



Geochemie und Mineralogie der Oberkreidezementmergel von Wietersdorf (Kärnten)

WILFRIED GRITZ, CLEMENS REIMANN & LEOPOLD WEBER*)

27 Abbildungen und 1 Tabelle

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blatt 186

Österreich
Kärnten
Oberkreide
Zementmergel
Geochemie

Inhalt

Zusammenfassung	35
Abstract	35
1. Einleitung – Problemstellung	36
2. Geologischer Überblick	36
3. Gesteinstypen im Mergelbruch der Wietersdorfer Zementwerke	37
3.1. Regionale Verteilung und Häufigkeit der Gesteinstypen im Mergelbruch	38
3.2. Mineralbestand	38
4. Geochemie	38
4.1. Hauptelementgehalte – Boxplotvergleiche der Analysenergebnisse – Univariate Verteilungskarten	41
4.2. Spurenelementgehalte – Boxplotvergleiche der Analysenergebnisse – Univariate Verteilungskarten	41
5. Diskussion der Ergebnisse	41
Literatur	56

Zusammenfassung

Geländekundliche Untersuchungen ergeben sechs makroskopisch differenzierbare Gesteinstypen im Mergelbruch der Wietersdorfer Zementwerke. Karbonattitrationen an rund 200 Proben lassen nach ÖNORM G1046 (1985) insgesamt acht Ton-Mergel-Kalksteinvarietäten unterscheiden, die sich durch ihre lithologische Zusammensetzung, ihren strukturellen Aufbau sowie ihre Korngrößen unterscheiden. Kalzit, Quarz, untergeordnet Helliglimmer, Dolomit und Feldspat sind neben den Tonmineralien Illit, Smektit, Chlorit, Kaolinit, Vermikulit und untergeordnet „Fireclay“ Hauptbestandteile der Oberkreidesedimente. Es dominieren Mergelkalke vor mergeligen Kalksteinen, gefolgt von Kalkmergeln, Mergeln, reinen Kalken und untergeordnet mergelig-tonigen Gesteinen.

Dynamische Ablagerungsbedingungen (turbidity currents) haben häufig zu starken, makroskopischen und mikroskopischen, lithologischen Heterogenitätserscheinungen geführt. Im Vergleich zu Standardwerten für karbonatische Sedimente ergeben eingehende geochemisch-statistische Analysen generell karbonat-, Si-, Fe-, K-, P-, Rb-, Sr-, Ba-reiche, mäßig Al-, Ti-reiche sowie an Mg arme Gesteine. Die Elementgehaltsschwankungen korrespondieren sehr stark mit den unterschiedlichen Gesteinstypen bzw. Kartiereinheiten und lassen die chemisch-lithologische Einteilung des Mergelbruchs in vier relativ einheitliche Stockwerke zu.

Durch verschiedene, sich überschneidende statistische Auswertungen, wie der Kartierung von einzelnen Haupt- und Spurenelementen oder der Boxplot-Darstellung läßt sich anhand diverser Verteilungsmuster und der chemischen Variationsbreite die praktische Bedeutung bzw. Anwendbarkeit der Ergebnisse aufzeigen. Als Konsequenz ermöglicht diese Vorgangsweise in weiterer Folge für einen Betrieb eine leichter zu steuernde, qualitätsorientierte Abbauphase des vorhandenen Rohmaterials speziell im Hinblick auf ökonomische Rahmenbedingungen (Energiekosten) sowie heutzutage besonders wichtig gewordene ökologische Aspekte (Emission).

Geochemistry and Mineralogy of Upper Cretaceous Cement Marls from Wietersdorf (Carinthia)

Abstract

Based on field investigations six macroscopically different rock-types could be distinguished in the marl-quarry of the Wietersdorf cement factory. Carbonate titrations of about 200 samples led to eight different clay-marl- and limestone varieties, referring to ÖNORM G1046 (1985). They differ in lithological and structural compositions as well as in grain sizes. Calcite, quartz, minor mica, dolomite and feldspar form the main constituents of the

*) Anschrift der Verfasser: Mag. Dr. WILFRIED GRITZ, Reinprechtsdorferstr. 48/15, A-1050 Wien; Univ.-Doz. Dipl.-Min. Dr. CLEMENS REIMANN, Geological Survey of Norway, Leiv Eriksons vei 39, N-7040 Trondheim; MR. Univ.-Doz. Dr. LEOPOLD WEBER, Gentzgasse 129/2/45, A-1180 Wien.

upper cretaceous sediments. Clay-minerals, such as illite, smectite, chlorite, kaolinite, vermiculite and occasionally fireclay occur as minor constituents. The dominating marl-limestones ("Mergelkalke") are followed by marly limestones ("mergelige Kalksteine"), limestone-marls ("Kalkmergel"), marls ("Mergel"), pure limestones ("reine Kalke") and some marly-clayey rocks ("mergelig-tonige Gesteine"); (terms according to ÖNORM).

Dynamic sedimentary conditions (turbidity currents) frequently lead to strong macroscopically as well as microscopically, lithological heterogeneities.

In comparison with standard values for carbonate sedimentary rocks, detailed geochemical-statistical analysis shows generally carbonate-, Si-, Fe-, K-, P-, Rb-, Sr-, Ba-rich, minor Al-, Ti-rich and Mg-poor rocks. The chemical variations correspond strongly with the different rock-types and lithological units, so that the marl-quarry could be divided into four relatively homogeneous sections. By using different overlapping statistical evaluations, such as the mapping of various major and trace elements and box-plot diagrams, showing certain distribution patterns and chemical variations, the practical value of the results becomes evident. This procedure enables a company to exploit the available raw material controlled and quality orientated. Special care can as well be taken of economical (cost of energy to burn the raw material) and ecological aspects (emission).

1. Einleitung – Problemstellung

Die vorliegende Arbeit ist ein Auszug einer umfangreichen Dissertation (GRITZ, 1992) am Institut für Geologie der Universität Wien.

