

## Laborvergleich EDX 2010 (LV10)

Editor  Martin Bühner (Laborleiter REM/EDX)	Geprüft/Freigegeben  Dr. Andreas Schäfer (Geschäftsführer)
--	---

**nano**Analytics

Heisenbergstraße 11  
48149 Münster

fon: 0251.53406.300  
fax: 0251.53406.310

info@nanoanalytics.de  
www.nanoanalytics.de



Wir sind ein nach DIN EN ISO/IEC 17025 für die in der Akkreditierungsurkunde benannten Verfahren akkreditiertes Prüflabor. Unser QM-System entspricht den Anforderungen der ISO 9001. Die Analysemethoden REM/EDX, XPS, Lichtmikroskopie, AFM und Profilometrie werden direkt in unseren Labors durchgeführt. Andere Verfahren vergeben wir im Unterauftrag an qualifizierte Unternehmen.

## Inhaltsverzeichnis

Laborvergleich EDX 2010 (LV10).....	1
Inhaltsverzeichnis.....	2
Zielsetzung .....	3
Zusammenfassung .....	3
Probenmaterial und Präparation.....	3
Aufgabe .....	3
Darstellung der wichtigsten Ergebnisse .....	4
Vergleich mit Referenzwerten .....	5
Die „wahre“ Zusammensetzung .....	5
Kommentare / Diskussion .....	6
Abhängigkeiten von Mess- und Auswerteparametern .....	6
Anmerkungen der Teilnehmer.....	6
Mögliche Ursachen für die großen Schwankungen der EDX-Ergebnisse.....	7
Homogenität.....	7
Topographie .....	7
Anhang.....	9
Reale Proben .....	9
Filterung der EDX-Ergebnisse nach Kategorien .....	9
Technologie .....	11
Beschleunigungsspannung .....	12
Linienserie .....	14
Hersteller.....	15
Teilnehmer in alphabetischer Reihenfolge (inkl. Referenzlabors) .....	18
Vergleichbarkeit .....	18
Schlussbemerkung – Ende der Ergebnisdarstellung.....	

## Zielsetzung

Dieser Laborvergleich soll den Teilnehmern ermöglichen, die Ergebnisse ihrer EDX-Systeme miteinander zu vergleichen. Hauptsächlich geht es dabei um die quantitativen Werte einer bekanntermaßen aus Gold, Silber und Kupfer zusammengesetzten Probe.

## Zusammenfassung

Das untersuchte System mit ‚nur‘ drei Elementen, wovon das geringstkonzentrierte mit rund 10% vorhanden ist, erscheint als eine einfach lösbare Aufgabe. Umso mehr verwundert die große Schwankung der Einzelergebnisse. Der Mittelwert scheint aber ein gelungenes Beispiel für die „Intelligenz der Masse“<sup>1</sup> zu sein, da er sehr dicht bei der ‚Wahrheit‘ liegt.

## Probenmaterial und Präparation

Die an die Teilnehmer verschickten Proben stammen sämtlich von *einem* Draht mit 2 mm Durchmesser, der laut Herstellerangaben die folgende „nominelle Zusammensetzung“ hat:

62,5% Gold                      27,0% Kupfer                      10,5% Silber

Das Drahtende wurde zunächst manuell senkrecht auf 2500er-Siliziumcarbid-Schleifpapier angeschliffen. Diese Fläche stellt die spätere Analysefläche dar. Hiernach wurde eine Scheibe mit einer Dicke von ca. 1 mm abgesägt, wobei der letzte Rest abgebrochen wurde, damit die Probe nicht herunterfällt. Dieser Grat sorgt in den meisten Fällen dafür, dass die Probe nicht planparallel liegen kann (s. Abbildung 3 auf Seite 9), was zusammen mit der Restrauhigkeit der Analysefläche die Probe zu einer *realen* – eben nicht zu einer *idealen* – Probe macht.

Mit der neu entstandenen Sägefläche begann die Prozedur auf dem Schleifpapier wieder von vorne, bis aus einem ungefähr 5 cm langen Teilstück des Drahtes genügend Proben für alle Teilnehmer entstanden waren.

## Aufgabe

Die Teilnehmer kannten zum Zeitpunkt der Analysen die Sollzusammensetzung der Probe nicht sondern wussten lediglich, dass Gold, Silber und Kupfer die Hauptbestandteile sind. Sie sollten bei freier Wahl der Messparameter (z. B. Beschleunigungsspannung, Messzeit, Größe der Analysefläche) quantitative Angaben zu diesen drei Hauptelementen liefern.

Wenn weitere Elemente mit Sicherheit nachgewiesen wurden, konnten diese ebenso genannt werden wie das Ergebnis einer vollständig automatischen Auswertung. Ergänzend wurden der Hersteller und die Technologie des EDX-Systems, die verwendete Beschleunigungsspannung und die zur Quantifizierung genutzten Linienserien erfragt.

Ein und dieselbe Probe konnte auch mit mehreren Geräten in einem Labor untersucht werden. Die Ergebnisse werden jeweils unter einer eigenen Teilnehmernummer aufgeführt.

---

<sup>1</sup> Francis Galton ‚entdeckte‘ die erstaunliche Richtigkeit des Mittelwertes vieler einzelner „Schätzungen“ im Jahre 1906. (Francis Galton, Vox populi, Nature No. 1945, Vol. 75) [http://galton.org/cgi-bin/searchImages/galton/search/essays/pages/galton-1907-vox-populi\\_1.htm](http://galton.org/cgi-bin/searchImages/galton/search/essays/pages/galton-1907-vox-populi_1.htm)

## Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

Tabelle 1 - Gesamtdaten aller EDX-Teilnehmer<sup>2</sup> für die drei Hauptelemente

