

# Gold in sächsischen Kies- und Sandlagerstätten

Schriftenreihe, Heft 12/2013



# Gold in sächsischen Kies- und Sandlagerstätten

Jens Gutzmer, Lisa Richter, Sebastian Hennig, Tobias Petermann  
Dr. Uwe Lehmann

## Inhalt

1	<b>Einführung</b> .....	6
2	<b>Feldbeprobung</b> .....	6
3	<b>Voranreicherung</b> .....	10
4	<b>Finale Aufbereitung und Auswahl der Goldpartikel</b> .....	12
5	<b>Stereo- und Rasterelektronenmikroskopie</b> .....	20
6	<b>Mikrosondenanalytik</b> .....	28
7	<b>Resultate</b> .....	54
8	<b>Schlussfolgerung</b> .....	61
	<b>Referenzen</b> .....	63

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Beprobung in Aufbereitungsanlagen oben links – Beprobung einer Schwermineralfahne am Boden der Aufbereitungsanlage .....	7
Abbildung 2:	Aufbereitung am UVR-FIA;.....	11
Abbildung 3:	Finale Aufbereitung und Auswahl der Goldpartikel .....	14
Abbildung 4:	Stereomikroskopische Aufnahmen der Goldflitter von vier Probenahmestellen .....	21
Abbildung 5:	Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen der Goldflitter von drei Probenahmestellen .....	23
Abbildung 6:	Aufnahmen ausgewählter Anschliffe im Auflicht: zonierte Goldflitter .....	29
Abbildung 7:	Aufnahmen ausgewählter Anschliffe im Auflicht: keine Zonierungen .....	30
Abbildung 8:	Messprofile der Mikrosondenmessungen verschiedener Goldpartikel .....	33
Abbildung 9:	Diagramme A-E: Mittelwerte der Ag-Gehalte der Kernbereiche aller Goldflitter zwölf verschiedener Proben aus zehn Lokalitäten .....	34
Abbildung 10:	Mittelwerte der Ag-Gehalte der Kernbereiche aller Goldflitter aus drei verschiedenen Lokalitäten .....	35
Abbildung 11:	Ag-Gehalte (Minimum, Mittelwert, Maximum) ausgewählter Proben mit besonders ausgeprägter Kern-Rand-Zonierung.....	36
Abbildung 12:	Ag-Gehalte (Minimum, Mittelwert, Maximum) der Probenlokalitäten M2, E1 und M1 zum Vergleich der internen Zusammensetzungen innerhalb der Lagerstätten .....	37
Abbildung 13:	Standorte mit erhöhten und durchschnittlichen Goldgehalten in Sachsen (Karte: LfULG) .....	56

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Probenliste mit allen im Rahmen dieser Studie entnommenen Proben .....	8
Tabelle 2:	Trockenmassen und Vorkonzentrat der Großproben .....	11
Tabelle 3:	Resultate der endgültigen Aufbereitungsschritte .....	15
Tabelle 4:	Größe, Form, Korngestalt, Kantenrundung und Oberflächenmorphologie der Goldflitter aller Proben .....	24
Tabelle 5:	Probenbezeichnungen und Anzahl der jeweils ausgewählten Flitter, welche durch Mikrosonde und EDX analysiert wurden .....	28
Tabelle 6:	EDX-Messungen aller Verwachsungen und Einschlüsse .....	39
Tabelle 7:	Zusammenfassung der Resultate und Ermittlung des Goldgehaltes der Großproben in ausgewählten sächsischen Kies- und Sandlagerstätten durch bildanalytische Auswertung und Abschätzen unter bestimmten Annahmen* .....	57
Tabelle 8:	Zusammenfassung der Resultate der durch Aufbereitungsschritte in den Kies- und Sandlagerstätten angereicherten Proben .....	59
Tabelle 9:	Vergleich der Bestimmung der Goldmassen einiger angereicherten Proben durch die Methoden Bildanalyse und Waage .....	60

# 1 Einführung

Dieser Bericht liefert eine Übersicht über die Goldführung sächsischer Sand- und Kieslagerstätten. Hierzu wurden durch das LfULG 26 aktive Sand- und Kieslagerstätten in Sachsen ausgewählt. Aus diesen Lagerstätten wurden in Begleitung durch das LfULG zwei Typen von Proben gewonnen und bearbeitet – (i) Großproben des geförderten Rohmaterials und (ii) Vorkonzentrate, welche bei der Nassaufbereitung der Kiese und Sande in der Anlage entstehen. Der gesamte Probensatz umfasst 83 Proben (29 Großproben, 54 Vorkonzentrate). Alle Proben wurden in konsistenter Art und Weise aufbereitet, um eventuell enthaltene Goldpartikel aufzukonzentrieren und letztlich von allen Begleitmineralen zu separieren. Über die – teils aus der Geometrie der Flitter berechnete - Masse dieser Partikel soll eine Abschätzung der Goldführung der Sand- und Kieslagerstätten erreicht werden. In diesem Bericht werden alle Resultate zusammengestellt und kurz bewertet.

## 2 Feldbeprobung

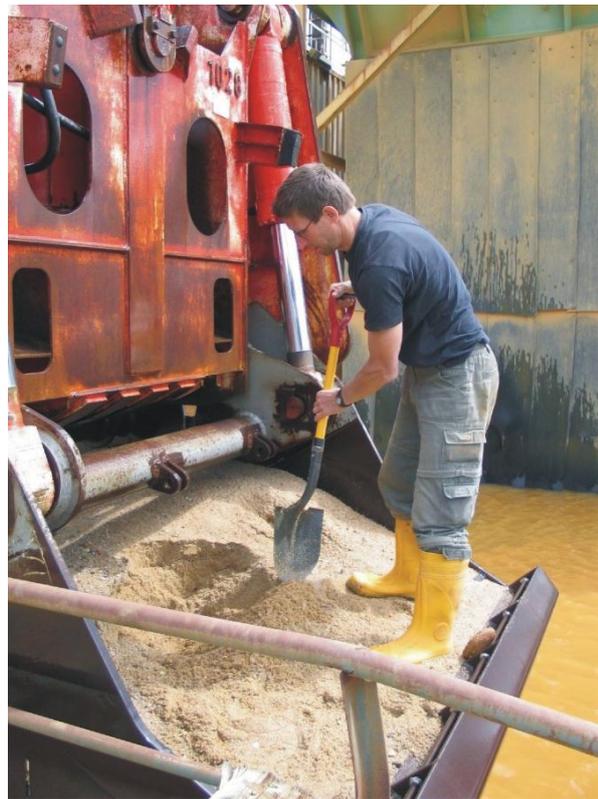
Ziel der Feldkampagne war die Gewinnung von Probenmaterial sowohl aus den anstehenden Kiessanden als auch von Materialien aus der Aufbereitung, welche bereits eine stärkere Goldkonzentration erwarten ließen.

### Beprobung am Stoß

Um einen Eindruck über die primären Goldgehalte einer Kiessandlagerstätte zu gewinnen, wurden entweder Schlitzproben vom Anstehenden oder, bei Nassförderung, Proben vom Schwimmbagger entnommen. Weil die anstehenden Rohkiese in der Regel relativ geringe Goldkonzentrationen aufweisen, wurden vergleichsweise große Probenmengen zwischen 50 und 100 kg entnommen.

### Beprobung in Aufbereitungsanlagen

Erfahrungsgemäß bieten die technischen Anlagen in der Kiessand-Aufbereitung die Möglichkeit, Substrate zu beproben, welche eine höhere Goldkonzentration aufweisen. Für die Beprobung wurden daher gezielt solche Stellen gesucht, die sich als Sedimentfallen für schwere Partikel eignen. Dies sind zum Beispiel Sandschnecken, Bandabstreifer oder Schwermineralfahnen am Boden der Anlage.



**Abbildung 1: Beprobung in Aufbereitungsanlagen**  
oben links – Beprobung einer Schwermineralfahne am Boden der Aufbereitungsanlage  
oben rechts – Schlitzprobe am Stoß  
unten links – Probenahme in einer Sandschnecke  
unten rechts – Probenahme vom Schwimmbagger

**Tabelle 1: Probenliste mit allen im Rahmen dieser Studie entnommenen Proben**

Standort	Probenbezeichnung	Lokalität der Probenname; Art der Probe	Rechts <sup>1)</sup>	Hoch <sup>1)</sup>
E1	E1-1	<b>Großprobe</b>	4640100	5655700
	E1-2	Unterseite Förderband		
	E1-3	Unterseite Förderband, aber nach längerer Transportstrecke; kurz vorm Magnetscheider; 10 m vor Übergabestelle		
	E1-4	Abwasserrohr ca. 50 m nach Waschstrecke		
	E1-5	undichtes Rohr kurz vor der Förderschnecke		
	E1-6	Betonbecken mit Austritt aus Silo 0/2		
GF1	GF1-1	<b>Großprobe</b> ; Hangendbereich der Lagerstätte	4627600	5667300
E2	E2-X	Konzentrat, vom Betreiber hergestellt	4620400	5683100
	E2-II	Konzentrat, vom Betreiber hergestellt		
	E2-1	Rohr mit Entwässerungswasser vom Bagger		
	E2-2	1. Übergabestelle; Haufen unter dem Förderband		
	E2-3u	<b>Großprobe</b> vom liegenden Stoß; liegende Terrasse		
	E2-3m	<b>Großprobe</b> vom mittleren Stoß; liegende Terrasse		
	E2-3o	<b>Großprobe</b> vom hangenden Stoß; hangende Terrasse		
G1	G1-1	Feinmaterial der 0/1-Fraktion	4612600	5692100
	G1-2	Spülversatz aus dem Waschen der 0/1-Fraktion im Absetzbecken		
	G1-3	Material aus der Waschanlage für die 0/1-Fraktion		
	G1-4	Spülversatz unter der Schnecke		
	G1-5	<b>Großprobe</b> vom Stoß		
GF2	GF2-1	Absetzbecken nach Sandschnecke	4633100	5694100
	GF2-2	Direkt aus der Sandschnecke		
	GF2-3	<b>Großprobe</b>		
E3	E3-1	<b>Großprobe</b>	4643100	5698700
N1	N1-1	<b>Großprobe</b>	4701400	5661100
	N1-2	Material aus der Sandschnecke nach Abtrennung der >32 mm- und <2 mm-Fractionen		
	N1-3	Probe vom Erdboden mit diffus breitgespültem Material aus den vorangegangenen Säuberungen des Schneckenbodens		
N2	N2/GF3-1	Sandwäsche 0/1	4700100	5681300
	N2/GF3-2	Sandwäsche 0/2 bzw. 0/4		
	N2/GF3-3	<b>Großprobe</b> vom Stoß an zwei versch. Lokalitäten: Liegend- und Hangendbereich der Lagerstätte		
GF4	GF4-1	<b>Großprobe</b> vom Stoß; beide Terrassenkörper erfasst	4688900	5693300
	GF4-2	Handwäsche (Waschpfanne) einer Probe aus einer kleinen mobilen Kieswaschanlage		
GF5	GF5-1	<b>Großprobe</b>	4689800	5695800
	GF5-2	Schwermineralfahne		
	GF5-31	Konzentrat aus dem Aquamator		
	GF5-32	Konzentrat aus dem Aquamator, mit Waschpfanne aufkonzentriert		
M1	M1-1	<b>Großprobe</b>	4532700	5705100
	M1-2	Material vom Bandabstreifer (bedüst)		

Standort	Probenbezeichnung	Lokalität der Probenname; Art der Probe	Rechts <sup>1)</sup>	Hoch <sup>1)</sup>
	M1-3 M1-4 M1-6	Material aus dem Wendelscheider-Auslauf in die Sandschnecke gleiche Stelle wie M1-2; 4 h später kleines Delta		
M2	M2-1 M2-2 M2-3 M2-4	aus dem Entwässerungsbecken vom Ablassventil unterhalb des Schaufelrades Material aus dem Kohle-Entfernungsbecken Material von der Übergabestelle <b>Großprobe</b>	4541000	5702800
WE1	WE1-1	<b>Großprobe</b>	4515000	5685500
M3	M3-1u M3-1o M3-2 M3-3	<b>Großprobe</b> vom Stoß; untere Kiesterrasse <b>Großprobe</b> vom Stoß; obere Kiesterrasse Ausfluss unterhalb des Entwässerungssiebes wie M3-2, aber nach 20 bis 30 m Fließweg	4555900	5675400
M4	M4-1 M4-2 M4-3 M4-4	Probe aus der Entwässerungsanlage direkt nach dem Zyklon Aus der Sandschnecke <b>Großprobe</b> Probe von der Verspülung auf dem Hof unter der Anlage	4533600	5627100
M5	M5-1 M5-2 M5-3 M5-4	direkt vom Auslauf der Sandschnecke kleiner Sandsumpf; Entnahme mit Schöpfkelle Schwermineralfahnen vom Boden der Anlage <b>Großprobe</b>	4534200	5624900
TR1	TR1-1	<b>Großprobe</b>	4533700	5634500
GF6	GF6-1 GF6-2 GF6-3	Schwermineralfahnen <b>Großprobe</b> Haufen unter Übergabestelle	4549600	5652200
M6	M6-1 M6-2 M6-3 M6-4	<b>Großprobe</b> Schwermineralfahne Material stammt von unterhalb der Sandwäsche Material aus der Verspülung unterhalb der Anlage	4536700	5680700
GF7	GF7-1 GF7-2 GF7-3	<b>Großprobe</b> Material aus der Sandschnecke großer Trichter mit Sedimentationsfalle	4575000	5685200
E4	E4-1 E4-2	<b>Großprobe</b> Betongerinne	4577600	5692100
E5	E5-1 E5-2 E5-3	<b>Großprobe</b> Schwermineralfahne Probe unterhalb von Waschrinne	4591200	5684100
GF8	GF8-1 GF8-2 GF8-3	Schwermineralfahne Material aus der Schwertwäsche für die Fraktion >2 mm <b>Großprobe</b>	4658900	5680100
GF9	GF9-1 GF9-2 GF9-3	<b>Großprobe</b> Material unter dem Entwässerungssieb für die 0/2-Kiese Schwermineralfahne	4658400	5691000

Standort	Probenbezeichnung	Lokalität der Probenname; Art der Probe	Rechts <sup>1)</sup>	Hoch <sup>1)</sup>
GF10	GF10/M7-1	Auslauf Kasten vor der Sandschnecke	4581400	5674700
	GF10/M7-2	Schwermineralfahne unter der Sandschnecke		
	GF10/M7-3	<b>Großprobe</b>		
M8	M8-1	Boden des Schnecken-/Schöpfrades	4544700	5667200
	M8-2	<b>Großprobe</b>		

<sup>1)</sup> Die Koordinaten (Rechts- und Hochwerte) sind in diesem anonymisierten Bericht derart verändert, dass sich die untersuchten Standorte bzw. Gewinnungsbetriebe nicht ermitteln lassen.

### 3 Voranreicherung

Alle Proben wurden nach der Entnahme an das UVR-FIA (Freiberg) geliefert und dort im bergfeuchten Zustand in geschlossenen Säcken auf Paletten gelagert. Die Proben wurden dann von der TU BAF unter Aufsicht eines Angestellten des UVR-FIA aufbereitet, um ein Vorkonzentrat herzustellen. Die Resultate sind in Tabelle 2 dargestellt.

#### Ermittlung der Probenmasse und des Feuchtigkeitsgehaltes

Zur Ermittlung der Probenmasse wurde die Probe zunächst im feuchten Zustand gewogen. Anschließend wurde anhand einer Teilprobe der Feuchtigkeitsgehalt der Probe ermittelt. Dies geschieht durch Einwaage der Teilprobe in feuchtem und in trockenem Zustand. Der Feuchtigkeitsgehalt ergibt sich aus der Differenz der beiden Einwaagen. Die Teilprobe zur Feuchtigkeitsbestimmung wurde entweder durch Handgreifung mit einer Schaufel aus der Gesamtprobe oder durch eine separate parallele Schlitzprobe vom Stoß gewonnen.

#### Ermittlung der Masse der Fraktionen >2 mm (Grobfraktion) und <2 mm (Feinfraktion) und Abtrennung der Feinfraktion

Um die Massenanteile von Grob- und Feinfraktion zu ermitteln, wurden die Proben zunächst nass gesiebt. Dafür wurde ein Handsieb mit quadratischen Sieböffnungen verwendet. Die Kantenlänge der Sieböffnungen betrug 2 mm. Die Feinfraktion wurde mit Wasser durch das Sieb gespült und aufgefangen. Ein Teil der Suspensionsfracht wird bei diesem Vorgehen verspült. Weil hierin jedoch keine Schwerminerale zu erwarten sind, ist dies zur Anreicherung von Schwermineralen in der Feinfraktion sogar gewünscht. Weil die Siebmaschen quadratische Öffnungen sind, können auch größere Körner mit entsprechender Kornform, z. B. plattige Körner, in die Feinfraktion gelangen. Weil aus dem Konzentrat aber vor allem die meist plattig auftretenden Goldpartikel extrahiert werden sollen, ist auch dieser Effekt erwünscht, weil so eventuell auch die Ausbeute an Goldpartikeln erhöht wird.

Das auf dem Sieb zurückbleibende Grobkorn wurde getrocknet und gewogen. Aus der Differenz zwischen getrocknetem Grobkorn und zuvor ermittelter Trockenmasse der Gesamtprobe ergeben sich die Masseanteile von Grob- und Feinfraktion.

#### Voranreicherung des Schwermineralkonzentrates mit Hilfe einer Waschrinne

Das Schwermineralkonzentrat wurde aus der Feinfraktion gewonnen. Dafür wurde diese auf den oberen Teil einer 40 cm breiten und 2 m langen Waschrinne gegeben. Als Aufgabegerät diente ein Plastikzylinder mit offenem Boden. Dieser wurde durch Abstandshalter um 5 mm über der Waschrinne gehalten, sodass ein kreisförmiger Schlitz entstand, durch den die Probe auf die Waschrinne gelangte. Das vor dem Aufgabehäl-

ter auf die Rinne gegebene Wasser spülte den Sand aus dem Behälter auf die Rinne. Die Rinne war mit Wabenmatten bestückt, deren rechteckige, 1,5 x 1,1 cm große Waben als Sedimentationsfallen für schwere Körner fungieren. Neigung der Rinne und Wasserströmung wurden nach Augenmaß eingestellt, wobei darauf geachtet werden musste, dass die Waben maximal zu etwa 1/3 gefüllt sind, um deren Wirkung als Sedimentationsfallen aufrechtzuerhalten. Der über die Rinne hinausgespülte Teil der Probe wurde aufgefangen und als Rückstellprobe verwahrt. Nachdem sich der Aufgabebehälter entleert hatte, wurde der Wasserfluss gestoppt. Das auf der Rinne befindliche schwermineralreiche Material wurde separiert und mittels einer kleineren Rinne bei gleicher Vorgehensweise weiter aufkonzentriert. Diese zweite Rinne ist über 70 cm Wegstrecke mit Wabenmatten bestückt. Das auf dieser Rinne verbleibende Material bildete das Vorkonzentrat. Ein nach der ersten, größeren Rinne eingebauter Dauermagnet fing zusätzlich magnetische Minerale auf, welche nicht in der Rinne festgehalten wurden. Diese wurden als separate Probe verwahrt.



**Abbildung 2: Aufbereitung am UVR-FIA;  
vorn: Große Waschrinne mit Aufgabebetrücker; hinten: Kleine Waschrinne**

**Tabelle 2: Trockenmassen und Vorkonzentrat der Großproben**

Proben- bezeichnung	TPF trocken (kg)	Trockenverlust		Probenmasse gesamt trocken (kg)	Vorkonzentrat (g)
		(kg)	(%)		
E1-1	1,52	0,026	1,7	101,5	100,7
GF1-1	1,12	0,005	0,4	75,3	403,2
E2-3u	0,94	0,002	0,2	16,6	70,11
E2-3m	1,34	0,004	0,3	18,8	44,00
E2-3o	1,12	0,01	0,9	28,1	41,95
GF1-5	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	85,6	438,2
GF2-3	1,28	0,036	2,8	64,6	51,59
E3-1	1,13	0,008	0,7	94,4	29,67
N1-1	2,64	0,039	1,5	88,4	53,56

Proben- bezeichnung	TPF trocken (kg)	Trockenverlust		Probenmasse gesamt trocken (kg)	Vorkonzentrat (g)
		(kg)	(%)		
N2/GF3-3	0,83	0,009	1,1	57,2	102,1
GF4-1	1,34	0,023	1,7	23,4	52,38
GF5-1	1,71	0,081	4,7	64,5	10,35
M1-1	- <sup>1)</sup>	-	-	83,7	41,60
M2-4	- <sup>1)</sup>	-	-	91,3	88,60
WE1-1	- <sup>1)</sup>	-	-	65 <sup>2)</sup>	240,5
M3-1u	- <sup>1)</sup>	-	-	29,3	56,60
M3-1o	- <sup>1)</sup>	-	-	88,3	47,00
M4-3	- <sup>1)</sup>	-	-	134,2	241,8
M5-4	- <sup>1)</sup>	-	-	96,0	60,50
TR1-1	- <sup>1)</sup>	-	-	100 <sup>2)</sup>	93,10
GF6-2	- <sup>1)</sup>	-	-	80,2	82,70
M6-1	- <sup>1)</sup>	-	-	92,8	20,08
GF7-1	- <sup>1)</sup>	-	-	67,2	260,3
E4-1	- <sup>1)</sup>	-	-	91,0	131,6
E5-1	- <sup>1)</sup>	-	-	83,3	252,9
GF8-3	- <sup>1)</sup>	-	-	121,6	94,05
GF9-1	- <sup>1)</sup>	-	-	93,3	22,42
GF10/M7-3	- <sup>1)</sup>	-	-	91,5	232,7
M8-2	- <sup>1)</sup>	-	-	100 <sup>2)</sup>	85,8

TPF = Teilprobe zur Feuchtigkeitsberechnung

<sup>1)</sup> keine Feuchtigkeitsberechnung

<sup>2)</sup> Angaben geschätzt

## 4 Finale Aufbereitung und Auswahl der Goldpartikel

Die im UVR-FIA hergestellten Vorkonzentrate wurden im Sedimentlabor am Institut für Geologie, TU Bergakademie Freiberg, weiter aufbereitet, um die enthaltenen Goldpartikel zu isolieren. Die Resultate dieser Arbeiten sind in Tabelle 3 dargestellt.

### Trocknung

Weil die Proben aus dem UVR-FIA feucht angeliefert wurden, mussten diese zunächst im Trockenofen bei 50 °C getrocknet werden.

### Siebung

Einige Proben enthielten noch eine recht große Anzahl von Partikeln, welche eine Korngröße > 1 mm hatten. Um den Erfolg der folgenden Schwermineraltrennung und Magnetscheidung nicht zu gefährden, wurde in solchen Proben ein Siebschnitt bei 1 mm durchgeführt. Beide Fraktionen wurden aufgefangen und abgelegt. Nur die Fraktion < 1 mm wurde weiter separiert.

### **Magnetische Separation**

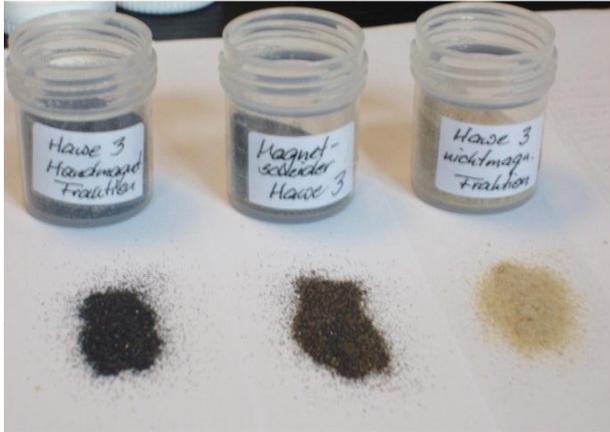
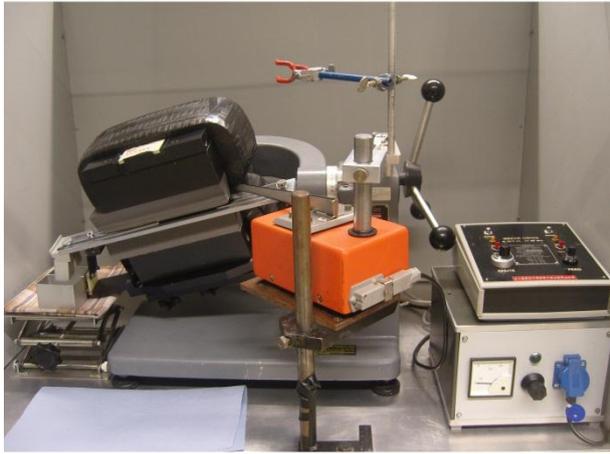
Das Vorkonzentrat wurde zunächst mit einem Handmagneten behandelt, um stark magnetische Minerale zu extrahieren. Die verbleibende Fraktion wurde dann auf einem Frantz Magnetscheider bei  $10^\circ$  Querneigung und einer Stromstärke von 0,8 A in verschiedenen Schritten in Fraktionen aufgetrennt. Somit konnten auch paramagnetische Anteile der Proben (unter anderem Glimmer) abgeschieden werden. Die Materialflussdichte wurde hierbei so niedrig gehalten, dass nicht magnetische Körner nicht in die magnetische Fraktion verschleppt wurden. Alle Fraktionen wurden separat aufgefangen und abgelegt.