Die Aufgabenstellung war die geologisch-lithologische Kartierung des Mergelbruchs der Wietersdorfer Zementwerke unter besonderer Berücksichtigung der geochemischen und mineralogischen (speziell auch Korngrößen und Gefüge) Besonderheiten der einzelnen Gesteinstypen. Die bisherigen, zum Teil sehr ausführlichen geologischen Untersuchungen (THIEDIG, 1975a; NEUMANN, 1987, 1989; WILKENS, 1985) befaßten sich im wesentlichen mit Fossilbestand, Ablagerungsbedingungen und Alterseinstufungen der Gesteine. Für die Abbauplanung und letztendlich auch die Klinkerqualität sind jedoch völlig andere Fragestellungen von Bedeutung. Der Klinkerbrennprozeß im Drehrohrofen ist mit einem großtechnischen Kristallzüchtungsprozeß, bei dem es auf die chemische Zusammensetzung und Homogenität des eingesetzten Rohmehles ankommt, vergleichbar. Auch der Mineralbestand und vor allem die Korngrößen der Minerale des Ausgangsgesteins (z.B. schwer mahlbarer Quarz) können durchaus die Qualität des erbrannten Klinkers beeinflussen. Die vorliegende Arbeit sollte daher bisher fehlende Grundlagen für die Abbauplanung, aber auch für Betriebsversuche und/oder die Störungssuche, liefern.

Für eine Reihe von Elementen (z.B. MgO, P₂O₅, Cl) gibt es Grenzwerte, die im Klinker oder im daraus hergestellten Zement nicht überschritten werden dürfen.

SO₃ im Rohgestein beeinflusst als Sulfatschwefel das Emissionsverhalten eines Drehrohrofens nachhaltig.

Die Verteilung dieser Elemente im Steinbruch sollte daher bekannt sein.

Als Basis der Arbeiten wurde das Steinbruchareal möglichst flächendeckend repräsentativ beprobt. Das Resultat waren eine lithologische Karte des Steinbruchs nach Feldansprache sowie rund 200 Gesteinsproben. Die Gesteinsproben wurden chemisch auf 26 Elemente (Al₂O₃, CaO, Fe₂O₃, K₂O, MgO, Na₂O, P₂O₅, SiO₂, SO₃, TiO₂; As, Ba, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sr, Th, U, V, Zn, Zr) sowie CaCO₃, Glühverlust und CO₂ analysiert. Ausgewählte Proben wurden detailliert mikroskopiert und – speziell der Tonmineralbestand – mit Röntgendiffraktion näher untersucht.

Die Daten wurden einer detaillierten, computerunterstützten graphischen statistischen Analyse unterzogen und alle wichtigen Parameter in Verteilungskarten dargestellt. Über den Umfang dieser Publikation hinausgehend wurden Brennbarkeitsversuche an Rohmehlmischungen aus den verschiedenen Gesteinsvarietäten durchgeführt.

2. Geologischer Überblick

Der Mergelbruch der Wietersdorfer Zementfabrik (ÖK 186) besteht im wesentlichen aus drei etwa 0,75 km langen Etagen, die an ihren Enden von teilweise über die Höhe aller dieser drei Etagen reichenden Nebenebenen begrenzt werden (siehe W. GRITZ, 1992, Beilage 1, Geologische Karte).

Unmittelbar hinter (westlich) und etwas nördlich des Werksgebietes liegen die aufgelassenen, alten Steinbrüche (siehe Abb. 1, Bereich EW und EZ). Gleich südlich an die Mergelbrüche anschließend liegen die Kalkbrüche. Entsprechend detaillierter Fazies- und Fossilienuntersuchungen von VAN HINTE (1963), LEGGWIE & THIEDIG (1977), ELGARAFI (1970), LEGGWIE (1970), RÜHL (1970) THIEDIG (1975a) sowie NEUMANN (1987, 1989) stellen die Mergel-Kalk-Wechselfolgen des Mergelbruchs und seiner näheren Umgebung Oberkreidesedimente dar.

Die auf einem Umkreis von etwa 100 km² verbreitete Gosautwicklung der Oberkreide des Krappfeldes bildet nach TOLLMANN (1977) den hangendsten, oberostalpinen Teil der Gurktaler Decke.

Zu den älteren Gesteinen ist die Oberkreide weitgehend durch Störungen begrenzt, sodaß die Ablagerungen ein Erosionsrelikt eines ehemals weit über seine heutige Verbreitung hinaus reichenden Sedimentationsbeckens darstellen (LEGGWIE & THIEDIG (1977).

Dabei ist der Hauptanteil der Schichtfolge als Ergebnis einer Turbiditfazies zu verstehen (ELGARAFI (1970; LEGGWIE (1970; RÜHL (1970; THIEDIG (1975a). Sedimente kretazischer Randfaziesbereiche treten nur noch in Form spärlicher Reste auf.

Entsprechend den Vorstellungen von VAN HINTES (1963), besitzt der heute noch erhaltene Teil der Abfolge eine Gesamtmächtigkeit von 2000 m. Aus Mächtigkeitsangaben von BECK-MANNAGETTAS (1980) zu den postvariszischen Sedimenten läßt sich ein anderes Extrem ableiten. Danach ist die Oberkreide weniger als 700 m mächtig. Wahrscheinlich erscheint aber eine Gesamtmächtigkeit von 1500 m (NEUMANN (1987 und 1989).

Die mächtige Gosau des Krappfeldes ist die westlichste der vier bekannten Oberkreidevorkommen im Bereich der ostalpinen Zentralzone.

Lithostratigraphisch sind die liegenden Anteile der Gosau durch Grobklastika (Brekzien, Konglomerate), die mittleren durch einen hohen Anteil an Mergeln und der hangendste Bereich durch stark sandige bis schottrige Quarzlagen und bankige Kalke charakterisiert.

Die flyschartigen Kreidesedimente im Krappfeld sind teilweise von tertiären und quartären Ablagerungen bedeckt.

Abb. 1.
Verteilung der nach ÖNORM G1046
auftretenden Gesteinstypen im Un-
tersuchungsgebiet.

