



Zur Metallführung des Waldbach-Kristallins:

(Zwischenbericht Jänner 1993)

G. AMANN, F. NEUBAUER & L. P. BECKER

Das Waldbach-Kristallin des südlichen Wechselfensters (Unterostalpin des Alpenostrandes; NE-Steiermark) führt zahlreiche kleinere Sulfidvorkommen, die sich lose wie folgt unterteilen lassen:

- 1) stratiforme Sulfidlager über Amphiboliten,
- 2) Imprägnation in gabbroartigen Amphiboliten,
- 3) Sulfidlinsen in Hornblendegneisen,
- 4) Schwarzschiefer, die einen Teil der metasedimentären Schichtfolge des Waldbach-Kristallins ausmachen.

Mit dieser Untersuchung wird Auskunft über folgende Fragen angestrebt:

- 1) Metallführung der stratiformen Sulfidvererzungen
- 2) Metallführung der sulfidführenden Schwarzschiefer
- 3) Klärung der Herkunft der Metalle in Schwarzschiefern und stratiformen Erzen.

Zu diesem Zweck wurden insgesamt 19 Schwarzschieferproben und 20 Schlitzproben verschiedener Erztypen untersucht und mit dem Metallgehalt von 9 Metagabbroproben und 8 Hornblendegneisproben (Metatonalite) verglichen.

Die Lage der einzelnen Probenpunkte ist der topographischen Karte im Anhang zu entnehmen.

Methodik:

Von homogenisierten Großproben (> 4 kg) wurden 10 g-Proben mit INA-Analysen untersucht und durch zusätzliche ICP-Analysen ergänzt. Die chemischen Analysen der Schwarzschiefer und der Erze wurden von Bondar-Clegg & Company Ltd., Ottawa, Ontario, Kanada durchgeführt. Die chemischen Analysen der Metagabbros und der Hornblendegneise wurden von Analytical Services (CNRS), Vandoeuvre-les-Nancy, Frankreich durchgeführt. Die Analyse der Metagabbros und der Hornblendegneise wurden im Rahmen von Akademie- und FWF-Projekten durchgeführt.

Vererzungen:

Analog zu den Schwarzschiefern wurde die Verteilung einiger signifikanter Elemente mit Hilfe von Box & Whisker Plots dargestellt (Abb. 1). Einige statistische Grundparameter der einzelnen Elementverteilungen finden sich im Anhang (Tab. 1). Insbesondere die Verteilungen der Edel- und Buntmetalle Au, Ag, Cu, Pb und Zn werden in weiterer Folge näher betrachtet:

Au:

Die durchschnittlichen Goldgehalte der Vererzungen bewegen sich zwischen 0 und 30 ppb. Die Probe 183 (ca. 3 ppm) stammt aus einem ca. 10 cm mächtigen Quarz-Kieslagergang im oberen Dörflerbachgraben, der bereits von TUFAR 1970 als goldführend beschrieben wurde. Probe 182 stammt aus dem unmittelbar Liegenden dieses Lagergangs. Hier ist Au mit ca. 0,3 ppm ebenfalls angereichert.

Ag:

Die durchschnittlichen Silbergehalte liegen zwischen 0 und 1 ppm; lediglich Probe 53c (karbonatische Sulfidlinse nordwestlich von Waldbach) ist mit etwas mehr als 10 ppm Ag als angereichert zu betrachten.

Cu:

Die beiden oben erwähnten Proben zeigen ebenfalls stark erhöhte Kupfergehalte mit Werten von > 1100 ppm für Probe 183 und ca. 9000 ppm für Probe 53c. Die durchschnittlichen Gehalte bewegen sich zwischen 5 und maximal 300 ppm.

Pb:

Bleigehalte sind allgemein sehr gering (< 10 ppm) und liegen häufig unter der Nachweisgrenze von 2 ppm der ICP-Methode. Lediglich die Probe 53c (11 ppm) und vor allem die benachbarte Probe 53a (48 ppm) zeigen im Vergleich zu den anderen Proben leicht erhöhte Werte.

Zn:

Zinkgehalte variieren allgemein sehr stark (etwa zwischen 10 und 800 ppm). Werte über 1000 ppm zeigen nur die Proben 183 (1400 ppm) und 185 (2400 ppm).

Obwohl es sich hier um eine sehr heterogene Gruppe verschiedenster Vererzungs- und Nebengesteinstypen handelt, zeigen einige Elemente eine auffällige Korrelation (Tab. 2).

Vor allem die starke Korrelation zwischen Co und W ($r = 0,8689$) ist geochemisch ungewöhnlich. Die Co/W-Verhältnisse sind annähernd dieselben wie bei den Schwarzschiefern. Eine Interpretation dieses Phänomens ist vorläufig noch nicht möglich, zumal erst geklärt werden muß, ob es sich dabei nicht um eine Kontamination durch die Probenaufbereitung mit einer Vidiastahl-Mühle handelt.

Eine Hauptkomponentenanalyse der Erzproben ergab eine erste Komponente (24,6% der Gesamtvarianz), die durch Ag, Cu, Hg, und Sb charakterisiert wird und womöglich einem epithermalen (Hg, Sb) Vererzungsereignis entspricht (Abb. 2)

Schwarzschiefer:

Schwarzschiefer und gewöhnliche, meist hellgrünlichgraue Phyllite treten häufig in cm- bis dm-mächtiger Wechsellagerung auf.

Abb. 3 zeigt ein Spiderdiagramm für 3 Haupt- und 13 Spurenelemente normiert auf einen hypothetischen durchschnittlichen Schwarzschiefer. Die Normwerte für C, Fe₂O₃, Na₂O, Zr, Sc, Mo, Co, Ni, Ba, Cr, Cu, Zn, La und Pb entsprechen dem average Black Shale von VINE & TOURTELOT 1970. Normwerte für U und As wurden dem USGS SDO-1 Black Shale Standard entnommen (LEVENTHAL et al. 1978).

Während die meisten Elemente im Bereich der Normwerte streuen, zeigen Zr und Co eine deutliche Anreicherung im Vergleich zu durchschnittlichen Schwarzschiefern. Zwar sind die meisten Werte für Zr nicht signifikant, die wenigen signifikanten Werte (6 von insgesamt 18) bewegen sich jedoch im Bereich zwischen 550 und 1700 ppm, während z. B. VINE & TOURTELOT 1970 nur 70 ppm als Durchschnittswert angeben. Eine ähnlich deutliche Anreicherung zeigt Co mit Werten zwischen 100 und 1210 ppm (Durchschnitt 321 ppm; vgl. auch Tab. 3 im Anhang).

Eine Analyse der Verteilung einiger Elemente zeigt, daß einige Proben im Vergleich zu den übrigen deutliche Metallanreicherungen zeigen (Abb. 4):

Probe 1/1: As, Sb, Hg, Hf
Probe 1/2: Sb, Hg, Pb, U
Probe 53b: Sb, Hg, Pb, Ag, Ni
Probe 168: Ag, Cr
Probe 173: As, Sc
Probe 176: Hf
Probe 186: Hg, U, Ni, Mo, Zn,
Probe 196: Co, Br, Hf, Ta, W
Probe 197: Co, Hf, Ta, W

Wie diese simple Liste bereits andeutet, scheinen mehrere Gruppen gemeinsam auftretender Elemente den Chemismus der Schwarzschiefer zu charakterisieren.

Die in Tab. 4 wiedergegebene Korrelationsmatrix verdeutlicht den Aufbau dieser Elementgruppen:

Gruppe 1: Co, W, Ta, Hf, Br, Ba, C

Gruppe 2: U, Mo, Ni, Pb, Sb, Fe

Die Korrelationsmatrix wurde als Ausgangsbasis für eine Hauptkomponentenanalyse verwendet. Die beiden ersten Komponenten erklären zusammen mehr als 58% der Gesamtvarianz (Tab. 5). Komponente 1 wird im wesentlichen durch Sc geprägt und repräsentiert wahrscheinlich den ursprünglichen detritischen Sedimentinput der Schwarzschiefer. Komponente 2 wird durch die Metalle Ni, Pb, Sb, Cu, Mo, Ag, U und eventuell Hg geprägt (Abb 5a). Dies entspricht in etwa der oben erwähnten Elementgruppe 2 und repräsentiert entweder die ursprüngliche synsedimentäre Metallakkumulation oder eine jüngere epithermale Vererzung. Für letztere Möglichkeit spricht, daß vor allem jene Proben durch Komponente 2 charakterisiert werden, die bereits in den Box & Whisker Plots als metallreich erkannt wurden (Abb. 5b und Abb 4) und daß die oben besprochenen Vererzungen eine ähnlich aufgebaute erste Komponente zeigen.

