

8. NATURWISSENSCHAFTLICHE UNTERSUCHUNGEN AN DEN GLÄSERN DER LATÈNE-KULTUR DURCH DIE ENERGIEDISPERSIVE RÖNTGENFLUORESZENZ-ANALYSE

Eine vollständige Analyse des Fundmaterials ist derzeit durch die Anwendung unterschiedlicher Untersuchungsverfahren unter der Mitarbeit von Vertretern einer Reihe von Wissenschaftsdisziplinen möglich. Es entsteht also die Notwendigkeit einer engeren Zusammenarbeit zwischen den Vertretern der Geistes- und der Naturwissenschaften. Die Ergebnisse der Untersuchungen dieser verschiedenen Disziplinen müssen miteinander vergleichbar und zueinander in Beziehung zu setzen sein. Die Zusammensetzung der Funde aus Werkstoffen wie Glas, Ton, Bronze und Eisen soll in der grundsätzlichen Charakteristik der Artefakte enthalten sein. Es besteht eine Reihe von physikalisch-chemischen Methoden, mit denen die chemische Zusammensetzung der Fundstücke bestimmt werden kann. Im Hinblick auf die Besonderheiten des untersuchten Materials ist es allerdings (als ein wesentliches Hindernis) notwendig, analytische Verfahren anzuwenden, bei denen keine größeren Probekörper entnommen werden dürfen und mitunter auch keine Probenvorbereitung derselben auf mechanischem Wege erforderlich ist.

Bei den Untersuchungen am Glas stellt die Analyse der chemischen Zusammensetzung einen getrennten Zweig der Forschungen dar. Angewendet werden sowohl diverse analytische Verfahren als auch verschiedene Methoden der Auswertung ihrer Ergebnisse. Dies bewirkt einerseits, dass die Vergleichbarkeit der durch verschiedene Untersuchungen erzielten Ergebnisse nicht immer ohne weiteres vorhanden ist, andererseits werden aber die Untersuchungsmethoden immer wieder weiter entwickelt, und Forscher suchen stets nach neuen Verfahren zur Auswertung der Analyseergebnisse. Eine Diskussion über die archäologischen und

technischen Fragen bezüglich des altertümlichen Glases hängt nach J. HENDERSON (1989, 30–31) mit drei grundlegenden Forschungsrichtungen zusammen. Eine davon ist die Erschließung der bei der Glaserschmelzung verwendeten Rohstoffe sowie die Bestimmung ihrer Herkunft auf dem Wege der chemischen Analysen. Die zweite Richtung ist die Rekonstruktion der Verfahren, mit welchen die Glasfarbe durch die Ofenatmosphäre und die Schmelzdauer verändert werden konnte. Die dritte Richtung ist die chemische Charakteristik der Glasgegenstände mit Bezug auf ihren Herstellungsort. Dieser Forschungsrichtung liegt die Annahme zugrunde, wonach die Verwendung eines bestimmten Rohmaterialsatzes von den vorgeschichtlichen Glasmachern bewirkt, dass die chemische Zusammensetzung eines Glasfundes nicht nur über den Zeitpunkt, sondern auch über den Ort seiner Herstellung Aufschluss geben kann. Seit den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts kommen bei den Studien an archäologischen Gläsern immer effizientere, genauere und schnellere und damit auch billigere Untersuchungsverfahren zum Einsatz (siehe TITE 1972, 257–305; HENDERSON 1989, 31–33; NEWTON, DAVIDSON 1989, 192–196).

Eine der zur Zeit häufig verwendeten Methoden ist die energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (EDRFA). Dieses Verfahren wurde benutzt, um eine Serie von Glasfunden der Latène-Kultur im Rahmen des vom österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt Nummer P12526) finanzierten Projektes in Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Ur- und Frühgeschichte in Wien und dem Atominstitut in Wien¹¹⁷ zu untersuchen. Die grundlegenden Anforderungen und Ziele

¹¹⁷ Koordinator des Projektes war Prof. Dr. G. Trnka. Die Messungen und rechnerischen Ermittlungen wurden von DI G. Halmetschlager, C. Jokubonis und DI S. Zamini unter der wissenschaftlichen Obhut von Prof. Dr. P. Wobrauschek durchgeführt.

Tabelle 4: Konzentrationen von Schwermetallen ($Z > 22$) in den nach der Methode der energiedispersiven Röntgenfluoreszenz-Analyse analysierten Gläsern (Werte in ppm).

Die Analysenummern entsprechen den Fund-Nummern in den Katalogen 1–3.

Bestimmungskennzeichnungen: K – Glas des Körperteils, a – Bestimmung an ursprünglicher Oberfläche (z.B. Ka_1), b – Bestimmung am Bruch (z.B. Kb_2); V – Verzierungsglas, F – „Folien“-Glas. Falls der Körper oder die Verzierung aus zwei Glasarten erzeugt sind, bezieht sich die dem Buchstaben vorangehende Zahl auf die Glasart in der Reihenfolge, wie sie in der Fundbeschreibung des Katalogs befolgt wird (z.B. 1K, 2V).

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
001	Kb ₁	74	10081	6603	1295	41	1000	83	34	31	1327	134	502	137	< DL	2718
	Kb ₂	85	11385	5412	1482	52	1027	69	23	31	1142	79	223	< DL	335	2557
015	Ka	56	9095	6252	1851	81	2429	124	35	42	1345	124	65	743	< DL	113
	Ka ₁	55	3754	8396	1224	65	3572	120	32	22	986	89	52	364	< DL	820
016	Ka ₂	69	3491	9320	1261	73	3418	113	37	21	958	89	86	342	< DL	753
	Kb	62	3667	9433	1245	65	3748	134	29	21	994	98	61	318	< DL	792
045	Ka ₁	58	264	4308	1141	50	1659	36	24	15	575	53	29	227	< DL	160
	Ka ₂	74	324	5218	1399	61	2056	40	30	22	712	69	39	230	< DL	201
053	Kb	66	262	4502	1123	47	1610	46	22	17	467	37	16	85	< DL	145
	Ka ₁	70	861	5595	1058	64	2852	189	25	25	1042	68	49	120	< DL	204
055	Ka ₂	93	773	7795	1393	101	3389	355	31	32	1400	77	54	104	793	126
	Ka ₁	58	318	3706	843	41	1349	65	24	33	988	107	25	139	< DL	50
060	Ka ₂	59	397	4248	925	40	1485	86	27	33	927	73	33	48	< DL	49
	Ka ₁	46	3993	7145	2055	88	4719	108	27	11	705	61	41	77	< DL	124
073	Ka ₂	55	3256	6114	1670	68	4187	115	21	14	637	54	49	107	< DL	107
	Kb ₁	95	3901	7528	2071	68	5306	196	38	25	1357	141	164	267	< DL	204
074	Kb ₂	80	4314	8936	2512	93	6310	198	34	25	1287	120	134	190	< DL	209
	Ka ₁	52	20937	2824	384	57	660	61	22	41	1137	66	21	43	< DL	146
077	Ka ₂	73	19732	3141	371	62	477	65	11	41	1072	63	< DL	< DL	< DL	98
	Kb ₁	46	20028	2863	373	57	704	68	24	45	1336	80	< DL	85	< DL	179
085	Kb ₂	50	19570	2798	381	62	697	66	28	38	1354	84	39	44	< DL	212
	Kb ₁	67	19169	7771	2715	239	4273	151	33	28	1358	138	173	6887	1285	1787
091	Kb ₂	138	19117	8349	2301	190	3586	146	34	30	1086	113	139	2914	1104	2020
	V	77	16857	11539	1747	157	3143	98	111	54	1680	177	225	3813	1437	80875
092	Ka ₁	92	2875	8180	1256	38	1491	50	25	40	748	57	16	79	< DL	53
	Ka ₂	73	2792	7845	1268	37	1679	52	27	42	736	54	15	53	229	53
093	Ka ₁	79	170	4213	22	< DL	40	29	24	13	411	278	< DL	11552	< DL	154
	Ka ₂	95	160	5274	41	20	105	28	21	13	470	300	< DL	10613	< DL	187
099	Kb ₁	111	216	6531	< DL	< DL	68	47	40	23	579	391	35	11904	< DL	216
	Kb ₂	108	204	5759	87	< DL	130	44	32	20	548	396	36	11781	< DL	231
092	V ₁	83	171	8273	1950	151	2007	95	23	13	539	386	103	7229	< DL	568
	V ₂	82	227	8778	1956	152	1961	97	25	21	494	338	75	7717	< DL	538
092	Ka	68	117	4798	38	16	38	24	14	11	480	219	< DL	7949	< DL	287
	Kb ₁	77	118	4716	< DL	< DL	47	37	19	10	442	230	35	9915	< DL	252
093	Kb ₂	64	129	4601	23	< DL	49	37	21	13	590	273	< DL	10369	< DL	326
	Kb ₁	102	163	4500	< DL	< DL	35	35	11	6	336	226	< DL	12755	< DL	646
093	Kb ₂	141	323	6454	< DL	21	39	52	12	10	407	297	< DL	22801	< DL	743

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
096	Ka	84	132	4582	< DL	14	73	29	< DL	487	406	< DL	43	7432	< DL	5835
	Kb	84	156	4754	23	< DL	62	20	< DL	449	362	42	34	5933	< DL	5731
097	Ka ₁	94	119	8943	39	< DL	53	14	14	380	315	< DL	< DL	29923	< DL	74
	Ka ₂	101	138	10066	72	16	94	14	18	422	354	< DL	< DL	30632	< DL	82
	Kb	77	110	7516	45	< DL	42	8	< DL	339	306	< DL	< DL	38356	< DL	213
	V ₁	130	216	10264	3585	133	2458	83	22	583	589	< DL	43	23250	< DL	25285
104	V ₂	140	257	10835	3763	138	2725	79	37	562	536	48	38	17077	< DL	25951
	Ka ₁	62	8427	4568	1329	60	2011	62	19	684	67	< DL	47	39	237	105
105	Ka ₂	60	7639	4450	1176	51	1862	60	20	690	67	19	50	72	208	102
	Kb	66	7628	4646	1214	60	2051	69	22	756	81	< DL	60	51	321	119
	Ka ₁	54	7540	5155	1374	77	2193	100	40	1096	87	< DL	62	123	< DL	84
	Ka ₂	60	7343	5133	1339	70	2011	99	32	1062	87	< DL	51	162	< DL	78
106	Kb ₁	52	8093	5603	1437	78	2196	113	38	1106	83	< DL	39	32	< DL	83
	Kb ₂	44	7268	4757	1337	77	2107	108	38	1264	105	< DL	68	191	< DL	76
111	Kb ₁	61	26009	6103	1490	78	2679	141	32	1589	123	< DL	56	460	1836	2690
	Kb ₂	58	18957	4433	1040	46	2034	105	30	1369	119	< DL	46	600	1488	2371
124	Ka	92	210	5541	1186	48	2032	74	32	933	76	< DL	31	132	< DL	56
	Kb ₁	81	216	6405	1337	59	2208	68	38	931	59	< DL	< DL	31	< DL	68
128	Kb ₂	86	210	5749	1146	51	1888	63	34	887	80	27	23	45	306	48
	Ka ₁	53	144	3789	1011	39	1448	70	21	573	41	< DL	14	69	< DL	87
132	Ka ₂	70	165	4340	1122	48	1599	80	22	628	41	< DL	19	110	< DL	70
	Kb	49	164	4895	1377	52	2137	71	28	836	58	29	16	151	< DL	265
133	Kb ₁	129	214	11891	1547	77	3350	87	31	631	582	< DL	103	7548	< DL	2936
	Kb ₂	220	505	14219	1208	83	2773	145	29	515	506	< DL	98	7666	< DL	2280
145	Kb	50	318	4634	1280	67	2024	49	17	621	52	< DL	15	< DL	264	75
	Ka	84	6999	13750	5541	159	6196	147	46	1294	93	< DL	79	599	857	216
146	Kb	134	5569	13641	4198	144	5110	124	39	939	86	36	40	1421	417	215
	Ka ₁	56	2390	5963	1635	66	3054	90	31	846	88	37	53	507	277	4693
157	Ka ₂	52	2020	4977	1401	59	2656	77	27	684	72	24	54	514	< DL	3775
	Kb	78	2238	6447	1486	64	2809	74	24	740	79	< DL	39	782	< DL	4906
159	Ka ₁	94	119	8357	1365	46	2873	150	12	404	324	< DL	66	80	< DL	129
	Ka ₂	93	168	9179	1279	52	2802	154	14	423	346	< DL	82	44	< DL	129
160	Kb	86	156	9391	1473	60	3119	152	10	386	304	< DL	52	57	< DL	129
	Kb ₁	92	163	10137	516	22	2175	152	23	544	301	< DL	148	198	< DL	157
161	Kb ₂	122	209	10349	484	28	2060	173	25	499	273	< DL	117	133	< DL	155
	Ka ₁	110	1112	6866	1332	83	2358	107	33	1249	92	< DL	< DL	< DL	< DL	75
164	Ka ₂	57	1045	5119	1296	60	2175	84	37	1089	84	< DL	33	250	< DL	82
	Kb ₁	42	647	4679	1228	45	2014	69	34	1039	78	< DL	22	67	< DL	73
167	Kb ₂	66	789	6189	1430	62	2354	102	39	1182	86	< DL	30	204	< DL	92
	Ka	55	4808	2925	< DL	22	58	47	25	782	104	< DL	< DL	19230	< DL	130
166	Kb	58	5453	3224	24	20	51	50	27	710	82	< DL	< DL	10704	355	141
	Ka ₁	49	5543	3059	23	14	79	39	42	855	86	< DL	< DL	18223	480	217
167	Ka ₂	53	5322	2842	< DL	< DL	85	44	39	841	81	< DL	< DL	19422	< DL	196
	Ka	74	4878	4284	< DL	18	86	53	36	848	90	< DL	20	18845	< DL	284
168	Kb ₁	48	5438	3098	24	< DL	86	47	39	799	71	< DL	< DL	11492	548	227
	Kb ₂	148	4935	6673	< DL	24	83	64	41	777	72	39	< DL	9074	< DL	217
169	Ka ₁	44	8297	5333	1576	95	3894	135	7	944	49	< DL	13	5	< DL	174

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
167	Ka ₂	49	10021	5848	1702	90	3917	12	12	943	52	< DL	42	189	< DL	176
	Kb	55	9534	6153	1661	88	4046	11	16	1035	56	< DL	32	193	< DL	201
168	Ka	50	5691	10065	2167	64	5401	159	55	1390	116	< DL	< DL	< DL	< DL	162
	Kb	45	6558	10133	2127	49	5671	173	63	1751	159	< DL	50	497	< DL	190
194	Ka	48	318	5112	1523	67	2436	53	39	930	100	< DL	67	94	< DL	236
207	Ka ₁	52	2379	8930	1401	39	2893	216	22	1274	89	< DL	39	202	< DL	45
	Ka ₂	44	2149	7923	1259	22	2563	188	21	1195	86	< DL	35	210	< DL	42
222	Kb	46	2482	9210	1440	37	2920	203	18	1201	68	< DL	< DL	< DL	452	43
	Kb	60	3842	10633	835	34	3274	561	31	805	88	< DL	28	24	< DL	120
230	Ka ₁	40	656	5959	1235	92	2911	183	27	1154	71	< DL	54	< DL	< DL	185
	Ka ₂	44	881	6132	1194	79	2807	189	33	1134	71	< DL	80	116	< DL	187
	Kb	30	703	5739	1150	77	2806	195	36	1275	85	< DL	73	107	< DL	206
	Ka ₁	41	4955	1935	18	16	40	40	27	710	52	< DL	< DL	12800	< DL	98
239	Ka ₂	41	5258	2012	< DL	18	38	29	28	695	47	< DL	16	10765	< DL	106
	Kb	56	7652	2964	< DL	22	60	64	49	1171	75	< DL	17	13900	418	161
	Ka ₁	36	5857	2173	34	25	91	23	35	703	63	57	44	6327	< DL	26996
	Ka ₂	37	6437	2369	25	27	87	24	34	738	64	79	47	5762	211	27944
	Kb ₁	39	7204	2489	20	25	92	16	33	764	77	95	51	5614	< DL	31487
	Kb ₂	41	7363	2625	27	22	91	15	39	825	74	90	42	6288	224	32097
	Kb ₃	38	6300	2432	31	25	97	36	37	848	89	64	40	6594	333	31780
	Ka	57	7418	6777	2155	91	4093	60	35	1036	100	< DL	82	136	< DL	86
245	Kb	46	6551	6244	1945	71	3855	48	38	1189	129	< DL	67	109	< DL	95
	Kb ₁	50	6731	6172	1981	107	3744	52	18	1195	106	< DL	30	< DL	651	69
246	Kb ₂	62	7486	6802	2073	87	3058	85	22	954	83	26	38	95	483	65
	Ka ₁	53	6656	6353	2006	90	3951	40	25	1134	114	< DL	34	< DL	562	241
247	Ka ₂	49	6472	6145	1976	92	3751	39	24	981	90	< DL	23	< DL	521	78
	Kb	54	6942	6448	2059	78	3944	55	35	1076	104	< DL	59	102	350	98
	Ka ₁	55	4848	7122	2858	91	3913	70	36	1027	103	< DL	123	143	< DL	126
	Ka ₂	65	4829	7642	2936	103	3987	69	34	1019	97	< DL	120	196	< DL	141
	Kb ₁	55	5395	9996	3110	106	4560	72	40	1129	97	< DL	83	26	< DL	171
	Kb ₂	74	5165	8565	3059	105	4389	70	36	1090	99	< DL	86	58	350	150
255	Kb ₁	43	247	3831	1183	68	2029	52	18	632	51	< DL	14	< DL	< DL	35
	Kb ₂	46	375	4614	1380	66	2364	78	23	763	48	< DL	< DL	< DL	< DL	38
	Ka ₁	46	174	2784	< DL	10	34	13	29	877	73	< DL	< DL	< DL	< DL	24
	Ka ₂	53	181	2912	19	25	50	17	38	1104	90	< DL	< DL	< DL	< DL	16
	Kb ₁	45	188	2473	< DL	10	31	23	30	840	80	33	20	191	< DL	19
	Kb ₂	51	212	3138	19	17	39	20	27	812	55	< DL	< DL	< DL	685	29
264	V ₁	205	169	7930	73	63	173	25	129	1751	227	< DL	449	4746	781	122014
	V ₂	211	202	8656	57	56	174	14	124	1828	275	409	156	4871	< DL	132936
	Ka	80	2299	6342	1200	76	1574	72	18	753	87	< DL	46	7	< DL	115
	Kb ₁	65	2073	5597	1257	77	1816	68	19	903	148	< DL	64	189	< DL	121
	Kb ₂	67	2111	5742	1221	74	1789	63	17	797	93	< DL	50	69	< DL	114
	V	149	1630	12821	747	100	1240	70	56	< DL	1018	173	103	115	1665	< DL
	Ka ₁	55	4020	7143	2003	112	3614	104	49	1346	175	< DL	327	< DL	< DL	445
	Ka ₂	70	3357	6468	1634	100	3053	86	40	1053	142	< DL	312	240	< DL	314
267	Kb	85	3805	7837	1732	105	3261	98	43	895	107	< DL	190	120	< DL	323
	Ka ₁	58	4627	5186	1030	68	2222	139	29	1107	88	< DL	57	217	< DL	118

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
273	Ka ₂	58	4778	5487	1099	69	2276	28	38	1148	88	< DL	53	228	< DL	129
	Kb	45	4338	4720	972	61	2150	24	36	1094	91	< DL	43	210	< DL	209
275	Ka ₁	32	184	4779	1480	50	2250	39	38	1108	82	< DL	49	150	< DL	57
	Ka ₂	42	171	5242	1623	72	2477	35	46	1318	96	< DL	< DL	< DL	< DL	37
	Kb	35	197	5733	1798	56	2836	101	47	1427	106	< DL	39	48	< DL	50
	Ka ₁	61	9837	8619	1840	92	3584	32	41	1053	77	< DL	77	1215	1004	15067
278	Ka ₂	55	11005	9245	2155	118	4054	34	21	1021	73	< DL	60	960	1116	15403
	Kb	51	9564	9401	1946	101	4079	41	44	1104	84	45	77	1157	894	14897
280	Ka	45	12967	3869	1053	60	2145	19	23	594	56	< DL	18	135	226	682
	Kb ₁	46	12624	3747	1012	54	1772	20	26	698	75	< DL	37	164	< DL	655
	Kb ₂	65	13638	4445	1111	70	1914	15	23	604	59	< DL	13	< DL	396	621
	Ka	73	1932	10966	2029	112	4095	35	35	1597	91	< DL	57	265	424	1642
284	Kb	50	2098	11008	2122	83	4340	37	37	1500	85	44	60	434	< DL	1621
	V ₁	237	1316	15912	1181	52	2566	147	61	1488	130	< DL	99	10348	< DL	2022
	V ₂	234	1201	16836	1027	78	2266	150	35	64	1344	128	89	10482	< DL	1905
	V ₃	245	1281	17791	1130	68	2512	163	40	1433	132	< DL	82	10676	< DL	1986
292	Ka ₁	88	124	10782	1820	93	4311	244	13	797	643	< DL	97	< DL	< DL	217
	Ka ₂	138	247	14089	1831	75	3852	276	14	505	374	26	68	91	< DL	179
298	Kb	102	196	11486	1475	50	3392	206	33	545	466	< DL	81	192	< DL	177
	Kb	64	2779	7171	1854	92	2648	59	32	794	80	< DL	74	734	< DL	763
306	Ka ₁	49	3224	2701	< DL	13	55	43	27	757	75	27	< DL	17603	458	209
	Ka ₂	49	3311	2718	24	20	53	38	45	768	75	< DL	< DL	17867	656	208
307	Kb	47	3115	2590	< DL	< DL	42	34	34	684	57	< DL	< DL	8481	< DL	211
	Ka ₁	41	3331	2742	< DL	< DL	50	35	41	976	104	< DL	< DL	23853	559	231
311	Ka ₂	46	3003	2536	< DL	< DL	52	34	39	923	103	< DL	< DL	25389	< DL	214
	Ka	40	1557	2932	1848	70	1484	49	< DL	795	79	< DL	84	2658	< DL	6149
312	Kb	72	2073	5252	2174	83	1966	60	31	1034	86	< DL	49	1208	< DL	10360
	Ka	86	388	6522	1048	46	1328	194	28	730	62	< DL	16	75	< DL	34
	Kb ₁	80	604	6757	1238	48	1773	81	42	1140	91	< DL	27	112	< DL	46
	Kb ₂	43	429	3690	953	29	1229	41	25	649	41	31	< DL	80	243	29
313	Ka ₁	42	2672	5215	1256	50	2203	43	35	851	86	< DL	63	810	< DL	100
	Ka ₂	50	1316	5337	1381	77	2247	27	30	891	79	< DL	26	345	518	91
319	Kb ₁	97	2267	7821	1398	53	2469	49	33	864	93	51	43	448	< DL	124
	Kb ₂	48	1813	6557	1718	76	2915	54	36	1228	111	< DL	59	1296	< DL	150
	Ka	115	135	10460	1383	76	3077	154	10	450	381	< DL	59	< DL	< DL	121
	Kb ₁	80	158	9474	1481	54	3446	185	17	579	468	< DL	91	138	< DL	172
323	Kb ₂	102	114	9757	1496	44	3330	181	15	523	444	< DL	134	124	< DL	246
	Kb	46	1131	2837	869	38	1631	36	20	454	55	< DL	66	35	< DL	62
325	2V	50	1578	6400	799	68	1257	37	70	845	135	157	156	2782	526	69228
	Kb ₁	63	9469	7340	1986	96	2868	210	43	1166	110	< DL	102	174	821	258
334	Kb ₂	94	10698	8879	2168	105	3133	244	49	1175	102	< DL	81	230	883	271
	Ka ₁	39	2009	8734	875	28	3317	433	31	932	99	< DL	< DL	220	< DL	151
	Ka ₂	46	2638	11408	1094	49	4178	568	24	1017	81	26	27	100	< DL	231
	Ka ₃	45	2686	11452	1098	37	4104	519	38	942	90	< DL	< DL	< DL	< DL	135
	Ka ₄	42	1966	8774	882	27	3359	455	17	1030	113	< DL	< DL	377	< DL	167
	V ₁	95	1311	11588	534	46	1853	320	31	874	113	< DL	< DL	15971	775	6434
	V ₂	35	1321	11121	562	44	1844	277	36	873	123	< DL	< DL	18130	718	6063

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
335	Ka ₁	53	4048	10241	3049	161	4218	101	32	1405	129	< DL	88		644	1514
	Ka ₂	129	4772	12684	2948	156	4516	181	31	47	1209	136	< DL	41	231	< DL
	Kb	76	3530	9540	2248	117	3186	132	30	940	103	< DL	75	159	486	963
340	Ka	79	134	8957	1367	69	2996	163	15	9	388	303	< DL	48	55	< DL
	Kb	107	140	10455	1637	73	3750	208	21	25	502	380	< DL	49	4	< DL
341	Kb	159	178	7295	755	25	1229	95	18	462	238	< DL	22	21	< DL	26
346	Ka ₁	33	2955	5032	1638	87	3265	61	16	22	473	53	< DL	27	51	< DL
	Ka ₂	50	3433	6002	1912	97	3777	73	14	30	512	62	< DL	32	36	< DL
	Kb ₁	42	4094	6932	2242	115	4410	80	20	31	568	68	23	29	105	< DL
	Kb ₂	45	3928	6635	2167	111	4384	80	20	31	587	66	< DL	27	78	< DL
	V ₁	61	3282	8668	1719	92	2744	43	50	36	809	131	< DL	1167	< DL	41007
358	V ₂	60	3725	9384	1960	110	3120	45	49	39	798	124	< DL	1190	< DL	44727
	Ka ₁	52	1287	10602	1151	39	3616	307	25	29	845	62	21	21	144	< DL
	Ka ₂	46	1162	9679	1115	23	3469	285	25	33	912	76	< DL	24	116	< DL
	Kb ₁	48	1278	10556	1207	34	3895	336	28	42	1127	100	< DL	43	192	< DL
	Kb ₂	39	997	9455	952	< DL	3101	289	25	51	1009	124	< DL	42	213	< DL
362	Ka	73	80	6256	786	41	1780	92	10	5	277	226	< DL	43	44	< DL
	Kb	80	253	6719	699	29	1628	111	9	10	310	259	< DL	33	230	< DL
364	Ka	66	8122	7894	2271	98	2690	111	27	36	1046	107	< DL	78	142	< DL
	Kb	90	9101	9228	2593	104	3833	166	25	40	1394	170	< DL	99	211	< DL
373	Ka	89	26596	11231	3744	204	5592	312	27	36	1551	100	< DL	105	988	< DL
	Kb ₁	172	20915	10366	3068	157	4916	259	30	27	1464	119	< DL	128	1271	< DL
	Kb ₂	83	17804	7132	2551	111	3881	151	20	22	885	45	33	37	325	< DL
374	Kb	41	6056	3674	947	32	1162	277	25	30	870	63	< DL	35	132	458
376	Ka	64	4795	7592	2147	62	2913	103	36	32	882	70	< DL	43	163	501
	Kb	51	4368	8322	2442	88	4269	123	58	49	1416	129	< DL	49	168	< DL
377	Ka	113	7469	9253	1975	112	4593	205	14	17	980	62	< DL	64	223	< DL
	Kb ₁	75	7341	7710	2039	98	4689	181	13	17	916	72	< DL	56	267	< DL
	Kb ₂	113	7361	8761	2012	107	4754	191	13	15	1024	71	25	63	224	< DL
380	Ka ₁	49	1443	7398	1501	62	2876	102	23	20	819	47	< DL	47	333	< DL
	Ka ₂	39	1252	6466	1324	60	2607	93	22	20	783	46	< DL	41	319	< DL
	Kb ₁	54	1683	8943	1768	75	3609	126	30	25	1129	58	35	42	267	< DL
381	Kb ₂	51	1439	7815	1503	57	3037	112	23	24	965	57	< DL	49	250	< DL
	Kb ₁	53	1397	7632	1495	67	3276	114	27	22	1007	61	25	48	604	< DL
	Kb ₂	93	1679	10148	1719	80	3594	128	32	31	1094	68	< DL	33	367	< DL
383	Ka ₁	47	1875	10345	2087	82	4146	143	38	32	1292	64	< DL	36	313	< DL
	Ka ₂	92	2376	12613	2403	102	4506	155	56	35	1214	74	< DL	< DL	82	< DL
	Kb ₁	86	2233	11653	2157	88	4284	158	37	35	1408	73	< DL	63	385	< DL
	Kb ₂	91	1730	11907	1825	72	3843	183	34	46	1538	123	< DL	97	605	< DL
	Ka ₁	42	4499	6279	3235	132	4559	81	33	41	1321	87	< DL	81	463	< DL
387	Ka ₂	52	4827	6684	3497	139	5001	88	44	39	1721	124	< DL	173	410	< DL
392	Kb	49	1562	4966	1001	86	2877	157	17	26	913	60	< DL	14	< DL	372
397	Ka	88	143	4134	< DL	< DL	43	28	38	12	462	334	< DL	< DL	11327	< DL
398	Kb	85	161	4458	< DL	< DL	53	37	35	18	529	350	< DL	< DL	11613	< DL
	Ka ₁	75	137	5734	41	< DL	60	29	16	< DL	467	353	< DL	35	2227	< DL
399	Ka ₂	85	152	6533	34	< DL	46	36	20	10	531	382	< DL	< DL	17414	< DL
	Kb ₁	109	178	5207	< DL	14	44	34	36	14	395	279	< DL	< DL	7738	< DL
	Kb ₂	78	157	4728	< DL	< DL	40	31	34	10	380	270	< DL	17	6156	< DL

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
402	Ka	50	2078	8421	3531	131	5409	52	41	1151	119	< DL	51	108	< DL	281
	Kb ₁	61	1829	8129	2952	100	4500	40	31	810	83	42	49	140	< DL	201
	Kb ₂	67	1787	7842	3097	116	4568	70	48	966	119	< DL	70	162	< DL	225
403	Ka ₁	84	6627	7874	2181	87	3830	37	39	1299	136	< DL	83	204	< DL	156
	Ka ₂	60	5954	7170	1983	91	3513	43	22	967	85	< DL	< DL	< DL	512	120
	Kb	55	5374	6447	1765	86	3210	35	21	968	110	< DL	< DL	< DL	465	116
412	Kb ₁	61	9369	7011	1520	62	1732	84	31	40	1119	29	22	179	< DL	1250
	Kb ₂	56	8897	5971	1461	75	1528	62	25	1259	83	< DL	< DL	< DL	577	521
413	Kb ₁	85	13795	6620	1509	87	2873	159	22	644	59	< DL	53	< DL	1047	299
	Kb ₂	176	12325	8489	1388	109	2837	211	30	932	108	< DL	99	< DL	817	324
414	Kb	73	2781	8518	2879	106	4951	73	26	1005	92	< DL	65	188	< DL	164
	Ka	53	5895	8148	2104	85	2696	69	35	1229	104	< DL	25	< DL	395	174
421	Kb ₁	136	4911	8346	1474	35	1844	62	39	1044	106	< DL	46	109	< DL	152
	Kb ₂	83	6309	8522	1928	54	2337	58	43	1038	82	30	32	56	813	149
422	Ka ₁	52	1589	3773	2101	76	2517	49	16	512	47	< DL	28	72	< DL	62
	Ka ₂	44	1684	3988	2296	88	2849	52	22	647	59	< DL	22	46	< DL	73
425	Kb	56	2002	5056	2683	111	3301	58	20	675	64	< DL	30	< DL	< DL	80
	Ka ₁	37	8724	3324	38	36	138	46	52	1261	117	193	56	11829	< DL	51143
427	Ka ₂	44	10156	3604	< DL	29	92	56	33	1294	106	67	42	15461	1335	18639
	Ka	54	4538	8797	3929	137	5074	67	28	1304	106	< DL	89	< DL	457	120
431	Kb ₁	62	4325	8178	3729	113	5068	67	40	1488	146	< DL	213	480	< DL	128
	Kb ₂	61	4597	9276	3914	114	5344	77	45	1405	137	< DL	150	333	< DL	135
433	Ka	65	5583	8320	3355	110	4719	76	42	1186	109	< DL	136	117	< DL	157
	Kb ₁	68	5294	8454	3125	99	4397	72	36	1103	105	< DL	99	150	431	138
434	Kb ₂	51	5760	8427	3390	113	4790	69	38	1059	85	< DL	76	70	520	149
	Ka ₁	33	314	3662	1053	28	1426	49	38	1111	101	< DL	51	163	< DL	29
439	Ka ₂	54	330	3749	1139	37	1587	52	43	1316	109	< DL	31	151	< DL	39
	Ka ₃	39	342	3743	1070	35	1462	51	35	1097	96	< DL	36	105	< DL	28
440	Kb ₁	37	329	3940	1055	43	1419	48	29	777	52	29	< DL	< DL	< DL	24
	Kb ₂	26	283	3634	1062	32	1404	45	25	746	53	37	< DL	29	< DL	24
443	Ka	48	5916	5517	1673	66	3012	57	20	912	85	< DL	61	76	521	73
	Kb ₁	47	5531	5545	1488	60	2675	45	15	660	57	35	22	13	434	58
444	Kb ₂	51	4622	4472	1273	49	2356	45	20	771	93	< DL	40	129	388	62
	Ka	60	1255	8129	830	41	2252	206	14	677	54	< DL	< DL	539	< DL	21
446	Kb ₁	87	174	8602	611	31	1391	86	27	527	355	< DL	74	99	< DL	132
	Kb ₂	99	210	9082	603	24	1416	95	30	550	375	< DL	72	32	< DL	140
447	Ka ₁	73	188	9711	375	19	1406	89	17	567	230	< DL	43	455	< DL	363
	Ka ₂	67	154	9018	356	22	1265	68	17	611	256	< DL	< DL	288	< DL	377
449	Kb ₁	70	143	7975	292	15	1065	65	13	458	178	34	18	251	< DL	252
	Kb ₂	64	152	8113	312	< DL	1178	75	58	498	196	29	29	315	< DL	305
446	Ka	45	961	8053	910	20	2669	244	18	630	44	< DL	< DL	78	< DL	43
	Kb	52	1453	11525	1313	46	3795	339	28	865	65	36	< DL	157	< DL	63
447	Kb ₁	72	1935	6374	756	41	1841	79	10	717	78	< DL	< DL	932	309	368
	Kb ₂	52	2219	6276	876	30	2033	126	22	642	51	23	12	763	256	369
449	Ka	53	670	8072	1394	43	3704	328	39	1097	128	< DL	50	543	< DL	910
	Kb ₁	57	694	8534	1457	47	3559	301	28	715	73	44	20	160	< DL	679
452	Kb ₂	47	460	5898	1030	41	2665	226	18	617	72	60	25	245	< DL	552