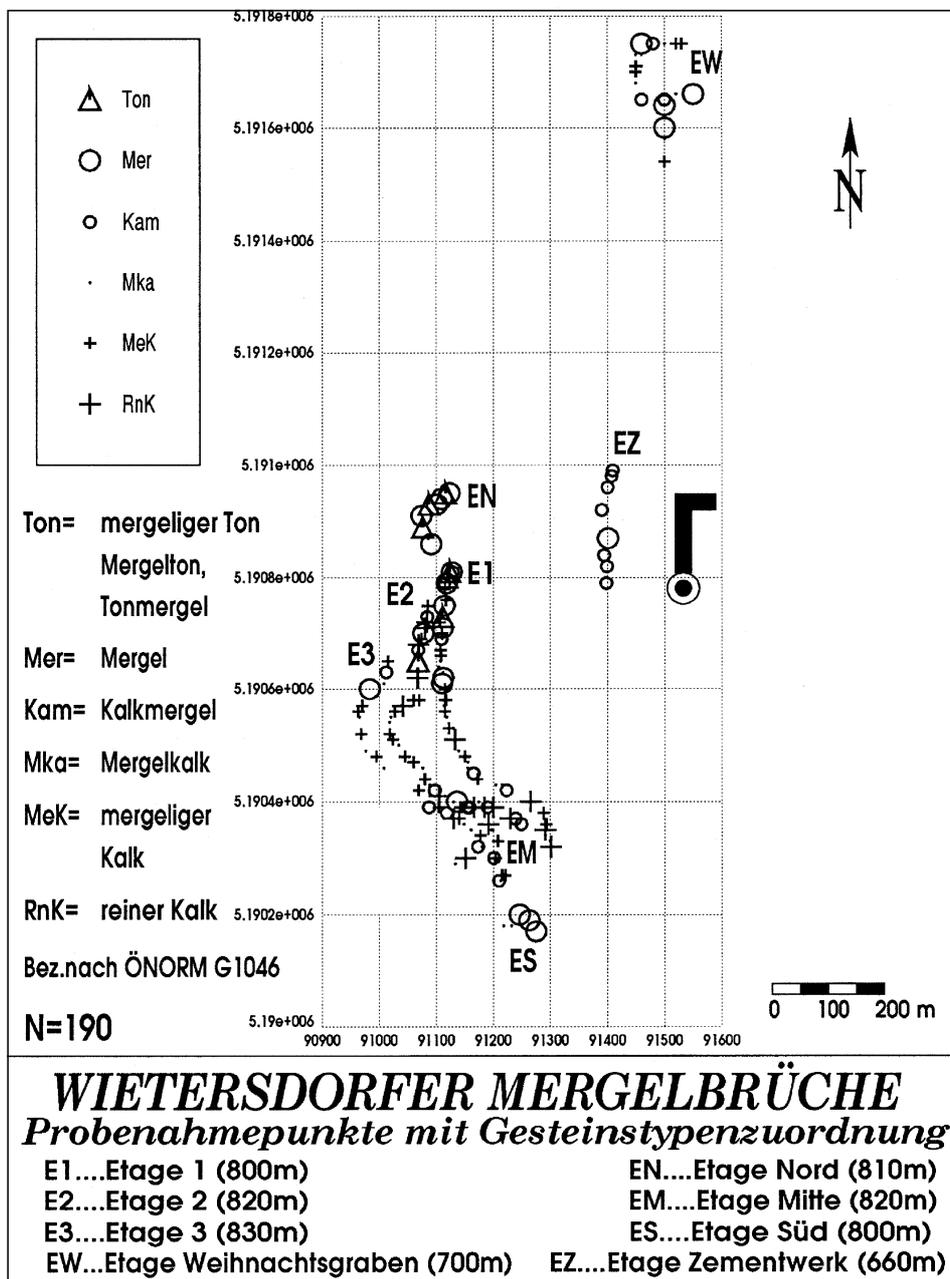
3. Gesteinstypen im Mergelbruch der Wietersdorfer Zementwerke

Zusätzlich zum schon makroskopischen inhomogenen Erscheinungsbild zeigt die bunte, rasch wechselnde Abfolge der flyschartig entwickelten oberkretazischen Sedimente auch mikrostrukturell sehr heterogene Erscheinungsformen. Diese werden durch sehr dynamische Sedimentationsmechanismen, wie Turbidit- und seltener „debris flow“-Transportprozesse verursacht (NEUMANN, 1989). So ist mit zuweilen recht starken lithologischen Schwankungen innerhalb kürzester Distanzen zu rechnen. Sehr typisch ist die häufige Einlagerung von schlammigen, tonigen oder mergeligen Partien in das gröberkörnige Karbonatsubstrat verschiedenster Kalk- oder Kalkmergeltypen.

Im allgemeinen ist ein Zunehmen der Inhomogenitäten innerhalb eines Gesteinstyps vom Liegenden ins Hangende (von N gegen S) zu beobachten. Andererseits erfolgen lithologische Wechsel in tieferen Niveaus (im N) des Mergelbruchs auf wesentlich kürzeren Distanzen (cm-Bereich) als in den höheren Stockwerken. Ebenso ist eine Tendenz zur Korngrößenzunahme sowie zum häufigeren Auftreten von brekziösen Varietäten gegen das Hangende (S) hin feststellbar. Dies steht im Einklang mit dem allgemeinen Zunehmen des Karbonatgehaltes in Richtung S und der Fazieseinteilung (vgl. NEUMANN, 1987 und 1989).

Grundsätzlich lassen sich sechs Gesteinstypen im Mergelbruch makroskopisch unterscheiden, wobei kontinuierliche Übergänge innerhalb dieser Gesteine vorliegen können. Außerdem kann es innerhalb eines Typs lokal zu recht starken lithologischen Schwankungen kommen.

Kennzeichnend ist die wiederholte Kalk-Mergel-Wechselagerung, wobei die in der Regel mächtigeren Kalkfol-



gen meist bankigen Charakter aufweisen und die Mergel häufig nur in Form von dünnen, verwitterungsanfälligen Zwischenlagen aufgeschlossen sind.

Aufgrund der häufig sehr heterogenen Zusammensetzung innerhalb eines Gesteinstyps wurden für die Geländekartierung bzw. -beprobung vereinfachte Gesteinsbezeichnungen gewählt (Tonmergel, Mergel, Kalkmergel, Kalk).

Die Problematik der jeweiligen Gesteinstypinhomogenitäten im Mergelbruch zeigt sich besonders deutlich an den RFA-Ergebnissen. So kann es sein, daß makroskopisch ident erscheinende Typen teilweise sehr kontrastierende Chemismen aufweisen.

Anschließend an die labormäßige CaCO₃-Bestimmung aller Proben mittels Titration wurden die Geländebezeichnungen nach den Ergebnissen im Karbonatgehalt genauer definiert und fallweise umgeändert. Dafür wurde die Klassifizierung nach ÖNORM G1046 Teil 3 (1985) verwendet.

Die weiteren mineralogischen und geochemisch-statistischen Auswertungen wurden dann auf der Grundlage dieser Einteilung durchgeführt (Tabelle 1).

Tabelle 1.
Kalk-Mergel-Ton-Klassifizierung [% CaCO₃].
Nach BENTZ & MARTINI (1969).

Reinster Kalk*)	99–100
Hochreiner Kalk*)	98– 99
Reiner Kalk	95– 98
Mergeliger Kalkstein	85– 95
Mergelkalk	75– 85
Kalkmergel	65– 75
Mergel	35– 65
Tonmergel	25– 35
Mergelton	15– 25
Mergeliger Ton	5– 15
Hochprozentiger Ton*)	0– 5

*) nicht im Mergelbruch vertreten.