Es wäre also durchaus denkbar, daß einige der metallreichen Schwarzschiefer als "Elementfalle" im Zuge einer epithermalen Vererzung gewirkt haben. Diese Interpretation muß jedoch erst durch weitere Untersuchungen bestätigt werden.

Metagabbros und Hornblendegneise:

Metagabbros und Hornblendegneise wurden als potentielle Metallquellen zu Vergleichszwecken in die Analysen miteinbezogen. Dabei muß jedoch betont werden, daß bereits bei der Probennahme im Gelände festgestellt werden konnte, daß zahlreiche Erzvorkommen an die Hornblendegneise gebunden sind.

Die Abklärung der Frage, ob eines der beiden Gesteine als Metallquelle in Frage kommt, ist zur Zeit gerade in Arbeit. Als erstes Ergebnis sei hier nur kurz erwähnt, daß die Verhältnisse der Elemente Cr, Co und Ni in Schwarzschiefern und Vererzungen eher jenen der Hornblendegneise, als denen der Metagabbros entsprechen (Abb. 6).

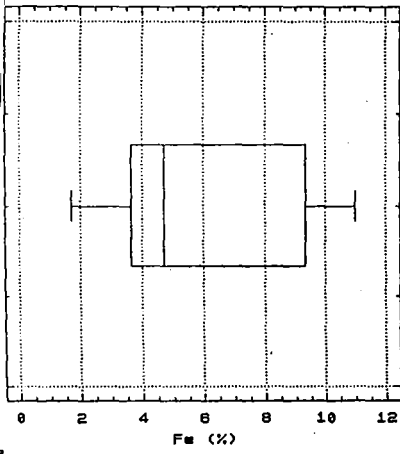
Literatur:

* LEVENTHAL, J.; CROCK, J; MOUNTJOY, W. & THOMAS, J.: Results of analysis of USGS vlack shale standard SDO-1. - US Geol. Survey Open File Report, 78-447, 11p, 1978.

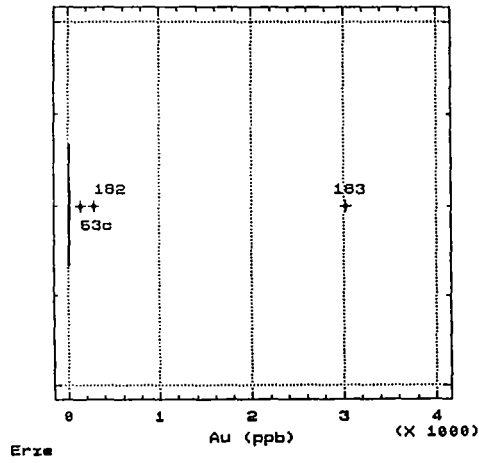
* TUFAR, W.: Neue Vererzungen aus der Steiermark. - Joanneum, Min. Mittbl, Jg. 1970, H.2, 27-37, 1970.

* VINE, J. D. & TOURTELOT, E. B.: Geochemistry of Black Shale Deposits - A Summary Report. - Econ. Geol., 65, 253-272, 1970.