### **Dichtentrennung**

Weil Seifengold eine Dichte von ca. 17 bis  $20 \text{ g/cm}^3$  besitzt, ist es sinnvoll, das Gold nun weiter über Dichtentrennung mittels Schwerlösungen zu konzentrieren. Um die in der nicht magnetischen Fraktion enthaltenen Quarz- und Feldspatpartikel von den Schwermineralen zu trennen, kam Methyleniodid ( $\rho = 3,3 \text{ g/cm}^3$ ) zum Einsatz. Bromoform ( $\rho = 2,89 \text{ g/cm}^3$ ) wurde nur in solchen Proben eingesetzt, in denen die Ausgangsmenge im Vorkonzentrat sehr groß war. Alle Körner mit einer Dichte über  $3,3 \text{ g/cm}^3$  konnten in den darunter befindlichen Trichter mit Papierfilter abgeschieden und aufgefangen werden. Die Probenfraktion ließ man etwa 30 Minuten in der Schwerlösung, sodass auch Partikel mit kleinen Korngrößen auf den Boden sinken konnten. Durch anschließendes Durchrühren im oberen Scheidetrichter wurde sichergestellt, dass auch kleinste Goldpartikel, trotz Oberflächenspannung, absinken konnten. Im Anschluss wurden die Papierfilter getrocknet und die abgetrennten Fraktionen mit einer Dichte größer  $3,3 \text{ g/cm}^3$  aufgefangen, gereinigt und abgelegt.

### **Manuelle Auslese der Goldpartikel**

Im letzten Arbeitsschritt wurden aus der nicht magnetischen Schwermineralfraktion unter dem Binokular alle Goldpartikel identifiziert und manuell ausgelesen. Bei dieser Arbeit wurde die Anzahl der Partikel vermerkt (Tabelle 5 und Tabelle 6) und die ungefähre Größe (Durchmesser) der Partikel. Das Restmaterial wurde gesammelt und aufgehoben.



**Abbildung 3: Finale Aufbereitung und Auswahl der Goldpartikel**

**Oben: Frantz Magnetscheider**

**Mitte: Resultate magnetische Separation: Handmagnet (l.), Magnetscheider (m.), unmagnetische Fraktion (r.)**

**Unten: Schwerentrennung (l.), manuelle Auslese am Stereomikroskop (r.)**

**Tabelle 3: Resultate der endgültigen Aufbereitungsschritte**

Proben- bezeichnung	Bemerkung	Vorkonzentrat [g]	Masse Handmagnet [g]	Masse magnetische Fraktion [g]	Masse unmagne- tische Fraktion [g]	Masse Schwer- mineral (>3,3 g/cm <sup>3</sup> )	Flitter (Zahl) <sup>1</sup>
E1-1		100,7	24,462	5,281	68,57	1,621	19
E1-2		67,08	20,4	19,7159	23,1	3,8686	124
E1-3		159,5 (0,1372)	32,3303	40,2412	86,0	7,3874	1056
E1-4		100,5 (6,2335)	43,6020	15,1435	35,4913	1,1831	51
E1-5		333,3 (0,6808)	34,0028	71,2185	227,4	3,5658	220
E1-6		108,9 (1,1603)	25,7964	18,1530	63,7585	0,8395	6
GF1-1		403,2	32,19	49,53	8,8353	8,8353	5
E2-X			keine Angaben <sup>2</sup>				0
E2-II			keine Angaben <sup>2</sup>				1
E2-1		276,3	1,9359	27,8990	246,5	6,9876	16
E2-2		99,0	0,6589	33,9232	64,4	8,4406	112
E2-3u		70,11	1,4568	12,4782	56,1	2,8960	9
E2-3m		44,0	3,354	5,091	35,575	2,117	2
E2-3o		41,95	0,4746	5,5865	35,8	1,4139	3
G1-1		50,4 (1,6930)	1,5491	4,0877	39,7364	1,9627	16
G1-2		41,5	3,6593	11,9250	25,9	4,7172	16
G1-3		323,3 (0,1044)	30,4790	77,1029	215,5	35,2636	96

Probenbezeichnung	Bemerkung	Vorkonzentrat [g]	Masse Handmagnet [g]	Masse magnetische Fraktion [g]	Masse unmagnetische Fraktion [g]	Masse Schwermineral (>3,3 g/cm <sup>3</sup> )	Flitter (Zahl) <sup>1</sup>
G1-4		131,0 (3,0207)	9,7855	21,9044	93,7	18,0592	3104
G1-5		435,75 (2,4505)	4,9920	19,1592	411,6	6,2637	3
GF2-1		125,3 (5,3020)	16,8174	23,7814	74,9245	8,8337	26
GF2-2		154,2 (2,3529)	25,4756	24,2433	101,4	14,8297	4416
GF2-3		51,5863	1,9510	15,0353	34,6	3,6639	9
E3-1		29,674	1,9470	6,6947	21,0	1,8692	9
N1-1		53,5608	14,5703	10,6905	28,3	2,6457	4
N1-2		257,0 (5,0716)	28,7442	67,3825	154,8	31,0873	10784
N1-3				keine Angaben <sup>2</sup>			740
N2/GF3-1		58,0	6,4528	15,4066	36,1	7,7384	48
N2/GF3-2		114,2	0,1030	30,3575	83,7	22,2515	896
N2/GF3-3		102,1	11,510	25,5	65,1	5,504	11
GF4-1		52,38 (0,91)	0,965	7,2	43,3	2,326	0
GF4-2				keine Angaben <sup>2</sup>			27
GF5-1		10,35	0,765	1,613	7,969	0,5938	1
GF5-1 (Teilprobe aus Großprobe)		52,3 (1,0034)	0,0591	1,0844	49,8916	0,1679	2
GF5-2	(< 2,0 mm Wachpfanne)	275,0	7,6048	40,2631	13,8 (226,6)	13,1224	2
GF5-32	(< 2,0 mm Wachpfanne)	105,5	6,2	35,8	35,5	27,9889	26624
GF5-31		793,5 (7,2498)	77,5	250,5	485,3	140,2718	98
M1-1		492,3 (0,1433)	71,5972	164,3	256,2	110,4178	345

Proben- bezeichnung	Bemerkung	Vorkonzentrat [g]	Masse Handmagnet [g]	Masse magnetische Fraktion [g]	Masse unmagne- tische Fraktion [g]	Masse Schwer- mineral (>3,3 g/cm <sup>3</sup> )	Flitter (Zahl) <sup>1</sup>
M1-2	Probe nochmals über Waschrinne	[1467,0]	0,3943	29,4223	42,0625	26,0193	18880
M1-3		71,9	0,9324	10,5049	39,5277	1,6374	6
M1-4		51,0	71,5972	164,3	256,2	110,4178	23616
M1-6		492,3 (0,1433)	5,0597	17,0292	53,9676	8,5118	176
M2-1		76,4 (0,1433)	13,1520	13,9983	52,7142	9,0125	234
M2-2		83,3 (2,3813)	3,0942	43,4902	95,1488	11,4626	147
M2-3		149,9 (2,2794)	2,6832	26,3578	80,5	7,5624	18
M2-4		111,2 (1,6589)	10,734	30,937	46,775	6,676	5
WE1-1		88,6	0,7686	38,4656	201,1	6,9659	1
M3-1u	< 1,00 mm	240,5 (0,1014)	5,216	12,012	29,689	4,838	0
M3-1o	< 1,00 mm	47,0	1,178	10,170	45,115	3,830	16
M3-2		56,6	4,9052	85,2993	156,3	81,7294	4800
M3-3		248,9 (0,4628)	12,1051	126,7850	136,0	55,7575	0
M4-1		275,6 (0,3338)	0,1630	13,5367	56,6436	16,0209	80
M4-2		71,5 (0,7501)	0,2707	17,7401	141,7	14,5148	32
M4-3		161,2 (1,5122)	3,9090	40,1841	198,5	75,9083	12
M4-4		241,77	2,2257	9,1809	34,6224	10,0583	64
M5-1		46,1	2,7657	51,6887	117,0	38,1798	416
M5-2		173,4 (1,9627)	0,4297	4,7690	22,7936	3,8792	8

M5-3		148,9 (0,0321)	0,4120	53,8267	94,6566	62,6817	320
M5-4		60,5	2,691	14,95	42,3	13,01	2
TR1-1		93,1	0,122	4,607	88,302	2,785	0
GF6-1		82,7	0,128	5,87	76,7	12,392	6
GF6-2		52,4 (0,7401)	0,4593	6,0390	44,6935	14,2775	6
GF6-3		44,7 (2,2186)	0,1509	2,7652	39,5170	5,1834	8
M6-1		20,083	2,1139	11,1655	8,8	3,0369	1
M6-2	Probe sehr fein und stark magnetisch	46,4	22,0282	16,9329	7,4421	6,8304	16
M6-3		159,9 (0,8853)	21,4109	40,8965	96,2830	47,8569	6208
M6-4		234,4 (3,2649)	17,2764	58,9120	154,9	18,4254	256
GF7-1		259,9 (0,363)	10,03	23,8	226,1	4,5243	5
GF7-2		317,8 (4,6560)	25,7659	40,0535	245,1	30,9753	2112
GF7-3		317,2 (2,0710)	13,5972	50,6521	250,1	28,6284	1376
E4-1		76,36 (55,2)	10,2729 (0,4885)	19,0882 (5,8527)	47,0 (48,3)	2,6767 (0,557)	110
E4-2		53,6 (1,1928)	7,8818	13,2320	31,0313	4,9574	2568
E5-1		250,47 (2,436)	12,037	32,638	205,8	2,5425	15
E5-2		375,5 (0,8315)	101,5591	70,3697	202,8	33,3273	18368
E5-3		83,4 (0,0381)	24,6277	12,0358	46,7347	3,7364	32
GF8-1		76,5	3,4746	21,6097	51,4145	10,4776	32
GF8-2		171,3 (6,4295)	29,7434	38,1983	96,5	13,3570	288

GF8-3	94,0503	7,8066	15,7437	70,5	6,932	2
GF9-1	22,4228	3,2285	5,0943	14,1	1,7480	6
GF9-2	42,1 (0,3731)	1,3906	4,0253	36,0714	1,0826	4
GF9-3	71,2	5,7290	12,6461	52,6	1,5486	8
GF10/M7-1	131,1 (2,5037)	9,6271	31,5547	86,7	9,0042	368
GF10/M7-2	121,0	10,0785	30,5425	80,1	10,4333	1024
GF10/M7-3	181,87	8,6602	44,2203	128,9	4,1072	8
M8-1	198,5 (2,7367)	20,0758	41,3	132,8	30,7219	3072
M8-2	85,8 (0,0959)	1,0606	14,3676	70,1660	7,1054	0

M3 ca. 1/3 Grobsandfraktion – Schutzsiebung bei 1,00 mm durchgeführt

Rohkiesprobe/Großprobe – blau markiert

gekammerte Werte (...) „Probe gesamt [g]“: >2 mm [g]

gekammerte Werte [...] „Probe gesamt [g]“: Masse vor nochmaligem Einsatz der Waschrinne

<sup>1</sup> ungefähre Flitteranzahl, weil Hochrechnung der ausgelesenen Teilproben

<sup>2</sup> keine Dokumentation der Einwaagen, Proben im Rahmen der Bachelor-Arbeit (RICHTER 2011) bearbeitet

# 5 Stereo- und Rasterelektronenmikroskopie

Alle Goldflitter der einzelnen Lokalitäten wurden mit einem Stereomikroskop Zeiss Technival und einer Canon Powershot A95-Digitalkamera fotografiert. Zu diesem Zweck wurden alle Goldflitter in der Bildfläche ohne Überlappung gleichmäßig verteilt. Die Aufnahmen dienen zur Betrachtung der äußeren Form und der bildanalytischen Auswertung zur Berechnung der Flächen der Goldflitter. Für die vom LfULG durchgeführte Bildanalyse wurde die Freeware Image-J genutzt. Aus den ermittelten Flächen der Goldflitter wurde durch Multiplikation mit einer angenommenen mittleren Flitterdicke von 15  $\mu\text{m}$  das Flittervolumen und durch dessen Multiplikation mit einer mittleren Golddichte von 18  $\text{g/cm}^3$  die Masse der Goldflitter berechnet. Diese Resultate wurden dann benutzt, um den Goldgehalt der Gesamtprobe abzuschätzen.

Des Weiteren wurde zur Bewertung der Korngestalt und Morphologie der Goldpartikel von 20 Proben 16 verschiedener Probenlokalitäten das Rasterelektronenmikroskop (REM) FEI Quanta 600F, Geometallurgie-Labor, Institut für Mineralogie, genutzt. Rückstreuerelektronenbilder (BSE-REM-Bilder) wurden aufgenommen bei einer Beschleunigungsspannung von 25 kV, einer Emissions-Stromstärke von 216 mA und einem Arbeitsabstand von 10,1 mm.

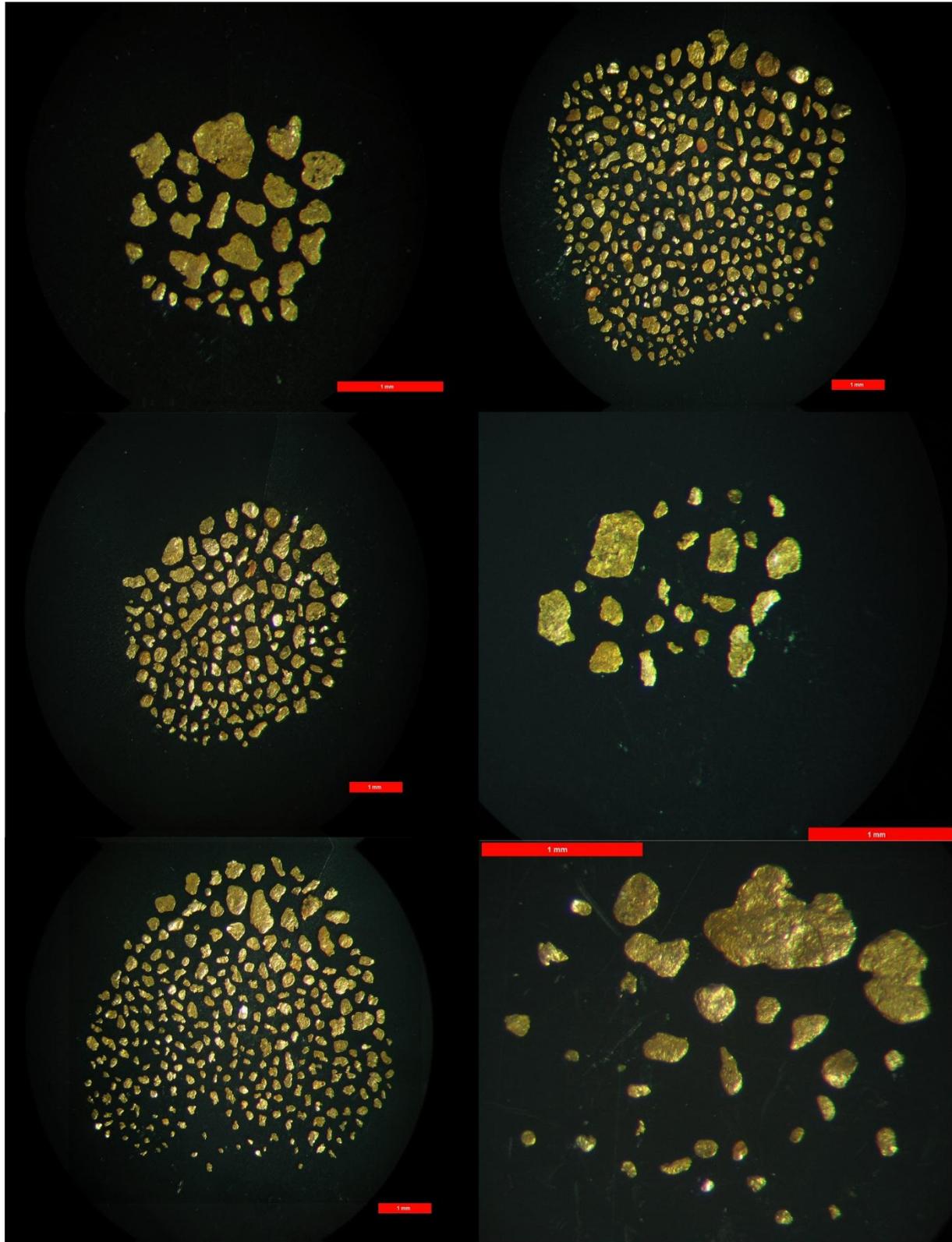
Die BSE-REM-Bildgebung basiert auf der Interaktion des primären Elektronenstrahls mit der Probe, indem der Elektronenstrahl über die Probe hinwegrastert und die rückgestreuten Elektronen durch einen über der Probe befindlichen Detektor erfasst werden (JONES 1997). Die Anzahl und Intensität der rückgestreuten Elektronen steigt mit der durchschnittlichen Ordnungszahl des Elements, welches der Elektronenstrahl gerade erfasst. Dies bedeutet im Prinzip, dass Minerale mit höherer Dichte im resultierenden Graustufenbild heller erscheinen als Minerale mit geringerer Dichte. So entsteht ein Bild, in welchem verschiedene Minerale klar voneinander abgegrenzt sind (MARFUNIN 1995). Im Fall dieser Studie ist es besonders wichtig, dass mit Gold verwachsene Gangarten (Quarz, Silikate, Sulfide) dunkler sind als Gold, d. h. beispielsweise, Mineraleinschlüsse sind klar zu erkennen.

Abbildung 4 zeigt eine kleine Auswahl der mit dem Stereomikroskop aufgenommenen Bilder verschiedener Proben, wohingegen Abbildung 5 eine Auswahl der BSE-REM-Aufnahmen zeigt. Untersuchungen der Form, Größe, Korngestalt und Morphologien der Oberflächen (Tabelle 4) werden als Indikatoren für Transport und Bildung der detritalen Goldflitter genutzt. Hier wurden die in der Arbeit von RICHTER (2011) definierten Kriterien als Grundlage genutzt. Demnach lassen sich detritale Goldpartikel in fünf Kategorien in Hinblick auf Transport bzw. Entstehung einteilen: (1) „primäres Seifengold“, abgelagert nahe der Primärlagerstätte; (2) „sekundäres Seifengold“, geprägt durch detritalen, mechanisch fluviatilen Transport; (3) supergene Ausfällung aus der Lösung, *in situ* Bildung im Sediment; (4) supergene Bildungen in Lateriten und (5) (bio) chemische Akkumulation.

## Äußere Form und Größe

In Abbildung 4 sind Aufnahmen der Goldflitter mit dem Stereomikroskop abgebildet. Die Auswahl fiel auf die vier Probenlokalitäten mit den höchsten Goldgehalten im Rohkies (E1, M3, E4, M1, zudem GF10/M7 und E5). In den Aufnahmen E4-2 und M3-2 ist erkennbar, dass alle Goldpartikel in etwa der gleichen Größenkategorie liegen. Andererseits zeigen M1-6 und GF10/M7-2 variable Größen der Goldflitter. Generell kann man die Rundung der Goldpartikel mit kleinen Korngrößen als gut gerundet bis gerundet bezeichnen, wobei auch Ausnahmen auftreten. Relativ große Goldflitter bis zu 1 mm Längserstreckung (GF10/M7-2), weisen oftmals unregelmäßige Ränder auf und sind gerundet bis kantenrund.

Genauere Betrachtungen aller Proben in Hinblick auf Form und Größe finden sich in Tabelle 4.

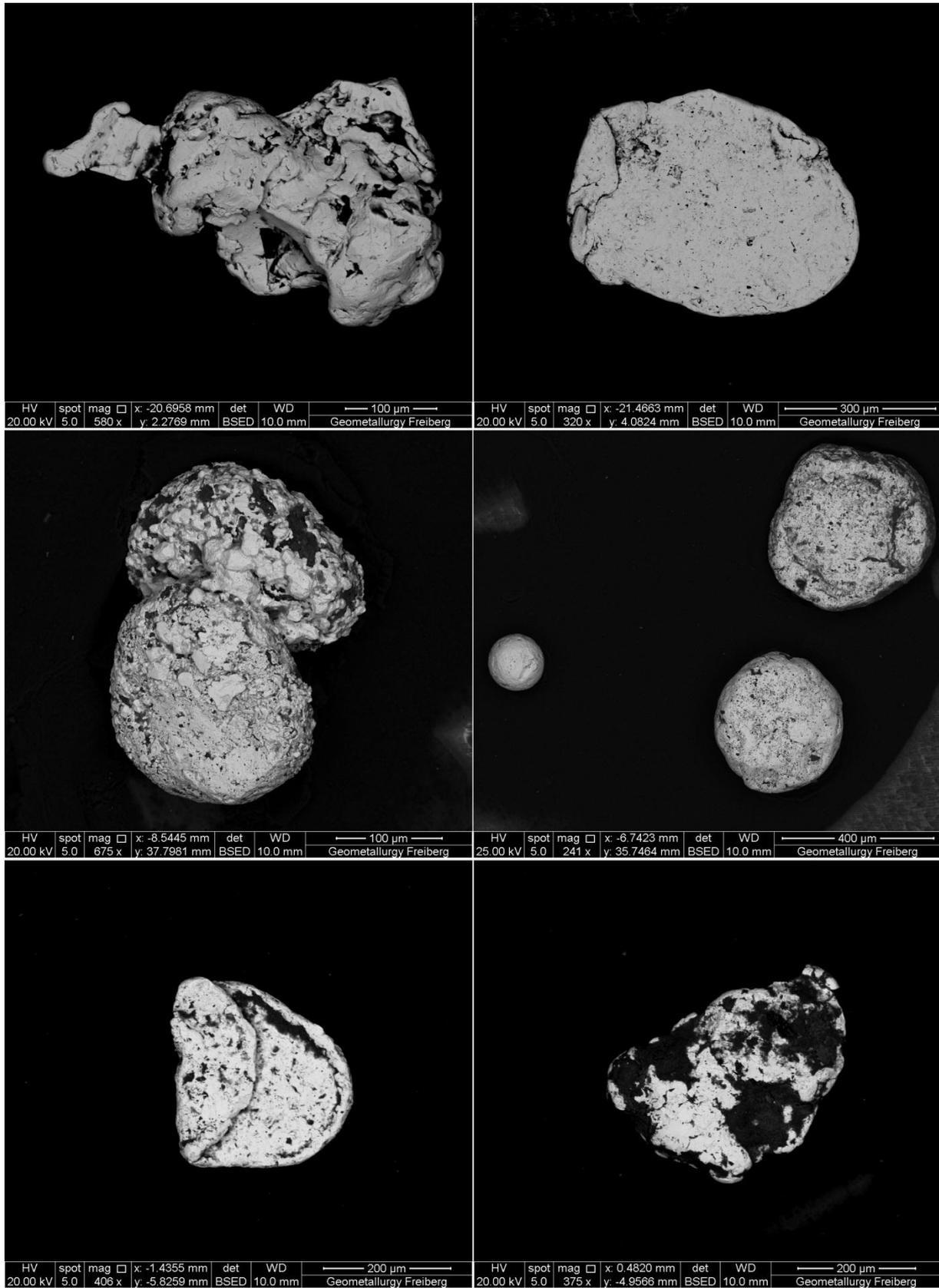


**Abbildung 4: Stereomikroskopische Aufnahmen der Goldflitter von vier Probenahmestellen**  
Oben links: E1-2; Oben rechts: E4-2; Mitte links: M3-2; Mitte rechts: M1-6  
Unten links: E5-2; Unten rechts: GF10/M7-2 (Maßstab: 1 mm)

### Korngestalt und Morphologie

Abbildung 5 zeigt Aufnahmen mit dem Rasterelektronenmikroskop von Goldflittern drei verschiedener Probenlokalitäten. Die ausgewählten Beispiele verdeutlichen die Variation der Korngestalt und Morphologie der Flitter innerhalb einer Probe. Entsprechend lässt sich in der Abbildung oben links ein eher sphärisches Korn mit teils erhaltenen ebenen Flächen erkennen. Gegenübergestellt ein flacher Goldflitter mit teilweise umgeschlagenen Randbereichen. Im Gegensatz dazu kennzeichnet die Goldpartikel der Probe E4-2 eine kugelförmige Korngestalt. Unterschiede bestehen jedoch in der strukturierten, unregelmäßigen Oberfläche (Mitte links) und den relativ glatten Oberflächen (Mitte rechts). Die Goldpartikel aus E5 erscheinen platt und umgeschlagen (unten links) als sogenannte „Sandwich-Strukturen“ (WIERCHOWIEC 2002), aber auch gewölbt mit Ver- oder Aufwachsungen auf der Oberfläche der Goldpartikel (unten rechts).