3.1. Regionale Verteilung und Häufigkeit der Gesteinstypen im Mergelbruch und in der näheren Umgebung

Die Hauptmasse der Gesteine im Mergelbruch sind Mergelkalke (33 %), mergelige Kalksteine (24 %) und Kalkmergel (16 %).

Die dominierenden Mergelkalke sind, ausgenommen auf Etage Nord und Etage Zementwerk (siehe Abb. 1), als einzige Gruppe relativ gleichmäßig über den gesamten Mergelbruch verteilt. Sie bilden die Grundmasse, in der alle übrigen Gesteinstypen mit mehr oder weniger starken lokalen Schwankungen eingelagert sind.

Untergeordnet treten reine Kalke (9 %), Mergel (13 %), Tonmergel (2 %), Mergeltone (2 %) sowie mergelige Tone (1 %) auf. Grundsätzlich läßt sich im Mergelbruch ein Zunehmen im Karbonatgehalt von N nach S, also vom Liegenden ins Hangende feststellen. In etwa ähnlicher Weise verhalten sich die Korngrößenverhältnisse. Abb. 1 zeigt die Verteilung der nach ÖNORM G1046 auftretenden Gesteinstypen im Untersuchungsgebiet.

3.2. Mineralbestand

Die Ermittlung des qualitativen und semiquantitativen Mineralbestandes erfolgte mittels Röntgendiffraktometrieanalyse (RDA) am Gesamtgestein (Gesamtmineralbestand) und an der 2 μ -Fraktion (Tonmineralbestand), teils am Inst. f. Geologie der Univ. Wien und teils am Inst. f. Baugeologie der Univ. f. Bodenkultur in Wien. Einzelne Minerale und strukturelle Zusammenhänge wurden mittels Dünnschliffmikroskopie näher untersucht und charakterisiert (s. dazu W. GRITZ, 1992).

Die wichtigsten Minerale der generell textuell unreifen Sedimente sind Kalzit, Quarz, Hellglimmer und Tonsubstanz. Quarz kann in den brekziösen Varietäten, neben den bis cm-großen lithischen Fragmenten, eine Größe von etlichen mm erreichen. Dolomit ist bis auf den Bereich Weihnachtstgraben, wo er am stärksten auftritt, im Mergelbruch selbst nur in geringen Mengen vorhanden. Auch Feldspat (Albit) ist fallweise in sehr geringen Mengen anzutreffen.

Die tonig-mergeligen Abfolgen aus dem Nordteil des Steinbruchs weisen verhältnismäßig hohe Illit- und geringe Smektitgehalte auf. Im Gegensatz dazu enthalten die, nur in Form von linsenhaften Einschaltungen vorkommenden, fast reinen Tone (mergelige Tone) hauptsächlich Vermikulit, gefolgt von Smektit und nur sehr wenig Illit.

Die tonmineralogische Zusammensetzung der am häufigsten vorkommenden Mergelkalke ist durch starke lo-

kale Schwankungen gekennzeichnet. So zeichnen sich die Vorkommen im Mergelbruch durch hohe Smektitgehalte und relativ geringe Illitgehalte sowie durch das Fehlen von Vermikulit aus. Die Mergelkalke aus der Umgebung Weihnachtstgraben hingegen enthalten die höchsten Vermikulitgehalte überhaupt, weisen aber nur Spuren von Smektit und Kaolinit auf, die in den anderen Gesteinstypen in wechselnder Menge immer vorhanden sind. Im Vergleich zu den anderen Gesteinstypen weist die Gruppe der Kalkmergel die höchsten Smektitgehalte auf. Hingegen sind die Illit- und Chloritgehalte relativ gering. Im allgemeinen kann eine Tendenz in der Zunahme des Smektitanteils gegen das Hangende (S) des Mergelbruchs festgestellt werden.

Akzessorisch treten noch, vor allem in den tonig-mergeligen Varietäten, opake selbstständige Fe-Verbindungen (i. allg. amorphes Ferrihydroxid) und amorphe Titanoxidpartikel in Form von fein verteilten, in der Matrix eingestreuten Nadelchen (Erzfliitter) auf.

In den karbonatreichen Gesteinen, besonders in den mergeligen Kalken finden sich auch akzessorische Schwefelminerale, wie Cölestin, Pyrit oder Markasit, auf deren Existenz, wegen der geringen Mengen, jedoch nur indirekt, aufgrund eines Vergleichs der RFA-Ergebnisse mit den mineralogischen Befunden (RDA) geschlossen werden kann (s. auch Kap. 5).

Die Abb. 2–6 geben eine Übersicht über den Gesamt- und Tonmineralbestand der einzelnen Gesteinstypen im Mergelbruch.

Die Gesamtmineralbestände sind, aufgrund der geringen Schwankungen innerhalb eines Gesteinstyps, als Mittelwerte angegeben, während die Tonmineralbestände beispielhaft von einzelnen Proben explizit dokumentiert wurden, da es hier innerhalb einzelner Gesteinstypen recht starke Abweichungen geben kann und daher Mittelwerte nicht repräsentativ sind.

4. Geochemie

Haupt- und Spurenelemente wurden mittels Röntgenfluoreszenz (Philips PW 1404) an Schmelztabletten im Labor der Wietersdorfer Zementwerke analysiert. Die Ermittlung der SO₃- und CO₂-Werte erfolgte mittels Infrarotanalysator (Rosemount CSA 5003Z). SO₃ wurde sowohl mit RFA als auch mit dem CSA bestimmt. Die Ergebnisse korrelieren gut, allerdings wurden mit dem CSA etwas höhere SO₃-Gehalte gefunden.

Um die Konsistenz der Meßergebnisse zu gewährleisten, wurden diverse Duplikat- und Doppelprobenanalysen durchgeführt, wobei die Reproduzierbarkeit der Messungen im allgemeinen sehr gut ausgefallen ist. Die Eichung der RFA beruht auf 273 internationalen Gesteinsstandards.

Die graphisch-statistische Auswertung erfolgte mittels DAS (Data-Analysis-System), einer Softwareentwicklung der EDAS-Gruppe (Exploratory Data Analysis Service), Wien. Dabei sollten die signifikanten chemischen Merkmale anhand von ausgewählten, sich selbst erklärenden Graphiken auf einem Blick sichtbar gemacht werden. Die Vorteile von EDA gegenüber den herkömmlichen, klassischen Statistiken sind bei KÜRZL et al. (1985) ausführlich diskutiert und dokumentiert. Zum Einsatz der Explorativen Datenanalyse und Robuster Statistik für geowissenschaftliche Fragestellungen sei auch auf ROCK (1988) verwiesen.