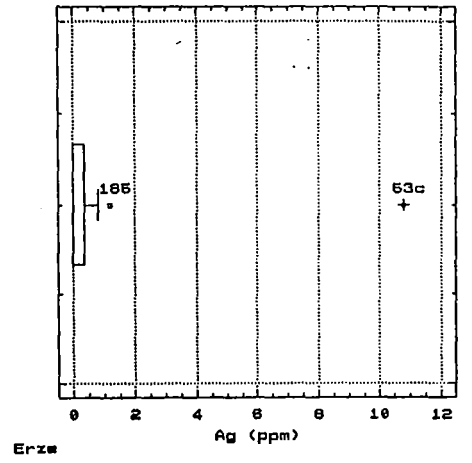
Box-and-Whisker Plot



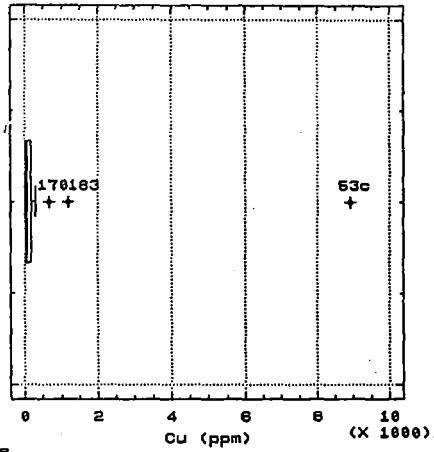
Box-and-Whisker Plot



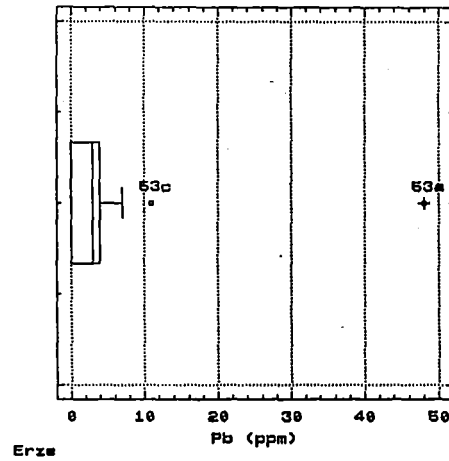
Box-and-Whisker Plot



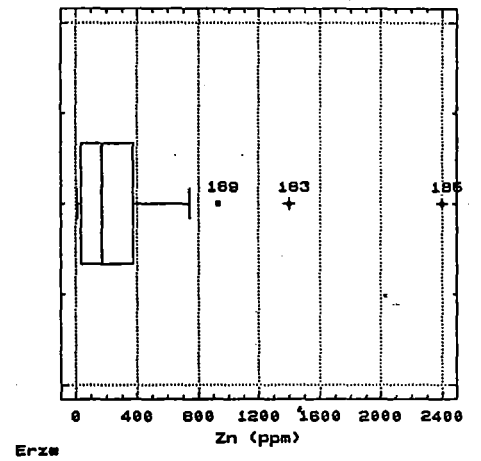
Box-and-Whisker Plot



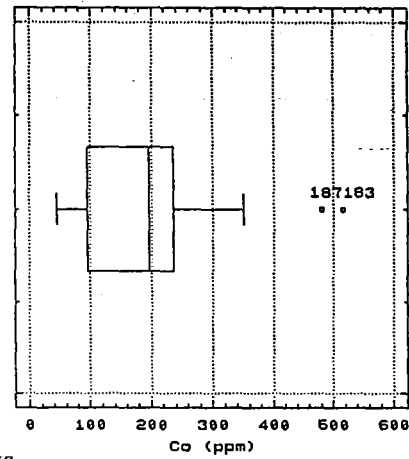
Box-and-Whisker Plot



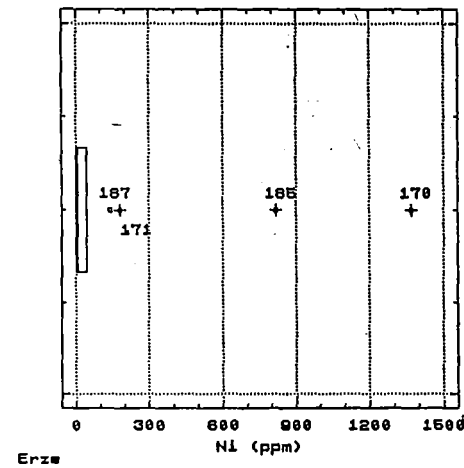
Box-and-Whisker Plot



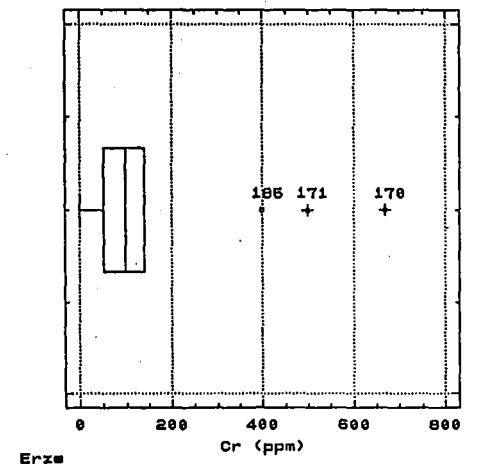
Box-and-Whisker Plot



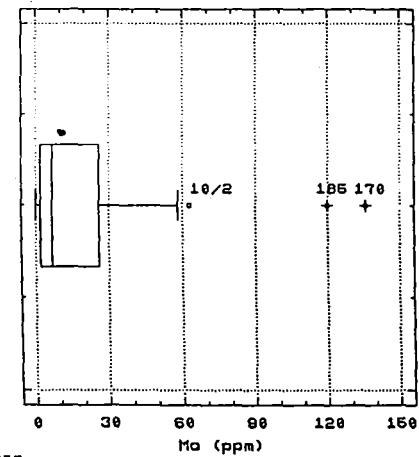
Box-and-Whisker Plot



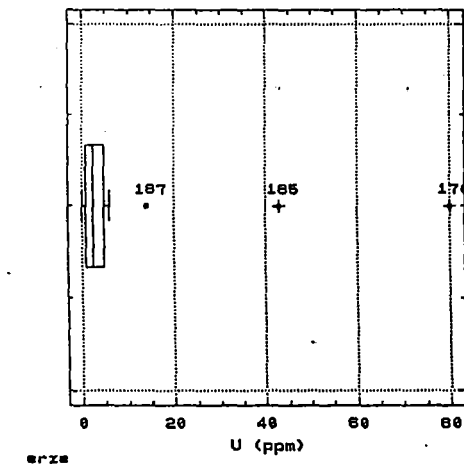
Box-and-Whisker Plot



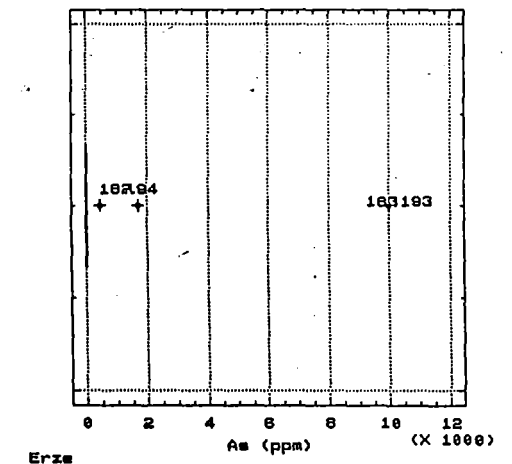
Box-and-Whisker Plot



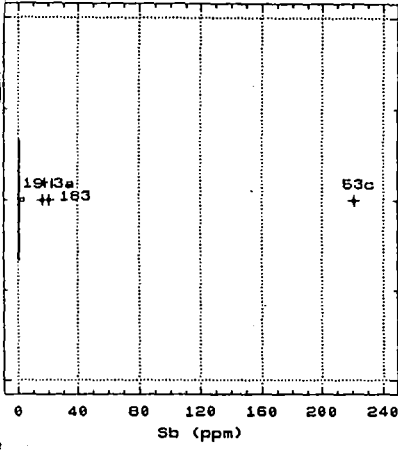
Box-and-Whisker Plot



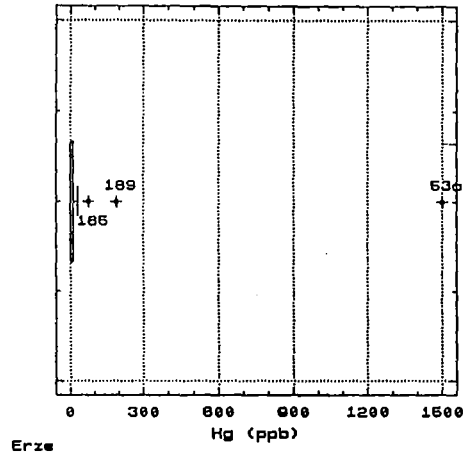
Box-and-Whisker Plot



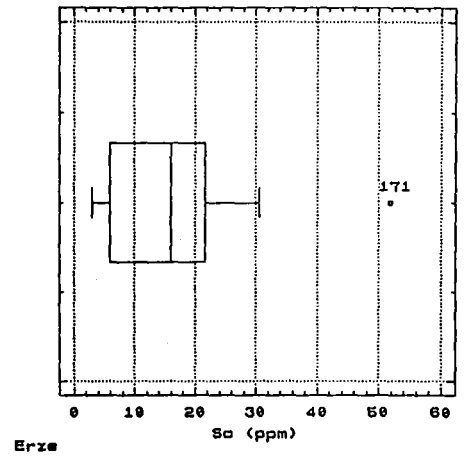
Box-and-Whisker Plot



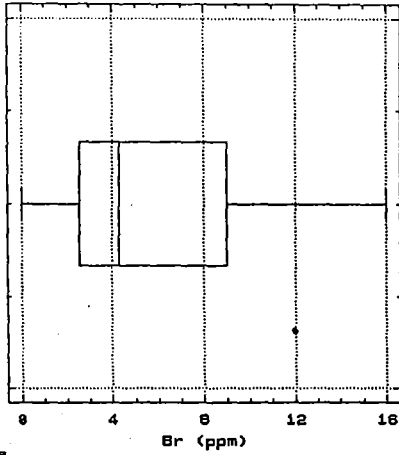
Box-and-Whisker Plot



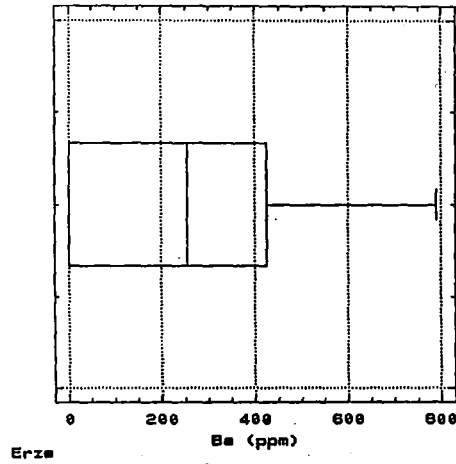
Box-and-Whisker Plot



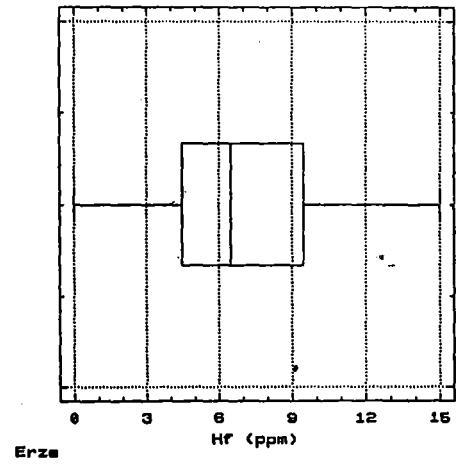
Box-and-Whisker Plot



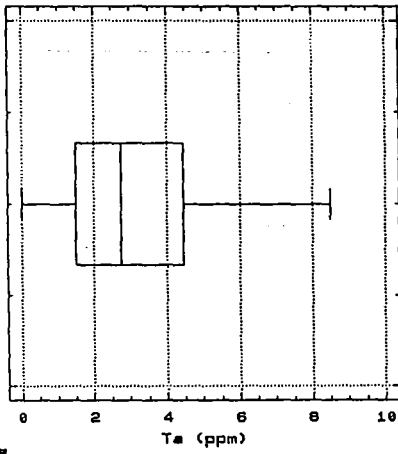
Box-and-Whisker Plot



Box-and-Whisker Plot



Box-and-Whisker Plot



Box-and-Whisker Plot

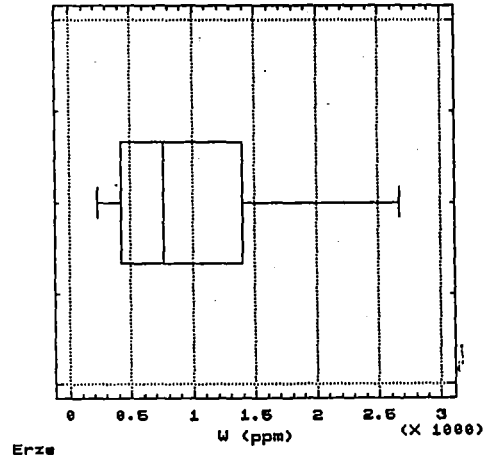


Abb. 1) Box & Whisker Plots einiger Elemente der Vererzungen
Punktspezifikationen sind Probennummern.