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
449	Kb ₃	55	6635	1122	44	2759	236	17	18	543	54	36	< DL	157	< DL	540
451	Kb	146	251	10113	687	879	220	14	31	403	452	< DL	80	139	< DL	148
457	Kb ₁	95	206	10204	628	31	2311	115	17	518	363	< DL	134	802	< DL	237
	Kb ₂	130	211	9648	592	25	2088	103	21	398	259	< DL	100	161	< DL	198
	Kb ₁	115	156	5891	27	16	102	42	19	319	207	< DL	< DL	17371	< DL	55
461	Kb ₂	90	175	5798	104	18	208	48	26	388	236	< DL	< DL	15911	< DL	72
	V ₁	70	103	8277	1578	66	2127	144	22	394	261	< DL	36	6272	< DL	60
	V ₂	66	100	7796	1488	56	1973	133	25	377	249	< DL	42	8430	< DL	60
462	Ka ₁	96	16790	4086	< DL	46	73	50	32	1167	144	< DL	44	156	< DL	46
	Ka ₂	102	17433	3984	< DL	31	70	55	33	1284	143	< DL	< DL	27	< DL	43
465	Kb ₁	52	10471	6512	3012	123	2681	61	56	1362	88	< DL	67	82	< DL	141
	Kb ₂	50	10077	6511	2890	116	2532	60	55	1311	89	< DL	62	117	< DL	158
468	Kb ₁	91	5181	8947	2718	125	4274	162	17	524	62	< DL	31	< DL	376	174
	Kb ₂	134	5488	10389	2997	153	5036	267	24	737	74	< DL	< DL	< DL	< DL	236
492	Kb	323	308	18540	2905	196	3297	165	40	679	399	< DL	89	< DL	894	9467
526	Kb	156	15984	6005	27	17	157	56	19	1108	160	< DL	23	71	433	88
	Ka	95	3286	10728	2919	137	6192	119	45	1221	99	< DL	45	81	< DL	211
528	Kb ₁	121	3532	12107	3022	144	6639	135	43	1216	98	< DL	40	< DL	< DL	228
	Kb ₂	84	3240	10196	2782	137	5955	115	39	1133	94	< DL	42	57	< DL	213
	Kb ₃	77	2624	10308	2695	124	5604	112	40	1151	90	< DL	27	< DL	< DL	200
530	Ka	57	7279	4305	1420	56	1718	53	15	742	62	< DL	254	360	< DL	1353
	Kb ₁	58	9653	5462	1773	66	2160	69	22	913	73	25	254	450	< DL	1747
	Kb ₂	59	9260	5280	1688	55	2022	68	22	808	58	< DL	222	397	< DL	1575
	Ka ₁	57	11492	2403	< DL	26	15536	102	35	1242	91	< DL	589	255	< DL	530
532	Ka ₂	95	10784	2865	22	41	14810	109	35	1283	102	< DL	733	15	< DL	528
	Kb ₁	55	10282	2167	< DL	< DL	13967	96	42	1416	120	< DL	718	300	< DL	528
	Kb ₂	55	11193	2377	25	31	14819	81	32	1099	76	< DL	413	< DL	< DL	486
534	Kb	73	7269	3023	49	20	85	41	21	717	41	19	< DL	423	< DL	61
536	Kb	67	22183	7810	2330	77	1295	110	73	1958	129	53	520	131	< DL	4246
538	Kb	42	9274	1671	< DL	20	29	24	13	613	44	< DL	11	1526	223	36
	Ka ₁	53	8682	3633	105	44	10381	72	51	1381	109	100	73	7263	< DL	46445
544	Ka ₂	54	9115	3632	86	32	9064	61	42	1208	87	91	44	5853	309	36365
	Kb ₁	53	8212	3510	94	27	10578	75	50	1494	108	152	57	6575	< DL	49599
	Kb ₂	54	8530	3483	92	30	9321	80	49	1387	100	148	86	7927	< DL	40914
560	Kb	40	24625	2452	< DL	42	49	51	31	1240	62	30	< DL	1012	< DL	33
	Kb ₁	31	201	1784	< DL	29	15200	61	29	554	75	66	839	29	185	29112
561	Kb ₂	75	317	3309	< DL	31	16209	78	36	622	138	97	975	63	< DL	31905
	V	109	6100	5438	76	89	3198	67	193	427	46	1217	11089	< DL	2147	180804
562	Kb ₁	74	8415	7185	786	50	962	61	13	883	72	24	174	389	< DL	2413
	Kb ₂	81	7227	6486	679	31	810	58	11	785	81	< DL	386	397	< DL	2758
	Kb	55	35832	4015	130	100	189	85	30	1782	75	< DL	< DL	< DL	< DL	374
564	2V ₁	133	18701	5517	85	85	305	61	97	1751	163	< DL	4263	28	921	107537
	2V ₂	96	26809	6061	115	70	179	74	63	1972	159	149	2834	< DL	445	73684
	Ka ₁	56	12859	7541	905	37	1056	206	37	1407	107	< DL	347	187	< DL	2780
565	Ka ₂	55	12183	6783	851	35	980	55	26	1077	83	< DL	258	121	< DL	2325
	Kb ₁	67	13326	8160	905	41	1063	64	33	1210	95	< DL	234	233	< DL	2594
	Kb ₂	60	13728	7713	933	40	1318	73	23	1058	79	< DL	303	145	< DL	3673

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
567	Ka ₁	74	14350	6333	1991	68	1362	18	18	1144	82	26	579	143	< DL	3639
	Ka ₂	124	17812	8380	2257	92	1544	24	23	1392	114	< DL	842	42	< DL	7979
	Kb	58	11232	5022	1533	31	1033	72	< DL	966	89	< DL	1641	152	< DL	3019
570	Kb	54	242	3838	< DL	49	49	41	47	1594	141	58	46	78	< DL	53
	Ka	68	22364	7575	2072	93	1233	252	40	1806	126	< DL	622	< DL	< DL	4161
573	Kb	83	17359	5932	1618	69	840	82	26	1213	89	< DL	393	< DL	< DL	2720
	IV	107	20433	6789	1119	94	1077	101	86	3036	308	< DL	16176	1335	< DL	98642
586	Ka ₁	51	251	3555	< DL	14	48	28	29	905	71	28	< DL	29248	< DL	135
	Ka ₂	51	246	3439	< DL	< DL	59	33	37	894	75	24	< DL	32663	< DL	143
590	Ka ₁	76	3373	9460	1635	52	2872	86	39	1192	92	< DL	32	424	< DL	87
	Ka ₂	86	2941	9305	1542	51	2946	83	60	1439	123	< DL	32	2514	< DL	110
	Kb	86	3187	9858	1591	38	2954	84	41	1287	118	< DL	25	2165	< DL	187
591	Ka ₁	62	9400	9327	3495	220	5029	131	41	1212	97	< DL	144	298	472	1494
	Ka ₂	69	9436	9264	3485	210	5094	133	38	1236	101	< DL	164	476	531	1580
	Kb	75	10113	9457	3557	197	5633	148	45	1530	134	55	149	416	726	1652
603	Ka ₁	57	2349	10626	2292	103	4498	164	39	1855	112	< DL	116	912	< DL	1926
	Ka ₂	77	2150	11103	2425	100	5138	186	60	2465	164	< DL	148	1264	< DL	2201
	Kb	44	1984	10466	2252	87	4675	169	49	1716	96	< DL	82	532	< DL	1995
639	Ka	46	1211	399	< DL	< DL	13	7	3	126	7	< DL	6	1358	< DL	20
	Ka ₁	80	146	6494	1548	119	1523	69	17	321	219	< DL	64	1227	< DL	391
	Ka ₂	78	132	6279	1436	99	1467	94	18	432	316	< DL	136	2511	< DL	452
D01	Kb ₁	88	156	6959	1618	126	1631	77	15	378	272	29	100	1859	< DL	477
	Kb ₂	81	166	7446	1756	128	1741	83	14	326	202	21	47	825	< DL	428
	Ka ₁	50	2874	9096	448	36	3176	57	22	725	62	< DL	46	198	< DL	417
D02	Ka ₂	46	3056	8543	498	40	3550	74	23	811	67	< DL	45	229	< DL	467
	Kb ₁	39	3606	10217	564	46	4334	89	24	942	77	39	60	174	< DL	562
	Kb ₂	62	3152	9608	493	48	3769	82	24	896	84	< DL	57	230	< DL	496
D03	Kb ₁	77	8321	8670	2535	145	5744	157	25	1066	85	38	63	284	< DL	267
	Kb ₂	84	6198	7159	1872	98	4204	126	18	795	67	< DL	38	213	< DL	206
	Ka ₁	49	8042	4852	1201	61	4387	86	25	836	64	27	159	456	< DL	5990
D04	Ka ₂	48	8144	5056	1238	59	4533	73	25	906	70	< DL	154	474	< DL	6419
	Kb	47	8334	5258	1257	66	4952	79	21	880	61	< DL	114	328	< DL	6321
	Ka ₁	52	7624	7293	1534	59	1850	60	13	937	79	< DL	307	427	< DL	1642
D05	Ka ₂	74	11151	6908	2295	69	2703	106	34	1138	83	< DL	240	417	< DL	2229
	Kb	81	8097	5886	1709	56	2008	85	28	787	55	28	144	258	< DL	1627
	Ka ₁	47	13959	2145	22	44	232	43	20	847	58	< DL	27	302	< DL	164
D06	Ka ₂	55	14964	2395	35	52	253	50	20	862	58	< DL	23	286	< DL	171
	Kb ₁	59	16349	2932	21	64	288	53	27	1082	73	< DL	24	278	< DL	219
	Kb ₂	68	20777	3959	44	70	381	79	39	1737	122	< DL	26	679	< DL	321
D07	Ka ₁	80	131	4220	30	< DL	1319	40	20	411	275	< DL	< DL	24515	< DL	2503
	Ka ₂	87	156	4679	28	15	1409	42	21	409	260	< DL	< DL	19562	< DL	2588
	Ka ₃	94	150	4612	23	< DL	1388	43	23	520	372	< DL	< DL	32526	< DL	2863
D08	Kb	140	239	6291	32	< DL	1269	49	22	386	253	< DL	< DL	18746	< DL	2248
	V ₁	100	517	8421	2397	116	2516	88	22	406	259	53	29	14055	< DL	26168
	V ₂	109	1080	7663	1952	104	2144	81	24	344	244	< DL	< DL	14445	< DL	20909
D08	Kb ₁	84	168	4154	< DL	< DL	75	33	20	434	322	< DL	25	10926	< DL	143
	Kb ₂	97	165	4567	34	< DL	100	43	20	456	329	< DL	41	10805	< DL	147

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
D09	Ka ₁	75	144	4442	32	< DL	72	43	16	10	230	28	< DL	25182	< DL	337
	Ka ₂	107	145	4879	21	18	48	34	8	12	171	< DL	< DL	11565	325	193
	Kb	77	132	4678	24	< DL	44	39	22	13	388	< DL	< DL	16305	< DL	310
	V	138	161	7863	1082	74	1697	93	22	21	481	< DL	16	12253	< DL	2637
D10	Ka ₁	135	198	6412	21	19	53	55	23	12	438	< DL	26	2422	< DL	1216
	Ka ₂	100	125	4875	22	17	43	28	13	9	419	< DL	< DL	1832	< DL	1063
	Kb ₁	123	158	5719	< DL	15	59	51	23	8	421	< DL	26	2510	< DL	1004
	Kb ₂	89	118	4637	21	< DL	41	35	21	14	416	< DL	28	2811	< DL	917
D11	2V	109	124	4914	< DL	< DL	32	43	14	< DL	358	< DL	16	4700	< DL	218
	Ka	92	122	3567	21	< DL	86	25	7	7	234	< DL	< DL	5036	< DL	839
	Kb	84	132	4481	< DL	< DL	44	35	< DL	9	357	30	< DL	5213	< DL	699
	V ₁	68	148	13801	142	103	421	34	211	< DL	276	2061	1050	8137	< DL	264213
D12	V ₂	80	145	13918	143	106	572	35	209	< DL	279	2162	1049	7569	975	269799
	Ka	67	111	3098	< DL	< DL	34	24	27	10	366	< DL	< DL	13245	< DL	96
	Kb	83	166	4579	< DL	< DL	51	45	31	19	443	< DL	26	14902	< DL	108
	V	84	135	10506	1014	105	1410	69	24	16	341	< DL	37	10190	< DL	594
D13	Ka ₁	88	126	4671	< DL	< DL	53	48	19	16	385	< DL	22	26565	< DL	131
	Ka ₂	74	124	4367	< DL	< DL	43	33	18	16	356	< DL	< DL	23335	< DL	115
	Kb	82	145	4807	< DL	12	51	38	15	16	349	< DL	< DL	17738	< DL	84
	Kb ₁	54	311	3418	< DL	< DL	55	44	34	38	1236	38	< DL	30965	< DL	374
D14	Kb ₂	47	339	3886	< DL	< DL	53	41	28	45	1125	< DL	< DL	32179	428	331
	Ka ₁	43	189	2287	< DL	< DL	32	28	20	26	689	33	< DL	23883	< DL	208
	Ka ₂	41	210	2273	< DL	16	41	29	16	27	682	< DL	< DL	23998	< DL	200
	Kb	56	232	2891	< DL	< DL	46	33	22	36	942	< DL	< DL	23242	< DL	286
D15	Ka ₁	45	125	3419	< DL	38	47	55	11	13	712	< DL	< DL	52814	< DL	343
	Ka ₂	50	160	3909	< DL	41	41	48	14	19	669	< DL	< DL	22129	< DL	154
	Kb ₁	40	178	4498	< DL	57	53	51	23	27	894	< DL	< DL	35668	< DL	207
	Kb ₂	47	154	4678	42	64	55	59	18	25	975	< DL	< DL	42955	684	215
D17	Kb	48	1464	7577	1981	58	3984	88	38	19	630	61	24	51	< DL	69
D18	Ka ₁	79	96	4502	1279	77	1572	46	12	< DL	400	< DL	28	2392	< DL	4280
	Ka ₂	73	70	4076	1179	60	1157	33	14	< DL	304	< DL	35	2862	< DL	3203
	Kb	72	98	4047	1100	49	1358	48	23	< DL	366	26	65	3302	< DL	3836
	Kb ₁	130	214	7698	1088	43	2495	98	35	< DL	670	< DL	499	2807	< DL	2707
D19	Kb ₂	118	203	8081	1146	47	2320	74	23	11	467	< DL	184	1275	< DL	2248
	Ka ₁	56	282	2476	12	7	36	32	14	10	809	22	< DL	149	< DL	73
	Ka ₂	52	261	2183	< DL	< DL	20	17	13	9	856	< DL	19	222	< DL	40
	Kb ₁	52	269	2370	< DL	< DL	31	21	13	9	950	< DL	20	78	< DL	35
D20	Kb ₂	52	307	2676	< DL	12	26	26	15	12	1108	20	16	14	< DL	61
	Ka ₁	49	3045	8831	508	57	3641	62	16	19	801	< DL	37	< DL	< DL	451
	Ka ₂	56	2956	8594	457	48	3271	70	19	16	661	23	52	212	< DL	391
	Kb	41	3030	8232	465	36	3349	57	17	15	633	34	32	122	< DL	389
D22	Ka ₁	56	3248	2054	< DL	14	42	34	16	19	498	20	< DL	10863	< DL	101
	Ka ₂	56	3403	2190	14	17	40	34	16	19	493	17	12	10929	< DL	79
	Kb	50	5056	9290	1667	64	4222	125	35	32	842	75	28	31	147	114
	Ka	146	1028	13776	1321	42	3041	237	15	50	535	127	< DL	1964	< DL	201
D25	Kb	77	6815	6427	1911	80	3891	63	32	27	986	93	33	49	63	103
D26	Kb ₁	149	202	10013	1474	90	2084	70	49	< DL	549	126	194	5170	< DL	5171
	Kb ₂	169	186	9706	1381	85	1982	80	42	< DL	516	107	154	5041	< DL	45080

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
D27	Kb ₁	41	1853	4167	2338	81	2641	19	21	1006	86	< DL	95	1116	< DL	5151
	Kb ₂	37	2065	4395	2422	78	2663	16	28	988	77	< DL	71	919	< DL	4692
D28	Ka ₁	54	25638	2477	72	54	231	29	20	1596	80	< DL	18	129	< DL	26
	Ka ₂	41	22768	1948	60	43	176	46	15	1078	53	< DL	13	43	< DL	10
	Kb ₁	48	19970	1738	55	41	159	43	19	1032	51	< DL	< DL	67	< DL	< DL
	Kb ₂	43	25740	2374	75	53	209	68	15	1097	46	19	< DL	92	< DL	< DL
D29	Ka	57	3243	7958	2430	92	4712	136	51	1082	96	< DL	49	728	< DL	163
D30	Kb	41	3482	7652	2500	119	4777	141	38	957	90	< DL	85	774	< DL	270
	Ka ₁	59	1284	5060	1469	77	2237	84	21	639	71	< DL	28	115	< DL	503
D31	Ka ₂	60	1431	5103	1216	61	1925	71	25	781	86	< DL	22	75	< DL	613
	Kb	67	1559	5480	1305	67	2138	83	26	941	116	< DL	51	159	< DL	677
D32	Ka ₁	70	4852	8356	2022	99	3585	97	27	1147	85	< DL	164	1804	< DL	207
	Ka ₂	59	5031	8684	2162	106	3783	85	23	1187	78	< DL	108	1191	< DL	213
	Ka ₃	54	4749	7976	2001	82	3591	88	26	1173	88	< DL	166	1805	< DL	202
	Kb ₁	51	4331	7374	1875	87	3347	81	28	1163	91	< DL	163	1739	< DL	195
D33	Kb ₂	65	5529	9804	2330	104	4328	113	33	1411	103	< DL	163	1688	< DL	253
	Kb ₁	59	1208	5466	1306	68	1883	99	44	960	89	< DL	51	281	< DL	45
D34	Kb ₂	53	778	4538	990	42	1402	77	32	721	57	< DL	24	167	< DL	25
	Ka	43	2616	2166	18	13	127	28	21	680	58	< DL	32	13703	< DL	6999
D35	Kb ₁	44	2662	2090	< DL	11	125	24	19	755	63	< DL	26	10055	< DL	7775
	Kb ₂	37	2456	1961	< DL	14	120	26	21	899	88	44	< DL	16479	< DL	8487
D36	Ka ₁	47	4296	2279	< DL	10	37	35	22	674	47	< DL	11	13768	359	96
	Ka ₂	48	4006	2317	< DL	26	49	29	24	773	52	< DL	< DL	13838	460	213
	Kb ₁	38	4320	2157	< DL	< DL	42	32	30	805	63	23	17	15714	< DL	203
	Kb ₂	36	4413	2219	19	15	41	32	28	871	66	24	< DL	18593	339	189
D37	Ka	83	111	8121	677	40	2395	87	14	506	302	< DL	62	< DL	< DL	252
	Kb ₁	71	144	7562	583	28	1998	85	15	349	221	< DL	83	75	< DL	178
D38	Kb ₂	103	135	9780	639	27	2215	99	12	357	218	< DL	62	5	< DL	192
	Ka	98	134	3978	< DL	< DL	49	38	7	469	440	< DL	20	4973	< DL	5305
D39	Kb ₁	97	119	3441	< DL	< DL	43	41	24	405	425	< DL	54	6863	< DL	3862
	Kb ₂	112	155	4627	< DL	< DL	54	61	18	457	397	< DL	31	3986	< DL	3452
	Ka	90	125	3916	30	< DL	675	34	17	355	276	< DL	38	3085	< DL	5302
	Kb ₁	80	118	3747	22	14	696	32	19	321	248	< DL	40	2549	< DL	4908
D40	Kb ₂	95	138	4112	27	12	705	36	18	366	293	< DL	52	4391	< DL	5294
	Ka ₁	54	531	7770	1173	32	2832	153	15	937	81	< DL	< DL	< DL	< DL	32
D41	Ka ₂	46	549	7214	1090	41	2420	135	9	694	60	< DL	< DL	< DL	< DL	23
	Kb	47	528	6552	955	28	2154	138	12	636	56	< DL	16	90	< DL	33
D42	Ka ₁	58	7422	8396	1334	87	3904	141	37	1007	70	26	43	142	< DL	207
	Ka ₂	56	6704	8011	1281	78	3695	146	43	1130	94	< DL	52	223	< DL	232
D43	Kb ₁	70	6643	8079	1284	79	3862	149	39	1057	95	< DL	49	89	< DL	214
	Kb ₂	55	6832	7925	1320	78	3985	141	43	1229	103	34	73	153	< DL	232
	Ka ₁	49	25403	2055	42	46	81	48	18	1186	80	< DL	31	223	< DL	156
	Ka ₂	51	27605	2283	36	49	82	56	34	1037	63	< DL	< DL	125	< DL	146
D44	Kb ₁	52	25357	2377	42	59	86	52	18	1299	98	< DL	27	206	< DL	155
	Kb ₂	42	21848	1868	27	43	70	40	13	911	63	< DL	19	133	< DL	103
D45	Ka ₁	56	11823	2522	18	25	44	33	23	1036	61	29	22	47	< DL	4152
	Ka ₂	64	11887	2573	24	29	50	34	25	992	57	< DL	29	75	< DL	4032

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
D41	Kb ₁	46	13342	2532	28	30	43	31	21	1186	67	< DL	34	117	< DL	4791
	Kb ₂	53	12938	2804	35	35	50	34	13	1530	101	< DL	54	80	< DL	5659
D42	Ka ₁	72	8422	2639	< DL	24	43	15	15	1014	72	< DL	< DL	5191	< DL	49
	Ka ₂	51	9055	2158	18	21	36	14	14	946	47	20	15	3837	< DL	36
	Kb ₁	53	9526	2362	< DL	23	53	25	23	1618	82	< DL	21	5037	< DL	148
	Kb ₂	52	9368	2938	< DL	28	37	19	22	1171	63	< DL	13	4214	< DL	50
	F1	330	7462	15417	148	113	749	144	< DL	1043	84	62	199	5766	< DL	84251
	F2	232	6937	8959	95	94	680	91	66	884	55	62	161	5167	< DL	78315
D43	Ka ₁	50	4332	4814	1877	85	2367	78	16	731	57	< DL	101	93	< DL	61
	Ka ₂	45	4189	4483	1805	81	2185	69	16	684	53	< DL	100	96	< DL	57
D44	Kb	52	4281	4577	1841	83	2334	78	16	728	59	< DL	115	67	< DL	60
	Ka ₁	54	1624	2258	22	11	29	39	15	688	63	< DL	14	82	< DL	67
D45	Ka ₂	66	1784	2696	17	13	37	40	18	693	53	< DL	15	58	< DL	57
	Kb	62	1914	2495	< DL	13	25	34	17	617	42	< DL	12	66	< DL	47
D46	Ka ₁	58	3280	5954	454	28	2537	163	25	551	62	< DL	18	217	< DL	59
	Ka ₂	62	3452	6961	612	32	2958	180	24	554	63	< DL	27	252	< DL	71
F47	Kb	56	3160	6415	443	22	2348	151	24	501	52	< DL	19	165	< DL	61
	Ka ₁	50	11787	3702	152	41	554	49	74	767	56	19	21	1736	610	53
F48	Ka ₂	46	11266	3567	132	32	549	48	75	786	61	< DL	26	1712	646	47
	Kb ₁	49	10711	3850	123	38	581	58	87	976	84	< DL	20	2188	585	72
F49	Kb ₂	68	14681	4790	163	37	684	70	83	813	55	< DL	21	1174	894	60
	Ka	140	31116	4165	26	210	82	104	18	1152	70	< DL	< DL	< DL	301	55
F50	Kb	125	38528	3817	< DL	342	100	130	32	1633	108	< DL	30	59	< DL	58
	Ka	53	12275	6592	1121	82	2382	59	24	1298	68	< DL	16	< DL	< DL	45
F51	Ka	53	2915	5431	804	43	2078	67	19	741	71	< DL	26	< DL	< DL	51
	Kb	38	2658	5153	753	37	2046	62	20	766	67	< DL	47	48	< DL	47
F52	Kb	80	16628	5938	25	56	49	61	34	1241	110	< DL	90	9299	< DL	677
	V	465	2654	12322	32	105	280	19	183	280	14	1630	10193	779	< DL	183120
F53	Ka	52	11291	1933	< DL	33	39	38	24	1061	65	< DL	42	326	< DL	5527
	Kb ₁	38	10526	1555	< DL	24	24	28	22	746	44	< DL	44	269	< DL	4226
F54	Kb ₂	33	13813	2035	21	36	40	42	31	1474	88	63	50	513	< DL	7476
	Ka	36	9583	1875	20	27	92	31	26	890	59	< DL	39	482	< DL	10027
F55	Kb ₁	37	10127	1922	18	26	96	30	26	965	63	30	25	457	< DL	10904
	Kb ₂	38	12028	2315	20	38	122	37	39	1282	87	< DL	51	1104	< DL	14287
P53	IV ₁	97	13767	3785	42	48	149	47	30	1076	81	< DL	30	10516	433	22918
	IV ₂	94	12836	4323	33	50	169	45	52	1741	122	77	63	9229	661	39035
P54	IV ₃	119	10842	4289	< DL	48	156	44	49	1619	124	98	54	10738	561	41585
	Ka	124	2505	5437	< DL	25	614	110	30	1334	82	< DL	664	220	< DL	1323
P55	Kb	50	1972	3321	< DL	18	316	35	26	1179	79	< DL	863	213	< DL	1013
	V	104	4844	5124	83	77	559	72	92	783	58	< DL	1253	32951	879	67914
P56	Kb	57	21134	2855	36	53	160	57	13	971	59	18	81	47	< DL	193
	IV	81	20241	3705	53	61	263	80	37	1575	120	< DL	9617	1891	< DL	29393
P57	2V ₁	86	21077	4163	26	57	1115	82	15	1428	133	< DL	79	< DL	328	2944
	2V ₂	82	20564	3989	38	51	853	72	17	1405	131	< DL	56	91	< DL	3258
P58	Kb	54	7120	3056	21	50	22424	106	25	1095	68	102	534	520	< DL	22034
	IV	64	10933	4485	55	54	838	75	31	871	56	< DL	25109	122	< DL	24953
P59	Kb ₁	49	7752	3489	29	57	18146	122	33	1173	66	97	448	629	< DL	25978
	Kb ₂	47	6901	3095	33	51	15977	88	30	1051	66	95	439	599	< DL	22907

dieses Forschungsvorhabens, wie auch die Grundlagen der Forschungsmethodik und vorläufige Ergebnisse und Schlussfolgerungen waren schon Gegenstand zahlreicher Arbeiten (HALMETSCHLAGER 1998; Holzer 1999, 84–92; WOBRAUSCHEK et al. 2000; JOKUBONIS et al. 2001; JOKUBONIS et al. 2003; KARWOWSKI et al. 2002; KARWOWSKI, GINALSKI 2002)¹¹⁸. Im Laufe der Projektdurchführung wurden 186 Ringschmuckstücke (Armringe, Ringperlen und Fingerringe) der Latène-Kultur analysiert. Der größte Teil des untersuchten Fundstoffes (127 Artefakte), der in der vorliegenden Arbeit behandelt wird, stammt aus Österreich¹¹⁹. Außerhalb dieses Gebietes wurden die Glasfunde der Latène-Kultur aus Dürrenberg in Salzburg (59 Exemplare), Frauenberg in der Steiermark (6 Ex.), Podwiesiek in Pommern, Polen (4 Ex.), Södingberg in der Steiermark (1 Ex.), Toruń in Pommern, Polen (1 Ex.) und Trepcza im Karpatenvorland, Polen (1 Ex.) untersucht¹²⁰. Als Vergleichsmaterial wurden den Untersuchungen auch die Gläser von vier spätantiken Armringen, neun Glasperlen unterschiedlicher Zeitperioden¹²¹ sowie das Glas eines Halbrohmmaterial-Klumpens von nicht näher bestimmbarer Provenienz (doch im Bereich der Siedlung der Latène-Kultur aus Drösing, Niederösterreich gefunden), unterzogen¹²².

Die EDRFA ist ein in der Archäometrie allgemein verwendetes Verfahren, das u.a. auch bei den Analysen der Gläser der Latène-Kultur Anwendung findet (letztlich u.a. auch BRAZIEWICZ et al. 1996). Seine Hauptvorteile sind die zerstörungsfreie Behandlung der Artefakte, die sehr kurze Messzeit sowie die Möglichkeit zur Bestimmung der Konzentration der Hauptelemente wie auch der Spurenanteile. Eine der grundlegenden Anforderungen der durchgeführten Analysen war es, die Untersuchungen ohne jegliche mechanische Vorbereitung der Probenkörper vorzunehmen. Die verwendete Methode erlaubt es, Messungen an der Oberfläche allein bzw. im oberflächennahen Bereich des untersuchten Werkstoffes durchzuführen. Bei archäologischen Gläsern ist jedoch ihre Oberfläche gewöhnlich mit einer dünnen Korrosionsschicht überzogen, so dass die

Analyseergebnisse ohne entsprechende mechanische Vorbereitung bei manchen Elementen gelegentlich mit einem erheblichem Fehler behaftet sein mögen (vgl. COX, POLLARD 1977). Dies trifft vor allem für die Elemente zu, deren Atomzahl unter 22 liegt, da die Messung in ihrem Fall unmittelbar in der oberflächennahen Schicht durchgeführt wird. Das Problem der Oberfläche spielt bei der Bestimmung der Schwermetalle mit der Atomzahl 22 bzw. einer höheren Atomzahl eine nicht so wichtige Rolle. Bei diesen wird das Glas unter den Korrosionsschichten untersucht. Demnach kann die energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse nur für eine weitgehend beschränkte Anzahl von Elementen als zerstörungsfrei bezeichnet werden. Hierzu gehören aber sämtliche Elemente, die für die Veränderung der Glaseigenschaften wie Farbe, deren Intensität und Tönung sowie deren Entfärbung und Trübung von erstrangiger Bedeutung sind. Die unterschiedliche Zusammensetzung, wie auch die variierende Konzentration mancher dieser Elemente hängen mit der Chronologie der untersuchten Fundstücke zusammen.

8.1 Die hauptsächlichen Farbstoffe sowie Entfärbungs- und Trübungsmittel von Glas

Einen unmittelbaren Einfluss auf die Art und den Charakter von Glas nehmen die in seiner Zusammensetzung enthaltenen Bestandteile, vorrangig Glasbildner wie auch Elemente, die eine Veränderung der Schmelztemperatur bewirken, darüber hinaus Farbstoffe, Entfärbungs-, Trübungs- und Läuterungsmittel sowie unerwünschte Verunreinigungen der Glasmasse. Bestimmend für die Glasfarbe und -durchsichtigkeit ist die Anwesenheit der Metallionen, die gewöhnlich als Oxide in die Glasmasse gelangen. Die Ionen der einzelnen Elemente können je nach Schmelzbedingungen zu unterschiedlicher Verfärbung führen oder sich entfärbend und trübend auswirken (NOWOTNY 1969; BAMFORD 1977, 35–112). Diese Prozesse wurden bereits von den antiken Glasmachern genutzt, die Färbungs-, Entfärbungs- und Trübungsmethoden beherrscht hatten, welche nicht allein

¹¹⁸ Diese Materialien wurden auch bei einigen Konferenzen vorgelegt: International Conference for Physics Students, Coimbra, Portugal (09–16. 08. 1998); 48th Annual Denver X-ray Conference, Steamboat Springs, Colorado, USA (02–06. 08. 1999); 49. Jahrestagung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft, Innsbruck, Österreich (20–25. 09. 1999); 32nd International Symposium on Archaeometry, Mexico City, Mexiko (15–19. 05. 2000); European Conference on Energy Dispersive X-Ray Spectrometry, Kraków, Polen (18–23. 06. 2000); 16th International Conference on X-ray Optics

and Microanalysis, Wien, Österreich (02–06. 07. 2001); 33rd International Symposium on Archaeometry, Amsterdam, Niederlande (22–26. 04. 2002).

¹¹⁹ Die Nummerierung der Funde im Katalog 1 entspricht den Analysen-Nummern (Tabelle 4).

¹²⁰ Katalog 2 [D01–T59], Tabelle 4.

¹²¹ Späthallstattzeit, frühe, mittlere, späte Latène-Zeit, frühes Mittelalter.

¹²² Katalog 3 [X60–Z73], Tabelle 4.

in der Verwendung geeigneter Rohstoffe im Gemenge, sondern auch in der Einstellung der Ofenatmosphäre bestanden (vgl. HENDERSON 1985, 278–286; FRÁNA et al. 1987, 73–86; GEBHARD 1989, 148–167). Charakteristisch für die Glasfarbstoffe ist, dass sie dem Glas eine praktisch unzerstörbare Färbung verleihen¹²³. Sie unterscheiden sich darin von anderen Farbstoffen, z.B. den bei Geweben und Malfarben verwendeten Färbungsmitteln, deren Färbung unbeständig und unter Einwirkung der Sonnenstrahlung, atmosphärischer Bedingungen und dgl. veränderlich ist.

Die im Folgenden behandelten chemischen Elemente, die auf die Veränderung der Glaseigenschaften Einfluss nehmen, bleiben nur auf solche beschränkt, die für den analysierten Fundbestand von Bedeutung sind.

