

Messprotokoll

RFA-Analyse am Hammerflügel Franz Jakob Spath 1761

Messung und Interpretation am 04.06.2024 von Dr. Heinrich Piening,
Restaurierungswerkstätte der Bayerischen Schlösserverwaltung, Nymphenburg; Anna Gunkel,
Restauratorin M.A. Univ.

Auswertung und Protokoll am 11.02.2026 von Anna Gunkel, Restauratorin M.A. Univ.

Durchführung der Messungen am Vorsatzbrett



Untersuchungen

- Untersuchungsverfahren:
Energiedispersive Röntgenfluoreszenz-Analyse (EDXRF)
- Gerät/Hilfsmittel:
Röntgenanalysegerät ARTAX™

Fragestellung

- Welche Materialien wurden für die blaue und rote Lackarbeit verwendet?

Messungen

Blauer Lack Hintergrund 1	3
Blauer Lack Hintergrund 2	5
Blauer Lack Hintergrund 3	7
Grundierung 1 Vorderseite.....	9
Grundierung 2 Rückseite.....	11
Roter Lack 1 dunkel	12
Roter Lack 2 hell.....	13
Metall 1 Rocaille Mitte unten.....	15
Metall 1 Zaun.....	17
Metall 2 Wolke	19
Kalibrierung.....	20

Untersuchungsergebnisse

Im Hinblick auf die **Grundierung** ist neben dem festgestellten hohen Blei Gehalt aufgrund eines deutlich geringeren Calcium-Gehalts in Verbindung mit dem Spurenelement Schwefel von einem **Bleiweißgrund** [2PbCO_3] $2 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$] mit **Gips** [CaSO_4], **vermutl. Bologneser Kreide**, gebunden in Leim, auszugehen. Bologneser Kreide ist zwar weicher als Champagnerkreide, ist jedoch besonders als Graviergrund geeignet [Kellner, Hans: Vergolden – Das Arbeiten mit Blattgold, München 1992, S. 201].

Die Untersuchung des **Pigments der roten Lackarbeit** im Instrumenteninnenraum ergab das Vorliegen von **Zinnober** [HgS], aufgrund der Feststellung eines hohen Quecksilber Gehalts (Hg) in Verbindung mit der Detektion von Schwefel (S). Augenscheinlich sichtbar wurde eine **spätere Überarbeitung am roten Lack** an einigen Stellen, wobei ebenfalls das Pigment **Zinnober** verwendet wurde, allerdings **mit Anteilen roter Erde oder Mennige**, also ein Zinnober minderer Qualität.

Die Messungen zu verwendeten **Pigmenten des blauen Lackgrundes** der Lackarbeit betreffend zeigt der Eisengehalt die Verwendung von **Preußisch Blau/Berliner Blau** [$\text{C}_{18}\text{Fe}_7\text{N}_{18}$] an. Dabei handelt es sich um ein synthetisches anorganisches Pigment, welches in verschiedenen Modifikationen hergestellt werden konnte [Eisen(III)hexacyanoferrat (II), $\text{Fe}_2/\text{Fe}_3(\text{CN}_6)]_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$] und 1704 vom Farbenhersteller Diesbach in Berlin zufällig erfunden wurde. Augenscheinlich erkennbar, wurden für die Herstellung der blauen Lackschicht(en) mehrere Blaupigmente verwendet, da hellere bis weißliche sowie dunkelblaue Partikel sichtbar sind. Es handelt sich bei dem als am wahrscheinlichsten festgestellten Preußisch Blau (als „mittelblau“ definiertem Pigment) also um das verwendete Grundpigment, dem andere Pigmente beigemischt sind. Hierzu wäre eine weitere RFA einer Querschliffprobe mit gezielter Partikelmessung sinnvoll, um weitere Aussagen zu verwendeten Pigmenten der blauen Lackschicht(en) treffen zu können.

Bei der Messung der **Blattmetallaufgabe** wurde sowohl **Gold (Au) als auch Silber (Ag)** detektiert und zwar mehr Silber als Gold. Die in diesen Untersuchungen gemachten Beobachtungen deuten stark auf die Verwendung einer Blattmetallaufgabe aus **Zwischgold** (Silberfolie mit dünner Goldschicht, einem mittelalterlichen „Nanomaterial“) hin. Hinzuzuziehen ist die Untersuchung der **gold erscheinenden „Wolken“ oder „Berge“** der Darstellung, welche in der RFA-Messung als aus **Messing Streupartikel** bestehend identifiziert werden konnten.

Blauer Lack Hintergrund 1

Beschreibung:

Blaue Lackfassung, angelegt als Hintergrund der Lackarbeit, bestehend aus verschiedenen farbigen Pigmenten (weiße, mittel blaue bis dunkelblaue Pigmentkörner). Hier gemessen ist das mittel blaue Pigment.

Abbildung: Messpunkt 1 mittel blauer Partikel am Vorsatzbrett auf der Vorderseite.



Fragestellung

- Welches Pigment wurde für das mittelblau in dem Hintergrund verwendet?