Variable:	Fe	Au	Ag
Sample size	20	20	20
Average	5.985	178.6	0.735
Median	4.7	8	0
Variance	11.5003	452962	5.71818
Minimum	1.7	0	0
Maximum	11	3023	10.8
Range	9.3	3023	10.8
Lower quartile	3.65	0	0
Upper quartile	9.35	15.5	0.35
Interquartile range	5.7	15.5	0.35
Coeff. of variation	56.6618	376.833	325.343

Variable:	Cu	Pb	Zn
Sample size	20	20	20
Average	600.85	4.85	383.2
Median	62.5	3	170
Variance	3.90623E6	111.292	354872
Minimum	3	0	10
Maximum	8911	48	2400
Range	8908	48	2390
Lower quartile	27.5	0	35.5
Upper quartile	183.5	4	375
Interquartile range	156	4	339.5
Coeff. of variation	328.937	217.516	155.457

Variable:	Co	Ni	Cr
Sample size	20	20	20
Average	200.75	135.8	142.6
Median	195	8	99.5
Variance	17501.5	117897	31223.5
Minimum	45	0	0
Maximum	515	1370	670
Range	470	1370	670
Lower quartile	95.5	0	51.5
Upper quartile	235	43	140
Interquartile range	139.5	43	88.5
Coeff. of variation	65.8994	252.843	123.914

Variable:	Mo	U	As
Sample size	20	20	20
Average	24.65	8.59	1112.45
Median	6.5	2.35	4
Variance	1587.92	372.565	9.38555E6
Minimum	0	0	0
Maximum	136	80	10002
Range	136	80	10002
Lower quartile	2	0.75	0.9
Upper quartile	26	4.65	32
Interquartile range	24	3.9	31.1
Coeff. of variation	161.658	224.703	275.389

Variable:	Sb	Hg	Sc
Sample size	20	20	20
Average	13.345	91.7	16.565
Median	0.5	0	16
Variance	2420.27	111793	143.358
Minimum	0	0	2.9
Maximum	221	1500	51.9
Range	221	1500	49
Lower quartile	0	0	5.95
Upper quartile	0.95	12.5	21.65
Interquartile range	0.95	12.5	15.7
Coeff. of variation	368.649	364.618	72.2803

Variable:	Br	Ba	Hf
Sample size	20	20	20
Average	5.675	261.5	6.65
Median	4.3	255	6.5
Variance	20.1199	62455.5	14.6605
Minimum	0	0	0
Maximum	16	790	15
Range	16	790	15
Lower quartile	2.55	0	4.5
Upper quartile	9	425	9.5
Interquartile range	6.45	425	5
Coeff. of variation	79.04	95.5683	57.5775

Variable:	Ta	W
Sample size	20	20
Average	3.155	1026.75
Median	2.75	764.5
Variance	5.69524	578230
Minimum	0	228
Maximum	8.5	2670
Range	8.5	2442
Lower quartile	1.5	422.5
Upper quartile	4.45	1400
Interquartile range	2.95	977.5
Coeff. of variation	75.6409	74.0603

Tab. 1) Statistische Grundparameter einiger Elemente verschiedener Vererzungstypen.

Principal Components Analysis

Component Number	Percent of Variance	Cumulative Percentage
1	24.62613	24.62613
2	22.81682	47.44295
3	16.97666	64.41961
4	14.26667	78.68629
5	5.92054	84.60682
6	5.04451	89.65133
7	3.35115	93.00248
8	2.76088	95.76336
9	1.79951	97.56286
10	1.16647	98.72933
11	.53673	99.26607
12	.26591	99.53197
13	.21436	99.74633
14	.12673	99.87306
15	.10851	99.98157
16	.01141	99.99298
17	.00495	99.99793
18	.00097	99.99890
19	.00094	99.99985
20	.00015	100.00000

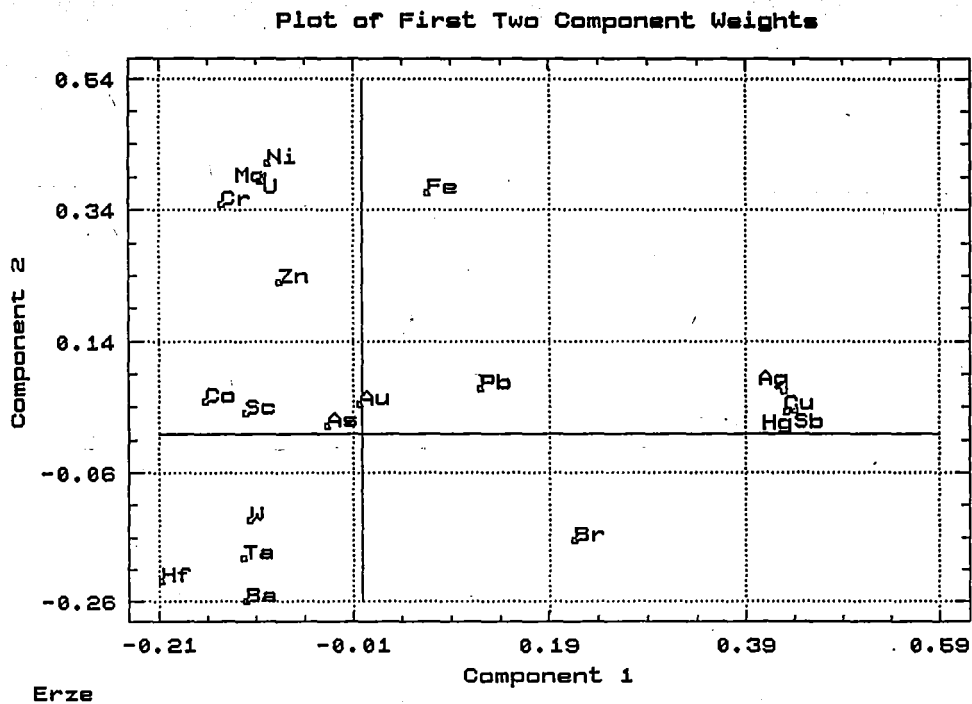


Abb. 2) Hauptkomponenten der Vererzungen (oben) und Ladung der beiden ersten Hauptkomponenten (unten).