	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>	<b>Technologie</b>	<b>kV</b>	<b>Serien</b>
LV10-00	28,1	9,1	62,8	Si(Li)	20; 30	KLM, KLL, LLL, LLM
LV10-01	32,2	6,5	61,3	Si(Li)	20	KLL
LV10-02	24,8	10,0	65,2	Si(Li)	10; 25	KLM, KLL, LLL, LLM
LV10-04	26,6	9,9	63,5	Si(Li)	25	KLM, KLL, LLL, LLM
LV10-05	26,1	9,7	64,3	SDD	20	
LV10-06	24,1	9,6	66,3	Si(Li)	20	KLM
LV10-07	24,7	9,5	65,8	Si(Li)	20	KLL
LV10-08	25,9	9,7	64,4	SDD	20	KLL
LV10-09	28,0	10,1	61,9	Si(Li)	15	
LV10-10	33,0	9,0	58,0	SDD	15	KLM
LV10-11	32,3	8,1	59,6	SDD	20	KLM
LV10-12	30,0	8,3	61,7	SDD	25	KLM
LV10-13	26,4	11,1	62,5	SDD	25	KLL
LV10-14	22,9	10,5	66,6	Si(Li)	20	KLM
LV10-15	28,7	10,0	61,3	Si(Li)	20	KLM
LV10-16	27,8	9,3	62,9	Si(Li)	20	KLM
LV10-17	27,2	9,1	63,7	Si(Li)	20	KLM
LV10-18	27,4	8,8	63,8	Si(Li)	15; 20; 30	KLM, KLL
LV10-19	28,9	9,6	61,4	SDD	20	KLM
LV10-20	25,2	9,6	65,1	Si(Li)	20; 30	KLM, KLL
LV10-21	25,4	10,4	64,2	Si(Li)	20	KLM, KLL
LV10-22	24,6	12,0	63,4	Si(Li)	20	KLM
LV10-23	26,6	11,9	61,5	Si(Li)	20	KLM
LV10-24	27,5	10,0	62,5	SDD	20	KLL
LV10-25	27,7	10,9	61,4	SDD	30	KLL
LV10-26	24,5	11,6	63,9	Si(Li)	15	KLM
LV10-28	27,3	10,2	62,5	Si(Li)	20	KLM
LV10-29	28,0	10,6	61,4	SDD	20	KLL
LV10-30	26,4	9,3	64,2	Si(Li)	25	KLL
LV10-31	26,0	9,5	64,5	Si(Li)	25	KLL
LV10-32	26,1	9,6	64,3	Si(Li)	20	KLM
LV10-33	29,4	10,1	60,5	SDD	20	KLM
LV10-34	23,7	10,3	66,0	SDD	20	KLM
LV10-35	24,9	10,0	65,0	SDD	20	KLM
LV10-36	24,8	12,2	63,1	Si(Li)	20	KLM
LV10-37	21,9	11,5	66,6	SDD	15	KLM
LV10-38	25,6	6,8	67,7	Si(Li)	20	KLL
LV10-39	24,6	10,6	64,8	Si(Li)	20	KLL
LV10-40	28,3	9,5	62,2	SDD	20	KLM
LV10-41	25,7	10,0	64,3	Si(Li)	20	KLM
LV10-42	25,3	9,7	65,0	Si(Li)	20	KLM
LV10-43	27,5	9,9	62,6	Si(Li)	20	KLM
LV10-45	24,6	9,6	65,7	Si(Li)	20	KLM
LV10-46	26,8	10,2	63,0	Si(Li)	20	KLM
LV10-47	26,6	10,1	63,3	Si(Li)	20	KLM
LV10-48	25,6	10,0	64,4	Si(Li)	20	KLM
LV10-49	25,3	11,5	63,2	Si(Li)	20	KLM
LV10-50	30,4	11,8	57,8	SDD	20	KLM
LV10-51	25,9	11,0	63,1	SDD	25	KLM
LV10-52	23,4	10,4	66,2	Si(Li)	20	KLM

<sup>2</sup> Falls erforderlich wurde der Mittelwert aus mehreren genannten Ergebnissen gebildet, die Summe der drei Elemente (Cu, Ag und Au) auf 100% normiert und auf eine Nachkommastelle gerundet.

Aus den Werten der Tabelle 1 folgen rein statistisch die Angaben in Tabelle 2.

Tabelle 2 - Statistische Auswertung<sup>3</sup> der Gesamtdaten aus Tabelle 1

EDX gesamt			
50 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Maximum	33,0	12,2	67,7
Mittelwert	26,6	10,0	63,4
Minimum	21,9	6,5	57,8
Standardabw.	2,3	1,1	2,1
Vergleichbarkeit	6,9	3,3	6,0

### Vergleich mit Referenzwerten

Es liegen insgesamt sechs Ergebnisse vor, die nicht mit EDX-Systemen erlangt wurden. Im Einzelnen sind das

- $\mu$ RFA (Si(Li)-Detektor, Anregung mit Röntgenstrahlung)
- RFA (zwei unabhängige Messungen mit SDD-Detektoren)
- WDX an Mikrosonden (zwei unabhängige Messungen)
- ICP-OES (Nasschemische Volumenanalytik an drei Proben)

Tabelle 3 - RFA-Ergebnisse

RFA			
2 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Maximum	27,4	10,7	63,1
Mittelwert	27,0	10,5	62,5
Minimum	26,7	10,2	61,9
Standardabw.	0,5	0,4	0,9
Vergleichbarkeit	6,6	3,8	5,9

Tabelle 4 - WDX-Ergebnisse

WDX			
2 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Maximum	26,4	11,5	63,2
Mittelwert	26,2	11,1	62,6
Minimum	26,0	10,8	62,1
Standardabw.	0,3	0,5	0,8
Vergleichbarkeit	6,6	3,8	5,9

Tabelle 5 -  $\mu$ RFA-Ergebnis

$\mu$ RFA			
1 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
	26,5	14,4	59,1

Tabelle 6 - ICP-OES-Ergebnis

ICP-OES			
1 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
	27,3	9,1	63,5

### Die „wahre“ Zusammensetzung

Die Frage nach der „wahren“ Zusammensetzung lässt sich wahrscheinlich am ehesten durch die gleichgewichteten Mittelwerte aus ‚EDX‘, ‚WDX‘, ‚RFA‘, ‚ICP‘ und ‚nomineller Zusammensetzung‘ abschätzen. Daraus ergibt sich:

(62,9±0,5)% Gold	(26,8±0,4)% Kupfer	(10,2±0,7)% Silber
------------------	--------------------	--------------------

<sup>3</sup> Die Vergleichbarkeit besagt, wie weit zwei Messergebnisse aus verschiedenen Labors bei einem Konfidenzniveau von 95% maximal auseinanderliegen. Zur mathematischen Berechnung der Vergleichbarkeit siehe Seite 19.

## Kommentare / Diskussion

### Abhängigkeiten von Mess- und Auswerteparametern

Vor allem die Wahl der Beschleunigungsspannung zeigt eine beachtliche Veränderung in der Genauigkeit der EDX-Ergebnisse. Die Streuung der Einzelergebnisse wird mit zunehmender Beschleunigungsspannung immer geringer (s. S. 12ff). Eine mögliche Erklärung hierfür liegt darin, dass die Röntgenstrahlung bei höherer Beschleunigungsspannung in größerer Tiefe entsteht und ihr Weg durch die Probe zum Detektor länger wird. Hierdurch fallen Änderungen der Wegstrecke durch die raue Oberflächentopographie weniger stark ins Gewicht.

Generell weisen die Ergebnisse von Teilnehmern, die bereits eine ‚eigene Mittelwertbildung‘ aufgrund mehrerer Messungen mit verschiedenen Beschleunigungsspannungen und/oder der Auswertung mehrerer Linienserien durchgeführt haben, eine deutlich geringen Streuung auf und liegen recht dicht bei der ‚wahren‘ Zusammensetzung. Dies ist ersichtlich aus Tabelle 12 und der zugehörigen Abbildung 10 auf Seite 13 sowie aus Tabelle 16 und der zugehörigen Abbildung 14 auf Seite 14.