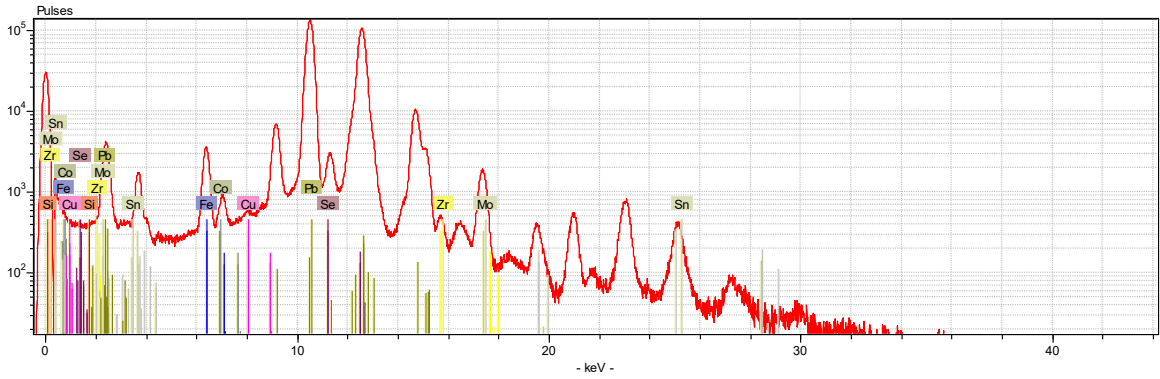
Interpretation

Detektiert wurde ein auffällig hoher Blei-Gehalt (Pb) $\sim 95\%$ und Eisen (Fe) mit $\sim 2\%$. Hinsichtlich historischer Blaupigmente, kann aufgrund der Detektion eines geringen Gehalts Cobalt (Co) $\sim 0,06\%$ und Kupfer (Cu) $\sim 0,05\%$, Cobaltblau $[\text{CoAl}_2\text{O}_4]$ und Azurit $[\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2\text{OH}_2]$ ausgeschlossen werden. Auszuschließen ist auch Smalte (keine Detektion von Silizium (Si)). Hingegen deutet der Eisengehalt auf Preußisch Blau (auch Berliner Blau, $[\text{Fe}_2/\text{Fe}_3(\text{CN}_6)]_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) oder Vivianit $[\text{Fe}_2/\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$ hin. Da allerdings kein Phosphor (P) detektiert wurde, ist auch Vivianit auszuschließen. Es kann also anhand dieser Messung am ehesten auf **Preußisch Blau** $[\text{Fe}_2/\text{Fe}_3(\text{CN}_6)]_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ geschlossen werden. Die Detektion von Blei kann zum Teil den in der blauen Lackfassung des Hintergrundes enthaltenen weißen Pigmenten als **Bleiweiß** $[\text{2PbCO}_3\text{Pb(OH)}_2]$ zugeordnet werden, erklärt jedoch nicht den hohen Gehalt an Blei.

Tabelle: Qualitative Elementidentifizierung und quantitative Gehaltsbestimmung von Messung Blauer Lackhintergrund 1

Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi
Si	K12	1,74	40	1	14944	173	1,63
Fe	K12	6,405	40	69184	15543	317	128,01
Co	K12	6,931	40	2137	17069	190	6,19
Cu	K12	8,046	40	1710	23682	222	1,71
Se	K12	11,224	40	51284	50262	390	177,1
Zr	K12	15,775	40	10367	13327	192	59,71
Sn	K12	25,271	40	11572	5	108	5432,54
Sn	L1	3,444	40	8659	12423	183	182,21
Pb	L1	10,551	40	3267057	46175	1833	15717,67
Pb	M1	2,342	40	1232	14204	172	154,89

Diagramm: Intensitäts-Energieabhängigkeit der detektierten Elemente der Messung Blauer Lack Hintergrund 1



Blauer Lack Hintergrund 2

Beschreibung:

Blaue Lackfassung, angelegt als Hintergrund der Lackarbeit, bestehend aus verschiedenen farbigen Pigmenten (weiße, mittel blaue bis dunkelblaue Pigmentkörner). Hier gemessen ist das mittel blaue Pigment.

Abbildung: Messpunkt 2 mittel blauer Partikel am Vorsatzbrett auf der Vorderseite.



Fragestellung

- Welches Pigment wurde für das mittelblau in dem Hintergrund verwendet?

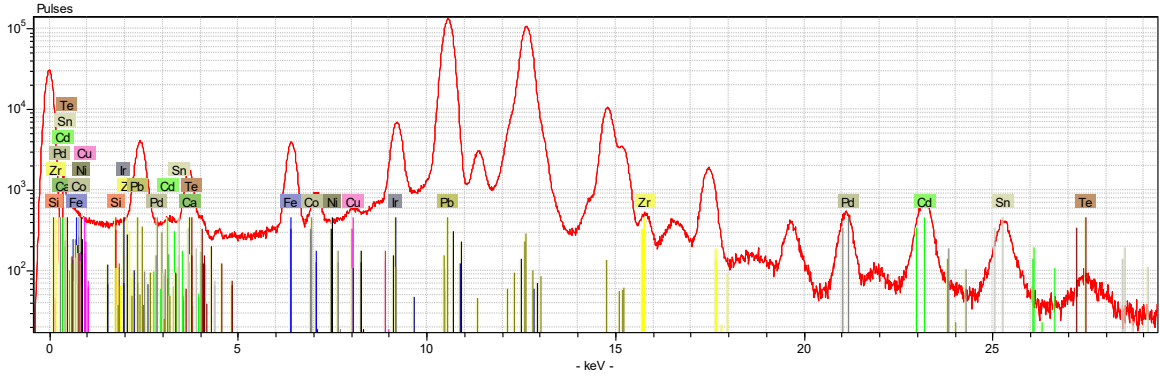
Interpretation

Detektiert wurde wieder ein hoher Blei-Gehalt (Pb) mit ~94,5%, was Messung 1 bestätigt. Weiter wurde wieder Eisen (Fe) ~2,23% gemessen. Ein Ausbleiben der Detektion von Silizium, Cobalt und Kupfer nur als Spurenelement, unterstreicht die in Messung 1 Hintergrund blau mittel ausgeschlossenen Pigmente Smalte, Azurit, Cobaltblau. Somit untermauert die zweite Messung die Verwendung von **Preußisch Blau** $[\text{Fe}_2/\text{Fe}_3(\text{CN}_6)]_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ als blau mittel Pigment für den Hintergrund der Lackarbeit.

