

Geochemie der Karbonatbänke im Unteren Keuper Mainfrankens

U. MERTEN & W. M. BAUSCH

Zusammenfassung

13 Karbonatbänke wurden regional auf 19 Elemente untersucht. Einleitend mußten anhand der Nichtkarbonatgehalte nomenklatorische Probleme („Kalk“, „Dolomit“, „Schiefer“) diskutiert werden; die in der Literatur üblichen Benennungen sind strenggenommen inkorrekt und können nur als historisch betrachtet werden.

Bei den geochemischen Eigenschaften fällt im Vergleich zu normal-marinen Kalken auf:

- die Fe_2O_3 -Gehalte liegen meist über den Al_2O_3 -Gehalten;
- die Barium-Gehalte liegen weit höher als die Strontium-Werte;
- hoch sind die Gehalte an Mangan, Phosphor und Barium;
- niedrig sind die Strontium-Werte.

Die Karbonatbänke waren größtenteils dolomitiert. Später setzte eine weitgehende Recalcitisierung ein. Die Magnesiumgehalte sind daher heute nur noch dort hoch, wo die Recalcitisierung unvollständig war oder ausblieb.

Die geochemischen Eigenschaften der Einzelbänke werden individuell beschrieben. Auffallend ist die große Streubreite aller Werte. – Ferner werden regionale Trends herausgearbeitet. – Ausgewählte Zweistoff-Diagramme werden abgebildet, sowie eine Matrix aller geochemischen Daten geliefert.

1 Einleitung

13 Karbonathorizonte (1 aus dem obersten Muschelkalk, 5 aus dem Unterkeuper 1, 7 aus dem Unterkeuper 2, vgl. u.) wurden in einem Gebiet von ca. 6000 km², in einem ca. 40 km breiten Streifen von etwa Mellrichstadt im N bis Rothenburg-Tauber im S mit 164 Proben geochemisch untersucht. Dieses große Gebiet wurde in 9 Regionen („Profile“) unterteilt (vgl. MERTEN 2005). Die Probenahme erfolgte auf 24 Gradabteilungsblättern 1:25 000. Eine Karte der Probenpunkte sowie ein stratigraphisches Übersichtsprofil finden sich in MERTEN (2005). In dieser Arbeit waren die Daten über den säureunlöslichen Rückstand (Korngrößenverteilung, Mineralogie, Silt/Ton-Quotient) von demselben Probenmaterial niedergelegt worden.

Beprobt wurden folgende Horizonte:

Grenzdolomit	(23)	
Obere Drusengelbkalke	(18)	
Gelbkalkstein/Gelbmergelhorizont	(5)	
Hauptanthrakonitbank	(17)	ku 2
Anoplophorahorizont	(7)	
Anthrakonitbank	(20)	
Albertibank	(12)	
Zelliger Mergelkalk	(7)	
Untere Dolomitsteine	(5)	
Dolomitische Mergelschiefer	(7)	ku 1
Blaubank	(21)	
Kalksteine in den Vitriolschiefern	(4)	
Grenzglaukonitkalk	(18)	mo 3

In Klammern sind die Probenzahlen pro Horizont angegeben.

2 Methodik

Die Gesteinsproben wurden im Backenbrecher grob zerkleinert und anschließend in einer Achatmühle (Fa. Retsch) analysenfein gemahlen und im Trockenschrank getrocknet.

Die Untersuchung der Haupt- und Spurenelemente erfolgte mit der Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) und der Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA).

Für die Untersuchung der Hauptelemente mit der Atomabsorption wurde das Mehl des Gesamtgesteins mit Flusssäure/Perchlorsäure im Platintiegel aufgeschlossen. Die Elemente des in Lösung gebrachten Gesteins wurden an einem Perkin-Elmer AAS-Gerät gemessen.

Für die Messungen der Röntgenfluoreszenzanalyse wurden jeweils 10 g fein pulverisiertes Probenmaterial mit 2 g synthetischem hochreinem Wachs (HOECHST Wachs C) gut homogenisiert und zu Tabletten gepresst. Die Röntgenfluoreszenzanalyse wurde an einer SRS-1 Apparatur der Fa. Siemens bestimmt. Dabei handelt es sich um ein wellenlängendispersives Gerät mit Hochvakuumprobenkammer. Die Eichung der erforderlichen Messprogramme erfolgte mit internationalen Standards.

Mit der AAS wurden folgende Elemente bestimmt: CaO, MgO, Al₂O₃, K₂O, Na₂O, Fe₂O₃ und MnO.

Mit der RFA wurden folgende Elemente bestimmt: CaO (zur Überprüfung), SiO₂, Ba, Cr, Cu, Mn, Na, Ni, P, Pb, Rb, Sr, Ti, V, Zn und Zr.

3 Analytische Ergebnisse

3.1 Einzel- und Mittelwerte

Die Analysendaten aller Proben sind in Tab. 1 niedergelegt. Da diese Tabelle zwar notwendig, aber unübersichtlich ist, werden die Mittelwerte für jede Bank in Tab. 2 zusammengefasst. Die Mittelwerte über alles liefert Tab. 3.

Tab. 1: Einzeldaten der geochemischen Analyse (AAS und RFA)

Pr.Nr.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	P	Sr	Rb	Ba	Mn	Zn	Zr	V	Pb	Ni	Cr	Cu
1	35,1	0,499	12,29	5,4	9,1	14,1	4,17	570	69	167	165	1100	40	66	148	33	82	130	39
2	5,2	0,034	1,46	3,5	15,9	29,8	0,53	400	81	21	0	2560	0	11	16	0	13	0	15
4	6,2	0,043	1,65	3,39	21,1	24	0,55	360	98	630	60	1510	0	14	17	13	15	0	12
31	13,7	0,018	5,37	6,48	15,6	21,2	1,72	550	65	61	70	3050	13	24	57	0	22	47	18
33	9,6	0,083	3,58	4,48	18,6	22,7	1,2	470	70	48	115	2380	0	15	32	13	16	25	12
34	9,2	0,085	3,42	4,17	18,5	22,4	1,07	550	64	44	65	2340	0	13	32	0	14	19	12
38	7,8	0,105	3,39	3,34	18,4	24,4	1,11	1250	180	50	380	2480	0	21	33	13	15	34	16
39	3,7	0,027	0,89	5,36	17	28,2	0,32	390	116	19	1050	2340	0	12	15	0	9	0	0
40	3,2	0,024	0,87	5,16	14,1	32,3	0,27	1160	165	15	400	2060	0	15	14	0	23	20	0
41	7,1	0,053	1,62	4,79	16,9	26,7	0,62	550	91	18	375	2240	0	11	20	0	10	0	11
42	14,2	0,151	4,58	4,26	16,3	20,2	1,39	700	73	60	75	2190	0	19	22	0	26	46	16
43	27,2	0,323	7,47	4	11,3	17,3	2,2	1270	99	78	130	1690	19	65	93	23	45	68	23
49	9,3	0,078	2,23	4,42	12,9	29,2	0,65	710	89	27	725	2220	0	30	33	11	26	33	11
54	35,9	0,583	13,35	5,45	2,8	18,3	3,74	890	73	163	450	750	46	67	181	0	59	121	40
55	14,4	0,187	5,12	4,21	4,7	33,4	1,48	480	40	39	465	1610	10	16	66	0	22	23	0
56	23,4	0,349	8,77	5,09	2,7	29,9	2,51	540	45	110	385	990	27	28	69	0	36	87	20
57	22	0,224	5,39	3,88	3	32,9	1,5	1010	45	65	620	1350	14	61	72	0	25	57	13
58	17,2	0,21	4,63	3,87	3,4	35,8	1,41	790	52	58	775	1530	0	56	73	0	26	65	14
59	26,9	0,218	6,37	5,47	1,9	28,8	1,97	1130	68	70	680	910	13	51	72	32	38	61	18
64	9,1	0,072	2,43	3,87	20,2	22,7	0,8	690	64	32	240	1710	0	29	24	0	14	19	10
69	12,8	0,148	4,55	4,16	17,7	21,1	1,43	430	56	70	60	1970	11	18	44	11	15	39	18
78	6,2	0,064	2,06	3,97	18,1	27,8	0,59	680	152	34	345	2080	0	20	27	10	11	20	10
83	30,9	0,661	8,89	4,51	10,5	15,9	2,8	650	66	96	145	2320	35	81	160	22	66	102	33
84	12,2	0,124	3,84	3,21	18,3	23,2	0,97	650	76	43	390	1270	11	22	39	0	16	20	15
88	5,3	0,033	1,18	2,46	19,1	27,8	0,4	590	322	16	2150	1750	0	40	16	14	14	0	0
89	7,8	0,051	2,02	3,68	14,9	28,6	0,5	820	182	25	920	1940	0	20	19	0	13	0	0
90	10,1	0,094	3,55	3,02	17,8	25,1	0,89	570	85	42	145	1440	34	18	31	0	16	20	15
93	4,2	0,03	1,05	1,84	4,9	44,3	0,22	510	80	20	1520	2050	0	11	12	0	5	0	0
96	14,1	0,07	3,55	5,27	1,6	37,6	0,89	600	20	26	205	2380	0	0	29	10	60	20	0
97	5,4	0,028	0,9	1,83	6,4	43,9	0,23	410	68	11	580	1850	0	0	11	0	6	0	0
100	5,1	0,036	1,2	3,45	17,6	29	0,3	380	83	17	855	3320	0	13	18	0	6	0	0
101	9,3	0,059	1,99	3,52	9,8	32,3	0,56	490	78	29	470	2290	0	12	25	0	12	20	0
104	16,1	0,097	3,85	3,97	5,1	34,8	0,99	1050	41	40	200	2240	77	33	32	21	24	20	0
107	13,6	0,066	3,5	4,91	1,5	38,7	0,87	550	19	30	200	2410	0	0	27	0	34	20	0
115	20,9	0,193	6,63	2,57	2,3	33,8	2,41	2300	34	55	130	910	15	33	57	0	44	45	0
119	12,9	0,073	2,78	5,27	2,5	38,6	0,96	980	46	33	2530	2610	0	12	32	13	40	20	0

Tab. 1: Einzeldaten der geochemischen Analyse (AAS und RFA) - Fortsetzung

Pr.Nr.	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	K2O	P	Sr	Rb	Ba	Mn	Zn	Zr	V	Pb	Ni	Cr	Cu
121	11,5	0,062	3,05	3,93	1	41,3	0,91	400	109	31	2685	1740	49	20	35	0	40	20	0
122	4,1	0,031	1,36	1,3	0,7	48,3	0,35	310	121	18	880	640	22	16	18	0	15	0	0
124	10,1	0,064	3,15	2,54	1	41,9	0,98	410	87	31	1310	1450	27	16	32	0	22	20	0
125	7	0,056	2,42	0,8	0,8	45,2	0,79	320	155	24	690	1580	73	19	25	16	26	20	0
126	7,2	0,044	1,91	1,45	0,8	45,6	0,6	340	90	26	675	550	73	13	18	0	19	0	0
127	6,8	0,052	2,4	1,18	0,9	46,8	0,86	340	157	30	550	1150	92	19	25	17	17	24	0
128	8,2	0,334	1,19	4,37	15,7	28,9	0,42	340	141	22	6650	3130	0	15	30	11	12	0	0
130	15,6	0,181	5,4	7	3,2	31,7	1,15	720	40	44	600	4940	14	19	55	0	38	33	0
134	25,1	0,797	11,34	3,96	2,7	28,9	2,69	2370	75	101	340	550	80	167	192	20	91	150	52
136	21,8	0,36	7,65	5,34	9,6	28,3	2,07	840	68	65	225	3610	25	64	104	14	51	72	24
137	0,8	0,017	1,27	0,69	11,2	41,6	0,34	670	83	13	0	660	46	10	15	39	0	23	0
140	10,4	0,092	4,18	6,52	5,2	35,5	0,93	580	40	40	260	5200	15	0	35	0	24	20	0
141	10,8	0,093	4,05	5,62	7,9	31,7	1,2	430	36	42	205	3740	0	11	36	0	17	37	0
142	17,6	0,215	8,37	5,51	3,3	32,1	2,15	590	41	86	260	3180	29	21	78	0	30	52	17
146	14,5	0,114	5,12	6,5	4,2	31,5	1,62	500	33	54	360	4150	0	12	45	0	18	26	0
149	11,4	0,084	3,88	5,37	9,7	30,9	0,93	470	48	40	480	3340	11	10	32	0	16	24	0
150	20,2	0,152	6,8	5,22	3,9	29,3	1,78	620	39	60	560	2430	14	19	57	0	26	41	17
152	25,8	0,236	9,65	7,59	11,5	16,5	2,52	610	79	107	650	4330	35	32	93	18	74	63	20
153	11,3	0,11	4,59	4,27	4,6	36,4	1,09	490	37	43	230	1440	22	21	34	0	21	23	0
154	5,4	0,016	0,82	2,17	3,1	45,3	0,31	420	191	13	80	1470	350	15	7	0	12	0	0
155	16,1	0,083	3,73	4,23	8,8	30,2	0,78	400	134	33	180	1540	92	20	28	34	35	22	15
160	20,6	0,16	5,35	8,21	1,7	32,3	1,58	860	82	41	505	4660	12	46	43	0	25	38	16
161	12,1	0,049	2,37	10,04	1,7	35,4	0,44	1770	56	17	360	5200	15	0	18	0	25	20	0
177	19,2	0,143	6,29	5,73	6,5	28,1	1,87	850	38	56	275	3550	20	23	49	0	43	41	15
181	16,7	0,135	5,01	6,53	8,8	26,3	1,5	550	49	54	340	3840	19	14	40	0	37	31	17
182	16,6	0,191	6,39	4,52	3,1	34,2	1,99	510	27	65	240	2300	17	18	56	0	35	48	18
183	17,2	0,087	5,23	4,61	2,4	33,6	1,53	1260	23	44	545	3590	17	0	35	10	34	26	0
194	7,3	0,724	2,78	6,16	19,4	21,5	0,73	400	72	32	140	3480	14	0	26	0	24	20	0
195	8,1	0,146	10,91	4,74	3,6	31,7	4,47	480	57	62	125	170	0	15	44	10	14	22	15
197	11,3	0,1	4,44	4,54	17,3	21,7	0,97	370	56	55	130	2640	0	13	29	0	15	20	0
198	19,3	0,25	7,89	6,36	11,9	19,2	2,23	540	58	97	235	2260	16	58	67	0	28	46	18
202	5,8	0,037	1,36	2,61	11,5	35,3	0,43	580	659	17	3680	1030	17	40	24	18	30	0	0
203	9,2	0,078	3,13	3,8	12,4	29,1	0,98	870	190	41	395	2070	11	24	35	12	21	0	0
209	16,5	0,012	4,17	3,1	2,2	34,4	1,35	900	33	42	140	1430	10	16	37	0	26	26	0
210	4,8	0,029	1,4	4,33	15,6	31,9	0,49	1310	75	20	720	2550	36	0	18	0	16	0	15
211	8,4	0,054	2,13	2,67	7,3	37,8	0,7	570	101	28	115	2380	0	22	20	10	19	0	0
216	23,7	0,242	10,5	4,23	8,2	21,3	2,68	570	45	96	225	1750	31	31	85	17	52	76	27
219	10,9	0,382	7,75	2,67	3	35,7	2,47	1220	78	58	165	1240	19	113	93	22	60	80	32
220	6,9	0,081	4,26	2,85	5,8	38,6	0,98	590	48	42	120	1780	0	10	29	13	23	23	0
231	4,9	0,068	2,38	3,91	18,1	26,6	0,52	480	74	26	65	2550	0	21	33	12	17	0	0
232	8,5	0,039	1,93	4,32	18,9	25,2	0,5	510	75	25	595	2400	0	0	25	0	15	0	12
237	15,6	0,133	5,62	5,17	4,6	32,6	1,33	450	34	48	180	2700	0	18	40	0	19	26	0
239	6,3	0,012	0,54	3,46	9,4	36,5	0,19	340	111	13	2410	3150	0	10	27	0	10	0	0
240	19,1	0,753	3,1	6,3	2,9	29,7	0,97	590	37	33	270	3200	20	14	30	0	27	20	0