### Anmerkungen der Teilnehmer

Einige Teilnehmer detektierten weitere Elemente. Zumeist waren dies Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Silizium.

Die vollständig automatische Verarbeitung der EDX-Spektren gab bei wenigen Teilnehmern auch Elemente wie Rubidium, Palladium, Tantal, Brom, Aluminium, Vanadium, Nickel, Niob, Uran, Osmium und Eisen an.

Die ICP-OES-Analyse erbrachte neben den drei Hauptelementen für Eisen (0,003%) und Zink (0,005%) quantitative Werte und konnte Spuren von Aluminium, Barium, Calcium, Cadmium, Iridium(?), Magnesium, Mangan, Natrium, Nickel, Palladium(?), Strontium, Titan, Zinn und Zirkon nachweisen, die jedoch so gering konzentriert sind, dass eine Quantifizierung ohne weiteres nicht möglich ist.

Mittels WDX an der Mikrosonde wurden 0,007% Silizium nachgewiesen.

Einzelne EDX-Teilnehmer erbrachten auch den Beweis, dass sich Reste vom Schleifmittel Siliziumcarbid auf den Proben finden lassen.

Auch die Problematik der *realen* anstelle der *idealen* Probe wurde von einigen Teilnehmern thematisiert. Vereinzelt wurde deshalb die Probe vor der Analyse sogar eingebettet und poliert. Da allerdings die Zahl der Teilnehmer, die diese Zusatzpräparation durchführten, sehr gering ist, sei nur kurz ohne statistische Absicherung erwähnt, dass das Ergebnis zu denjenigen gehört, die nahe an der ‚Wahrheit‘ liegen.

## Mögliche Ursachen für die großen Schwankungen der EDX-Ergebnisse

### *Homogenität*

Aus Sicht dieses Laborvergleichs wären Änderungen der Zusammensetzung auf zwei Längenskalen relevant. Einerseits eher makroskopisch im Bereich von Millimetern, so dass jede Probe eine andere Zusammensetzung haben könnte, andererseits eher mikroskopisch im Bereich einiger Mikrometer, so dass die Messergebnisse eines einzelnen Teilnehmers von der Messposition abhängen würden.

Für die *mikroskopische Homogenität* spricht die bereits 1912 veröffentlichte Untersuchungsreihe von Prof. Dr. Ernst Jänecke (Die Legierungen von Gold, Silber, Kupfer; Zeitschrift für angewandte Chemie, XXV. Jahrgang, Heft 19; 12. Mai 1912, Seite 935 - 938), in der er schreibt:

„[...] muß es auch ein Gebiet geben, in dem alle drei Metalle zu einheitlichen Mischkrystallen zusammenkrystallisieren.“

Die hier verwendete Legierung liegt deutlich in diesem Gebiet der einheitlichen Mischkristalle.

Für die *makroskopische Homogenität* spricht, dass

- die drei für die ICP-Analyse aufgelösten Proben im Rahmen der Messgenauigkeit gleiche Ergebnisse ergaben,
- die weiteren Referenzanalysen wie WDX und RFA, die alle an getrennten Proben stattfanden, nur geringe Abweichungen voneinander haben und
- die EDX-Ergebnisse vielmehr von den Parametern Software, Beschleunigungsspannung und ausgewerteter Linienserie abhängen als von der Probennummer.

### *Topographie*

Unter dem Begriff Topographie sei an dieser Stelle sowohl die Rauheit der Probenoberfläche als auch deren Kippwinkel gegenüber dem einfallenden Elektronenstrahl verstanden. Beides dürfte bei den untersuchten Proben der für eine Quantifizierung klassischen Grundvoraussetzung einer ebenen und senkrecht beschossenen Probe nicht entsprochen haben.

Wie stark der Einfluss der Probenkipfung ist, verdeutlichen die folgenden Diagramme. Sie beruhen auf für diesen Laborvergleich real gemessenen Linescans, wobei die Richtung der Linie zum EDX-Detektor zeigte und quer über den senkrecht dazu liegenden Draht verlief. Dadurch ergaben sich lokale „Kippwinkel“ der Probe von +90° (dem Detektor zugewandt) bis -90° (vom Detektor abgewandt). Dargestellt ist die Bruttointensität (Bremsstrahlung plus charakteristische Strahlung) bei einem Abnahmewinkel von ca. 30° gegen den Kippwinkel für die zwei am häufigsten verwendeten Fälle

- 20 kV, KLM (Cu, Ag, Au)
- 20 kV, KLL (Cu, Ag, Au)

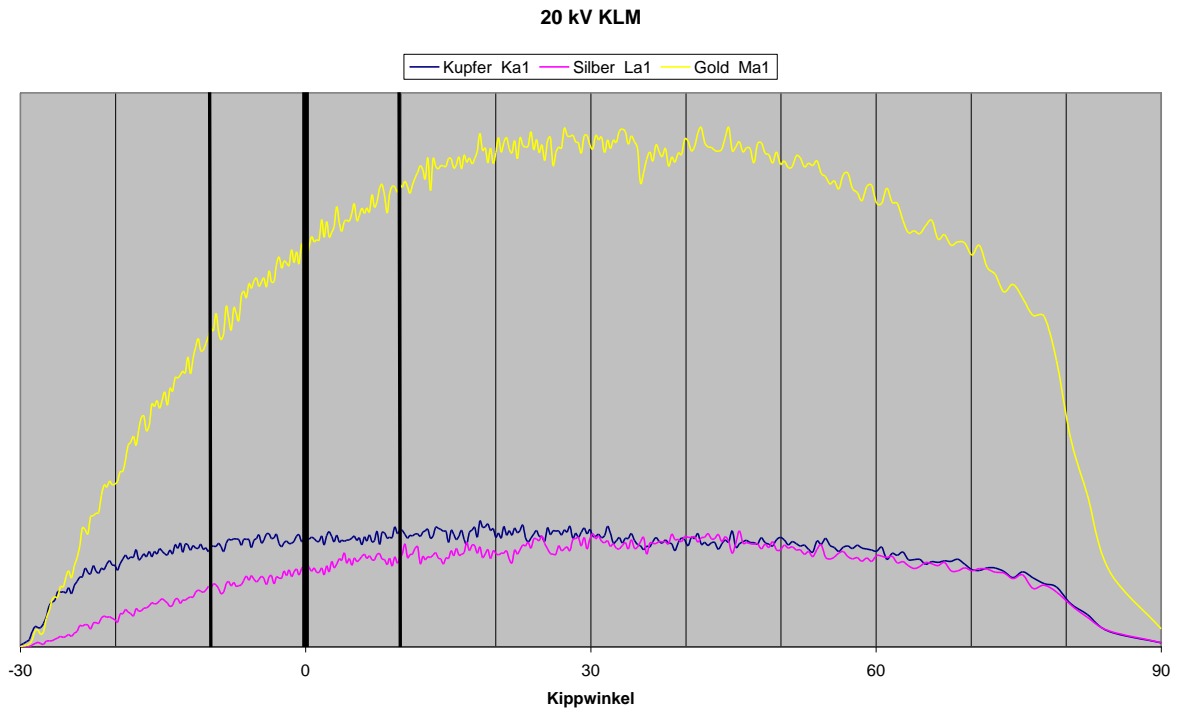


Abbildung 1 - Einfluss des Kippwinkels der Probe auf die Brutto-Peakintensitäten bei 20 kV und KLM