Als weitere Proben, welche Flitter mit unterschiedlichen äußeren Merkmalen innerhalb einer Lokalität zeigen, wären GF2 und GF10/M7 zu nennen. Alle Merkmale der Flitter der übrigen Proben sind in Tabelle 4 beschrieben. Es sollte jedoch beachtet werden, dass nicht von allen Proben aufgrund zu geringer Flitteranzahl REM-Aufnahmen gemacht werden konnten oder diese keine repräsentativen Ergebnisse dargestellt hätten. Demnach können nicht für alle Proben Vergleiche äußerer Merkmale innerhalb einer Lokalität erbracht werden.



**Abbildung 5: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen der Goldflitter von drei Probenahme-**  
**stellen**

**Oben links: GF5-32; Oben rechts: GF5-32; Mitte links: E4-2; Mitte rechts: E4-2**

**Unten links: E5-2; Unten rechts: E5-2**

**Tabelle 4: Größe, Form, Korngestalt, Kantenrundung und Oberflächenmorphologie der Goldflitter aller Proben**

Probenbezeichnung	Größe*/Verteilung	Form/Gestalt	Kantenrundung	auffällige Oberflächenmerkmale**
E1-1	groß-klein, gleich verteilt	eckig, gerundet-rund, länglich, unregelmäßig; plattig, „ausgewalzt“	kleine Flitter: gerundet-rund mittlere - große Flitter: eckig, kantenrund-gerundet	unregelmäßige Oberflächen, „sandwich-Strukturen“; Einlagerungen
E1-2				
E1-3				
E1-5				
E1-4 E1-6	mittel - klein			
GF1-1	klein	..1	..1	..1
E2-II	mittel			
E2-1	mittel, klein	klein: rund; kugelförmig mittel-groß: unregelmäßig, eckig, länglich; plattig, „ausgewalzt“	kleine Flitter: gerundet-rund mittlere - große Flitter: eckig, kantenrund-gerundet	mittlere - große Flitter: umgebogene Ränder, „sandwich-Strukturen“
E2-2	groß-klein			
E2-3 <sup>2</sup>	groß-klein			
G1-1	klein			
G1-2	groß-klein			
G1-3	klein	groß: irregulär, zackig; platt, gewölbt mittel-klein: länglich, rundlich; walzenförmig	kleine Flitter: gerundet-rund mittlere - große Flitter: eckig, zackig, kantenrund	gekerbte, umgeschlagene Ränder, „sandwich-Strukturen“
G1-4	groß-klein			
G1-5	groß-mittel			
GF2-1	groß-mittel			rel. ebene Oberflächen
GF2-3		rundlich, länglich; walzenförmig, kugelig, wenige platt	eckig-gut gerundet	
GF2-2	groß, mittel (Großteil), klein			Vertiefungen, Kerben mit Einlagerungen; umgeklappte Ränder
E3-1	groß-klein	rund, länglich; walzenförmig, kugelig	..1	..1
N1-1	klein			
N1-2	groß-mittel	unregelmäßig, eckig; plattig	eckig-gut gerundet	Kerben, Vertiefungen; teils gebogene Ränder; Verwachsungen/Einschlüsse
N1-3		oval-rundlich; gewölbt-kugelig		
N2/GF3-1				
N2/GF3-2	groß-klein	eckig-rundlich, gestreckt; flach, sphärisch	eckig-gerundet	Kerben, löchrige Oberfläche ; ausgedünnte Randbereich
N2/GF3-3				

Probenbezeichnung	Größe*/Verteilung	Form/Gestalt	Kantenrundung	auffällige Oberflächenmerkmale**
GF4-2	klein	oval-rund, länglich; platt, gewölbt, walzenförmig	kantenrund-gut gerundet	porös, schuppige, glatte Lagen; Kerben, Löcher, traubenförmige Gebilde; Verwachsungen/Einschlüsse
GF5-1	groß-mittel	irregulär, gestreckt, rundlich; plattig	eckig-gerundet	ausgewalzte, umgeschlagene Ränder
GF5-31	groß-klein, gleich verteilt			
GF5-32	groß, Ausnahmen: ~750 µm	rundlich; flach	gerundet-gut gerundet	umgeschlagene Ränder, „sandwich-Strukturen“
		rund; kugelig	gut gerundet	poröse Oberfläche
		irregulär; sphärisch	kantenrund	teils ebene Flächen, dünne umgeschlagene Goldlagen
M1-1	groß-klein, gleich verteilt			
M1-2	groß-mittel, rel. homogen	rundlich; kugelig	gerundet-gut gerundet	poröse Oberfläche; Risse, Kerben; dünne, umgeschlagene Ränder
M1-3		irregulär, gestreckt; gewölbt	eckig-kantenrund	
M1-4		rundlich; platt	gerundet	
M1-6	variabel: groß-klein			
M2-1	groß-klein, gleich verteilt	unregelmäßig, oval-rundlich; plattig, walzenförmig, gewölbt	eckig-kantenrund	poröse Oberflächen, Löcher mit Einlagerungen
M2-2				
M2-3				
M2-4	groß			
WE1-1	-.1	-.1	-.1	-.1
M3-1u	groß-klein, gleich verteilt	irregulär, länglich; flach	eckig-kantenrund; gerundet-rund	unregelmäßige, poröse Oberflächen; Kratzer; „Goldschuppen“
M3-2	groß-mittel; etwa gleich verteilt	rundlich; gewölbt-kugelig		
M4-1	groß-klein	eckig, oval-rundlich, flach-gewölbt	-.1	-.1
M4-2				
M4-3				
M4-4				
M5-1	groß-mittel	irregulär, eckig; plattig	-.1	-.1
M5-2		oval-gerundet; gewölbt, walzenförmig		

Probenbezeichnung	Größe*/Verteilung	Form/Gestalt	Kantenrundung	auffällige Oberflächenmerkmale**
M5-3				
M5-4	klein			
GF6-1				
GF6-2	groß-klein	eckig; rundlich-rund; platt	1	1
GF6-3				
M6-1				
M6-2	groß, etwa gleiche Größe	rundlich, isometrisch; leicht gewölbt	gut gerundet	umgeschlagene Ränder, „sandwich-Strukturen“, zerkerbte Oberflächen
M6-3				
M6-4		gestreckt; flach	kantenrund	
GF7-1				
GF7-2	groß-klein, gleich verteilt	eckig, längs erstreckt; flach	eckig-kantenrund	unregelmäßige, poröse Oberflächen mit Einlagerungen, ausgewalzte Ränder
GF7-3				
				glatte Oberfläche
		rund; kugelig	gut gerundet	strukturierte Oberfläche, Ver- und Aufwachsungen, „Goldschuppen“
E4-2	groß-mittel	unregelmäßig, isometrisch; platt, flach	eckig-kantenrund	poröse, schuppige Oberfläche, umgeschlagene Ränder
		oval, konisch; walzenförmig	gerundet-gut gerundet	„eingerollt“, rel. tiefe Kerben an Oberflächen
E4-1	klein, 1 auffällig großes Korn (>1 mm)	1	1	1
E5-1	mittel (Großteil), einige kleine und große Flitter	irregulär, länglich; gewölbt	eckig-kantenrund	gekerbte Oberflächen, Einlagerungen/Verwachsungen
E5-2		oval-rund; flach	gerundet	umgeschlagene Ränder, „sandwich-Strukturen“
E5-3				
GF8-1				
GF8-2	mittel-groß	eckig, länglich	eckig-kantenrund	1
GF8-3		konisch; walzenförmig		
GF9-1	groß-klein <sup>1</sup>	tropfenförmig, länglich, rund; flach, leicht gewölbt	1	1
GF9-2				

Probenbezeichnung	Größe*/Verteilung	Form/Gestalt	Kantenrundung	auffällige Oberflächenmerkmale**
GF9-3				
GF10/M7-1		oval-rundlich; gewölbt	gerundet-rund	poröse Oberflächen
GF10/M7-2	groß-klein, erhebliche Größenunterschiede	unregelmäßig, zackig; platt, gewölbt	eckig, kantenrund	gekerbte, ausgewalzte Ränder, „sandwich-Strukturen“, Vertiefungen an Oberflächen
GF10/M7-3				
	groß-mittel, rel. homogen	unregelmäßig, eckig, plattig	- <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>
M8-1		oval-rundlich, gewölbt		

\* Einteilung der Größen nach drei Kategorien: groß (250 µm), mittel (125 µm) und klein (50 µm), „gleichmäßig verteilt“ oder „Großteil“ nur bei Proben mit hoher Flitteranzahl

\*\* anhand vorhandener REM-Aufnahmen

<sup>1</sup> keine, sehr kleine oder wenige Flitter/Daten, nicht beschreibbar

<sup>2</sup> zusammengefasst, weil zu wenige Flitter für Einzelbetrachtung

# 6 Mikrosondenanalytik

Proben von 15 Lokalitäten, welche Flitter mit Durchmessern von mehr als 0,5 mm enthielten, wurden ausgewählt, um diese als polierte Körnerpräparate für die Elektronenstrahlmikrosondenanalyse vorzubereiten. Die Präparation wurde durchgeführt durch das Institut für Geologie der TU Bergakademie Freiberg. Vor dem eigentlichen Messen wurden alle Anschliffe im Auflicht mit dem Mikroskop Zeiss Axio Imager M1mt optical microscope und der Kamera AxioCam Mrc5 fotografiert, um vorhandene Zonierungen und Verwachsungen feststellen zu können und danach gezielte Messungen an der Mikrosonde vorzunehmen. Die resultierenden polierten Schliffe wurden dann auf einer JEOL 733-Superprobe im Institut für Metallkunde, TU Bergakademie Freiberg, auf ihre mineralchemische Zusammensetzung untersucht. Es wurden Punktanalysen unter den folgenden Bedingungen durchgeführt: Beschleunigungsspannung 20 kV, Strahlstärke 80 nA, Strahldurchmesser 1 µm. Das durch die Wechselwirkung zwischen Elektronenstrahl und Mineral generierte Röntgenspektrum wird genutzt, die Mineralchemie quantitativ zu bestimmen. In dieser Studie wurden relevante Komponenten des Röntgenspektrums durch wellenlängendispersive Spektrometer (WDS) aufgenommen und dann über ZAF-4 korrigiert. Die Elemente Au, Ag, Te, Fe, Hg und Cu wurden detektiert.

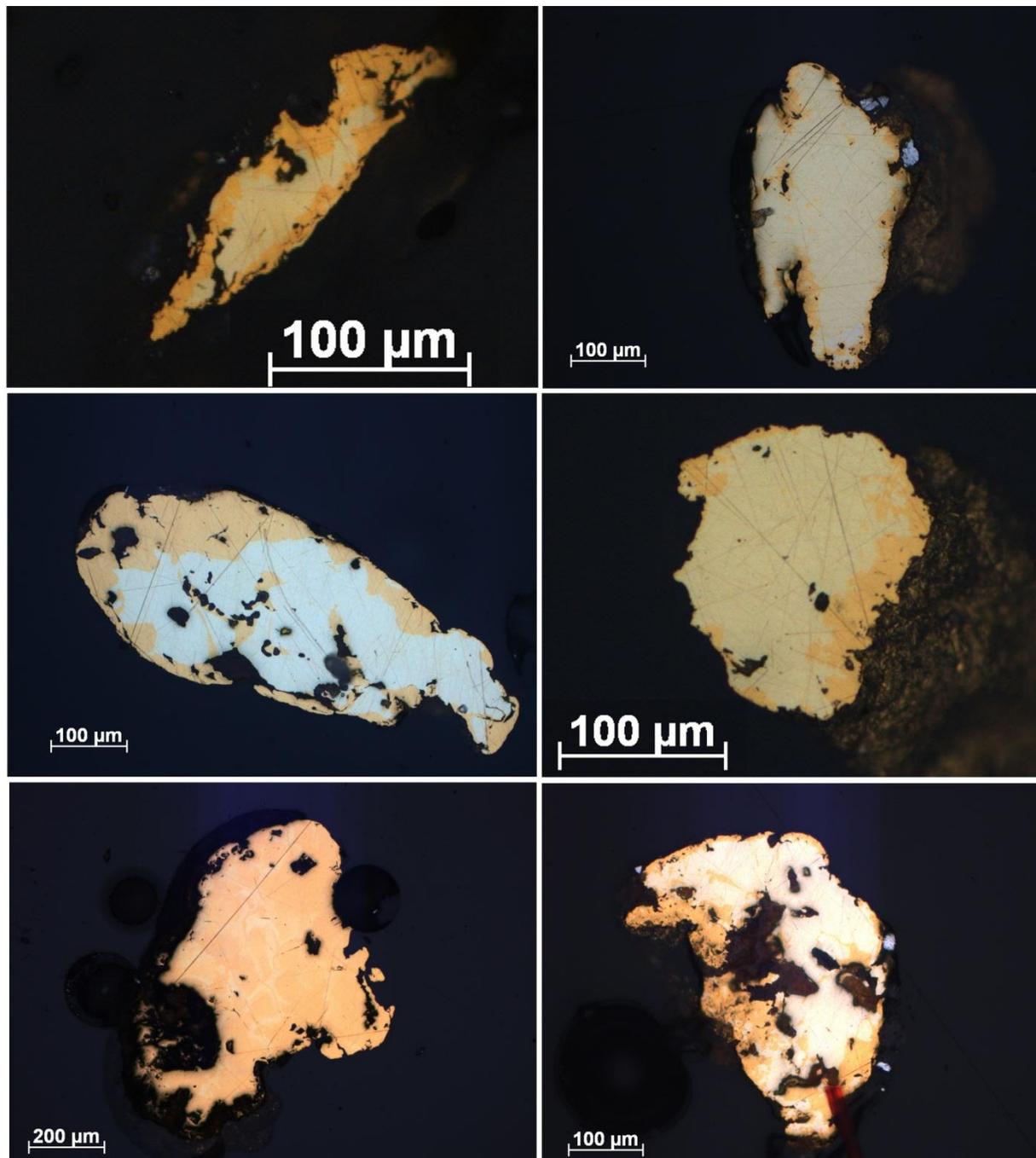
Erwartungsgemäß zeigten die Messungen Variabilität in den Au- und Ag-Gehalten. Te, Fe, Hg und Cu traten dagegen meist nicht in messbaren Konzentrationen auf. Sie werden daher bei der weiteren Betrachtung vernachlässigt. Ziel der Messungen war es, genaue Goldgehalte zu bestimmen und Zonierungsprofile, also unterschiedliche Zusammensetzungen vom Kern zum Rand innerhalb der Goldpartikel, zu belegen. Die Kenntnisse der Zusammensetzungen der Goldflitter dienen zum einen für eine genauere Berechnung des Goldgehaltes im Rohkies, zum anderen geben diese Ergebnisse Aufschluss zum Transport der Flitter. Demnach sprechen Ag-Gehalte von 15-50 % (Elektrum) für eine primäre Zusammensetzung, also sogenanntes „Berggold“ (RÖSLER 1980). Ein zunehmender Au-Gehalt vom Kern der Flitter zum Rand hin ist typisch für mechanisch, fluviatil transportiertes Gold (sekundäres Gold), weil während dieses Prozesses eine Abreicherung (leaching) von Silber stattfindet (GRANT et al. 1991).

**Tabelle 5: Probenbezeichnungen und Anzahl der jeweils ausgewählten Flitter, welche durch Mikrosonde und EDX analysiert wurden**

Probenbezeichnung	Anzahl der ausgewählten Flitter
E1-2	5
E1-3	8
E2-2	4
GF2-2	7
N1-3	1
GF5-3	5
M1-2	2
M1-4	4
M2-1	7
M3-2	8
M6-3	4
GF7-3	4
E4-2	7
E5-2	5
GF10/M7-2	3

Die Bezeichnungen der einzelnen Messungen wurden wie folgt vorgenommen:

Nach der Probenbezeichnung, beispielsweise „E1-2“, wurde die entsprechende Flitter-Zahl angegeben, in diesem Fall „E1-2-1 bis E1-2-5“. Die anschließende Zahl bezeichnet den Messpunkt der Mikrosondenmessung, also „E1-2-1-1“ bis „E1-2-1-7“. Demnach wurden an Flitter-Nummer 1 der Lokalität „E1-2“ 7 Messungen durchgeführt.



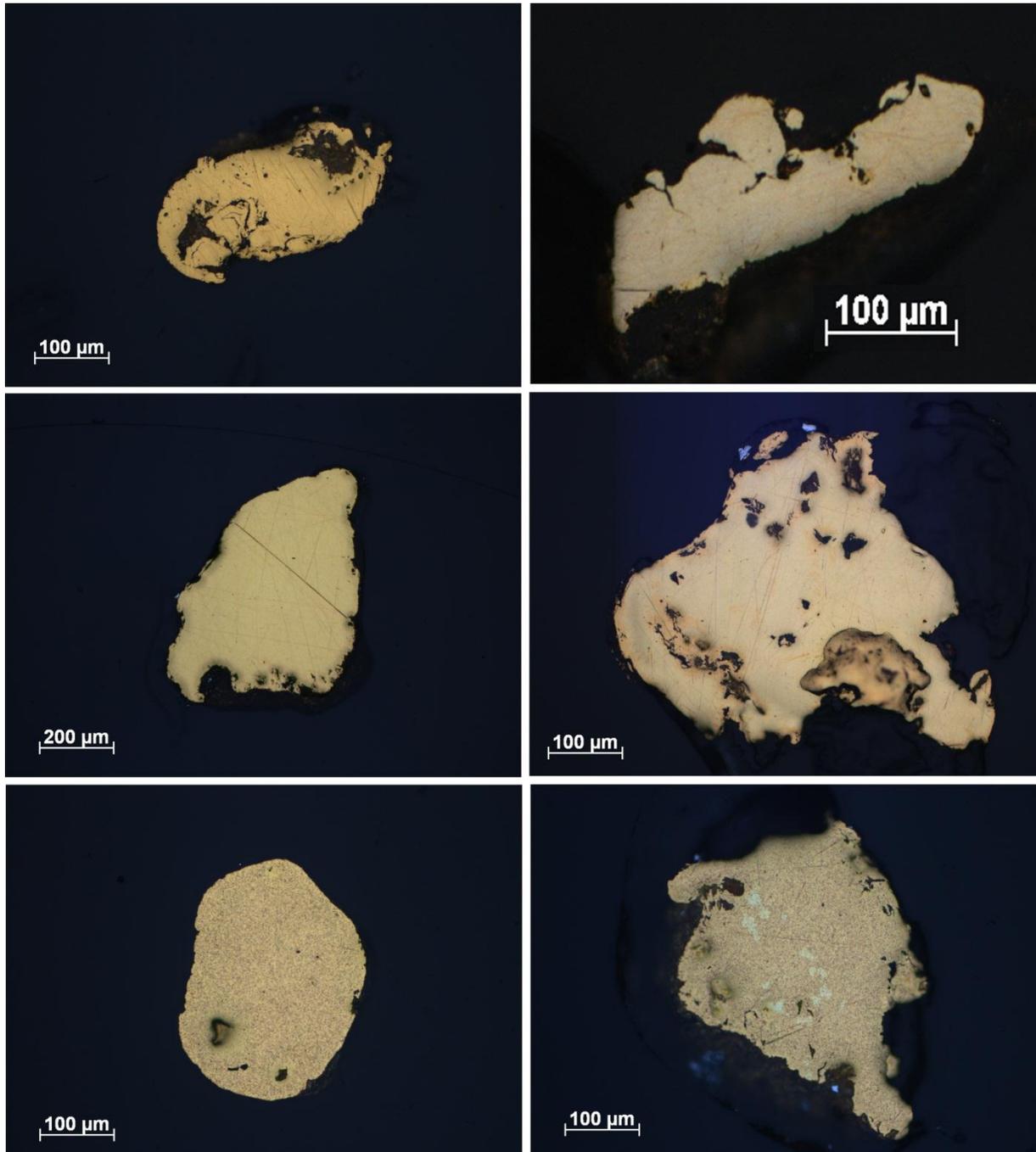
**Abbildung 6: Aufnahmen ausgewählter Anschliffe im Auflicht: zonierte Goldflitter**

**Oben links: M1-4-1; Oben rechts: E1-2-1: Goldflitter mit deutlich und regelmäßig ausgebildeten Randbereichen, die sich farblich vom Kern deutlich absetzen**

**Mitte links: M2-1-4, Mitte rechts: E2-2-4: unregelmäßig ausgebildete Randbereiche**

**Unten links: GF10/M7-2-1; Unten rechts: E5-2-2: sehr unregelmäßige Farbzonierung in Goldflittern**

(teils auftretende Helligkeits- und Farbunterschiede bedingt durch Einstellungen am Mikroskop/ Kameraaufsatz)



**Abbildung 7: Aufnahmen ausgewählter Anschliffe im Auflicht: keine Zonierungen**

**Oben links: M1-4-2; Oben rechts: M6-3-3: homogen zusammengesetzte Flitter**

**Mitte links: E1-3-1, Mitte rechts: E1-2-3: homogen zusammengesetzte Flitter einer Lokalität**

**Unten links: M3-2-4: homogene Zusammensetzung, Unten rechts: M3-2-5: reliktsiche Ag-reichere Kernpartien; auffällig poröse innere Struktur der Flitter dieser Lokalität**

(teils auftretende Helligkeits- und Farbunterschiede bedingt durch Einstellungen am Mikroskop/ Kameraaufsatz)

## Optische Beobachtungen der Goldpartikel alle Lokalitäten

Abbildung 6 und Abbildung 7 stellen eine Auswahl bestimmter auffälliger Goldflitter dar. Messungen der beobachteten Verwachsungen und Einschlüsse sind in Tabelle 6 aufgelistet.

**E1-2/E1-3:** Die Flitter der Lokalität E1 zeigen Unterschiede sowohl im Hinblick auf Randformen als auch bezüglich innerer Zonierungen. Flitter mit eher unregelmäßigen äußeren Umrissen und Rändern weisen meist interne Zonierungen, also silberreichere Kernbereiche und aus nahezu reinem Gold bestehende Ränder auf (E1-2-1, E1-2-2). Auffällig sind zudem silberarme Partien entlang von Spalten und Rissen innerhalb der Partikel. Diese Goldflitter zeigen auch silikatische Verwachsungen (E1-3-8) und innerhalb des Kornes E1-3-7 ließ sich ein Einschluss aus Bi und Te feststellen. Körner mit regelmäßigen Rändern und eher ovalen Kornformen (E1-3-3) besitzen homogenere Zusammensetzungen, ohne sichtbaren Internbau und zeigen keine Verwachsungen oder Einschlüsse mit anderen Mineralen.

**E2-2:** Eines der analysierten Goldkörner (E2-2-3) ist, im Vergleich zu den übrigen Flittern, gekennzeichnet durch eine homogene, nahezu reine (ausschließlich Au) Zusammensetzung. Die anderen Körner weisen stark poröse, irreguläre Ränder auf, mit sichtbaren Ag-abgereicherten Rändern. Zudem kommen Verwachsungen mit SiO<sub>2</sub> (E2-2-4) und Einschlüsse silikatischer Zusammensetzung (E2-2-4) vor.

**GF2-2:** Insgesamt besitzen diese Goldflitter sehr variable Zusammensetzungen im Vergleich der Partikel untereinander. Zonierungen innerhalb der Körner sind kaum oder nur im Anfangsstadium an einzelnen Randbereichen zu erkennen (GF2-2-4). Die Flitter dieser Lokalität zeigen unregelmäßig verlaufende Ränder, häufig mit Rissen und umgebogenen Partien, in denen sich Einschlüsse und Einlagerungen fremder Minerale, wie SiO<sub>2</sub>, FeS<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, FeTiO<sub>3</sub>, ein U-Pb-Mineral und Minerale silikatischer Zusammensetzung nachweisen ließen (GF2-2-3,-4,-5,-6).

**N1-3:** Das Korn N1-3 weist eine ovale Kornform und interne Zonierung auf, mit Ag-Gehalten im Kernbereich von >5 Masse-% und Rändern aus reinem Gold (100 Masse-% Au).