Tabelle: Qualitative Elementidentifizierung und quantitative Gehaltsbestimmung von Messung Blauer Lackhintergrund 2

Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi
Si	K12	1,74	40	1	15500	176	1,1
Ca	K12	3,692	40	28623	13103	234	2,7
Fe	K12	6,405	40	77165	16141	331	4,23
Co	K12	6,931	40	-1	18072	190	1,39
Ni	K12	7,48	40	1	19917	200	1
Cu	K12	8,046	40	351	23972	220	1,08
Zr	K12	15,775	40	11548	14185	200	45,59
Zr	L1	2,044	40	1	15223	174	21,44
Pd	K12	21,177	40	5077	77	72	11575,35
Pd	L1	2,838	40	1	14575	171	49,2
Cd	K12	23,173	40	4891	9	70	4416,71
Sn	K12	25,271	40	7160	7	85	661,7
Sn	L1	3,444	40	617	13691	167	0,84
Te	K12	27,473	40	4190	1249	82	8,75
Ir	L1	9,175	40	46492	34902	341	60,18
Ir	M1	1,98	40	1151	15284	178	14,49
Pb	L1	10,551	40	3231989	45495	1823	220,8
Pb	M1	2,342	40	32798	14912	250	48,97

Diagramm: Intensitäts-Energieabhängigkeit der detektierten Elemente der Messung Blauer Lack Hintergrund 2

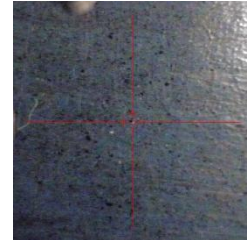


Blauer Lack Hintergrund 3

Beschreibung:

Blaue Lackfassung, angelegt als Hintergrund der Lackarbeit, bestehend aus verschiedenen farbigen Pigmenten (weiße, mittel blaue bis dunkelblaue Pigmentkörner). Hier gemessen ist das mittel blaue Pigment.

Abbildung: Messpunkt 3 mittel blauer Partikel am Vorsatzbrett auf der Vorderseite.



Fragestellung

- Welches Pigment wurde für das mittelblau in dem Hintergrund verwendet?

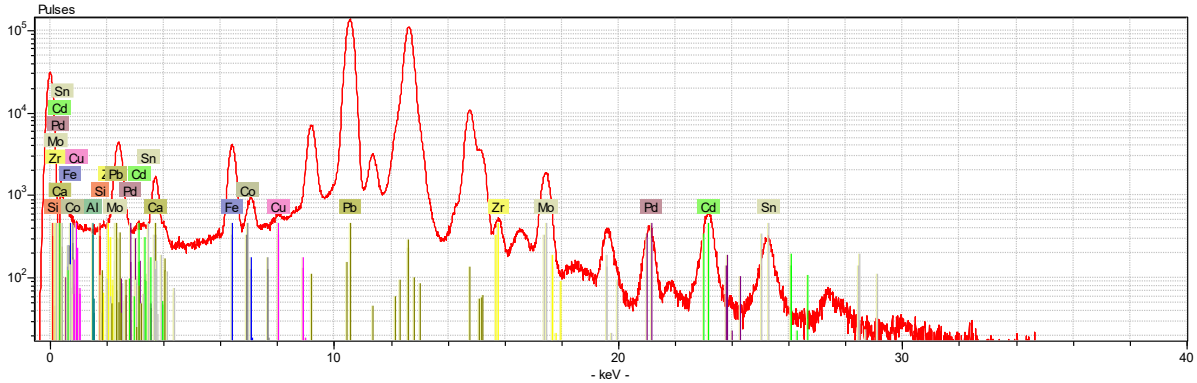
Interpretation

Detektiert wurden nennenswert Blei (Pb), Eisen (Fe) und in zu geringem Maße Kupfer (Cu) sowie Kobalt (Co), wie in den Messungen 1 und 2 des Hintergrundes blau mittel. Dies bestätigt die vorherigen Messungen. Neben dem Vorliegen von **Bleiweiß** [$2\text{PbCO}_3\text{Pb(OH)}_2$], ist also weiter die Verwendung von **Preußisch Blau** [$\text{Fe}_2/\text{Fe}_3(\text{CN}_6)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$] am wahrscheinlichsten.