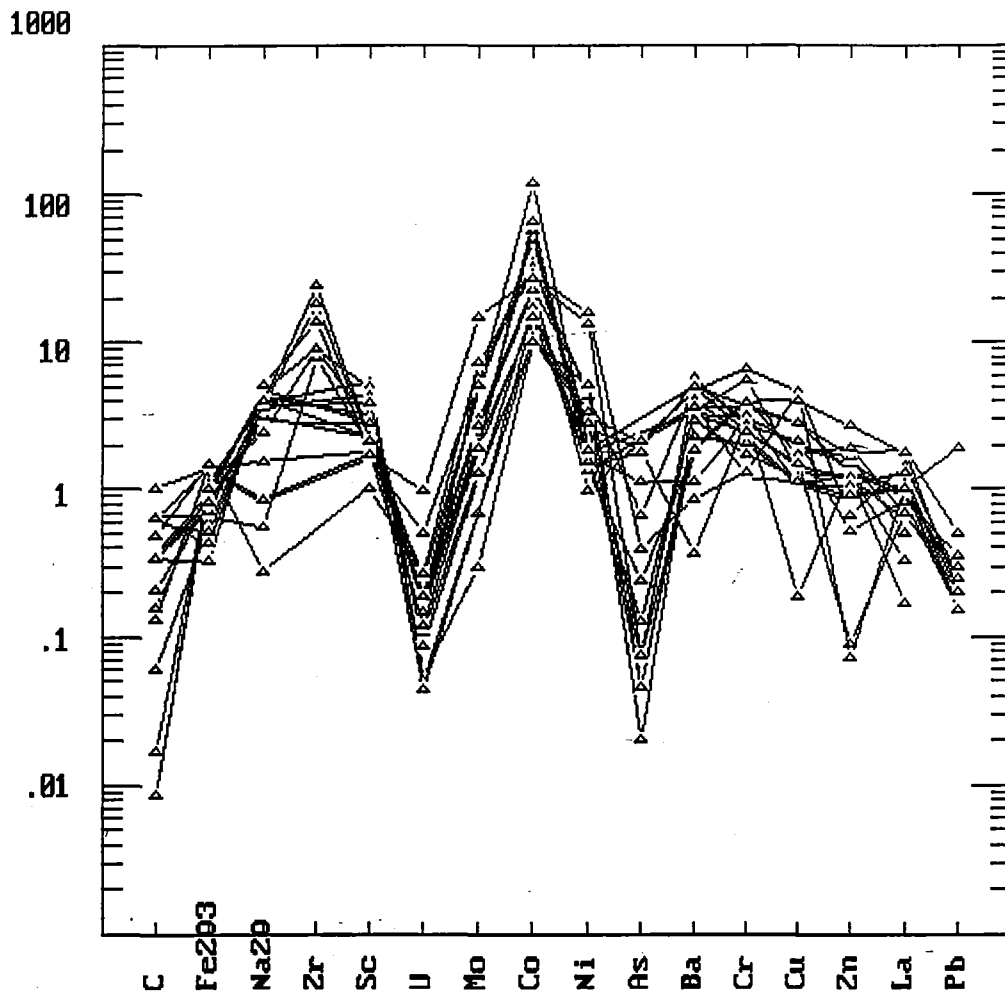


Abb. 3) Spiderdiagramm der Schwarzschiefer, normiert auf einen hypothetischen Schwarzschiefer (siehe Text).

Variable:	C	Fe	Au
Sample size	18	18	18
Average	1.24167	6.3	15.7778
Median	1.195	5.85	14.5
Variance	0.959826	6.77529	84.6536
Minimum	0.03	2.2	0
Maximum	3.59	11	40
Range	3.56	8.8	40
Lower quartile	0.47	4.4	9
Upper quartile	2.12	7.8	22
Interquartile range	1.65	3.4	13
Coeff. of variation	78.9026	41.3165	58.3145

Variable:	Ag	Cu	Pb
Sample size	18	18	18
Average	0.472222	143.389	5.61111
Median	0.3	111.5	4
Variance	0.231536	8081.43	76.3693
Minimum	0	13	0
Maximum	1.7	328	39
Range	1.7	315	39
Lower quartile	0.2	79	3
Upper quartile	0.6	198	5
Interquartile range	0.4	119	2
Coeff. of variation	101.897	62.6944	155.744

Variable:	Zn	Co	Ni
Sample size	18	18	18
Average	335	320.556	193.833
Median	355	235	113
Variance	35908.8	75076.6	43305
Minimum	0	100	49
Maximum	780	1210	810
Range	780	1110	761
Lower quartile	250	150	78
Upper quartile	440	350	220
Interquartile range	190	200	142
Coeff. of variation	56.566	85.477	107.359

Variable:	Cr	Mo	U
Sample size	18	18	18
Average	312.222	31.8333	11.1167
Median	300	23.5	8.45
Variance	18688.9	946.029	130.173
Minimum	120	4	2.3
Maximum	660	132	51.2
Range	540	128	48.9
Lower quartile	230	11	5.6
Upper quartile	380	43	11
Interquartile range	150	32	5.4
Coeff. of variation	43.7853	96.6207	102.633

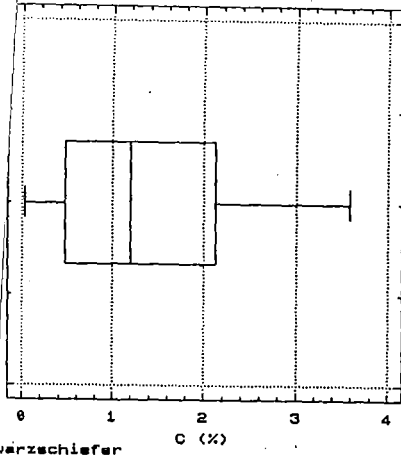
Variable:	As	Sb	Hg
Sample size	18	18	18
Average	35.4222	1.97222	49.6667
Median	9.55	0.65	2.5
Variance	2419.52	16.5586	13966.4
Minimum	0	0	0
Maximum	143	17.4	466
Range	143	17.4	466
Lower quartile	0	0.4	0
Upper quartile	51	1.3	16
Interquartile range	51	0.9	16
Coeff. of variation	138.864	206.327	237.945

Variable:	Sc	Br	Ba
Sample size	18	18	18
Average	27.2444	7.91111	971.111
Median	22.65	7	990
Variance	148.9	21.2846	224599
Minimum	10	1.1	110
Maximum	54	17	1700
Range	44	15.9	1590
Lower quartile	18	5.5	580
Upper quartile	32.3	10	1400
Interquartile range	14.3	4.5	820
Coeff. of variation	44.7888	58.317	48.8017

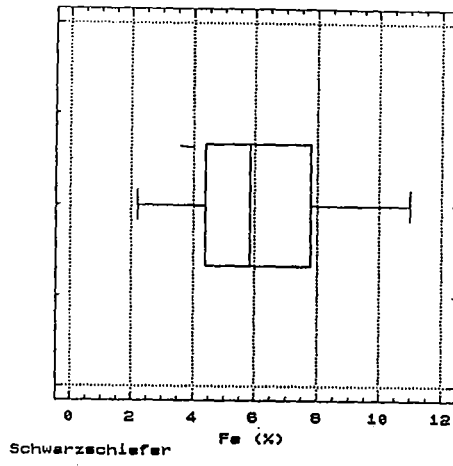
Variable:	Hf	Ta	W
Sample size	18	18	18
Average	10.2778	4.45556	1099.78
Median	9	4.1	985
Variance	20.2124	5.73908	522370
Minimum	3	0.6	139
Maximum	19	10	2770
Range	16	9.4	2631
Lower quartile	8	2.9	635
Upper quartile	11	5	1240
Interquartile range	3	2.1	605
Coeff. of variation	43.7431	53.7675	65.718

Tab. 3) Statistische Grundparameter einiger Elemente der Schwarzschiefer.