Eisen (Fe)

Die Eisenverbindungen bilden den gebräuchlichsten und wohl ältesten Glasfarbstoff. Eisen findet sich immer als Verunreinigung in Naturstoffen, die bei der Glasschmelzung zum Einsatz kommen, und geht Verbindungen ein, die diesen zwei Oxidarten entsprechen: Eisen(II)-oxid (FeO) und Eisen(III)-oxid (Fe_2O_3). Gewöhnlich sind im Glas beide Eisenverbindungen (Fe^{2+} und Fe^{3+}) enthalten und die erzielte Glasfarbe kann je nach ihrem quantitativen Verhältnis zueinander verschieden sein (BAMFORD 1977, 35–36). Vereinfacht dürfte festzustellen sein, dass die Fe^{2+} Ionen (FeO) eine blaue oder grün-blaue Färbung hervorrufen, die Fe^{3+} Ionen (Fe_2O_3) dagegen eine gelbe Verfärbung zur Folge haben. Ein Gemisch der beiden Ionen bewirkt grüne Farbe, zusammengesetzt aus blauen und gelben Farbanteilen. Die Veränderung des quantitativen Verhältnisses zwischen FeO und Fe_2O_3 im Glas wird durch folgende Faktoren beeinflusst (nach NOWOTNY 1969, 90–92):

- Konzentration des Farbstoffes
- Atmosphäre des Schmelzvorganges
- Schmelztemperatur
- Einwirkungsdauer der Hochtemperatur auf die Glasmasse
- chemische Zusammensetzung des Glases

Bei niedrigen Anteilen von Eisenverbindungen in der Glasmasse, die etwa durch geringfügige Verunreinigung des Ausgangsmaterials hinein gelangt sind, zersetzt sich Fe_2O_3 zu FeO , und das Glas nimmt eine blaue Farbe an. Der blaue Farbton des Glases, das diese Eisenverbindungen enthält, ist allerdings bei weitem nicht effektiv. Bei hoher Konzentration des Farbstoffes fällt es ohne weiteres leichter, eine grüne Glasfarbe zu erzielen, die freilich vorwiegend dunkel

ist und eine blaue Schattierung erkennen lässt. Die hellgrüne Färbung ohne blaue Schattierung kann unter Mitwirkung anderer Farbstoffe, wie z.B. Kupfer, erzielt werden. Einen starken Einfluss auf die Veränderung des $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Verhältnisses üben die Atmosphäre des Ofens wie auch die Bedingungen innerhalb der Glasmasse aus. Nur bei oxidierenden Schmelzbedingungen, d.h. sowohl bei oxidierender Ofenatmosphäre und bei Anwesenheit der Oxydationsmittel (z.B. Antimon- oder Manganverbindungen) im Gemenge, verschiebt sich das Gleichgewicht der Eisenionen auf die Seite von Fe^{3+} , wodurch sich eine grüne oder gelbe Farbe einstellt. Wenn als Oxydationsmittel Manganoxid (Mn_2O_3) verwendet wird, oxidiert das Eisen(II)-oxid (FeO) zu Eisen(III)-oxid (Fe_2O_3), und es entsteht zusätzlich Mangan(II)-oxid (MnO), das der Glasmasse einen gelblichen Farbton verleiht. Wie zuvor angedeutet, ruft Eisen(III)-oxid (Fe_2O_3) in Abwesenheit des Eisen(II)-oxides (FeO) eine intensiv gelbe Verfärbung hervor. Bei höheren Anteilen von Mangan- und Eisenverbindungen nimmt das Glas eine klare, braune (bernsteinfarbene) Abtönung an. Maßnahmen, die gegen den Zerfall von Fe_2O_3 gerichtet sind und in der Herausbildung eines stark oxidierenden Milieus bestehen, können auch zu einer Entfärbung der Glasmasse führen. Mit steigender Temperatur nimmt dagegen der Zerfall von Fe_2O_3 an Intensität zu, das Gleichgewicht verschiebt sich zugunsten von FeO und das Glas wird blauer und dunkler. Da die Umwandlungsprozesse im Glas ziemlich langsam vor sich gehen, ist die Dauer der Hochtemperatureinwirkung auf die Glasmasse bei der Schmelzung nicht unbedeutend. Auch die chemische Zusammensetzung von Glas bleibt nicht ohne Auswirkung auf die Färbungseigenschaften von Eisen. So z.B. sind die Kalium-Gläser bei gleichbleibendem Anteil der Eisenverbindungen heller und weniger intensiv gefärbt als die Natrium-Gläser.

Kupfer (Cu)

Die früheste Glasherstellung dürfte wohl mit der Schmelzung von Kupfer und den dabei verwendeten Rohstoffen verbunden gewesen sein. Das erste von Menschenhand erzeugte Glas könnte eine annähernd rote Farbe gehabt haben, unter der Voraussetzung, dass es als Schlacke bei der Kupferverhüttung entstanden war. Die Funktion eines Rötels übernahmen die Ionen des einwertigen Kupfers (Cu^+), die im Glas als Kupfer(I)-oxid (Cu_2O) vorhanden sind. Eine Verbindung, die für die Färbung der Glasmasse viel besser geeignet war, ist jedoch Kupfer(II)-oxid (CuO), das eine

¹²³ Vorausgesetzt, dass das Glas nach der Herstellung in festem Zustand verbleibt (vgl. PESZEL, HRYNIEWICZ 1963, 153).

grün-blaue Verfärbung hervorruft. Die alten Glasmacher konnten es selbst durch die Röstung metallischen Kupfers zubereiten. Die Verbindung der Bronze- und Glasherstellungsverfahren könnte demnach zur Gewinnung des ersten Glases mit reinem grün-blauem (türkisfarbenem) Farbton geführt haben, wie er für Gläser, die mit Kupferverbindungen gefärbt worden sind, charakteristisch ist. Diese Verfärbung tritt allerdings in unterschiedlichen Schattierungen auf, die von den sonstigen Zusätzen, vor allem von den Eisenbeimengungen, abhängig sind. Man denke dabei daran, dass alle frühgeschichtlichen Gläser von blauer Farbe Kupferverbindungen enthalten. Nach J. HENDERSON (1985, 282) deute dies auf die mögliche Nutzung der kobaltreichen Kupfererze hin. Die färbenden Eigenschaften des Kupfer(II)-oxides werden durch die folgenden Faktoren bedingt (nach NOWOTNY 1969, 78–83):

- Konzentration des Farbstoffes
- Atmosphäre des Schmelzvorganges
- chemische Zusammensetzung des Glases

Bei den Kupferverbindungen handelt es sich um Farbstoffe von ziemlich geringem Färbungsvermögen. Höhere Anteile im Glas führen zu einem deutlich grünen Farbton, während niedrige Werte eine ziemlich charakteristische, türkisfarbene Schattierung hervorrufen. Die Schmelzung himmelblauer Gläser macht jedoch die Einhaltung besonderer Bedingungen erforderlich. Im Hinblick auf die Erzielung einer oxidierenden Ofenatmosphäre ist die Einführung der Oxidationsmittel in das Gemenge notwendig. Bei Reduktionsatmosphäre kann das Glas eine rote oder braun-rote Farbe annehmen. Den größten Einfluss auf den durch die Kupferverbindungen erzeugten Farbton übt jedoch die chemische Zusammensetzung von Glas aus. Bei Natriumgläsern nähert sich die Farbe mehr dem Blau, bei Kaliumgläsern dagegen wird der Farbton mehr grünlich. Die Gläser mit Mangan- und Kalziumoxiden (MgO und CaO) schlagen mehr ins Blaue, während bei Gläsern mit Zinkoxid (ZnO) ein grüner Farbton üblich ist. Zu einem grünlichen Farbton führen auch erhöhte Anteile von Siliziumdioxid (SiO_2) sowie Aluminiumoxid (Al_2O_3). Ein zusätzlicher Einflussfaktor für die Färbungseigenschaften von Kupfer ist das Vorhandensein von Bleioxid (PbO) im Glas. Das gemeinsame Auftreten der Kupfer- und Bleiverbindungen in durchscheinenden, türkisfarbenen Gläsern wurde bereits für die

vorgeschichtlichen Gläser belegt, doch ist die Rolle des in unterschiedlichen Konzentrationen nachweisbaren Bleioxides nicht vollends geklärt (siehe BAMFORD 1977, 50; HENDERSON 1985, 282). Bei kobaltgefärbten Gläsern von blauer Farbe (insbesondere Natrium-Kalzium-Gläser) schwächt die Beimengung von Kupfer(II)-oxid den charakteristischen, violetten Farbton ab.

Kobalt (Co)

Kobalt(II)-oxid (CoO) ist der intensivste Farbgeber von allen bei der Färbung von Glasmasse verwendeten Farbstoffen. Selbst bei sehr geringen Anteilen wird ein deutlicher Effekt erzielt. Die Kobaltverbindungen verwendet man, um das Glas blau oder dunkelblau zu färben. Gewöhnlich werden sie aber zusammen mit den Kupferverbindungen eingesetzt. Wie zuvor angedeutet, enthalten die vorgeschichtlichen blauen Gläser stets Kupferverbindungen. Die Färbung von Glas mit Kobalt ist relativ einfach, denn das Kobalt(II)-Oxid ist wenig empfindlich für die Schmelzbedingungen und -temperatur, auch der chemischen Zusammensetzung von Glas kommt nur eine beschränkte Bedeutung zu. Die Kobalt-Gläser können demnach sowohl in reduzierender als auch oxidierender Atmosphäre erschmolzen werden. Den meist effektvollen Kobalt-Farbton nehmen am häufigsten die vorgeschichtlichen Natrium-Kalzium-Gläser an, doch ruft Kobalt eine intensive Farbe auch bei anderen Glasarten hervor. Das Kobalt(II)-Oxid kann ferner auch die Rolle eines dunkelblauen Farbstoffes erfüllen, der die durch entsprechende Eisen-Ionen hervorgerufene gelbe Farbe ergänzt und im Endergebnis auch die Entfärbung von Glas unterstützt (NOWOTNY 1969, 169–170)¹²⁴.

Mangan (Mn)

In der Glasmasse kann Mangan in zwei- und dreiwertiger Form (entsprechend Mn^{2+} und Mn^{3+}), als Mangan(II)-Oxid (MnO) oder Mangan(III)-Oxid (Mn_2O_3) auftreten. Die Manganverbindungen wurden bereits in der Vorgeschichte zur Entfärbung von Glas verwendet, d.h. zur Maskierung des grünlichen Farbtons von Glas, der durch die Verunreinigungen der Rohstoffe durch die Eisenverbindungen verursacht wurde. Gleichzeitig fanden sie als intensive, einen attraktiven violettfarbenen Ton gebende Farbstoffe Anwendung. Bestimmend für die Färbungs- und Entfärbungseigen-

¹²⁴ Die Entfärbung von Glas kann chemisch oder physikalisch sein. Die erstere besteht in der Oxidation der zweiwertigen Eisen-Ionen (Fe^{2+}), die eine blaugrüne Verfärbung hervorrufen, zu dreiwertigen Ionen (Fe^{3+}), die viel schwächer und dazu noch gelb färben. Die

physikalische Entfärbung besteht dagegen darin, dass dem Glas eine Farbe gegeben wird, welche die durch Eisenoxide hervorgerufene Farbe ergänzt (STOCH 1987, 177–178).

schaften der Manganverbindungen sind folgende Faktoren (nach NOWOTNY 1969, 57–58):

- Schmelzatmosfera
- Schmelztemperatur
- chemische Zusammensetzung des Glases

Die Manganfarbstoffe gehören zu der Gruppe von Verbindungen, die durch wechselnden Oxidationsgrad gekennzeichnet sind. Eine unabdingbare Voraussetzung für die Erschmelzung der durch Mangan violett gefärbten Gläser ist die oxidierende Ofenatmosphäre. Es entsteht dann das Mangan(III)-Oxid (Mn_2O_3), das dem Glas eine charakteristische, violette Verfärbung gibt. Bei Reduktionsatmosphäre zerlegen sich die Manganverbindungen zu Mangan(II)-Oxid (MnO), das die Funktion eines starken Entfärbungsmittels erfüllt. Das Glas wird auf diese Weise entfärbt. Die zweiwertigen Manganionen (Mn^{2+}) können auch eine schwache gelbe Verfärbung hervorrufen. Eine vollständige Entfärbung von Glas, nämlich die weitere Zerlegung der Manganverbindungen, wird zusätzlich durch die Hochtemperatur und die höhere Glasazidität begünstigt. Und umgekehrt fixieren oxidierende Atmosphäre, niedrigere Schmelztemperatur und höherer Anteil von Alkaliverbindungen im Glas einen violetten Farbton. Demnach sollte die Schmelztemperatur der violetten Mangangläser möglichst niedrig gehalten werden. Die Manganverbindungen wirken sich jedoch fördernd aus, da sie gute Flussmittel sind. Wie bereits oben festgestellt wurde, kann eine bernsteinfarbene Tönung von Glas durch die gleichzeitige Anwendung von Eisen- und Manganverbindungen unter entsprechenden Bedingungen erzielt werden.

Antimon (Sb)

In der Glasmasse kommen dreiwertige Antimonionen (Sb^{3+}) gewöhnlich als Antimon(III)-Oxid (Sb_2O_3) vor. Dieses Oxid besitzt sehr starke chemische Entfärbungseigenschaften, indem es die Eisenionen oxidiert (vgl. Anm. 124). Das auf diese Weise entfärbte Glas ist klarer als die mit Manganverbindungen entfärbten Gläser (siehe HENDERSON 1985, 284). Gut entfärbtes Glas kann auch bei gleichzeitiger Anwendung von Verbindungen der beiden Entfärber Antimon und Mangan gewonnen werden¹²⁵. Bei oxidierender Ofenatmosphäre bildet sich Antimon(V)-Oxid (Sb_2O_5), das

sich nicht in der Glasmasse auflöst, eine Suspension bildet und zur Trübung der Glasmasse führt – das Glas wird opak. Mit zunehmender Temperatur zerfällt jedoch das fragliche Oxid. Durch die Reaktion mit Bleiverbindungen kann Antimon bei oxidierender Atmosphäre neben der Trübung von Glas auch dessen gelbe Verfärbung bewirken (HENDERSON 1985, 285).

Blei (Pb)

Bleiverbindungen sind in den vorgeschichtlichen Gläsern häufig und mitunter auch in beträchtlichen Anteilen belegt worden. In Verbindungen kann das Blei zwei- oder vierwertig sein (entsprechend Pb^{2+} und Pb^{4+}). In oxidierender Atmosphäre bilden die vierwertigen Bleiionen, gewöhnlich in Verbindung mit Antimon oder Zinn, in der Glasmasse nicht lösliche Verbindungen. Die dadurch entstehende Suspension lässt das Glas opak und gelblich gefärbt erscheinen. Durch die Erhitzung der Glasmasse verlieren die mit Blei und Zinn sowie mit Blei und Antimon getrübbten Opakgläser von gelbem Farbton ihre Farbe und werden wieder durchscheinend (HENDERSON 1985, 285–286). Die Ionen von zweiwertigem Blei bilden wiederum das Bleioxid (PbO), das, wie zuvor angedeutet, in durchscheinenden, mit Kupferverbindungen gefärbten Gläsern auf die Qualität der Verfärbung Einfluss nimmt¹²⁶.

Zinn (Sn)

Zinn stellt neben Antimon eines der in der Vorgeschichte am meisten gebräuchlichen Trübungsmittel der Glasmasse dar. Das Zinnoxid (SnO_2) bildet im Glas eine unlösliche Suspension von weißer Farbe und wird bis heute zur Gewinnung von weißem Opakglas verwendet. Im alkalischen Milieu und bei Erhitzung auf die entsprechende Temperatur löst sich jedoch dieses Oxid auf. In Anwesenheit von Bleiverbindungen kann Zinn, ebenso wie Antimon, eine gelbe Verfärbung des Glases hervorrufen (HENDERSON 1985, 285).

8.2 Chemische Zusammensetzung der untersuchten Gläser (Farbstoffe und Entfärbungsmittel)

Durch Kobaltionen gefärbtes durchscheinendes Glas

Die mithilfe von Kobalt blau gefärbten Gläser vertreten die weitaus stärkste Gruppe der untersuchten Funde. Die-

¹²⁵ Selbst sehr gut entfärbtes Glas ist tatsächlich nicht farblos (weiß), sondern grau. Dieses Grau ist jedoch nicht allzu intensiv, es wirkt eher weiß, legt also Farblosigkeit nahe. Perfektes Weiß kommt in der Natur kaum vor; manche Schattierungen von Grau werden für Weiß gehalten (vgl. NOWOTNY 1969, 166).

¹²⁶ Das Bleioxid (PbO) dient in der neuzeitlichen Glasmacherei zur Herstellung von Kristallgläsern und optischem Glas.

serart gefärbte Gläser sind am häufigsten unter dem gesamten Glas-Fundstoff aus dem Verbreitungsgebiet der Latène-Kultur vertreten.

Kobalt ist ein sehr intensiver Farbstoff. Seine Konzentration, die den analysierten Gläsern eine blaue Farbe verleiht, ist recht unterschiedlich und reicht von nur ca. 300 ppm bis zu über 0,4%¹²⁷. Kobalt tritt immer in Begleitung von Eisen- und Kupferverbindungen auf. Diese gelangen in das Glasgemenge als Verunreinigungen von Rohstoffen, und ihre Anwesenheit mag darauf schließen lassen, dass zur Gewinnung des Farbstoffes etwa die kobaltreichen Kupfererze benutzt worden sind (HENDERSON 1985, 282). Der Eisengehalt in den untersuchten Gläsern liegt in einem Bereich von 0,25%–2,0%, der Kupferanteil beträgt dagegen 800 ppm bis zu 1,1%.

Die Verfärbung der untersuchten Gläser zeigt neben den Unterschieden in der Färbungsintensität auch Abweichungen im Farbton. Es ist allerdings allgemein festzustellen, dass der hier behandelte Bestand optisch nahezu einheitlich ist. Bezüglich der chemischen Zusammensetzung dieser Gläser scheinen diese Unterschiede bedeutend größer zu sein. Abgesehen von den erwähnten Abweichungen in der Konzentration von Kobalt, Eisen und Kupfer, wird die chemische Vielfalt der blauen Gläser vor allem durch die Mangan- und Antimonanteile sowie durch die Konzentration der anderen Elemente wie etwa Blei beeinflusst. Aufgrund der unterschiedlichen Anteile der genannten Elemente, vor allem von Mangan, wie auch der Proportionen zueinander, lassen sich für den analysierten Bestand drei Haupttypen der mit Kobalt gefärbten Gläser aussondern (Tabelle 1, Abb. 38)¹²⁸.

Tabelle 1: Konzentrationen ausgewählter Elemente bei unterschiedlichen kobaltgefärbten Glasarten.

Typ	Mn	Fe	Co	Cu	Sb
Ia	< 500ppm	0,5%–1,0%	< 0,1%	0,1%–0,2%	< 500ppm
Ib		0,4%–1,4%	0,1%–0,2%	0,1%–0,5%	
Ic		0,5%–2,0%	0,1%–0,4%	0,1%–0,4%	0,2%–2,0%
IIa	0,1%–0,5%	0,5%–1,1%	< 0,1%	0,2%–0,4%	< 500ppm
IIb		0,3%–1,3%	0,1%–0,4%	0,2%–0,5%	
IIc		0,3%–1,1%	0,1%–0,2%	0,2%–0,5%	500ppm–0,3%
IIIa	0,5%–2,0%	0,4%–1,0%	0,1%–0,3%	0,1%–0,5%	< 500ppm
IIIb		0,7%–1,4%	0,2%–0,4%	0,4%–0,6%	700ppm–0,5%

Typ I

Zum ersten Haupttyp gehören Gläser mit sehr niedrigem Mangangehalt (unter 500 ppm). Der Eisenanteil liegt in diesen Gläsern in einem Bereich zwischen 0,4% und 2,0%, der von Kupfer zwischen 0,1% und 0,5%. Unterschiedlich sind dagegen die Konzentrationen von Kobalt und Antimon (Abb. 39). Aufgrund der unterschiedlichen Anteile dieser beiden Elemente kann der behandelte Haupttyp in drei Subtypen untergliedert werden:

Ia. Gläser mit niedrigem Antimongehalt (unter 500 ppm) und sehr niedrigem Kobaltgehalt (unter 0,1%, im Durchschnitt ca. 500 ppm). Der Eisengehalt in diesen Gläsern übersteigt also 10- bis 25fach den Kobaltanteil (Abb. 40). Die betreffenden Gläser zeichnen sich durch eine ziemlich helle und eher wenig intensive Verfärbung aus (Farben Pantone 2727 C, 279 C, 285 C, 2915 C). Aus diesen Gläsern wurden die Armringkörper der Gruppen 6a [157], 8b [341, 362], 12a [D35], 14a [440, 444, 451] und 14b [457] erzeugt.

¹²⁷ Alle Anteilswerte, gegeben in ppm (parts per million) oder Prozent, sind Gewichtsanteile.

¹²⁸ Diese Gliederung stützt sich allein auf die Beobachtungen der behandelten Gläsersammlung und dient nur zu Orientierungszwecken. Auch sind manche untere bzw. obere Konzentrationsgrößen

Werte, die für unterschiedliche Typen und Subtypen von Gläsern angenommen wurden, ziemlich fließend und tragen einen Vereinbarungscharakter. Die meisten Fälle, bei denen diese „Grenzwerte“ überschritten wurden, wurden getrennt behandelt.

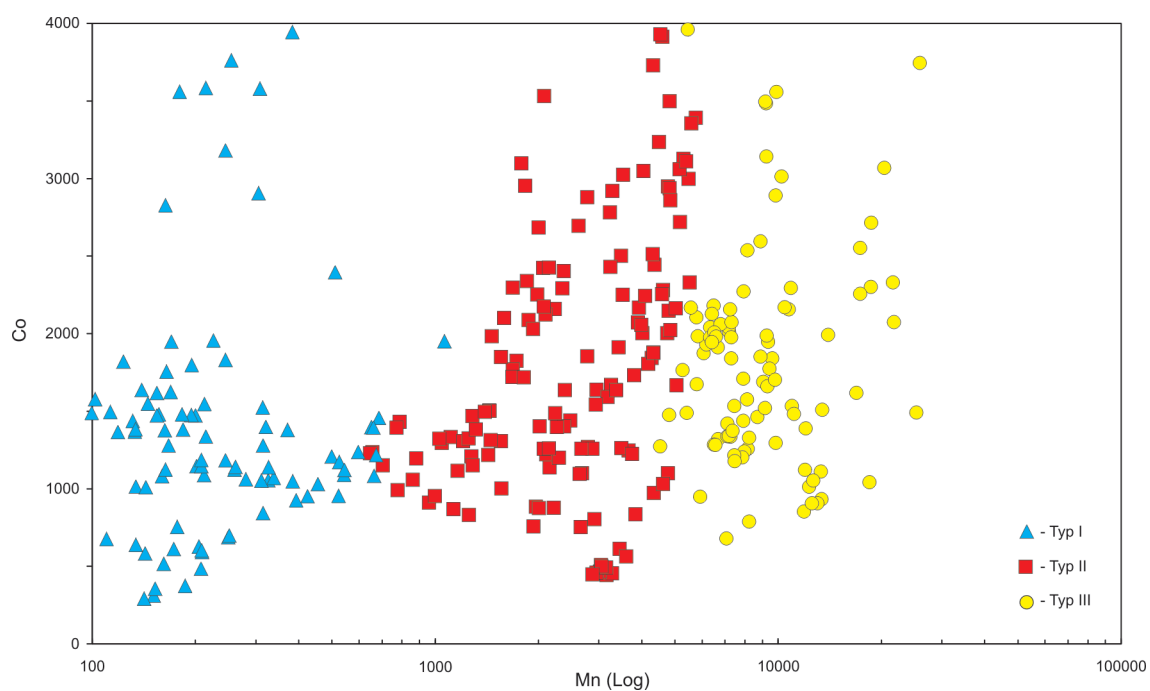


Abb. 38: Korrelation zwischen Co- und Mn-Konzentrationen in den Haupttypen von kobaltgefärbten (blauen) Gläsern.

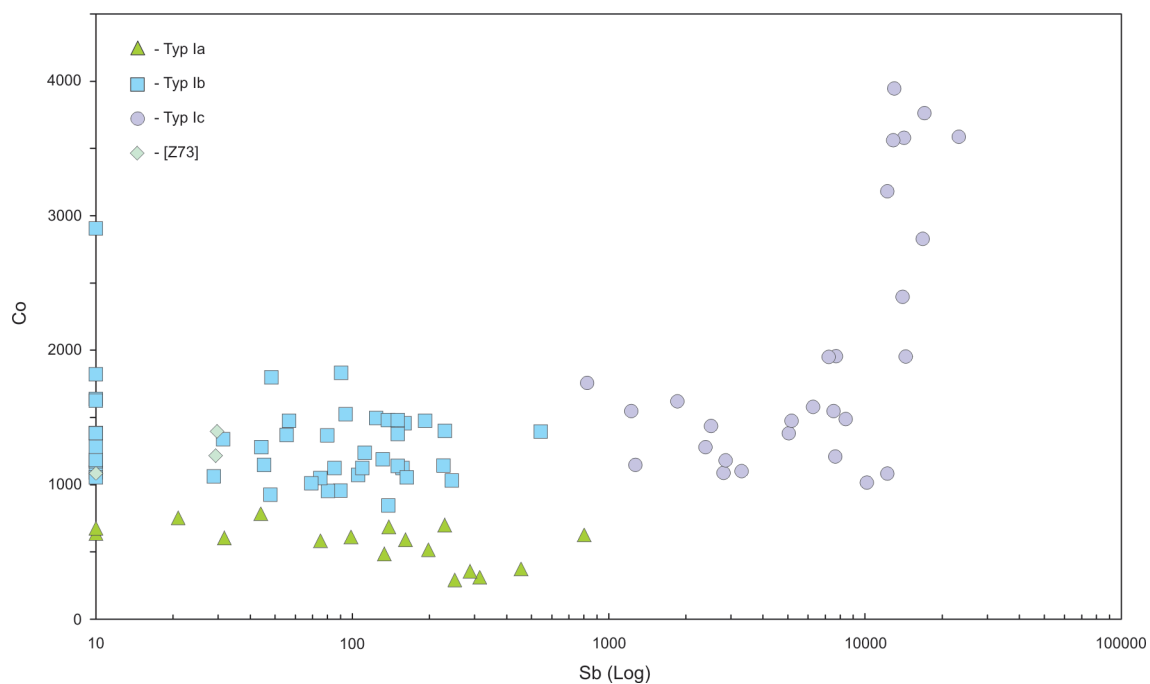


Abb. 39: Korrelation zwischen Co- und Sb-Konzentrationen in kobaltgefärbten Gläsern vom Typ I.

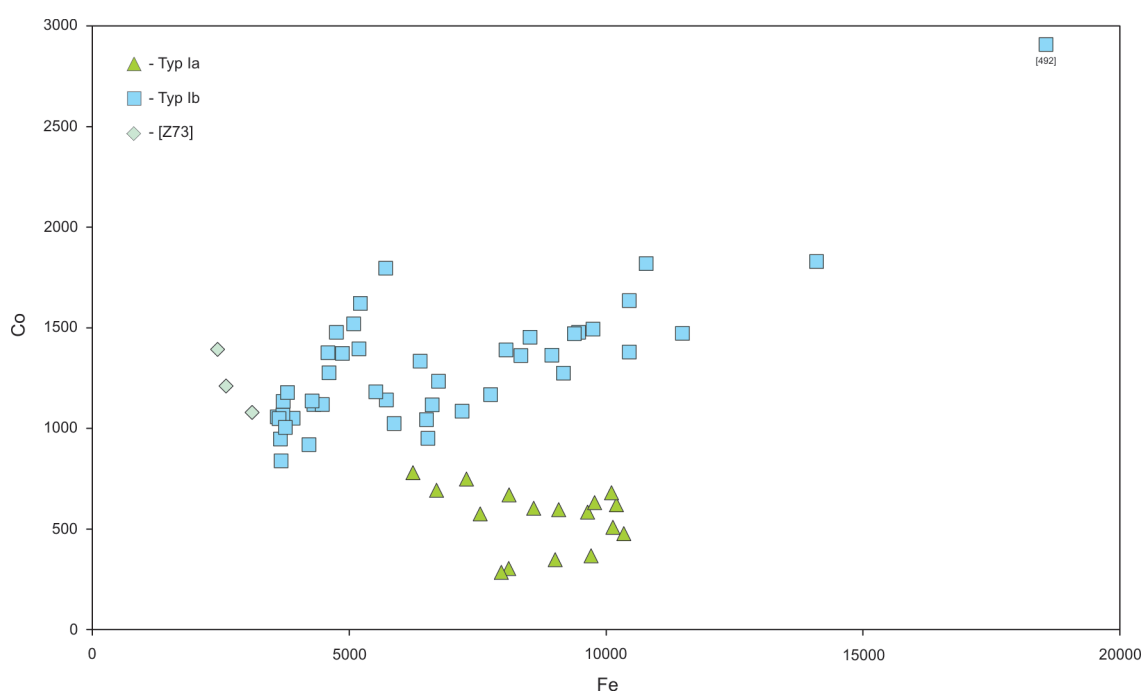


Abb. 40: Korrelation zwischen Co- und Fe-Konzentrationen in kobaltgefärbten Gläsern der Subtypen Ia und Ib.

Ib. Gläser mit ähnlich wie in dem vorangegangenen Subtyp niedrigem Antimongehalt (unter 500 ppm), allerdings mit deutlich höherem Kobaltanteil (0,1%–0,2%). Der Eisengehalt übertrifft den Kobaltgehalt in diesen Gläsern nur noch 3- bis 8fach (Abb. 40). Der höhere Kobaltgehalt bewirkt, dass die Verfärbung gewöhnlich ziemlich dunkel und intensiv ist (Farben Pantone 2728 C, 2738 C, 286 C), wenn sie auch in ein paar Fällen deutlich heller sein kann (Pantone 2727 C, 285 C). Aus den behandelten Gläsern sind die Armringkörper der Gruppen 3a [045, 055], 6a [111, 124, 132, 146], 6b [194], 7b [255], 7c [275], 8a [292, 312], 8b [319, 340], 13c [433], 14a [449, D38] sowie des Anhangs B₈ [492] erzeugt. Die im Glas eines im Anhang B₈ aufgeführten Armringes aus Oberleis [492] vorhandene Kobaltkonzentration von 0,3% übertrifft ziemlich deutlich diesen für die Gläser des Subtypus Ib charakteristischen Anteil (siehe Abb. 40). Hoch liegen in diesem Glas auch der Eisengehalt (1,9%) und der Bleigehalt (0,9%)¹²⁹. Einen geringfügig erhöhten Bleigehalt (bis auf 900 ppm) weist auch das Glas des Armringes der Gruppe 14a aus Oberleis [449] auf.

An die Gläser vom Subtyp Ib knüpft in der chemischen Zusammensetzung auch das Glas des Halbbröhmmaterial-Klumpens aus Drösing [Z73] an. Der grundlegende Unterschied liegt jedoch im Kupfergehalt, der nur einen Spurenanteil aufweist. Eine ähnlich niedrige Kupferkonzentration wurde weder in den Gläsern des Subtyps Ib noch in einem anderen blauen Glas beobachtet. Das behandelte Glas besitzt einen dunkelblauen Farbton (Pantone 2838 C).

Ic. Gläser mit hoher Konzentration von Antimon, dessen Anteil jedoch sehr stark zwischen 0,2% und über 2% variieren kann. Höher als in den vorher behandelten Gläsern liegt auch der mittlere Kobaltgehalt (0,1%–0,4%). Die Kobaltkonzentrationen scheinen hier zwei Gruppen mit den Werten 0,1%–0,2% (also analog wie beim Subtyp Ib) und 0,2%–0,4% zu bilden (siehe Abb. 39). Die Verfärbung dieser Gläser ist gewöhnlich ziemlich hell und nicht sehr intensiv (Pantone 2727 C, 285 C), in ein paar Fällen jedoch deutlich dunkler und intensiver (Pantone 2728 C, 2738 C, 286 C). Aus den Gläsern des behandelten Subtyps sind die Verzierungen der Armringe der Gruppen 5a [091, D07, D09], 5b

¹²⁹ Solche Werte für Kobalt, Eisen und Blei sind für die Gläser des Subtyps Ic kennzeichnend. Sie dürften allerdings in Hinblick auf das im untersuchten Glas nachgewiesene Ausbleiben von Antimon (unterhalb der Bestimmungsgrenze), dem Subtyp Ib zuzuweisen sein.

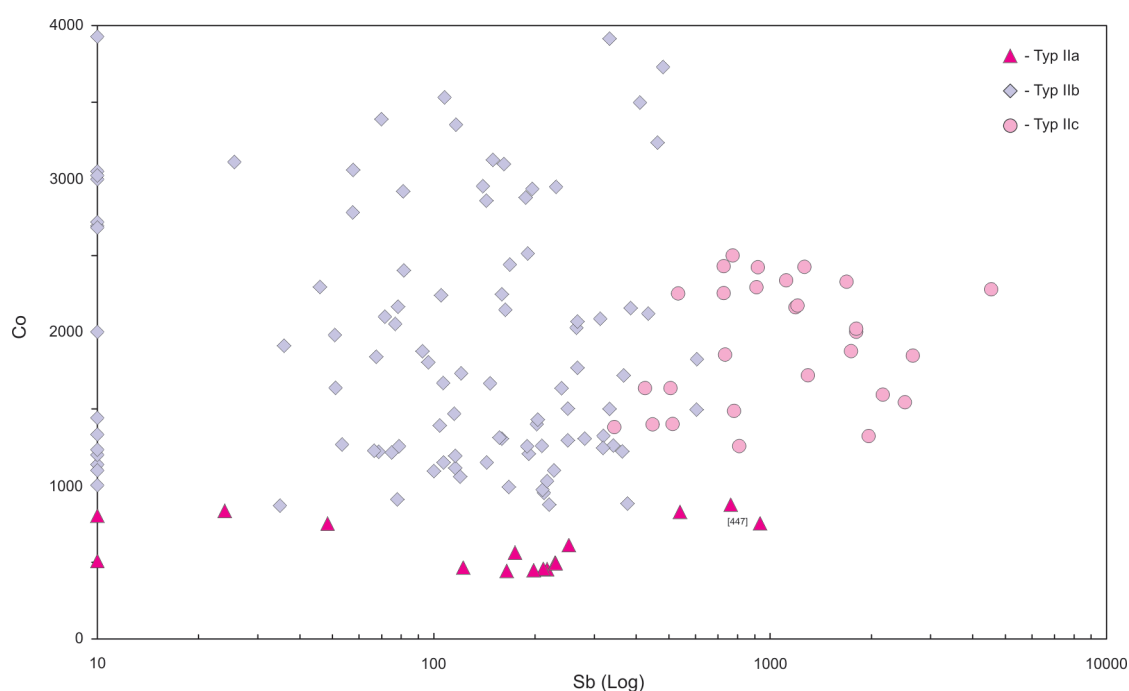


Abb. 41: Korrelation zwischen Co- und Sb-Konzentrationen in kobaltgefärbten Gläsern vom Typ II.

[097, D12] und des Anhangs A₁ [461] sowie die Körperteile der Armringe der Gruppen 2b [D01], 6a [128], 6b [D18, D19], 7c [D26] und 14b [S57] erzeugt. Der Mangangehalt, der bei einer Messung des Verzierungsglases eines der Armringe der Gruppe 5a aus Dürrnberg ([D07]-V₂) ermittelt wurde, lag bei 1080 ppm, also über dem für die Gläser des Typs I angenommenen Grenzwert. Der Antimongehalt, der beim Glas des Armringkörpers der Gruppe 2a aus Dürrnberg ([D01]-Kb₂) nachgewiesen wurde, lag dagegen bei nur 825 ppm. Bei den meisten Gläsern des Subtyps Ic wurde auch der erhöhte oder hohe Bleigehalt beobachtet. Bleianteile von 0,2%–0,4% wurden im Verzierungsglas der Armringgruppe 5a aus Dürrnberg [D09], im Werkstoff des Armringkörpers der Exemplare der Gruppen 6a aus Oberleis [128] und 6b aus Dürrnberg [D18, D19] belegt, mit 0,6%–0,8% war Blei dagegen im Glas des Armringkörpers der Gruppe 14b aus Södingberg [S57] vertreten. Viel höhere Bleikonzentrationen von 2,1% bis zu 5,2% wurden im Verzierungsglas eines weiteren Armringes der Gruppe 5a aus Dürrnberg [D07], im Verzierungsglas eines Armringes der Gruppe 5b aus Großsierning [097] sowie im Glas vom

Körper eines Armringes der Gruppe 7c aus Dürrnberg [D26] gemessen.