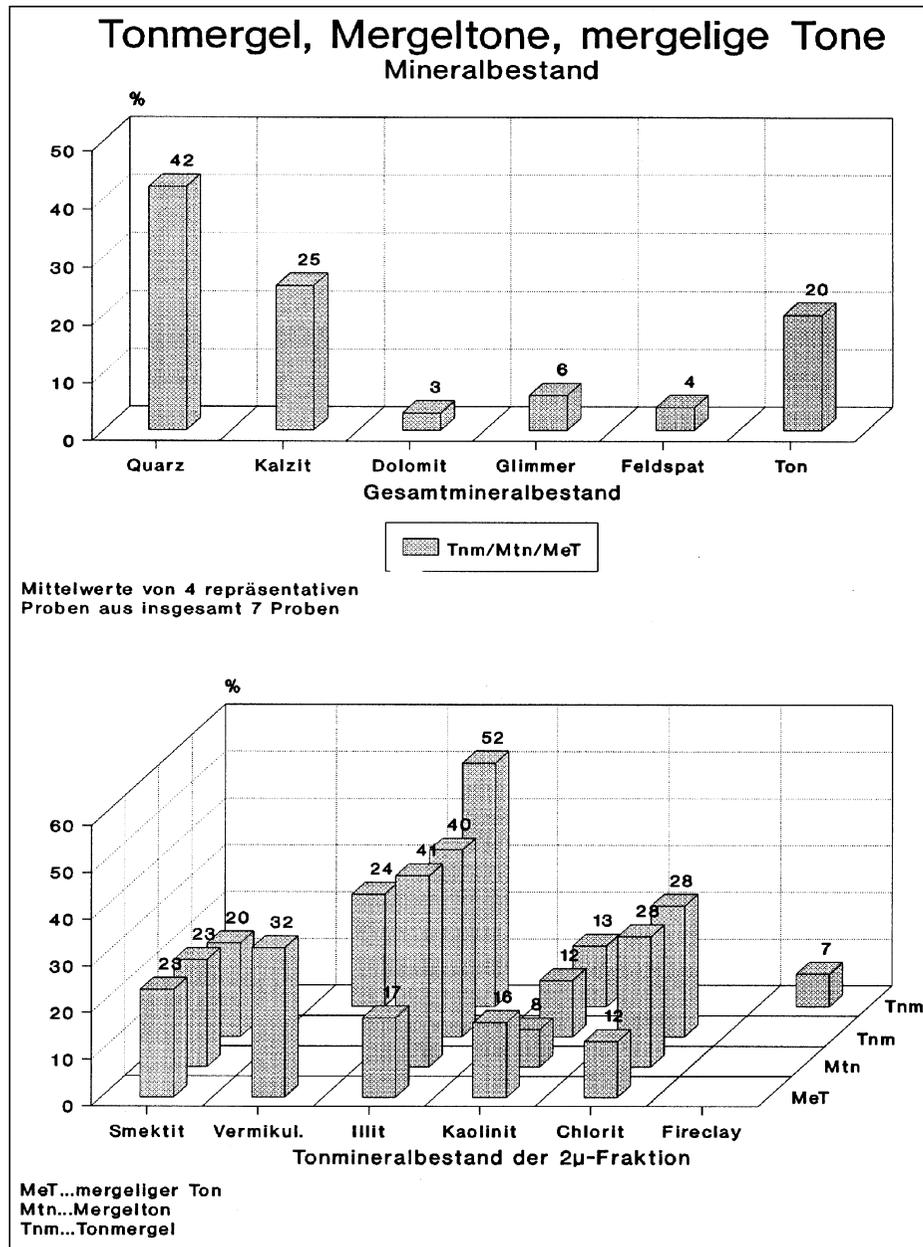


Abb. 2. Mineralbestand der Tonmergel, Mergelton und mergeligen Tone aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