**GF5-3:** Goldpartikel der Lagerstätte GF5 besitzen relativ eben verlaufende Ränder und zeigen keine Zonierungen innerhalb der Partikel. Lediglich einzelne silberreichere Partien lassen sich in den Flittern GF5-3-1 und -4 erkennen. Häufig lassen sich Verwachsungen, Einschlüsse und Einlagerungen innerhalb der Partikel bzw. in umgebogenen Rändern (Tonminerale) finden. Auffällig viele Fremdmineraleinschlüsse zeigt GF5-3-2. Hier konnten SiO<sub>2</sub>, FeS<sub>2</sub> und silikatische Einschlüsse analysiert werden.

**M1-2/M1-4:** Die Flitter aus M1 können unterteilt werden in zonierte und unzonierte Partikel. Erstere sind gekennzeichnet durch zackige, unregelmäßige Ränder und regelmäßige Zonierung, d. h., die Partikel weisen deutlich und regelmäßig ausgebildete nahezu Ag-freie Ränder auf (M1-4-1). Die unzonierten Flitter zeigen ebenere und rund verlaufende Ränder sowie eine homogene Zusammensetzung mit sehr geringen Ag-Gehalten (M1-4-2). Zonierte wie auch unzonierte Partikel besitzen Verwachsungen mit Quarz und Einschlüsse oder Einlagerungen von Silikaten oder Tonmineralen.

**M2-1:** Die Flitter der Lokalität M2 können wiederum in zonierte und unzoniert unterteilt werden. Die Zonierungen verlaufen eher unregelmäßig (M2-1-1, -2), kommen also nur an Teilbereichen der Ränder oder entlang von Rissen oder Kerben vor (M2-1-4). Die Internzusammensetzungen dieser Partikel sind sehr variabel. Sie besitzen unterschiedliche Ag-Gehalte im Kernbereich. Die Ränder verlaufen sowohl bei zonierten als auch unzonierten Flittern uneben und irregulär. Aber es kommen auch unzonierte Goldflitter mit ebenen, runden Rändern vor (M2-1-6, -7). Unzonierte Partikel weisen ebenso verschiedene Zusammensetzungen auf. Ver-

wachungen und Einschlüsse kommen wiederum bei allen Partikeln vor. Diese sind oft von silikatischer Zusammensetzung, aber auch Rutil kommt als Einschluss vor (M2-1-1).

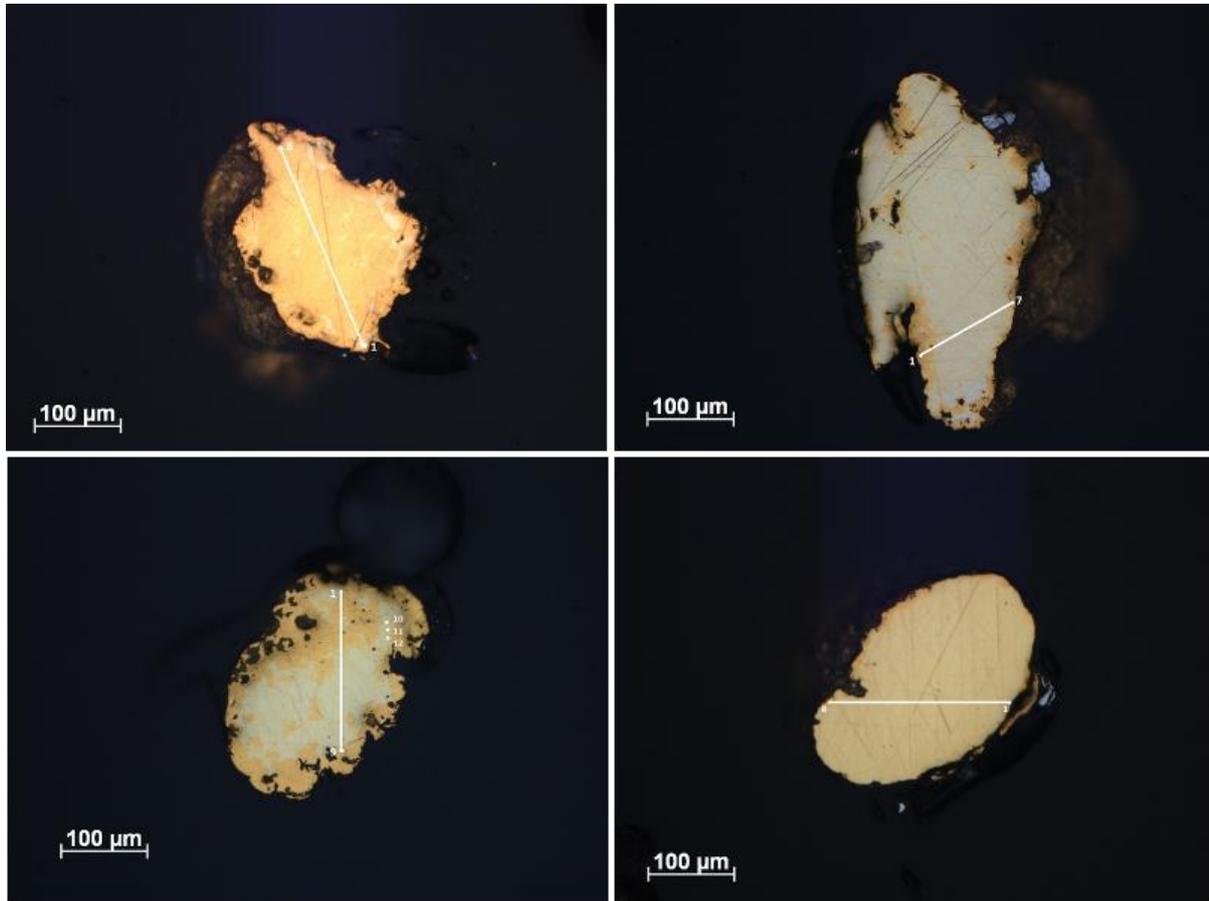
**M3-2:** Diese Flitter zeigen alle eine interne poröse, schwammige Struktur. Die meisten Goldkörner haben eine homogene, sehr reine Zusammensetzung (~100 Masse-% Au). Nur die Körner M3-2-5 und -6 zeigen reliktsche Partien mit höheren Ag-Gehalten in den Kernbereichen. Eine randliche Zonierung kann man nur in Korn M3-2-1 erkennen. Die Ränder der Partikel zeichnen sich eher unregelmäßig, teils zackig, teils eben ab. Verwachsungen und randliche Einschlüsse, bestehend aus Quarz, Feldspat,  $\text{TiO}_2$  und Tonmineralen, lassen sich in allen Körnern nachweisen.

**M6-3:** Die Goldflitter zeigen untereinander starke Unterschiede in Hinblick auf Zonierung und Zusammensetzung. Die Körner M6-3-1 und -2 weisen unregelmäßige Zonierungen, entlang der unebenen und unregelmäßigen Ränder, sowie in Bereichen von Rissen und Vertiefungen auf. Auch an M6-3-4 lassen sich variable Ag/Au-Gehalte im Inneren des Kornes erkennen. Zudem wurden Verwachsungen und Einschlüsse silikatischer Zusammensetzung gemessen. Flitter M6-3-3 zeichnet sich durch homogene Zusammensetzung mit einem hohen Ag-Gehalt (~50 Masse-%) aus.

**GF7-3:** Auch diese analysierten Goldpartikel unterscheiden sich durch ihre interne Zusammensetzung. Es kommen Körner mit relativ regelmäßiger Randzonierung (GF7-3-1) und unzonierte Flitter mit hoher Reinheit (nahezu 100 Masse-% Au) vor (GF7-3-2, -3, -4). Diese homogen zusammengesetzten Körner weisen Einschlüsse von  $\text{SiO}_2$  und  $\text{TiO}_2$  auf.

**E5-1:** Einige Goldflitter (E5-1-2, -3, -4) aus E5 zeichnen sich durch irregulär, zackige Ränder mit sehr unregelmäßigem Internbau und partiell Ag-reicheren Bereichen aus. Andererseits weist das Korn E5-1-1 relativ eben verlaufende Ränder und eine homogene interne Zusammensetzung auf. Bei allen Partikeln konnten Einschlüsse von  $\text{SiO}_2$  und silikatische oder Tonmineraleinlagerungen identifiziert werden.

**GF10/M7-2:** Die Goldflitter dieser Lokalität sind zum einen sehr regelmäßig zoniert, vom Kern zum Rand (GF10/M7-2-2, -3), mit relativ ebenen Umrissen. Zum anderen wurden im Inneren des Kornes GF10/M7-2-1 Bereiche entlang von Rissen oder Kerben beobachtet, welche Au-reicher sind. Hierbei handelt es sich also nicht um eine Kern-Rand-Zonierung. Beide Arten von Flittern weisen Verwachsungen mit Quarz und/oder Feldspat auf.



**Abbildung 8: Messprofile der Mikrosondenmessungen verschiedener Goldpartikel**

**Oben links: E5-2-3, Oben rechts: E1-2-1**

**Unten links: E2-2-2, Unten rechts: E4-2-1**

Die auftretenden Farbunterschiede sind durch Einstellungen am Mikroskop/Kameraaufsatz bedingt.

Die Messprofile wurden individuell entsprechend vorhandener interner Zonierungen oder sichtbar auffallenden Ag/Au-Variabilitäten an die einzelnen Goldpartikel angepasst und so gewählt, dass möglichst Unterschiede im Au-Gehalt, beispielsweise vom Kern zum Rand, erfasst werden konnten.

Anhand von Diagrammen wurde im Folgenden versucht, bestimmte Muster durch Auftragen der Ag-Gehalte innerhalb gleicher Probenlokalitäten und im Vergleich unterschiedlicher Lagerstätten darzustellen.

In Abbildung 9 und Abbildung 10 wurden die Mittelwerte der Ag-Gehalte der Kerne aller Goldpartikel aufgetragen. Diese Grafik macht deutlich, dass es wesentliche Unterschiede in Bezug auf den vermutlich primären Ag-Gehalt gibt, sowohl im Vergleich verschiedener Lokalitäten als auch innerhalb einer Lagerstätte. Demnach ist zu vermuten, dass für die Herkunft des Goldes unterschiedliche Primärquellen oder verschiedene Transportarten in Frage kommen könnten.

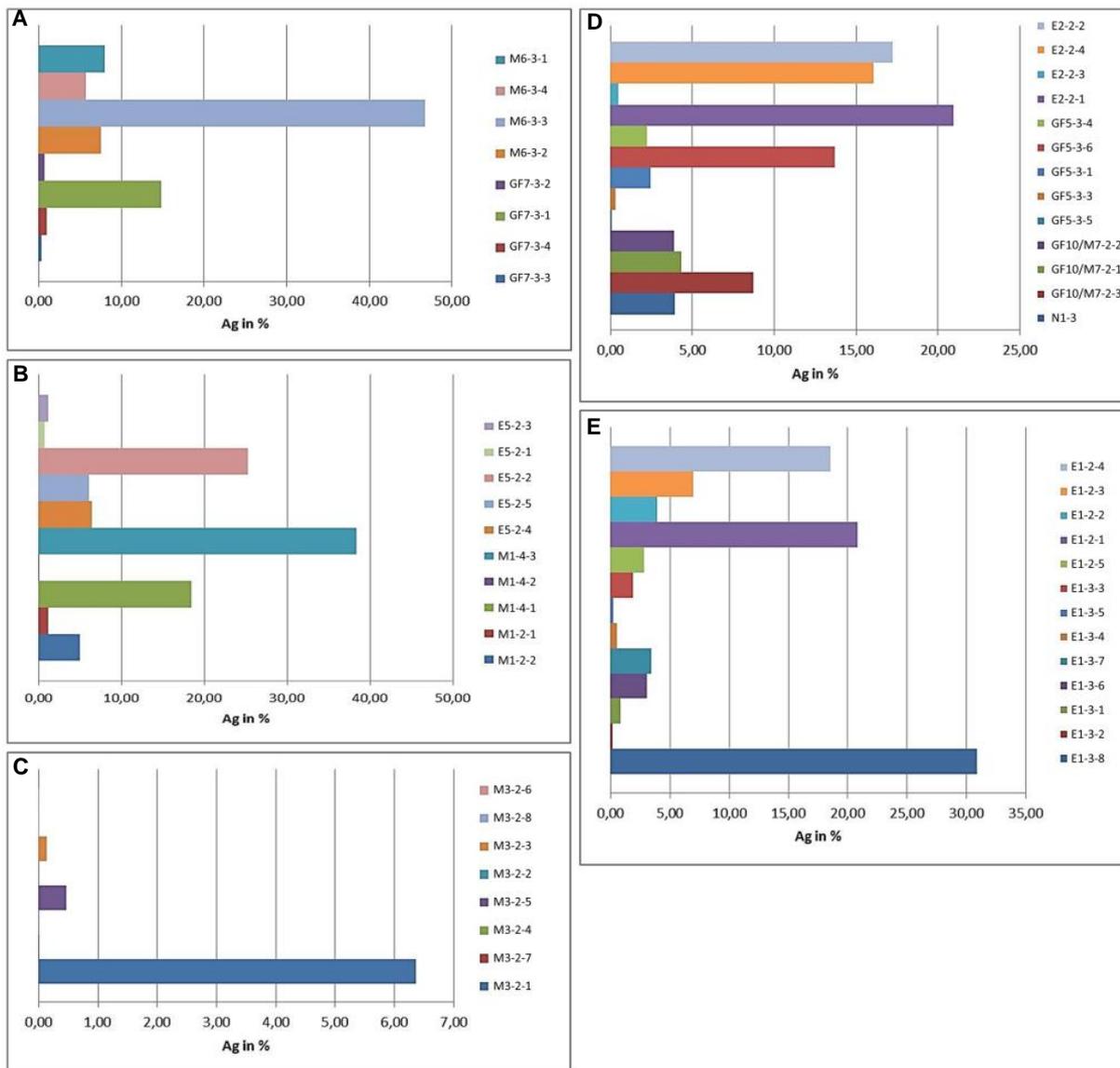


Abbildung 9: Diagramme A-E: Mittelwerte der Ag-Gehalte der Kernbereiche aller Goldflitter zwölf verschiedener Proben aus zehn Lokalitäten

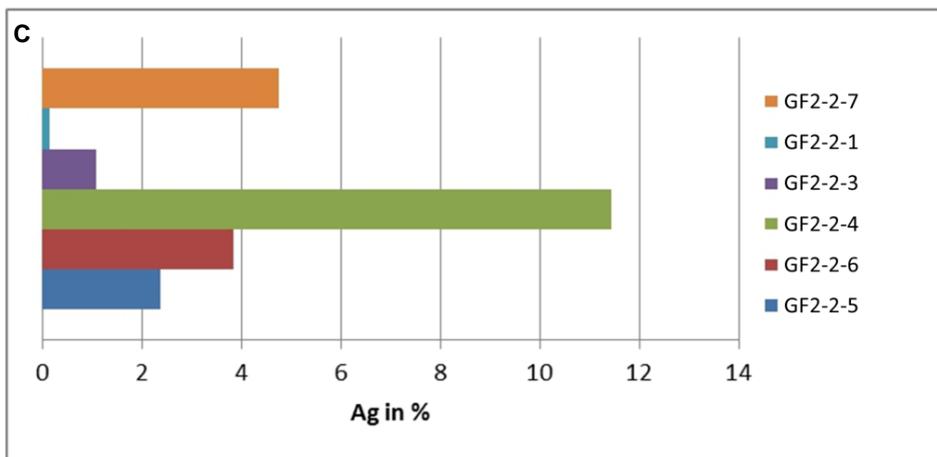
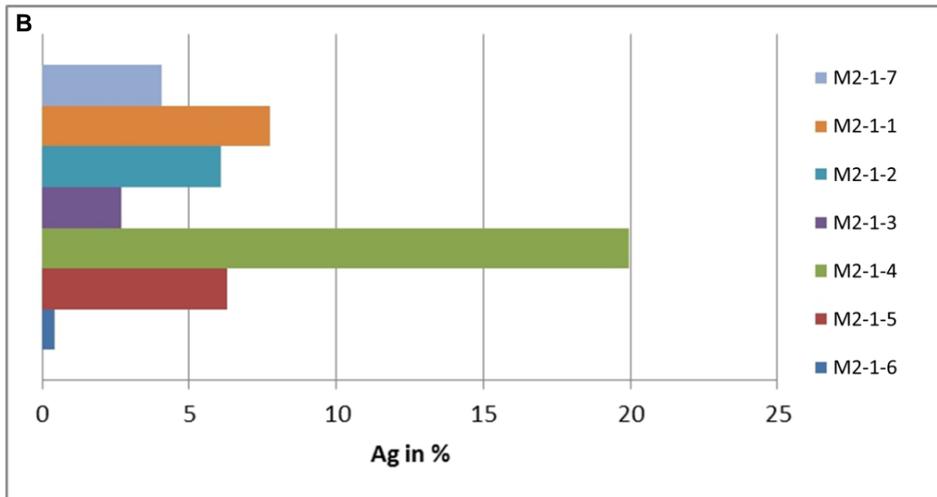
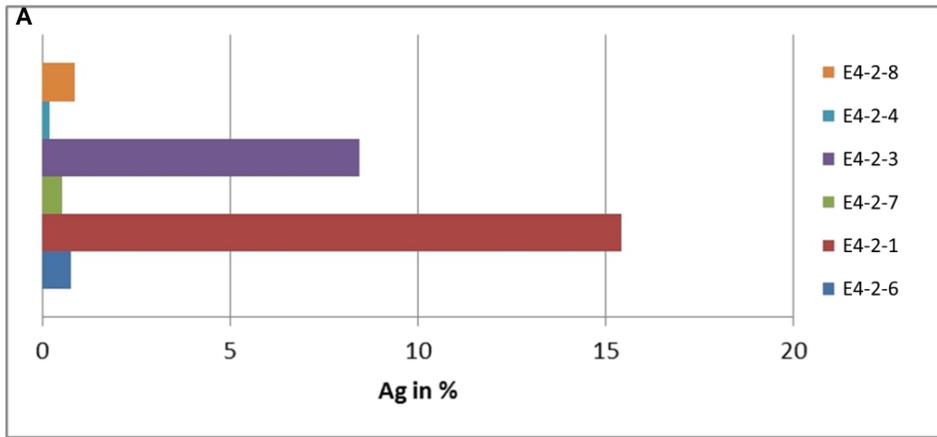
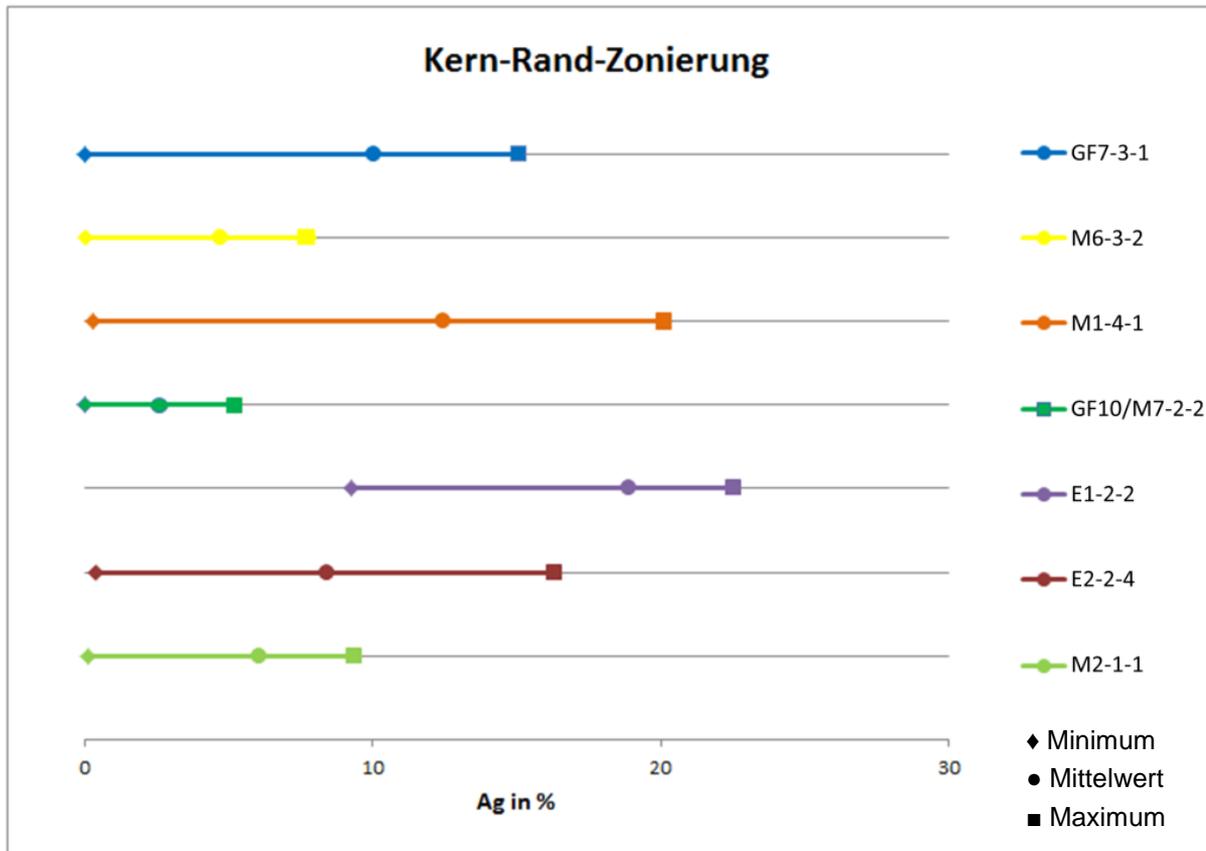


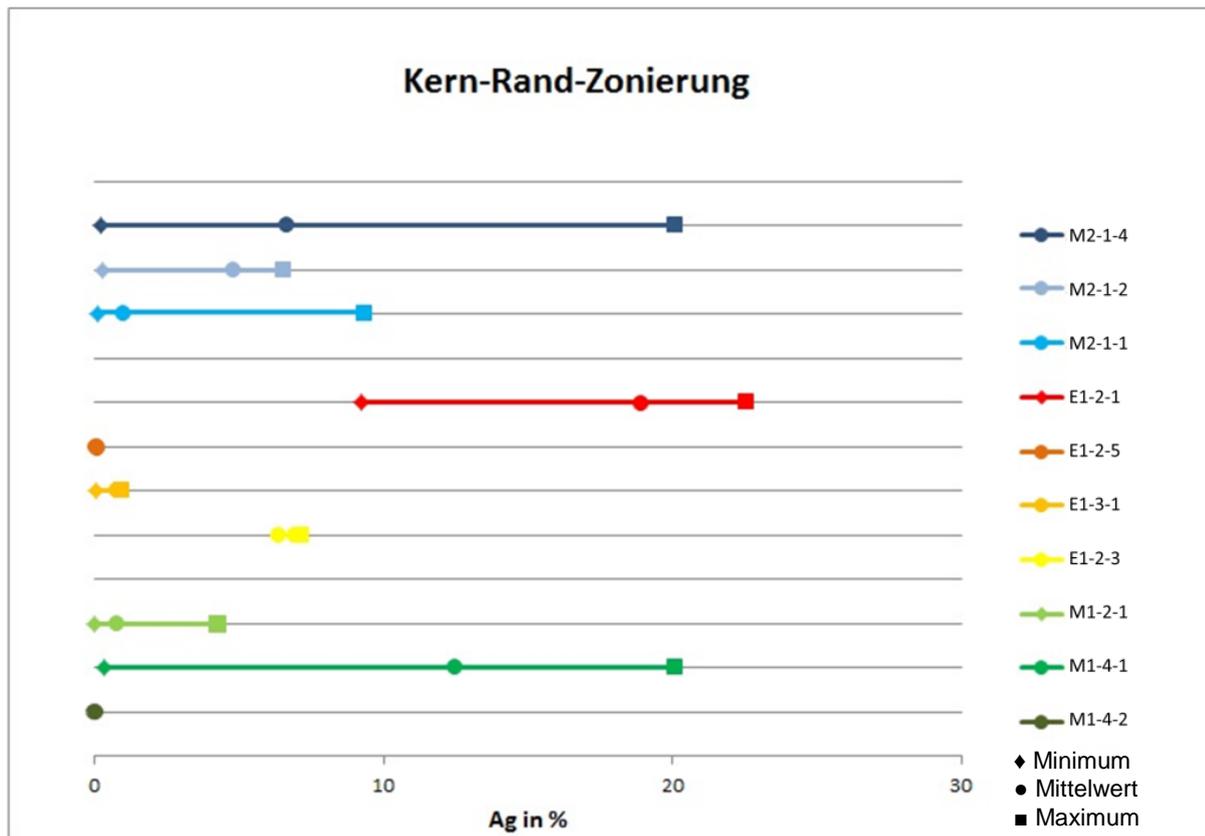
Abbildung 10: Mittelwerte der Ag-Gehalte der Kernbereiche aller Goldflitter aus drei verschiedenen Lokalitäten

In den folgenden Diagrammen wurde versucht, Zonierungsprofile darzustellen. Hierbei zeigen die Minimum- (◆), Maximum- (■) und Mittelwerte (●) der Ag-Gehalte in den Flittern die doch zum Teil großen Unterschiede innerhalb einzelner Probenlokalitäten und auch im Vergleich der Lagerstätten untereinander.