Tabelle: Qualitative Elementidentifizierung und quantitative Gehaltsbestimmung von Messung Blauer Lackhintergrund 3

Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi
Al	K12	1,486	40	1	15956	179	1,53
Si	K12	1,74	40	1	15609	177	1,49
Ca	K12	3,692	40	26620	12522	227	2,15
Fe	K12	6,405	40	79990	16094	335	3,92
Co	K12	6,931	40	135	18166	191	1,78
Cu	K12	8,046	40	1518	24165	223	1,42
Zr	K12	15,775	40	9547	13480	191	14,97
Pd	K12	21,177	40	3518	54	60	7165,48
Cd	K12	23,173	40	3367	3	58	4506,3
Sn	K12	25,271	40	4404	4	66	940,92
Sn	L1	3,444	40	808	13191	165	2,54
Pb	L1	10,551	40	3346312	46075	1854	420,13
Pb	M1	2,342	40	2885	14811	180	197,26

Diagramm: Intensitäts-Energieabhängigkeit der detektierten Elemente der Messung Blauer Lack Hintergrund 3

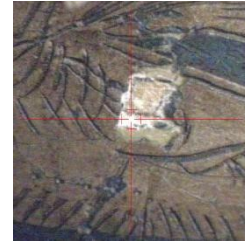


Grundierung 1 Vorderseite

Beschreibung:

Weißer Grundierung auf dem Holz und unter dem blauen Lack liegend.

Abbildung: Messpunkt 1 der Grundierung am Vorsatzbrett auf der Vorderseite.



Fragestellung

- Welche Grundierung wurde für den Aufbau der blauen Lackarbeit verwendet?

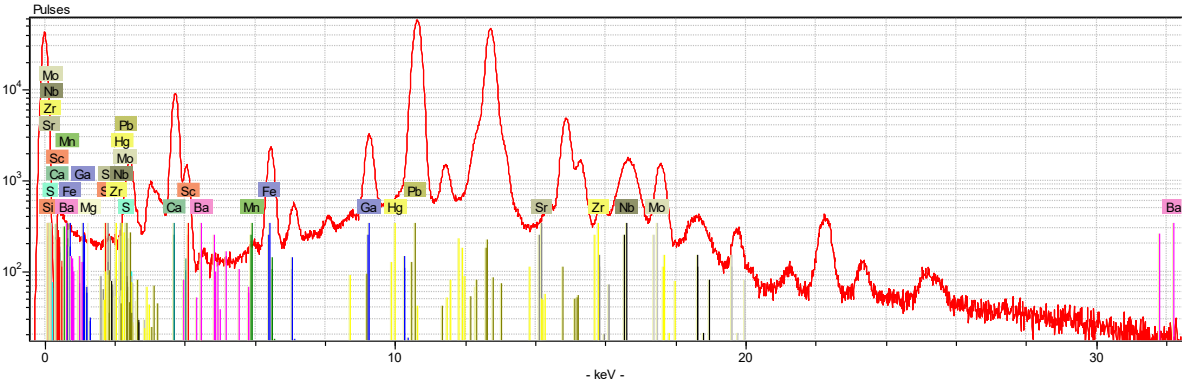
Interpretation

Detektiert wurde in Hinblick auf die Grundierung Blei (Pb) mit ~80,7%, Calcium (Ca) mit ~9,5%. Schwefel (S), Magnesium (Mg) und Silizium (Si) sind nur als Spurenelemente detektiert, wodurch Schieferweiß [MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O] und Talk [Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂] oder ein Steingrund mit Leim (Quarz, SiO) sind damit auszuschließen. Auch ein Kreidegrund [CaCO₃] mit Leim kommt wegen des zu geringem Calcium-Gehalts nicht in Frage. Daher handelt es sich mit ziemlicher Sicherheit um einen **Bleiweiß Leimgrund [2PbCO₃] 2 x Pb(OH)₂] mit Kreideanteil.**

Tabelle: Qualitative Elementidentifizierung und quantitative Gehaltsbestimmung von Messung Grundierung 1 Vorderseite

Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi
Mg	K12	1,254	40	1	8656	132	1,96
Si	K12	1,74	40	1	8436	130	1,12
S	K12	2,309	40	2	8450	130	69,98
Ca	K12	3,692	40	144194	6871	397	401,71
Sc	K12	4,093	40	2414	5709	118	28,7
Mn	K12	5,9	40	771	7258	124	0,82
Fe	K12	6,405	40	36506	8359	231	177,69
Ga	K12	9,251	40	1	20443	202	280,71
Ga	L1	1,098	40	393	8965	135	27,09
Sr	K12	14,165	40	1557	17699	192	11,26
Sr	L1	1,806	40	128	8449	130	0,94
Zr	K12	15,775	40	6034	18272	206	36,61
Zr	L1	2,044	40	1	8476	130	22,89
Ba	K12	32,194	40	19	1660	58	1,27
Ba	L1	4,466	40	227	5131	102	3,14
Hg	L1	9,989	40	5344	23335	228	8,53
Hg	M1	2,195	40	811	8473	133	75,25
Pb	L1	10,551	40	1214486	25018	1125	9743,41
Pb	M1	2,342	40	8788	8440	160	66,62

Diagramm: Intensitäts-Energieabhängigkeit der detektierten Elemente der Messung Grundierung 1 Vorderseite



Grundierung 2 Rückseite

Beschreibung:

Weißer Grundierung auf dem Holz und unter dem roten Lack liegend.

Abbildung: Messpunkt 2 der Grundierung am Vorsatzbrett auf der Rückseite.



Fragestellung

- Welche Grundierung wurde für den Aufbau der roten Lackarbeit verwendet?