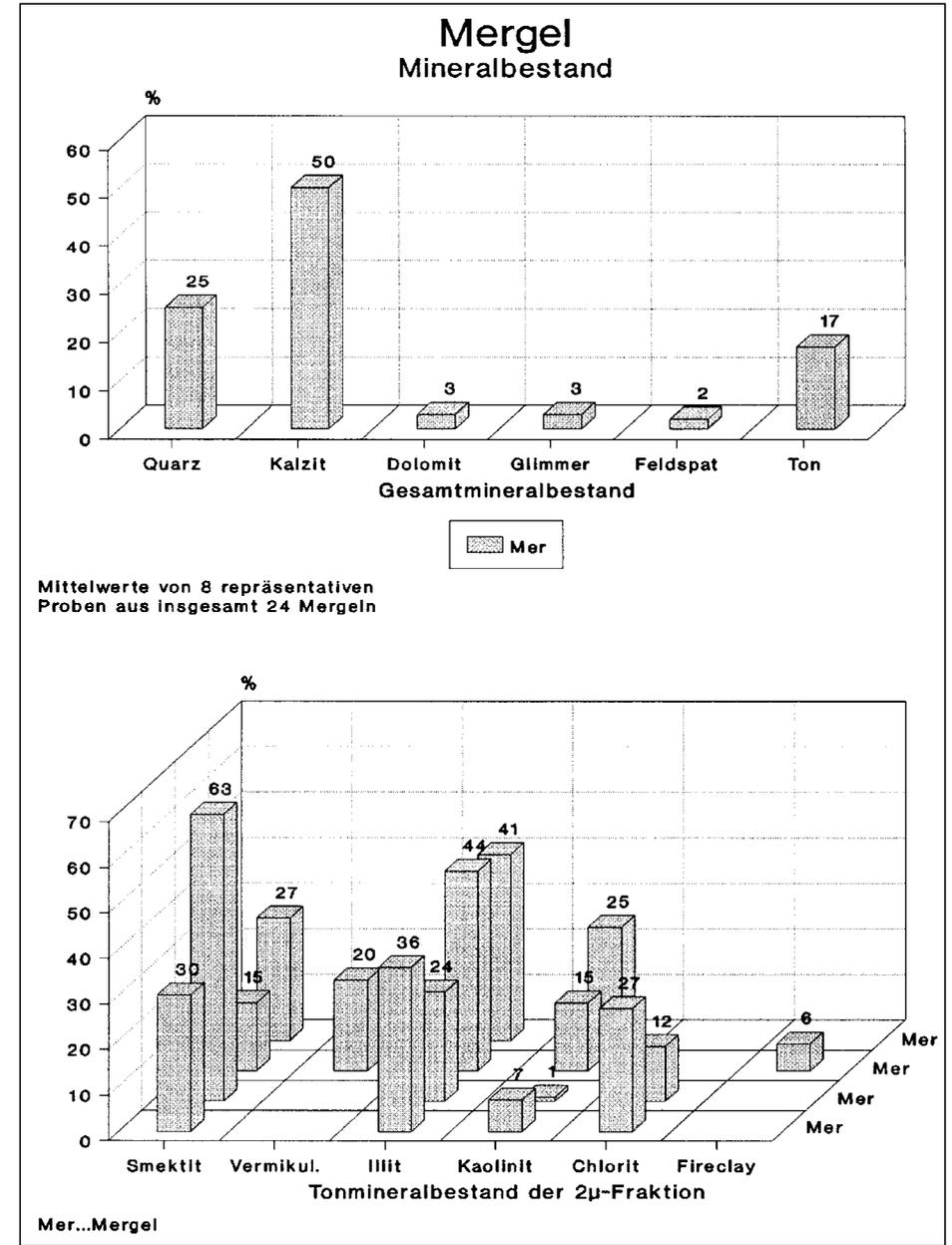


Abb. 3. Mineralbestand der Mergel aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

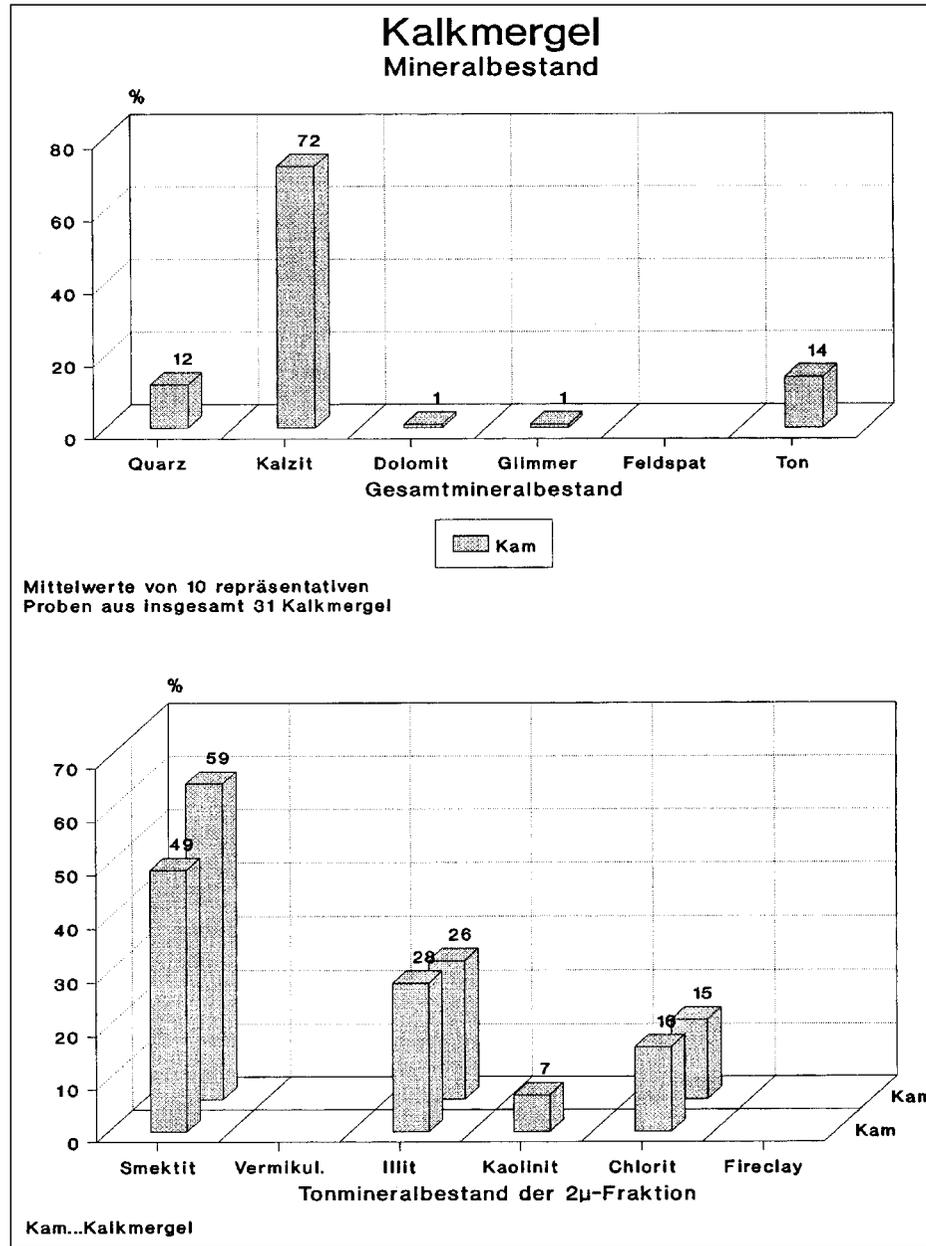


Abb. 4.
Mineralbestand der Kalkmergel aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