**Abbildung 11: Ag-Gehalte (Minimum, Mittelwert, Maximum) ausgewählter Proben mit besonders ausgeprägter Kern-Rand-Zonierung**

In Abbildung 11 sind zum Vergleich die Kern-Randprofile drei verschiedener Goldpartikel aus wiederum unterschiedlichen Lagerstätten aufgezeigt. Hierbei stellt der Flitter M6-3-3 insofern eine Ausnahme dar, dass zwar der Goldpartikel in den Aufnahmen unter dem Auflichtmikroskop keine Zonierung zeigt, jedoch die Ag-Gehalte um etwa 10 Masse-% innerhalb des Kornes schwanken. Auffällig auch die variablen Ag-Gehalte im Vergleich der Proben untereinander.



**Abbildung 12: Ag-Gehalte (Minimum, Mittelwert, Maximum) der Probenlokalitäten M2, E1 und M1 zum Vergleich der internen Zusammensetzungen innerhalb der Lagerstätten**

Wie unterschiedlich der Internbau der Goldflitter innerhalb einer Lokalität sein kann, erkennt man in Abbildung 12. Es existieren sowohl Körner innerhalb der Lagerstätte E1 mit variablen Ag/Au-Gehalten (E1-2-1) als auch Flitter mit homogener Zusammensetzung (E1-2-3, E1-2-5, E1-3-1). Diese homogenen Körner unterscheiden sich wiederum durch verschiedene Ag/Au-Gehalte.

### EDX-Analysen

Für die Bestimmung der qualitativen Zusammensetzungen der Verwachsungen innerhalb der Goldpartikel und Einlagerungen an Rändern oder in Vertiefungen der Oberflächen wurden EDX-Analysen mit dem Rasterelektronenmikroskop FEI Quanta 600F, Geometallurgie-Labor, Institut für Mineralogie, durchgeführt. Die Ergebnisse sollten nicht als voll quantitativ betrachtet werden, aber liefern eine gute Orientierung für die chemische Zusammensetzung am Untersuchungspunkt.

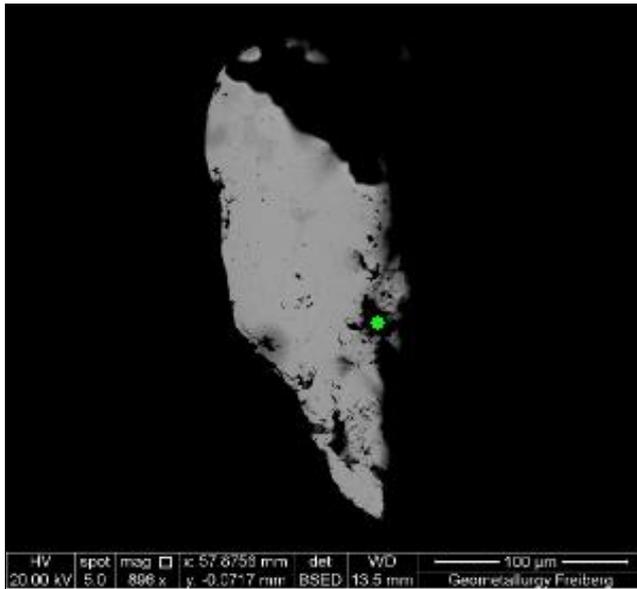
Ziel wiederum dieser Analysen war es, primäre Verwachsungen mit dem Gold ausfindig zu machen, um eventuell Rückschlüsse auf die Primärquelle des Goldes ziehen zu können.

Größtenteils stellen vorhandene Verwachsungen Quarz, Feldspat oder nicht genauer identifizierbare Silikate dar. In Vertiefungen der Oberflächen oder an unregelmäßigen Randbereichen sind oftmals Einlagerungen silikatischer Zusammensetzung zu finden. Diese könnten als sekundär eingebrachte Tonminerale interpretiert werden. Einige Messungen bestimmter Verwachsungen oder Einschlüsse ergaben Ti- und/oder Fe-Gehalte, welche als  $TiO_2$ -Modifikation (GF2-2-4) und Ilmenit ( $FeTiO_3$ ) (GF2-2-5) gedeutet werden können. Auch Zirkon ( $ZrSiO_4$ ) konnte in E4-2-6 als Einschluss gemessen werden. Diese typischen Schwerminerale könnten während bestimmter Transportprozesse, durch ein „Umschließen“ mit dem sehr weichen und verformbaren Gold, als Einschlüsse in die Goldflitter gelangt sein.

Auffällig erscheinen in GF2-2-4 Verwachsungen/Einschlüsse eines U-Pb-Minerals, in GF2-2-3 und GF2-2-6 Verwachsungen mit Pyrit oder Markasit ( $\text{FeS}_2$ ). Über die Herkunft dieser Minerale, ob primäre Verwachsungen oder sekundärer Eintrag, lassen sich keine genauen Aussagen machen.

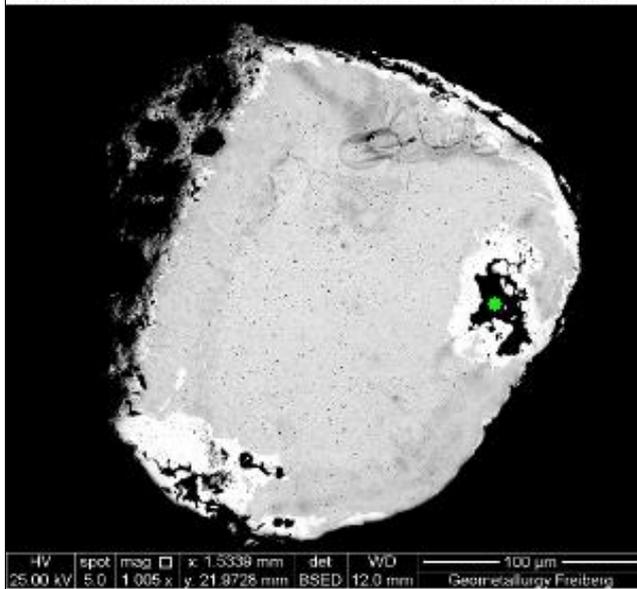
Die Verwachsung in E1-3-7 besteht aus Bismuth und Tellurium. Anhand der Aufnahme (BSE-Bild) kann diese als primäre Verwachsung gedeutet werden. Tabelle 6 zeigt alle Verwachsungen und Einschlüsse aller Goldpartikel mit dazugehörigen EDX-Messergebnissen. Die grünen Punkte stehen für die analysierten Verwachsungen, rote Punkte stellen Einschlüsse von  $\text{SiO}_2$  dar.

Tabelle 6: EDX-Messungen aller Verwachsungen und Einschlüsse



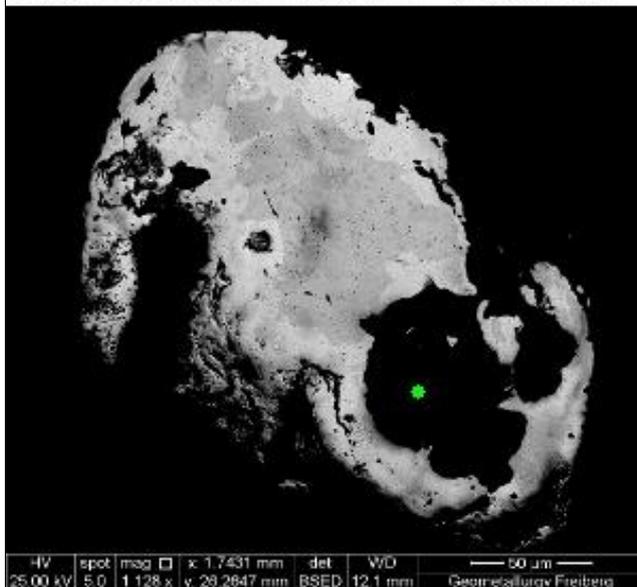
**N1-3**

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Silicon	9,08	12,0707516
Zirconium	33,15	44,0701585
Oxygen	32,99	43,8590899
	75,22	100



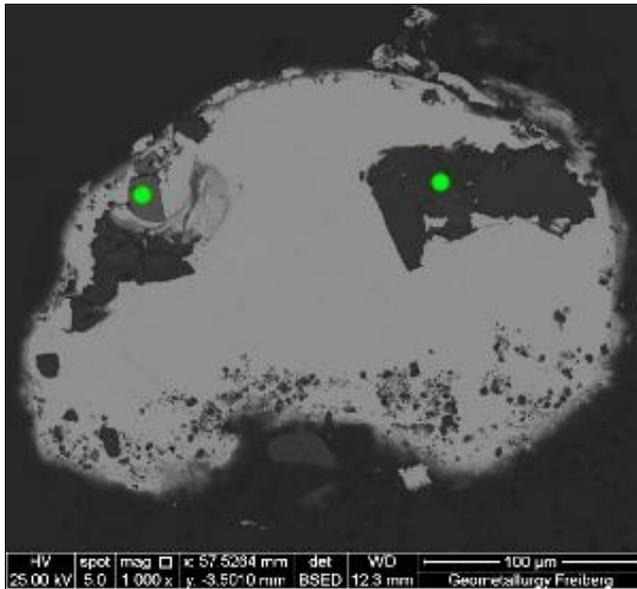
**M6-3-1**

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	10,51	10,51
Silicon	6,54	6,54
Titanium	1,19	1,19
Iron	1,00	1,00
Oxygen	80,76	80,76
	100,00	100,00



**M6-3-2**

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Sodium	5,01	7,41
Aluminium	6,80	10,05
Silicon	13,42	19,84
Oxygen	42,41	62,70
	67,64	100,00



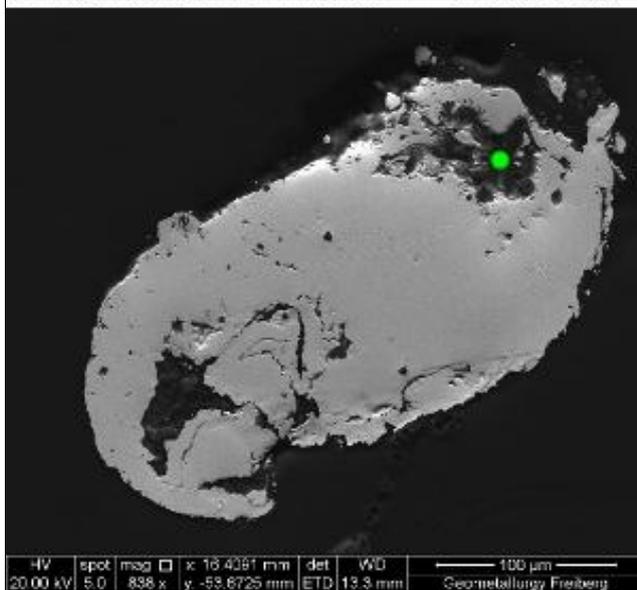
### E4-2-6

rechts:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Silicon	30,92	35,94
Tin	0,89	1,04
Oxygen	54,22	63,02
	86,04	100,00

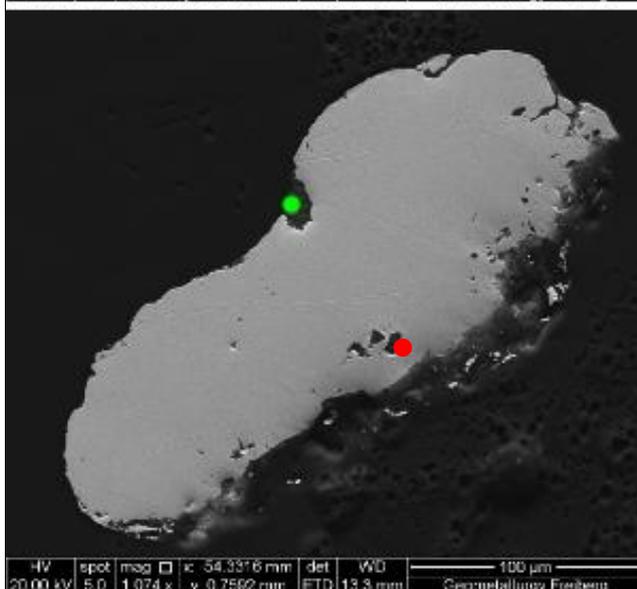
links:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Silicon	9,61	12,36
Zirconium	40,29	51,81
Hafnium	2,85	3,66
Oxygen	25,01	32,16
	77,76	100,00



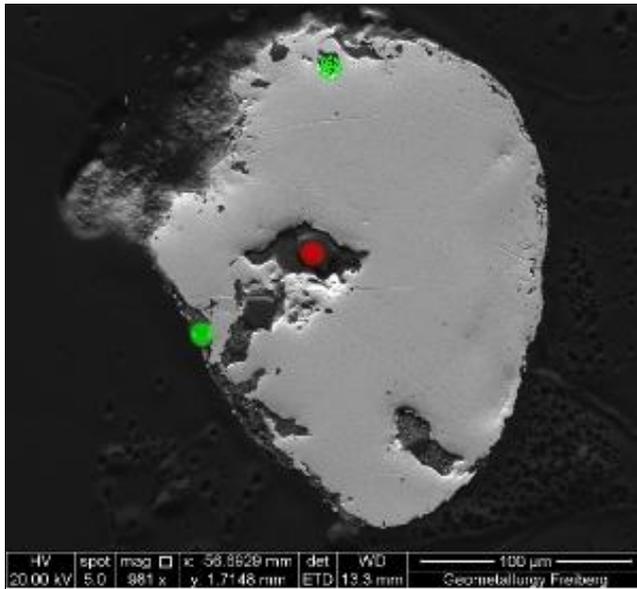
### M1-4-2

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Sodium	0,35	0,42
Aluminium	7,77	9,22
Silicon	19,08	22,65
Potassium	8,50	10,09
Oxygen	48,53	57,61
	84,23	100,00



### GF7-3-2

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	5,98	7,37
Silicon	5,89	7,25
Potassium	0,07	0,08
Iron	25,76	31,71
Oxygen	43,52	53,59
	81,22	100,00



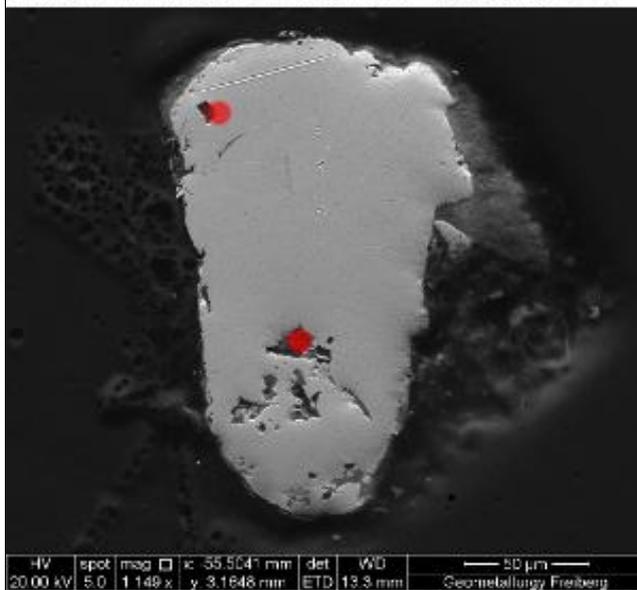
### GF7-3-3

oben:

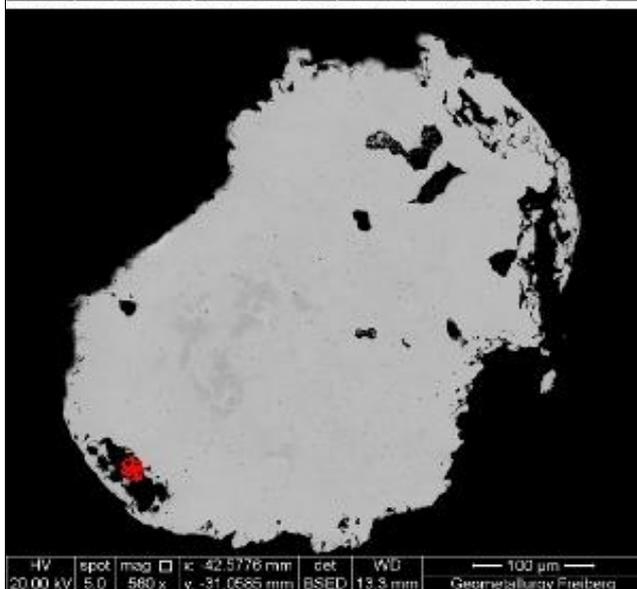
Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Silicon	0,40	0,44
Titanium	48,76	54,42
Oxygen	40,43	45,13
	89,59	100,00

links:

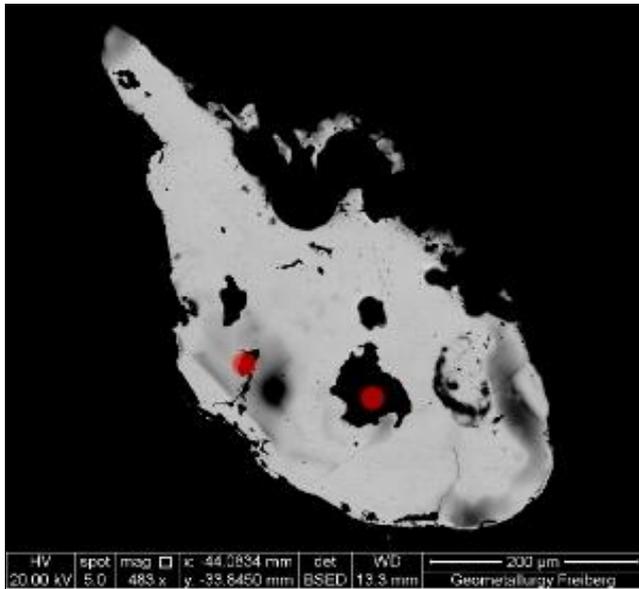
Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	0,52	0,54
Silicon	0,64	0,67
Iron	47,05	49,09
Oxygen	47,63	49,70
	95,84	100,00



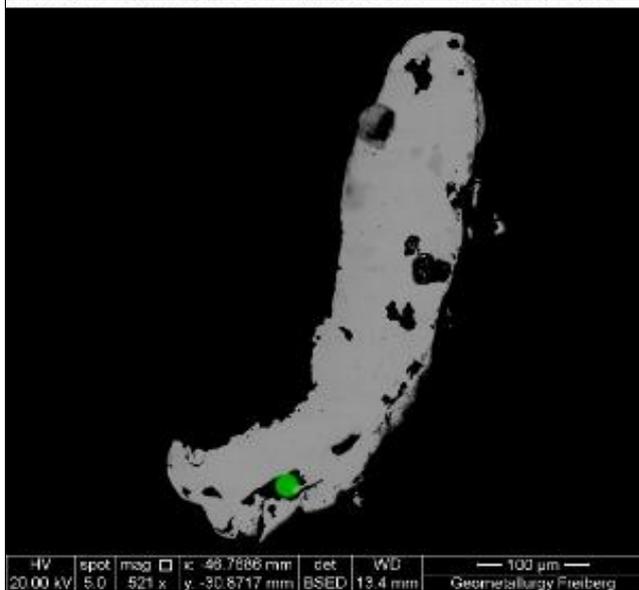
### GF7-3-4



### GF5-3-1

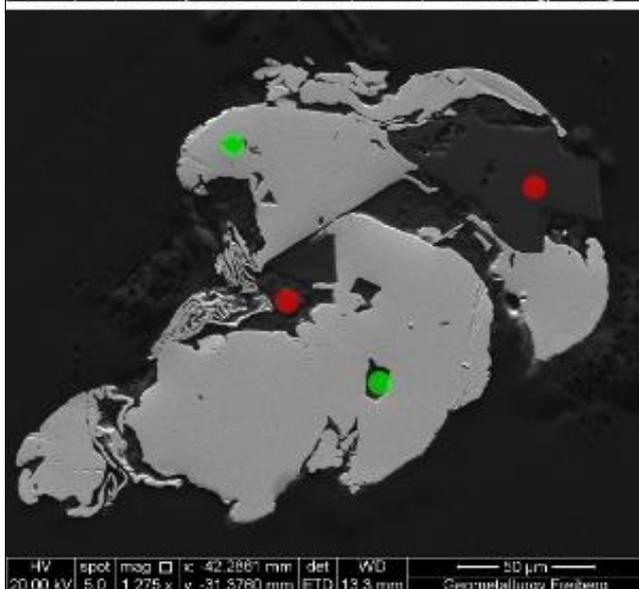


GF5-3-3



GF5-3-4

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	12,25	12,87
Silicon	10,38	10,90
Titanium	10,61	11,14
Iron	1,99	2,09
Oxygen	60,01	63,01
	95,24	100,00



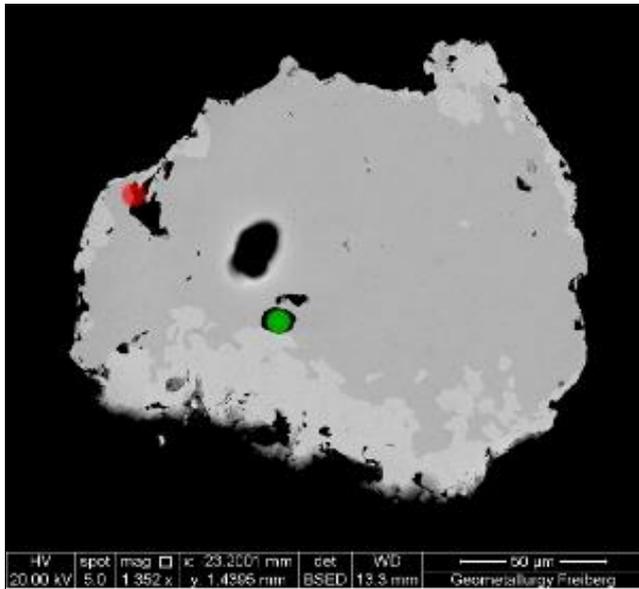
GF5-3-6

rechts:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	15,20	16,46
Silicon	14,68	15,89
Iron	2,77	3,00
Oxygen	59,74	64,66
	92,39	100,00

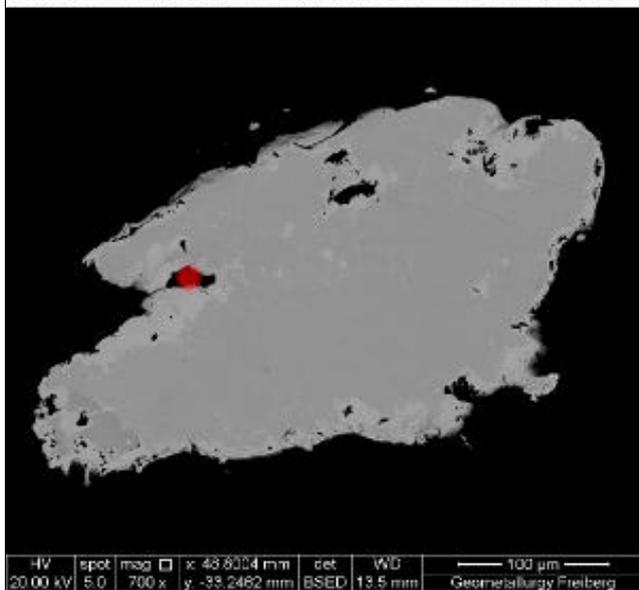
links oben:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Sulfur	42,73	53,20
Iron	37,59	46,80
	80,32	100,00