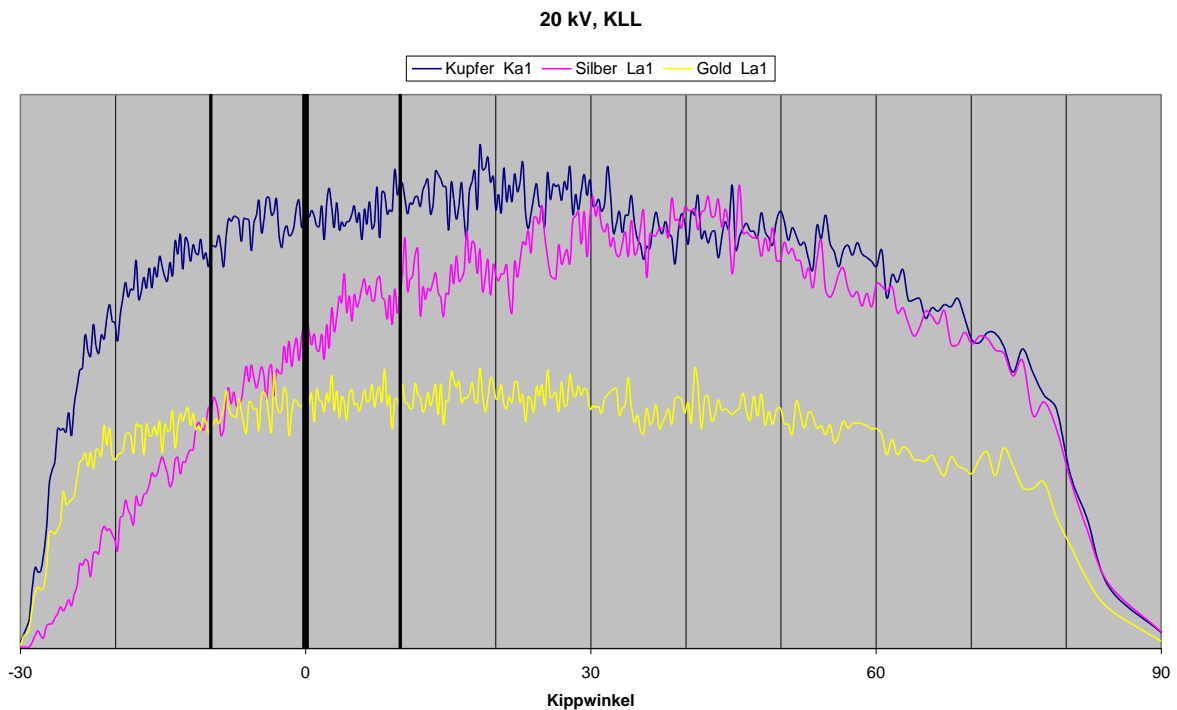


Abbildung 2 - Einfluss des Kippwinkels der Probe auf die Brutto-Peakintensitäten bei 20 kV und KLL

Bereits Verkippungen der Probenoberfläche um  $\pm 10^\circ$ , die durch den rückseitigen Grat schnell entstehen können, bewirken bereits massive Änderungen der Intensitätsverhältnisse, die von der Auswertesoftware im Idealfall berücksichtigt und korrigiert werden.



## Anhang

### Reale Proben

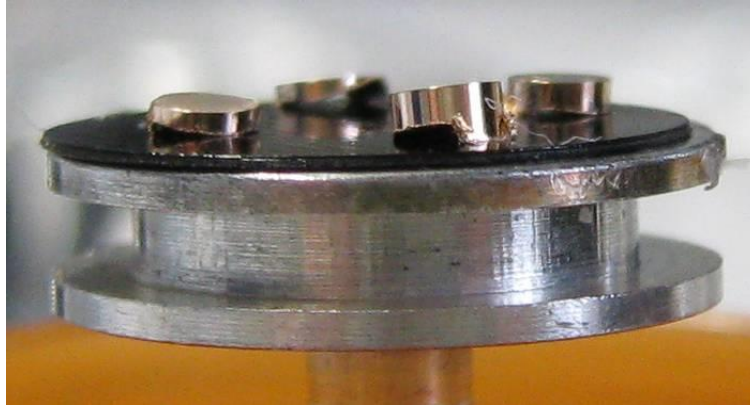


Abbildung 3 - vier beispielhafte Proben

### Filterung der EDX-Ergebnisse nach Kategorien

Auf den folgenden Seiten (11 bis 17) werden die Daten nach den vier Kategorien (Technologie, Beschleunigungsspannung, Linienserien und Hersteller) gefiltert.

Zur Verdeutlichung der Darstellung in ternären Diagrammen sei zunächst ein vollständiges ternäres Diagramm mit 10%-Gitterteilung gezeigt. In den Eckpunkten ist das jeweilige Element zu 100% vorhanden.