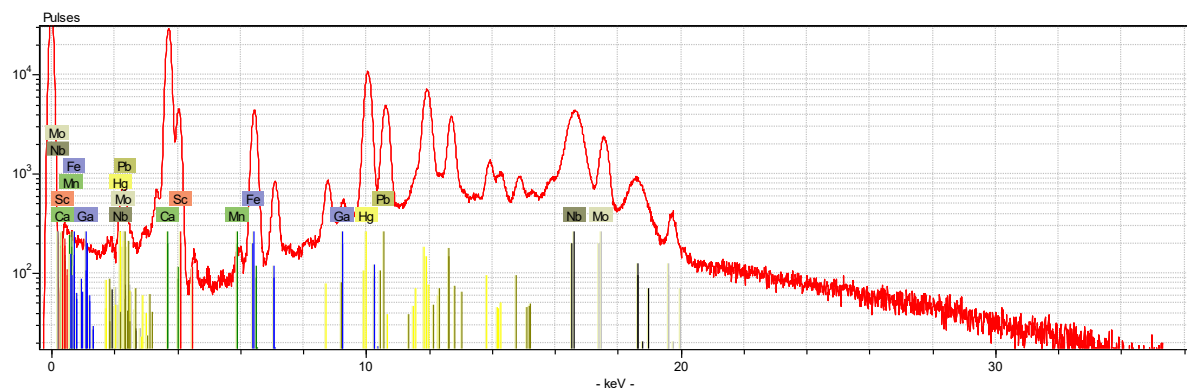
Interpretation

Detektiert wurde in Hinblick auf die Grundierung Calcium (Ca) mit ~41,8% und Blei (Pb) mit ~9%. Magnesium (Mg), Silizium (Si) und Schwefel (S) wurde nicht detektiert. Hier ist der Calcium-Gehalt größer als der Bleigehalt, was an dieser Stelle auf einen **Kreidegrund** [CaCO_3] mit Leim hinweist.

Tabelle: Qualitative Elementidentifizierung und quantitative Gehaltsbestimmung von Messung Grundierung 2 Rückseite

Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi
Ca	K12	3,692	40	431348	4375	663	1738,11
Sc	K12	4,093	40	8973	3077	123	237,41
Mn	K12	5,9	40	1247	4511	101	3,73
Fe	K12	6,405	40	70073	5225	284	438,62
Ga	K12	9,251	40	457	15098	175	7,62
Ga	L1	1,098	40	532	6946	120	13,48
Hg	L1	9,989	40	195483	18464	482	1273,08
Hg	M1	2,195	40	618	6556	117	30,52
Pb	L1	10,551	40	91358	20896	365	569,68
Pb	M1	2,342	40	2417	6481	124	28,75

Diagramm: Intensitäts-Energieabhängigkeit der detektierten Elemente der Messung Grundierung 2 Rückseite

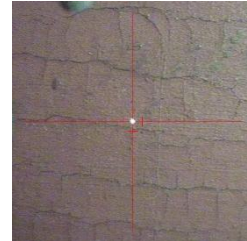


Roter Lack 1 dunkel

Beschreibung:

Roter Lack des Innenraums des Instruments, auf die Grundierung aufgebracht.

Abbildung: Messpunkt 1 des roten Lacks am Vorsatzbrett auf der Rückseite.



Fragestellung

- Welches Pigment wurde für den roten Lack verwendet?

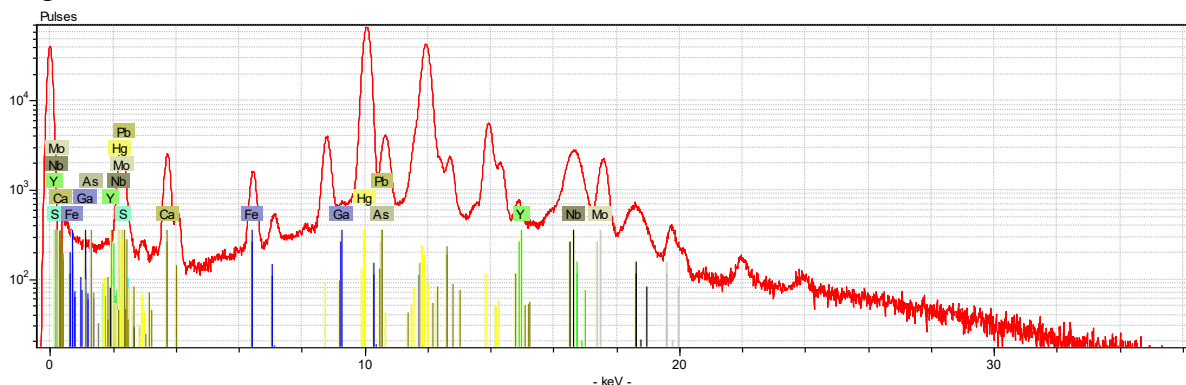
Interpretation

Detektiert im Hinblick auf historische rote Pigmente wurde Quecksilber (Hg) ~79% und Schwefel ~1,31% sowie Blei (Pb) ~4,9% und Eisen (Fe) ~1,46%. Aufgrund des hohen Quecksilber Gehalts in Verbindung mit der Detektion von Schwefel deutet diese Messung stark auf die Verwendung von **Zinnober [HgS]** für die originale rote Lackarbeit im Innenraum des Instruments hin, wohingegen Mennige und rote Erdpigmente auszuschließen sind.