Typ II

Dem zweiten Haupttyp der mit Kobalt gefärbten Gläser gehören Gläser mit einem Mangangehalt zwischen 0,1% und 0,5% an. Eine genaue Trennung zwischen den Gläsern vom Typ II und III mit Mangananteilen um 0,5% war häufig nicht leicht und aufgrund unterschiedlicher Kriterien, wie z.B. dem Kobalt/Eisen- oder Kobalt/Mangan-Verhältnis möglich¹³⁰. Der Eisengehalt in diesen Gläsern liegt zwischen 0,3% und 1,3%, der Kupfergehalt – zwischen 0,2% und 0,5%. Ähnlich wie bei Gläsern des vorangegangenen Typs, kann man die Gläser vom Typ II, vor allem aufgrund der unterschiedlichen Kobalt- und Antimongehalte, in drei Subtypen untergliedern (Abb. 41).

IIa. Gläser mit niedrigem Antimon- (unter 500 ppm) und Kobaltgehalt (unter 0,1%, im Durchschnitt ca. 600 ppm). Der Eisengehalt ist in diesen Gläsern 8–20fach größer als der Kobaltgehalt. Die Verfärbung der behandelten Gläser kann sowohl ziemlich hell (Farbe Pantone 2727 C) als auch noch intensiver sein (Pantone 2728 C), darunter auch mit

¹³⁰ In einigen Fällen ist die Zuweisung der Gläser zu einem bestimmten Typ schwierig und beruht auf eigenem Ermessen.

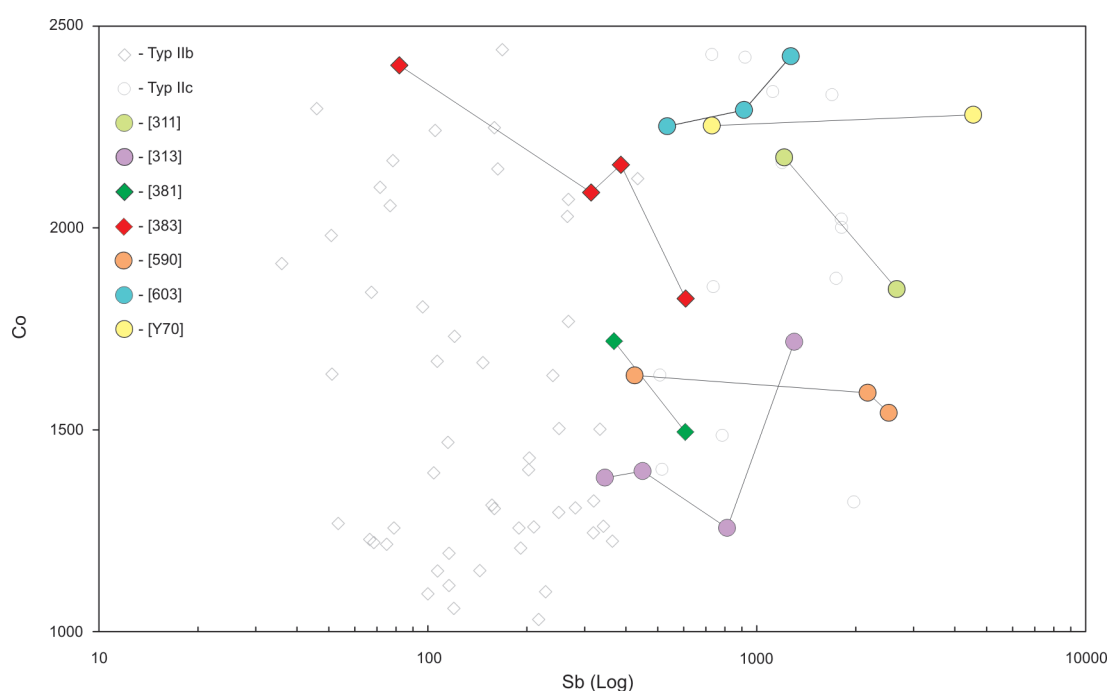


Abb. 42: Unterschiede in den Co- und Sb-Konzentrationen bei verschiedenen Bestimmungen von Gläsern vom Typ II.

deutlich himmelblauem Farbton (Pantone 294 C). Zum Subtyp IIa gehören wenige Gläser der Armringkörper der Gruppen 3a [D02], 6b [222], 7a [D21] und 14a [439, 447], wie auch der Ringperlen der Gruppen 22 [D45, F49]. Im Glas der Armringe der Gruppe 14a aus Oberleis [447] liegt der Antimongehalt bei 800 ppm–900 ppm, also höher, als für den behandelten Subtyp angenommen (siehe Abb. 41). Dass dieses Glas aber in den Subtyp IIa zu setzen ist, liegt in dem darin nachgewiesenen niedrigen Kobaltgehalt (800 ppm–900 ppm) begründet.

IIb. Gläser, die, ebenso wie in dem vorhergehenden Fall, durch niedrige Antimonanteile (unter 500 ppm) gekennzeichnet sind, allerdings höhere Kobaltgehalte (0,1%–0,4%) aufweisen. Folglich wechselt damit auch das Kobalt/Eisen-Verhältnis (Eisengehalt übertrifft 2–10fach den Kobaltgehalt). Die beträchtliche Mehrheit der Gläser des behandelten Subtyps lässt eine dunkle und intensive Verfärbung erkennen (Farben Pantone 2728 C, 2738 C, Reflex Blue C), die in einem Fall einen himmelblauen Farbton (Pantone 294 C) besitzt. Nur vereinzelt sind die Gläser deutlich heller gefärbt (Pantone 2727 C, 285C). Der Subtyp IIb vertritt sowohl chemisch als auch optisch das meist typische kobalt-blaue Glas der Latène-Kultur. Er stellt auch den quantitativ stärksten Typ unter allen Glasarten dar, die in dem analysierten

Bestand dieser Fundkategorie vertreten sind. Aus den Gläsern des Subtyps IIb wurden die Körperteile der Armringe der Gruppen 3a [016, 053, 060], 3b [085], 6a [159], 6b [207, D17], 7a [230], 7b [252, 266, 267, D23], 7c [273, 284], 8b [323, 334, 335, 346], 8d [376, D30], 9 [D32], 11a [380, 381, 383], 11b [387, 392], 13a [402, 414, 422, 427, 431] und des Anhangs A₇ [468]; Ringperlen der Gruppe 21 [528], 22 [D43] sowie einer Glasperle aus dem frühlatènezeitlichen Grab aus Pottenbrunn [Y65] erzeugt. Bei zwei Bestimmungen der Gläser der Armringgruppe 11a aus Horn ([381]-Kb1) und Roseldorf ([383]-Kb2) liegen die Antimongehalte bei ca. 600 ppm, also etwas über dem angenommenen Grenzwert. Bei den sonstigen Messungen der Gläser der beiden Armringe beträgt dieser Gehalt jedoch ca. 100 ppm–400 ppm (siehe Abb. 42). Im Glas des Armringes 8b aus Göttesbrunn [323] wiederum liegt der Kobaltgehalt bei nur 869 ppm, ist also eher für die Gläser des Subtyps IIa charakteristisch. In diesem Fall legt aber das beobachtete Eisen / Kobalt-Verhältnis (1:3) eine Zuweisung dieses Glases zum Typ IIb nahe. Ähnlich niedriger Kobaltanteil ergibt sich auch bei zwei Bestimmungen des Glases vom Armring 8b aus Kleinreinsprechtsdorf ([334]-Ka₁, -Ka₂).

In einigen weiteren Gläsern des Subtyps IIb liegt der ermittelte Mangangehalt geringfügig unter oder über dem

für die Gläser des gesamten Typs II angenommenen Niveau. Die Mangananteile von 700 ppm–800 ppm treten in den Gläsern der Armringgruppen 3a aus Oberleis [053], 6a aus Zemling [159], 7a aus Etzersdorf [230] und 9 aus Dürrenberg [D32], dagegen von 0,53%–0,58% – in den Gläsern der Armringe 13a aus Roseldorf [431] und des Anhangs A₇ aus Oberleis [468] auf. Manche Abweichungen von den angenommenen Grenzwerten (0,2%–0,5%) lassen sich in den behandelten Gläsern auch für die Kupfergehalte nachweisen. Dieses Element ist mit 0,14%–0,19% in den Gläsern der Armringgruppe 3b aus Thunau [085], 7b aus Limberg [266] und 9 aus Dürrenberg [D32], dagegen mit ca. 0,6% im Glas des Armringes der Gruppe 21 aus Etzersdorf [528] sowie bei einer Messung im Glas eines Armringes der Gruppe 3a aus Roseldorf ([060]-Kb₂) vorhanden.

Bei einem Teil von Gläsern des Subtyps IIb wurde der erhöhte Bleigehalt beobachtet. Mit 0,1% bis 0,2% tritt Blei in den Gläsern der Armringgruppen 7c aus Seebarn [284], 8b aus Limberg [335], 11a aus Horn [380, 381] und aus Ketzelsdorf [383] auf, nur geringfügig niedrigere Bleianteile (500 ppm–900 ppm) können in den Gläsern der Armringgruppen 3a und 11b aus Etzersdorf [016, 387] sowie 8d aus Dürrenberg [D30] nachgewiesen werden.

IIc. Gläser mit einem Antimongehalt von 500 ppm bis 0,3%. Der Kobaltgehalt hält sich in einem Bereich zwischen 0,1% und 0,2%, ist also etwas niedriger als in den Gläsern des Subtyps IIb. Das Eisen / Kobalt-Verhältnis bleibt ähnlich (der Eisengehalt übersteigt 2–10fach den Kobaltgehalt). Die Verfärbung der behandelten Gläser ist verhältnismäßig dunkel und intensiv (Pantone 2728 C, 2738 C, Reflex Blue C). Aus diesen Gläsern wurden die Körperteile der Armringe der Gruppen 6a [145], 7b [D24], 7c [D27], 8a [298, 311], 8d [D29], 8e [D31] und 11a [381], zweier Fingerringe der Gruppe 28 [590, 603] sowie einer vermutlich in die Mittel- oder Spätlatène-Zeit datierbaren Glasperle aus Wolfshoferamt [Y70] erzeugt. Charakteristisch für die behandelten Gläser sind die beträchtlichen Abweichungen im Antimongehalt bei verschiedenen Bestimmungen desselben Glases (Abb. 41)¹³¹. So liegt beispielsweise der Antimongehalt im Glas der Perle aus Wolfshoferamt [Y70] bei 728 ppm in einer Messung und bei über 0,45% in einer anderen. Der bei einer zweiten Bestimmung ermittelte Wert des Antimongehalts übersteigt den für den Subtyp IIb angenommenen Pegel und ist einer der Höchstwerte, die in den kobaltgefärbten Gläsern mit über 0,1% Mangangehalt belegt

worden sind (Typen II und III). Der Mangangehalt von 0,55%, also etwas über dem angenommenen Grenzwert für die Gläser vom Typ II, wurde bei einer Bestimmung im Glas eines Armringes der Gruppe 8e aus Dürrenberg ([D31]-Kb2) beobachtet. Auch höher als der angenommene Wert (1,4%) liegt der Eisengehalt im Glas eines Armringes der Gruppe 7b aus Dürrenberg [D24]. Für fünf Gläser des Subtyps IIc wurde ein erhöhter Bleigehalt erfasst: 763 ppm im Glas eines Armringes der Gruppe 8a aus Thunau [298]; 0,2% im Glas eines Fingerringes der Gruppe 28 aus Etzersdorf [603] sowie mit Anteilen von 0,5% bis zu 1% in den Gläsern der Armringe der Gruppen 6a aus Roseldorf [145], 8a aus Oberleis, [311] und 7c aus Dürrenberg [D27].

Typ III

Zu dem dritten Haupttyp der mit Kobalt gefärbten Gläser gehören Gläser mit hohem Mangangehalt (0,5%–2,0%). Der Kobaltgehalt ist in diesen Gläsern mit 0,1%–0,4%, Kupfer mit 0,1%–0,6% und Eisen mit 0,4%–1,4% vertreten. Der Eisengehalt ist also 2–10 mal höher als der Kobaltanteil. Für die Gläser vom Typ III wurde häufig ein erhöhter Bleigehalt (bis zu 1,5%) belegt. Aufgrund der Unterschiede in der Antimonkonzentration, wie auch der mittleren Werte der übrigen Elemente, sind beim Typ III zwei Subtypen auszusondern (Abb. 43).

IIIa. Gläser mit sehr niedrigem Antimongehalt (unter 500 ppm). Die Anteile von Kobalt, Kupfer und Eisen liegen in diesen Gläsern entsprechend bei 0,1%–0,3%; 0,1%–0,5% und 0,4%–1,0%, sind also im Durchschnitt niedriger als in der nachfolgend behandelten Subgruppe IIIb. Die Verfärbung der fraglichen Gläser ist gewöhnlich verhältnismäßig dunkel und intensiv (Farben Pantone 2728 C, 2738 C, 280 C), wenn sie gelegentlich auch deutlich heller sein kann (Pantone 2727 C). Aus diesen Gläsern sind die Körperteile der Armringe der Gruppen 2a [001], 3a [015, D03, D04, D05, F48], 6a [104, 105, 106], 6b [167, 168], 7b [245, 246, 247, D25], 7c [280], 8b [325], 8c [364], 8d [374], 10 [377], 13a [403, 412, 413, 421], 13c [434] und 16 [D39], des Anhangs A₄ [465], der Ringperlen der Gruppen 21 [530], 22 [536], 23 [562], 24 [565, 567] und 25 [573] sowie eines Fingerringes der Gruppe 28 [591] erzeugt. Der Antimongehalt im Glas des Körpers eines der Armringe der Gruppe 3a aus Burgschleinitz [015] liegt bei 743 ppm, also nur geringfügig oberhalb des angenommenen Grenzwertes (und zugleich innerhalb der unteren Grenze für den Subtyp IIIb).

¹³¹ Der inhomogene Charakter der blau gefärbten Gläser ist bei Antimon am stärksten ausgeprägt (vgl. S. 122–123). Dieses ist in den Gläsern des behandelten Typs besonders gut nachweisbar.

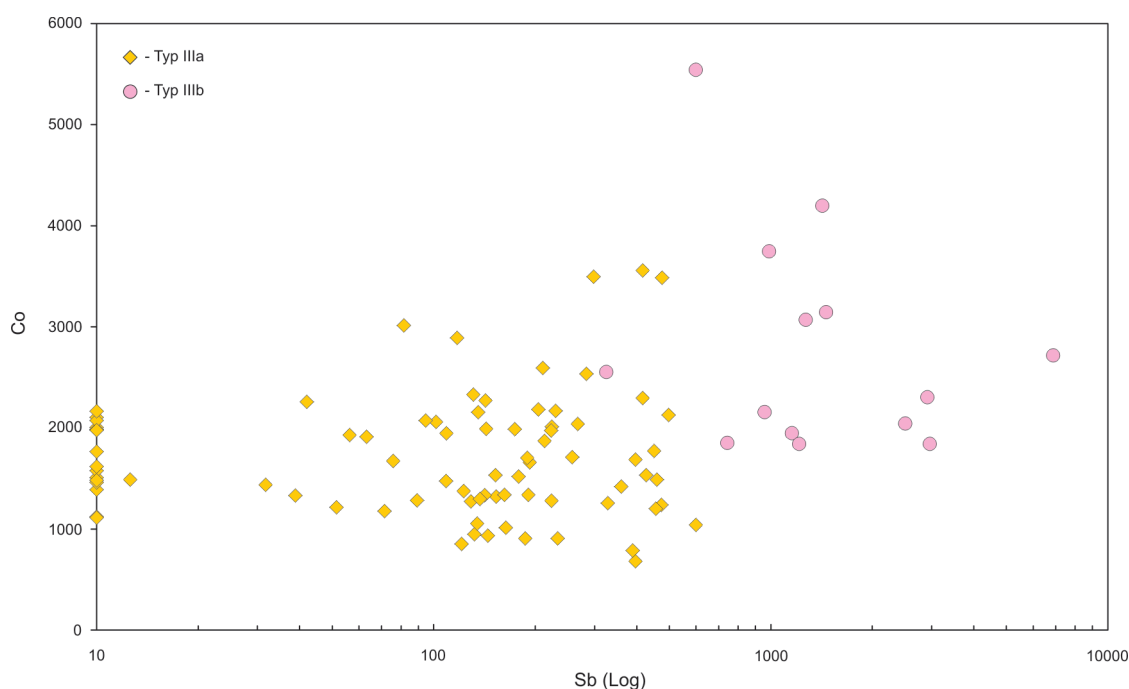


Abb. 43: Korrelation zwischen Co- und Sb-Konzentrationen in kobaltgefärbten Gläsern vom Typ III.

Relativ niedrige Gehalte von Kobalt (0,2%), Kupfer (0,2%) und Eisen (0,6%) veranlassen allerdings noch zu einer Zuweisung des fraglichen Glases zu dem Subtyp IIIa. Der Mangangehalt von 2,6%, der bei einer der Messungen im Glas eines Armringes der Gruppe 6a aus Etzersdorf ([106]-Kb₁) belegt wurde, ist wiederum höher als der für die Gläser des gesamten Typs III angenommene Durchschnittswert. Auch bei Kobaltkonzentrationen sind manche Abweichungen von den angenommenen unteren und oberen Grenzwerten zu beobachten. Mit Anteilen geringfügig unter 0,1% (700 ppm–900 ppm) ist Kobalt im Glas eines Armringes der Gruppe 8d aus Bad Fischau [374] sowie der Ringperlen der Gruppen 23 [562] und 24 [565] aus Oberleis vorhanden. Der Kobaltgehalt von 0,35%, wie er für den nachfolgend behandelten Typ kennzeichnend ist, wurde im Glas eines Fingerringes der Gruppe 28 aus Etzersdorf [591] belegt. In diesem Glas wurde allerdings ein niedriger Antimongehalt (300 ppm–500 ppm) gemessen. In den Gläsern des Subtyps IIIa wurde teilweise ein erhöhter Bleianteil festgestellt. Mit 500 ppm–0,1% wurde Blei im Glas der Armringe der Gruppe 7c aus Roseldorf [280] und 13a aus Oberleis [412], dagegen mit 0,1%–0,4% im Glas der Armringe der Gruppen 2a aus Oberleis [001], 3a aus Dürrnberg [D05] und 6a aus Etzersdorf [106]; der Ringperlen der Gruppen 21 aus Großburgstall [530], 22 [536], 23 [562], 24 [565, 567] aus Ober-

leis und 25 aus Seebarn [573] sowie eines Fingerringes der Gruppe 28 aus Etzersdorf [591] nachgewiesen. Die höchste Bleikonzentration mit 0,6%–0,8% konnte im Glas eines Armringes der Gruppe 3a aus Dürrnberg [D04] und bei einer Messung im Glas einer Ringperle der Gruppe 24 aus Oberleis ([567]-Ka₂) festgestellt werden. Es sei darauf hingewiesen, dass die erhöhten Bleigehalte in den Gläsern aller untersuchten Ringperlen des behandelten Subtyps nachgewiesen worden sind.

IIIb. Gläser mit einem Antimongehalt von 700 ppm bis 0,3%. Im Durchschnitt höher als in den vorher behandelten Gläsern liegen auch die Anteile von Kobalt (0,2%–0,4%), Kupfer (0,4%–0,6%) und Eisen (0,7%–1,4%). Die Verfärbung aller Gläser des Subtyps IIIb ist verhältnismäßig dunkel und intensiv (Farbe Pantone 2728 C, 2738 C). Aus diesen Gläsern wurden die Körperteile der vier Armringe der Gruppen 3b [074], 6a [133], 7c [278] und 8d [373] sowie einer möglicherweise aus dem pontischen Raum stammenden, in einem mittel- oder spätlatènezeitlichen Fundverband in der Siedlung aus Thunau gefundenen Perle [Y67] erzeugt. Bei einer Messung liegt der Antimongehalt im Glas eines Armringes der Gruppe 3b aus Amelsdorf ([074]-Kb₁) bei fast 0,7%, also deutlich oberhalb der in den anderen Gläsern des Subtyps IIIb nachweisbaren Werte. Es ist dies zugleich die höchste Antimonkonzentration unter allen analysierten,

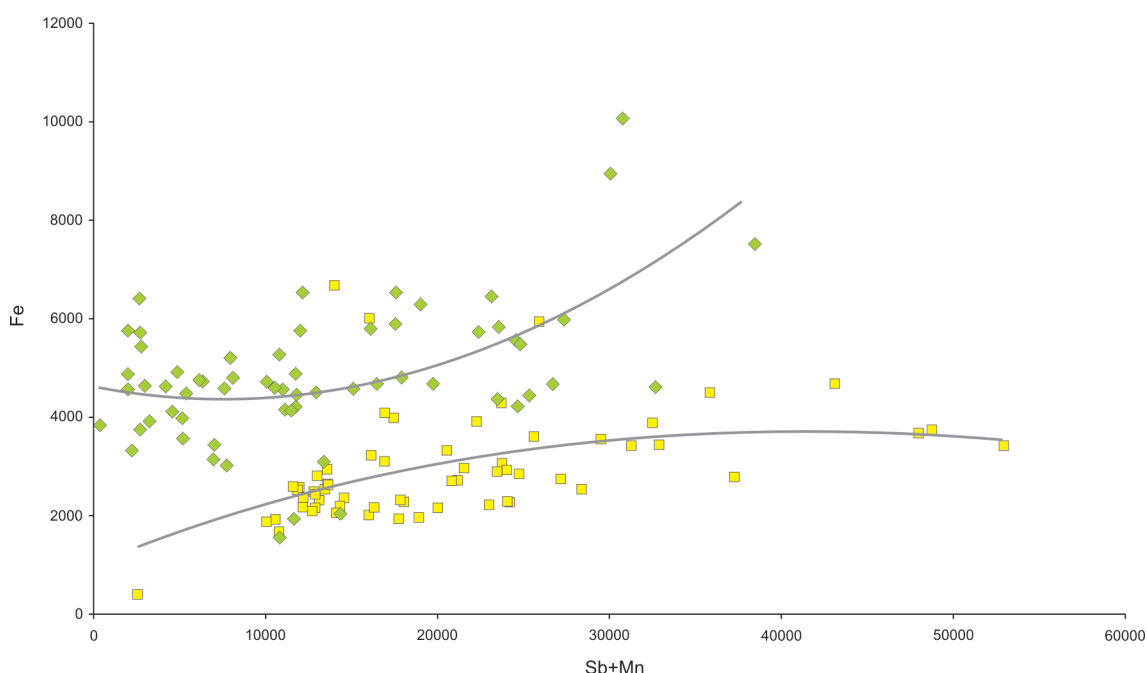


Abb. 44: Korrelation zwischen Fe-Gehalt und der Summe von Sb- und Mn-Konzentrationen in farblosen (■) und eisengefärbten (◆) Gläsern (mit eingetragenen Trendkurven).

mit Kobalt gefärbten Gläsern mit Mangangehalt über 0,1% (Typen II und III). Auch die bei einer Messung belegten Anteile von Eisen im Glas der Perle aus Thunau ([Y67]-Ka₃) überschreiten die für den Subtyp IIIb angenommenen Werte und betragen entsprechend 1,9% und 1,1%. Bei einer Bestimmung lag der Mangangehalt im Glas des Körperteils eines Armringes der Gruppe 8d aus Oberleis ([373]-Ka) bei 2,7%, ähnlich also wie bei einer Messung im Glas des Körperteils eines Armringes aus Etzersdorf des Subtyps IIIa ([106]-Kb₁), zugleich aber oberhalb des für den gesamten Typ III angenommenen Grenzwertes. Mit Ausnahme des Glases eines Armringes der Gruppe 6a aus Oberleis [133] wurde im Glas des betreffenden Subtyps ein erhöhter oder hoher Bleigehalt nachgewiesen. Die Konzentrationen von 0,1%–0,2% treten in den Gläsern der Armringgruppen 3b aus Amelsdorf [074] und 8d aus Oberleis [373] auf, die höheren Gehalte (0,5%–1,5%) dagegen im Glas eines Armringes der Gruppe 7c aus Oberleis [278] sowie der Perle aus Thunau [Y67].

Durchscheinende farblose und mit Eisenionen gefärbte Gläser

Farblose Gläser sollen im Folgenden zusammen mit den eisengefärbten Gläsern behandelt werden, da die beiden Glasarten sich chemisch sehr ähnlich sind: Sie enthalten

hauptsächlich Eisenverbindungen sowie Antimon und/oder Mangan in nur geringfügig abweichenden Proportionen (Abb. 44). Lediglich in einigen wenigen Fällen wurden in diesen Gläsern erhöhte Bleikonzentrationen nachgewiesen, darüber hinaus treten in ihrer Zusammensetzung keine deutlichen Anteile anderer Substanzen auf.

In den beiden Glasarten ist Eisen mit durchschnittlich 0,2% bis 0,5% vorhanden. Bei derartigen Konzentrationen rufen die Eisenionen eine deutliche, gewöhnlich hellgrüne Verfärbung hervor. Das Fehlen dieses Farbtons in farblosen Gläsern ist auf die Entfärbung durch die Eisenoxidation – dadurch werden die Färbungseigenschaften von Eisen abgeschwächt – oder durch die Ergänzung der durch die Eisenionen bewirkten Verfärbung zurückzuführen. Unter den Farblosen sind die grundlegenden Unterschiede optisch nur schwer zu erkennen. Chemisch lassen sich jedoch drei Hauptgruppen von Gläsern unterscheiden: mit Mangan entfärbte Gläser, mit Antimon entfärbte Gläser und gleichzeitig mit diesen beiden Elementen entfärbte Gläser.

Bei Gläsern mit einer deutlichen Verfärbung durch Eisenionen lassen sich allgemein zwei Gruppen herausstellen. Der ersten, optisch recht uneinheitlichen Gruppe sind einige durchscheinende Gläser mit unterschiedlichem Farbton: grün-gelb, gelb-grün und hellgrün zuzuweisen. Entfärbungsmittel ist in diesen Gläsern Mangan. Die zweite Grup-

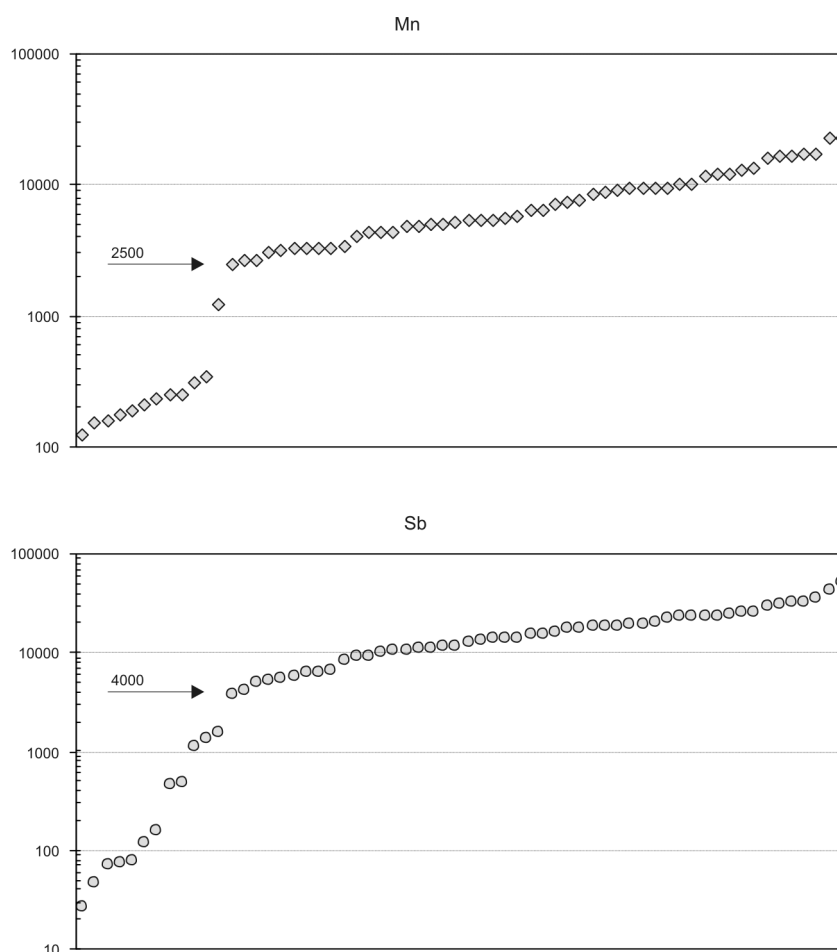


Abb. 45: Mn- und Sb-Gehalt in farblosen Gläsern. Eingetragen sind die Grenzbereiche des vermutlichen Niveaus einer intentionellen Anwesenheit der beiden Elemente in den Gläsern.

pe der behandelten Gläser ist viel zahlreicher. Hierzu gehören gut durchscheinende Gläser mit heller blau-grüner oder hellgrüner Farbe. Als Entfärbungsmittel dient diesmal Antimon. Ungeachtet gewisser optischer Abweichungen bilden diese Gläser eine Gruppe, die sich farblich ziemlich deutlich von den meisten übrigen Gläsern unterscheidet¹³². Bei den beiden Gruppen von Gläsern mit deutlich erkennbarer Verfärbung ist es schwer zu entscheiden, ob dieser Farbton absichtlich hervorgerufen wurde oder aber vielmehr auf die mangelnde Fertigkeit der Entfärbung von Glas zurückzuführen ist. Unter den mit Eisenverbindungen gefärbten Stücken finden sich auch manche Gläser von dunkelgrüner und brauner Verfärbung.

Durchscheinende farblose Gläser

Aus farblosem Glas wurden in dem analysierten Bestand die Armringe der Gruppen 6a [160, 161, 164, D14, D15,

D16], 7a [239, 240, D22], 8a [306, 307], 8c [T58], 10 [D33, D34], 13a [425] sowie des Anhangs A₂ [462], wie auch die Ringperlen der Gruppen 19 [526, D41, D42], 22 [538], 23 [F50], 25 [F52] und Fingerringe der Gruppen 26 [586] und 28 [639] erzeugt. Der Eisengehalt in den untersuchten farblosen Gläsern ist ziemlich differenziert und schwankt zwischen 0,17% und 0,6%. Eine Ausnahme bildet hierbei das Glas des Fingerringes aus Oberleis [639] mit nur 0,04% Eisengehalt. In allen farblosen Gläsern wurden Entfärbungsmittel Antimon und Mangan nachgewiesen, deren Anteile von über 0,25% für Mangan und über 0,4% für Antimon als intentionell zu betrachten sind (Abb. 45).

Am häufigsten, in rund 15 Fällen, wurde in farblosen Gläsern das gleichzeitige Vorhandensein der beiden Entfärbungsmittel nachgewiesen, in fünf Fällen [462, 526, 538, D41, F52] wurde nur Mangan und in den weiteren vier [586, D14, D15, D16] – nur Antimon belegt (Abb. 46). Als

¹³² R. GEBHARD (1989, 158–160) hat solche Gläser seiner Farbgruppe 29 zugerechnet.

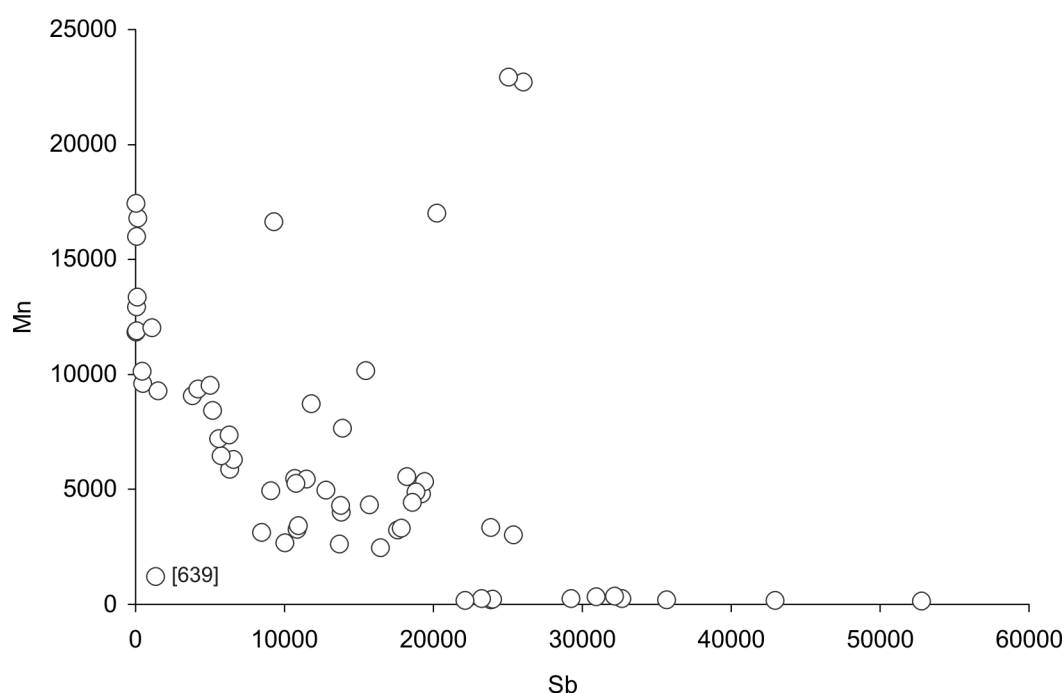


Abb. 46: Korrelation zwischen Mn- und Sb-Konzentrationen in farblosen Gläsern.

alleiniges Entfärbungsmittel tritt Mangan in einem Anteil von 0,9%–1,7% auf. In deutlich geringerer Konzentration (2,3%–5,3%) ist als alleiniges Entfärbungsmittel Antimon vorhanden. Bei gleichzeitiger Anwesenheit der beiden Entfärber liegt ihr gemeinsamer Gehalt bei 1,2%–4,9%. Eine Ausnahme bildet dabei das Glas des zuvor erwähnten Fingerringes aus Oberleis [639], in dem der gemeinsame Gehalt von Mangan und Antimon nur 0,26% beträgt. Bei sehr niedrigem Eisengehalt ist jedoch eine solche Menge der beiden Entfärbungsmittel offensichtlich ausreichend. Man bedenke, dass der in farblosen Gläsern ermittelte Antimon-gehalt vorwiegend zwei bis dreimal größer ist als der Mangangehalt. Nur in einem Fall [425] übersteigt der Antimon-gehalt den von Mangan nur um ca. 1/3, in drei Fällen dagegen sind die Gehalte der beiden Elemente annähernd gleich [240, 639, T58], und in den weiteren zwei Fällen [D42, F50] ist die Mangankonzentration um etwa die Hälfte größer als die von Antimon.