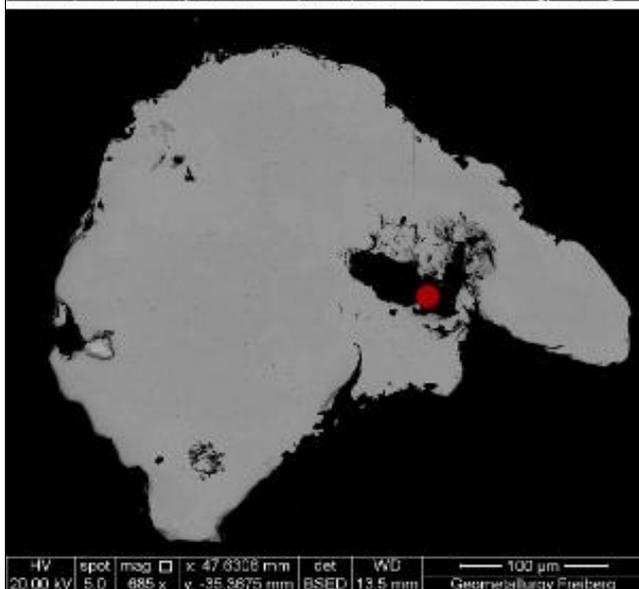


### E2-2-4

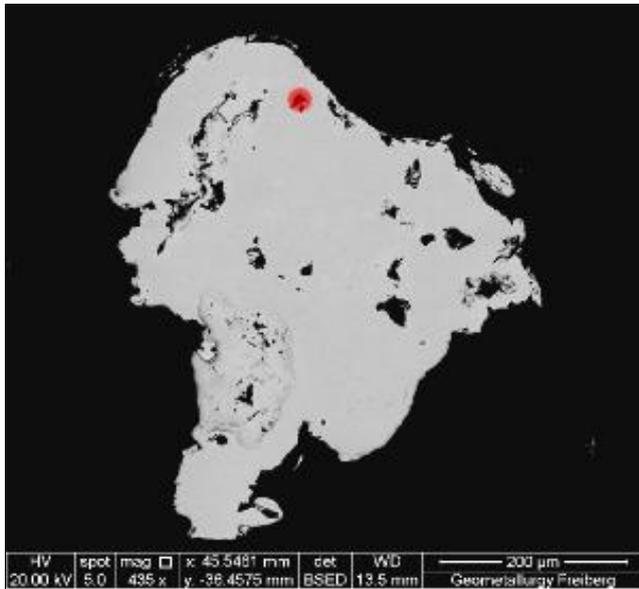
Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	10,52	11,10
Silicon	8,35	8,81
Titanium	6,50	6,86
Iron	1,85	1,95
Oxygen	67,56	71,28
	94,78	100,00



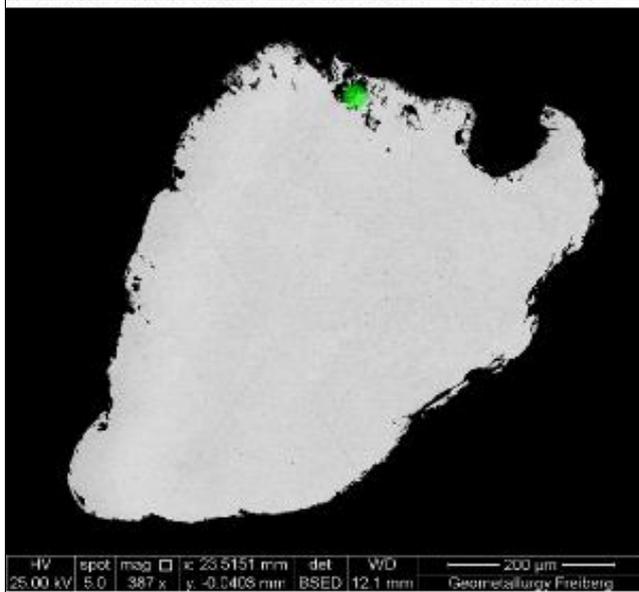
### E1-2-1



### E1-2-2

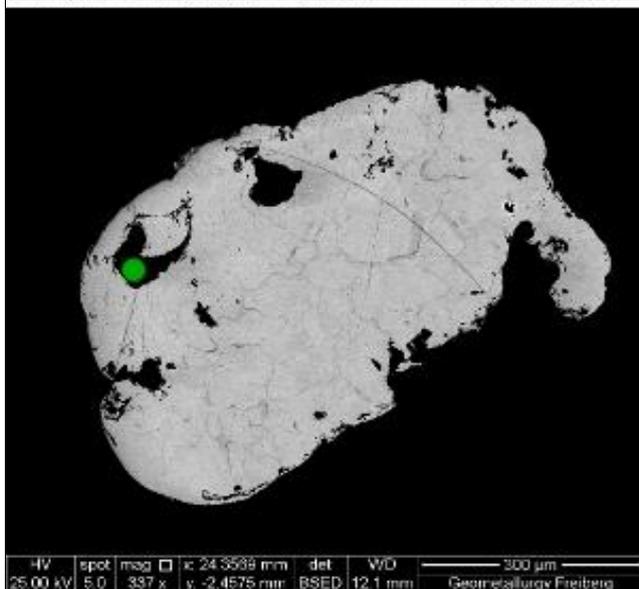


### E1-2-3



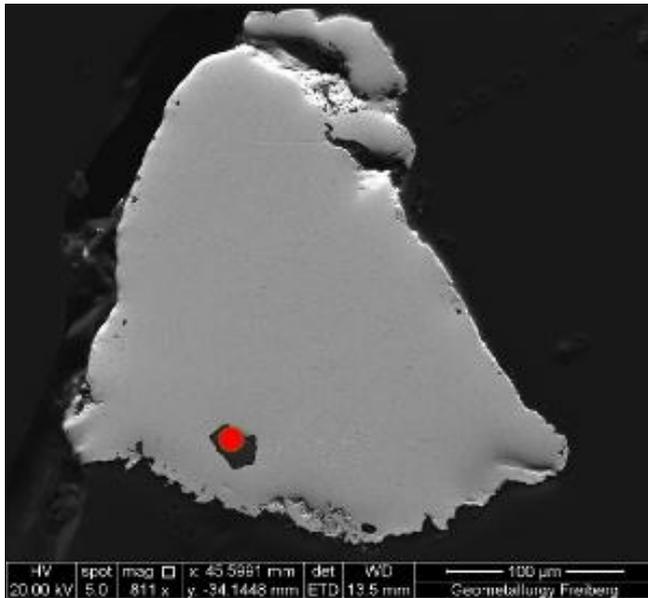
### E1-3-1

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	7,49	10,27
Silicon	16,03	21,98
Potassium	9,25	12,68
Oxygen	40,17	55,07
	72,95	100,00

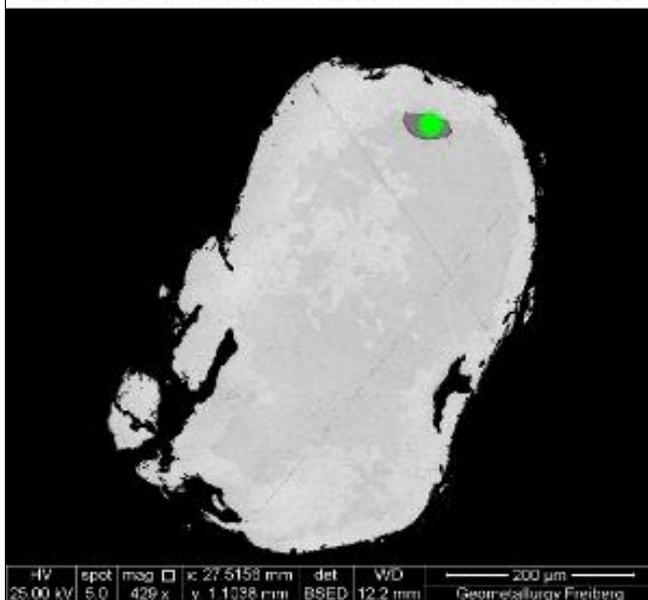


### E1-3-2

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	2,72	3,027605
Silicon	0,44	0,48976
Iron	42,05	46,80543
Oxygen	44,63	49,6772
	89,84	100

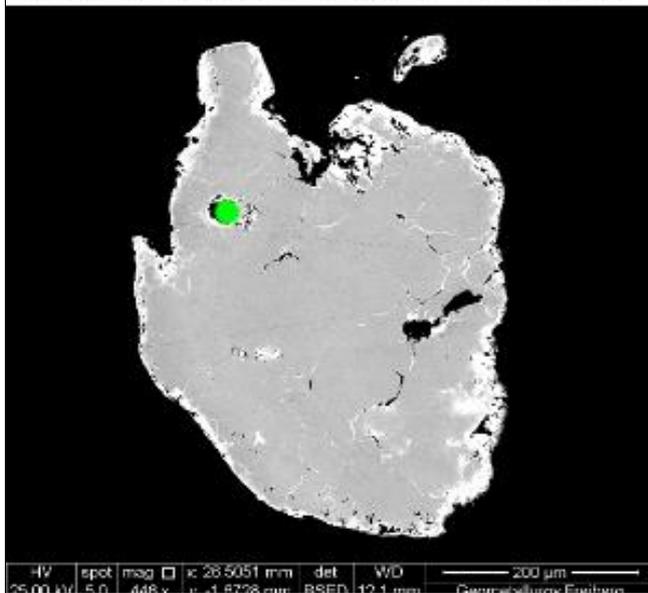


### E1-2-5



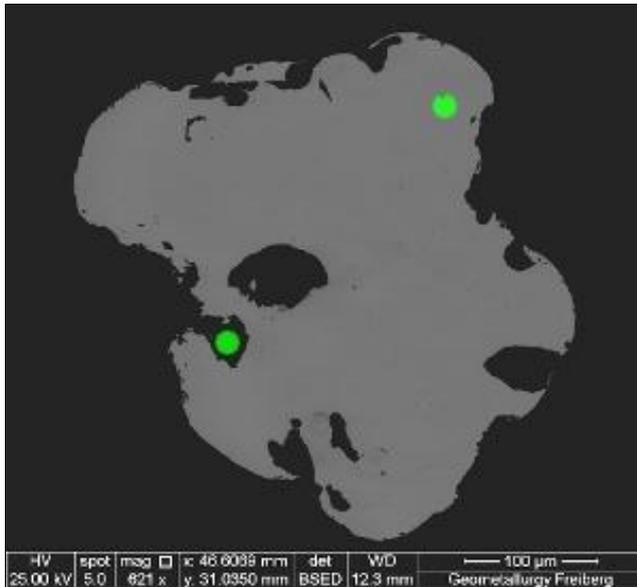
### E1-3-7

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Tellurium	33,59	40,68
Bismuth	48,97	59,32
	82,56	100,00



### E1-3-8

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Magnesium	0,03	0,04
Aluminium	7,98	10,63
Silicon	18,02	24,01
Potassium	10,68	14,22
Vanadium	0,15	0,19
Oxygen	38,21	50,91
	75,06	100,00



### GF2-2-3

links:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	4,83	5,96
Silicon	3,83	4,72
Potassium	0,24	0,29
Iron	25,55	31,52
Oxygen	46,63	57,51
	81,07	100,00

rechts:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Sulfur	22,49	55,13
Iron	18,31	44,87
	40,80	100,00



### GF2-2-4

links:

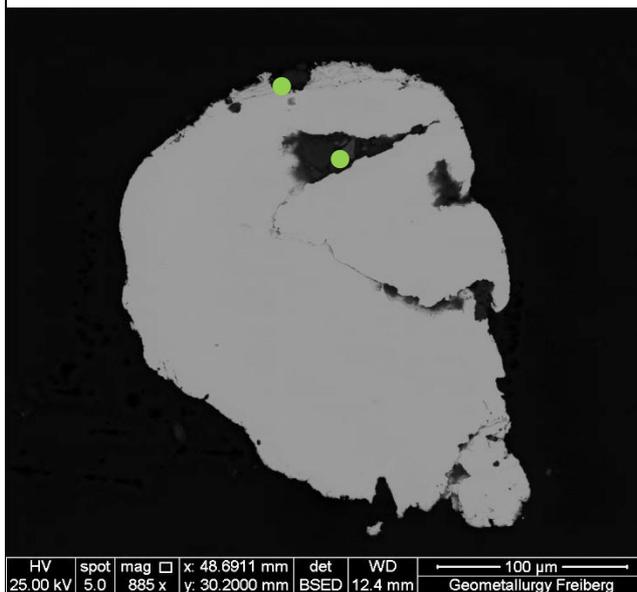
Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Lead	17,47	9,37
Uranium	134,69	72,26
Oxygen	34,24	18,37
	186,40	100,00

Mitte:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	7,81	10,39
Silicon	17,72	23,57
Potassium	10,06	13,38
Oxygen	39,59	52,66
	75,19	100,00

rechts:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Silicon	0,14	0,16
Titanium	49,58	57,71
Oxygen	36,19	42,13
	85,91	100,00



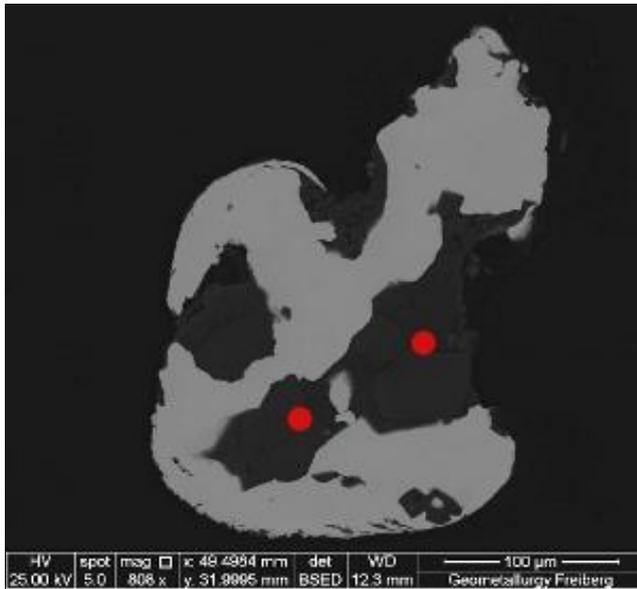
### GF2-2-5

links:

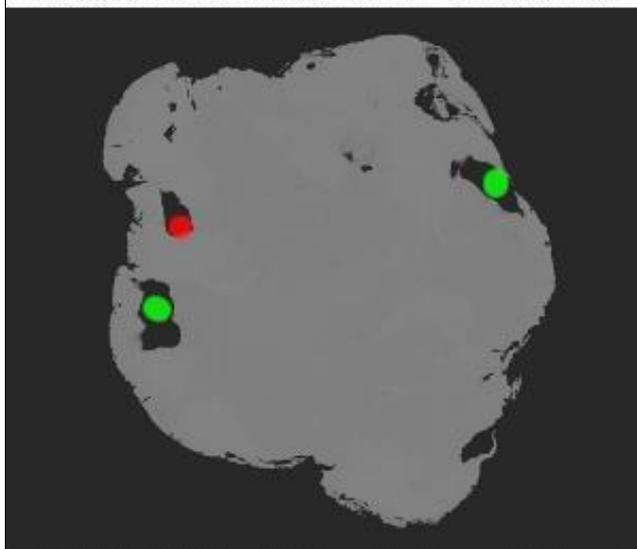
Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	2,67	3,29
Silicon	25,28	31,16
Potassium	0,70	0,86
Iron	1,25	1,54
Oxygen	51,23	63,15
	81,13	100,00

rechts:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Titanium	31,69	36,99
Manganese	0,80	0,93
Iron	20,57	24,01
Oxygen	32,63	38,07
	85,69	100,00



### GF2-2-6



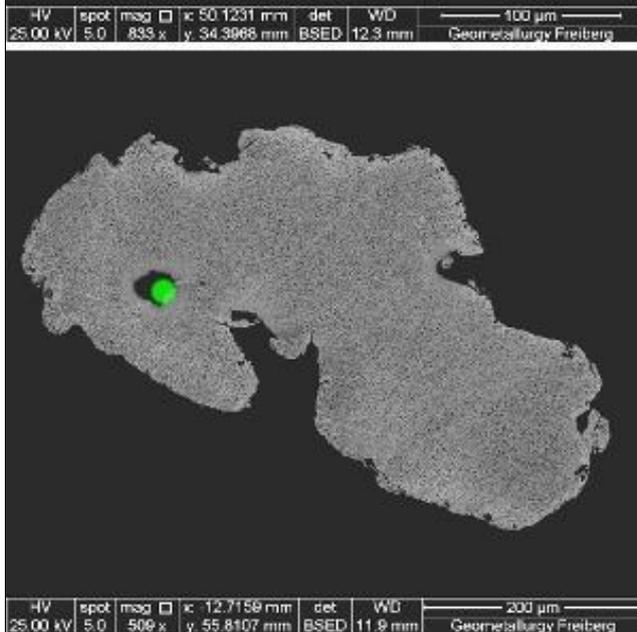
### GF2-2-7

links:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	13,00	16,64
Silicon	10,18	13,02
Potassium	0,19	0,24
Titanium	1,24	1,59
Iron	3,78	4,83
Oxygen	49,75	63,67
	78,14	100,00

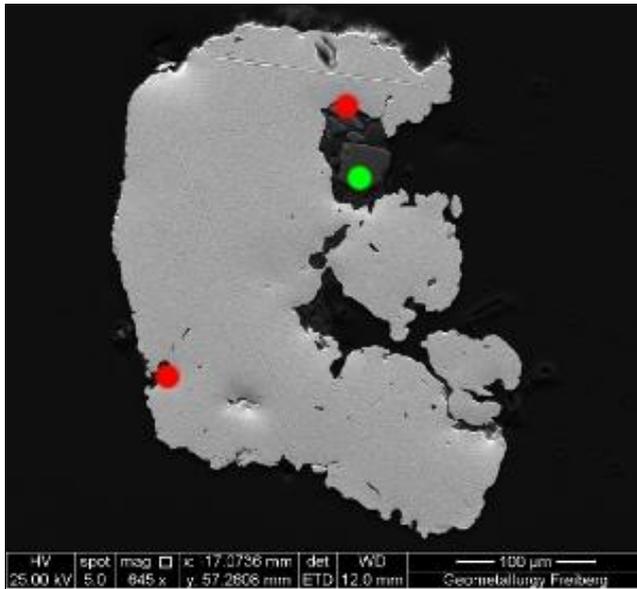
rechts:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	15,31	19,43
Silicon	10,79	13,70
Titanium	0,52	0,66
Iron	1,59	2,02
Oxygen	50,57	64,20
	78,78	100,00



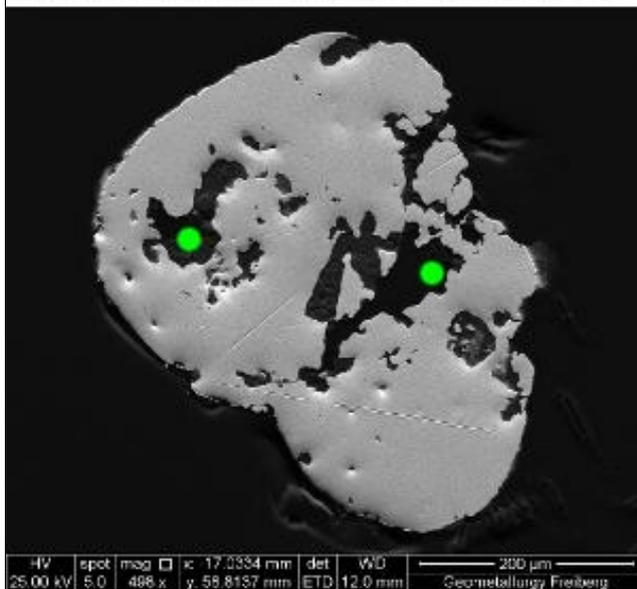
### M3-2-1

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	3,69	4,90
Silicon	2,32	3,08
Titanium	22,79	30,23
Iron	2,08	2,75
Oxygen	44,49	59,03
	75,36	100,00



### M3-2-2

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Titanium	52,38	59,79
Oxygen	35,23	40,21
	87,61	100,00



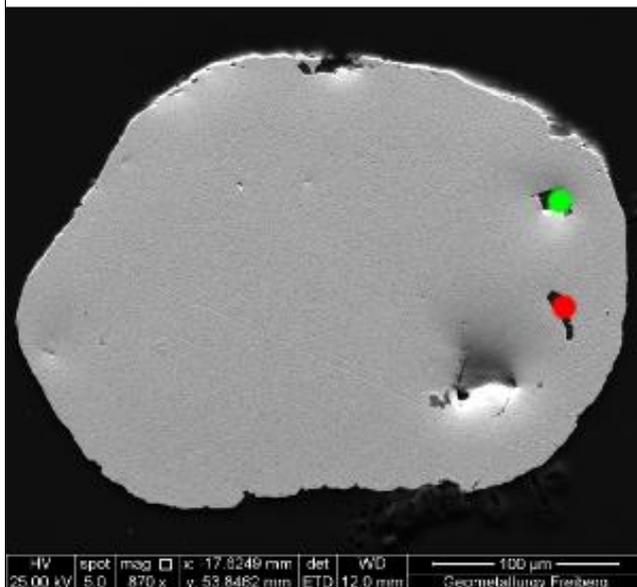
### M3-2-3

links:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	11,25	14,75
Silicon	7,71	10,11
Titanium	8,13	10,66
Iron	0,90	1,18
Oxygen	48,26	63,29
	76,25	100,00

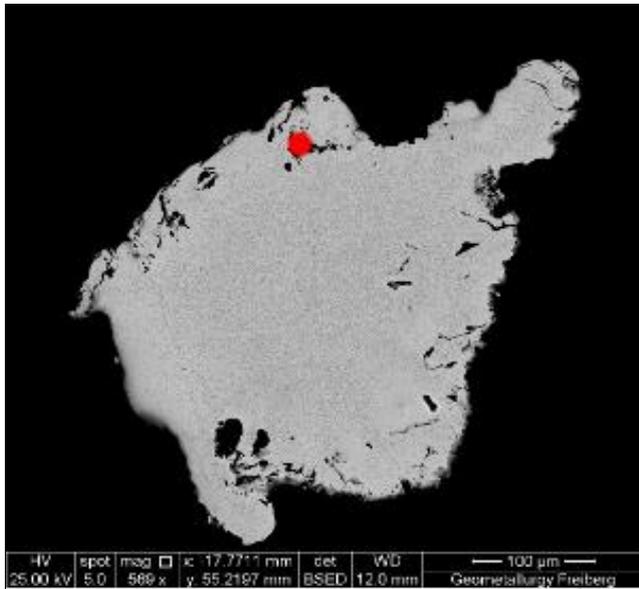
rechts:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	21,35	22,44
Silicon	15,51	16,30
Oxygen	58,26	61,25
	95,12	100,00

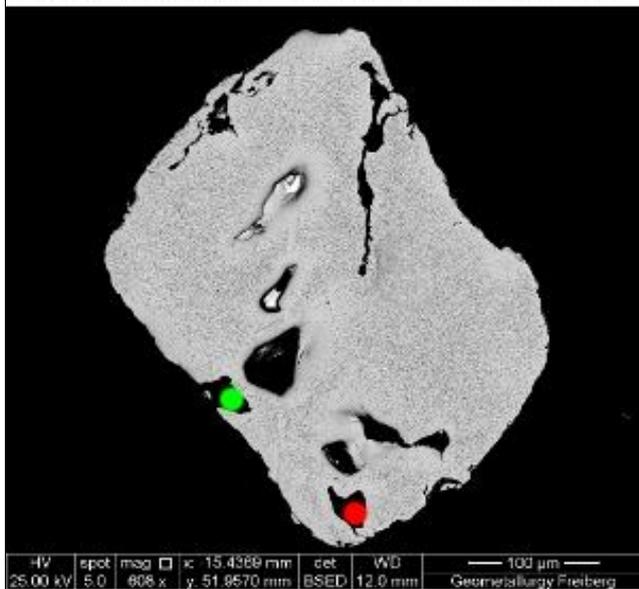


### M3-2-4

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Sodium	0,20	0,26
Magnesium	0,17	0,22
Aluminium	10,68	14,15
Silicon	9,48	12,56
Potassium	1,00	1,32
Iron	1,16	1,54
Oxygen	52,84	69,96
	75,53	100,00