Tab. 1: Einzeldaten der geochemischen Analyse (AAS und RFA) - Fortsetzung

Pr.Nr.	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	K2O	P	Sr	Rb	Ba	Mn	Zn	Zr	V	Pb	Ni	Cr	Cu
241	11,9	0,111	3,63	3,56	1,6	38,6	1,17	540	26	41	210	1650	11	12	35	0	22	24	0
250	12,1	0,121	5,25	5,43	6,6	33,1	1,07	430	50	55	605	2120	0	16	37	0	23	21	0
254	15,9	0,157	6,2	6,77	2	33,2	1,42	530	26	59	535	3350	0	17	47	0	13	32	0
268	12,7	0,115	4,6	6,28	2	37,3	0,93	570	28	33	400	4770	11	17	35	0	22	25	0
270	15,9	0,168	6,11	7,73	3	31,9	1,33	540	40	54	920	4530	10	30	50	10	16	31	0
301	1,1	0,016	0,34	1,04	13,3	37,5	0,15	390	75	12	60	510	0	0	0	19	6	0	0
302	2,4	0,027	1,07	0,94	11,4	37,9	0,4	310	81	15	60	540	88	13	12	26	6	0	0
303	0,8	0,017	0,87	0,67	11,6	39,9	0,25	350	90	18	125	560	83	10	0	15	9	0	0
304	0,6	0,01	0,33	2,32	24	26,1	0,15	630	94	10	0	1920	0	0	0	22	9	0	0
305	5,9	0,036	1,1	3,83	17,6	26,9	0,4	810	729	20	5370	2080	0	10	22	11	14	0	56
309	20,1	0,231	8,68	4,91	14,2	17,4	2,63	590	59	100	120	2470	21	32	84	10	42	75	24
312	26,8	0,368	10,71	7,43	11,3	14,2	3,04	650	56	121	255	3460	37	47	109	13	56	98	24
315	12,7	0,092	3,86	5,26	2,3	36,8	1,33	1890	30	35	235	3070	0	10	30	0	35	24	0
324	12,1	0,107	4,74	4,16	2,1	37,7	1,06	610	20	42	245	2770	0	0	34	0	28	28	0
325	16,9	0,195	7	4	8,6	27,3	1,77	610	29	81	205	1650	17	22	57	0	28	34	14
326	8,2	0,066	2,37	3,24	19,3	24,7	0,57	630	46	32	200	2440	0	23	19	0	18	20	0
327	4,8	0,051	2,29	4,07	18,2	26,8	0,53	460	46	25	390	2580	0	0	17	0	10	0	15
331	5,3	0,059	2,52	3,84	15,9	28,6	0,59	545	42	27	360	2290	0	0	17	0	40	20	0
334	13,8	0,114	5,2	3,58	1,7	36,7	1,2	920	25	49	340	2430	0	14	38	0	30	32	0
340	13,1	0,107	4,09	2,77	2,4	37,3	1,01	950	31	37	135	1720	0	11	35	0	23	20	0
342	7,9	0,096	4,11	3,8	4,9	38,6	0,97	510	49	40	190	1280	0	14	35	20	52	30	0
353	13,9	0,137	6,26	7,03	11,6	23,7	1,56	610	47	58	350	3400	24	17	51	0	26	40	15
354a	4,8	0,069	2,44	1,48	1,7	46,4	0,6	390	47	32	0	1440	0	10	19	0	11	0	0
354b	10,9	0,21	5,91	2,45	3,1	36,6	1,52	530	35	87	125	790	10	25	61	0	22	39	15
355	8,9	0,069	2,78	4,41	19,8	22,6	0,71	450	47	33	220	2540	0	18	24	0	20	20	0
360	9,2	0,035	1,47	1,15	3,6	40,8	0,49	680	224	21	0	1560	0	18	13	0	17	0	0
364	4,3	0,066	2,45	2,67	6,4	40,7	0,82	520	267	28	565	1830	0	29	32	11	14	25	0
370	8	0,063	3,72	2,31	1,7	41,6	1,11	480	26	33	95	1010	0	0	24	0	17	24	0
372	11,6	0,056	2,61	4,13	1,6	39,5	0,7	420	35	25	190	2780	0	10	22	0	31	23	0
377	14,4	0,125	4,75	8,13	5,3	30,2	1,05	510	47	42	90	4040	0	19	42	0	20	26	0
380	13,5	0,156	5,66	4,84	12,4	25,4	1,4	530	45	61	685	3410	0	23	51	0	26	35	0
381	11,9	0,125	4,47	5,21	16,8	21,6	1,04	410	60	51	630	3380	0	21	40	0	18	20	18
383	6,6	0,057	2,32	1,52	1,4	45,3	0,62	370	96	28	250	1070	53	16	23	28	46	0	0
384	14,3	0,059	2,36	3,22	5,9	36,8	0,5	400	92	22	790	2220	15	31	23	0	16	0	15
388a	14,5	0,203	7,21	9,68	1,7	32,4	1,92	530	283	65	535	1990	42	41	68	0	49	44	0
388b	6,8	0,192	6,49	10,36	1,5	39,2	1,74	540	276	63	500	1910	47	41	69	0	53	39	0
393	14,6	0,273	8,46	16,42	2,6	29,8	2,03	730	64	54	525	6190	64	33	98	0	108	66	0
398	37,4	0,612	10,7	4,33	1,5	22,2	1,51	1910	98	74	335	1500	35	199	160	23	71	112	50
401	20,3	0,283	8,06	5,88	2	29,4	1,98	550	54	76	465	3400	15	31	86	0	39	63	16
411	9	0,124	5,16	6,7	1,9	38,5	1,18	390	29	49	435	3850	0	13	39	0	18	28	0
413	11,2	0,096	3,97	7,54	7,1	31,4	0,85	530	73	44	1860	3650	0	16	33	0	25	20	0
414	14,3	0,071	3,47	3,21	7,4	32,7	0,73	380	72	31	160	1230	53	22	28	14	20	30	0
415	13,7	0,165	6,35	4,36	11,9	26,2	1,62	480	83	76	165	2140	11	24	52	0	17	30	16
420	5,9	0,108	4,68	6,19	9,3	33,8	1,18	430	289	52	1730	3520	13	28	44	12	26	29	0

Tab. 1: Einzeldaten der geochemischen Analyse (AAS und RFA) - Fortsetzung

Pr.Nr.	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	K2O	P	Sr	Rb	Ba	Mn	Zn	Zr	V	Pb	Ni	Cr	Cu
420a	12,7	0,116	4,59	6,1	12,9	25,1	1,16	530	73	47	2340	2300	12	15	42	0	20	20	0
422	4,2	0,019	3,47	5,76	10,8	35,4	0,18	380	38	15	70	3060	0	0	0	0	10	0	0
424	2,8	0,016	0,67	4,74	15,1	32,8	0,08	1520	46	10	0	2890	21	0	0	0	14	0	0
426	16,5	0,137	6,1	5,64	4,1	31	1,51	530	47	55	525	3660	0	18	45	0	35	28	0
427	7,6	0,075	3,05	5,45	3,7	39,9	0,81	320	31	36	595	2990	22	0	25	0	24	20	0
431	8	0,094	2,7	4,58	6,1	38,2	0,51	380	141	26	605	2200	26	20	30	12	31	22	0
436	16,7	0,146	5,66	7,08	2,2	33,1	1,34	620	38	45	135	5390	0	17	48	0	23	27	0
439	19,3	0,132	4,24	2,92	1,6	34,3	0,64	2400	98	24	200	1940	0	44	39	0	31	52	20
440	17,1	0,129	5,55	6,39	6,9	29,4	1,32	590	95	48	975	4140	14	21	52	0	27	25	13
442a	9,3	0,065	2,8	1,54	2,1	43,6	0,66	310	170	26	0	940	114	25	23	13	10	20	0
442b	8,4	0,013	0,52	2,43	3,5	43,8	0,09	300	171	13	250	1420	78	12	99	0	10	0	0
442c	3,6	0,103	4,63	6,04	12,7	32,2	1,14	410	56	52	150	3020	0	11	34	0	10	24	18
444	12,4	0,143	5,14	4,65	10,4	38,4	1,4	450	39	59	305	2580	0	18	48	0	17	31	18
445	6,1	0,081	2,69	4,1	2,5	43,9	0,71	370	30	30	405	1300	16	0	31	0	30	20	0
448	7,7	0,071	2,24	3,34	4,3	41,5	0,65	460	33	25	265	2130	0	0	25	0	18	0	0
452	15,5	0,143	5,14	6,24	2,1	34,4	1,53	590	30	48	230	3020	13	17	51	0	31	31	10
459	15,8	0,116	4,25	4,92	2	36,6	1,25	450	26	48	295	2310	0	30	43	27	34	23	16
460	9,2	0,053	2,62	3,31	2,8	42,1	0,62	1180	93	31	60	2920	68	15	22	0	77	24	0
468	3,2	0,043	1,48	8,21	11,4	33,7	0,31	810	51	13	1670	5870	0	0	19	0	13	20	0
470	10,5	0,042	1,66	8,57	1,4	37,4	0,33	760	25	15	537	5850	0	0	15	0	13	20	0
479	15,2	0,142	5,4	5,44	1,9	35,6	1,25	890	25	38	383	3860	11	18	46	0	26	38	0
480	25,9	0,342	9,68	5,35	4,9	24,3	2,4	600	49	83	154	2230	30	43	99	13	49	70	26
480a	18,7	0,199	7,11	5,18	2,4	33,5	1,7	600	27	53	158	2830	17	25	65	0	38	34	18
482	11,6	0,157	6,33	8,25	2,8	35,8	2,16	680	28	47	384	4670	16	16	59	11	44	47	0
486	17,1	0,385	10,72	7,82	3,3	24,2	2,94	690	33	105	395	3690	34	42	121	0	51	77	21
487	16,4	0,221	6,82	6,35	3,1	32,9	1,73	580	31	61	317	2910	20	24	70	0	37	46	13
496	10,6	0,09	3,17	7,14	7	31,7	0,8	990	56	23	240	4590	25	14	28	0	28	20	0
498	18,5	0,202	5,81	7,84	2,5	31,3	1,38	880	37	40	615	2950	54	42	60	0	47	69	16
508	8,1	0,069	2,25	5,23	4,8	37,8	0,77	6030	55	25	140	2510	0	12	26	13	42	21	15
509	10,4	0,074	2,94	4,75	13,2	28,9	1,07	2980	69	33	90	2050	0	14	30	18	55	21	16
510	4,7	0,038	1,38	4,46	3,7	38,9	0,52	24870	113	17	130	1500	15	21	15	23	53	20	16
511	14,1	0,092	3,96	4,52	1,8	37,6	1,33	490	28	35	195	2810	0	23	33	21	36	22	17
513	7,5	0,102	2,91	4,14	14,5	29,3	1,06	2010	70	32	70	2190	0	19	33	18	34	25	16
514	9,3	0,12	3,71	3,88	14,1	27,7	1,38	1750	85	35	95	2280	0	26	41	0	34	28	17
516	7,6	0,08	3,54	4,45	16	27,2	1,14	1080	73	37	110	2380	0	14	29	10	20	20	17
524	9,1	0,032	1,41	4,91	1,7	43,3	0,56	3600	29	14	180	3490	22	0	13	0	16	0	0
530	6,9	0,061	2,68	5,13	7,5	35,1	0,64	500	149	25	0	2400	962	21	21	0	12	21	16
530a	11,4	0,325	7,16	8,32	3,2	33,4	1,69	860	68	43	465	5150	20	51	93	13	37	79	18
530b	1,9	0,016	1,15	2,34	1,3	49,9	0,26	2070	184	10	120	3020	18	15	0	0	18	20	0
531	21,5	0,273	7,4	4,6	3,8	29,2	1,29	1570	44	41	220	2520	33	54	81	11	50	86	20
539a	18,8	0,185	5,3	4,45	2,1	33	1,25	980	47	44	205	3410	25	24	55	0	33	33	15
539b	33,1	0,321	7,57	7,49	1,9	22,8	1,65	810	60	38	530	4420	29	54	94	0	45	92	18
541	22,2	0,259	6,1	8,71	1,9	27	1,46	690	63	44	460	5630	11	30	76	0	27	47	18
543	23,9	0,268	5,12	2,71	1,1	33,1	1,09	790	67	47	160	860	19	58	69	0	56	44	17