In fünf analysierten farblosen Gläsern wurde ein deutlich erhöhter Bleigehalt (0,4%–5%) erfasst. In zwei Fällen handelt es sich um mit Mangan entfärbte Gläser [D41, F52], in drei Fällen sind es dagegen Gläser, in denen als Entfärbungs-

mittel Mangan und Antimon verwendet wurde [240, 425, D33].

Drei der behandelten farblosen Gläser besitzen einen sehr feinen, grünen [D16] oder violetten [D41, D42] Farbstich. Chemisch weichen diese Gläser grundsätzlich nicht von den übrigen farblosen Gläsern ab. Es sei anzumerken, dass das Entfärbungsmittel im Glas mit grünem Farbstich Antimon ist, während in violett gefärbten Gläsern als Entfärbungsmittel einmal Mangan, einmal Mangan gemeinsam mit Antimon (allerdings mit einem Übergewicht von Mangan) auftritt¹³³. Die nicht vollständige Entfärbung der Glasmasse ist wohl dadurch bedingt, dass die Färbungseigenschaften sowohl des Eisens als auch des Mangans außer von Farbstoff- und Entfärberkonzentrationen möglicherweise unmittelbar auch von der Atmosphäre und der Schmelztemperatur wie auch von der chemischen Zusammensetzung des Glases beeinflusst werden können.

Durchscheinende hellgrüne Gläser

Unter den analysierten Gläsern mit deutlicher Verfärbung und nachgewiesener Anwesenheit von Eisenionen als allein möglichem Farbstoff lässt sich optisch eine relativ inhom-

¹³³ Die Manganionen führen unter bestimmten Bedingungen zu einer violetten Verfärbung von Glas (siehe S. 97–98)

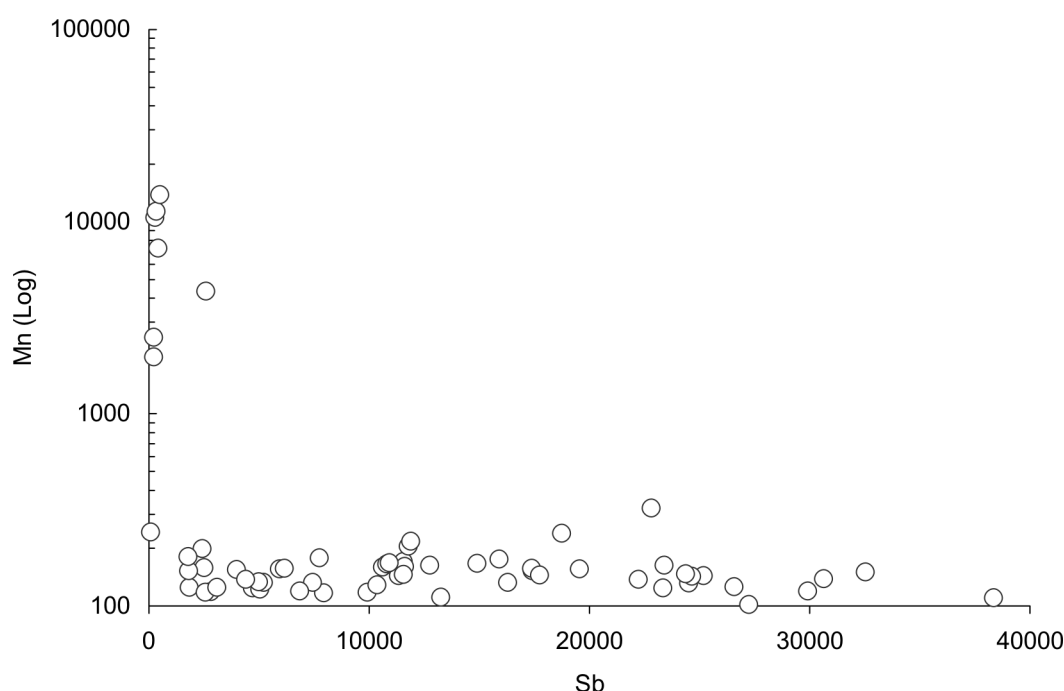


Abb. 47: Korrelation zwischen Mn- und Sb-Konzentrationen in eisengefärbten Gläsern.

gene Gruppe von durchscheinenden Gläsern mit grün-gelbem, gelb-grünem und hellgrünem Farbton aussondern. Aus diesen Gläsern wurden einige Ringperlen der Gruppen 21 [534], 23 [F51, P53] und 24 [570] sowie eine kleine Perle aus einem awarischen Grab aus Zillingtal [Y72], das als Vergleichsmaterial für den untersuchten Fundbestand benutzt wird, erzeugt. Die in allen Gläsern nachgewiesene Eisenkonzentration schwankt zwischen 0,16% und 0,54%, ist also ähnlich wie in den vorher behandelten farblosen Gläsern (Abb. 44). Der niedrigste Eisengehalt (0,16%–0,2%) wurde im hellgrünen Glas der Ringperle aus Frauenberg [F51], der höchste dagegen (0,33%–0,54%) im gelb-grünen Glas der Ringperle aus Podwiesk [P53] belegt. Als Entfärbungsmittel diente in den betreffenden Gläsern Mangan, dessen Gehalt bei 0,2%–1,4% liegt, also wieder ähnlich ist wie bei einem Teil der farblosen Gläser (Abb. 47). Von Antimon wurden nur Spurenanteile nachgewiesen. Eine Ausnahme ist hier das grün-gelbe Glas einer Ringperle aus Oberleis [570], in dem auch nur Spurenanteile von Mangan bestimmt werden konnten. Nur im Falle einer Perle aus Zillingtal [Y72] wurden die Anteile sowohl von Mangan (0,4%) als auch von Antimon (0,26%) belegt.

Im hellgrünen Glas eines Armringes aus Frauenberg [F51] fällt der erhöhte Bleigehalt (0,4%–0,7%) auf. Es sei angemerkt, dass zwei der vorher behandelten farblosen Gläser [D41, F52] ähnliche Anteile von Eisen wie auch Mangan und Blei enthalten, wie dies im Glas einer Ringperle aus Frauenberg [F51] nachgewiesen wurde. Es taucht hier also wieder die bereits angesprochene Frage der Fertigkeit einer wirksamen Entfärbung von Glas sowie der möglichen Beeinflussung dieses Prozesses sowohl durch die Farbstoff- und Entfärbkonzentration als auch durch die Atmosphäre und Schmelztemperatur und nicht zuletzt auch durch die chemische Zusammensetzung von Glas auf¹³⁴.

Eine quantitativ stärkere Gruppe von eisengefärbten Gläsern bilden durchscheinende Gläser mit heller blau-grüner und hellgrüner Farbe, aus denen die Körperteile der Armringe der Gruppen 5a [091, 092, 093, 096, D07, D08, D09, D10], 5b [097, D11, D12, D13, T59], 12a [397, 398, 399, D36, D37], 14b [S57] und des Anhangs A₁ [461] sowie die zusätzliche Verzierung eines der Armringe der Gruppe 5a [D10] erzeugt wurden. Es handelt sich dabei also durchweg um Fundstücke, die an den Anfang der mittleren Latène-Zeit, vermutlich sogar in deren früheste Phase (LT C1a) zu

¹³⁴ Das farblose Glas einer Ringperle aus Dürrenberg [D41] weist einen schwach violetten Farbstich auf.

datieren sind. Derart gefärbtes Glas ist unter den Erzeugnissen der Latène-Kultur in der späteren Zeit nur ganz selten anzutreffen¹³⁵.

Eisen, das die charakteristische Verfärbung hervorgerufen hat, tritt in den behandelten Gläsern zu 0,3%–0,6% auf. Diese Werte werden nur beim Glas des Körperteils eines Armringes der Gruppe 5b aus Großsierning [097] überschritten (0,75%–1,0%). Der Eisengehalt liegt also in diesen Gläsern im Durchschnitt nur geringfügig höher als bei farblosen Gläsern. Viel stärker differenziert als der Eisengehalt ist die Konzentration des Entfärbungsmittels, dessen Rolle diesmal ausschließlich Antimon erfüllt (Abb. 47). Sein Anteil liegt in einem Bereich von 0,18% bis über 3,8%. Die höchste Antimonkonzentration (2,9%–3,8%) wurde im Glas des erwähnten Armringes aus Großsierning [097] belegt und hängt wahrscheinlich mit dem hohem Eisengehalt in diesem Glas zusammen.

In den Gläsern der Körperteile der drei Armringe aus Dürrenberg [D07, D37] und Trepca [T59] wurde eine gegenüber den anderen Gläsern geringfügig höhere Kupferkonzentration (400 ppm–700 ppm), in einem Fall [D07] über 0,14% beobachtet. Die Kupferverbindungen sind jedoch wenig intensive Farbstoffe und spielen in diesem Fall vermutlich keine bedeutende Rolle als Farbmittel, können allerdings die durch die Eisenionen hervorgerufene Verfärbung fördern.

Interessant ist in den untersuchten Gläsern auch der Blei-gehalt, der im Falle von vier Armringen, den Exemplaren aus Rosenberg [096] und Dürrenberg [D07, D36, D37], mit 0,22%–0,58% höher liegt als sonst. Wir haben es in diesem Fall erneut mit chemischer Ähnlichkeit mit einigen der vorher behandelten Gläser zu tun. Ähnliche Anteile von Eisen und Blei wurden im farblosen Glas der Armringe aus Dürrenberg [D41] und Frauenberg [F52] sowie im hellgrünen Glas einer Ringperle aus Frauenberg [F51] nachgewiesen. Im Fall des letzteren Glases liegt auch eine optische Ähnlichkeit vor. Wesentlicher Unterschied liegt allerdings in der Anwesenheit von Antimon als eines Entfärbungsmittels im Glas der Armringe sowie im Vorhandensein von Mangan im Glas aller Ringperlen.

Zu beobachten ist auch eine gewisse chemische Ähnlichkeit zwischen einigen mit Eisen gefärbten und mit Antimon entfärbten [093, 097, D09, D13, S57] und den farblosen, mit Antimon entfärbten Gläsern [586, D14, D15, D16]. Allerdings sind die Proportionen zwischen dem Gehalt des

entfärbenden Antimons und dem Anteil des färbenden Eisens in den beiden Gruppen von Gläsern ziemlich gering, doch zusehends differenziert (Abb. 48). Es stellt sich an dieser Stelle erneut die Frage nach der Wirksamkeit einer Bemühung gegen die durch die Eisenionen hervorgerufene Verfärbung im Glas. Geringfügige Unterschiede in den Proportionen der Konzentration des Farbstoffes und der Entfärbungsmittel in schwach gefärbten und farblosen Gläsern deuten möglicherweise darauf hin, dass die Verfärbung eine Folge der unsachgemäß durchgeführten Entfärbung ist oder gar umgekehrt, dass die damaligen Glasmacher sich möglicherweise gut darauf verstanden, die Ausgangsmaterialien mit großer Genauigkeit auszuwählen und die Intensität und Qualität der Verfärbung genau zu kontrollieren. Die Tatsache jedoch, dass die eisengefärbten Gläser, die in ihrer chemischen Zusammensetzung den farblosen Gläsern nahe kommen, fast ausschließlich vom Beginn der mittleren Latène-Zeit, also von der frühesten Entwicklungsphase der Glasherstellung in der Latène-Kultur stammen, veranlasst eher zu der Annahme der ersten Hypothese.

Durchscheinende dunkelgrüne Gläser

In dem analysierten Bestand fanden sich auch Gläser mit ausgeprägt dunkel-grüner Verfärbung, fast nicht durchscheinende, die eine ziemlich einheitliche Gruppe bilden. Es wurden daraus die Körperteile der vier Armringe erzeugt, die alle in die spätrömische Kaiserzeit datiert sind [X60, X61, X62, X63] und als Vergleichsmaterial untersucht wurden. In allen Fällen wird die Verfärbung durch Eisen hervorgerufen, dessen Gehalt 2,5%–5% beträgt, also zehnmal höher liegt als in den vorher behandelten Gläsern. Bei einer derart erheblichen Konzentration von Eisenionen dürfte anzunehmen sein, dass diese Verfärbung absichtlich war. Die betreffenden Gläser verdanken ihre immerhin schwache Durchsichtigkeit der Anwesenheit der entfärbenden Elemente, d.h. Mangan und Antimon. In einem Fall [X60] tritt als Entfärbungsmittel Mangan auf, dessen Anteil bei 1,1%–1,2% nachgewiesen wurde; in einem weiteren Fall [X63] ist es Antimon mit einem Anteil von 1,0%–1,3%, in den sonstigen zwei Fällen [X61, X62] sind als Entfärbungsmittel gleichzeitig Mangan und Antimon (entsprechend 0,4% und 0,5%–0,8%) vorhanden. Es sei betont, dass in den zwei letzten Fällen der Gesamtanteil der beiden Entfärbungsmittel (Mangan und Antimon) annähernd dem Gehalt jedes Elementes in den zwei ersten Fällen entspricht. Gläser, die durch die Anwendung derart hoher Eisenanteile gefärbt

¹³⁵ Im untersuchten Bestand besteht eine optische Ähnlichkeit zwischen den zwei zuvor behandelten Gläsern einer Ringperle aus Frauenberg [F51] und der Perle aus Zillingtal [Y72].

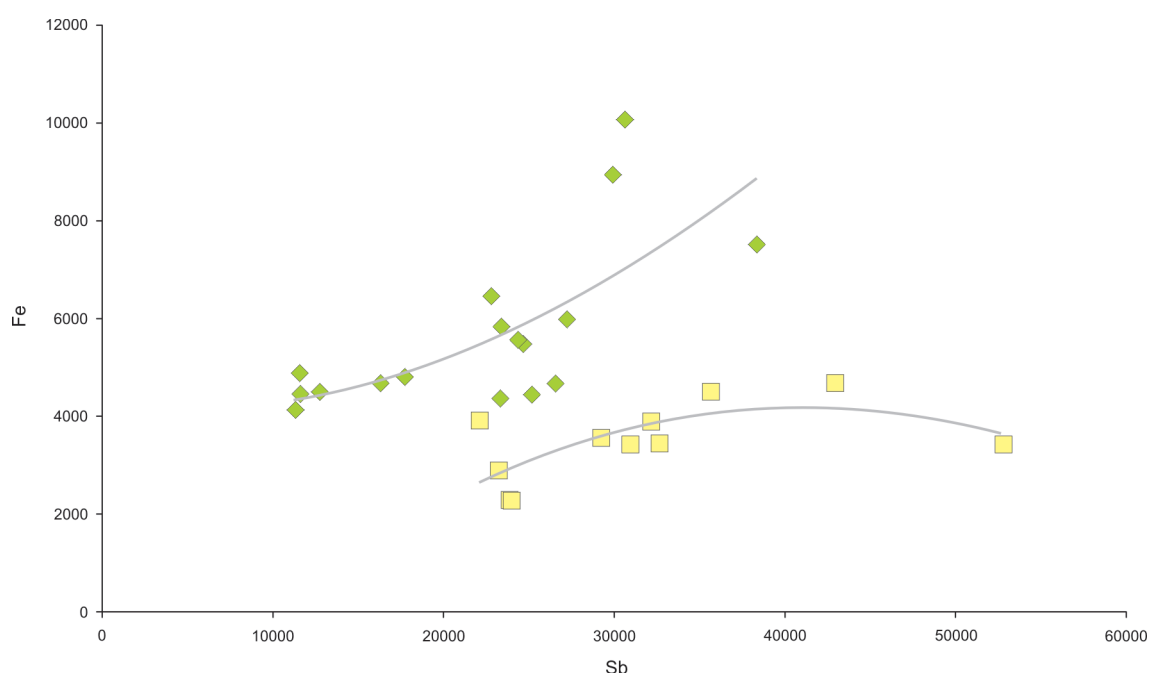


Abb. 48: Korrelation zwischen Fe- und Sb-Konzentrationen in antimonentfärbten Gläsern: farblosen (■) und eisengefärbten (◆) (mit eingetragenen Trendkurven).

wurden, finden bei den dem analysierten Bestand angehörenden Gläsern der Latène-Kultur keine Parallelen.

Durchscheinende, braune Gläser

Aus braunem Glas wurden in der analysierten Sammlung zwei Armringe der Gruppe 6d [D20] und 7b [264] sowie eine Ringperle der Gruppe 22 [D44] erzeugt. Interessanterweise zeichnet sich die Anwesenheit der in diesen Gläsern nachgewiesenen Elemente nicht durch ihren Anteil aus. Nur der Eisengehalt (0,22%–0,31%) ist merklich höher als die Anteile der übrigen Elemente, liegt allerdings unter dem Durchschnittswert der anderen Gläser. Es fehlen aber auch Entfärbungsmittel. Lediglich im Glas der Ringperle aus Dürrenberg [D44] ist der Mangengehalt geringfügig erhöht und liegt bei 0,16%–0,18%. Das selbst in so großen Konzentrationen vorhandene Eisen, das allerdings keinem Einfluss der Entfärbungsmittel ausgesetzt ist, verbleibt als einziger möglicher Farbstoff. Es scheint aber, dass für die Verfärbung nicht Eisenverbindungen allein, sondern jene, zusammen mit dem nicht unter den Bestimmungsergebnissen aufge-

föhrten Schwefel, verantwortlich sind. Schwefel, ebenso wie Eisen, ist in der Glasmasse fast immer als das Ergebnis der natürlichen Verunreinigungen des Gemenges vorhanden (siehe BRAZIEWICZ et al. 1996, 58)¹³⁶.

Durchscheinende, mit Manganionen gefärbte Gläser

In dem untersuchten Material befindet sich eine Gruppe von Gläsern mit intensiv violetter oder purpurfarbenem Farbton. Es sind dies durchwegs ziemlich dunkle, jedoch durchscheinende Gläser in ein paar Abtönungen: einer helleren bzw. dunkleren violetten sowie einer dunkel-purpurfarbenen. Aus diesen Gläsern wurden die Körperteile einiger Armringe der Gruppen 2a [F47], 3a [073, D06], 7d [D28], 16 [D40], der Ringperlen der Gruppen 23 [560], 23a [564], 25 [P54], eines Fingerringes der Gruppe 26 [D46] sowie die zusätzliche Verzierung einer der Ringperlen der Gruppe 25 [P54] erzeugt. Die violette oder purpurne Verfärbung ist durch die Mangengehalte von 1,1% bis 3,8% verursacht; die Ionen dieses Elementes können außer den

¹³⁶ In der Glasmasse aufgelöste Sulfide, hauptsächlich Eisensulfide (FeS), können im Glas eine bernsteinfarbene (braune) Verfärbung hervorrufen. Diese Verbindungen bilden sich unter Reduktionsbedingungen heraus, z.B. durch die Einführung von Kohle in das Gemenge oder infolge selbst der geringsten Anteile der Eisen- und Schwefel-

verbindungen, die in dem Ausgangsmaterial enthalten sind. Die Wirkung von Eisen(II)-Sulfid (FeS) als Farbstoff ist sehr stark, schon Promille seines Anteils im Glas rufen einen deutlich gelben Farbton hervor (NOWOTNY 1969, 110; siehe auch GEBHARD 1989, 166).

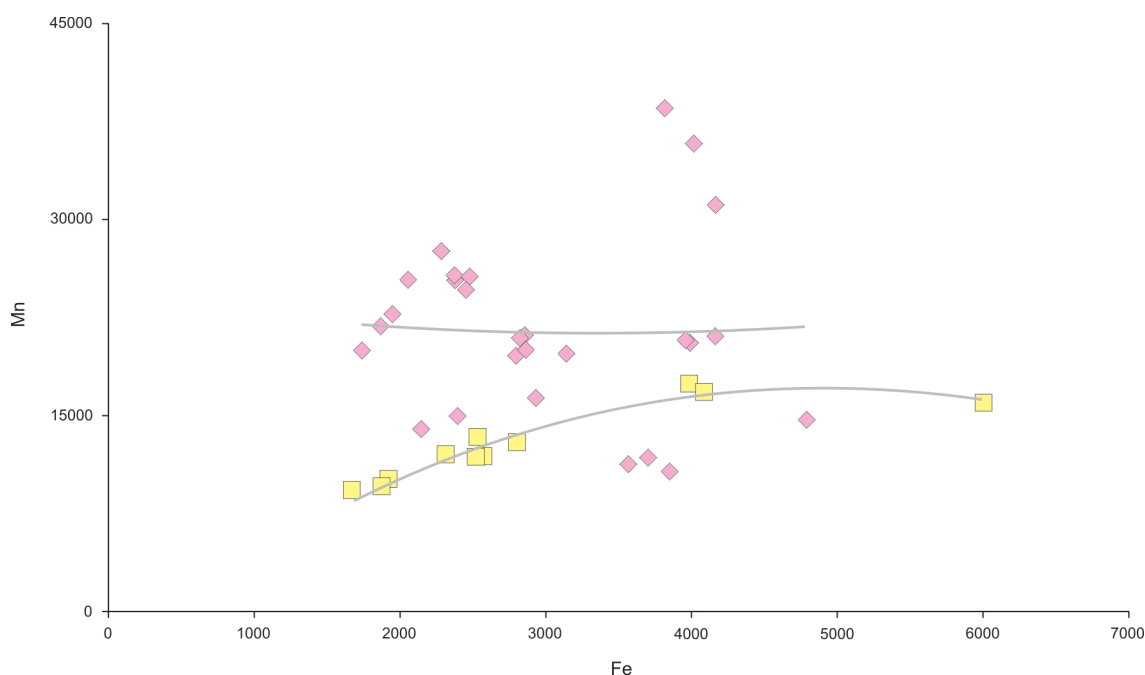


Abb. 49: Korrelation zwischen Mn- und Fe-Konzentrationen in farblosen manganentfärbten (■) und mangan-gefärbten (◆) Gläsern (mit eingetragenen Trendkurven).

stark entfärbenden Eigenschaften unter bestimmten Bedingungen stark färbende Eigenschaften aufweisen. In allen Gläsern wurde auch ein Eisengehalt von 0,17%–0,48% bestimmt. Die mit Mangan gefärbten Gläser kommen also chemisch den zuvor behandelten farblosen Gläsern nahe. Der Unterschied zwischen diesen zwei Glasarten besteht in dem etwas höheren Durchschnittsgehalt von Mangan in den mangangefärbten Gläsern (Abb. 49). Es ist allerdings keine Regel: z.B. im violetten Glas eines Fingerringes aus Dürnbach [D46] ist der nachgewiesene Manganengehalt niedriger oder zumindest so hoch wie in den farblosen manganentfärbten Gläsern. Die färbenden bzw. entfärbenden Eigenschaften von Mangan werden nicht nur von dessen Konzentration, sondern auch von der Atmosphäre und Schmelztemperatur sowie von der chemischen Zusammensetzung des Glases beeinflusst.

Im Glas des bereits erwähnten Fingerringes aus Dürnbach [D46] wurde ein erhöhter Antimonengehalt (0,17%–0,22%) beobachtet. Eine solche Menge dieses Elements im Gemenge ist wohl nicht als intentionell zu betrachten, allerdings mag der etwas hellere Farbton im Glas dieses Fingerringes darauf hindeuten, dass Antimon hier als Entfärbungsmittel wirkt.

Im einzigen untersuchten Glas, aus dem die zusätzliche Verzierung einer Ringperle aus Podwiesek [P54] erzeugt wurde, konnten erhöhte Anteile von Kupfer (ca. 0,1%) und Blei (0,3%) belegt werden. Die eventuellen Spuren einer Verfärbung, die durch eine derart geringe Menge von Kupferionen im intensiv mangangefärbten Glas hervorgerufen wird, ist wahrscheinlich nicht zu erkennen. Das Glas der betreffenden Verzierung unterscheidet sich jedoch von den meisten übrigen mangangefärbten Gläsern durch eine deutlich erkennbare purpurfarbene Abtönung¹³⁷.

Durchscheinende, mit Kupferionen gefärbte Gläser

Einige analysierte Gläser weisen eine Verfärbung auf, die durch vorhandene Kupferionen hervorgerufen wird. Mit Kupfer als Farbstoff kann das grüne oder grün-blaue Glas mit einer viel effektvolleren Verfärbung erzielt werden als dies in dem zuvor behandelten Glas vermittle der Eisenverbindungen möglich ist. Aus kupfergefärbten Gläsern sind im analysierten Bestand fünf Ringperlen der Gruppen 21 [532], 22 [544], 23 [561] und 25 [P55, P56] sowie zwei kleine Perlen aus dem frühlatènezeitlichen Grab aus Pottenbrunn [Y66] und einem awarischen Grab aus Zillingtal [Y71] erzeugt. Das Glas der Perlen wurde zu Vergleichszwecken untersucht.

¹³⁷ Im ähnlich gefärbten Glas des Körperteiles derselben Ringperle wurde jedoch keine erhöhte Kupferkonzentration festgestellt.

Die behandelte Gruppe von Gläsern scheint optisch weniger differenziert zu sein als chemisch. Hierzu gehören blau-grüne (türkisfarbene) Gläser mit hellerem und dunklerem Farbton sowie intensiv grüne, ziemlich dunkle Gläser. Chemisch sind sie dagegen von Fall zu Fall verschieden. Gemeinsam sind allen Gläsern die hohen Kupferkonzentrationen von 0,9%–2,2%. Der Eisengehalt liegt in diesen

Gläsern bei 0,17%–0,35%, entspricht also annähernd dem Durchschnittswert bei den anderen Gläsern. Damit sind die chemischen Gemeinsamkeiten der kupfergefärbten Gläser eigentlich erschöpft. Elemente, die für die Unterschiede zwischen diesen Gläsern bestimmend sind, sind Mangan, Antimon und Blei (Tabelle 2). Sie üben einen bedeutenden Einfluss auf die Qualität der Verfärbung aus¹³⁸.

Tabelle 2: Anteile der ausgewählten Elemente in kupfergefärbten Gläsern (Spurenanteile wurden nicht berücksichtigt).

Analyse	Mn	Fe	Cu	Sb	Pb	Farbe
532	1,0%–1,1%	0,2%–0,3%	1,4%–1,6%	–	–	Blaugrün (311 C)
544	0,8%–0,9%	0,3%–0,4%	0,9%–1,1%	0,6%–0,8%	3,6%–5,0%	Blaugrün (311 C)
561	–	0,2%–0,3%	1,5%–1,6%	–	2,9%–3,2%	Blaugrün (313 C)
P55	0,7%	0,3%	2,2%	–	2,2%	Grün (328 C)
P56	0,7%–0,8%	0,3%	1,6%–1,8%	–	2,3%–2,6%	Grün (328 C)
Y66	–	0,4%	1,7%	0,4%	1,1%	Blaugrün (3135 C)
Y71	0,4%	0,3%	1,4%	0,3%	0,2%	Blaugrün (315 C)

Mit Ausnahme des Glases einer Ringperle der Gruppe 21 aus Etzersdorf [532] wurde in allen kupfergefärbten Gläsern ein erhöhter Bleigehalt nachgewiesen. Die Anwesenheit von Blei-Oxid (PbO) wirkt sich auf die durch Kupfer hervorgerufene Verfärbung aus, man kann also vermuten, dass dieses Element in das Gemenge absichtlich eingeführt wurde. Im Fall der Ringperlen der Latène-Kultur [544, 561, P55, P56] liegt der Bleianteil bei 2,2%–4,9%, im Fall der Perlen aus Pottenbrunn [Y66] und Zillingtal [Y71] ist er deutlich niedriger und beträgt entsprechend 1% und 0,18% (Abb. 50).

In den analysierten Gläsern wurde auch die Anwesenheit von Entfärbungsmitteln nachgewiesen. In fünf Fällen wurde ein erhöhter Mangangehalt bestimmt. Seine größte Konzentration (1,0%–1,1%) kann im Glas einer Ringperle der Gruppe 21 aus Etzersdorf [532] beobachtet werden, in einem Glas also, in dem Spurenanteile von Blei nachgewiesen wurden. Nicht viel geringerer Mangangehalt (0,82%–9,1%) tritt im Glas einer Ringperle der Gruppe 22 aus Etzersdorf

[544] auf, in dem der Bleigehalt am höchsten ist. Zu 0,69%–0,77% wurde Mangan in den Gläsern zweier Ringperlen aus Podwiesk [P55, P56] und zu 0,37% im Glas einer Perle aus Zillingtal [Y71] belegt. Im Glas einer Ringperle aus Drösing [561] und einer Perle aus Pottenbrunn [Y66] konnten nur Spurenanteile von Mangan nachgewiesen werden. Darüber hinaus wurde im Glas einer Ringperle der Gruppe 22 aus Etzersdorf [544] und der beiden Perlen aus Pottenbrunn [Y66] und Zillingtal [Y71] die Anwesenheit von Antimon festgestellt, dessen Gehalt entsprechend 0,6%–0,8%, 0,4% und 0,3% beträgt. Eine solche Antimonkonzentration dürfte wohl als in das Gemenge absichtlich eingeführt anzusehen sein.

Opake Gläser

Aufgrund der durchgeführten Analysen ist festzustellen, dass die chemische Zusammensetzung der opaken Gläser, aus denen die zusätzlichen Verzierungen (darunter auch die

¹³⁸ Es sei allerdings daran erinnert, dass die grundsätzliche Zusammensetzung von Glas den größten Einfluss auf die Abtönung der durch die Kupferverbindungen hervorgerufenen Farbe nimmt. Die

Leichtmetallanteile sind jedoch nicht unter den Analyseergebnissen aufgeführt (vgl. S. 95–97).

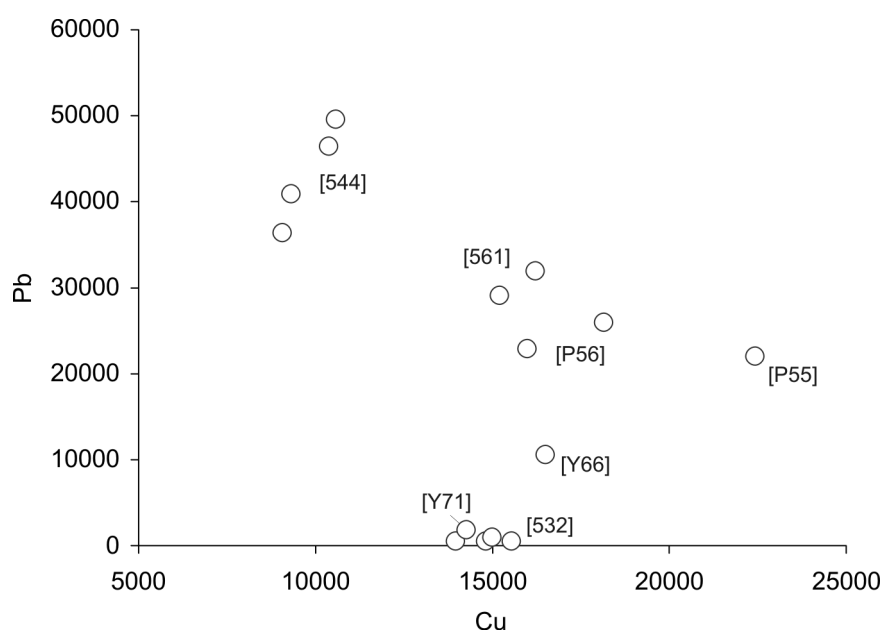


Abb. 50: Korrelation zwischen Pb- und Cu-Konzentrationen in kupfergefärbten Gläsern.

„Folie“) von Armringen und Ringperlen erzeugt wurden, gegenüber den durchscheinenden Gläsern der Körperteile dieser Fundstücke keine wesentlichen Abweichungen erkennen lassen. Eine Ausnahme sind die höheren Anteile von Blei, Antimon und (in einigen Fällen) von Zinn, die zur Trübung von Glas führen. Blei (auch in Verbindungen mit Antimon und Zinn) ruft ferner eine gelbe Verfärbung im Glas hervor. Die weißen (farblosen) Opakgläser zeichnen sich dagegen durch erhöhten Antimongehalt aus (Tabelle 3).

Tabelle 3: Extrem verschiedene Konzentrationen von Sb und Pb in weißem und gelbem Opakglas der Verzierungen der Perle aus Thunau [Y67].

Analyse	Sb	Pb	Farbe
Y67-1V	11,1%	0,2%	Weiß (farblos)
Y67-2V	0,6%	16,5%	Gelb (120 U)

Es wurden allerdings mehrmals Abweichungen in der Eisenkonzentration (wie auch in geringerem Maße im Gehalt der anderen Elemente, z.B. Titan und Cadmium) in durchscheinenden Gläsern der Körperteile und in den opaken Gläsern der Verzierungen beobachtet (Abb. 51). In ei-

nigen Gläsern von Verzierungen wurden deutlich niedrigere Konzentrationen von Mangan [F50, T58] und Kupfer [561] nachgewiesen, als dies bei den Gläsern von Körperteilen der Fall war. In den Gläsern der Körperteile dieser Fundstücke erfüllt jedoch Mangan die Rolle eines Entfärbungsmittels, Kupfer dagegen die eines Farbstoffes. In letzterem Fall [561] fällt ein relativ hoher Mangangehalt im Verzierungs- und Glas auf, der im Glas des Körperteils nur in Spuren Mengen belegt worden ist.

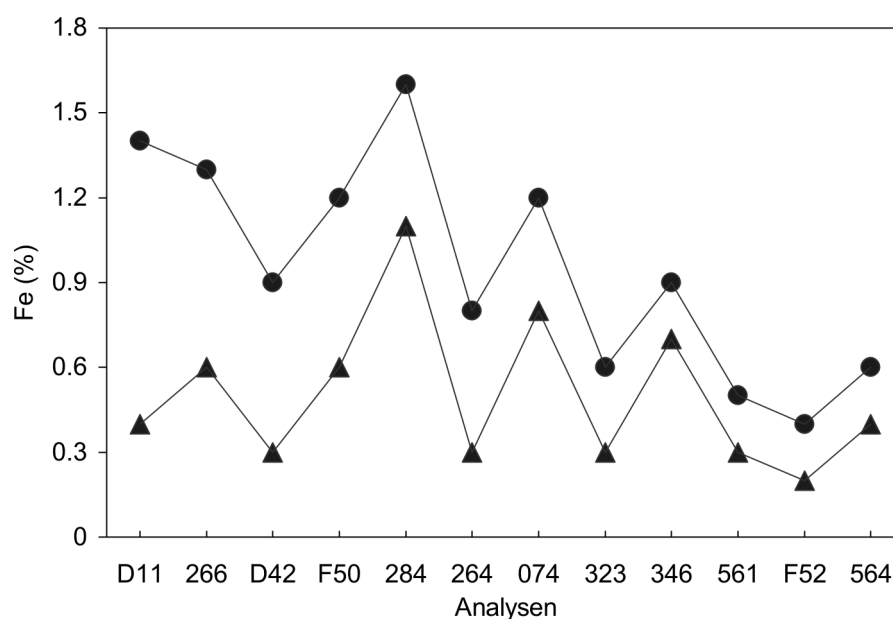
Es ist also nicht auszuschließen, dass die opaken Verzierungs- und Gläser größtenteils aus demselben Glas wie die Körperteile der betreffenden Fundstücke erzeugt wurden, nachdem nur noch beträchtliche Anteile von Trübungsmitteln beigemischt worden waren. Zusammen mit diesen Substanzen konnten in das Gemenge zusätzliche Verunreinigungen gelangen, darunter auch die Eisenverbindungen. In einigen Fällen muss das Glas, aus dem später die Verzierung nachgearbeitet wurde, vom Glas des Körperteils noch vor der Zugabe der Entfärbungsmittel und Farbstoffe getrennt worden sein. Nur das Glas der Verzierung an der Ringperle aus Drösing [561] stammt möglicherweise von anderer Schmelze als das Glas des Körperteils¹³⁹.