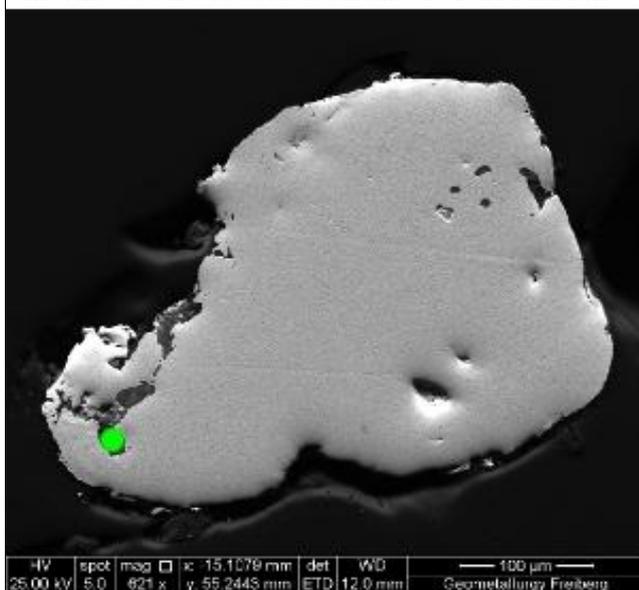


**M3-2-5**



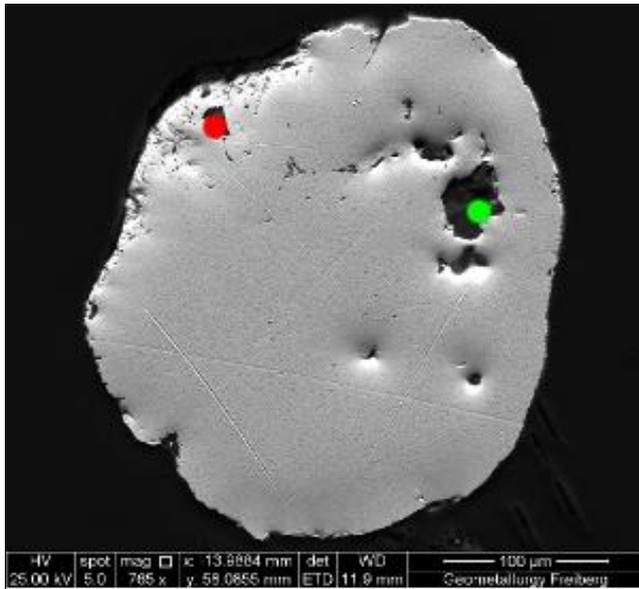
**M3-2-6**

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Titanium	53,91	61,08
Oxygen	34,35	38,92
	88,26	100,00



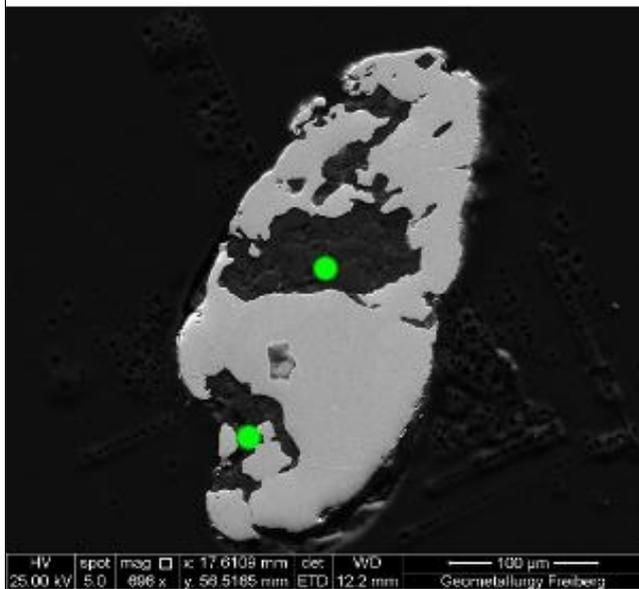
**M3-2-7**

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	8,82	11,18
Silicon	6,00	7,60
Titanium	17,34	21,97
Iron	1,01	1,28
Oxygen	45,77	57,98
	78,94	100,00



### M3-2-8

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	15,98	18,68
Silicon	12,16	14,22
Iron	0,95	1,11
Oxygen	56,46	65,99
	85,56	100,00



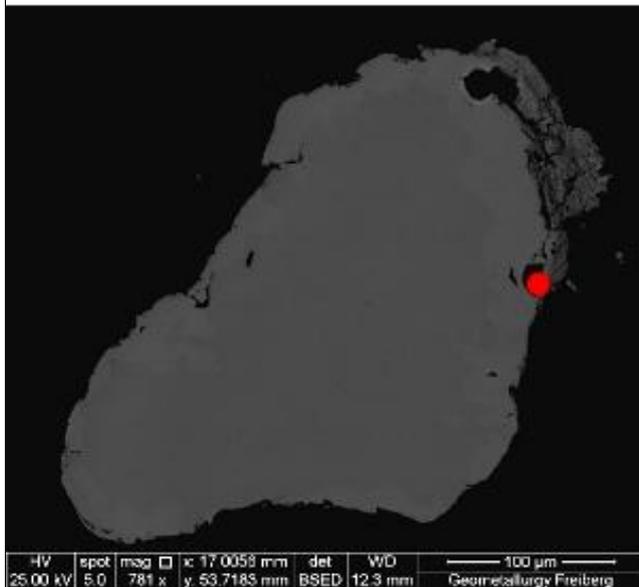
### M2-1-1

links:

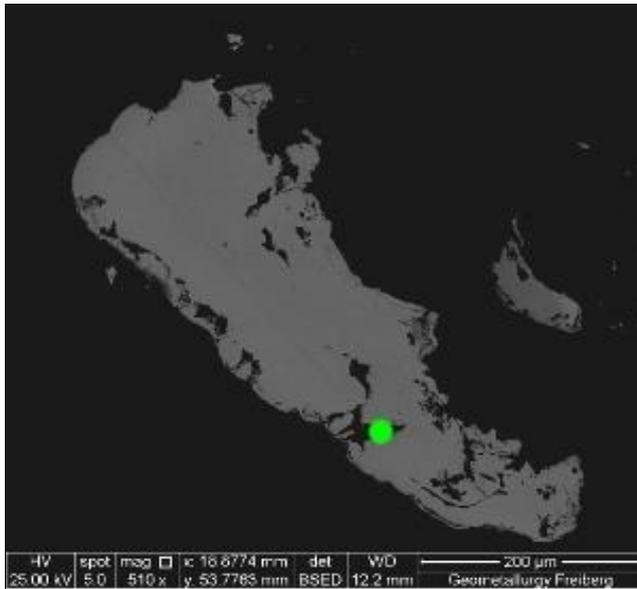
Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	0,85	0,96
Silicon	0,32	0,36
Titanium	49,17	55,82
Oxygen	37,75	42,86
	88,08	100,00

rechts:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	0,94	1,16
Silicon	27,54	33,98
Titanium	0,72	0,89
Tin	0,64	0,79
Oxygen	51,21	63,18
	81,05	100,00

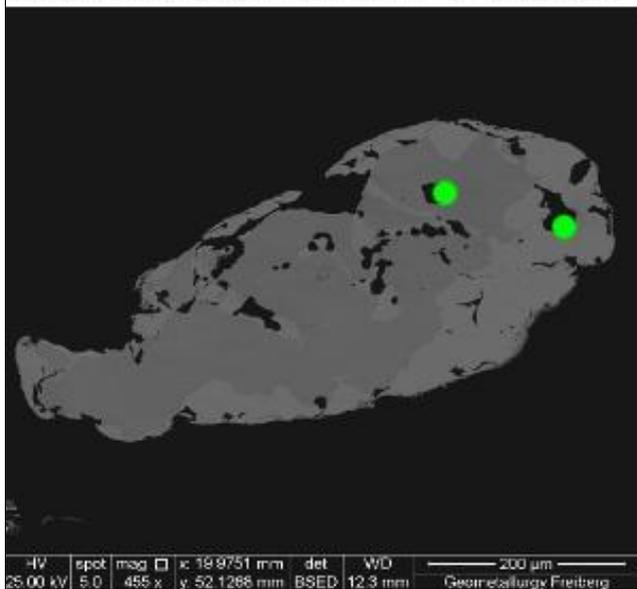


### M2-1-2



### M2-1-3

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	9,62	9,23
Silicon	6,90	6,62
Iron	4,05	3,88
Gold	26,21	25,15
Oxygen	57,44	55,11
	104,22	100,00



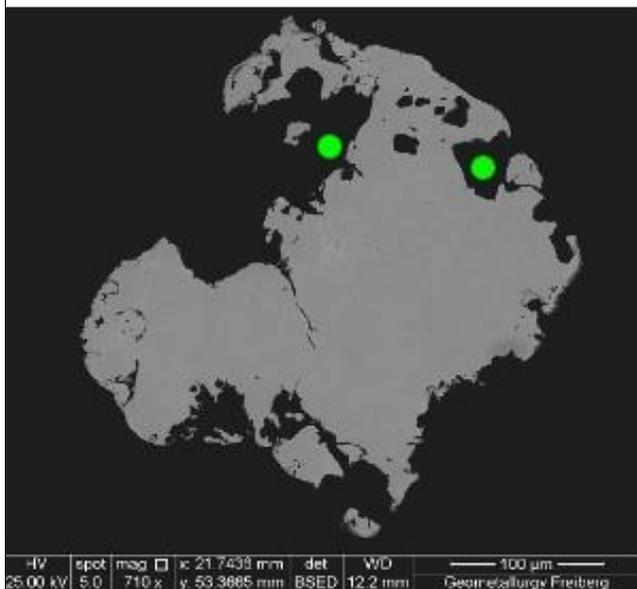
### M2-1-4

links:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	15,71	18,70
Silicon	10,96	13,05
Titanium	1,89	2,24
Iron	0,92	1,10
Oxygen	54,53	64,91
	84,01	100,00

rechts:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	15,14	18,56
Silicon	10,73	13,15
Titanium	0,82	1,00
Iron	1,06	1,29
Oxygen	53,83	65,99
	81,57	100,00



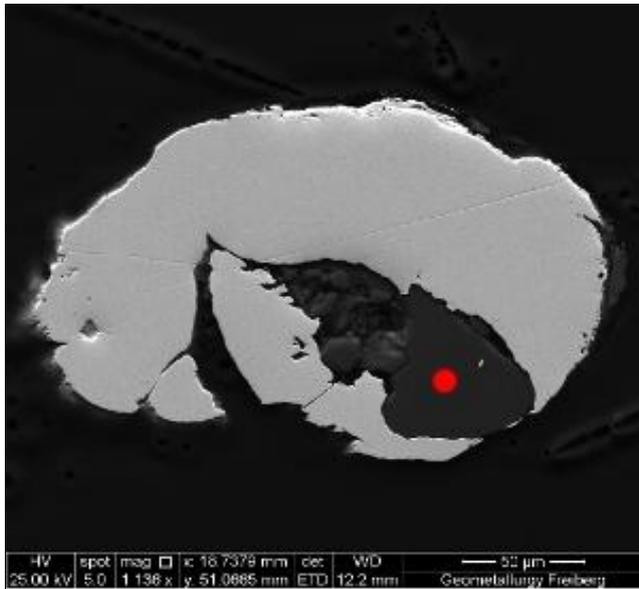
### M2-1-5

links:

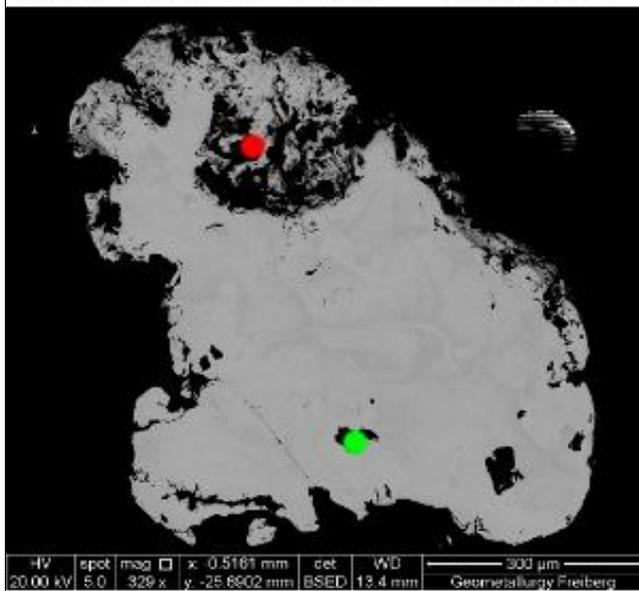
Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Sodium	6,62	8,58
Aluminium	8,63	11,18
Silicon	19,60	25,40
Oxygen	42,30	54,83
	77,14	100,00

rechts:

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Sodium	7,02	9,08
Aluminium	8,59	11,11
Silicon	19,25	24,91
Oxygen	42,43	54,90
	77,29	100,00

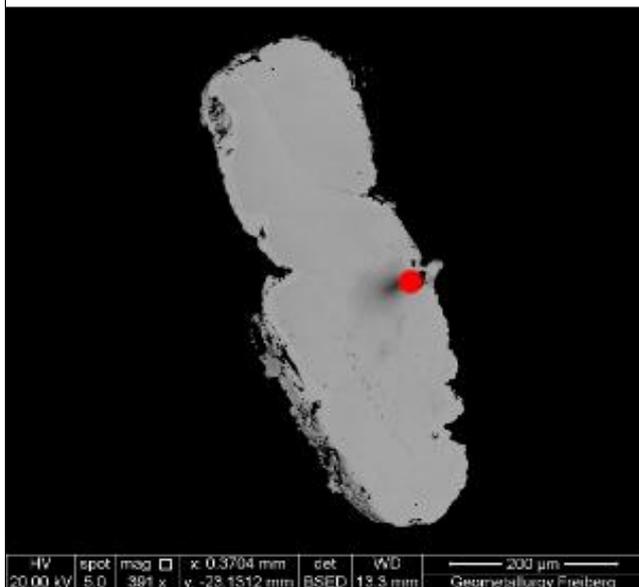


**M2-1-7**

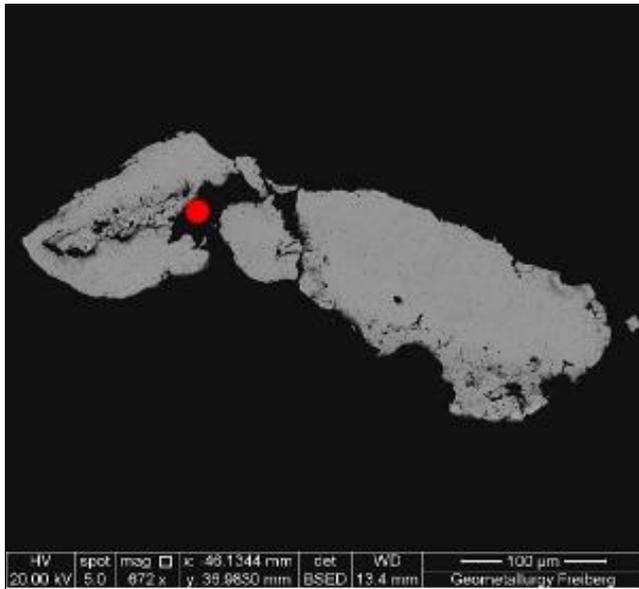


**GF10/M7-2-1**

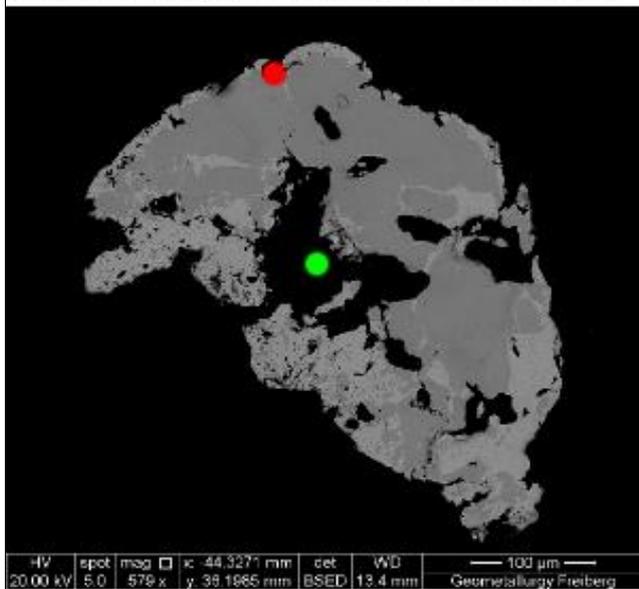
Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	8,51	9,61
Silicon	20,54	23,19
Potassium	10,75	12,14
Oxygen	48,77	55,06
	88,59	100,00



**GF10/M7-2-3**

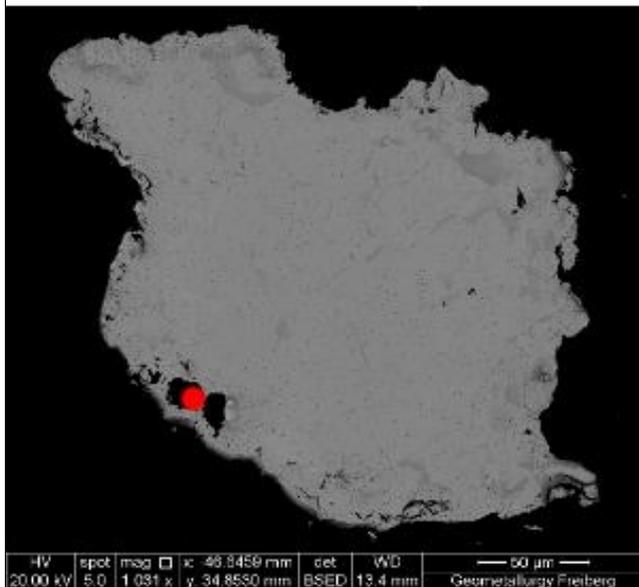


E5-2-1

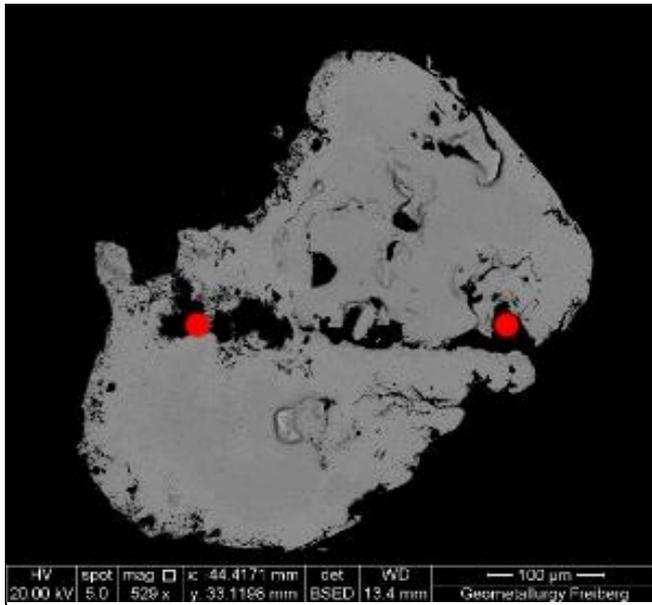


E5-2-2

Element	[wt.-%]	[norm. wt.-%]
Aluminium	3,35	3,52
Silicon	18,27	19,21
Iron	10,08	10,60
Oxygen	63,40	66,67
	95,10	100,00



E5-2-3



E5-2-4

## 7 Resultate

In den meisten der untersuchten 29 Großproben wurden keine (4) oder weniger als 10 Flitter (18) je Probe gefunden (bspw. TR1, E2-3m, E2-3o; siehe Tabelle 7). Diese Flitter sind von variabler Größe und Form. Unter einigen vereinfachenden Annahmen (Dichte und Dicke der Goldpartikel) kann durch Bildanalytik der Flächeninhalt der Goldflitter bestimmt werden und eine Abschätzung des Goldgehaltes im trockenen Rohkies bzw. -sand gegeben werden. Diese Annahmen sind wie folgt:

- Alle Partikel sind flach und 15  $\mu\text{m}$  dick (festgelegter Wert, weil schwer messbar).
- Die Dichte für alle Goldpartikel beträgt 18  $\text{g}/\text{cm}^3$  (festgelegter Wert, weil Goldflitter Dichten zwischen 16-19  $\text{g}/\text{cm}^3$  zeigen [Matthes 1993]).

Bildanalyse und Berechnungen wurden von Dr. Uwe Lehmann (LfULG) durchgeführt.

### Goldgehalt in Rohkies-/sandproben

Trotz folgender vereinfachter Annahmen der Goldflittergrößen und -dicken erscheinen die Resultate der Abschätzung (Tabelle 7) von GUTZMER et al. (2010) geologisch durchaus sinnvoll: Alle großen Partikel besitzen einen Durchmesser von 250  $\mu\text{m}$  und sind 30  $\mu\text{m}$  dick; mittlere Partikel sind 125  $\mu\text{m}$  im Durchmesser und 20  $\mu\text{m}$  dick; kleine Partikel sind 50  $\mu\text{m}$  im Durchmesser und 10  $\mu\text{m}$  dick.

Es ist weiterhin interessant, dass die mittels Bildverarbeitung errechneten Goldgehalte im Prinzip ähnlich sind den vorhergehenden Abschätzungen von GUTZMER et al. (2010), welche auf noch einfacheren Annahmen basierten (Tabelle 7). GUTZMER et al. (2010) unterteilten die gefundenen Flitter in nur drei schematische Größenkategorien und entsprechende Flitterdicken, wobei für die Abschätzung dann nur die Anzahl der Flitter in jeder der drei Kategorien zur Verfügung stehen musste. Zwar existieren variable Abweichungen zwischen 3x bis 5x zwischen den mit den verschiedenen Methoden erzielten Resultaten, aber die Größenordnung der Gehalte ist identisch. Weiterhin weichen die Resultate beider Schätzmethode ähnlich weit ab von den absoluten Massen, die für besonders goldreiche Proben über Wägung erzielt wurden (Tabelle 9). Es kann geschlossen

werden, dass die abgeschätzten Goldgehalte durchaus sinnvoll sind, aber nicht in ihrer genauen Größe, sondern nur in ihrer Größenordnung für eine Potenzialanalyse herangezogen werden sollten.

Großproben, aus denen weniger als zehn Goldpartikel ausgelesen wurden, enthalten nach dieser Abschätzung zwischen <0,01 ppb bis 2,72 ppb Au pro Tonne Trockenmasse. Dies ist meist wesentlich weniger als der durchschnittliche Goldgehalt in der kontinentalen Kruste von 3 ppb Au (TAYLOR & MCLENNAN 1995) bzw. 1,3 ppb (WALSHE & CLEVERLEY 2009) und auch wesentlich niedriger als die durchschnittliche Konzentration von Gold in Sandsteinen (DE GRAZIA & HASKIN 1964; TUREKIAN & WEDEPOHL 1961).

In nur sehr wenigen Rohkies- und/oder -sandproben wurde eine wesentlich größere Anzahl von Flittern gefunden, die aufgrund ihrer Größen auch einen erhöhten Goldgehalt bedingen. Diese sind:

- M3 (M3-1u) mit 17 Goldflittern von variabler Größe
- E4 (E4-1) mit einem großen und 109 kleinen Goldflittern
- M1 (M1-1) mit 347 Goldflittern

Die gleichen Annahmen nutzend ergeben sich für diese drei Proben wesentlich erhöhte Goldgehalte im trockenen Rohmaterial.

Demzufolge lassen sich die Rohkies-/sandproben durch ihren Goldgehalt in drei Kategorien, im Vergleich zum Goldgehalt in der Kruste (3 bzw. 1,3 ppb) einteilen:

- (1) deutlich weniger als Krustendurchschnitt:  
G1, GF6, TR1, E3, N1, GF9, M6, GF7, GF5, E2-3o, WE1, GF8, GF1, GF2, GF4, GF10/M7, M4, M5
- (2) ähnlich Krustendurchschnitt:  
N2/GF3 (1,34 ppb), E2-3u (1,12 ppb), E1 (1,17 ppb), M2 (1,08 ppb), E5 (1,13 ppb)
- (3) wesentlich erhöht gegenüber dem Krustendurchschnitt:  
E4 (4,9 ppb), M1 (10,08 ppb), E2-3m (2,72 ppb), M3-1u (6,65 ppb)

Die Lage der relativ goldreichen Standorte lässt sich auf geogenetisch ähnliche Regionen in Sachsen beschränken (Abbildung 13). Zum einen ist hier das Gebiet nördlich und südöstlich von Leipzig zu nennen, in dem sich die Tagebaue M1 und M3 innerhalb neogener Sedimente im Muldental befinden. Der Goldgehalt der Lagerstätte M2 (ebenfalls Sedimente der Mulde) entspricht annähernd dem Krustendurchschnitt. Weiterhin weisen die Lagerstätten E4 und E2 (Mitte) nördlich von Dresden – beides Lokalitäten mit Elbesedimenten unterschiedlichen Alters – erhöhte Goldgehalte auf. E1 und E5 (Elbe-Sedimente) können trotz eines geringeren, aber noch dem Krustendurchschnitt entsprechenden Wertes zu dieser zweiten Gruppe gerechnet werden. Auch in diesem Gebiet sind neogene Ablagerungen anzutreffen.

Das Gebiet der Lausitz ist größtenteils geprägt durch Proben mit geringen Goldgehalten (<1 ppb). Zu nennen sind hier die Lagerstätten E3, N1, GF9, GF5 und GF8. Eine Ausnahme bildet N2/GF3 mit einem Gehalt an Gold im Rohkies von 1,34 ppb. Dies ist, relativ gesehen, ein deutlich erhöhter Wert im Vergleich zu anderen Kies- und Sandlagerstätten in diesem Raum.