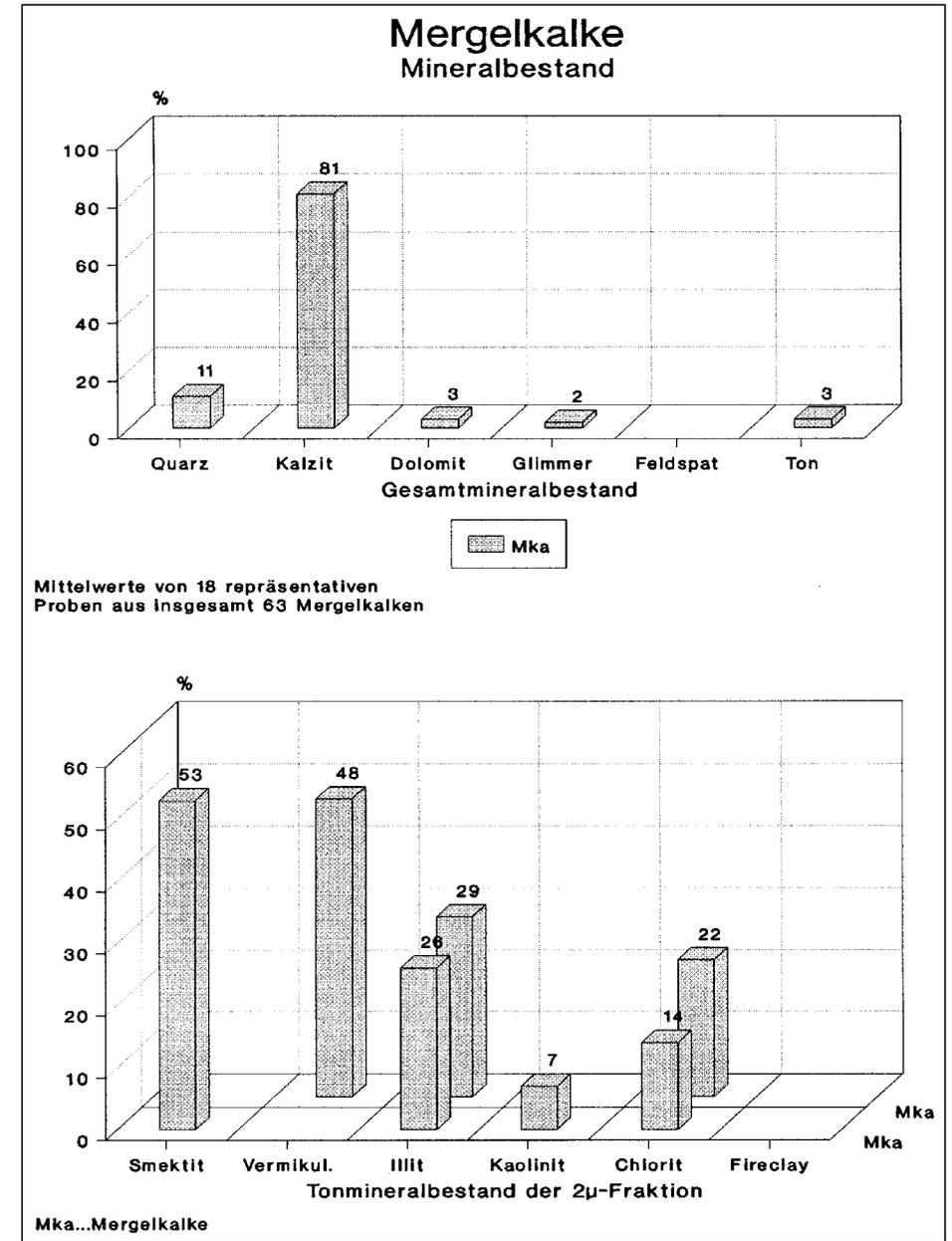


Abb. 5.
Mineralbestand der Mergelkalke aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

Abb. 6. Mineralbestand der mergeligen Kalksteine und reinen Kalke aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

4.1. Hauptelementgehalte – Boxplotvergleiche der Analysenergebnisse – Univariante Verteilungskarten

Die Hauptelementgehalte der im Wietersdorfer Mergelbruch auftretenden Gesteine dokumentiert Abb. 7. Die Abb. 8 und 9 zeigen Boxplotvergleiche der Hauptelementgehalte der verschiedenen Gesteinstypen nach BENTZ & MARTINI (1969; entspricht ÖNORM G1046). Die Abb. 9–16 zeigen die Verteilungskarten ausgewählter Elemente. Besonders hingewiesen sei auf Abb. 15, die SO₃-Verteilung. Sulfide im Rohmaterial wirken sich ausgesprochen negativ auf das Emissionsverhalten beim Klinkerbrennprozeß aus. Betriebserfahrungen zeigen, daß bereits bei SO₃-Gehalten von >0,3 % mit Problemen im Rohmehl gerechnet werden muß. Abb. 15 zeigt die Schwierigkeit einer Bergbauplanung auch unter diesem Gesichtspunkt. Wegen der zum Teil hohen Sr-Gehalte der Gesteine (s. Kap. 4.2.) ist oft eine weitere Differenzierung in Sulfat- und Sulfidschwefel erforderlich.

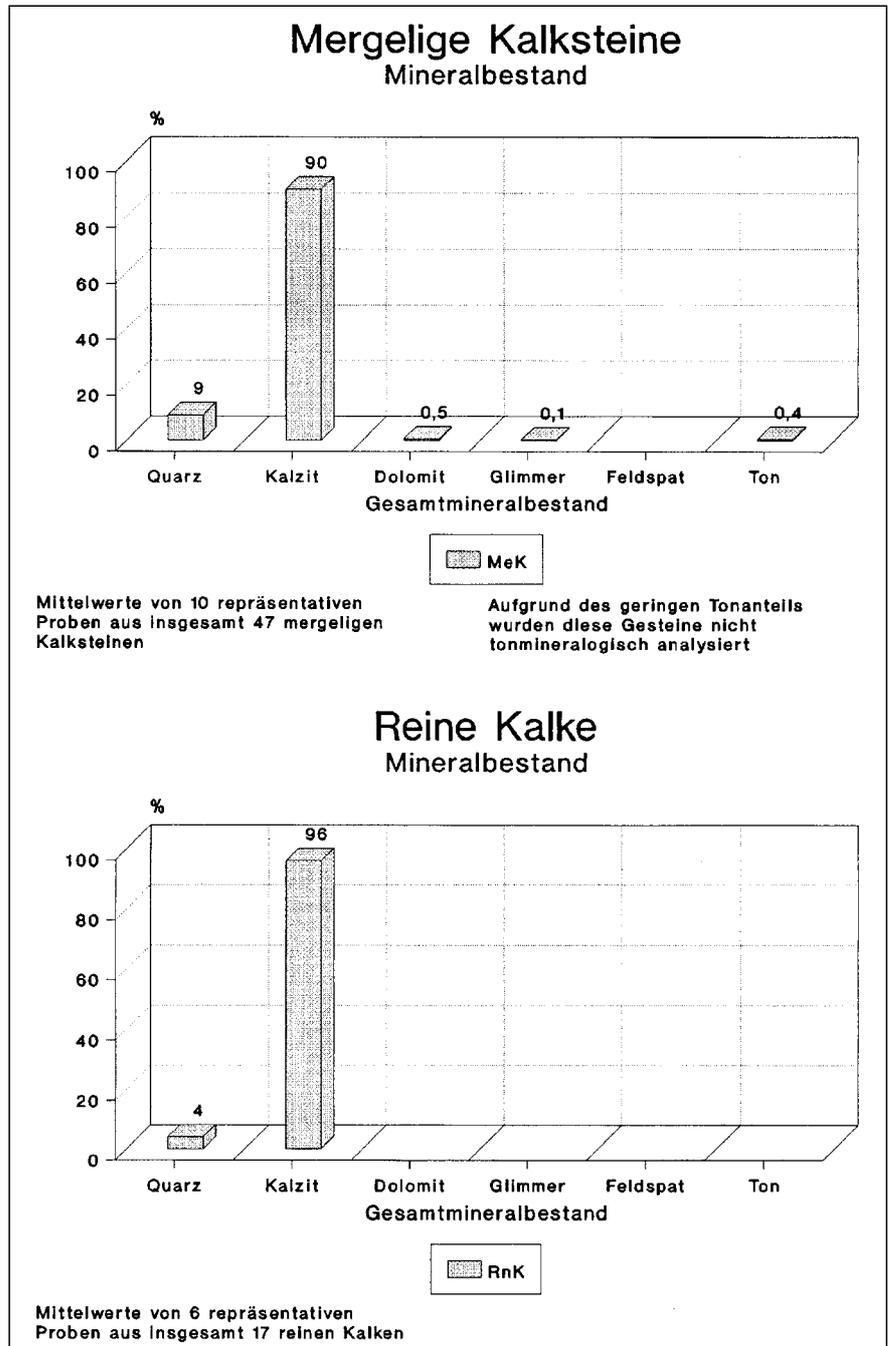
Da die Abbildungen im wesentlichen selbsterklärend sind, wird auf weitere Details erst in der Diskussion der Ergebnisse eingegangen.