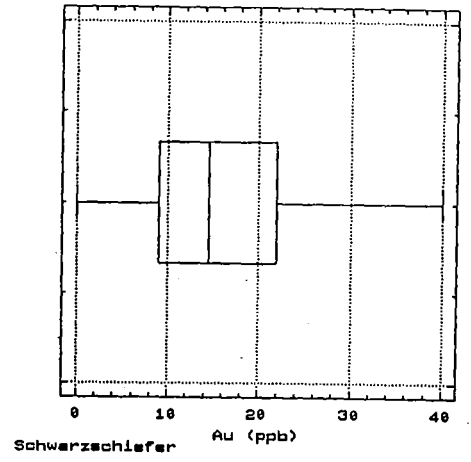
Box-and-Whisker Plot



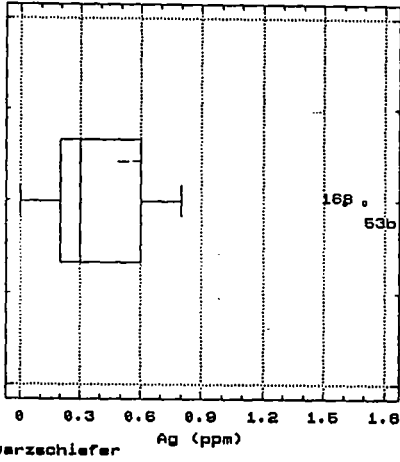
Box-and-Whisker Plot



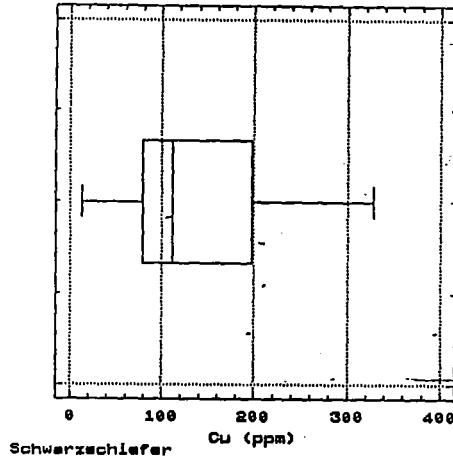
Box-and-Whisker Plot



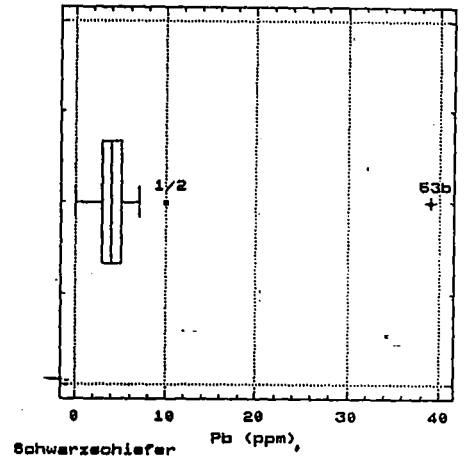
Box-and-Whisker Plot



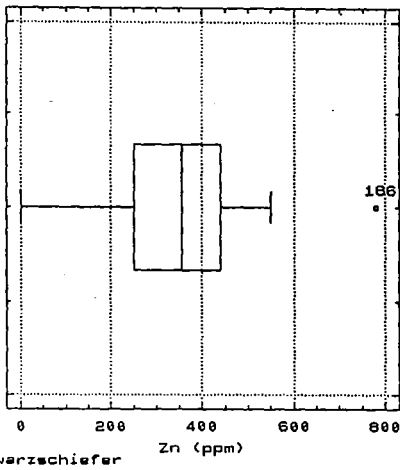
Box-and-Whisker Plot



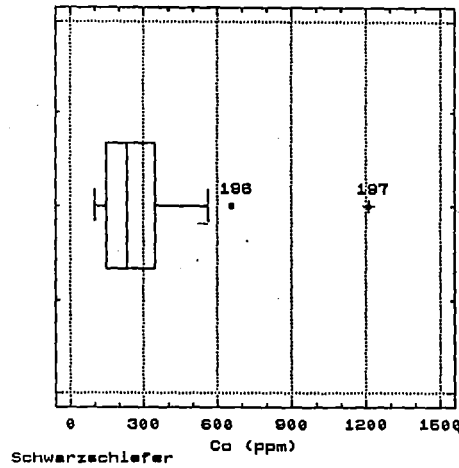
Box-and-Whisker Plot



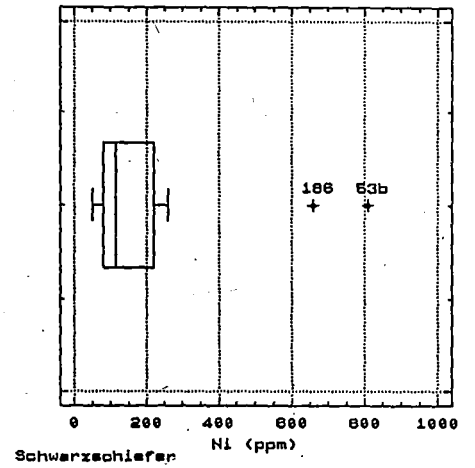
Box-and-Whisker Plot



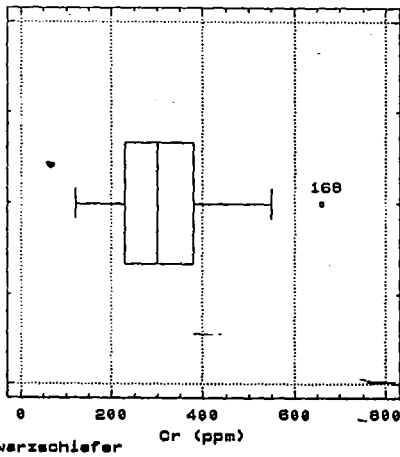
Box-and-Whisker Plot



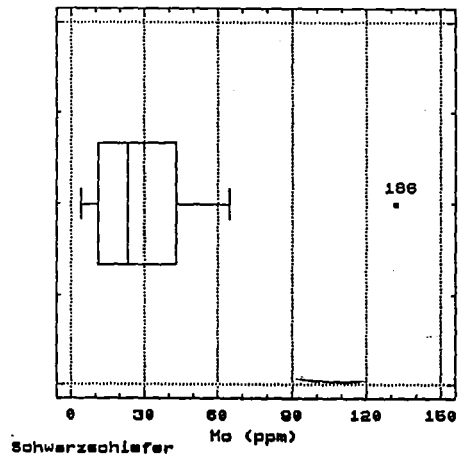
Box-and-Whisker Plot



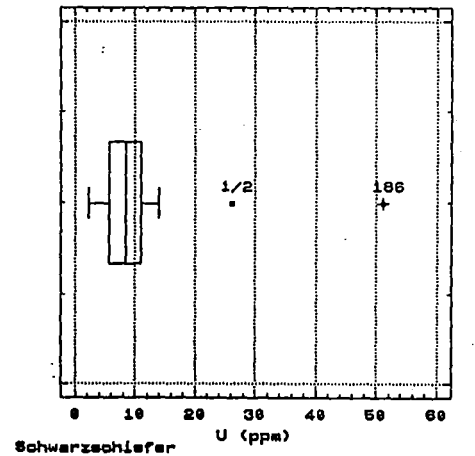
Box-and-Whisker Plot



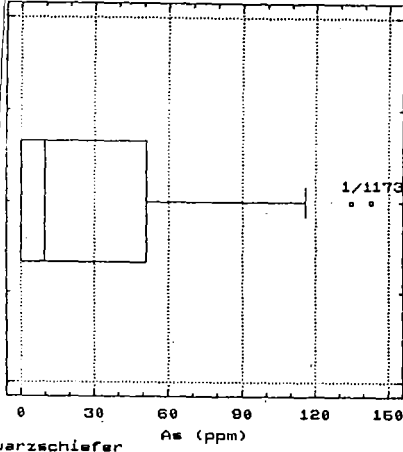
Box-and-Whisker Plot



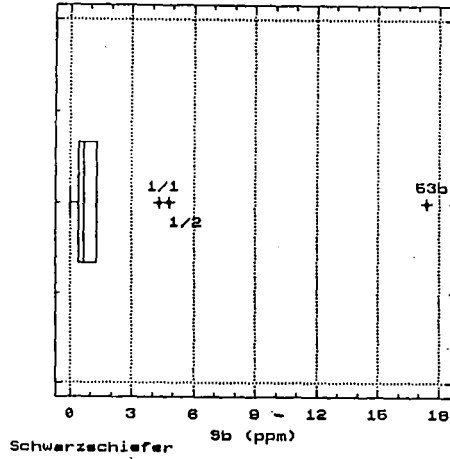
Box-and-Whisker Plot



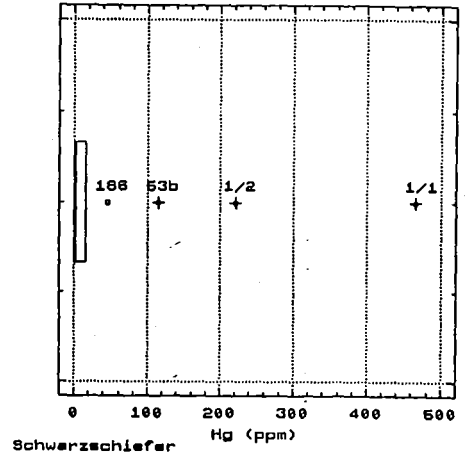
Box-and-Whisker Plot



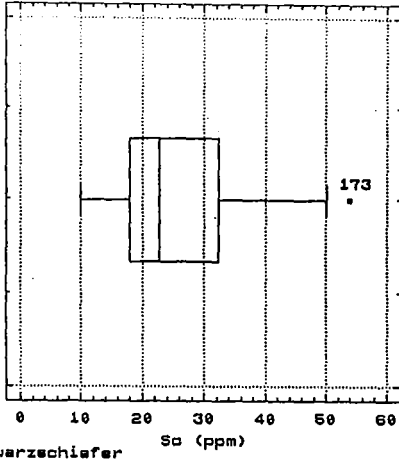
Box-and-Whisker Plot



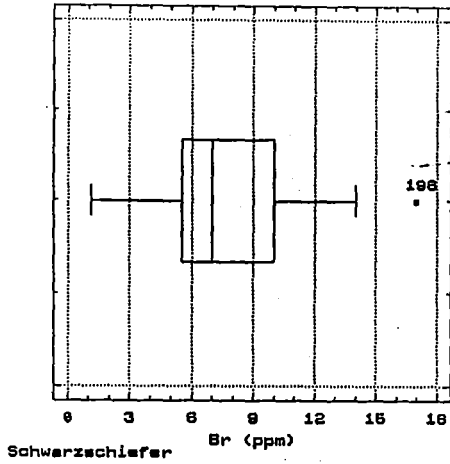
Box-and-Whisker Plot



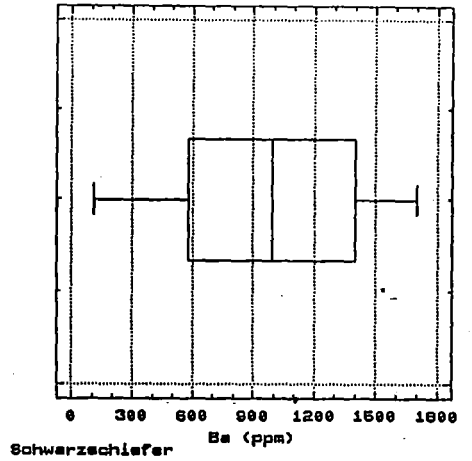
Box-and-Whisker Plot