Gelbe Gläser

Aus gelben, opaken Gläsern wurden unter dem analysierten Bestand elf zusätzliche Verzierungen, zwei „Folien“ so-

¹³⁹ Bei den übrigen Gläsern muss es selbstverständlich nicht unbedingt genau dieselbe Schmelze gewesen sein, sondern die Schmelze eines Gemenges mit gleichem Bestand von Rohstoffen.

Abb. 51: Fe-Konzentration in durchscheinenden Gläsern der Körperteile (▲) und opaken Gläsern der Verzierung (●) ausgewählter Fundstücke, nach abnehmenden Unterschieden geordnet.



wie die Körperteile von drei Perlen erzeugt. Die Verzierungen gehören zu den Armringen der Gruppen 3b [074], 5b [D11], 7b [264, 266], 8b [323, 346], 14b [S57], den Ringperlen der Gruppen 23 [561, F50], 23a [564], 25 [573] und zu einer wahrscheinlich latènezeitlichen Perle [Y67]. Die beiden „Folien“ weisen eine etwas andere Farbtönung auf als die übrigen opaken Gläser von gelber Farbe. Die „Folie“ mit grün-gelbem Farbton gehört zu einem Armring der Gruppe 8c [T58], während die mit braun-gelber Verfärbung von einer Ringperle der Gruppe 19 [D42] stammt. Die analysierten Körperteile gehören zu den späthallstatt- oder frühlatènezeitlichen Perlen [Y64, Y68, Y69]. Die Gläser der Perlen (Verzierung und Körperteile) wurden als Vergleichsmaterial untersucht.

In allen opaken Gläsern von gelber Farbe wurden Bleianteile nachgewiesen, die, außer dass sie zur Trübung von Glas führen, auch für die Verfärbung verantwortlich sind. In den meisten dieser Gläser wurde ein erhöhter Gehalt von Antimon, in einigen auch von Zinn beobachtet. Blei wies in den analysierten Gläsern einen Gehalt von 4,1%–27% auf. Die Durchschnittswerte für Blei in Verzierungsgläsern der Ringperlen liegen höher (7,4%–27%) als die Konzentrationen dieses Elementes in Verzierungsgläsern von Armringen (4,1%–13,3%). Im Falle der zwei analysierten „Folien“ sind die Proportionen umgekehrt (Armring – 8,7%–12,8%; Ringperle – 7,8%–8,4%). In den Gläsern von Verzierungen und Körperteilen der Ringperlen beträgt der Bleigehalt 4,4%–20%. Weniger differenziert ist der ermittelte Gehalt von Antimon in den untersuchten Gläsern. Nur in zwei

Fällen [561, 564] wurde Antimon nicht nachgewiesen, in den übrigen dagegen liegt sein Gehalt im Bereich zwischen 800 ppm [F50] und 2,9% [T58], meistens jedoch ist er nicht höher als 1%. Die in einigen Gläsern erfasste Anwesenheit von Zinn betrug in einem Fall [573] 1,6%, in zwei anderen ca. 1% [561, F50], sonst vereinzelt 2,8%–4,3% [564] und 0,1% [D11]. In den übrigen Gläsern wurde keine Anwesenheit, allenfalls nur Spurenanteile von Zinn nachgewiesen.

Weiß (farblose) Gläser

Unter den untersuchten Fundstücken sind aus weißem, opakem Glas die Verzierungen der Armringe der Gruppen 7c [284] und 8b [334], der Ringperlen der Gruppen 23 [P53] und 25 [F52, P54, P55] sowie der zwei Perlen [Y67, Y70], die als Vergleichsmaterial herangezogen wurden, erzeugt. In allen weißen Gläsern wurden unterschiedliche Bleianteile von 0,2% bis 6,8% belegt. Die niedrigsten Gehalte (durchwegs ca. 0,2%) traten in Verzierungsgläsern eines Armringes aus Seebarn [284] sowie der Perlen aus Thunau [Y67] und Wolfshoferamt [Y70] auf, die höchsten dagegen wurden im Verzierungsglas einer Ringperle aus Podwiesk [P53] belegt. Ähnlich differenziert sind in den untersuchten Gläsern auch die Antimonanteile. Der höchste Gehalt dieses Elementes (über 11%) wurde im Verzierungsglas einer Perle aus Thunau [Y67] festgestellt; viel weniger Antimon – zwischen 1,0% und 3,3% – enthalten die übrigen Gläser [284, 334, F52, F53, Y70]. Im Fall von Verzierungsgläsern zweier Ringperlen der Gruppe 25 aus Podwiesk ist Antimon nur zu 0,19% [P65] sowie spurenhaltig ([P55] – 122 ppm) enthal-

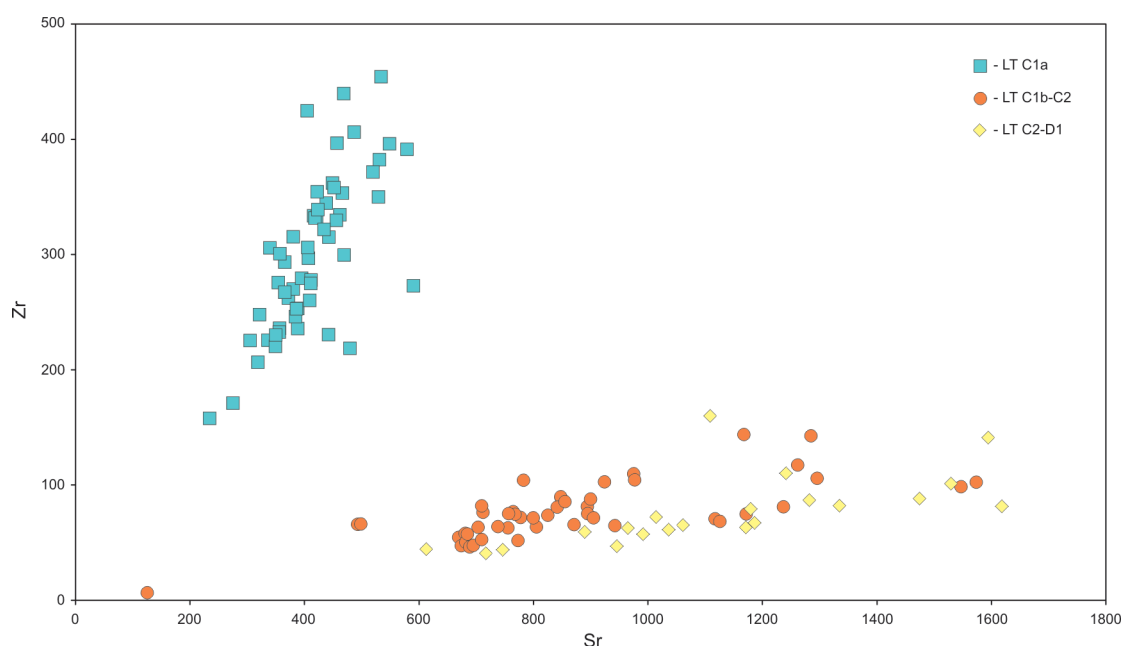


Abb. 52: Korrelation zwischen Zr- und Sr-Konzentrationen in farblosen und eisengefärbten Gläsern (ausschließlich Funde der Latène-Kultur).

ten. Obwohl das Blei/Antimon-Verhältnis eher für gelbe Gläser typisch ist, sind diese Gläser durch das Vorhandensein von Zinn weiß geblieben, dessen Anteile bei 1% [P53] und 2,5% [P55] bestimmt wurden. Geringfügig erhöhter Zinngehalt von 0,13% wurde auch im Verzierungsglas einer dritten Ringperle aus Podwiesk [P53] nachgewiesen. In den übrigen weißen, opaken Gläsern ließen sich nur Spurenanteile von Zinn belegen.

8.3 Beziehungen zwischen den Schwermetallkonzentrationen in den Gläsern der Latène-Kultur und deren Chronologie

Die dem Gemenge beigefügten Substanzen, die auf die Veränderung der Glaseigenschaften Einfluss nehmen, müssen mit immer größerer Erfahrung der Glasmacher, den wechselnden Möglichkeiten der Rohstoffgewinnung oder mit wechselnder Vorliebe für das Glasäußere, einem stetigen Wandel ausgesetzt gewesen sein. Diese Veränderungen mussten wohl nur langsam vor sich gegangen sein, da die Herstellung oder nur Verarbeitung von Glas im Bereich der Latène-Kultur mit Sicherheit eine nur wenigen geläufige Kunst war. Es wäre demnach zu erwarten, dass das Niveau und die Proportion der Gehalte der einzelnen Substanzen

im Glas im Laufe der Zeit auch gewisse Umwandlungen erfahren haben und dass die Beobachtungen dieser Wechselwirkungen auch manche Beziehungen mit der nach archäologischen Methoden bestimmten zeitlichen Einordnung des untersuchten Materials erbringen.

Unter den Gläsern des analysierten Bestands der Latène-Kultur zeichnet sich chemisch eine Gruppe der frühesten Gläser ab, die gleich an den Anfang der mittleren Latène-Zeit (Subphase LT C1a) zu datieren sind. Sehr deutlich erkennbar ist das bei den Beziehungen zwischen dem Strontium- und dem Zirkoniumgehalt. Die Rolle dieser beiden Elemente in den altertümlichen Gläsern ist nicht geklärt; sie werden in das Gemenge wohl zufällig, zusammen mit den anderen Bestandteilen gelangt sein. Innerhalb der „frühen“ Gruppe, d.h. im Fundmaterial der Subphase LT C1a, finden sich Gläser mit höheren Zirkonium- und niedrigen Strontiumanteilen, der „späten“ Gruppe (Phasen LT C1b-D1) dagegen gehören Gläser mit genau umgekehrten Proportionen der Gehalte dieser beiden Elemente an. Im Fall von farblosen Gläsern und solchen, die mit Eisenverbindungen gefärbt sind (Abb. 52), wird die „frühe“ Gruppe ausschließlich durch Gläser gebildet, die mit Eisen gefärbt und mit Antimon entfärbt sind (hellgrüne und hellblau-grüne)¹⁴⁰. In

¹⁴⁰ Analysen 091, 092, 093, 096, 097, 397, 398, 399, 461, D07, D08, D09, D10, D11, D12, D13, T59, D36, D37, S57.

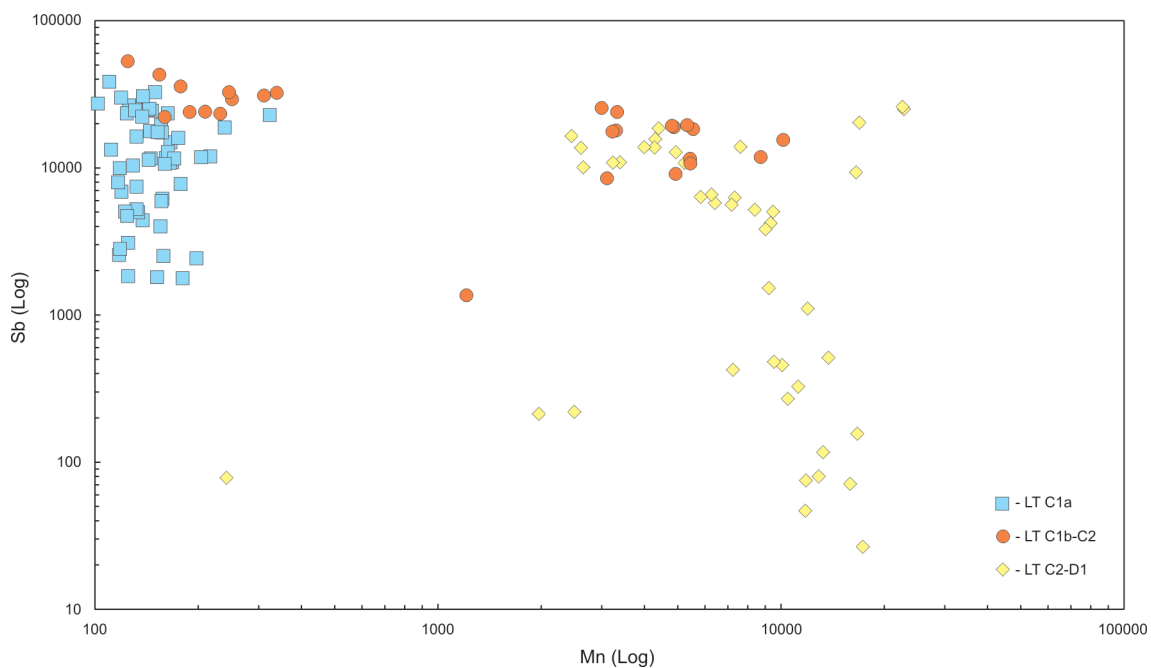


Abb. 53: Korrelation zwischen Sb- und Mn-Konzentrationen in farblosen und eisengefärbten Gläsern (ausschließlich Funde der Latène-Kultur).

der „späten“ Gruppe (LT C1b-D1) finden sich farblose Gläser (sowohl mit Antimon als auch mit Mangan entfärbt)¹⁴¹ wie auch Gläser, die mit Eisen gefärbt und mit Mangan entfärbt sind (hellgrüne Farbe)¹⁴².

Eine Zusammenstellung der Gehalte der beiden Entfärbungsmittel (Mangan und Antimon; Abb. 53) in den farblosen und eisengefärbten Gläsern zeigt, dass hier eine ähnliche Gliederung gilt, wie bei Strontium und Zirkonium zu beobachten ist. Diese ist allerdings nicht mehr so deutlich ausgeprägt wie vorher und schließt manche Ausnahmefälle ein. So finden sich diesmal in der „frühen“ Gruppe neben den „frühen“ Gläsern vom Diagramm in der Abbildung 52 (Anm. 140) auch farblose Gläser einiger Armringe, die in die entwickelte Mittellatène-Zeit (LT C1b-LT C2) zu datieren sind. Es sind dies Gläser der Armringe der Gruppe 6a aus Dürrenberg (D14, D15, D16) sowie eines Fingerringes

der Gruppe 26 aus Etzersdorf [586]¹⁴³. Es sei angedeutet, dass in der Gruppe von „späten“ Gläsern nur solche, die am spätesten (LT C2-D1) zu datieren sind, kein Antimon enthalten¹⁴⁴.

Die Gliederung in zwei Gruppen ist deutlich auch in der Gegenüberstellung der Strontium- und Zirkoniumgehalte in den kobaltgefärbten Gläsern (Farbe blau; Abb. 54). Diesmal aber ist die chronologische Einteilung nicht mehr so eindeutig. In der „frühen“ Gruppe finden sich zusammen mit den in die Subphase LT C1a¹⁴⁵ datierbaren Gläsern der Armringe eine Reihe der Gläser von typologisch jüngeren Armringen, die der Subphase LT C1b¹⁴⁶ angehören. Den „späten“ Gläsern werden dagegen einige Armringen der Gruppe 14a, also Formen, die bereits aus den Fundkomplexen der Subphase LT C1a¹⁴⁷ bekannt sind, zugewiesen. Nimmt man einmal an, dass aus der Proportion der Stron-

¹⁴¹ Analysen 160, 161, 164, 239, 240, 306, 307, 425, 462, 526, 538, 586, D14, D15, D16, D22, D33, D34, D41, D42, F50, F52, T58, sowie das sich durch niedrige Anteile der beiden Elemente (Zr und Sr) auszeichnende Glas eines Fingerringes der Gruppe 28 aus Oberleis – Analyse 639.

¹⁴² Analysen 534, 570, F51, F51, F51, P53, P53, P55, P56, P56.

¹⁴³ Zwischen den „frühen“ und „späten“ Gläsern findet sich farbloses Glas eines Fingerrings der Gruppe 28 aus Oberleis – Analyse 639 (siehe auch Anm. 141 und Abb. 52).

¹⁴⁴ Analysen 462, 526, 534, 538, D41, F51, F52, sowie zwei Gläser mit eindeutig niedrigem Mangangehalt: 570, P53.

¹⁴⁵ Analysen 091, 097, 440, 444, 451, 457, 461, 492, D07, D09, D12, D35, S57.

¹⁴⁶ Analysen 128, 146, 157, 292, 319, 340, 341, 362, D01, D18, D19, D24, D26

¹⁴⁷ Analysen 439, 446, 447, 449.

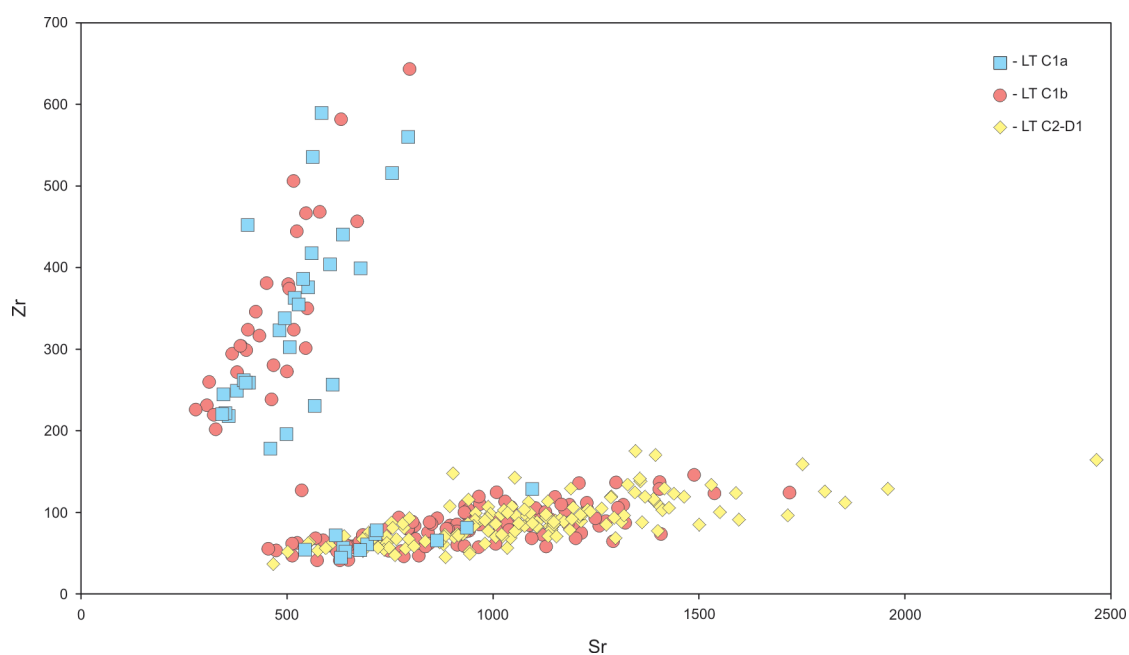


Abb. 54: Korrelation zwischen Zr- und Sr-Konzentrationen in kobaltgefärbten Gläsern (ausschließlich Funde der Latène-Kultur).

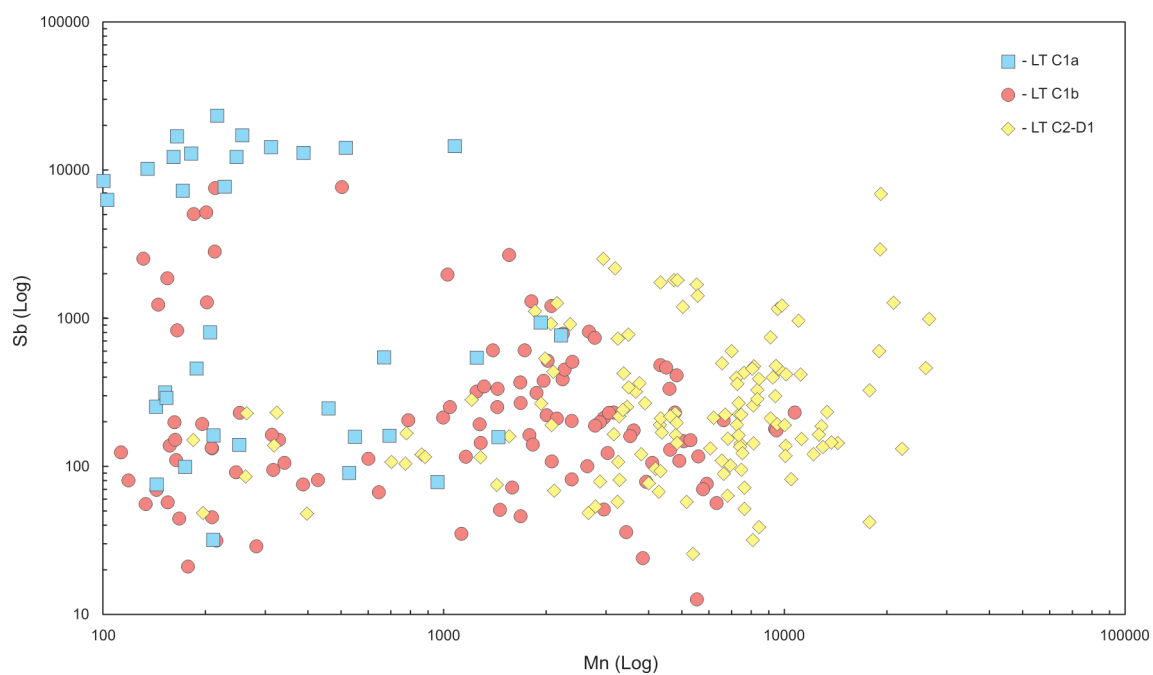


Abb. 55: Korrelation zwischen den Sb- und Mn-Konzentrationen in kobaltgefärbten Gläsern (ausschließlich Funde der Latène-Kultur).

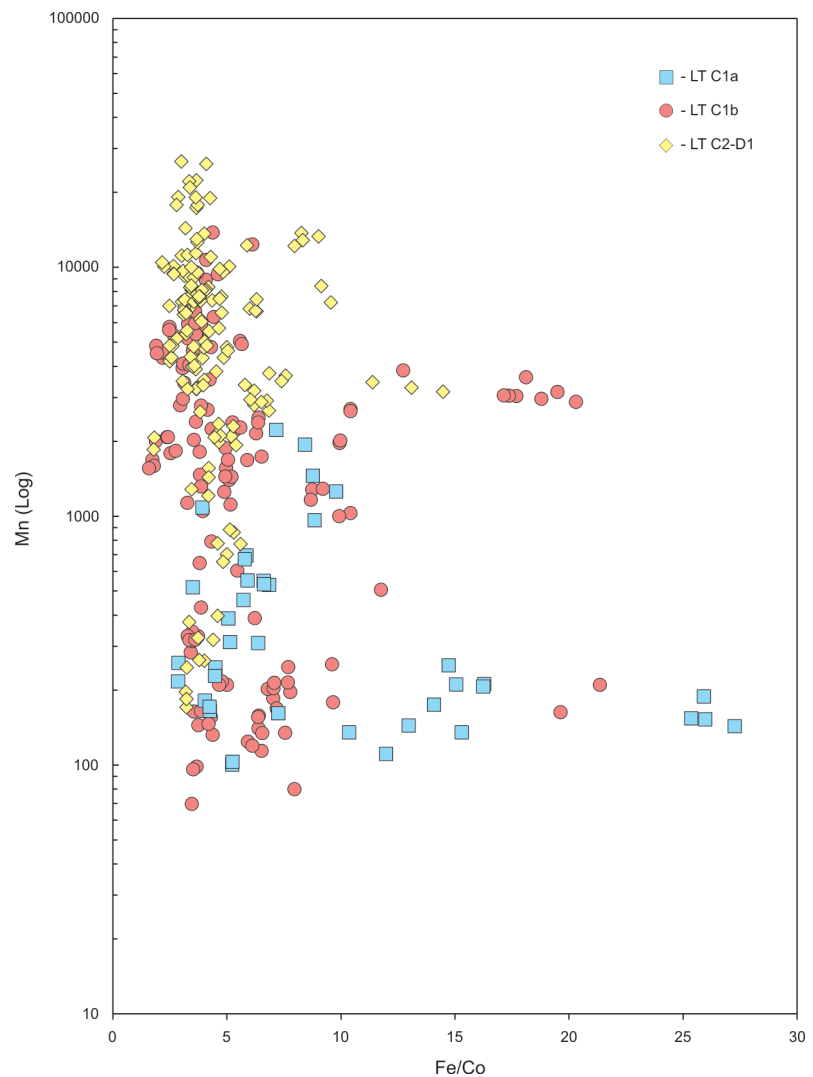


Abb. 56: Korrelation zwischen dem Mn-Gehalt und dem Fe/Co-Quotienten in kobaltgefärbten Gläsern (ausschließlich Funde der Latène-Kultur).

tium- und Zirkoniumgehalte im Glas auf die Herkunft der Gemengebestandteile (oder zumindest auf die Herkunft der nachträglich zur Veränderung der Glaseigenschaften zugesetzten Substanzen) geschlossen werden kann, so ist bei Gläsern, die sich nicht in „ihren eigenen“ Gruppen eingefunden haben, eine Korrektur ihrer Zeitstellung in Erwägung zu ziehen. Unter den „frühen“ Gläsern vom Diagramm in der Abb. 54, werden die Gläser der Phase LT C1a auch von Gläsern der Armringe der Gruppen 2b, 6a, 7c, 8a und 8b begleitet. Bei Armringen der Gruppen 6a, 8a und 8b ist ein früher Zeitansatz (LT C1a) durchaus denkbar. Anzunehmen ist auch die frühe Datierung eines untypischen, mit Achter-Schleufe verzierten Exemplars der Gruppe 2b aus Dürrnberg [D01]. Allerdings muss hier die Anwesenheit von Glas eines längsgerippten Armringes der Gruppe 7c aus Dürrnberg [D26] zumindest bedenklich erschei-

nen. Mit Rücksicht auf den Umstand, dass die archäologische Zeitbestimmung hauptsächlich auf stilistischen Merkmalen eines gegebenen Gegenstands gegründet ist, haben wir es in den behandelten Fällen wohl mit Fundstücken zu tun, die in der Periode der stilistischen wie auch verfahrenstechnischen Umwandlungen entstanden sind. Derartige Umwandlungen in Zentren von zweifellos überregionalem Gepräge wie Dürrnberg könnten früher als in den lokalen Zentren eingesetzt haben.

Ein Vergleich der Konzentrationen von Mangan und Antimon in kobaltgefärbten Gläsern weist eine ähnliche Tendenz auf, wie sie bei farblosen und eisengefärbten Gläsern zu beobachten ist. Die Unterschiede betreffen allerdings vor allem die Anwesenheit von Mangan, das in den Gläsern der Subphase LT C1a hauptsächlich spurenhafte und in spätest datierbaren Gläsern zu einem sogar 1% überschrei-

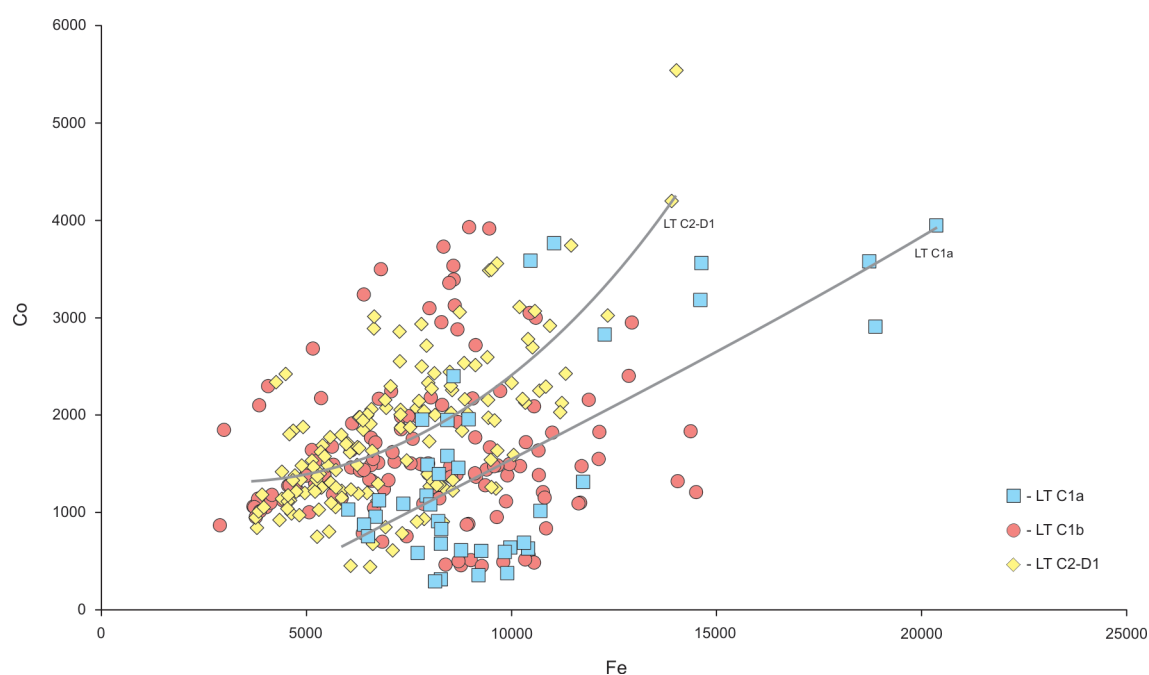


Abb. 57: Korrelation zwischen Co- und Fe-Konzentrationen in kobaltgefärbten Gläsern (mit eingetragenen Trendkurven, ausschließlich Funde der Latène-Kultur).

tenden Anteil belegt worden ist (Abb. 55). Der entwickelten Mittellatène-Zeit (LT C1b) zugehörige Gläser nehmen eine Übergangstellung zwischen den früh und spät datierbaren Gläsern ein. Es ist also eine im Laufe der Zeit deutliche Tendenz zum Anstieg der Mangangehalte in kobaltgefärbten (blauen) Gläsern zu beobachten¹⁴⁸. Mangan übernimmt in Hinblick auf seine oxidierenden Eigenschaften im Glas oft die Rolle eines starken Entfärbungsmittels (es oxidiert die Eisenverbindungen). In den meisten der behandelten Gläser von intensiver Verfärbung scheint eine solche Rolle von Mangan kaum wahrscheinlich zu sein; es liegt der Verdacht nahe, dass sein Vorhandensein im Glas nicht absichtlich war. Einen Hinweis darauf liefert möglicherweise eine Zusammenstellung der Mangangehalte und des Quotienten der Eisen- und Kobaltanteile in kobaltgefärbten Gläsern (Abb. 56). Gläser, in denen der Gehalt von Eisen den von Kobalt sehr deutlich (10fach und mehr) überschreitet, enthalten gewöhnlich nur geringe Anteile von Mangan und gehören zu den ältesten (LT C1a)¹⁴⁹. Ein beträchtliches

Übergewicht des Eisenanteils gegenüber dem Kobaltgehalt konnte jedoch auch bei einer kleinen Gruppe von später datierten Gläsern, die also höhere Mangankonzentrationen aufweisen, festgestellt werden¹⁵⁰.

Demnach scheinen die Proportionen zwischen dem Eisen- und Kobaltgehalt in kobaltgefärbten Gläsern ebenfalls mit der Zeitstellung im Zusammenhang zu stehen. Eine Gegenüberstellung von Konzentrationen dieser beiden Elemente erlaubt zwar nicht, deutliche Gruppen von Gläsern herauszustellen, deutet jedoch unbestritten auf manche Tendenzen hin (Abb. 57). In den ältesten kobaltgefärbten Gläsern (LT C1a) wird der durchschnittlich niedrigere Kobaltanteil von durchschnittlich höherem Eisengehalt begleitet. Im Laufe der Zeit ist mit der zunehmenden Kobaltkonzentration im Glas ein Rückgang des Eisengehalts zu beobachten. Dies hängt möglicherweise damit zusammen, dass die Glaserhersteller sich allmählich die Fertigkeit angeeignet haben, einen reineren, weniger mit Eisenverbindungen verunreinigten Farbstoff zuzubereiten.

¹⁴⁸ Gleiche Abhängigkeiten sind auch von R. GEBHARD (1989, 160–161) für die Gläser aus dem *Oppidum* aus Manching beobachtet worden (vgl. auch BRAZIEWICZ et al. 1996, 47–53).

¹⁴⁹ Analysen 440, 444, 451, 457, D12, D35. Hierher gehört auch das

Glas eines Armrings der Gruppe 6a (LT C1b) aus Straning – Analyse 157.

¹⁵⁰ Analysen 222, D02, D21, D45.

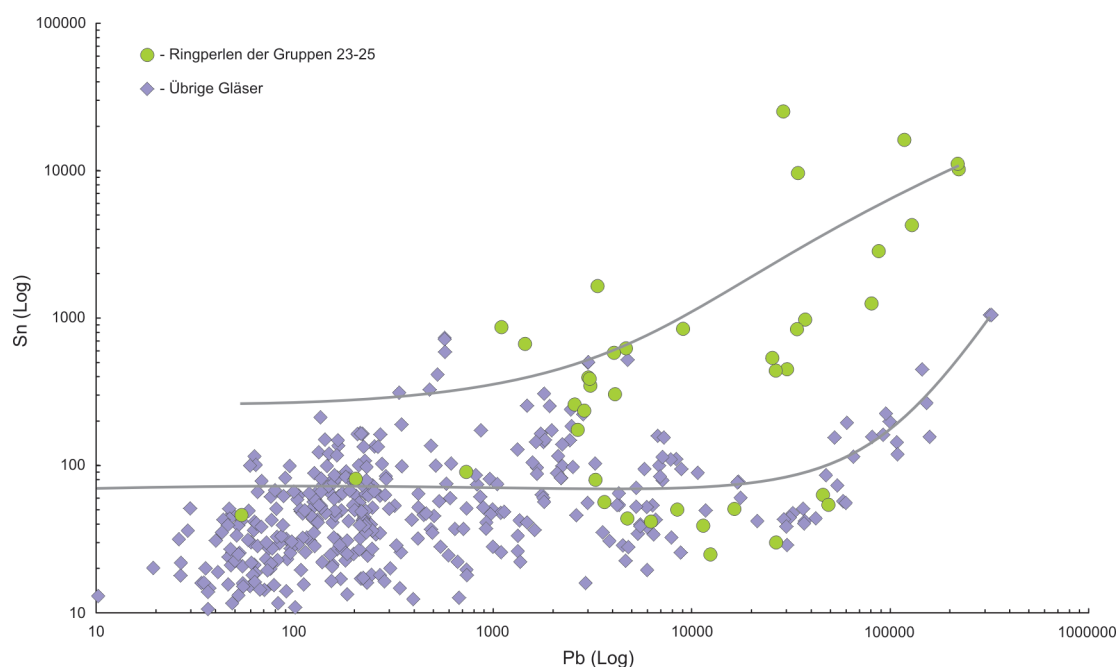


Abb. 58: Korrelation zwischen Sn- und Pb-Konzentrationen in allen untersuchten Gläsern der Latène-Kultur (mit eingetragenen Trendkurven für die Gläser der Ringperlen der Gruppen 23, 23a, 24, 25 sowie für die übrigen Gläser).