Tab. 1: Einzeldaten der geochemischen Analyse (AAS und RFA) - Fortsetzung

Pr.Nr.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	P	Sr	Rb	Ba	Mn	Zn	Zr	V	Pb	Ni	Cr	Cu
545	13,5	0,109	4,39	4,99	13,9	23,2	1,16	1860	98	34	130	3590	11	26	40	0	40	31	17
547	16,7	0,107	5,31	5,03	7,3	28,4	1,44	1300	44	47	115	2810	16	14	40	0	30	32	17
548	2,1	0,018	0,94	2,31	1,6	49,7	0,28	6520	171	15	0	1680	34	14	0	12	26	20	0
549	2,6	0,011	0,44	1,55	1	50,8	0,18	2410	115	11	0	1540	0	10	0	0	15	0	0
552	10,3	0,077	2,49	4,79	1,7	40,1	0,8	2290	26	25	250	3440	31	10	26	0	31	21	0
Mittel	12,3	0,139	4,29	4,67	7,6	32,4	1,16	959	83	47	494	2514	24	23	43	6	28	30	8

Tab. 2: Durchschnittswerte der geochemischen Analyse, gemittelt nach Einzelbänken

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P	Sr	Rb	Ba	Mn	Zn	Zr	V	Pb	Ni	Cr	Cu
Grenzdolom	6,57	0,048	2,09	2,68	38,97	7,13	0,6	424	155	25	838	1580	39	15	24	11	17	11	4
ObDrusgelb	10,84	0,14	4,64	5,59	31,99	8,57	1,19	533	121	49	964	2983	11	21	44	3	25	25	4
GelbKkGMg	15,32	0,153	5,87	5,43	23,28	13,02	1,5	492	55	67	293	2642	15	28	49	4	32	34	8
Hauptanthra	10,04	0,141	3,86	4,55	30,7	10,15	1,13	628	74	41	378	2315	9	18	35	3	19	23	7
Anoplophora	15,61	0,166	4,7	6,39	29,16	7,37	1	947	69	41	610	3326	12	41	50	3	28	36	14
Anthrakonit	14,62	0,216	4,83	4,36	30,65	8,23	1,26	751	68	50	360	2175	38	30	53	5	29	41	12
Albertibank	14,29	0,127	4,4	4,78	31,19	7,97	1,16	643	71	49	653	2185	9	28	48	6	26	33	9
zellMergkk	15,9	0,188	5,78	5,25	30,99	5,31	1,46	774	56	53	346	2860	14	27	60	0	35	36	12
untDolomitst	16,94	0,181	6,07	7,09	32,76	2,28	1,64	636	37	47	273	4308	11	21	60	2	33	37	9
dolomMerg	16,61	0,181	5,28	7,22	28,44	7,13	1,24	696	56	41	373	3864	21	25	60	4	40	40	10
Blaubank	13,23	0,128	4,79	4,58	34,18	4,99	1,3	749	43	45	451	2606	12	19	43	7	34	35	8
Vitriolschief	16,55	0,149	6,07	4,25	29,88	6,2	1,68	828	38	61	218	2543	10	20	52	3	35	43	10
Grenzglaukk	9,75	0,113	3,2	4,38	36,27	6,1	0,99	3471	82	31	133	2642	68	21	34	8	35	28	11
gewogMittel	13,56	0,149	4,74	5,12	31,42	7,27	1,24	890	71	46	453	2771	21	24	47	5	30	32	9
GesamtMitt	12,34	0,139	4,29	4,67	32,38	7,6	1,16	959	83	47	494	2514	24	23	43	6	28	30	8

Tab. 3: Mittelwerte aller geochemischen Analysen, flankiert von Minimal- und Maximalwerten

	Minimum	Mittelwert	Maximum
SiO ₂	0,6	12,34	37,4
TiO ₂	0,01	0,139	0,797
Al ₂ O ₃	0,34	4,29	13,35
Fe ₂ O ₃	0,67	4,67	16,42
MgO	0,8	7,6	21,1
CaO	14,1	32,43	49,9
K ₂ O	0,08	1,16	4,47
P	310	959	24870
Sr	19	83	729
Rb	10	47	630
Ba	0	494	6650
Mn	170	2514	6190
Zn	0	24	962
Zr	0	23	199
V	0	43	192
Pb	0	6	39
Ni	0	28	108
Cr	0	30	150
Cu	0	8	56

3.2 Konsequenzen für die Nomenklatur

3.2.1 „Kalke“

Seit alters – und bislang unwidersprochen – werden die den Mergeln und Tonen des Unteren Keupers zwischengeschalteten Karbonatbänke als „Kalke“ (bzw. Dolomite) bezeichnet. Jedoch ergibt sich aus Tab. 2, dass die Nichtkarbonatgehalte zwischen 11,9 % und 31,7 % liegen, mit einem Mittelwert von 24,7 %. Übliche Nomenklaturen begrenzen das Feld der „Kalke“ bei

10 % Nichtkarbonatgehalt. Einzig der Grenzdolomit mit dem Minimalwert von 11,9 % käme noch in die Nähe dieser Grenze (abgesehen davon, dass er ein „Dolomit“ sein soll – s.u.). Das Feld der anderen Kalkbänke beginnt bei 18,3 % (Grenzglaukonitkalk) bzw. 19,6 % (Hauptanthrakonitbank); alle anderen sind noch deutlich unreiner. Strenggenommen wären also alle Karbonatbänke des Unterkeupers keine Kalke mehr. Was sie sonst wären, ist nicht so leicht festzulegen, denn die verschiedenen Nomenklaturen lassen hier Einheitlichkeit vermissen – „mergelige Kalke“ oder „Mergelkalke“ kämen in Frage. Bänke mit Werten über 30 % würden womöglich zu „Kalkmergeln“ oder „Mergeln“. Jedenfalls würde der zusammengehörige Komplex der Unterkeuper-Karbonatbänke nomenklatorisch zerrissen. Es wäre eine müßige Haarspalterei, den Karbonatbänken des Unterkeupers jetzt „korrekte“ Einstufungen anhängen zu wollen. Man darf es durchaus dabei belassen, sie als „Kalkbänke“ anzusprechen. Es kann an SEIBOLD (1952) erinnert werden, welcher formulierte, daß ein Kalk durch seine liegende und hangende Nachbarschaft definiert würde – in diesem Sinne sind und bleiben die Karbonatbänke des Unterkeupers Kalke. – Es muss lediglich an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass diese nomenklatorischen Schwierigkeiten existieren.

3.2.2 „Dolomite“

Tab. 2 lässt noch eine weitere nomenklatorische Schwäche deutlich werden.

3 der untersuchten Bänke führen „Dolomit“ im Namen (Grenzdolomit, untere Dolomitsteine, dolomitische Mergelschiefer). Laut Tab. 2 liegen diese 3 Bänke mit ihrem MgO-Gehalt aber noch unter dem Mittelwert von 7,6 %, die „Unteren Dolomitsteine“ weisen mit ihren 2,3 % MgO sogar den Minimalwert auf. Umgekehrt treten die Maximalwerte von MgO-Gehalten in den „Gelbkalken/Gelbmergeln“ (13,0 %) bzw. der Hauptanthrakonitbank (10,2 %) auf, welche nicht als Dolomite beschrieben wurden.

Der Schlüssel für dieses sonderbare Phänomen ist in Dünnschliffen zu finden (über welche an anderer Stelle berichtet werden soll). In den Schliffen ist ausgedehnte Dedolomitisierung und Recalcitisierung des ursprünglich vorhandenen Dolomits zu beobachten. Die heute vorzufindenden relativ hohen MgO-Gehalte sind demnach nicht als stärkere Dolomitisierung zu deuten, sondern umgekehrt als ausgebliebene, sonst allgemein übliche, Recalcitisierung zu verstehen.

3.2.3 „Schiefer“

Einer der untersuchten Horizonte ist als „Dolomitische Mergelschiefer“ in die Literatur eingegangen. Würde man bei dieser Namensgebung ein besonders nichtkarbonatreiches Gestein vermuten, so wäre man erneut nomenklatorisch in die Irre geleitet. Dieser Horizont

ist ausweislich von Tab. 2 zwar hoch in den Nichtkarbonaten (30,4 %), aber die „Unteren Dolomitsteine“ übertreffen sie mit 31,7 % noch, ohne etwa auch „Schiefer“ zu heißen.

3.2.4 Fazit des Abschnitts 3.2

Sämtliche Benennungen der Unterkeuper-Karbonathorizonte sind als historische Begriffe aufzufassen. Einer kritischen Betrachtung würden weder die „Kalke“, noch die „Dolomite“ oder die „Schiefer“ standhalten.

3.3 Allgemeine geochemische Besonderheiten der Karbonatbänke

a) Die Werte für Fe_2O_3 liegen meist höher als die für Al_2O_3 . Dies gilt nicht nur für die Mittelwerte, sondern auch für rund 60 % der Einzelwerte, sowie für 8 der 13 untersuchten Horizonte. Dies ist ein sonst in Karbonatgesteinen nicht beobachtetes Phänomen.

Eine Erklärung hierfür könnte sein: Fe_2O_3 bewegt sich gleichbleibend auf relativ hohem Niveau. Bei den „reineren“ Karbonathorizonten sinkt daher das Al_2O_3 unter das Fe_2O_3 -Niveau. Nur bei den sehr unreinen Karbonaten übersteigt das – ausschließlich an den klastischen Tonmineral-Eintrag gebundene – Al_2O_3 wieder, wie sonst immer üblich, die Fe_2O_3 -Werte. In Abb. 1 wird der SiO_2 -Gehalt als Maß für die „Reinheit“ der Karbonathorizonte benutzt. Abb. 1 zeigt, dass die kritische Grenze bei ca. 15 % SiO_2 -Gehalt liegt: darüber sind die Verhältnisse meist „normal“ (= $\text{Al} > \text{Fe}$), darunter anomal (= $\text{Al} < \text{Fe}$), wobei Ausnahmen durchaus vorkommen.

Das Fe_2O_3 erreicht in den „Dolomitischen Mergelschiefen“ und den „Unteren Dolomitsteinen“ seine Spitzenwerte von über 7 %.

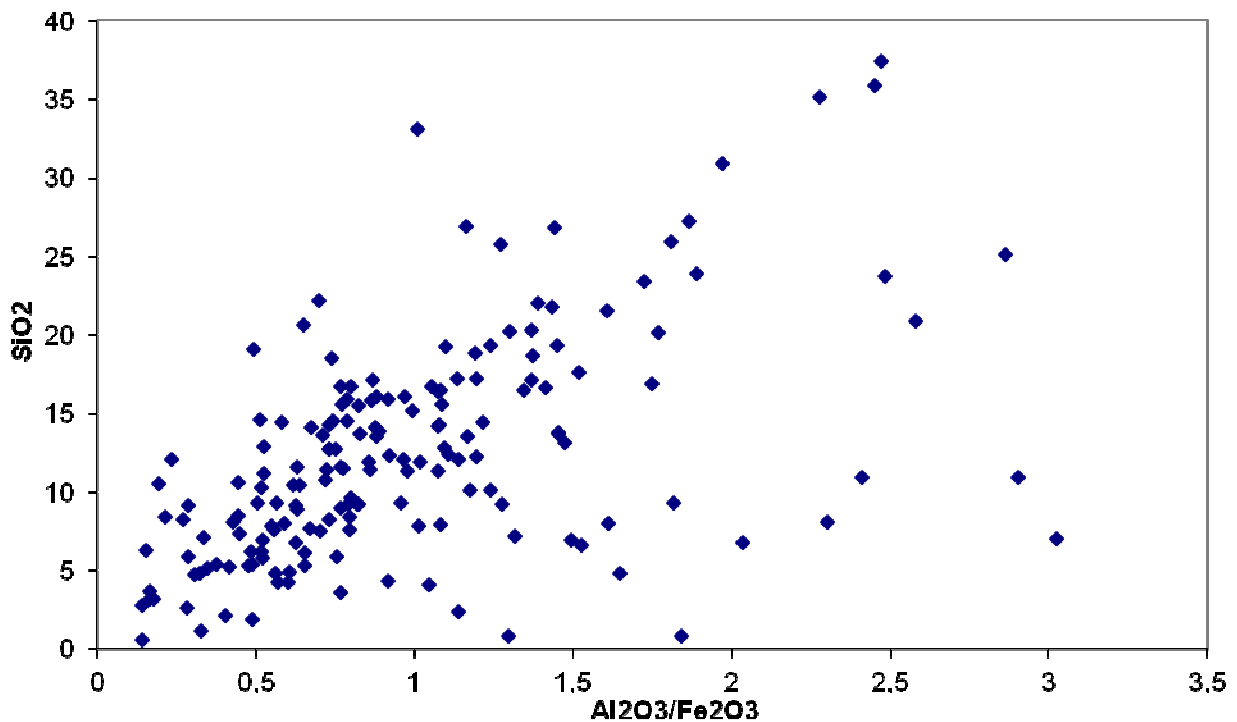


Abb. 1: Das $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Verhältnis steigt zwar mit zunehmenden SiO_2 -Gehalten an. Jedoch überwiegen Werte unter 1, d.h. es ist mehr Eisen als Aluminium vorhanden, was höchst ungewöhnlich ist. Erst ab ca. 15 % SiO_2 werden die Verhältnisse wieder „normal“, d.h. Aluminium überwiegt das Eisen (Abszissenwerte über 1).