Der rote Punkt markiert eine beispielhafte Zusammensetzung von

50% Kupfer  
30% Silber  
20% Gold

Der blaue Punkt beutet

5% Kupfer  
75% Silber  
20% Gold

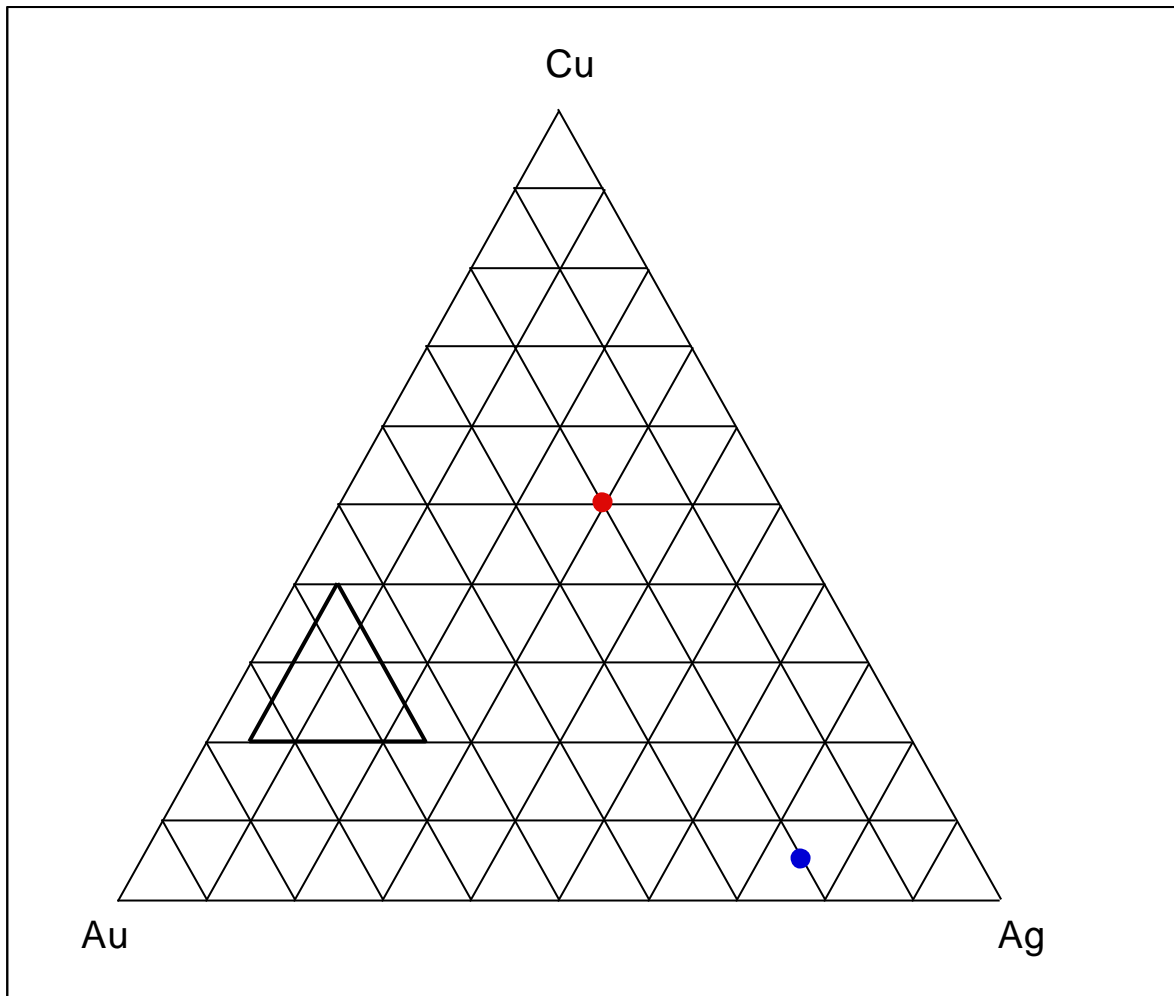


Abbildung 4 - Beispiel eines ternären Diagramms<sup>4</sup>

Auf den folgenden Seiten ist jeweils nur der dick hervorgehobene Ausschnitt dargestellt, wobei die Gitterteilung auf 5% reduziert ist. Es sind also diese Elementbereiche gezeigt:

Kupfer (Ausschnitt 20% - 40%)

Gold (Ausschnitt 55% - 75%)

Silber (Ausschnitt 5% - 25%)

Der Mittelwert aller 50 EDX-Ergebnisse ist in den folgenden Diagrammen als blauer Stern dargestellt, die ‚wahre‘ Zusammensetzung als roter Stern.

<sup>4</sup> Für die Diagramme hat ein Teilnehmer, Herr Hans-Peter Meyer, wertvolle Vorarbeit geleistet, für die ich mich an dieser Stelle ausdrücklich bedanke.

Technologie

Tabelle 7

Si(Li)			
33 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Maximum	32,2	12,2	67,7
Mittelwert	26,1	9,9	64,0
Minimum	22,9	6,5	61,3
Standardabw.	1,8	1,2	1,6
Vergleichbarkeit	5,2	3,4	4,4

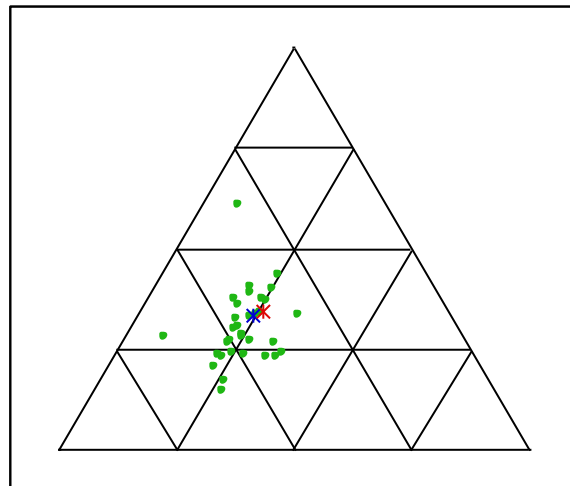


Abbildung 5 - Si(Li)

Tabelle 8

SDD			
17 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Maximum	33,0	11,8	66,6
Mittelwert	27,7	10,1	62,3
Minimum	21,9	8,1	57,8
Standardabw.	2,9	1,0	2,5
Vergleichbarkeit	7,5	2,8	6,6

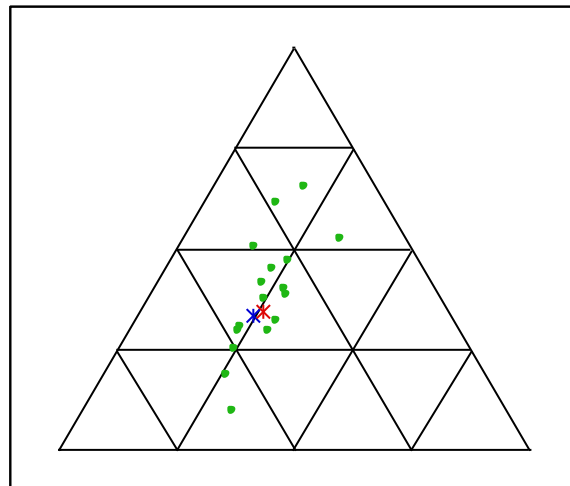


Abbildung 6 - SDD

Beschleunigungsspannung

Tabelle 9

20 kV			
35 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Maximum	32,3	12,2	67,7
Mittelwert	26,5	10,0	63,5
Minimum	22,9	6,5	57,8
Standardabw.	2,3	1,2	2,1
Vergleichbarkeit	6,7	3,5	5,9

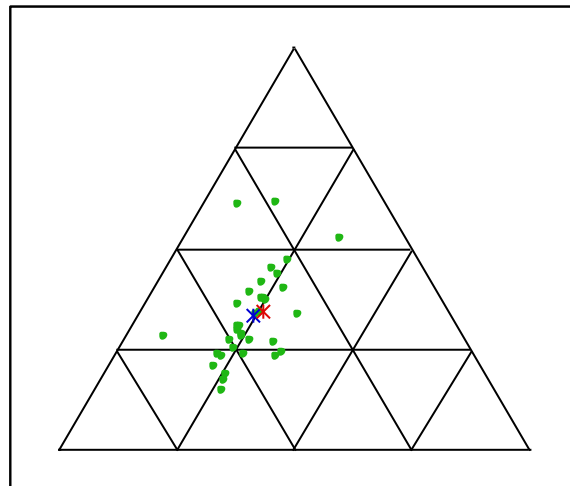


Abbildung 7 - 20 kV

Tabelle 10

25 kV			
6 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Maximum	30,0	11,1	64,5
Mittelwert	26,9	9,9	63,2
Minimum	25,9	8,3	61,7
Standardabw.	1,6	1,1	1,1
Vergleichbarkeit	4,1	2,7	2,6