Eine deutliche Tendenz von chronologischer Bedeutung stellt eine Zusammenstellung der Zinn- und Bleigehalte in allen analysierten (verschiedenfarbigen, farblosen, opaken und durchscheinenden) Gläsern der Latène-Kultur dar (Abb. 58). In dieser Zusammenstellung ist eine geschlossene Gruppe zu beobachten, die den weitaus überwiegenden Teil des analysierten Materials sowie auffällige Messwerte mit steigendem Zinngehalt bei gleichzeitiger Zunahme der Bleianteile umfassen. Die beiden Elemente erfüllen im Glas gewöhnlich die Rolle von Trübstoffen, werden allerdings auch in durchscheinenden Gläsern belegt. Unter den wenigen Gläsern, die der aufgezeigten Tendenz deutlich folgen, können die Gläser spätlatènezeitlich (LT D1) verzierter Ringperlen der Gruppen 23, 23a, 24 und 25 ausgesondert werden. Bei den untersuchten Gläsern handelt es sich sowohl um durchscheinende Gläser der Körperteile von Ringperlen als auch um auf der Oberfläche aufgeschmolzene, opake Verzierungsgläser¹⁵¹. In diesem Fall haben wir es wahrscheinlich mit einem Trend nicht nur von chronologischer Bedeutung, sondern auch von regionalem Charakter

zu tun. Aufgrund der Verbreitung der verzierten Ringperlen im mitteleuropäischen Raum ist zu schließen, dass ein beträchtlicher Teil von ihnen aus dem *Oppidum* in Stradonice in Böhmen stammt (siehe Abb. 5). Auf den besonders hohen Gehalt von Zinn als Trübstoff in manchen spätlatènezeitlichen Gläsern hat bereits J. HENDERSON (1985, 286; 1989, 50–52, Abb. 2:8) aufmerksam gemacht. Auch zeichnet sich unter den von P. HAHN-WEINHEIMER (1960, 266–278) publizierten Analysen des keltischen Glases eine Serie mit deutlich höherem Zinn-Dioxid (SnO_2) aus. Sie beinhaltet durchscheinende farblose sowie blaue und braune Gläser. Typologisch handelt es sich dabei um Formen, die für den Ausgang der mittleren und späten Latène-Zeit charakteristisch sind (Armringe der Gruppe 3, Ringperlen der Gruppen 23–25). Es sei angedeutet, dass fast die Hälfte der untersuchten Gegenstände mit hohem Anteil von Zinnverbindungen gerade aus dem *Oppidum* in Stradonice stammt. Erhöhte Zinnkonzentrationen wurden auch in den Gläsern einiger Ringperlen der Gruppen 23 und 25 aus dem polnischen Gebiet beobachtet (BRAZIEWICZ et al. 1996, 57).

¹⁵¹ Analysen 561, 562, 564, 565, 567, 570, 573, F50, F51, F52, P53, P54, P55, P56.

8.4 Zur Homogenität der untersuchten Gläser

Die Bestimmungen des Elementgehalts der einzelnen Gläser wurden vorwiegend mehrmals in unterschiedlichen Punkten am Bruch oder an der ursprünglichen Oberfläche des analysierten Gegenstands vorgenommen. Mit zwei oder mehr Messergebnissen für dasselbe Glas können sowohl die Homogenität des untersuchten Glases als auch der Einfluss der Oberflächenkorrosion auf die Analyseergebnisse bestimmt werden.

Zur Bestimmung der Homogenität von Glas wurden die Ergebnisse sämtlicher paarweise durchgeführter Messungen

des gegebenen Elements in demselben Glas untereinander verglichen. Der Grad der Inhomogenität (in Prozent) wurde ermittelt, indem die Differenz zwischen jedem Messwertepaar für ein gegebenes Element errechnet und auf den höheren Wert bezogen wurde. Im Diagramm der Abb. 59 ist die mittlere Inhomogenität für die einzelnen Elemente sowie für unterschiedliche Kombinationen der folgenden Messwertepaare dargestellt: zwei Messungen an der ursprünglichen Oberfläche (a-a), zwei Messungen am Bruch (b-b) sowie eine Messung am Bruch und eine an der Oberfläche (a-b). Berücksichtigt wurden dabei alle analy-

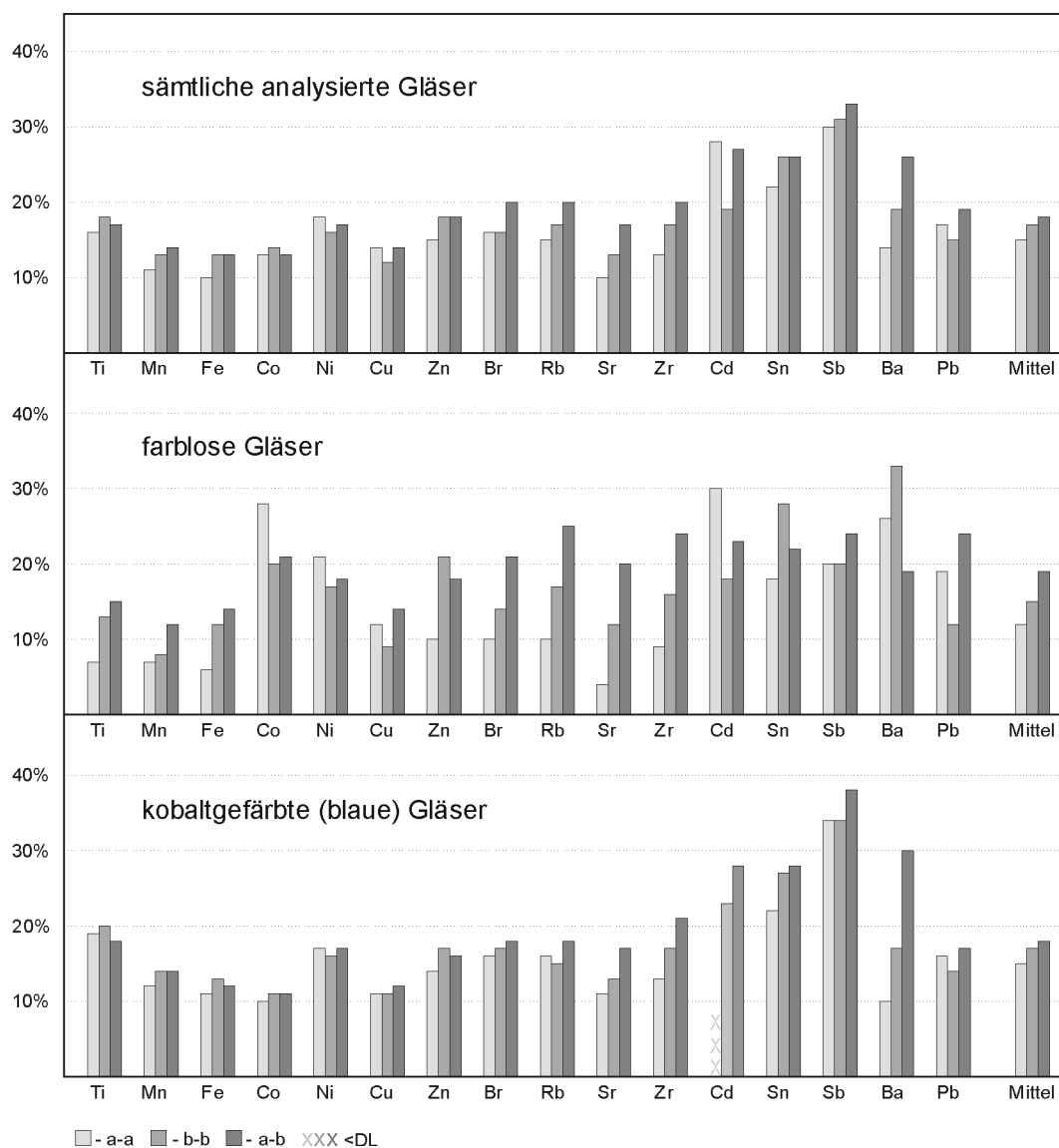


Abb. 59: Mittlere Inhomogenitäts-Bereiche für die untersuchten Gläser nach den einzelnen Elementen. Bestimmungspaare: a-a – beide Bestimmungen an der ursprünglichen Oberfläche, b-b – beide Bestimmungen am Bruch, a-b – je eine Bestimmung an der ursprünglichen Oberfläche und am Bruch, <DL – Werte unter dem Bestimmbarkeitsbereich.

sierten Gläser, an denen mindestens zwei Messungen vorgenommen wurden, sowie getrennt blaue und farblose Gläser.

Das mittlere Inhomogenitätsniveau für alle Elemente und sämtliche Glasarten beträgt 17%. Es ist kein hoher Wert, so dass man die Gläser des analysierten Bestands im allgemeinen als homogen bezeichnen kann. Aus einem Vergleich der verschiedenen Messwertepaare geht hervor, dass die geringsten Unterschiede bei den beiden Messungen an der ursprünglichen Oberfläche festgestellt worden sind (Inhomogenität von 12%–15%). Bei den beiden Bestimmungen am Bruch waren diese Werte geringfügig größer und betrugen 15%–17%; im Fall zweier verschiedener Messungen (an der Oberfläche und am Bruch) lagen diese Werte noch höher – 18%–19%. Es sei darauf verwiesen, dass die Inhomogenität von Glas, die bei den beiden Bestimmungen am Bruch erzielt wurde, gegenüber der bei den beiden Bestimmungen an der Oberfläche ermittelten höher ist. In Hinblick auf die Korrosion, die gerade an den ursprünglichen Oberflächen am stärksten sein sollte, wären eigentlich umgekehrte Ergebnisse zu erwarten. Man muss allerdings betonen, dass die Brüche, an denen die Messungen durchgeführt wurden, nur etwas jünger als die ursprünglichen Oberflächen sein können und keiner mechanischer Vorbearbeitung unterzogen wurden. Unterschiede in der Inhomogenität zwischen den verschiedenen Messwertepaaren, die größer sind als der

für alle Gläser erzielte Durchschnittswert, wurden auch in farblosen Gläsern beobachtet.

Bei der Untersuchung der einzelnen Elemente kann man feststellen, dass das niedrigste mittlere Inhomogenitätsniveau für alle Gläser im Fall von Mangan, Eisen und Kobalt (12%–13%), das höchste dagegen bei Zinn und Antimon (entsprechend 25% und 31%) nachgewiesen wurde. Diese Werte ändern sich jedoch in farblosen und blauen Gläsern. In farblosen Gläsern liegen die Unterschiede der Kobaltanteile bei verschiedenen Messungen (Inhomogenität 20%–28%) deutlich über dem Durchschnittswert für alle Gläser, während die Abweichungen im Antimongehalt (20%–24%) erheblich unter diesem Durchschnittswert liegen. Umgekehrt ist es bei blauen Gläsern – die Inhomogenität für Kobaltkonzentrationen beträgt nur 10%–11%, für Antimon dagegen nicht weniger als 34%–38% (vgl. S. 103, Abb. 42). Daraus ist zu schließen, dass die Glasinhomogenität im Fall der Konzentration der in das Gemenge intentionell zugesetzten Elemente viel niedriger ist als die Inhomogenität im Fall der Konzentration der übrigen Elemente, die möglicherweise zufällig in das Gemenge gelangt sind. Es ist ferner zu betonen, dass die für die einzelnen Elemente beobachtete Glasinhomogenität im engen Zusammenhang mit der absoluten Konzentration des gegebenen Elements im untersuchten Glas steht: je höher die Konzentration, desto geringer wird die Inhomogenität, und umgekehrt.

Tabelle 4: Konzentrationen von Schwermetallen ($Z > 22$) in den nach der Methode der energiedispersiven Röntgenfluoreszenz-Analyse analysierten Gläsern (Werte in ppm).

Die Analysenummern entsprechen den Fund-Nummern in den Katalogen 1–3.

Bestimmungskennzeichnungen: K – Glas des Körperteils, a – Bestimmung an ursprünglicher Oberfläche (z.B. Ka_1), b – Bestimmung am Bruch (z.B. Kb_2); V – Verzierungsglas, F – „Folien“-Glas. Falls der Körper oder die Verzierung aus zwei Glasarten erzeugt sind, bezieht sich die dem Buchstaben vorangehende Zahl auf die Glasart in der Reihenfolge, wie sie in der Fundbeschreibung des Katalogs befolgt wird (z.B. 1K, 2V).

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
001	Kb ₁	74	10081	6603	1295	41	1000	83	34	31	1327	134	502	137	< DL	2718
	Kb ₂	85	11385	5412	1482	52	1027	69	23	31	1142	79	223	< DL	335	2557
015	Ka	56	9095	6252	1851	81	2429	124	35	42	1345	124	65	743	< DL	113
	Ka ₁	55	3754	8396	1224	65	3572	120	32	22	986	89	52	364	< DL	820
016	Ka ₂	69	3491	9320	1261	73	3418	113	37	21	958	89	86	342	< DL	753
	Kb	62	3667	9433	1245	65	3748	134	29	21	994	98	61	318	< DL	792
045	Ka ₁	58	264	4308	1141	50	1659	36	24	15	575	53	29	227	< DL	160
	Ka ₂	74	324	5218	1399	61	2056	40	30	22	712	69	39	230	< DL	201
053	Kb	66	262	4502	1123	47	1610	46	22	17	467	37	16	85	< DL	145
	Ka ₁	70	861	5595	1058	64	2852	189	25	25	1042	68	49	120	< DL	204
055	Ka ₂	93	773	7795	1393	101	3389	355	31	32	1400	77	54	104	793	126
	Ka ₁	58	318	3706	843	41	1349	65	24	33	988	107	25	139	< DL	50
060	Ka ₂	59	397	4248	925	40	1485	86	27	33	927	73	33	48	< DL	49
	Ka ₁	46	3993	7145	2055	88	4719	108	27	11	705	61	41	77	< DL	124
073	Ka ₂	55	3256	6114	1670	68	4187	115	21	14	637	54	49	107	< DL	107
	Kb ₁	95	3901	7528	2071	68	5306	196	38	25	1357	141	164	267	< DL	204
074	Kb ₂	80	4314	8936	2512	93	6310	198	34	25	1287	120	134	190	< DL	209
	Ka ₁	52	20937	2824	384	57	660	61	22	41	1137	66	21	43	< DL	146
085	Ka ₂	73	19732	3141	371	62	477	65	11	41	1072	63	< DL	< DL	< DL	98
	Kb ₁	46	20028	2863	373	57	704	68	24	45	1336	80	< DL	85	< DL	179
091	Kb ₂	50	19570	2798	381	62	697	66	28	38	1354	84	39	44	< DL	212
	V	67	19169	7771	2715	239	4273	151	33	28	1358	138	173	6887	1285	1787
092	Ka ₁	138	19117	8349	2301	190	3586	146	34	30	1086	113	139	2914	1104	2020
	Ka ₂	77	16857	11539	1747	157	3143	98	111	54	1680	177	225	3813	1437	80875
093	Ka ₁	92	2875	8180	1256	38	1491	50	25	40	748	57	16	79	< DL	53
	Ka ₂	73	2792	7845	1268	37	1679	52	27	42	736	54	15	53	229	53
099	Ka ₁	79	170	4213	22	< DL	40	29	24	13	411	278	< DL	11552	< DL	154
	Ka ₂	95	160	5274	41	20	105	28	21	13	470	300	< DL	10613	< DL	187
099	Kb ₁	111	216	6531	< DL	< DL	68	47	40	23	579	391	35	11904	< DL	216
	Kb ₂	108	204	5759	87	< DL	130	44	32	20	548	396	36	11781	< DL	231
099	V ₁	83	171	8273	1950	151	2007	95	23	13	539	386	103	7229	< DL	568
	V ₂	82	227	8778	1956	152	1961	97	25	21	494	338	75	7717	< DL	538
099	Ka	68	117	4798	38	16	38	24	14	11	480	219	< DL	7949	< DL	287
	Kb ₁	77	118	4716	< DL	< DL	47	37	19	10	442	230	35	9915	< DL	252
099	Kb ₂	64	129	4601	23	< DL	49	37	21	13	590	273	< DL	10369	< DL	326
	Kb ₁	102	163	4500	< DL	< DL	35	35	11	6	336	226	< DL	12755	< DL	646
099	Kb ₂	141	323	6454	< DL	21	39	52	12	10	407	297	< DL	22801	< DL	743

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
096	Ka	84	132	4582	< DL	14	73	29	< DL	487	406	< DL	43	7432	< DL	5835
	Kb	84	156	4754	23	< DL	62	20	< DL	449	362	42	34	5933	< DL	5731
097	Ka ₁	94	119	8943	39	< DL	53	14	14	380	315	< DL	< DL	29923	< DL	74
	Ka ₂	101	138	10066	72	16	94	14	18	422	354	< DL	< DL	30632	< DL	82
	Kb	77	110	7516	45	< DL	42	8	< DL	339	306	< DL	< DL	38356	< DL	213
	V ₁	130	216	10264	3585	133	2458	83	22	583	589	< DL	43	23250	< DL	25285
104	V ₂	140	257	10835	3763	138	2725	79	37	562	536	48	38	17077	< DL	25951
	Ka ₁	62	8427	4568	1329	60	2011	62	19	684	67	< DL	47	39	237	105
105	Ka ₂	60	7639	4450	1176	51	1862	60	20	690	67	19	50	72	208	102
	Kb	66	7628	4646	1214	60	2051	69	22	756	81	< DL	60	51	321	119
	Ka ₁	54	7540	5155	1374	77	2193	100	40	1096	87	< DL	62	123	< DL	84
	Ka ₂	60	7343	5133	1339	70	2011	99	32	1062	87	< DL	51	162	< DL	78
106	Kb ₁	52	8093	5603	1437	78	2196	113	38	1106	83	< DL	39	32	< DL	83
	Kb ₂	44	7268	4757	1337	77	2107	108	38	1264	105	< DL	68	191	< DL	76
111	Kb ₁	61	26009	6103	1490	78	2679	141	32	1589	123	< DL	56	460	1836	2690
	Kb ₂	58	18957	4433	1040	46	2034	105	30	1369	119	< DL	46	600	1488	2371
124	Ka	92	210	5541	1186	48	2032	74	32	933	76	< DL	31	132	< DL	56
	Kb ₁	81	216	6405	1337	59	2208	68	38	931	59	< DL	< DL	31	< DL	68
128	Kb ₂	86	210	5749	1146	51	1888	63	34	887	80	27	23	45	306	48
	Ka ₁	53	144	3789	1011	39	1448	70	21	573	41	< DL	14	69	< DL	87
132	Ka ₂	70	165	4340	1122	48	1599	80	22	628	41	< DL	19	110	< DL	70
	Kb	49	164	4895	1377	52	2137	71	28	836	58	29	16	151	< DL	265
133	Kb ₁	129	214	11891	1547	77	3350	87	31	631	582	< DL	103	7548	< DL	2936
	Kb ₂	220	505	14219	1208	83	2773	145	29	515	506	< DL	98	7666	< DL	2280
145	Kb	50	318	4634	1280	67	2024	49	17	621	52	< DL	15	< DL	264	75
	Ka	84	6999	13750	5541	159	6196	147	46	1294	93	< DL	79	599	857	216
146	Kb	134	5569	13641	4198	144	5110	124	39	939	86	36	40	1421	417	215
	Ka ₁	56	2390	5963	1635	66	3054	90	31	846	88	37	53	507	277	4693
157	Ka ₂	52	2020	4977	1401	59	2656	77	27	684	72	24	54	514	< DL	3775
	Kb	78	2238	6447	1486	64	2809	74	24	740	79	< DL	39	782	< DL	4906
159	Ka ₁	94	119	8357	1365	46	2873	150	12	404	324	< DL	66	80	< DL	129
	Ka ₂	93	168	9179	1279	52	2802	154	14	423	346	< DL	82	44	< DL	129
160	Kb	86	156	9391	1473	60	3119	152	10	386	304	< DL	52	57	< DL	129
	Kb ₁	92	163	10137	516	22	2175	152	23	544	301	< DL	148	198	< DL	157
161	Kb ₂	122	209	10349	484	28	2060	173	25	499	273	< DL	117	133	< DL	155
	Ka ₁	110	1112	6866	1332	83	2358	107	33	1249	92	< DL	< DL	< DL	< DL	75
164	Ka ₂	57	1045	5119	1296	60	2175	84	37	1089	84	< DL	33	250	< DL	82
	Kb ₁	42	647	4679	1228	45	2014	69	34	1039	78	< DL	22	67	< DL	73
167	Kb ₂	66	789	6189	1430	62	2354	102	39	1182	86	< DL	30	204	< DL	92
	Ka	55	4808	2925	< DL	22	58	47	25	782	104	< DL	< DL	19230	< DL	130
166	Kb	58	5453	3224	24	20	51	50	27	710	82	< DL	< DL	10704	355	141
	Ka ₁	49	5543	3059	23	14	79	39	42	855	86	< DL	< DL	18223	480	217
167	Ka ₂	53	5322	2842	< DL	< DL	85	44	39	841	81	< DL	< DL	19422	< DL	196
	Ka	74	4878	4284	< DL	18	86	53	36	848	90	< DL	20	18845	< DL	284
168	Kb ₁	48	5438	3098	24	< DL	86	47	39	799	71	< DL	< DL	11492	548	227
	Kb ₂	148	4935	6673	< DL	24	83	64	41	777	72	39	< DL	9074	< DL	217
169	Ka ₁	44	8297	5333	1576	95	3894	135	7	944	49	< DL	13	5	< DL	174

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb		
167	Ka ₂	49	10021	5848	1702	3917	142	12	12	943	52	< DL	42	189	< DL	176		
	Kb	55	9534	6153	1661	4046	146	11	16	1035	56	< DL	32	193	< DL	201		
168	Ka	50	5691	10065	2167	5401	159	55	52	1390	116	< DL	< DL	< DL	< DL	162		
	Kb	45	6558	10133	2127	49	5671	63	69	1751	159	< DL	50	497	< DL	190		
194	Ka	48	318	5112	1523	67	2436	39	25	930	100	< DL	67	94	< DL	236		
207	Ka ₁	52	2379	8930	1401	39	2893	216	22	1274	89	< DL	39	202	< DL	45		
	Ka ₂	44	2149	7923	1259	22	2563	188	21	23	1195	86	< DL	35	210	< DL	42	
222	Kb	46	2482	9210	1440	37	2920	203	18	1201	68	< DL	< DL	< DL	452	43		
	Kb	60	3842	10633	835	34	3274	561	31	33	805	88	< DL	28	24	< DL	120	
230	Ka ₁	40	656	5959	1235	92	2911	183	27	36	1154	71	< DL	54	< DL	185		
	Ka ₂	44	881	6132	1194	79	2807	189	33	34	1134	71	< DL	80	116	< DL	187	
	Kb	30	703	5739	1150	77	2806	195	36	35	1275	85	< DL	73	107	< DL	206	
	Ka ₁	41	4955	1935	18	16	40	40	27	24	710	52	< DL	< DL	12800	< DL	98	
239	Ka ₂	41	5258	2012	< DL	18	38	29	28	695	47	< DL	16	10765	< DL	106		
	Kb	56	7652	2964	< DL	22	60	64	49	39	1171	75	< DL	17	13900	418	161	
	Ka ₁	36	5857	2173	34	25	91	23	35	< DL	703	63	57	44	6327	< DL	26996	
	Ka ₂	37	6437	2369	25	27	87	24	34	< DL	738	64	79	47	5762	211	27944	
	Kb ₁	39	7204	2489	20	25	92	16	33	< DL	764	77	95	51	5614	< DL	31487	
	Kb ₂	41	7363	2625	27	22	91	15	39	< DL	825	74	90	42	6288	224	32097	
	Kb ₃	38	6300	2432	31	25	97	36	37	< DL	848	89	64	40	6594	333	31780	
	Ka	57	7418	6777	2155	91	4093	60	35	29	1036	100	< DL	82	136	< DL	86	
245	Kb	46	6551	6244	1945	71	3855	48	38	28	1189	129	< DL	67	109	< DL	95	
	Kb ₁	50	6731	6172	1981	107	3744	52	18	26	1195	106	< DL	30	< DL	651	69	
246	Kb ₂	62	7486	6802	2073	87	3058	85	22	27	954	83	26	38	95	483	65	
	Ka ₁	53	6656	6353	2006	90	3951	40	25	29	1134	114	< DL	34	< DL	562	241	
247	Ka ₂	49	6472	6145	1976	92	3751	39	24	34	981	90	< DL	23	< DL	521	78	
	Kb	54	6942	6448	2059	78	3944	55	35	33	1076	104	< DL	59	102	350	98	
	Ka ₁	55	4848	7122	2858	91	3913	70	36	39	1027	103	< DL	123	143	< DL	126	
	Ka ₂	65	4829	7642	2936	103	3987	69	34	45	1019	97	< DL	120	196	< DL	141	
	Kb ₁	55	5395	9996	3110	106	4560	72	40	42	1129	97	< DL	83	26	< DL	171	
	Kb ₂	74	5165	8565	3059	105	4389	70	36	44	1090	99	32	86	58	350	150	
255	Kb ₁	43	247	3831	1183	68	2029	52	18	24	632	51	< DL	14	< DL	< DL	35	
	Kb ₂	46	375	4614	1380	66	2364	78	23	28	763	48	< DL	< DL	< DL	< DL	38	
	Ka ₁	46	174	2784	< DL	10	34	13	29	32	877	73	< DL	< DL	< DL	24	24	
	Ka ₂	53	181	2912	19	25	50	17	38	37	1104	90	< DL	< DL	< DL	16	16	
	Kb ₁	45	188	2473	< DL	10	31	23	30	25	840	80	33	20	191	< DL	19	
	Kb ₂	51	212	3138	19	17	39	20	27	32	812	55	< DL	< DL	< DL	685	29	
264	V ₁	205	169	7930	73	63	173	25	129	33	1751	227	< DL	449	4746	781	122014	
	V ₂	211	202	8656	57	56	174	14	124	1828	275	409	156	4871	< DL	132936		
	Ka	80	2299	6342	1200	76	1574	72	18	753	87	< DL	46	7	< DL	115	115	
	Kb ₁	65	2073	5597	1257	77	1816	68	19	903	148	< DL	64	189	< DL	121	121	
	Kb ₂	67	2111	5742	1221	74	1789	63	17	797	93	< DL	50	69	< DL	114	114	
	V	149	1630	12821	747	100	1240	70	56	< DL	1018	173	103	115	1665	< DL	55877	
	Ka ₁	55	4020	7143	2003	112	3614	104	49	44	1346	175	< DL	327	< DL	< DL	445	445
	Ka ₂	70	3357	6468	1634	100	3053	86	40	39	1053	142	< DL	312	240	< DL	314	314
267	Kb	85	3805	7837	1732	105	3261	98	43	42	895	107	< DL	190	120	< DL	323	323
	Ka ₁	58	4627	5186	1030	68	2222	139	29	38	1107	88	< DL	57	217	< DL	118	118

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
273	Ka ₂	58	4778	5487	1099	69	2276	28	38	1148	88	< DL	53	228	< DL	129
	Kb	45	4338	4720	972	61	2150	24	36	1094	91	< DL	43	210	< DL	209
275	Ka ₁	32	184	4779	1480	50	2250	39	38	1108	82	< DL	49	150	< DL	57
	Ka ₂	42	171	5242	1623	72	2477	35	46	1318	96	< DL	< DL	< DL	< DL	37
	Kb	35	197	5733	1798	56	2836	101	47	1427	106	< DL	39	48	< DL	50
	Ka ₁	61	9837	8619	1840	92	3584	32	41	1053	77	< DL	77	1215	1004	15067
278	Ka ₂	55	11005	9245	2155	118	4054	34	21	1021	73	< DL	60	960	1116	15403
	Kb	51	9564	9401	1946	101	4079	41	44	1104	84	45	77	1157	894	14897
280	Ka	45	12967	3869	1053	60	2145	19	23	594	56	< DL	18	135	226	682
	Kb ₁	46	12624	3747	1012	54	1772	20	26	698	75	< DL	37	164	< DL	655
	Kb ₂	65	13638	4445	1111	70	1914	15	23	604	59	< DL	13	< DL	396	621
	Ka	73	1932	10966	2029	112	4095	35	35	1597	91	< DL	57	265	424	1642
284	Kb	50	2098	11008	2122	83	4340	37	37	1500	85	44	60	434	< DL	1621
	V ₁	237	1316	15912	1181	52	2566	147	61	1488	130	< DL	99	10348	< DL	2022
	V ₂	234	1201	16836	1027	78	2266	150	35	64	1344	128	89	10482	< DL	1905
	V ₃	245	1281	17791	1130	68	2512	163	40	1433	132	< DL	82	10676	< DL	1986
292	Ka ₁	88	124	10782	1820	93	4311	244	13	797	643	< DL	97	< DL	< DL	217
	Ka ₂	138	247	14089	1831	75	3852	276	14	505	374	26	68	91	< DL	179
298	Kb	102	196	11486	1475	50	3392	206	33	545	466	< DL	81	192	< DL	177
	Kb	64	2779	7171	1854	92	2648	59	32	794	80	< DL	74	734	< DL	763
306	Ka ₁	49	3224	2701	< DL	13	55	43	27	757	75	27	< DL	17603	458	209
	Ka ₂	49	3311	2718	24	20	53	38	45	768	75	< DL	< DL	17867	656	208
307	Kb	47	3115	2590	< DL	< DL	42	34	34	684	57	< DL	< DL	8481	< DL	211
	Ka ₁	41	3331	2742	< DL	< DL	50	35	41	976	104	< DL	< DL	23853	559	231
311	Ka ₂	46	3003	2536	< DL	< DL	52	34	39	923	103	< DL	< DL	25389	< DL	214
	Ka	40	1557	2932	1848	70	1484	49	< DL	795	79	< DL	84	2658	< DL	6149
312	Kb	72	2073	5252	2174	83	1966	60	21	1034	86	< DL	49	1208	< DL	10360
	Ka	86	388	6522	1048	46	1328	194	28	730	62	< DL	16	75	< DL	34
	Kb ₁	80	604	6757	1238	48	1773	81	42	1140	91	< DL	27	112	< DL	46
	Kb ₂	43	429	3690	953	29	1229	41	25	649	41	31	< DL	80	243	29
313	Ka ₁	42	2672	5215	1256	50	2203	43	35	851	86	< DL	63	810	< DL	100
	Ka ₂	50	1316	5337	1381	77	2247	27	30	891	79	< DL	26	345	518	91
	Kb ₁	97	2267	7821	1398	53	2469	49	38	864	93	51	43	448	< DL	124
	Kb ₂	48	1813	6557	1718	76	2915	54	46	1228	111	< DL	59	1296	< DL	150
319	Ka	115	135	10460	1383	76	3077	154	10	450	381	< DL	59	< DL	< DL	121
	Kb ₁	80	158	9474	1481	54	3446	185	17	579	468	< DL	91	138	< DL	172
323	Kb ₂	102	114	9757	1496	44	3330	181	15	523	444	< DL	134	124	< DL	246
	Kb	46	1131	2837	869	38	1631	36	20	454	55	< DL	66	35	< DL	62
325	2V	50	1578	6400	799	68	1257	37	70	845	135	157	156	2782	526	69228
	Kb ₁	63	9469	7340	1986	96	2868	210	43	1166	110	< DL	102	174	821	258
334	Kb ₂	94	10698	8879	2168	105	3133	244	24	1175	102	< DL	81	230	883	271
	Ka ₁	39	2009	8734	875	28	3317	433	31	932	99	< DL	< DL	220	< DL	151
	Ka ₂	46	2638	11408	1094	49	4178	568	24	1017	81	26	27	100	< DL	231
	Ka ₃	45	2686	11452	1098	37	4104	519	38	942	90	< DL	< DL	< DL	< DL	135
	Ka ₄	42	1966	8774	882	27	3359	455	17	1030	113	< DL	< DL	377	< DL	167
	V ₁	95	1311	11588	534	46	1853	320	31	874	113	< DL	< DL	15971	775	6434
	V ₂	35	1321	11121	562	44	1844	277	36	873	123	< DL	< DL	18130	718	6063