b) Die Gehalte an Barium liegen mit 494 ppm als Mittelwert signifikant hoch. WEDEPOHL et al. (1969-1978) geben weltweit Mittelwerte zwischen 36 und 220 ppm an, nur ein Mittelwert aus den USA liegt mit 620 ppm höher als hier. Auch die Streubreiten werden nach oben weltweit nur in zwei von WEDEPOHL et al. (1969-1978) zusammengestellten 11 Fällen überschritten. Es ist außerdem zweckmäßig, die Bariumwerte auf die Strontium-Gehalte zu beziehen: Ba liegt um den Faktor 5 höher als Sr. Das kommt so gut wie nirgends vor. In ca. 25 von der Arbeitsgruppe Bausch geochemisch genauer untersuchten Profilen überwiegt nur ein einziges Mal das Barium das Strontium, und zwar im Beispiel vom Oberjura von Longing Gap (Antarktische Halbinsel, GAAL et al. 2002). Hier liegt jedoch eine marine, anoxisch entstandene Schichtfolge mit konkretionärer Kalkbildung vor, somit ein im Vergleich zum Unterkeuper völlig anderes Milieu. Außerdem tritt dort nur ein relativ geringer Ba-Überschuss über Sr auf. – Die Spitzenwerte für Barium finden sich in den beiden hangendsten Bänken (Oberer Drusengelbkalk und Grenzdolomit).

In Dünnschliffen finden sich gelegentlich größere Nester von gut identifizierbarem Baryt. Wie schon oben erwähnt, soll über die Dünnschliffbefunde an anderer Stelle berichtet werden.

c) Das Mangan ist mit durchschnittlich 2500 ppm ungewöhnlich reich vertreten. Der Spitzenwert tritt in den „Unteren Dolomitsteinen“ auf.

d) Die Phosphorgehalte liegen allgemein recht hoch. Der Spitzenwert findet sich im Liegenden (Mittelwert des Grenzglaukonitkalks: 3471 ppm). Lokale Maxima werden sicherlich durch – zufällig bei der Analyse erfasste – Knochenreste verursacht. Über Knochenreste in den nichtkarbonatischen Rückständen der Unterkeuper-Karbonatbänke berichtete schon MERTEN 2005.

e) Die Strontium-Gehalte sind dagegen ungewöhnlich niedrig. Kalke mit so hohen Nichtkarbonatgehalten, wie sie hier vorliegen, müssten nach BAUSCH (1968) Sr-Gehalte über 500 ppm aufweisen. Der hingegen angetroffene Mittelwert von 83 ppm bedarf der Deutung. Wie bereits oben bei der Diskussion der „Dolomite“ angeführt, hat nach Dünnschliffbefunden sowohl zuerst eine umfangreiche Dolomitisierung stattgefunden, wie anschließend eine fast vollständige Recalcitisierung. Beide Prozesse sind mit drastischer Strontium-Abfuhr verbunden, was die vorgefundenen extrem niedrigen Sr-Gehalte erklären kann. Auch der Spitzenwert von 729 ppm Sr findet so seine Deutung: dieser Wert könnte den ursprünglichen Gehalten entsprechen, und von einer Probe stammen, die weder die Dolomitisierung noch die Recalcitisierung erleiden musste.

f) Weitere Spurenelemente

Das Zink hat seinen Spitzenwert (wie der Phosphor) im Grenzglaukonitkalk. – Blei zeigt hingegen einen Spitzenwert im Grenzdolomit. – Zirkonium und Vanadium sind mit relativ mittelhohen Werten vertreten; beide sind aber unauffällig. Zr tritt maximal im Anoplophorahorizont auf, V in den 3 übereinanderliegenden Horizonten Blaubank, dolomitische Mergelschiefer und Untere Dolomitsteine. – Ni, Cr und Cu sind unauffällig.

3.4 Individuelle Eigenschaften der Karbonatbänke

Zunächst seien die Bänke nach ihren SiO_2 -Gehalten gereiht (das entspricht im wesentlichen ebenso einer Reihung nach Al_2O_3 oder nach Nichtkarbonaten). Es ergibt sich die folgende Anordnung:

Grenzdolomit	
Grenzglaukonitkalk	
Hauptanthrakonitbank	
Obere Drusengelbkalke	
Blaubank	
	Mittelwert
Albertibank	
Anthrakonitbank	
Gelbkalk/Gelbmergel	
Anoplophorahorizont	
Zelliger Mergelkalk	
Kalke im Vitriolschiefer	
Dolomitische Mergelschiefer	
Untere Dolomitsteine	

Man kann zusammenfassen: es gibt vier reinere Bänke mit SiO_2 -Gehalten von 6,6 bis 10,8 % (bzw. 11,9 bis 22,3 % Nichtkarbonaten). Die Hauptmasse der Bänke (9 Schichten) liegt zwischen 13 und 17 % SiO_2 (bzw. 24 bis 32 % Nichtkarbonaten); sie liegen (mit Ausnahme der Blaubank) alle unter dem Mittelwert (13 % SiO_2 bzw. 25 % Nichtkarbonat). – Die Angehörigen der ersteren Gruppe werden im Folgenden jeweils „karbonatische Bank“, die der letzteren „klastische Bank“ genannt.

Die Eigenschaften der Bänke lassen sich wie folgt beschreiben (Reihung jetzt in stratigraphischer Abfolge!):

G r e n z d o l o m i t

Karbonatische Bank; „sauberste“ Bank. 8 (von 23) Proben sind halbe Dolomite; eine davon sogar mehr als das. Barium liegt deutlich über dem Durchschnitt. Im Probensatz gibt es 4 Barium-Maxima; 2 davon fallen mit Dolomit-Maxima zusammen. Die Gehalte an Sr, Zn und Pb sind überdurchschnittlich, alle klastischen Elemente unterdurchschnittlich.

O b e r e D r u s e n g e l b k a l k e

Karbonatische Bank. 9 (von 18) Proben sind stark dolomitisch, eine fast völlig. Es erscheinen 3 Barium-Maxima (eines davon ist die absolute Spitze aller gemessenen Proben), wovon 2 mit Dolomit-Maxima zusammenfallen (auch die absolute Spitze).

G e l b k a l k / G e l b m e r g e l

Klastische Bank. 4 von 5 Proben sind mindestens halb dolomitisch. Barium liegt unter dem Durchschnitt. Dagegen sind Mn, Zr, Ni und Cr überdurchschnittlich vertreten, wie (natürlich) auch alle klastischen Elemente.

Hauptanthrakonitbank

Karbonatische Bank. Hauptvariable ist hier das Magnesium: 8 von 17 Proben sind dolomitisch; 2 fast vollständig, 5 zur Hälfte. Ein Ba-Maximum erscheint, im Dolomit. An dieser Bank wird besonders augenfällig, dass hohe Mg-Werte auf ausgebliebene Recalcitisierung zurückzuführen ist. Wegen der starken Präsenz des Dolomits sind alle klastischen und alle Spurenelemente nur unter Durchschnitt vorhanden.

Anoplophorahorizont

Klastische Bank. Nur 2 (von 7) Proben sind dolomitisch; eine halb, die andere stark. Die eine auftretende Ba-Spitze ist nicht mit Dolomit verknüpft. Mn, Zr, V, Cr und Cu sind überdurchschnittlich vertreten.

Anthrakonitbank

Klastische Bank. 6 (von 20) Proben sind sehr stark dolomitisch. In den Barium-Werten tritt eine Spitze auf, die aber nicht mit Dolomit zusammenfällt. Dafür sind aber 2 von 3 Ba-Minima mit Dolomit verbunden. – Zn, Zr, V, Cr und Cu liegen über dem Durchschnitt.

Albertibank

Klastische Bank. 3 (von 12) Proben sind wesentlich dolomitisch, 2 davon fast vollständig. Ein Ba-Maximum, welches aber wieder nicht mit Dolomit zusammenfällt, dafür aber ein Ba-Minimum. – Zr und Cr sind überdurchschnittlich vertreten.

Zelliger Mergelkalk

Klastische Bank. Nur 1 (von 7) Proben ist ein halber Dolomit. – Barium ist wechselnd vertreten, insgesamt unter Durchschnitt.

Untere Dolomitsteine

Klastische Bank. Die Mg-Gehalte sind, sonderbarerweise trotz des Namens, besonders niedrig. Unter 5 Proben befindet sich keine stärker dolomitierte. – Barium befindet sich unter dem Durchschnitt, dagegen liegen Mn, V, Pb, Ni, Cr und Cu darüber.

Dolomitische Mergelschiefer

Klastische Bank. 2 (von 7) Proben sind fast vollständige Dolomite. Barium verhält sich durchschnittlich; von zwei Minima fällt eines mit Dolomit zusammen. – V, Ni, Cr und Cu liegen über dem Durchschnitt.

Blaubank

Karbonatische Bank, allerdings die unreinste dieser Gruppe. Nur 3 (von 21) Proben sind halbe Dolomite. Es treten 2 Barium-Spitzen auf, von welchen eine mit Dolomit zusammenfällt. – Pb, Ni und Cr liegen über dem Durchschnitt.

Kalke im Vitriolschiefer

Klastische Bank, aber mit Fe-Unterschuss. 1 Probe (von 4) ist ein halber Dolomit. Barium liegt unter dem Durchschnitt, Ni, Cr und Cu jedoch über demselben.

Grenzglaukonitkalk

Karbonatbank. 4 (von 18) Proben sind halbe Dolomite. Barium liegt unter dem Durchschnitt; 3 Proben weisen den Wert 0 ppm auf. Die Bank besitzt die Spitzenwerte für Phosphor und Zink; auch Pb, Ni und Cu liegen über dem Durchschnitt.

3.5 Variationsbreiten innerhalb der Karbonatbänke

Aus dem Abschnitt 3.4 ging klar hervor, dass die Verteilung von Dolomit außerordentlich unregelmäßig ist. Das ist aber – nach vielfältigen Literaturangaben – nichts Ungewöhnliches in Kalksteinen.

In den Karbonatbänken des Unterkeupers zeigt sich aber auch, dass die hohen Bariumgehalte, ein Charakteristikum unserer Schichtenfolge, sehr unregelmäßig verteilt sind. Manchmal könnte man meinen, sie seien mit Spitzenwerten von Dolomit verknüpft, aber auch genau das Gegenteil ist häufiger der Fall.

Sehr bemerkenswert ist schließlich die enorme Variabilität der klastischen Hauptelemente innerhalb der einzelnen Bänke. So schwankt beispielsweise das SiO₂ in der Blaubank zwischen 3,2 % und 35,1 %, das Al₂O₃ von 1,4 % bis 12,29 %, also jeweils etwa um den Faktor 10. Die Beispiele ließen sich für andere Elemente und andere Bänke fortsetzen. – Eine derartige Streubreite der Zusammensetzungen innerhalb einer Bank wird in anderen, normal-vollmarinen Kalken niemals beobachtet (wobei man bei der Probenahme Kieselknollen oder Pyritnester selbstverständlich auszuschließen hat). – Eine Konsequenz dieser ungewöhnlichen Variabilität wäre die Notwendigkeit hoher Probenzahlen. Dem stehen allerdings die schlechten Aufschlussverhältnisse (MERTEN 2005) entgegen.

3.6 Regionale Trends

In MERTEN 2005 ist die regionale Aufgliederung in 5 Regionen bzw. durch teilweise Untergliederung in 9 Teilregionen dargestellt. Tab. 4 gibt die Mittelwerte für die einzelnen Regionen.

Tab. 4: Mittelwerte der geochemischen Analysen, aufgeschlüsselt nach den regionalen „Provinzen“ (MERTEN 2005)

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P	Sr	Rb	Ba	Mn	Zn	Zr	V	Pb	Ni	Cr	Cu
la	11,08	0,092	3,52	5,54	34,43	6,36	0,82	573	68	35	585	3623	17	15	33	3	28	20	4
lb	15,66	0,192	5,75	6,68	30,88	5,38	1,28	706	98	49	611	3089	22	36	59	3	37	40	8
II	11,08	0,175	4,98	5,13	34	6,58	1,27	638	72	45	313	2704	21	22	47	4	21	31	7
IIIa	13,15	0,095	4,02	5,08	34,03	5,73	1,04	1478	91	38	274	2836	51	19	33	5	29	26	9
IIIb	13,47	0,165	5,03	4,48	34,38	4,68	1,35	739	60	47	621	2742	25	24	51	4	31	37	8
IIIc	11,28	0,133	3,81	3,61	29,28	11,79	1	784	79	41	448	2042	10	21	39	4	27	25	7
IIId	10,63	0,11	3,24	3,97	35,03	6,9	0,96	856	84	33	588	2300	44	19	32	8	26	19	7
IV	8,75	0,083	3,13	3,42	31,26	11,76	0,87	512	124	35	501	2001	13	15	30	9	19	17	8
V	14,52	0,163	4,61	4,49	25,6	12,74	1,42	708	84	85	347	1866	9	30	53	7	26	42	15
Mittel	12,18	0,13	4,23	4,71	32,10	7,99	1,11	777	84	45	476	2578	24	22	42	5	27	29	8

Gemessen am Durchschnitt, sind die Regionen Ib, II, IIIb und V „klastisch“, d.h. ihre Werte für SiO₂, TiO₂, Al₂O₃ und K₂O liegen über den Mittelwerten (Ausnahme: SiO₂ von II). Die anderen Regionen, d.h. Ia, IIIa, IIIc, IIId und IV, sind eher „karbonatisch“ (Definitionen siehe Abschnitt 3.4).

