Dalcher
Urs Eggenberger
Manuel Eggimann
Otto Eugster
Edwin Gnos
Nicolas Greber
Ansgar Grimberg
Marc Hauser
Beda Hofmann
Liliane Huber
Emilie Janots
Urs Krähenbühl
Ingo Leya
Silvio Lorenzetti
Matthias Meier
Lorenz Moser
Christoph Opitz
Reto Trappitsch
Marc Tschudin
Jan Walbrecker
Rainer Wieler
Florian Zurfluh