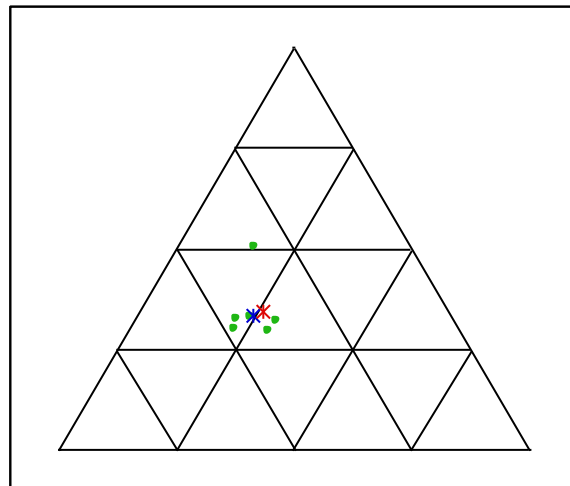


Abbildung 8 - 25 kV

Tabelle 11

15 kV			
4 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Maximum	33,0	11,6	66,6
Mittelwert	26,8	10,5	62,6
Minimum	21,9	9,0	58,0
Standardabw.	4,8	1,2	3,6
Vergleichbarkeit	11,1	2,6	8,6

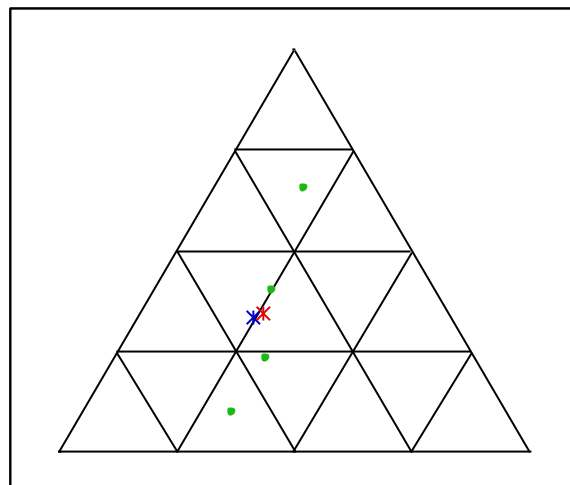


Abbildung 9 - 15 kV

Tabelle 12

mehrere kV			
4 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Maximum	28,1	10,0	65,2
Mittelwert	26,4	9,4	64,2
Minimum	24,8	8,8	62,8
Standardabw.	1,6	0,6	1,1
Vergleichbarkeit	3,3	1,3	2,4

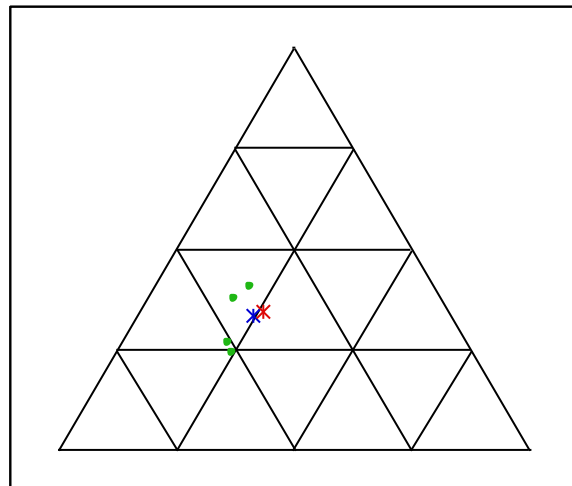


Abbildung 10 - mehrere verschiedene kV

Tabelle 13

30 kV			
1 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
	27,7	10,9	61,4

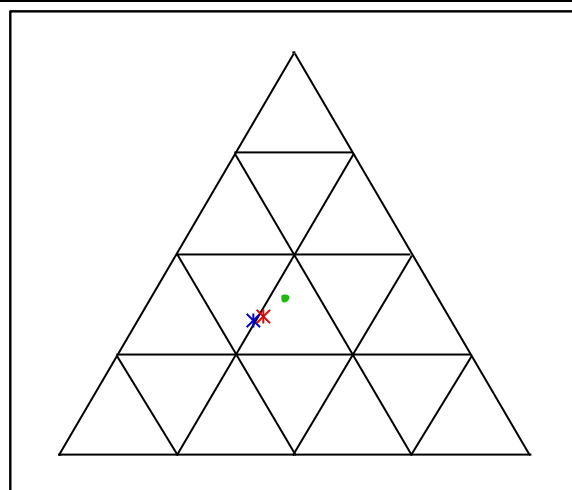


Abbildung 11 - 30 kV

*Linienserie*

Tabelle 14

KLM			
31 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Maximum	33,0	12,2	66,6
Mittelwert	26,6	10,2	63,2
Minimum	21,9	8,1	57,8
Standardabw.	2,6	1,0	2,3
Vergleichbarkeit	7,5	2,7	6,4

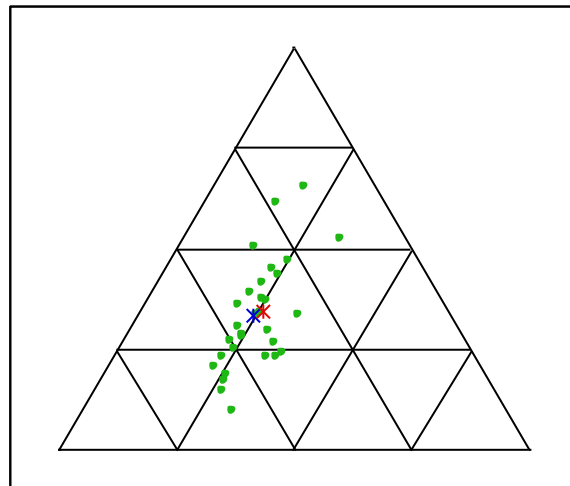


Abbildung 12 - KLM

Tabelle 15

KLL			
13 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Maximum	32,2	14,4	67,7
Mittelwert	26,8	10,0	63,2
Minimum	24,6	6,5	59,1
Standardabw.	1,9	2,0	2,3
Vergleichbarkeit	6,2	4,9	6,2