Nur in 3 der 9 Regionen (IIIb, IIIc und V) ist das Al/Fe-Verhältnis „normal“, d.h. Al > Fe. In allen übrigen ist, wie schon in Abschnitt 3.3 beschrieben, ungewöhnlicherweise Fe > Al. Das Fe₂O₃ erscheint in den Regionen Ia, Ib, II und IIIa überdurchschnittlich häufig; in allen anderen Regionen liegt es unter Durchschnitt

MgO ist in 3 Regionen überdurchschnittlich präsent: IIIc, IV und V sind halb dolomitisch (bzw. deutlich weniger recalcitisiert).

Es sind zwei deutliche Trends zu beobachten: das Mangan ist in Ia am höchsten, nimmt kontinuierlich ab und erreicht in V sein Minimum. Die Grenze liegt zwischen IIIb (noch über dem Durchschnitt) und IIIc (schon unter dem Durchschnitt). Das ist ein klarer N-S-Trend. Der zweite Trend ist analog, läuft aber umgekehrt, und betrifft das Blei: es liegt mit minimalen Werten in der Region I, mit maximalen in der Region V vor.

Der Phosphor kommt maximal in IIIa vor, ist aber auch in IIIc und IIId über dem Durchschnitt. Seine Werte sind also mehr im Zentrum des Gebiets am höchsten.

Chrom und Vanadium halten sich strikt an die „klastischen“ Regionen.

Barium ist in seiner regionalen Verteilung eher unauffällig (überdurchschnittlich in Ia, Ib, IIIb, IIIc und IV).

Diese regionale Betrachtung ist anzweifelbar und eventuell verzerrt, weil die Aufschlussverhältnisse keine statistisch-gleichmäßige Probenahme zuließen. Z.B. sind Grenzdolomit und Obere Drusengelbkalke in den Regionen I und II gut beprobt, in den Regionen IIIa und V dagegen gar nicht. Umgekehrt sind die Blaubank und der Grenzglaukonitkalk in den Regionen IIIc und IV sehr gut vertreten, in den anderen Regionen aber deutlich weniger. Es gibt keine Bank, deren Beprobung in allen Regionen durchgehend möglich gewesen wäre.

Trotzdem wurde mit der Blaubank der Versuch unternommen, sie als Einzelbank durch zu verfolgen. Die Ergebnisse liegen als Tab. 5 vor. Wie im Vergleich zu Tab. 4 ersichtlich, sind die Resultate ähnlich, aber nicht deckungsgleich. Wiederum an den Durchschnittswerten orientiert, sind die Regionen II, IIIb und V klastisch. Die Regionen I und V weisen die höchsten Mg-Gehalte auf, Phosphor ist hingegen in II maximal. – Der oben beschriebene Trend für Mangan findet sich zwar wieder, ist aber weniger deutlich ausgeprägt. – Barium erreicht in I (abgeschwächt in IIIc) Spitzenwerte. – In der Region II sind Zn, Zr, V, Ni, Cr und Cu überdurchschnittlich; auch in der Region V liegen einige Spurenelemente über dem Durchschnitt.

Tab. 5: Mittelwerte der „Blaubank“, aufgeschlüsselt nach regionalen Provinzen

Profil	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Sr	Rb	Ba	Mn	Zn	Zr	V	Pb	Ni	Cr	Cu
I	3,2	0,043	1,48	8,21	33,7	11,4	0,31	810	51	13	1670	5870	0	0	19	0	13	20	0
II	21,5	0,237	7,4	4,6	29,2	3,8	1,29	1570	44	41	220	2520	33	54	81	11	50	86	20
IIIb	15,56	0,132	5,35	5,05	33,48	3,66	1,47	764	29	47	351	3272	13	10	42	2	32	34	7
IIIc	7,9	0,096	4,11	3,8	38,6	4,9	0,97	510	49	40	190	1280	0	14	35	20	52	30	0
IIIc	12,61	0,117	4,53	3,88	34,84	5,34	1,31	793	52	44	501	2051	11	26	43	11	34	30	10
IV	12,02	0,115	4,67	4,24	35,64	4,63	1,25	689	43	44	347	2201	8	16	40	11	39	31	6
V	17,58	0,21	5,49	4,11	21,08	14,74	1,77	660	84	191	86	1810	12	35	59	14	36	49	21
Mittel	12,91	0,141	4,72	4,84	32,36	6,92	1,196	828	50	60	481	2715	11	22	46	10	37	40	9

Also ist doch, bei allen Vorbehalten, der regionale Gesamtvergleich (Tab. 3, siehe oben) vorzuziehen, und ein fortgesetzter Versuch, Einzelbänke regional zu verfolgen, abzubrechen.

3.7 Zweistoffsysteme

Es ist möglich, aus den 19 gemessenen Elementen 171 Zweistoffsysteme zu konstruieren. Es ist jedoch unmöglich, sie alle hier abzubilden.

Der Umstand, dass ganze Gruppen von Diagrammen einander sehr ähneln, ermöglicht eine Zusammenfassung zu Diagramm-Typen, die hier vorgestellt und abgebildet werden sollen.

Typ 1 stellt die glatte Korrelationsgerade dar. Als Beispiel diene Abb.2 mit dem Diagramm SiO_2 gegen Al_2O_3 . Auffallend ist die sehr starke Streuung, welche aber verständlich ist, da 13 stratigraphisch individuelle Karbonatbänke über große regionale Distanzen hinweg zusammengefasst wurden (diese Prämisse gilt auch für die folgenden Abbildungen, bis einschließlich Abb. 12). Zu diesem Typ gehören die Paarungen (in gekürzter, nichtoxidischer Schreibweise): Si/Ti, Si/K, Si/Rb, Si/Zr, Si/V und Si/Ni, also durchweg Zweistoffdiagramme mit SiO_2 .

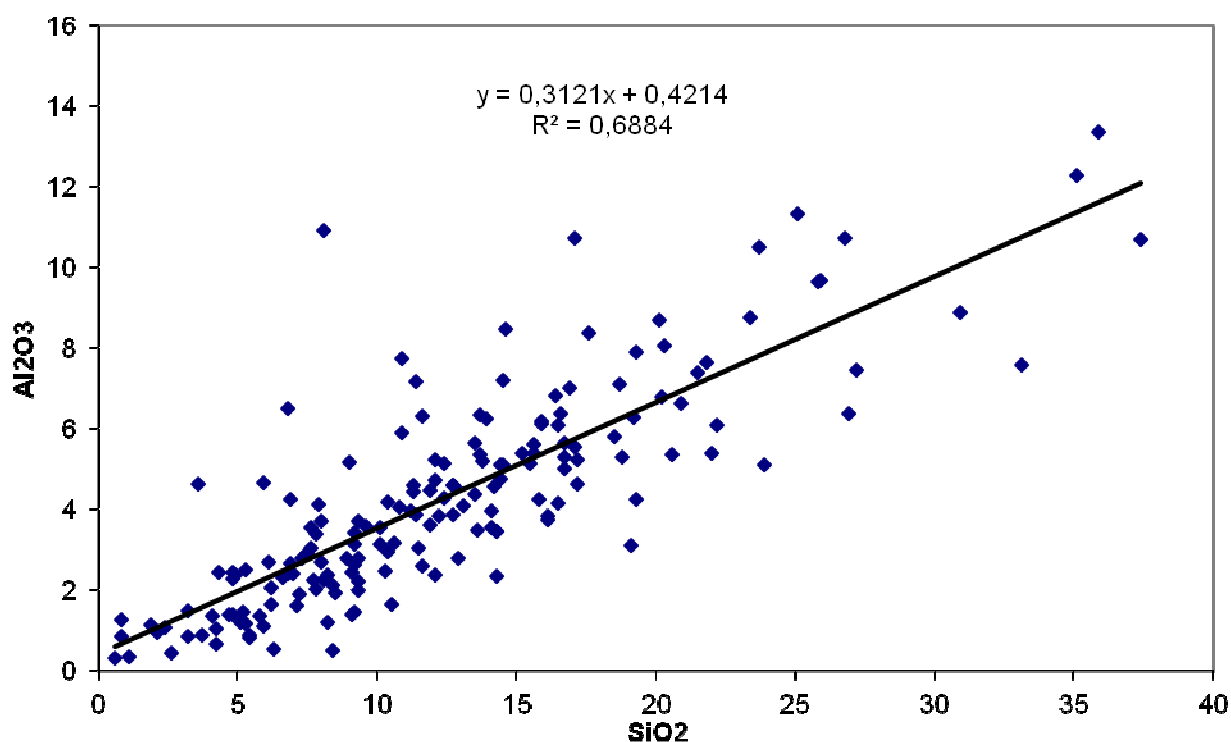


Abb. 2: Einfache Korrelation zwischen SiO_2 und Al_2O_3 . Die Streuung ist allerdings beträchtlich (etwa im Vergleich zu Malm-Profilen).

Abb. 3 zeigt den Typ 2 mit dem Diagramm TiO_2 gegen MgO . Erkennbar ist tief unten, nahe der Abszisse, eine flach liegende Korrelationsgerade, und darüber eine diffuse Wolke, welche nach rechts ausdünnt. Damit lassen sich zwei Bindungsarten des Magnesiums herausfiltern: die Wolke (mit relativ hohen MgO -Gehalten) stellt die Dolomit-Anteile dar. Die flache Korrelationsgerade (mit geringen MgO -Gehalten) symbolisiert die silikatische Bindung, also das in Tonmineralen vorhandene Magnesium. – Bei diesem Diagramm (und allen folgenden Abbildungen, mit Ausnahme Abb.8) wäre es unsinnig, eine „Korrelationsgerade“ einzuzichnen und die dazugehörige Gleichung wiederzugeben. - Zu diesem Typ gehören auch die Diagramme Si/Mg , Al/Mg , Fe/Mg , Mg/K , Mg/V , Mg/Ni und Mg/Cr , also sämtlich Diagramme mit Beteiligung von Mg .

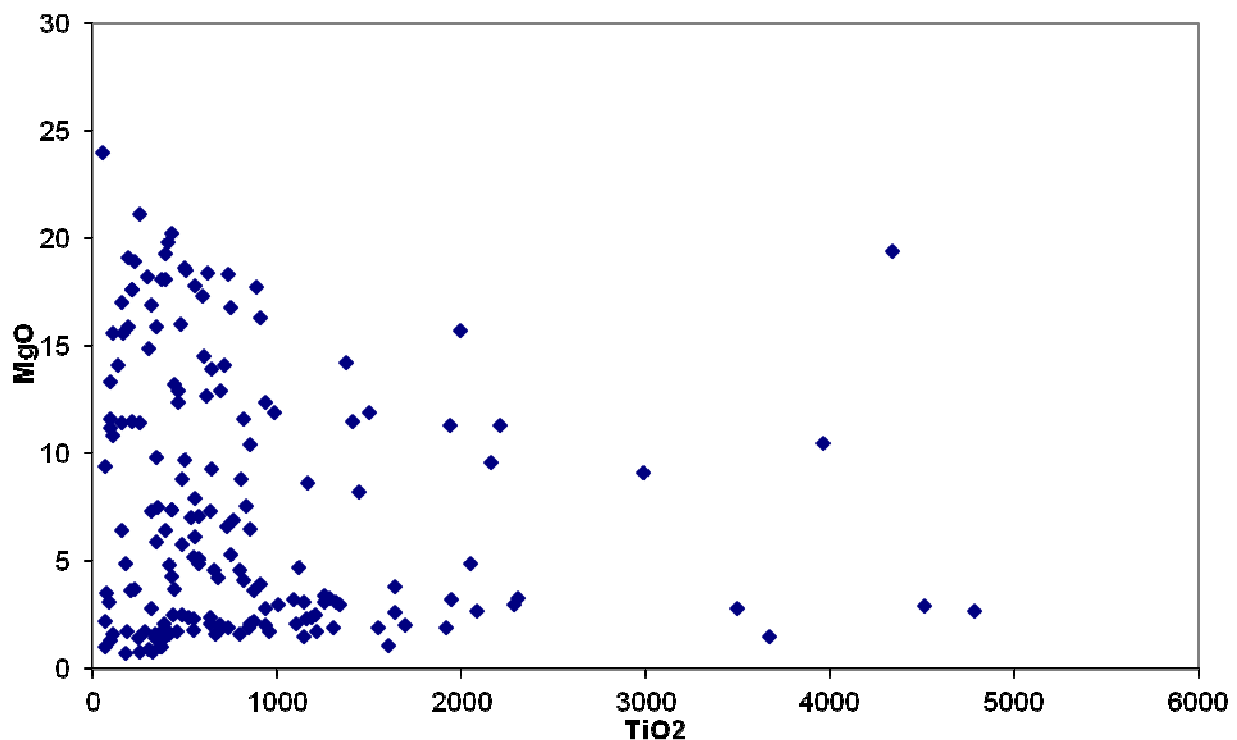


Abb. 3: Diagramm TiO_2 gegen MgO . Erkennbar ist eine sehr flache Korrelationsgerade, die durch das an Tonminerale gebundene MgO verursacht sein dürfte. Darüber liegt eine Wolke mit höheren MgO -Werten, welche durch Dolomitisierung (bzw. deren Reste nach Recalcitisierung) entstanden ist.