Tabelle: Qualitative Elementidentifizierung und quantitative Gehaltsbestimmung von Messung Roter Lack 1 dunkel

Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi
S	K12	2,309	40	23027	8482	200	61,09
Ca	K12	3,692	40	40089	6915	232	84,61
Fe	K12	6,405	40	25643	10187	215	83,31
Ga	K12	9,251	40	3093	25727	234	12,37
Ga	L1	1,098	40	361	9753	141	20,49
As	K12	10,543	40	1	33781	260	726,29
As	L1	1,282	40	1	9480	138	1,9
Y	K12	14,958	40	2057	25304	229	9,92
Y	L1	1,924	40	1	8948	134	33,15
Hg	L1	9,989	40	1384571	29449	1201	9132,03
Hg	M1	2,195	40	523	8624	133	70,03
Pb	L1	10,551	40	85890	31247	385	748,17
Pb	M1	2,342	40	89	8435	130	67,95

Diagramm: Intensitäts-Energieabhängigkeit der detektierten Elemente der Messung Roter Lack 1 dunkel



Roter Lack 2 hell

Beschreibung:

Roter Lack des Innenraums des Instruments, auf die Grundierung aufgebracht. Es handelt sich um eine spätere Überarbeitung/ Ausbesserungsarbeiten

Abbildung: Messpunkt 2 des roten Lacks einer früheren Überarbeitung am Vorsatzbrett auf der Rückseite.



Fragestellung

- Welches Pigment wurde für den roten Lack einer früheren Überarbeitung verwendet?

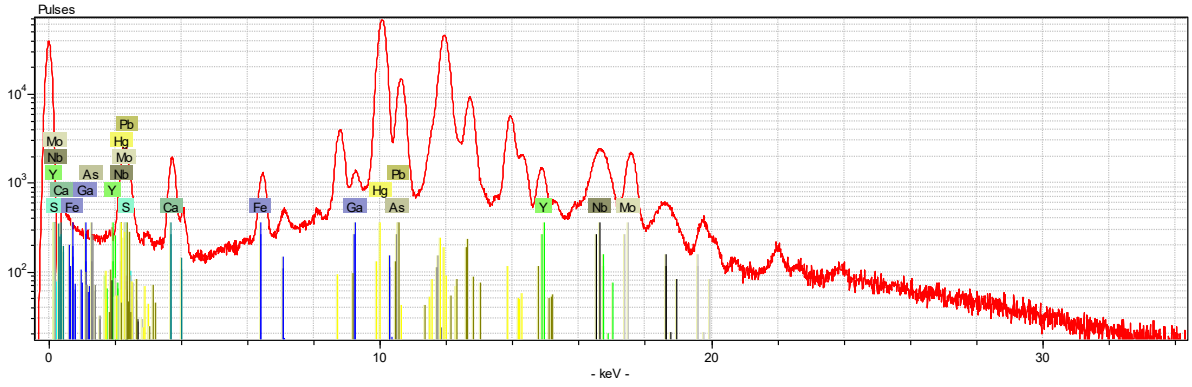
Interpretation

Detektiert im Hinblick auf historische rote Pigmente wurde Quecksilber (Hg) ~71,1% und Schwefel ~1,05% sowie Blei (Pb) ~16,5% und Eisen (Fe) ~0,95%. Aufgrund des hohen Quecksilber Gehalts in Verbindung mit der Detektion von Schwefel deutet diese Messung stark auf die Verwendung von **Zinnober [HgS]** für die frühere Überarbeitung der roten Lackarbeit des Innenraums des Instruments hin, wohingegen Mennige und rote Erdpigmente auszuschließen sind. Der deutlich höhere Blei Gehalt (Pb) oder der Detektion von Eisen (Fe) könnte jedoch auf eine **Beisetzung von Mennige [Pb₃O₄] oder roter Erde [Fe₂O₃ in Mineralgemenge]** hindeuten.

Tabelle: Qualitative Elementidentifizierung und quantitative Gehaltsbestimmung von Messung Roter Lack 2 hell

Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi
S	K12	2,309	40	21353	9164	199	13,93
Ca	K12	3,692	40	30209	7636	213	55,34
Fe	K12	6,405	40	19345	11070	204	59,83
Ga	K12	9,251	40	5787	28949	252	30,56
Ga	L1	1,098	40	404	10335	145	25,37
As	K12	10,543	40	1	37521	274	2623,18
Y	K12	14,958	40	7660	27767	251	32,42
Y	L1	1,924	40	4	9535	138	9,54
Hg	L1	9,989	40	1438158	32912	1226	8616,74
Hg	M1	2,195	40	476	9280	138	13,48
Pb	L1	10,551	40	333880	34706	635	2381,7
Pb	M1	2,342	40	124	9125	136	12,95

Diagramm: Intensitäts-Energieabhängigkeit der detektierten Elemente der Messung Roter Lack 2 hell



Metall 1 Rocaille Mitte unten

Beschreibung:

Metallblattauflage auf einer weißen Untermalung auf dem blauen Lack Hintergrund. Darin eingraviert sind die Linien der Darstellung.

Abbildung: Messpunkt 1 der Metallblattauflage auf der Vorderseite des Vorsatzbretts.



Fragestellung

- Welches Metall wurde für die Blattauflage der blauen Lackarbeit verwendet?