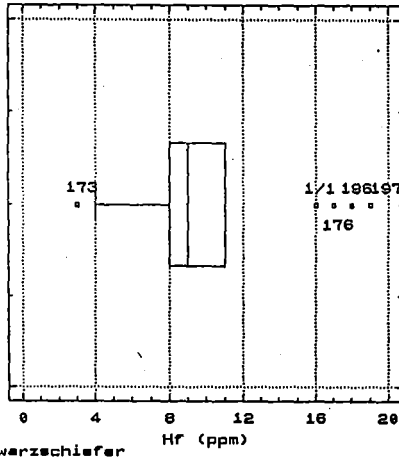
Box-and-Whisker Plot



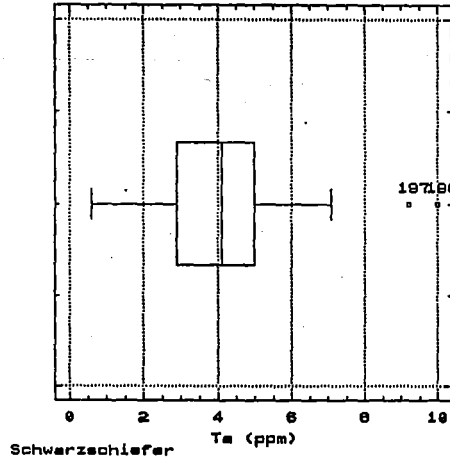
Box-and-Whisker Plot



Box-and-Whisker Plot



Box-and-Whisker Plot



Box-and-Whisker Plot

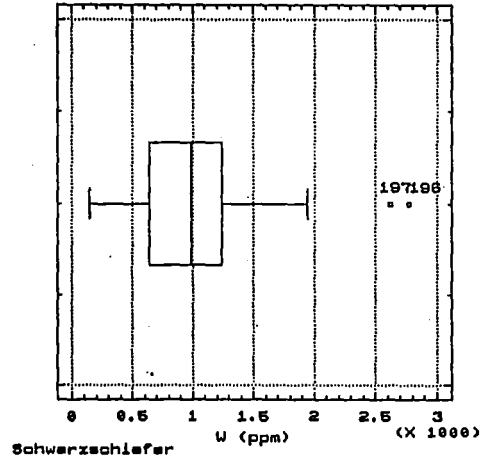


Abb. 4) Box & Whisker Plots einiger Elemente der Schwarzschiefer. Punktspezifikationen sind Probennummern.

Principal Components Analysis

Component Number	Percent of Variance	Cumulative Percentage
1	32.40754	32.40754
2	26.11229	58.51983
3	11.61580	70.13563
4	10.81876	80.95439
5	7.43111	88.38550
6	4.25846	92.64396
7	2.94318	95.58714
8	1.66683	97.25397
9	.93691	98.19088
10	.69675	98.88763
11	.35799	99.24563
12	.24818	99.49380
13	.19958	99.69339
14	.15036	99.84375
15	.10593	99.94968
16	.02833	99.97800
17	.01976	99.99777
18	.00145	99.99922
19	.00050	99.99972
20	.00026	99.99997
21	.00003	100.00000

Tab. 5) Hauptkomponenten der Schwarzschiefer.
Die beiden ersten Hauptkomponenten erklären mehr als 58%
der Gesamtvarianz.

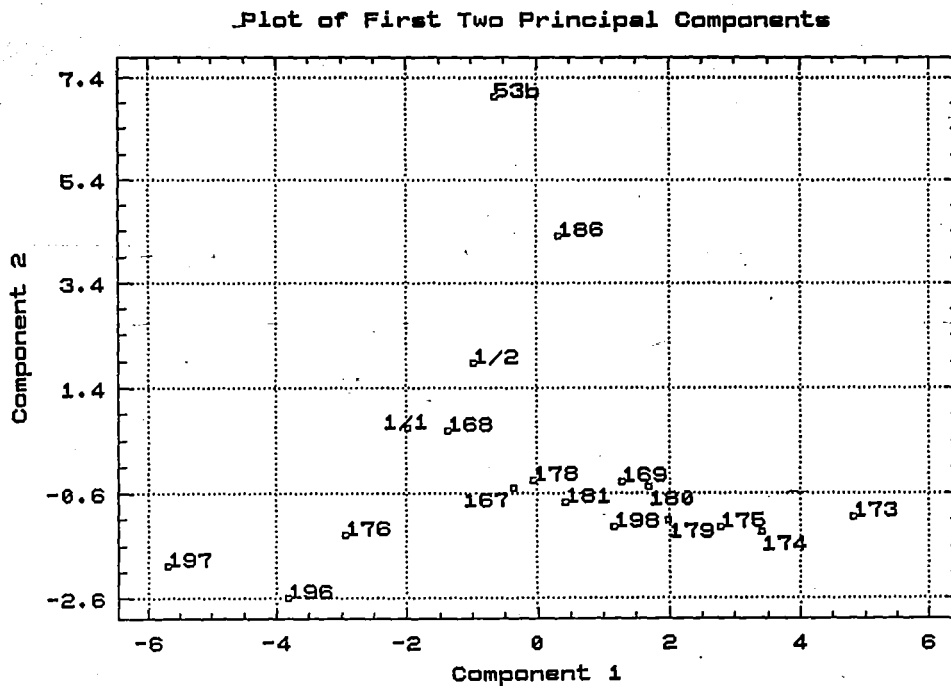
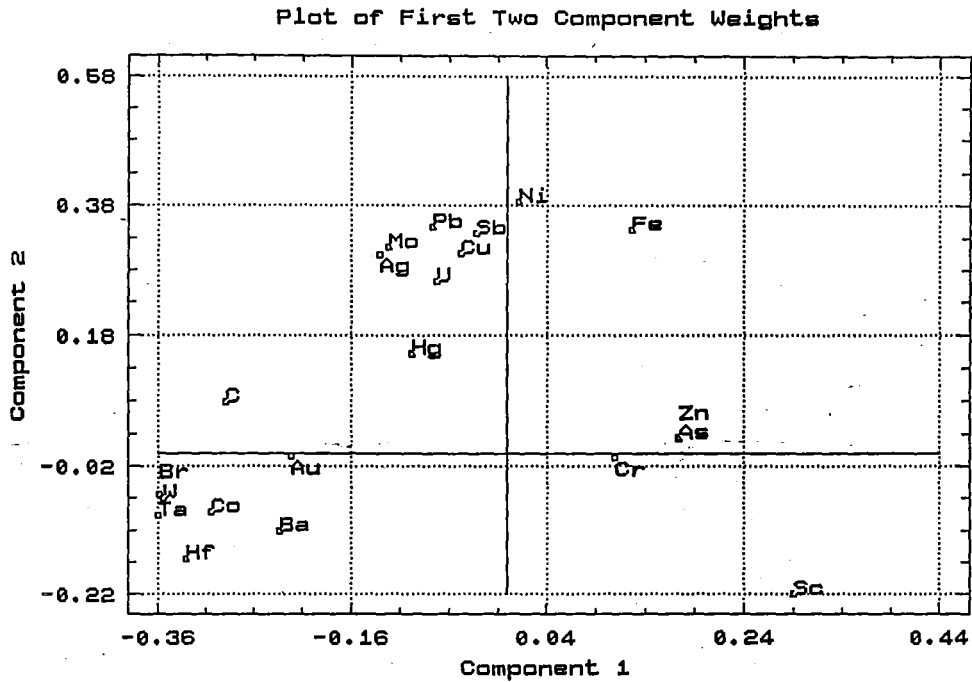