Typ 3 ist meist mit Phosphor verbunden, und wird hier in Abb. 4 mit der Paarung Fe_2O_3 gegen P_2O_5 illustriert. Wieder (wie in Abb. 3) zeichnet sich eine flach liegende Korrelationsgerade ab. Diese kann aber nicht durch eine silikatische Bindung des Phosphors verursacht sein, sondern bildet den klastisch eingetragenen Apatit-Anteil ab. – Darüber erhebt sich (wiederum) eine diffuse Wolke, welche aber nicht so breit und kompakt ausfällt wie in Abb. 3. Warum sie überwiegend zwischen 2 und 4 % Fe_2O_3 angesiedelt ist, kann nicht ohne weiteres erklärt werden. – Die Diagramme Si/P , Ti/P , Al/P , Fe/P , P/Rb , P/Ba , P/Mn , P/V und P/Ni weisen eine anloge Struktur auf, also sämtliche Diagramme mit Phosphor.

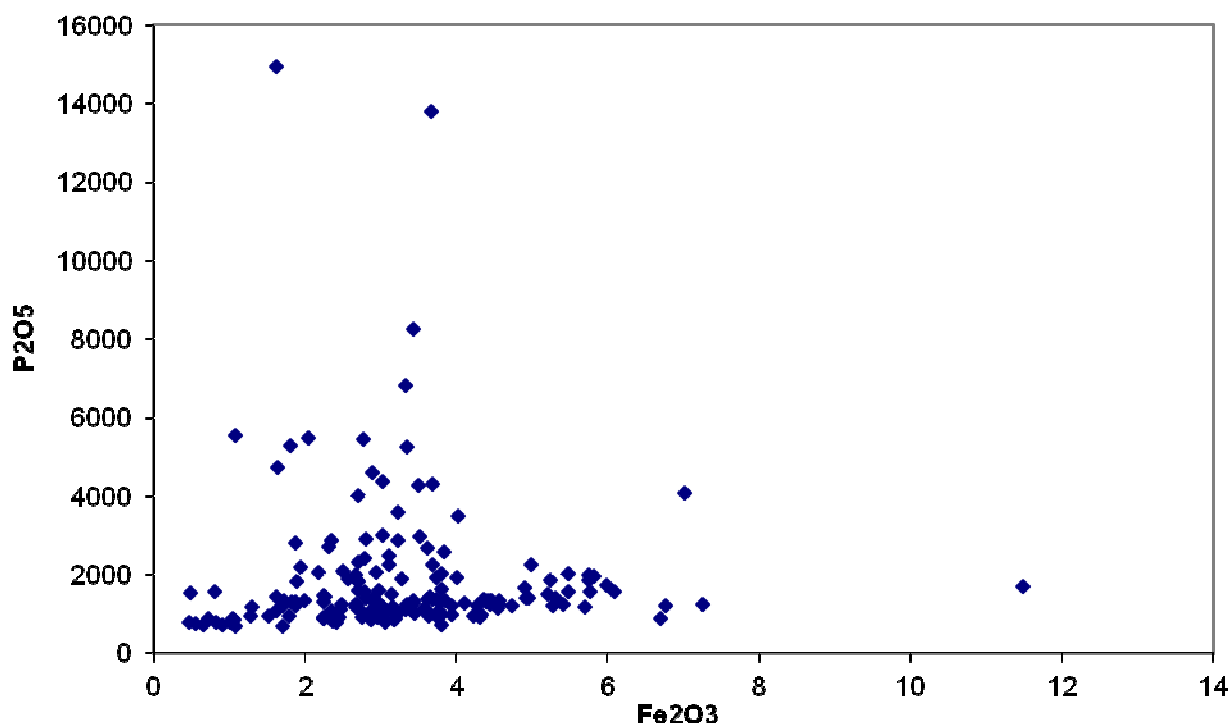


Abb. 4: Die wieder sehr flach ansteigende Korrelationsgerade (vgl. Abb. 3) kann nicht durch Bindung an Tonminerale erklärt werden, sondern durch klastischen Eintrag an Apatit (Knochenreste). Darüber erhebt sich wieder eine Wolke mit höheren Phosphor-Werten, welche aber anders geartet ist als jene in Abb. 3.

Strontium-Diagramme gegen „klastische“ Elemente (Si, Ti, Al, Fe, K – BAUSCH 1968) weisen meist die in Abb. 6 wiedergegebene Struktur auf (Typ 4). Die Häufung von Punkten längs der Abszisse kann keinesfalls, wie oben, als klastischer Eintrag gedeutet werden. Ein schwacher Anstieg entlang der Abszisse darf allerdings nicht übersehen werden. Er entspricht dem Anstieg der Sr-Gehalte mit den Nichtkarbonaten (BAUSCH 1994), für welche hier Titan stellvertretend steht.

Die Strontium-Gehalte sind in den Unterkeuper-Karbonaten wohl weitgehend durch Dolomitisierung und starke Recalcitisierung geprägt, was eine klare Deutung sehr erschwert. Diagramm-Partner für den gleichen Strukturtyp sind oben schon genannt.

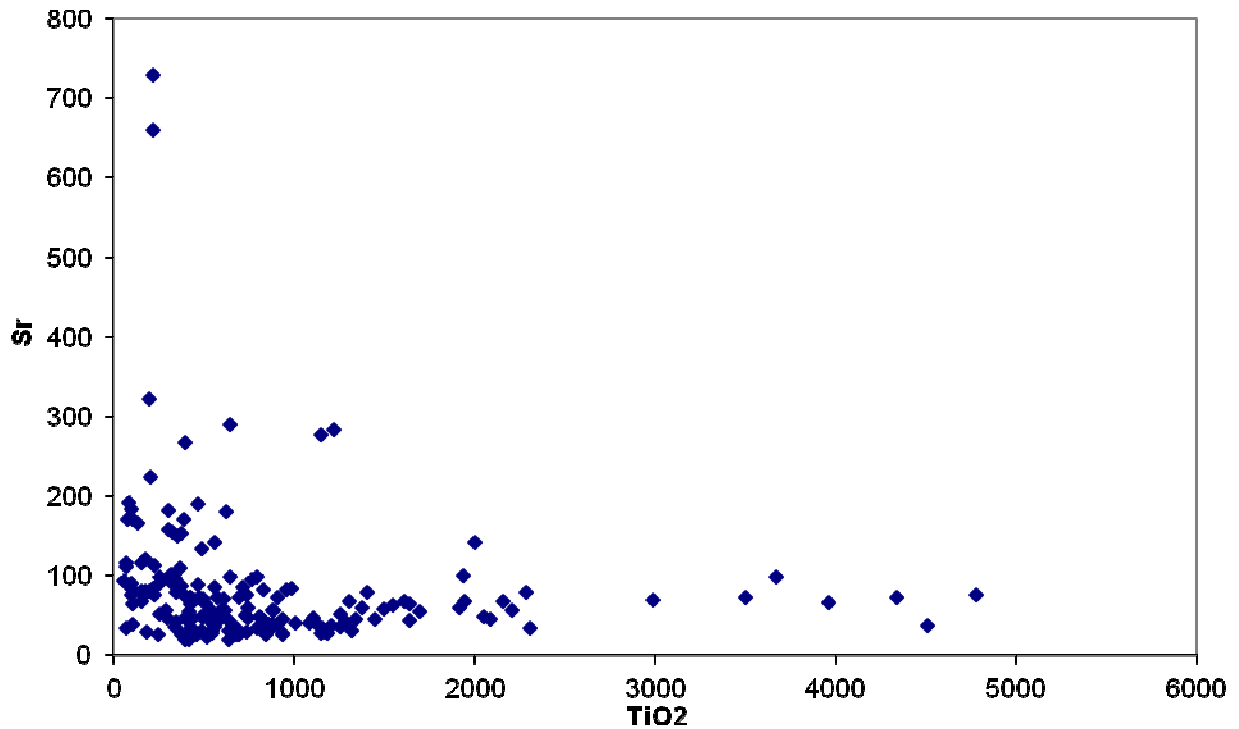


Abb. 5: Strontium weist in Zweistoffdiagrammen meist eine Struktur wie hier auf. Man bemerke den (sehr schwachen) Anstieg entlang der Abszisse.

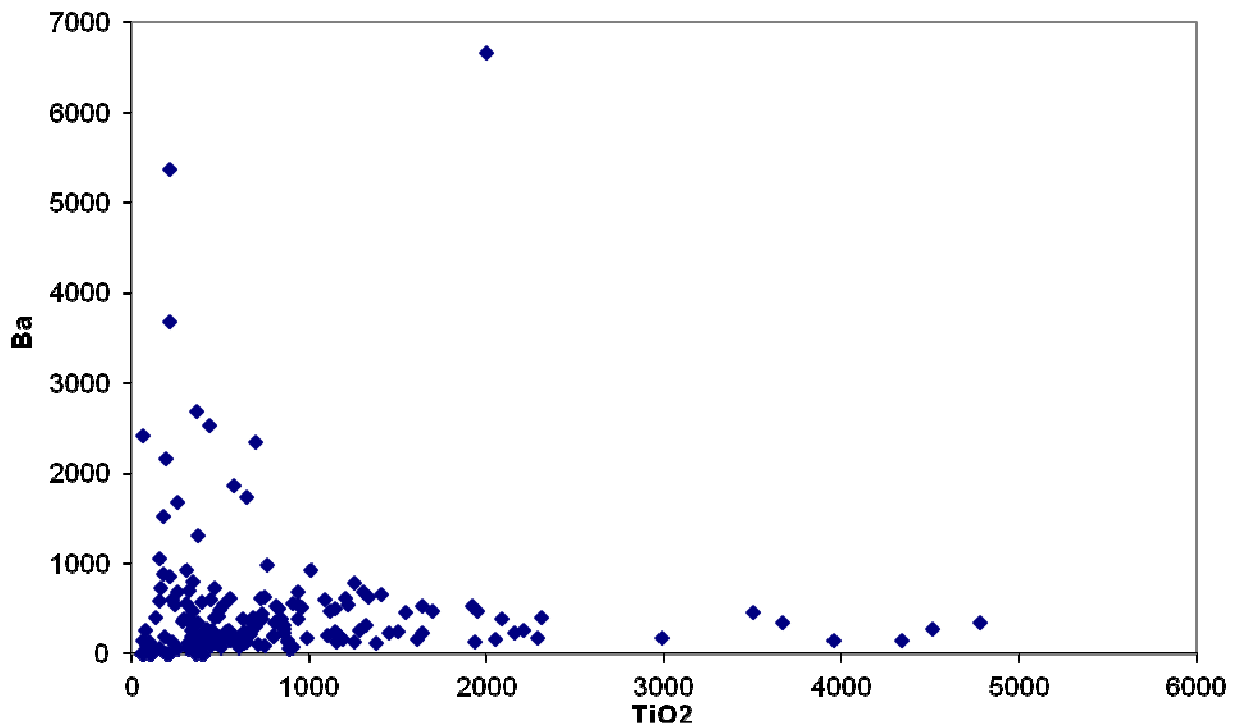


Abb. 6: Die Zweistoffdiagramme des Bariums sind eine Variante von Abb. 5. Spitzenwerte an Barium treten in den relativ reinsten Kalken auf, stark unreine Karbonate sind Barium-arm.

Barium, aufgetragen gegen TiO_2 und dargestellt in Abb. 6, zeigt nur eine Variante des Typs 4. Von einer starken Häufung in der Nähe des Nullpunkts gehen ein waagrechter und ein senkrechter Ast aus. Barium tritt also meist in sehr reinen Karbonaten, jedoch nicht in stark unreinen Karbonaten in Maximalwerten auf. – Diagramme gleichen Typs sind Si/Ba, Si/Zn, Al/Ba, Fe/Ba, Mg/Ba, K/Ba, S/Mn, Ba/Mn, Ba/Pb, Ba/Ca, Mn/Zr und Fe/V, somit überwiegend Zweistoffsysteme unter Beteiligung von Barium.

Abb. 7 stellt den nächsten Strukturtyp (Typ 5) anhand des Diagramms Al_2O_3 gegen Mn vor. Es bildet sich eine dreieckige, zeltförmige Wolke ab. Die Spitze des „Zelts“ liegt bei knapp 6 % Al_2O_3 ; die Mehrzahl der Punkte liegt in der linken Hälfte (was so zu verstehen ist, dass die meisten Proben weniger als 6 % Al_2O_3 aufweisen). Vom Nullpunkt bis ca. 6 % Al_2O_3 kann eine sehr breit streuende, positive Korrelation gesehen werden. Warum die Spitze des „Dreiecks“ bei knapp 6 % Al_2O_3 liegt, kann vorerst nicht gedeutet werden. Die Maximalwerte von Mn liegen allerdings noch über der Dreiecks-Spitze, und zwar sowohl links wie rechts von ihr. – Derselbe Strukturtyp 5 wird von den Diagrammen Si/Mn, Ti/Mn, K/Mn, Rb/Mn und Fe/Ni verwirklicht, ist also vorwiegend an die Beteiligung von Mangan geknüpft.