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb	
335	Ka ₁	53	4048	10241	3049	161	4218	101	32	1405	129	< DL	88		644	1514	
	Ka ₂	129	4772	12684	2948	156	4516	181	31	1209	136	< DL	41	231	< DL	1349	
	Kb	76	3530	9540	2248	117	3186	132	30	940	103	< DL	75	159	486	963	
340	Ka	79	134	8957	1367	69	2996	163	15	9	388	303	< DL	48	55	< DL	136
	Kb	107	140	10455	1637	73	3750	208	21	25	502	380	< DL	49	4	< DL	200
341	Kb	159	178	7295	755	25	1229	95	18	11	462	238	< DL	22	21	< DL	26
	Ka ₁	33	2955	5032	1638	87	3265	61	16	22	473	53	< DL	27	51	< DL	74
	Ka ₂	50	3433	6002	1912	97	3777	73	14	30	512	62	< DL	32	36	< DL	104
346	Kb ₁	42	4094	6932	2242	115	4410	80	20	31	568	68	23	29	105	< DL	99
	Kb ₂	45	3928	6635	2167	111	4384	80	20	31	587	66	< DL	27	78	< DL	91
	V ₁	61	3282	8668	1719	92	2744	43	50	36	809	131	45	< DL	1167	< DL	41007
358	V ₂	60	3725	9384	1960	110	3120	45	49	39	798	124	84	< DL	1190	< DL	44727
	Ka ₁	52	1287	10602	1151	39	3616	307	25	29	845	62	21	21	144	< DL	46
	Ka ₂	46	1162	9679	1115	23	3469	285	25	33	912	76	< DL	24	116	< DL	45
362	Kb ₁	48	1278	10556	1207	34	3895	336	28	42	1127	100	< DL	43	192	< DL	42
	Kb ₂	39	997	9455	952	< DL	3101	289	25	51	1009	124	< DL	42	213	< DL	52
	Ka	73	80	6256	786	41	1780	92	10	5	277	226	< DL	43	44	< DL	73
364	Kb	80	253	6719	699	29	1628	111	9	10	310	259	< DL	33	230	< DL	65
	Ka	66	8122	7894	2271	98	2690	111	27	36	1046	107	< DL	78	142	< DL	78
	Kb	90	9101	9228	2593	104	3833	166	25	40	1394	170	< DL	99	211	< DL	90
373	Ka	89	26596	11231	3744	204	5592	312	27	36	1551	100	< DL	105	988	< DL	1440
	Kb ₁	172	20915	10366	3068	157	4916	259	30	27	1464	119	< DL	128	1271	< DL	1213
	Kb ₂	83	17804	7132	2551	111	3881	151	20	22	885	45	33	37	325	< DL	845
374	Kb	41	6056	3674	947	32	1162	277	25	30	870	63	< DL	35	132	325	458
376	Ka	64	4795	7592	2147	62	2913	103	36	32	882	70	< DL	43	163	501	117
	Kb	51	4368	8322	2442	88	4269	123	58	49	1416	129	< DL	49	168	< DL	151
	Ka	113	7469	9253	1975	112	4593	205	14	17	980	62	< DL	64	223	< DL	215
377	Kb ₁	75	7341	7710	2039	98	4689	181	13	17	916	72	< DL	56	267	< DL	199
	Kb ₂	113	7361	8761	2012	107	4754	191	13	15	1024	71	25	63	224	< DL	221
	Ka ₁	49	1443	7398	1501	62	2876	102	23	20	819	47	< DL	47	333	< DL	889
380	Ka ₂	39	1252	6466	1324	60	2607	93	22	20	783	46	< DL	41	319	< DL	848
	Kb ₁	54	1683	8943	1768	75	3609	126	30	25	1129	58	35	42	267	< DL	1240
	Kb ₂	51	1439	7815	1503	57	3037	112	23	24	965	57	< DL	49	250	< DL	1042
381	Kb ₁	53	1397	7632	1495	67	3276	114	27	22	1007	61	25	48	604	< DL	1002
	Kb ₂	93	1679	10148	1719	80	3594	128	32	31	1094	68	< DL	33	367	< DL	1218
	Ka ₁	47	1875	10345	2087	82	4146	143	38	32	1292	64	< DL	36	313	< DL	1471
383	Ka ₂	92	2376	12613	2403	102	4506	155	56	35	1214	74	< DL	82	< DL	1647	
	Kb ₁	86	2233	11653	2157	88	4284	158	37	35	1408	73	< DL	63	385	< DL	1600
	Kb ₂	91	1730	11907	1825	72	3843	183	34	46	1538	123	< DL	97	605	< DL	1514
387	Ka ₁	42	4499	6279	3235	132	4559	81	33	41	1321	87	< DL	81	463	< DL	885
392	Ka ₂	52	4827	6684	3497	139	5001	88	44	39	1721	124	< DL	173	410	< DL	797
	Kb	49	1562	4966	1001	86	2877	157	17	26	913	60	< DL	14	< DL	372	64
	Ka	88	143	4134	< DL	< DL	43	28	38	12	462	334	< DL	< DL	11327	< DL	120
397	Kb	85	161	4458	< DL	< DL	53	37	35	18	529	350	< DL	< DL	11613	< DL	134
	Ka ₁	75	137	5734	41	< DL	60	29	16	< DL	467	353	< DL	35	2227	< DL	119
	Ka ₂	85	152	6533	34	< DL	46	36	20	10	531	382	< DL	< DL	17414	< DL	78
399	Kb ₁	109	178	5207	< DL	14	44	34	36	14	395	279	< DL	< DL	7738	< DL	221
	Kb ₂	78	157	4728	< DL	< DL	40	31	34	10	380	270	< DL	17	6156	< DL	208

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
402	Ka	50	2078	8421	3531	131	5409	52	41	1151	119	< DL	51	108	< DL	281
	Kb ₁	61	1829	8129	2952	100	4500	40	31	810	83	42	49	140	< DL	201
	Kb ₂	67	1787	7842	3097	116	4568	70	48	966	119	< DL	70	162	< DL	225
403	Ka ₁	84	6627	7874	2181	87	3830	37	39	1299	136	< DL	83	204	< DL	156
	Ka ₂	60	5954	7170	1983	91	3513	43	22	967	85	< DL	< DL	< DL	512	120
	Kb	55	5374	6447	1765	86	3210	35	21	968	110	< DL	< DL	< DL	465	116
412	Kb ₁	61	9369	7011	1520	62	1732	84	31	40	1119	29	22	179	< DL	1250
	Kb ₂	56	8897	5971	1461	75	1528	62	25	40	1259	< DL	< DL	< DL	577	521
413	Kb ₁	85	13795	6620	1509	87	2873	159	22	29	644	< DL	53	< DL	1047	299
	Kb ₂	176	12325	8489	1388	109	2837	211	30	41	932	< DL	99	< DL	817	324
414	Kb	73	2781	8518	2879	106	4951	73	26	37	1005	< DL	65	188	< DL	164
	Ka	53	5895	8148	2104	85	2696	69	35	31	1229	< DL	25	< DL	395	174
421	Kb ₁	136	4911	8346	1474	35	1844	62	39	34	1044	< DL	46	109	< DL	152
	Kb ₂	83	6309	8522	1928	54	2337	58	43	28	1038	30	32	56	813	149
422	Ka ₁	52	1589	3773	2101	76	2517	49	16	22	512	< DL	28	72	< DL	62
	Ka ₂	44	1684	3988	2296	88	2849	52	22	25	647	< DL	22	46	< DL	73
425	Kb	56	2002	5056	2683	111	3301	58	20	26	675	< DL	30	< DL	< DL	80
	Ka ₁	37	8724	3324	38	36	138	46	52	< DL	117	193	56	11829	< DL	51143
427	Ka ₂	44	10156	3604	< DL	29	92	56	33	< DL	1294	67	42	15461	1335	18639
	Ka	54	4538	8797	3929	137	5074	67	28	41	1304	< DL	89	< DL	457	120
431	Kb ₁	62	4325	8178	3729	113	5068	67	40	37	1488	< DL	213	480	< DL	128
	Kb ₂	61	4597	9276	3914	114	5344	77	45	46	1405	< DL	150	333	< DL	135
433	Ka	65	5583	8320	3355	110	4719	76	42	48	1186	< DL	136	117	< DL	157
	Kb ₁	68	5294	8454	3125	99	4397	72	36	46	1103	< DL	99	150	< DL	138
434	Kb ₂	51	5760	8427	3390	113	4790	69	38	44	1059	< DL	76	70	520	149
	Ka ₁	33	314	3662	1053	28	1426	49	38	32	1111	< DL	51	163	< DL	29
439	Ka ₂	54	330	3749	1139	37	1587	52	43	43	1316	< DL	31	151	< DL	39
	Ka ₃	39	342	3743	1070	35	1462	51	35	40	1097	< DL	36	105	< DL	28
440	Kb ₁	37	329	3940	1055	43	1419	48	29	25	777	29	< DL	< DL	< DL	24
	Kb ₂	26	283	3634	1062	32	1404	45	25	26	746	37	< DL	29	< DL	24
443	Ka	48	5916	5517	1673	66	3012	57	20	22	912	< DL	61	76	521	73
	Kb ₁	47	5531	5545	1488	60	2675	45	15	21	660	57	35	13	434	58
444	Kb ₂	51	4622	4472	1273	49	2356	45	20	21	771	93	< DL	40	129	388
	Ka	60	1255	8129	830	41	2252	206	14	22	677	54	< DL	539	< DL	21
446	Kb ₁	87	174	8602	611	31	1391	86	27	26	527	< DL	74	99	< DL	132
	Kb ₂	99	210	9082	603	24	1416	95	30	25	550	< DL	72	32	< DL	140
447	Ka ₁	73	188	9711	375	19	1406	89	17	567	230	< DL	43	455	< DL	363
	Ka ₂	67	154	9018	356	22	1265	68	17	611	256	< DL	< DL	288	< DL	377
449	Kb ₁	70	143	7975	292	15	1065	65	13	458	178	34	18	251	< DL	252
	Kb ₂	64	152	8113	312	< DL	1178	75	58	498	196	29	29	315	< DL	305
446	Ka	45	961	8053	910	20	2669	244	18	24	630	< DL	< DL	78	< DL	43
	Kb	52	1453	11525	1313	46	3795	339	28	33	865	36	< DL	157	< DL	63
447	Kb ₁	72	1935	6374	756	41	1841	79	10	28	717	< DL	< DL	932	309	368
	Kb ₂	52	2219	6276	876	30	2033	126	22	22	642	51	23	763	256	369
449	Ka	53	670	8072	1394	43	3704	328	39	22	1097	< DL	50	543	< DL	910
	Kb ₁	57	694	8534	1457	47	3559	301	28	20	715	44	20	160	< DL	679
	Kb ₂	47	460	5898	1030	41	2665	226	18	17	617	60	25	245	< DL	552

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
449	Kb ₃	55	6635	1122	44	2759	236	17	18	543	54	36	< DL	157	< DL	540
451	Kb	146	251	10113	687	879	220	14	31	403	452	< DL	80	139	< DL	148
457	Kb ₁	95	206	10204	628	31	2311	115	17	518	363	< DL	134	802	< DL	237
	Kb ₂	130	211	9648	592	25	2088	103	21	398	259	< DL	100	161	< DL	198
	Kb ₁	115	156	5891	27	16	102	42	19	319	207	< DL	< DL	17371	< DL	55
461	Kb ₂	90	175	5798	104	18	208	48	26	388	236	< DL	< DL	15911	< DL	72
	V ₁	70	103	8277	1578	66	2127	144	22	394	261	< DL	36	6272	< DL	60
	V ₂	66	100	7796	1488	56	1973	133	25	377	249	< DL	42	8430	< DL	60
462	Ka ₁	96	16790	4086	< DL	46	73	50	32	1167	144	< DL	44	156	< DL	46
	Ka ₂	102	17433	3984	< DL	31	70	55	33	1284	143	< DL	< DL	27	< DL	43
465	Kb ₁	52	10471	6512	3012	123	2681	61	56	1362	88	< DL	67	82	< DL	141
	Kb ₂	50	10077	6511	2890	116	2532	60	55	1311	89	< DL	62	117	< DL	158
468	Kb ₁	91	5181	8947	2718	125	4274	162	17	524	62	< DL	31	< DL	376	174
	Kb ₂	134	5488	10389	2997	153	5036	267	24	737	74	< DL	< DL	< DL	< DL	236
492	Kb	323	308	18540	2905	196	3297	165	40	679	399	< DL	89	< DL	894	9467
526	Kb	156	15984	6005	27	17	157	56	19	1108	160	< DL	23	71	433	88
	Ka	95	3286	10728	2919	137	6192	119	45	1221	99	< DL	45	81	< DL	211
528	Kb ₁	121	3532	12107	3022	144	6639	135	43	1216	98	< DL	40	< DL	< DL	228
	Kb ₂	84	3240	10196	2782	137	5955	115	39	1133	94	< DL	42	57	< DL	213
	Kb ₃	77	2624	10308	2695	124	5604	112	40	1151	90	< DL	27	< DL	< DL	200
530	Ka	57	7279	4305	1420	56	1718	53	15	742	62	< DL	254	360	< DL	1353
	Kb ₁	58	9653	5462	1773	66	2160	69	22	913	73	25	254	450	< DL	1747
	Kb ₂	59	9260	5280	1688	55	2022	68	22	808	58	< DL	222	397	< DL	1575
	Ka ₁	57	11492	2403	< DL	26	15536	102	35	1242	91	< DL	589	255	< DL	530
532	Ka ₂	95	10784	2865	22	41	14810	109	35	1283	102	< DL	733	15	< DL	528
	Kb ₁	55	10282	2167	< DL	< DL	13967	96	42	1416	120	< DL	718	300	< DL	528
	Kb ₂	55	11193	2377	25	31	14819	81	32	1099	76	< DL	413	< DL	< DL	486
534	Kb	73	7269	3023	49	20	85	41	21	717	41	19	< DL	423	< DL	61
536	Kb	67	22183	7810	2330	77	1295	110	73	1958	129	53	520	131	< DL	4246
538	Kb	42	9274	1671	< DL	20	29	24	13	613	44	< DL	11	1526	223	36
	Ka ₁	53	8682	3633	105	44	10381	72	51	1381	109	100	73	7263	< DL	46445
544	Ka ₂	54	9115	3632	86	32	9064	61	42	1208	87	91	44	5853	309	36365
	Kb ₁	53	8212	3510	94	27	10578	75	50	1494	108	152	57	6575	< DL	49599
	Kb ₂	54	8530	3483	92	30	9321	80	49	1387	100	148	86	7927	< DL	40914
560	Kb	40	24625	2452	< DL	42	49	51	31	1240	62	30	< DL	1012	< DL	33
	Kb ₁	31	201	1784	< DL	29	15200	61	29	554	75	66	839	29	185	29112
561	Kb ₂	75	317	3309	< DL	31	16209	78	36	622	138	97	975	63	< DL	31905
	V	109	6100	5438	76	89	3198	67	193	427	46	1217	11089	< DL	2147	180804
562	Kb ₁	74	8415	7185	786	50	962	61	13	883	72	24	174	389	< DL	2413
	Kb ₂	81	7227	6486	679	31	810	58	11	785	81	< DL	386	397	< DL	2758
	Kb	55	35832	4015	130	100	189	85	30	1782	75	< DL	< DL	< DL	< DL	374
564	2V ₁	133	18701	5517	85	85	305	61	97	1751	163	< DL	4263	28	921	107537
	2V ₂	96	26809	6061	115	70	179	74	63	1972	159	149	2834	< DL	445	73684
	Ka ₁	56	12859	7541	905	37	1056	206	37	1407	107	< DL	347	187	< DL	2780
565	Ka ₂	55	12183	6783	851	35	980	55	26	1077	83	< DL	258	121	< DL	2325
	Kb ₁	67	13326	8160	905	41	1063	64	33	1210	95	< DL	234	233	< DL	2594
	Kb ₂	60	13728	7713	933	40	1318	73	23	1058	79	< DL	303	145	< DL	3673

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
567	Ka ₁	74	14350	6333	1991	68	1362	18	18	1144	82	26	579	143	< DL	3639
	Ka ₂	124	17812	8380	2257	92	1544	24	23	1392	114	< DL	842	42	< DL	7979
	Kb	58	11232	5022	1533	31	1033	72	< DL	966	89	< DL	1641	152	< DL	3019
570	Kb	54	242	3838	< DL	49	49	41	47	1594	141	58	46	78	< DL	53
	Ka	68	22364	7575	2072	93	1233	252	40	1806	126	< DL	622	< DL	< DL	4161
573	Kb	83	17359	5932	1618	69	840	82	26	1213	89	< DL	393	< DL	< DL	2720
	IV	107	20433	6789	1119	94	1077	101	86	3036	308	< DL	16176	1335	< DL	98642
586	Ka ₁	51	251	3555	< DL	14	48	28	29	905	71	28	< DL	29248	< DL	135
	Ka ₂	51	246	3439	< DL	< DL	59	33	37	894	75	24	< DL	32663	< DL	143
590	Ka ₁	76	3373	9460	1635	52	2872	86	39	1192	92	< DL	32	424	< DL	87
	Ka ₂	86	2941	9305	1542	51	2946	83	60	1439	123	< DL	32	2514	< DL	110
	Kb	86	3187	9858	1591	38	2954	84	41	1287	118	< DL	25	2165	< DL	187
591	Ka ₁	62	9400	9327	3495	220	5029	131	41	1212	97	< DL	144	298	472	1494
	Ka ₂	69	9436	9264	3485	210	5094	133	38	1236	101	< DL	164	476	531	1580
	Kb	75	10113	9457	3557	197	5633	148	45	1530	134	55	149	416	726	1652
603	Ka ₁	57	2349	10626	2292	103	4498	164	39	1855	112	< DL	116	912	< DL	1926
	Ka ₂	77	2150	11103	2425	100	5138	186	60	2465	164	< DL	148	1264	< DL	2201
	Kb	44	1984	10466	2252	87	4675	169	49	1716	96	< DL	82	532	< DL	1995
639	Ka	46	1211	399	< DL	< DL	13	7	3	126	7	< DL	6	1358	< DL	20
	Ka ₁	80	146	6494	1548	119	1523	69	17	321	219	< DL	64	1227	< DL	391
	Ka ₂	78	132	6279	1436	99	1467	94	18	432	316	< DL	136	2511	< DL	452
D01	Kb ₁	88	156	6959	1618	126	1631	77	15	378	272	29	100	1859	< DL	477
	Kb ₂	81	166	7446	1756	128	1741	83	14	326	202	21	47	825	< DL	428
	Ka ₁	50	2874	9096	448	36	3176	57	22	725	62	< DL	46	198	< DL	417
D02	Ka ₂	46	3056	8543	498	40	3550	74	23	811	67	< DL	45	229	< DL	467
	Kb ₁	39	3606	10217	564	46	4334	89	24	942	77	39	60	174	< DL	562
	Kb ₂	62	3152	9608	493	48	3769	82	24	896	84	< DL	57	230	< DL	496
D03	Kb ₁	77	8321	8670	2535	145	5744	157	25	1066	85	38	63	284	< DL	267
	Kb ₂	84	6198	7159	1872	98	4204	126	18	795	67	< DL	38	213	< DL	206
	Ka ₁	49	8042	4852	1201	61	4387	86	25	836	64	27	159	456	< DL	5990
D04	Ka ₂	48	8144	5056	1238	59	4533	73	25	906	70	< DL	154	474	< DL	6419
	Kb	47	8334	5258	1257	66	4952	79	21	880	61	< DL	114	328	< DL	6321
	Ka ₁	52	7624	7293	1534	59	1850	60	13	937	79	< DL	307	427	< DL	1642
D05	Ka ₂	74	11151	6908	2295	69	2703	106	34	1138	83	< DL	240	417	< DL	2229
	Kb	81	8097	5886	1709	56	2008	85	28	787	55	28	144	258	< DL	1627
	Ka ₁	47	13959	2145	22	44	232	43	20	847	58	< DL	27	302	< DL	164
D06	Ka ₂	55	14964	2395	35	52	253	50	20	862	58	< DL	23	286	< DL	171
	Kb ₁	59	16349	2932	21	64	288	53	27	1082	73	< DL	24	278	< DL	219
	Kb ₂	68	20777	3959	44	70	381	79	39	1737	122	< DL	26	679	< DL	321
D07	Ka ₁	80	131	4220	30	< DL	1319	40	20	411	275	< DL	< DL	24515	< DL	2503
	Ka ₂	87	156	4679	28	15	1409	42	21	409	260	< DL	< DL	19562	< DL	2588
	Ka ₃	94	150	4612	23	< DL	1388	43	23	520	372	< DL	< DL	32526	< DL	2863
D08	Kb	140	239	6291	32	< DL	1269	49	22	386	253	< DL	< DL	18746	< DL	2248
	V ₁	100	517	8421	2397	116	2516	88	22	406	259	53	29	14055	< DL	26168
	V ₂	109	1080	7663	1952	104	2144	81	24	344	244	< DL	< DL	14445	< DL	20909
D08	Kb ₁	84	168	4154	< DL	< DL	75	33	20	434	322	< DL	25	10926	< DL	143
	Kb ₂	97	165	4567	34	< DL	100	43	20	456	329	< DL	41	10805	< DL	147

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
D09	Ka ₁	75	144	4442	32	< DL	72	43	16	10	230	28	< DL	25182	< DL	337
	Ka ₂	107	145	4879	21	18	48	34	8	12	171	< DL	< DL	11565	325	193
	Kb	77	132	4678	24	< DL	44	39	22	13	388	< DL	< DL	16305	< DL	310
	V	138	161	7863	1082	74	1697	93	22	21	481	< DL	16	12253	< DL	2637
D10	Ka ₁	135	198	6412	21	19	53	55	23	12	438	< DL	26	2422	< DL	1216
	Ka ₂	100	125	4875	22	17	43	28	13	9	419	< DL	< DL	1832	< DL	1063
	Kb ₁	123	158	5719	< DL	15	59	51	23	8	421	< DL	26	2510	< DL	1004
	Kb ₂	89	118	4637	21	< DL	41	35	21	14	416	< DL	28	2811	< DL	917
D11	2V	109	124	4914	< DL	< DL	32	43	14	< DL	358	< DL	16	4700	< DL	218
	Ka	92	122	3567	21	< DL	86	25	7	7	234	< DL	< DL	5036	< DL	839
	Kb	84	132	4481	< DL	< DL	44	35	< DL	9	357	30	< DL	5213	< DL	699
	V ₁	68	148	13801	142	103	421	34	211	< DL	276	2061	1050	8137	< DL	264213
D12	V ₂	80	145	13918	143	106	572	35	209	< DL	279	2162	1049	7569	975	269799
	Ka	67	111	3098	< DL	< DL	34	24	27	10	366	< DL	< DL	13245	< DL	96
	Kb	83	166	4579	< DL	< DL	51	45	31	19	443	< DL	26	14902	< DL	108
	V	84	135	10506	1014	105	1410	69	24	16	341	< DL	37	10190	< DL	594
D13	Ka ₁	88	126	4671	< DL	< DL	53	48	19	16	385	< DL	22	26565	< DL	131
	Ka ₂	74	124	4367	< DL	< DL	43	33	18	16	356	< DL	< DL	23335	< DL	115
	Kb	82	145	4807	< DL	12	51	38	15	16	349	< DL	< DL	17738	< DL	84
	Kb ₁	54	311	3418	< DL	< DL	55	44	34	38	1236	38	< DL	30965	< DL	374
D14	Kb ₂	47	339	3886	< DL	< DL	53	41	28	45	1125	< DL	< DL	32179	428	331
	Ka ₁	43	189	2287	< DL	< DL	32	28	20	26	689	33	< DL	23883	< DL	208
	Ka ₂	41	210	2273	< DL	16	41	29	16	27	682	< DL	< DL	23998	< DL	200
	Kb	56	232	2891	< DL	< DL	46	33	22	36	942	< DL	< DL	23242	< DL	286
D15	Ka ₁	45	125	3419	< DL	38	47	55	11	13	712	< DL	< DL	52814	< DL	343
	Ka ₂	50	160	3909	< DL	41	41	48	14	19	669	< DL	< DL	22129	< DL	154
	Kb ₁	40	178	4498	< DL	57	53	51	23	27	894	< DL	< DL	35668	< DL	207
	Kb ₂	47	154	4678	42	64	55	59	18	25	975	< DL	< DL	42955	684	215
D17	Kb	48	1464	7577	1981	58	3984	88	38	19	630	61	24	51	< DL	69
D18	Ka ₁	79	96	4502	1279	77	1572	46	12	< DL	400	< DL	28	2392	< DL	4280
	Ka ₂	73	70	4076	1179	60	1157	33	14	< DL	304	< DL	35	2862	< DL	3203
	Kb	72	98	4047	1100	49	1358	48	23	< DL	366	26	65	3302	< DL	3836
	Kb ₁	130	214	7698	1088	43	2495	98	35	< DL	670	< DL	499	2807	< DL	2707
D19	Kb ₂	118	203	8081	1146	47	2320	74	23	11	467	< DL	184	1275	< DL	2248
	Ka ₁	56	282	2476	12	7	36	32	14	10	809	22	< DL	149	< DL	73
	Ka ₂	52	261	2183	< DL	< DL	20	17	13	9	856	< DL	19	222	< DL	40
	Kb ₁	52	269	2370	< DL	< DL	31	21	13	9	950	< DL	20	78	< DL	35
D20	Kb ₂	52	307	2676	< DL	12	26	26	15	12	1108	20	16	14	< DL	61
	Ka ₁	49	3045	8831	508	57	3641	62	16	19	801	< DL	37	< DL	< DL	451
	Ka ₂	56	2956	8594	457	48	3271	70	19	16	661	23	52	212	< DL	391
	Kb	41	3030	8232	465	36	3349	57	17	15	633	34	32	122	< DL	389
D22	Ka ₁	56	3248	2054	< DL	14	42	34	16	19	498	20	< DL	10863	< DL	101
	Ka ₂	56	3403	2190	14	17	40	34	16	19	493	17	12	10929	< DL	79
	Kb	50	5056	9290	1667	64	4222	125	35	32	842	75	28	31	147	114
	Ka	146	1028	13776	1321	42	3041	237	15	50	535	127	< DL	1964	< DL	201
D25	Kb	77	6815	6427	1911	80	3891	63	32	27	986	93	33	49	63	103
D26	Kb ₁	149	202	10013	1474	90	2084	70	49	< DL	549	126	194	5170	< DL	5171
	Kb ₂	169	186	9706	1381	85	1982	80	42	< DL	516	107	154	5041	< DL	45080

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
D27	Kb ₁	41	1853	4167	2338	81	2641	19	21	1006	86	< DL	95	1116	< DL	5151
	Kb ₂	37	2065	4395	2422	78	2663	16	28	988	77	< DL	71	919	< DL	4692
D28	Ka ₁	54	25638	2477	72	54	231	29	20	1596	80	< DL	18	129	< DL	26
	Ka ₂	41	22768	1948	60	43	176	46	15	1078	53	< DL	13	43	< DL	10
	Kb ₁	48	19970	1738	55	41	159	43	19	1032	51	< DL	< DL	67	< DL	< DL
	Kb ₂	43	25740	2374	75	53	209	68	15	1097	46	19	< DL	92	< DL	< DL
D29	Ka	57	3243	7958	2430	92	4712	136	51	1082	96	< DL	49	728	< DL	163
D30	Kb	41	3482	7652	2500	119	4777	141	38	957	90	< DL	85	774	< DL	270
	Ka ₁	59	1284	5060	1469	77	2237	84	21	639	71	< DL	28	115	< DL	503
D31	Ka ₂	60	1431	5103	1216	61	1925	71	25	781	86	< DL	22	75	< DL	613
	Kb	67	1559	5480	1305	67	2138	83	26	941	116	< DL	51	159	< DL	677
	Ka ₁	70	4852	8356	2022	99	3585	97	27	1147	85	< DL	164	1804	< DL	207
	Ka ₂	59	5031	8684	2162	106	3783	85	23	1187	78	< DL	108	1191	< DL	213
D32	Ka ₃	54	4749	7976	2001	82	3591	88	26	1173	88	< DL	166	1805	< DL	202
	Kb ₁	51	4331	7374	1875	87	3347	81	28	1163	91	< DL	163	1739	< DL	195
	Kb ₂	65	5529	9804	2330	104	4328	113	33	1411	103	< DL	163	1688	< DL	253
	Kb ₁	59	1208	5466	1306	68	1883	99	44	960	89	< DL	51	281	< DL	45
D33	Kb ₂	53	778	4538	990	42	1402	77	32	721	57	< DL	24	167	< DL	25
	Ka	43	2616	2166	18	13	127	28	21	680	58	< DL	32	13703	< DL	6999
D34	Kb ₁	44	2662	2090	< DL	11	125	24	19	755	63	< DL	26	10055	< DL	7775
	Kb ₂	37	2456	1961	< DL	14	120	26	21	899	88	44	< DL	16479	< DL	8487
	Ka ₁	47	4296	2279	< DL	10	37	35	22	674	47	< DL	11	13768	359	96
	Ka ₂	48	4006	2317	< DL	26	49	29	24	773	52	< DL	< DL	13838	460	213
D35	Kb ₁	38	4320	2157	< DL	< DL	42	32	30	805	63	23	17	15714	< DL	203
	Kb ₂	36	4413	2219	19	15	41	32	28	871	66	24	< DL	18593	339	189
D36	Ka	83	111	8121	677	40	2395	87	14	506	302	< DL	62	< DL	< DL	252
	Kb ₁	71	144	7562	583	28	1998	85	15	349	221	< DL	83	75	< DL	178
D37	Kb ₂	103	135	9780	639	27	2215	99	12	357	218	< DL	62	5	< DL	192
	Ka	98	134	3978	< DL	< DL	49	38	7	469	440	< DL	20	4973	< DL	5305
D38	Kb ₁	97	119	3441	< DL	< DL	43	41	24	405	425	< DL	54	6863	< DL	3862
	Kb ₂	112	155	4627	< DL	< DL	54	61	18	457	397	< DL	31	3986	< DL	3452
	Ka	90	125	3916	30	< DL	675	34	17	355	276	< DL	38	3085	< DL	5302
	Kb ₁	80	118	3747	22	14	696	32	19	321	248	< DL	40	2549	< DL	4908
D39	Kb ₂	95	138	4112	27	12	705	36	18	366	293	< DL	52	4391	< DL	5294
	Ka ₁	54	531	7770	1173	32	2832	153	15	937	81	< DL	< DL	< DL	< DL	32
D40	Ka ₂	46	549	7214	1090	41	2420	135	9	694	60	< DL	< DL	< DL	< DL	23
	Kb	47	528	6552	955	28	2154	138	12	636	56	< DL	16	90	< DL	33
	Ka ₁	58	7422	8396	1334	87	3904	141	37	1007	70	26	43	142	< DL	207
	Ka ₂	56	6704	8011	1281	78	3695	146	43	1130	94	< DL	52	223	< DL	232
D41	Kb ₁	70	6643	8079	1284	79	3862	149	39	1057	95	< DL	49	89	< DL	214
	Kb ₂	55	6832	7925	1320	78	3985	141	43	1229	103	34	73	153	< DL	232
	Ka ₁	49	25403	2055	42	46	81	48	18	1186	80	< DL	31	223	< DL	156
	Ka ₂	51	27605	2283	36	49	82	56	34	1037	63	< DL	< DL	125	< DL	146
D42	Kb ₁	52	25357	2377	42	59	86	52	18	1299	98	< DL	27	206	< DL	155
	Kb ₂	42	21848	1868	27	43	70	40	13	911	63	< DL	19	133	< DL	103
	Ka ₁	56	11823	2522	18	25	44	33	23	1036	61	29	22	47	< DL	4152
	Ka ₂	64	11887	2573	24	29	50	34	25	992	57	< DL	29	75	< DL	4032

Analyse	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb
D41	Kb ₁	46	13342	2532	28	30	43	31	21	1186	67	< DL	34	117	< DL	4791
	Kb ₂	53	12938	2804	35	35	50	34	13	1530	101	< DL	54	80	< DL	5659
D42	Ka ₁	72	8422	2639	< DL	24	43	15	15	1014	72	< DL	< DL	5191	< DL	49
	Ka ₂	51	9055	2158	18	21	36	14	14	946	47	20	15	3837	< DL	36
	Kb ₁	53	9526	2362	< DL	23	53	25	23	1618	82	< DL	21	5037	< DL	148
	Kb ₂	52	9368	2938	< DL	28	37	19	22	1171	63	< DL	13	4214	< DL	50
	F1	330	7462	15417	148	113	749	144	< DL	1043	84	62	199	5766	< DL	84251
	F2	232	6937	8959	95	94	680	91	66	884	55	62	161	5167	< DL	78315
D43	Ka ₁	50	4332	4814	1877	85	2367	78	16	731	57	< DL	101	93	< DL	61
	Ka ₂	45	4189	4483	1805	81	2185	69	16	684	53	< DL	100	96	< DL	57
D44	Kb	52	4281	4577	1841	83	2334	78	16	728	59	< DL	115	67	< DL	60
	Ka ₁	54	1624	2258	22	11	29	39	15	688	63	< DL	14	82	< DL	67
D45	Ka ₂	66	1784	2696	17	13	37	40	18	693	53	< DL	15	58	< DL	57
	Kb	62	1914	2495	< DL	13	25	34	17	617	42	< DL	12	66	< DL	47
D46	Ka ₁	58	3280	5954	454	28	2537	163	25	551	62	< DL	18	217	< DL	59
	Ka ₂	62	3452	6961	612	32	2958	180	24	554	63	< DL	27	252	< DL	71
F47	Kb	56	3160	6415	443	22	2348	151	24	501	52	< DL	19	165	< DL	61
	Ka ₁	50	11787	3702	152	41	554	49	74	767	56	19	21	1736	610	53
F48	Ka ₂	46	11266	3567	132	32	549	48	75	786	61	< DL	26	1712	646	47
	Kb ₁	49	10711	3850	123	38	581	58	87	976	84	< DL	20	2188	585	72
F49	Kb ₂	68	14681	4790	163	37	684	70	83	813	55	< DL	21	1174	894	60
	Ka	140	31116	4165	26	210	82	104	18	1152	70	< DL	< DL	< DL	301	55
F50	Kb	125	38528	3817	< DL	342	100	130	32	1633	108	< DL	30	59	< DL	58
	Ka	53	12275	6592	1121	82	2382	59	24	1298	68	< DL	16	< DL	< DL	45
F51	Ka	53	2915	5431	804	43	2078	67	19	741	71	< DL	26	< DL	< DL	51
	Kb	38	2658	5153	753	37	2046	62	20	766	67	< DL	47	48	< DL	47
F52	Kb	80	16628	5938	25	56	49	61	34	1241	110	< DL	90	9299	< DL	677
	V	465	2654	12322	32	105	280	19	183	280	14	1630	10193	779	< DL	183120
F53	Ka	52	11291	1933	< DL	33	39	38	24	1061	65	< DL	42	326	< DL	5527
	Kb ₁	38	10526	1555	< DL	24	24	28	22	746	44	< DL	44	269	< DL	4226
F54	Kb ₂	33	13813	2035	21	36	40	42	31	1474	88	63	50	513	< DL	7476
	Ka	36	9583	1875	20	27	92	31	26	890	59	< DL	39	482	< DL	10027
F55	Kb ₁	37	10127	1922	18	26	96	30	26	965	63	30	25	457	< DL	10904
	Kb ₂	38	12028	2315	20	38	122	37	39	1282	87	< DL	51	1104	< DL	14287
P53	IV ₁	97	13767	3785	42	48	149	47	30	1076	81	< DL	30	10516	433	22918
	IV ₂	94	12836	4323	33	50	169	45	52	1741	122	77	63	9229	661	39035
P54	IV ₃	119	10842	4289	< DL	48	156	44	49	1619	124	98	54	10738	561	41585
	Ka	124	2505	5437	< DL	25	614	110	30	1334	82	< DL	664	220	< DL	1323
P55	Kb	50	1972	3321	< DL	18	316	35	26	1179	79	< DL	863	213	< DL	1013
	V	104	4844	5124	83	77	559	72	92	783	58	< DL	1253	32951	879	67914
P56	Kb	57	21134	2855	36	53	160	57	13	971	59	18	81	47	< DL	193
	IV	81	20241	3705	53	61	263	80	37	1575	120	< DL	9617	1891	< DL	29393
P57	2V ₁	86	21077	4163	26	57	1115	82	15	1428	133	< DL	79	< DL	328	2944
	2V ₂	82	20564	3989	38	51	853	72	17	1405	131	< DL	56	91	< DL	3258
P58	Kb	54	7120	3056	21	50	22424	106	25	11095	68	102	534	520	< DL	22034
	IV	64	10933	4485	55	54	838	75	31	871	56	< DL	25109	122	< DL	24953
P59	Kb ₁	49	7752	3489	29	57	18146	122	33	1173	66	97	448	629	< DL	25978
	Kb ₂	47	6901	3095	33	51	15977	88	30	1051	66	95	439	599	< DL	22907