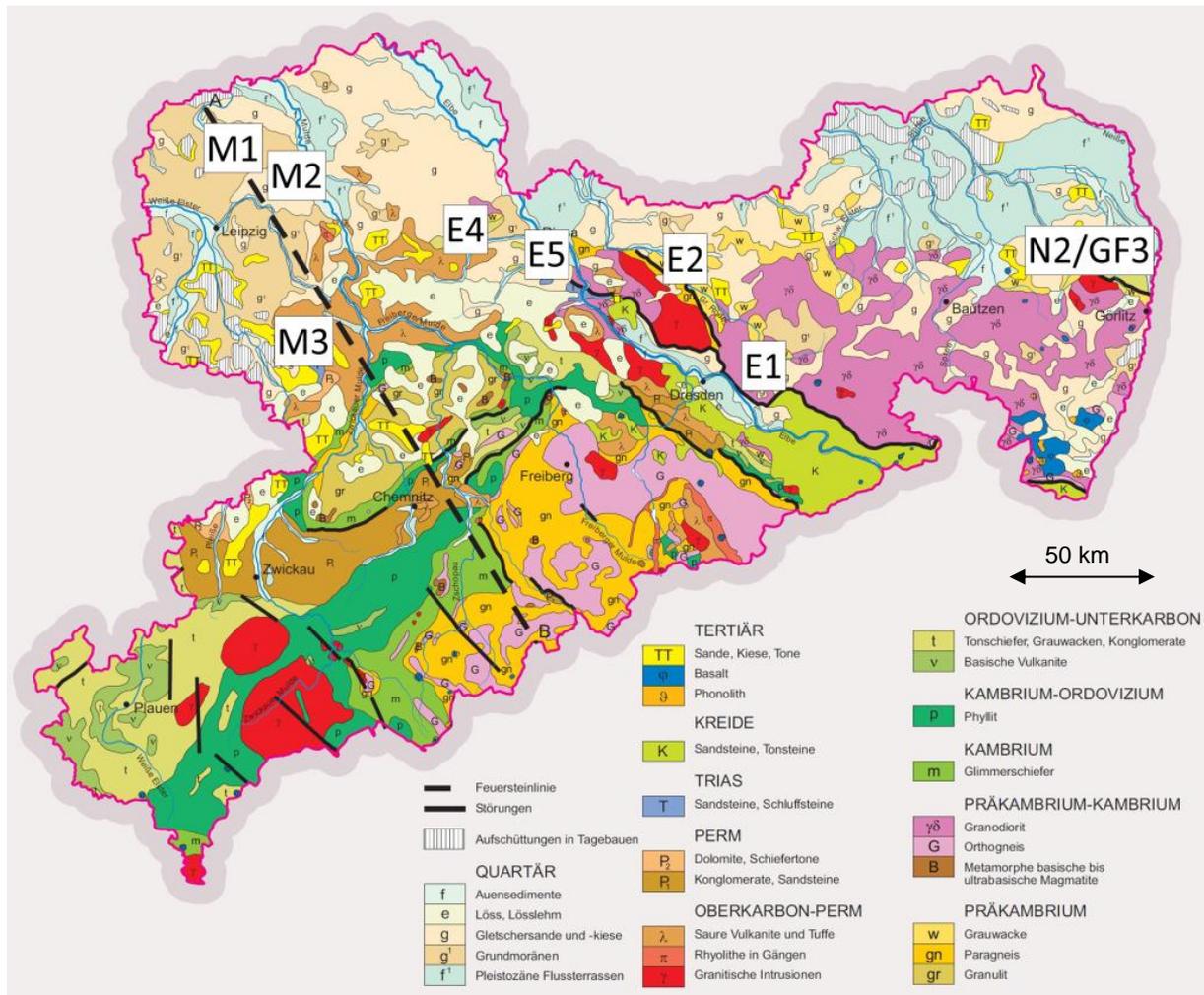


Abbildung 13: Standorte mit erhöhten und durchschnittlichen Goldgehalten in Sachsen (Karte: LfULG)

### Goldführung in Vorkonzentrat

Die Anzahl der Goldflitter in Schwermineralvorkonzentrat, die an geeigneten Stellen der Nassaufbereitung genommen wurden, scheint zum einen vom Goldgehalt im Rohkies und zum anderen von den jeweilig genutzten/beprobten Aufbereitungsmaschinen abzuhängen. So ist es sicherlich keine Überraschung, dass die Vorkonzentrate solcher Lokalitäten, an denen der Goldgehalt im Rohkies erhöht ist (M3 [M3-2], E4 [E4-2] und M1 [M1-2, M1-4]), ebenfalls eine stark erhöhte Anzahl an Goldflittern aufweisen (Tabelle 7 und Tabelle 8). Inwieweit sich Flitter der angereicherten Proben von denen der Großproben in Hinblick auf Größe, Form und auffälligen Merkmalen unterscheiden, zeigt Tabelle 4.

Aber auch in Kies- bzw. Sandgruben, in denen der Goldanteil im Rohkies geringer war, fanden sich in den Vorkonzentrat signifikante Anreicherungen von Goldflittern. Hierfür wäre als Lokalität E1 zu nennen mit einem Goldgehalt im Rohkies von 1,17 ppb. Angereichert wurde besonders die Probe E1-3, die unterhalb des Förderbandes entnommen wurde.

Der Vergleich der Anzahl gefundener Goldflitter in Vorkonzentrat von verschiedenen Aufbereitungsschritten/-maschinen scheint anzudeuten, dass die im Becken von Sandschnecken sich sammelnden Schwermineralvorkonzentrate besonders hoch angereichert sind. Diese Abhängigkeit wird im Vergleich der Proben G1-4, GF2-2, N1-2 und 3 und M8-1 (alle von Sandschnecken) mit anderen Vorkonzentrat deutlich.

**Tabelle 7: Zusammenfassung der Resultate und Ermittlung des Goldgehaltes der Großproben in ausgewählten sächsischen Kies- und Sandlagerstätten durch bildanalytische Auswertung und Abschätzen unter bestimmten Annahmen\***

Probenbezeichnung	Probenmasse trocken (kg)	Flitter Anzahl (groß, mittel, klein) <sup>1</sup>	Masse der Flitter (mg), Bildanalyse <sup>3</sup>	Goldgehalt Rohkies trocken (ppb), Bildanalyse	Masse der Flitter (mg) durch Abschätzen <sup>1</sup>	Goldgehalt Rohkies trocken (ppb), Abschätzen <sup>1</sup>
E1-1	101,5	9, 10, 0	0,119	1,17	0,283	2,79
GF1-1	75,3	0, 0, 5	0,007	0,10	0,002	0,02
E2-3u	16,6	0, 3, 6	0,019	1,12	0,015	0,93
E2-3m	18,8	1, 0, 1	0,051	2,72	0,027	1,43
E2-3o	28,1	0, 0, 3	0,002	0,08	0,001	0,04
G1-5	85,6	2, 1, 0	0,022	0,26	0,057	0,67
GF2-3	64,6	2, 5, 2	0,029	0,45	0,076	1,17
E3-1	94,4	4, 2, 3	0,041	0,44	0,116	1,23
N1-1	88,4	0, 0, 4	0,009	0,11	0,001	0,02
N2/GF3-3	57,2	7, 3, 1	0,077	1,34	0,199	3,48
GF4-1	23,4	0	0,000	0,00	0,000	0,00
GF5-1	64,5	1, 2, 0	0,006	0,09	0,035	0,55
M1-1	83,7	115, 115, 115	0,844	10,08	3,597	42,98
M2-4	91,3	4, 1, 0	0,098	1,08	0,110	1,21
WE1-1	65 <sup>2</sup>	1, 0, 0	0,009	0,14 <sup>2</sup>	0,027	0,42 <sup>2</sup>
M3-1u	29,3	6, 6, 4	0,195	6,65	0,187	6,38
M3-1o	88,3	0	0,000	0,00	0,000	0,00
M4-3	134,2	2, 4, 6	0,043	0,32	0,073	0,54
M5-4	96,0	0, 0, 2	0,002	0,02	0,001	0,01
TR1	100 <sup>2</sup>	0	0,000	0,00	0,000	0,00
GF6-2	80,2	0, 6, 0	0,016	0,20	0,027	0,33
M6-1	92,8	1, 0, 0	0,001	0,01	0,027	0,29
GF7-1	67,2	1, 4, 0	0,023	0,34	0,044	0,66

Probenbezeichnung	Probenmasse trocken (kg)	Flitter Anzahl (groß, mittel, klein) <sup>1</sup>	Masse der Flitter (mg), Bildanalyse <sup>3</sup>	Goldgehalt Rohkies trocken (ppb), Bildanalyse	Masse der Flitter (mg) durch Abschätzen <sup>1</sup>	Goldgehalt Rohkies trocken (ppb), Abschätzen <sup>1</sup>
E4-1	91,0	1, 0, 109	0,446	4,90	0,065	0,71
E5-1	83,3	1, 5, 9	0,094	1,13	0,052	0,62
GF8-3	121,6	2, 0, 0	0,017	0,14	0,053	0,44
GF9-1	93,3	1, 4, 1	0,028	0,3	0,045	0,48
GF10/M7-3	91,5	0, 3, 5	0,048	0,53	0,015	0,16
M8-2	100 <sup>2</sup>	0	0,000	0,00	0,000	0,00

\* Annahmen:

- Alle Partikel sind flach und rund-diskförmig.
- Es werden drei Größenkategorien der Goldpartikel unterschieden: groß, mittel und klein.
- Es wird vereinfachend angenommen, dass alle großen Partikel einen Durchmesser von 250 µm haben und 30 µm dick sind; mittlere Partikel sind 125 µm im Durchmesser und 20 µm dick; kleine Partikel sind 50 µm im Durchmesser und 10 µm dick.
- Die Dichte für alle Goldpartikel ist 18 g/cm<sup>3</sup> (festgelegter Wert, weil Goldflitter Dichten zwischen 16-19 g/cm<sup>3</sup> zeigen (MATTHES 1993).
- Für die Probe M1 wurde die Anzahl der Flitter auf 345 festgesetzt (grobe Zählung 1/3 der Probe) und gleichmäßig verteilt auf große, mittlere und kleine Flitter.

<sup>1</sup> gegenüber GUTZMER et al. (2010) teilweise nachkorrigiert

<sup>2</sup> Angaben geschätzt

<sup>3</sup> berechnet mit einer angenommenen Dichte für Gold von 18 g/cm<sup>3</sup>

**Tabelle 8: Zusammenfassung der Resultate der durch Aufbereitungsschritte in den Kies- und Sandlagerstätten angereicherten Proben**

Proben-Bezeichnung	Flitter (Zahl)	ausgelesene Teilprobe	Masse der Flitter (mg)	Probenmasse (kg) <sup>3</sup>	Goldkonzentration (ppb)
E1-2	31	1/4	0,356	20	71,14
E1-3	132	1/8	2,252	20	901,15
E1-4	51	1	0,070	20	3,50
E1-5	55	1/4	0,393	8	196,61
E1-6	6	1	0,007	20	0,36
E2-X	0	1	0,000	<sup>4</sup>	
E2-II	1	1	0,006	<sup>4</sup>	
E2-1	2	1/8	0,019	10	14,91
E2-2	14	1/8	0,111	20	44,40
G1-1	2	1/8	0,002	20	0,26
G1-2	16	1	0,034	15	2,26
G1-3	3	1/32	0,005	15	11,66
G1-4	97	1/32	0,193	20	309,10
GF2-1	26	1	0,063	15	4,17
GF2-2	552	1/8	1,621	15	864,62
N1-2	337	1/32	1,063	15	2268,62
N1-3	185	1/4	1,060	20	211,91
N2/GF3-1	6	1/8	0,013	13	8,00
N2/GF3-2	28	1/32	0,049	13	119,69
GF4-2	27	1	<sup>1</sup>	5	
GF5-2	2	1	<sup>2</sup>	20	
GF5-32	416	1/64	2,133	5	27312,43
GF5-31	98	1	0,489	40	12,23
M1-2	295	1/64	1,617	13	7960,54
M1-3	5	3/4	0,013	13	1,35
M1-4	369	1/64	1,289	10	8251,67
M1-6	22	1/8	0,156	20	62,47
M2-1	234	1	1,432	15	95,49
M2-2	147	1	0,79	15	52,65
M2-3	18	1	0,043	20	2,16
M3-2	150	1/32	1,44	15	3062,40
M3-3	0	-	-	20	0,00
M4-1	10	1/8	0,02	15	10,87
M4-2	4	1/8	0,004	15	1,91
M4-4	8	1/8	0,032	20	12,76
M5-1	13	1/32	0,071	30	75,52
M5-2	2	1/4	0,01	3	12,88
M5-3	5	1/64	0,04	20	130,07
GF6-1	6	1	0,02	10	2,00
GF6-3	2	1/4	0,01	20	2,02
M6-2	2	1/8	0,021	0,5	329,68

Proben-Bezeichnung	Flitter (Zahl)	ausgelesene Teilprobe	Masse der Flitter (mg)	Probenmasse (kg) <sup>3</sup>	Goldkonzentration (ppb)
M6-3	97	1/64	0,527	20	1686,56
M6-4	8	1/32	0,032	20	51,71
GF7-2	66	1/32	0,133	60	71,18
GF7-3	43	1/32	0,107	20	171,27
E4-2	321	1/8	2,403	26	739,42
E5-2	287	1/64	2,035	5	26054,37
E5-3	4	1/8	0,012	20	4,66
GF8-1	1	1/32	0,003	10	8,19
GF8-2	9	1/32	0,033	40	26,74
GF9-2	4	1	0,010	15	0,68
GF9-3	2	1/4	0,008	5	6,42
GF10/M7-1	46	1/8	0,234	35	53,45
GF10/M7-2	32	1/32	0,31	20	496,59
M8-1	48	1/64	0,124	30	265,24

<sup>1</sup> bearbeitet in RICHTER (2011), keine bildanalytische Auswertung

<sup>2</sup> keine bildanalytische Auswertung

<sup>3</sup> Werte geschätzt

<sup>4</sup> unbekannt

**Tabelle 9: Vergleich der Bestimmung der Goldmassen einiger angereicherten Proben durch die Methoden Bildanalyse und Waage**

Proben-Bezeichnung	Flitter (Zahl)	ausgelesene Teilprobe	Masse der Flitter (mg) Bildanalyse	Masse der Flitter (mg) Waage <sup>1</sup>
E1-3	132	1/8	2,252	4,1
GF2-2	552	1/8	1,621	2,2
GF5-32	416	1/64	2,133	2,6
M1-4	369	1/64	1,289	1,7
M2-1	234	1	1,432	2,2
M3-2	150	1/32	1,435	2
E4-2	321	1/8	2,403	6
E5-2	287	1/64	2,035	2,9

<sup>1</sup> Mettler Toledo, AB204 (d=0,1mg), Sedimentlabor, Humboldt-Bau

# 8 Schlussfolgerung

Die 29 untersuchten Großproben (je ca. 50-100 kg Trockenmasse) aus sächsischen Kies- und Sandlagerstätten zeichnen ein sehr differenziertes Bild ihrer Goldführung. Die sorgfältige Aufkonzentrierung und manuelle Auslese von Goldpartikeln resultiert in den meisten Großproben in der Identifikation von wenigen Partikeln variabler Form und Größe; in wenigen Proben wurden überhaupt keine Goldpartikel gefunden, während einige eine außergewöhnlich große Anzahl von Goldpartikeln enthalten.

Unter gewissen generalisierenden Annahmen kann die Anzahl und kategorisierte Größenverteilung der Partikel in Goldkonzentrationen im Rohmaterial umgerechnet werden. Eine solche Abschätzung indiziert für die meisten der untersuchten Großproben Goldgehalte, welche wesentlich unter der durchschnittlichen Zusammensetzung der kontinentalen Kruste (3 bzw. 1,3 ppb Au) und durchschnittlichen Sandsteinen ist. Hierfür werden die folgenden Erklärungen angeführt: (i) ein Großteil der Goldpartikel ist so klein, dass sie bei der mechanischen Aufbereitung nicht aufkonzentriert werden können; (ii) das chemische Element Gold liegt nicht ausschließlich als Partikel von gediegen Gold vor, sondern auch substituiert in das Gitter oder sorbiert an die Oberfläche anderer Minerale; (iii) aus geologischen Gründen fand nur eine unterdurchschnittliche Akkumulation von Gold in den Kiessand-Sedimenten statt; (iiii) aufgrund des Nugget-Effektes wurden relativ goldarme Bereiche beprobt. Es ist bei der jetzigen Datenlage nicht möglich, zwischen diesen Möglichkeiten zu entscheiden.

Für nur eine der untersuchten Großproben ist eine signifikante Anreicherung von Au über die durchschnittliche Zusammensetzung der kontinentalen Kruste zu beobachten. Dies ist eine Großprobe aus der Lagerstätte M1 (10,08 ppb Au für M1-1). Allerdings ist diese Abschätzung für diese und auch andere Großproben noch mit Unsicherheiten behaftet. Mögliche Fehlerquellen sind (i) generalisierte Annahme der Dicke der Goldfitter bei der Auswertung und Berechnung der Masse mit Hilfe bildanalytischer Methoden, (ii) die Probe ist nicht repräsentativ für die Lagerstätte M1 (Nugget Effekt bei der Großprobenahme).

Weil durch den oben genannten Nugget Effekt die erzielten Resultate sehr stark beeinflusst worden sein könnten, wird insbesondere bei solchen Lagerstätten, für die in dieser Studie eine überdurchschnittliche Anreicherung von Au gefunden wurde (M3, E4, M1), empfohlen, weitere Großproben an anderen Stellen der Lagerstätte zu entnehmen und aufzubereiten. Nur mit einem solchen Vorgehen kann die Möglichkeit einer nur sehr lokalen Anreicherung bewertet werden.

Eine mögliche Gewinnbarkeit des Goldes in Kies- und Sandlagerstätten hängt zum einen vom Goldgehalt im Rohkies, zum anderen von der Anreicherung im Laufe der Aufbereitung im Tagebaubetrieb ab. Entscheidenden Einfluss auf eine relativ einfache Gewinnung haben Korngröße und Kornform der Goldfitter. Demnach ist es technologisch einfacher, relativ große Goldpartikel (>200 µm) bzw. solche mit gleicher Korngröße zu fördern. Dadurch könnten auch Lokalitäten für eine Gewinnung in Betrachtung gezogen werden, in denen zwar der Goldgehalt im Rohkies unter dem Durchschnitt der kontinentalen Kruste liegt, jedoch Goldfitter von relativ großer oder gleicher Korngröße auftreten. An dieser Stelle wären (1) einige Proben zu nennen, in denen große Goldfitter vorkommen und (2) Konzentrate, welche gleiche Korngrößen zeigen:

- (1) E1-1, M3-1u, E4-2, M1-2, M1-4, M1-6, GF7-3, GF5-32, E2-2, E1-2, E1-3, E1-5, M3-2, M2-1, M2-2, M2-3, GF10/M7-1, GF10/M7-2, E5-2
- (2) N1-2, N1-3, M6-1, M6-2, M6-3, M6-4, E4-2, M8-1, M1-4, GF2-2, M3-2, E5-2, M5-3

Einige Proben erscheinen bei (1) und (2), weil diese den Anforderungen der Größe und der Homogenität entsprechen.

Auch Form und Korngestalt spielen in den Aufbereitungsschritten eine entscheidende Rolle. Es kommen Unterschiede zwischen Großproben und Konzentraten der gleichen Lokalität in Bezug auf Form und Größe vor, hier wären als Beispiele die Proben aus M1 anzubringen. Die Großprobe M1-1 enthält Flitter aller Größen im Gegensatz zu den Goldpartikeln der Konzentrate M1-2 und M1-4, welche in einer Größenkategorie liegen. Hinzu kommen plattige und kugelige Korngestalten. Dies könnte eine Gewinnung aller theoretisch förderbaren Goldpartikel erschweren. Beispielsweise indem die Gewinnung auf große, plattige Goldflitter ausgelegt ist, und kleinere, kugelige Partikel so verloren gehen würden.

Zum Vergleich der Flitter der Großproben zu den der Konzentrate sind alle Proben unter anderem unter den Aspekten Größe/Verteilung und Form/Gestalt in Tabelle 4 zusammengefasst.

Die Abhängigkeit der Anreicherung von Goldpartikeln während bestimmter Aufbereitungsschritte des Rohmaterials zeigt sich in den Konzentraten G1-4, GF2-2, N1-2 und 3 und M8-1. Diese angereicherten Proben wurden innerhalb oder direkt unter Sandschnecken (Tabelle 1) im Tagebau entnommen. Genannte Proben, bis auf G1-4, sind unter Punkt (2) aufgeführt, demnach erscheint die Sandschnecke als gute Möglichkeit für eine Anreicherung vieler und größtmäßig gleicher Goldflitter.

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass sich die Ergebnisse und Resultate dieser Studie auf gezielt entnommene Proben in den 26 aktiven Sand- und Kieslagerstätten beziehen. Um repräsentativere Aussagen zu erhalten, sollten goldreiche Standorte weiter beprobt und untersucht werden, um eine gleichmäßige Verteilung des Goldgehaltes zu bestätigen und den Nugget-Effekt ausschließen zu können. Weiterhin könnten systematischere Untersuchungen der Goldgehalte an bestimmten Standorten der Nassaufbereitung verlässliche Ergebnisse im Hinblick auf die beste Anreicherung bringen. Je nach Standort und Aufbereitung sollten für die Goldgewinnung einfache Technologien zur Aufkonzentrierung entwickelt und/oder optimiert werden.

# Referenzen

- DEGRAZIA, A. R.; HASKIN, L. (1964): On the gold content of rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 28, 559-564.
- GRANT A. H. et al. (1991): The morphology and chemistry of transported gold grains as an exploration tool. *J. Geochim. Expl.* 40:73-94
- GUTZMER et al. (2010): Gold in sächsischen Kies- und Sandlagerstätten. Zwischenbericht. TU Bergakademie Freiberg.
- JONES, M. P. (1997): *Methoden der Mineralogie*. Ferdinand Enke Verlag, 133-136.
- MARFUNIN, A. S. (1995): *Methods and Instrumentations: Results and Recent Developments*. Springer-Verlag, 273-275.
- MATTHES, S. (1993): *Mineralogie. Eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenlehre*. Springer-Verlag. 4. Auflage
- RICHTER, L. (2011): *Morphologische und mineralchemische Untersuchungen an Goldflittern sächsischer Sedimente in Hinblick auf Transport und Ablagerung*. Unveröffentlichte Bachelorarbeit. TU Bergakademie Freiberg.
- RÖSLER, H. J. (1991): *Lehrbuch der Mineralogie*. Spektrum Akademischer Verlag; Auflage: 5.
- TAYLOR, S. R.; MCLENNAN, S. M. (1995): The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of Geophysics*, 33, 241-265.
- TUREKIAN, K. K.; WEDEPOHL, K. H. (1961): Distribution of the elements in some major units of the Earth's Crust. *Bulletin Geological Society of America*, 72, 175.
- WALSHE, J. L. & CLEVERLEY, J. S. (2009): Gold Deposits: Where, When and Why. *Elements*, Volume 5, p. 288.
- WIERCHOWIEC, J. (2007): Placer gold and other economic minerals from the remnants of palaeofan deposits in the foreland of the East Sudetes, Poland. *Acta Geologica Polonica*, Vol. 57.4:523-537.

Gegenüber dem Originalbericht der TU BAF (Stand: Oktober 2012) wurde diese Fassung zum Schutz von Betriebs- und Geschäftsgeheimnissen durch das LfULG anonymisiert und teilweise verändert (Stand: Juni 2013).

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden  
Telefon: +49 351 2612-0  
Telefax: +49 351 2612-1099  
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de  
www.smul.sachsen.de/lfulg

**Autoren:**

Jens Gutzmer, Lisa Richter, Sebastian Hennig, Tobias Petermann  
Professur für Lagerstättenforschung und Petrologie, Institut für Mineralogie,  
TU Bergakademie Freiberg  
Brennhausgasse 14, 09599 Freiberg  
Telefon (Sekretariat): +49 3731 39-2662  
E-Mail: j.gutzmer@hzdr.de

Dr. Uwe Lehmann  
LfULG, Abteilung Geologie/Referat Rohstoffgeologie

**Redaktion:**

Dr. Uwe Lehmann  
LfULG, Abteilung Geologie/Referat Rohstoffgeologie  
Halsbrücker Str. 31a, 09599 Freiberg  
Telefon: +49 3731 294-1400  
Telefax: +49 3731 294-1099  
E-Mail: uwe.lehmann2@smul.sachsen.de

**Fotos:**

TU Bergakademie Freiberg

**Redaktionsschluss:**

27.06.2013

**ISSN:**

1867-2868

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.