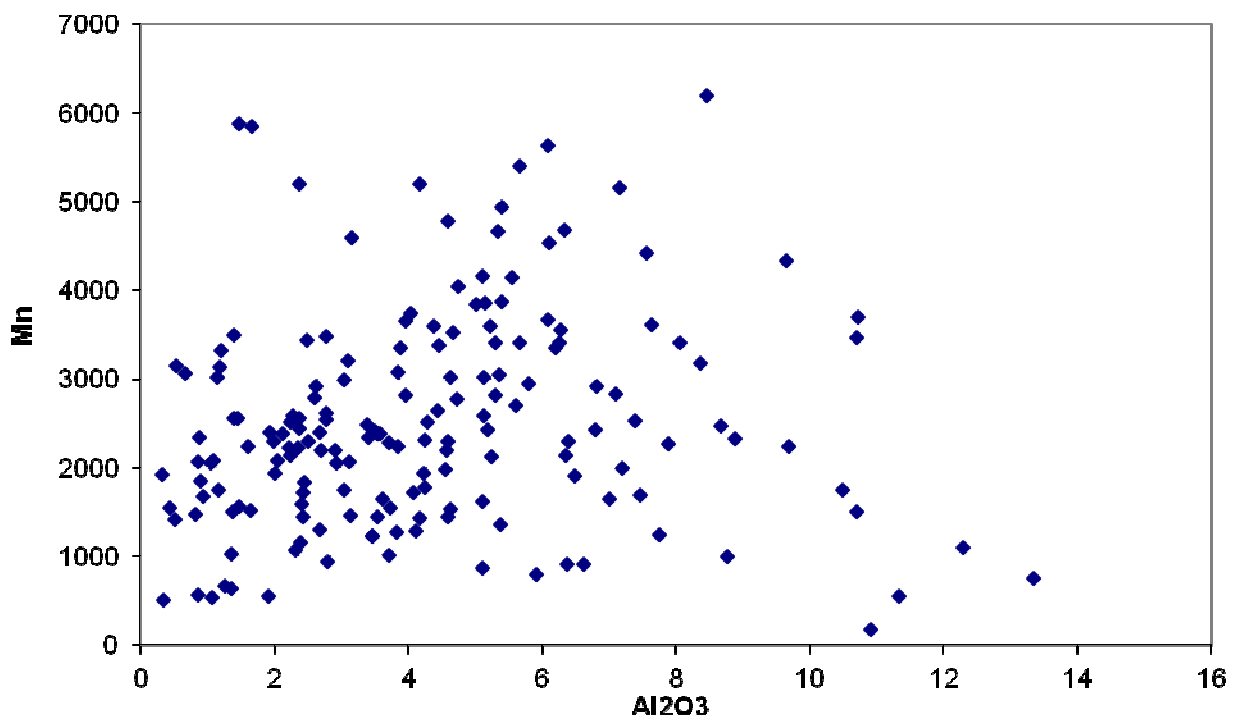


Abb. 7: Das Diagramm Al_2O_3 gegen Mn stellt eine weitgehend strukturlöse Wolke dar. Nähere Erörterung im Text.

Eine Variante des Strukturtyps 1 wird von Abb. 8 veranschaulicht. Im Zweistoffsystem $\text{K}_2\text{O}/\text{TiO}_2$ verläuft eine gute Korrelation (vom Typ 1) vom Nullpunkt bis zu 1,0 % K_2O . Von da an zu höheren K_2O -Werten setzt ziemlich abrupt eine deutlich breitere Streuung ein. Zudem liegen 7 Proben in den TiO_2 -Werten deutlich über der Korrelationsgeraden, so dass sie leicht noch oben gezogen wird. Die Folge ist, dass der Bereich relativ bester Korrelation (von 0 bis 1 % K_2O) knapp u n t e r die Korrelationsgerade zu liegen kommt. Andere Beispiele für die Typvariante liefern die Paarungen Al/Ti, Rb/Ti und Ti/V, also weitere Titan-Zweistoffsysteme.

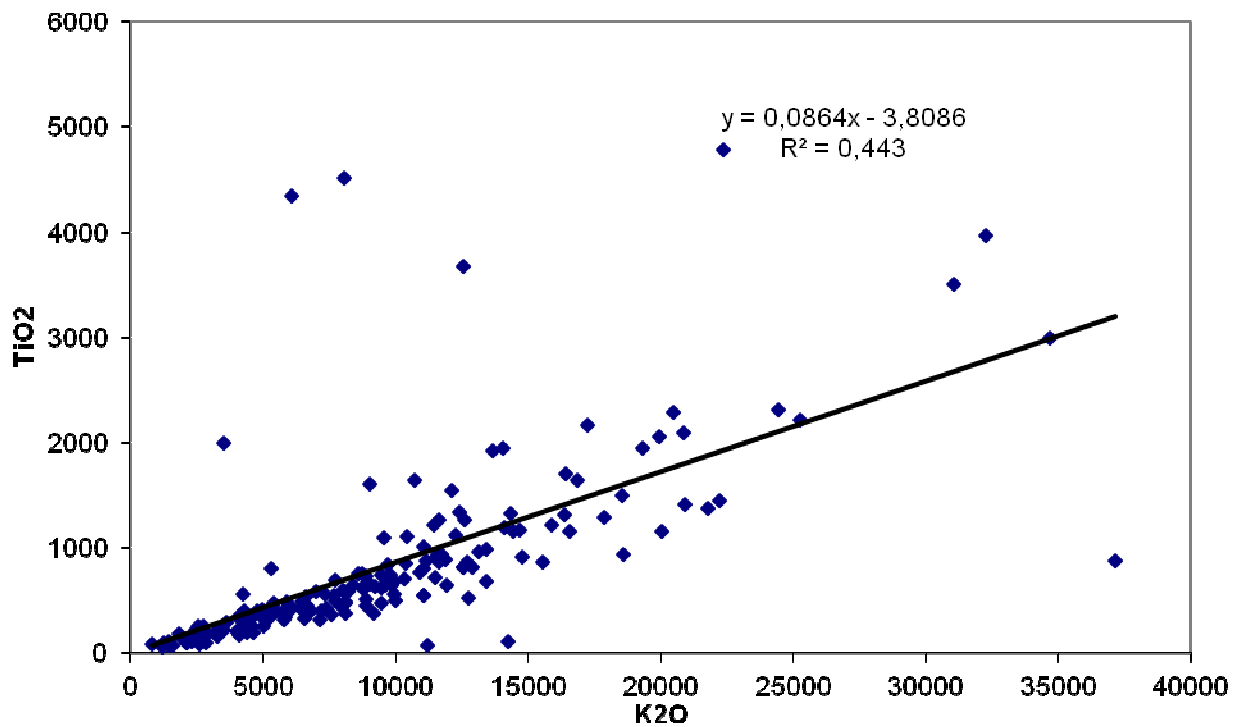


Abb. 8: Eine Variante der einfachen Korrelation (vgl. Abb. 2) stellt das K_2O/TiO_2 -Diagramm dar. Über 1 % K_2O setzt eine spürbar stärkere Streuung ein.

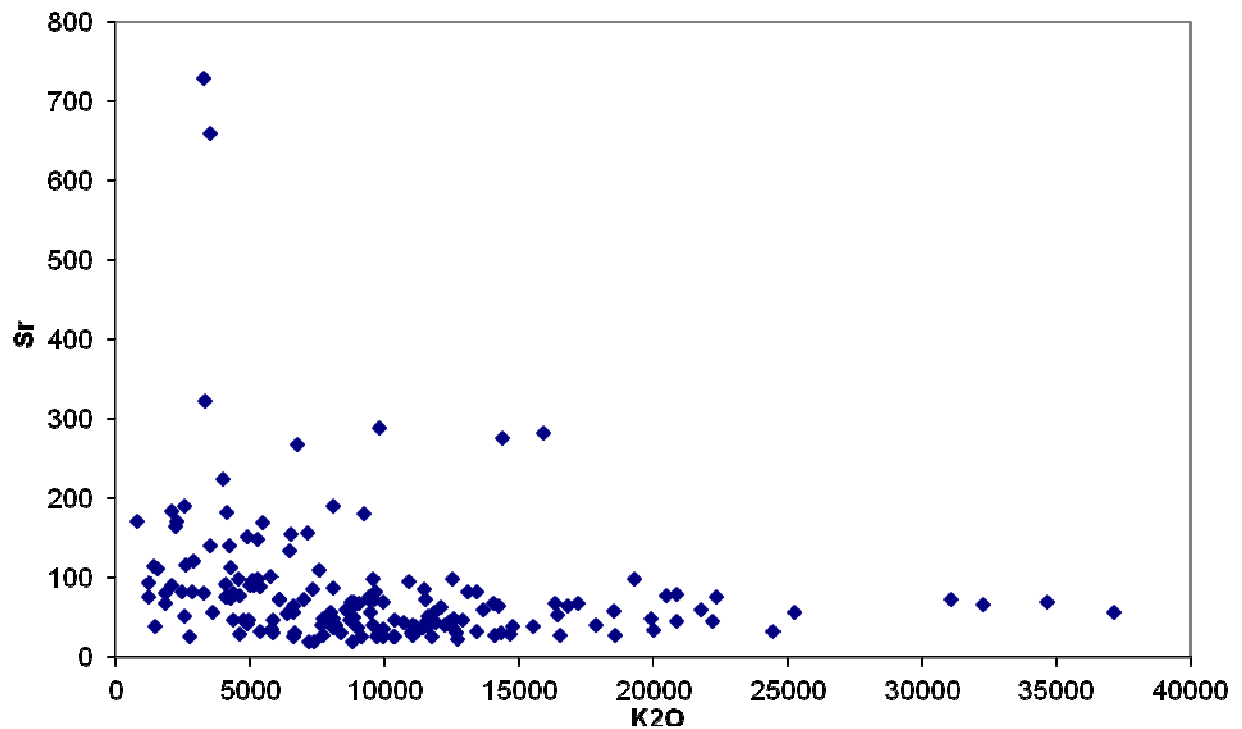


Abb. 9: Zwei getrennte Äste entwickelt das Diagramm K_2O/Sr . Die Untergrenze der dichteren Population ist schwach gebogen.

Abb. 9 bietet eine Variante von Typ 4 (vgl. Abb.5). Hier ist wieder Strontium aufgetragen, diesmal aber gegen K_2O . Deutlicher als in Abb. 5 wird sichtbar, dass die Untergrenze der Punkte-Population eine gebogene Linie darstellt. Zudem wird die Aufteilung in zwei waagrechte Äste – der untere dicht besetzt, der obere schwach – klarer sichtbar als in Abb. 5. Weitere Beispiele für diese Strukturvariante liefern die Paarungen Ti/Zn, P/Zn, P/V, P/Cr, Sr/Rb, Sr/Zr, Sr/V, Sr/Ni, Sr/Cr, Zn/Cr, Zn/V, Ba/Zr, Ba/V und Ba/Cr.

Das Diagramm MgO gegen P_2O_5 (Abb. 10) bietet eine eigentümliche Struktur. Die meisten Punkte sind in einem Streifen längs der Abszisse aufgereiht. Darüber finden sich aber zwei Phosphor-Maxima: eines zwischen ca. 1 und 3 % MgO, das zweite bei etwa 14 % MgO. Eine Erklärung ist nicht einfach, denn beide Elemente weisen, wie oben geschildert, Eigentümlichkeiten in ihrer Verteilung auf. Weitere Beispiele für diese Struktur bieten die Systeme Mg/V, Mg/Pb, Mg/Ni, Mg/Cr und Mg/Cu, also sämtlich Diagramme unter Beteiligung von Magnesium.

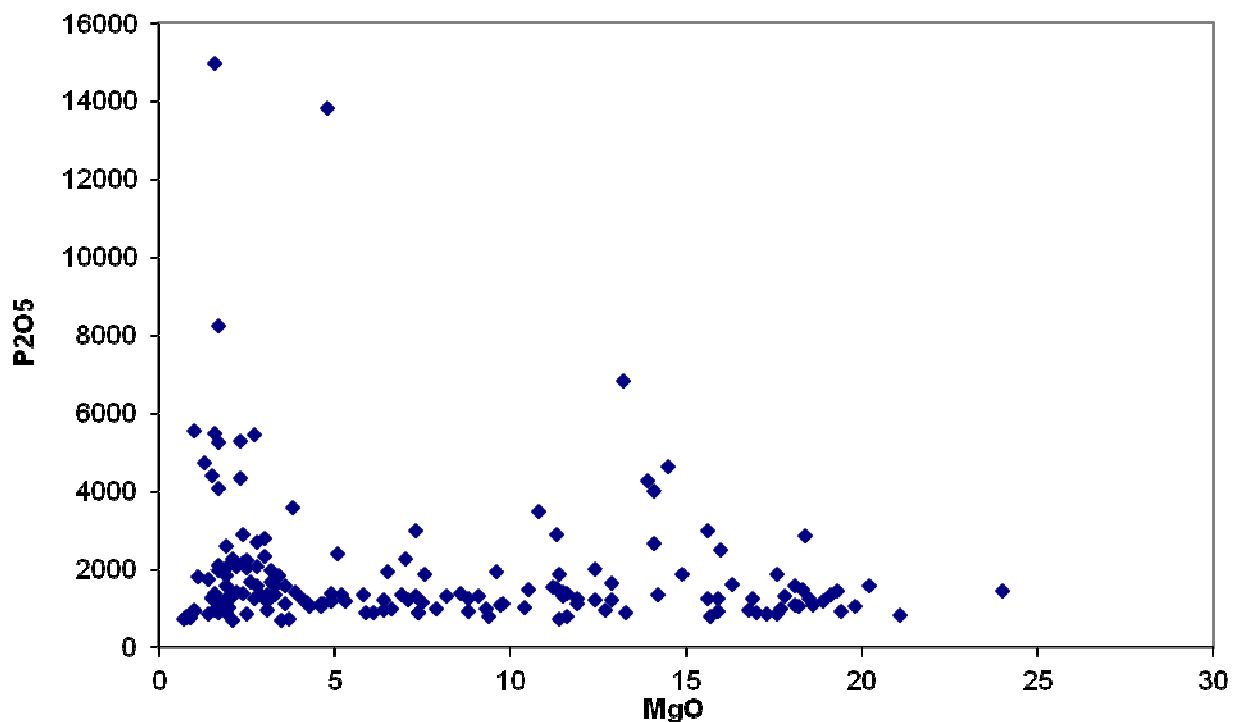


Abb. 10: Über einem dicht besetzten Streifen längs der Abszisse finden sich im MgO/ P_2O_5 -Diagramm zwei Phosphor-Maxima.