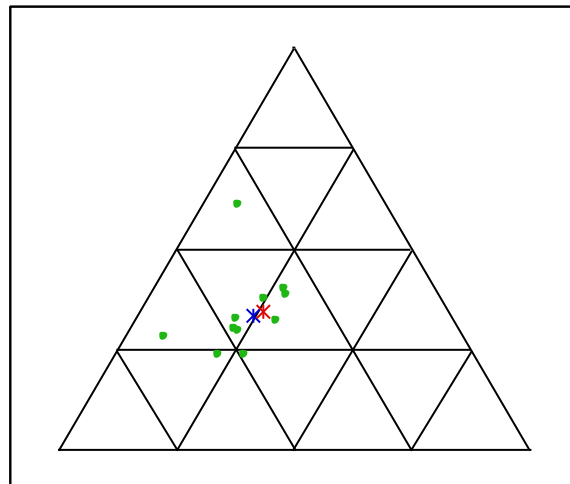


Abbildung 13 - KLL

Tabelle 16

mehrere Serien			
6 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Maximum	28,1	10,4	65,2
Mittelwert	26,3	9,6	64,1
Minimum	24,8	8,8	62,8
Standardabw.	1,3	0,6	0,9
Vergleichbarkeit	2,9	1,3	2,3

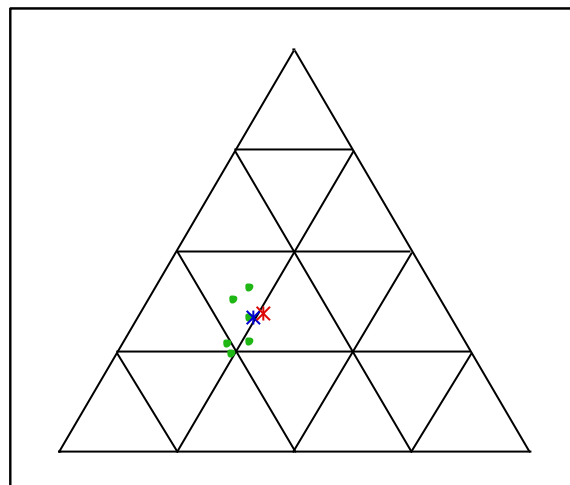


Abbildung 14 - mehrere Serien

Hersteller

Tabelle 17

A			
19 Teilnehmer	Cu	Ag	Au
Maximum	28,9	10,4	66,3
Mittelwert	26,3	9,8	63,9
Minimum	23,4	9,1	61,3
Standardabw.	1,7	0,4	1,6

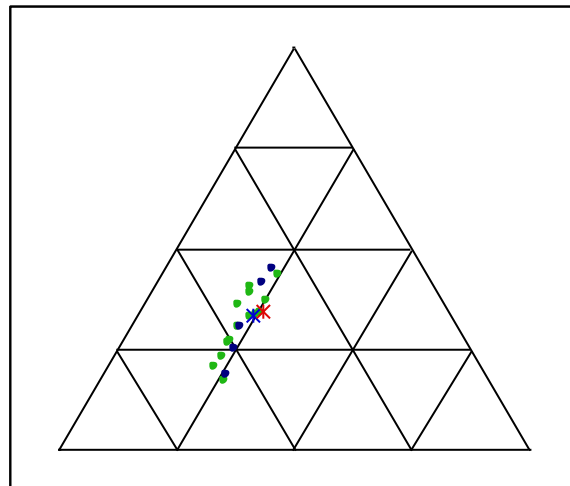


Abbildung 15 – A (Si(Li) grün, SDD blau)

Tabelle 18

B			
9 Teilnehmer	Cu	Ag	Au
Maximum	33,0	11,1	64,4
Mittelwert	28,7	9,8	61,5
Minimum	25,9	8,1	58,0
Standardabw.	2,7	1,1	1,9

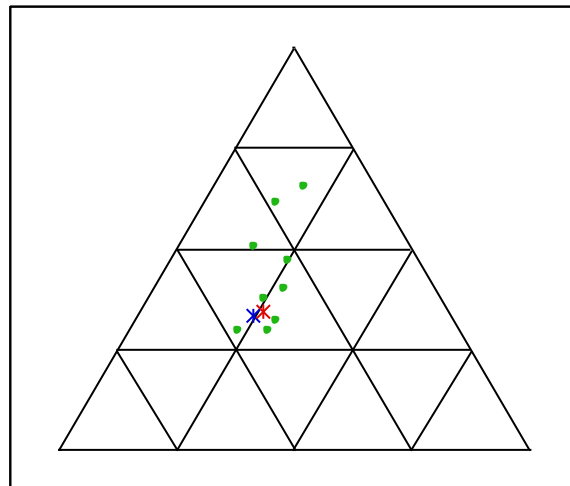


Abbildung 16 - B (alles SDD)

Tabelle 19

C			
9 Teilnehmer	Cu	Ag	Au
Maximum	27,7	10,9	67,7
Mittelwert	25,7	9,6	64,7
Minimum	24,6	6,8	61,4
Standardabw.	1,0	1,2	1,6

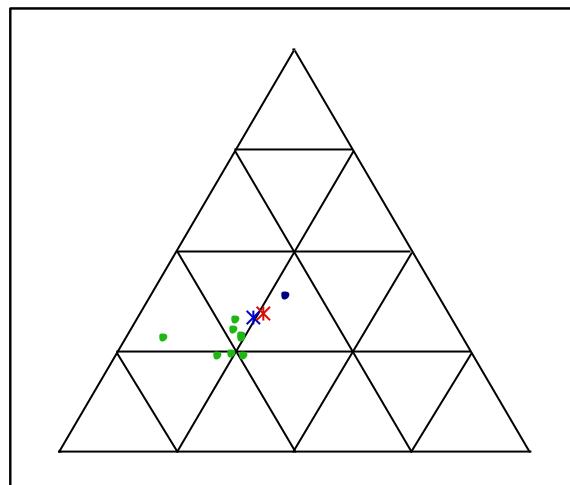


Abbildung 17 - C (Si(Li) grün, SDD blau)

Tabelle 20

D			
7 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Maximum	30,4	12,2	64,2
Mittelwert	26,0	11,6	62,4
Minimum	24,5	10,4	57,8
Standardabw.	2,1	0,6	2,2

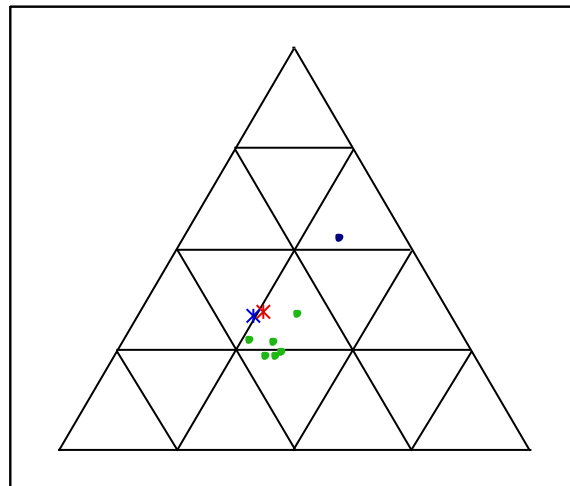


Abbildung 18 - D (Si(Li) grün, SDD blau)