Abb. 5a) (oben) Ladung der beiden ersten Hauptkomponenten der Schwarzschiefer.
 5b) (unten) Schwarzschieferproben in Relation zu den beiden ersten Hauptkomponenten. Metallreiche Schwarzschiefer werden im wesentlichen durch Komponente 2 beeinflusst

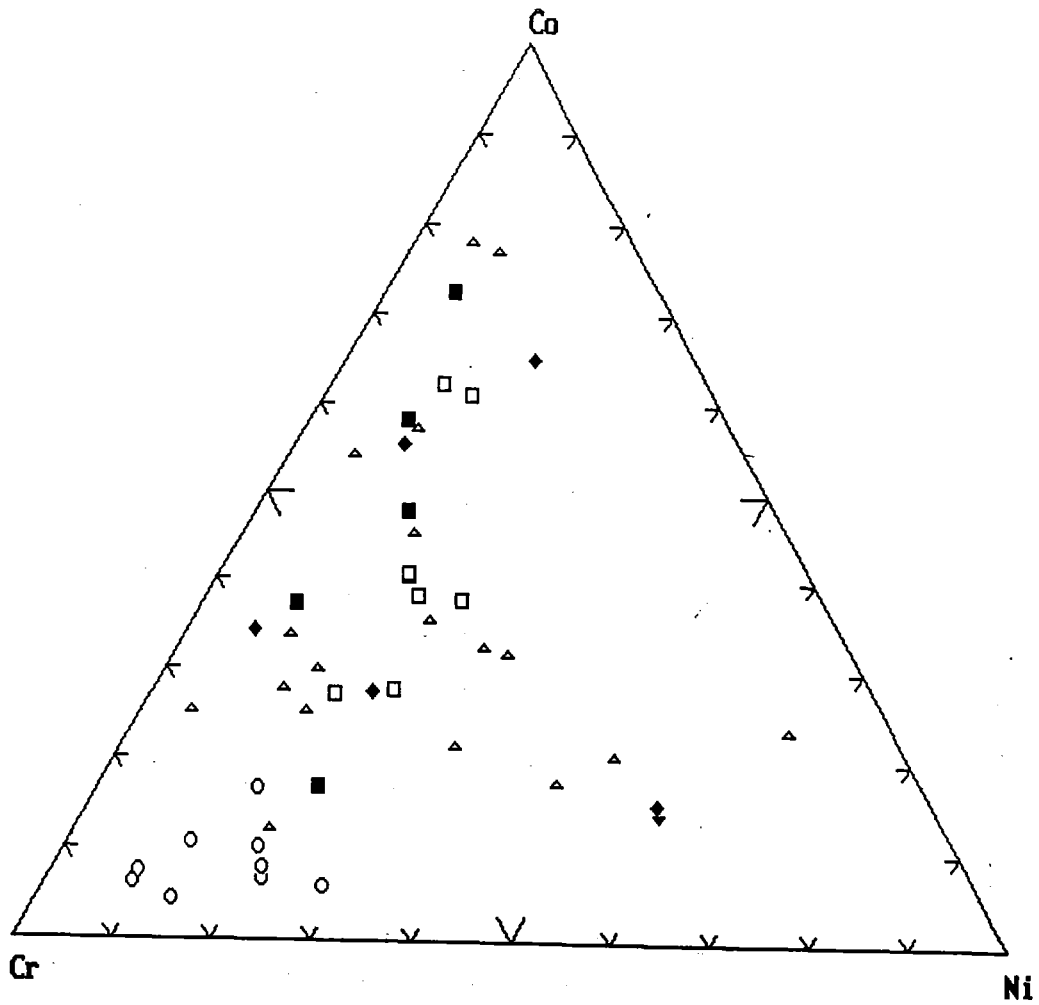
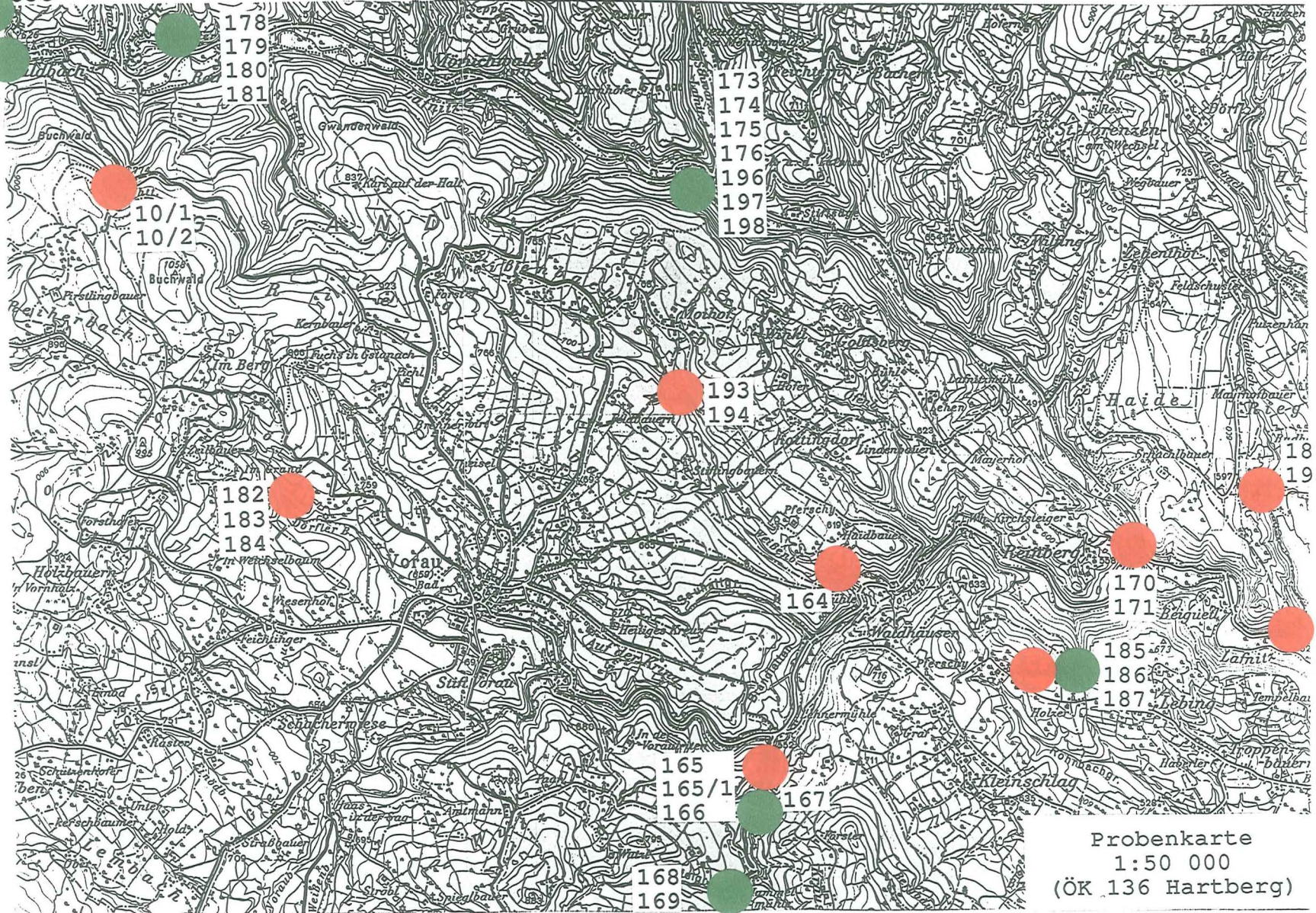


Abb. 6) Co-Ni-Cr-Dreiecksdiagramm für Schwarzschiefer (▲), verschiedene Vererzungstypen (◆), vererzte Hornblendegneise (■), unvererzte Hornblendegneise (□), und Metagabbros (○).

53a
53b
53c

1/1
1/2



● Schwarzschiefer
● Vererzungen