Abb. 11 schließlich, die Paarung K_2O gegen Zn, ist wiederum bemerkenswert. Die auf der Abszisse liegenden Punkte (Zn-Gehalte = 0) können vernachlässigt werden, da sie die Werte unterhalb der Nachweisgrenze darstellen. Alle übrigen Punkte bilden eine diffuse Wolke, deren Untergrenze aber deutlich gebogen ist. – Die höchsten Zink-Gehalte finden sich bei relativ niedrigen Kalium-Gehalten, mithin bei relativ reinen Karbonatbänken.

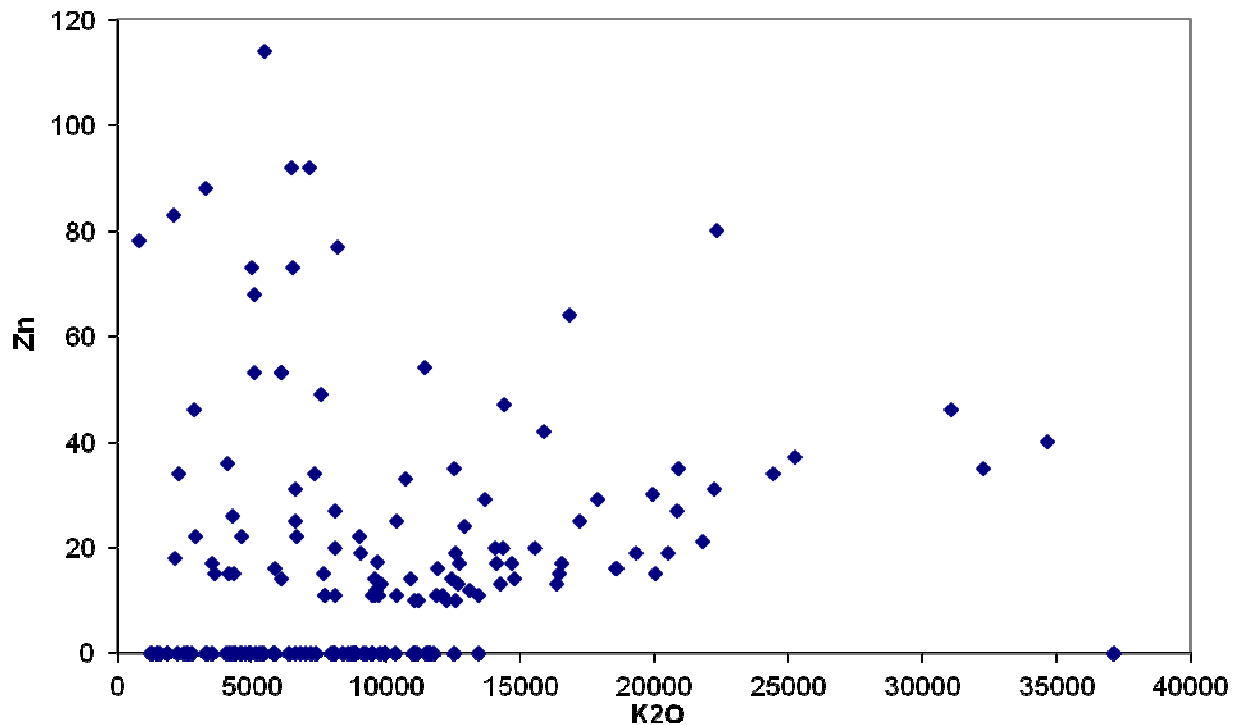


Abb. 11: Im Diagramm K_2O/Zn finden sich die Zn-Werte, welche unter der Nachweisgrenze liegen, auf der Abszisse und sind ohne Belang. Das Punkte-Feld der höheren Zn-Werte weist aber eine deutlich gebogene Untergrenze auf.

3.8 Matrix

Die Matrix stellt für alle Elementkombinationen die Steigungen der Korrelationsgeraden (bzw. Ausgleichsgeraden) und ihre Korrelationskoeffizienten zusammen. Sie ist ein unabdingbares Hilfsmittel für den Vergleich der Geochemie eines bestimmten Profils mit anderen Profilen. Tabelle 6 gibt diese Daten für die Karbonatbänke des mainfränkischen Unterkeupers.

Für Zweistoffdiagramme des Typs 1, bzw. die in den Abbildungen 3 und 9 dargestellten Diagramme, sind die Daten der Matrix völlig sinnvoll. Bei den anderen Diagrammtypen muss das eher bezweifelt werden. Trotzdem sind der Vollständigkeit halber alle ermittelten Daten in der Tabelle 6 zusammengefasst. Wie ersichtlich, bewegen sich die Korrelationskoeffizienten überwiegend bei sehr niedrigen Werten.

Tab. 6: Matrix der Parameter von Korrelationsgeraden. Geradensteigungen: rechte obere Hälfte, Korrelationskoeffizienten: linke untere Hälfte.

Auch in Zweistoffdiagrammen, in welchen keine wirkliche Korrelations"gerade" erkennbar ist, errechnet der Computer Werte, die den direkten Vergleich mit geochemischen Daten anderer Profile und Vorkommen erlauben. Die Korrelations-Koeffizienten sind hier allgemein recht niedrig.

UKeup Mat2	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	K2O	P	Sr	Rb	Ba	Mn	Zn	Zr	V	Pb	Ni	Cr	Cu
SiO2		0,01	0,31	0,10	-0,27	-0,54	0,08	11,30	-3,25	2,81	-12,65	21,31	0,55	2,16	3,77	0,10	1,53	3,11	0,92
TiO2	0,50		13,67	0,01	-6,46	-24,99	3,54	88,25	-95,92	126,68	-215,05	455,33	33,27	119,75	248,33	14,29	94,78	197,66	61,59
Al2O3	0,69	0,51		0,36	-0,62	-1,44	0,27	-15,53	-8,69	8,96	-55,29	53,16	1,47	5,51	10,70	0,27	4,24	8,86	2,48
Fe2O3	0,12	0,04	0,20		-0,36	-1,27	0,13	-10,92	-7,19	3,86	12,63	429,53	-0,80	0,87	5,37	-1,02	3,21	4,52	0,49
MgO	0,10	0,02	0,07	0,02		-0,75	-0,03	-18,57	2,73	-0,39	14,54	-12,75	-1,01	-0,62	-1,22	0,13	-0,92	-1,09	0,22
CaO	0,26	0,21	0,26	0,13	0,37		-0,05	14,89	0,81	-2,02	0,29	-28,42	0,47	-1,04	-2,05	-0,09	-0,57	-1,65	-0,81
K2O	0,55	0,42	0,88	0,14	0,05	0,24		-39,37	-26,58	31,16	-181,99	36,66	4,07	16,07	34,47	1,51	13,68	28,58	8,38
P	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00		0,00	0,00	-0,13	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sr	0,07	0,02	0,07	0,03	0,04	0,01	0,05	0,00		-0,06	5,05	-3,11	0,03	0,02	-0,05	0,02	-0,02	-0,06	0,01
Rb	0,58	0,45	0,82	0,10	0,01	0,33	0,81	0,01	0,04		-4,50	-1,31	0,12	0,48	1,02	0,04	0,36	0,83	0,26
Ba	0,01	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,03	0,02	0,29	0,02		0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00
Mn	0,02	0,00	0,01	0,57	0,00	0,03	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,03	0,04	0,03	0,01	0,07	0,02	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,05		0,30	0,41	0,13	0,24	0,31	0,05
Zr	0,40	0,46	0,36	0,01	0,02	0,10	0,25	0,02	0,01	0,27	0,00	0,03	0,08		1,03	0,12	0,41	0,83	0,30
V	0,67	0,87	0,76	0,12	0,05	0,23	0,64	0,00	0,02	0,67	0,01	0,00	0,08	0,60		0,05	0,37	0,75	0,23
Pb	0,01	0,04	0,01	0,06	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,01	0,00	0,11	0,10	0,11	0,03		0,51	0,62	0,34
Ni	0,40	0,46	0,43	0,15	0,11	0,06	0,36	0,04	0,01	0,31	0,01	0,01	0,10	0,33	0,48	0,07		1,14	0,29
Cr	0,67	0,81	0,76	0,13	0,06	0,21	0,64	0,01	0,04	0,66	0,03	0,00	0,07	0,56	0,81	0,04	0,53		0,28
Cu	0,35	0,47	0,35	0,01	0,01	0,30	0,33	0,02	0,01	0,36	0,00	0,01	0,01	0,43	0,45	0,07	0,21	0,45	

4 Vergleich mit anderen Karbonaten

Tab. 7 vergleicht die Korrelationsgeraden-Steigungen fünf ausgewählter Element-Paarungen von den Karbonatbänken des mainfränkischen Unterkeupers mit solchen von Malm-Profilen. Diese stammen überwiegend aus der Südlichen Frankenalb, nur zwei Profile (Cerin, Montdardier) stammen aus dem französischen bzw. südfranzösischem Malm. Selbstverständlich sind nur solche Element-Paarungen ausgewählt, die gute Korrelationsgeraden mit hohen Korrelationskoeffizienten aufweisen („klastische“ Elemente, BAUSCH 1994).

Tab. 7: Vergleich mit Elementquotienten von Malm-Profilen. Anordnung: oberer Teil: Al/Si-Quotienten > Unterkeuper (fallend), unterer Teil: Al/Si-Quotienten < Unterkeuper (fallend). Näheres im Text. Im oberen Teil finden sich zunächst 5 Plattenkalke aus dem Oberjura, darunter 3 Bankkalk-Profile aus dem Malm Beta (=Ober-Oxford). Im unteren Teil finden sich nur Bankkalk (Oxford und Kimmeridge). Nähere Diskussion im Text.

	Al/Si	K/Al	Fe/Al	Fe/Si	Rb/K
Unterkeuper	0,3105	0,2677	0,3592	0,1048	31,16
Cerin	0,3743	0,1499	0,4644	0,1743	26,889
Zandt	0,37	0,2471	0,2674	0,1004	111,87
OH Eichstätt	0,3507	0,2257	0,5254	0,1432	
Maxberg	0,3449	0,0962	0,4479	0,1529	29,342
Weltenburg	0,3414	0,1607	0,4884	0,1661	28,878
Kirchleus	0,336	0,146	0,34	0,114	49
Gräfbg Beta	0,3218	0,2324	0,4574	0,128	25,852
Vilshofen	0,32	0,43	0,31	0,098	21
Gräfbg Gamm	0,301	0,2498	0,4246	0,1212	24,387
Montdardier	0,2835	0,2988	0,3453	0,0983	26,083
Beilngries	0,27	0,232	0,198	0,055	25,62
Hartmh Beta	0,2356	0,4167	0,3831	0,0897	21,723
Frankensch	0,2018	0,4082	0,3259	0,0674	20,109

Die Daten vom Unterkeuper sind separat obenan gestellt. Maßgeblich für die weitere Reihung sind fallende Al/Si-Werte. 8 Profile liegen höher als der Unterkeuper-Wert, 5 Profile (unterhalb der Lücke) liegen unter dem Unterkeuper-Wert. Klar ersichtlich ist, dass die anderen Elementquotienten nicht der in der ersten Spalte (Al/Si) vorgegebenen Reihung folgen. Daraus geht zwingend hervor, dass jedes Profil individuelle Eigenschaften besitzt, und daß mithilfe dieser Elementquotienten eine geochemische Differenzierung möglich ist.

Die Quotienten des Unterkeupers sind bei Al/Si, Fe/Al und Fe/Si irgendwo im Mittelfeld angeordnet. Deutlich extremer positioniert sind die Werte bei K/Al (nur vier Werte über Unterkeuper, 9 darunter) und bei Rb/K (nur 2 Werte darüber, 10 darunter).

Eine allgemeine Diskussion der Elementquotienten und ihrer Bedeutung soll hier jedoch nicht erfolgen. Der Zweck dieser Studie ist es, die geochemischen Verhältnisse in den Unterkeuper-Karbonatbänken darzulegen, und nicht eine allgemein vergleichende geochemische Betrachtung.

Literatur

- BAUSCH, W.M.: Outlines of Distribution of Strontium in Marine Limestones. – In: MÜLLER, G. & FRIEDMAN, G.M. (eds.): *Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe*, 106-115, 6 figs., 1968
- BAUSCH, W.M.: *Geochemische Analyse von Karbonatgesteins-Sequenzen*. – *Abh. Geol. B.A. 50 (FLÜGEL-Festschrift)*, 25-29, 6 Abb., 1 Tab., Wien 1994
- GAAL, A., BAUSCH, W.M., KIESSLING, W. & SCASSO, R.A.: *Geochemie und Mineralogie des Oberjura-Vorkommens „Longing Gap“ (Antarktische Halbinsel) und die Geochemie seiner Konkretionsbildungen*. – *Erl. Beitr. petr. Min.* **12**, 31-45, 13 Abb., 4 Tab., 2002
- MERTEN, U.: *Untersuchung des säureunlöslichen Rückstandes aus Karbonathorizonten des Unteren Keupers Frankens*. – *Erl. Beitr. petr. Min.* **15**, 37-45, 5 Abb., 2005
- SEIBOLD, E.: *Chemische Untersuchungen zur Bankung im unteren Malm Schwabens*. – *N. Jb. Geol. Pal. Abh.* **95**, 337-370, 11 Abb., 2 Tab., 1952
- WEDEPOHL, K.H. (Edit.): *Handbook of Geochemistry*. – 6 Bände, Springer Berlin/Heidelberg 1969-1978