Tabelle 21

E			
3 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Maximum	28,0	10,5	66,6
Mittelwert	26,1	10,2	63,7
Minimum	22,9	9,9	61,9
Standardabw.	2,8	0,3	2,5

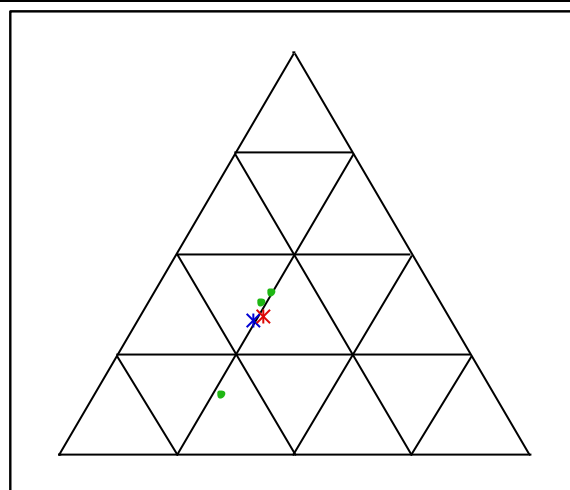


Abbildung 19 - E

Tabelle 22

F			
1 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
	21,9	11,5	66,6

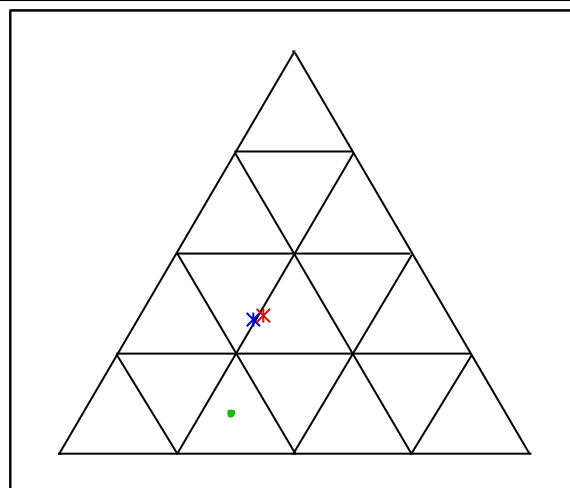


Abbildung 20 - F



Tabelle 23

G			
1 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
	32,2	6,5	61,3

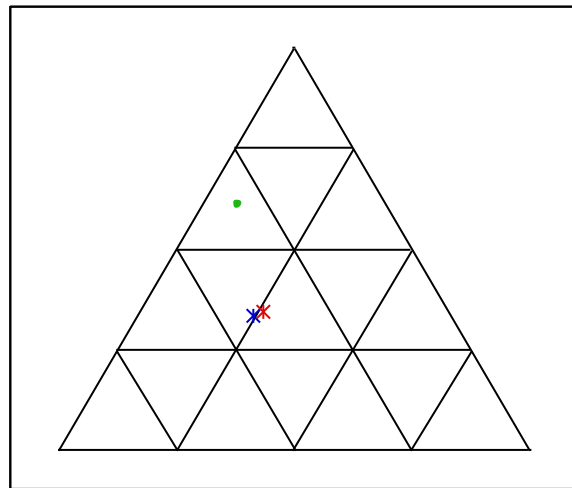


Abbildung 21 - G

Tabelle 24

H			
1 Teilnehmer	<b>Cu</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
	27,4	8,8	63,8

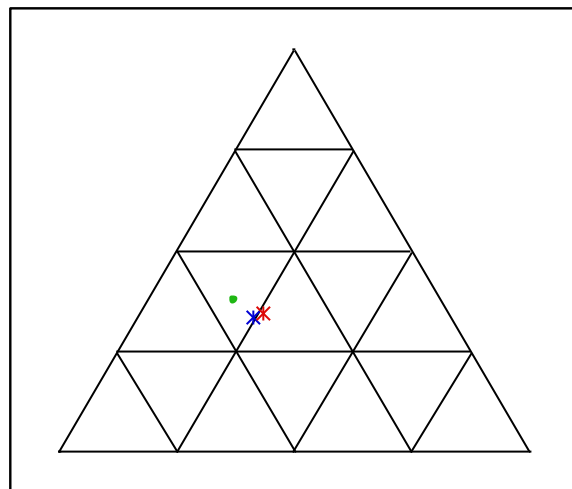


Abbildung 22 - H

## Teilnehmer in alphabetischer Reihenfolge (inkl. Referenzlaboratorien)

<entfernt>

### Vergleichbarkeit

Der Begriff ‚Vergleichbarkeit‘ wurde für Ringversuche in der DIN 51848 definiert. Zur Bestimmung des Wertes werden zunächst für eine Messgröße *alle* möglichen Abstände zwischen den Ergebnissen aller Teilnehmer der Größe nach sortiert. Eine ganzzahlige Anzahl, die 5% aller Werte entspricht, wird beginnend mit dem größten Abstand gestrichen. Der verbleibende größte Wert ist die Vergleichbarkeit.

Beispiel:

Die Werte 10, 9, 13 und 12 liefern der Größe nach sortiert folgende Abstände

- 4 (Abstand von 9 zu 13)
- 3 (Abstand von 9 zu 12)
- 3 (Abstand von 10 zu 13)
- 2 (Abstand von 10 zu 12)
- 1 (Abstand von 9 zu 10)
- 1 (Abstand von 12 zu 13)

5% dieser sechs Werte entsprechen 0,3 Werten, was ganzzahlig gerundet 0 Werten entspricht, so dass kein Wert gestrichen werden muss, womit der verbleibende größte Wert die 4 ist, gleichbedeutend mit der Vergleichbarkeit der Zahlen 10, 9, 13 und 12.

### Schlussbemerkung – Ende der Ergebnisdarstellung

Die in diesem Bericht zusammengefassten Analyseergebnisse beruhen ausschließlich auf den durch die Teilnehmer zur Verfügung gestellten Daten. Diese wurden wahrscheinlich aus dem durch uns versendeten Probenmaterial gewonnen und spiegeln den jeweils untersuchten Probenbereich zum Zeitpunkt der Analyse wider. Weitergehende Schlussfolgerungen auf Basis dieser Befunde liegen im alleinigen Verantwortungsbereich der Teilnehmer bzw. desjenigen, dem dieser Ergebnisbericht vorliegt. Die Ergebnisdarstellung darf ohne die schriftliche Genehmigung des Prüflabors nur vollständig, nicht aber auszugsweise vervielfältigt oder verwendet werden.

Möchten Sie an einer Neuauflage des Laborvergleichs EDX teilnehmen? Dann informieren Sie sich bitte auf der Website:

<https://www.nanoanalytics.com/de/auftragsanalytik/laborvergleich.html>

Diese Ergebnisdarstellung lag ursprünglich auf unserem Server unter der Adresse:

<https://www.nanoanalytics.com/de/auftragsanalytik/laborvergleich/fruehere-ergebnisse.html>