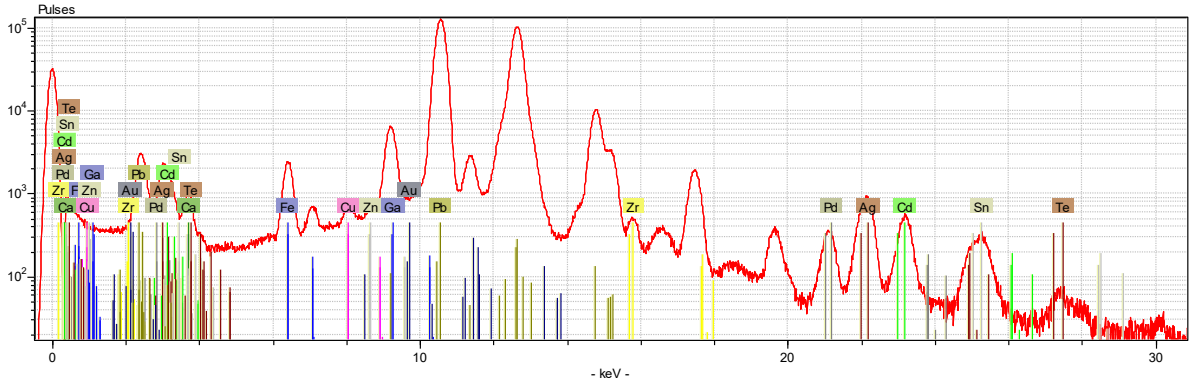
Interpretation

Detektiert wurde Silber (Ag) mit ~1,58% und Gold (Au) mit ~0,37%. Dies deutet mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Verwendung von **Zwischgold**, einer Silberfolie mit hauchdünner Goldschicht (einem mittelalterlichen „Nanomaterial“) hin.

Tabelle: Qualitative Elementidentifizierung und quantitative Gehaltsbestimmung von Messung Metall 1 Rocaille Mitte unten

Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi
Ca	K12	3,692	40	14127	12045	195	1,61
Fe	K12	6,405	40	44875	14680	272	2,56
Cu	K12	8,046	40	4257	22646	223	1,49
Zn	K12	8,637	40	1	28179	237	2,29
Ga	K12	9,251	40	1	34569	263	12,35
Ga	L1	1,098	40	439	15378	177	55,35
Zr	K12	15,775	40	10685	13701	195	34,78
Zr	L1	2,044	40	1	14809	172	9,47
Pd	K12	21,177	40	2131	66	48	2339,39
Pd	L1	2,838	40	111	14256	169	74,07
Ag	K12	22,163	40	34016	18	185	9,32
Ag	L1	2,983	40	16664	13609	209	81,85
Cd	K12	23,173	40	1241	5	35	648,21
Cd	L1	3,133	40	1	13573	165	82,35
Sn	K12	25,271	40	1770	6	42	215,74
Sn	L1	3,444	40	96	12928	161	6,01
Te	K12	27,473	40	3193	912	71	7,6
Te	L1	3,768	40	574	11446	153	3,39
Au	L1	9,713	40	10643	38070	295	83,81
Au	M1	2,123	40	1219	14767	175	13,05
Pb	L1	10,551	40	3023093	42731	1763	31,86
Pb	M1	2,342	40	25822	14605	235	22,4

Diagramm: Intensitäts-Energieabhängigkeit der detektierten Elemente der Messung Metall 1 Rocaille Mitte unten



Metall 1 Zaun

Beschreibung:

Metallblattauflage auf einer weißen Untermalung auf dem blauen Lack Hintergrund. Darin eingraviert sind die Linien der Darstellung.

Abbildung: Messpunkt 2 der Metallblattauflage auf der Vorderseite des Vorsatzbretts.



Fragestellung

- Welches Metall wurde für die Blattauflage der blauen Lackarbeit verwendet?

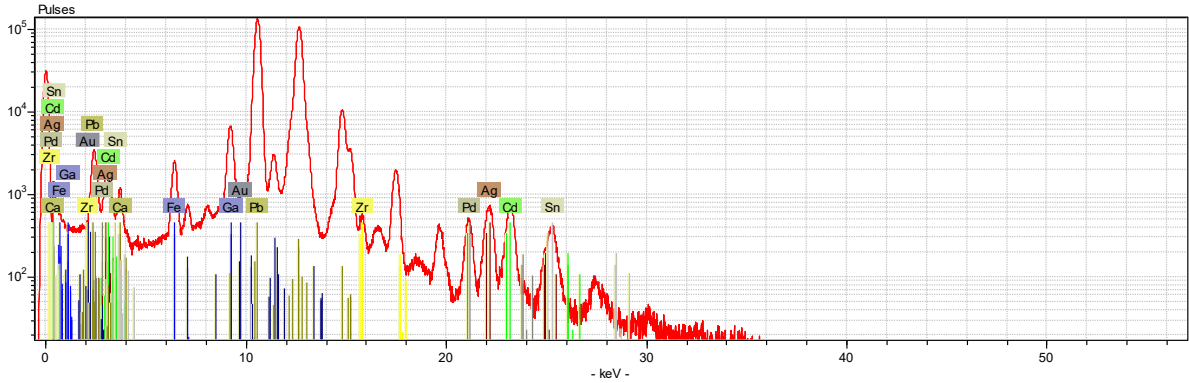
Interpretation

Detektiert wurde Silber (Ag) mit ~1% und Gold (Au) mit ~0,3%. Dies deutet mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Verwendung von **Zwischgold**, einer Silberfolie mit hauchdünner Goldschicht (einem mittelalterlichen „Nanomaterial“) hin.

Tabelle: Qualitative Elementidentifizierung und quantitative Gehaltsbestimmung von Messung Metall 1 Zaun

Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi
Ca	K12	3,692	40	15621	12733	203	2,9
Fe	K12	6,405	40	45283	15263	275	4,84
Ga	K12	9,251	40	1	36775	271	37,32
Ga	L1	1,098	40	530	15831	179	59,58
Zr	K12	15,775	40	11300	14561	201	40,07
Zr	L1	2,044	40	1	15344	175	20,3
Pd	K12	21,177	40	3342	88	59	5144,13
Pd	L1	2,838	40	219	14908	173	101,37
Ag	K12	22,163	40	27809	41	167	16,16
Ag	L1	2,983	40	6001	14255	186	115,1
Cd	K12	23,173	40	2631	16	52	1375,36
Cd	L1	3,133	40	1	14243	169	96,63
Sn	K12	25,271	40	4261	8	65	500,81
Sn	L1	3,444	40	1505	13620	170	1,62
Au	L1	9,713	40	10927	40425	303	83,25
Au	M1	2,123	40	1944	15318	180	24,89
Pb	L1	10,551	40	3172609	45334	1806	247
Pb	M1	2,342	40	27651	15189	241	29,15
Au	L1	9,713	40	10643	38070	295	83,81
Au	M1	2,123	40	1219	14767	175	13,05
Pb	L1	10,551	40	3023093	42731	1763	31,86
Pb	M1	2,342	40	25822	14605	235	22,4

Diagramm: Intensitäts-Energieabhängigkeit der detektierten Elemente der Messung Metall 1 Zaun

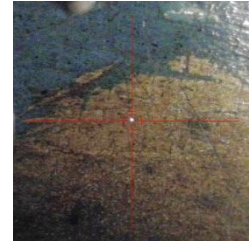


Metall 2 Wolke

Beschreibung:

Metall der wolkenartigen Darstellung auf dem blauen Lack Hintergrund.

Abbildung: Messpunkt 1 des Metalls der Wolken auf der Vorderseite des Vorsatzbretts.



Fragestellung

- Welches Metall wurde für die goldenen Wolken an der blauen Lackarbeit verwendet?

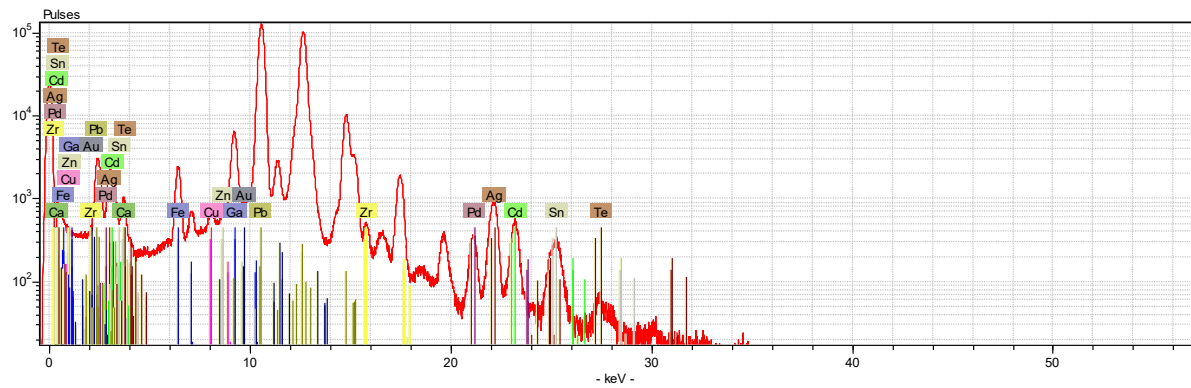
Interpretation

Detektiert wurde Kupfer (Cu) mit ~23% und Zink (Zn) mit ~3,23%. Dann sind weniger starke Detektionen von Gold (Au) mit ~0,19% und Silber (Ag) mit ~0,14% festzustellen. Der Kupfer Gehalt in Verbindung mit Zink sowie eine in Augenscheinnahme deuten auf das Vorliegen von **Messingstreupartikel** hin.

Tabelle: Qualitative Elementidentifizierung und quantitative Gehaltsbestimmung von Messung Metall 2 Wolke

Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi
Ca	K12	3,692	40	23305	12847	221	0,73
Fe	K12	6,405	40	64256	19991	323	3,25
Cu	K12	8,046	40	933867	37858	1005	86,35
Zn	K12	8,637	40	131188	44234	469	27,47
Ga	K12	9,251	40	1	47835	309	18,96
Ga	L1	1,098	40	453	16355	182	47,75
Zr	K12	15,775	40	12277	14680	204	70,23
Pd	K12	21,177	40	4160	46	65	8530,34
Pd	L1	2,838	40	1	13878	167	10,61
Ag	K12	22,163	40	5973	38	78	45,5
Ag	L1	2,983	40	1	13360	163	2,48
Cd	K12	23,173	40	3701	17	61	1719,98
Sn	K12	25,271	40	4772	8	69	260,79
Sn	L1	3,444	40	220	13288	164	8,12
Te	K12	27,473	40	3884	1277	80	9,11
Au	L1	9,713	40	8348	48189	324	48,92
Au	M1	2,123	40	279	14275	170	1,5
Pb	L1	10,551	40	2845606	48061	1715	127,55
Pb	M1	2,342	40	14304	14077	206	7,63

Diagramm: Intensitäts-Energieabhängigkeit der detektierten Elemente der Messung Metall 2 Wolke



Kalibrierung

Beschreibung:

Kalibrierung des Messgeräts.
Hintergrundmessung.

Tabelle: Qualitative Elementidentifizierung und quantitative Gehaltsbestimmung der Messung Kalibrierung

Element	Line	Energy/keV	Cycl.	Net	Backgr.	Sigma	Chi
Cu	K12	8,046	40	8485230	58441	2933	23744,76
Sn	K12	25,271	40	69516	2925	275	199,12
Sn	L1	3,444	40	27408	20313	261	14,29

Diagramm: Intensitäts-Energieabhängigkeit der detektierten Elemente der Messung Kalibrierung