4.2. Spurenelementgehalte – Boxplotvergleiche der Analysenergebnisse – Univariante Verteilungskarten

Die Spurenelementgehalte der Gesteine im Wietersdorfer Mergelbruch dokumentiert Abb. 18. Zusätzlich dargestellt sind hier noch die Ergebnisse der SO₃- und CaCO₃-Analysen. Die Gehalte der ebenfalls analysierten Elemente As, Mo, Pb, Zr, U und Th lagen großteils unter bzw. so nahe den Nachweisgrenzen (5–10 ppm), daß auf eine Darstellung verzichtet wurde. Abb. 19 und 20 zeigen wiederum in Form von Boxplotvergleichen die Spurenelementgehalte der verschiedenen Gesteinstypen nach BENTZ & MARTINI (1969; entspricht ÖNORM G1046). Abb. 21–26 dokumentieren die Verteilung der wichtigsten Spurenelemente in den Mergelbrüchen

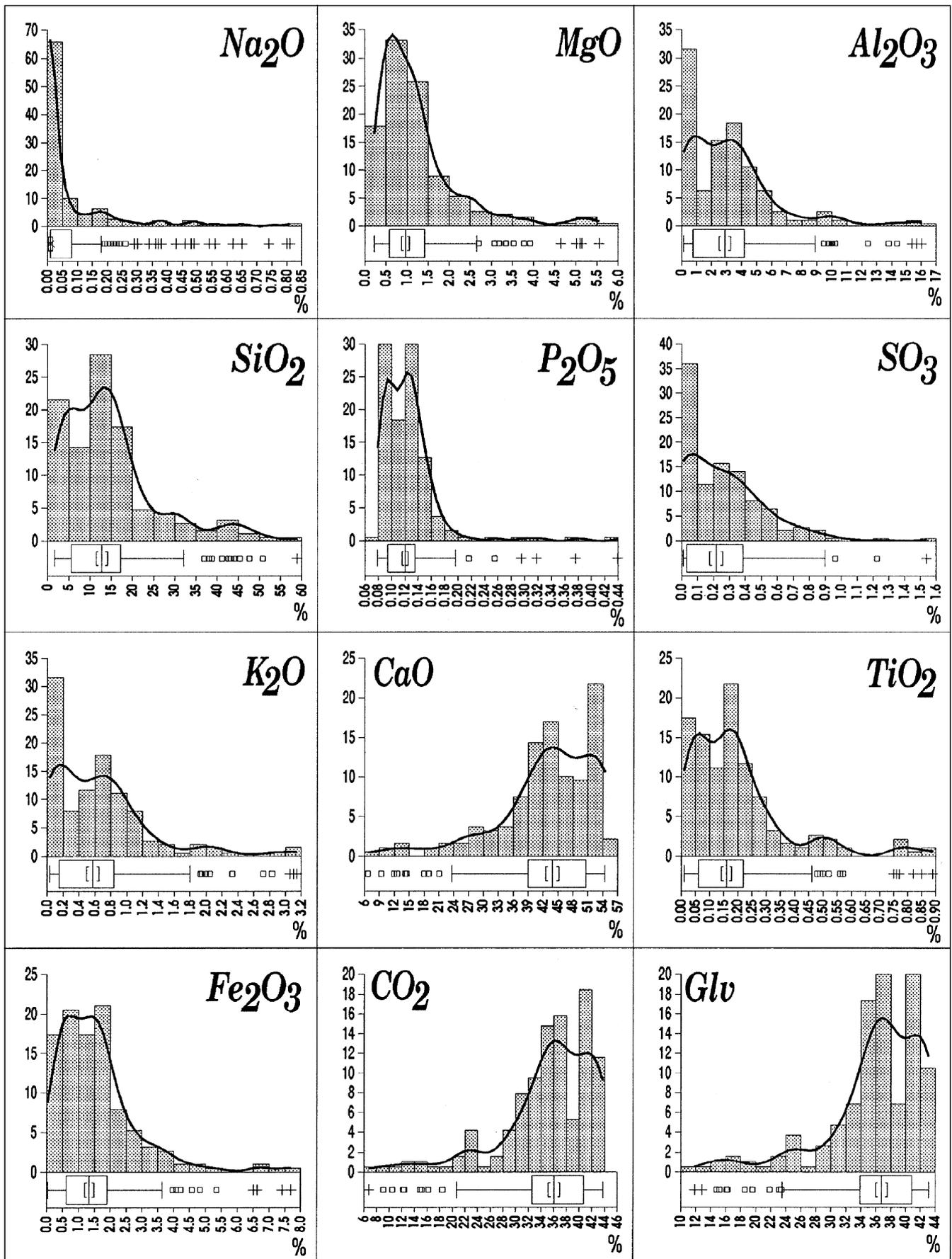
5. Diskussion der Ergebnisse

Unter Berücksichtigung der regionalen Verteilung der nach ihrem Karbonatgehalt klassifizierten Gesteinstypen und im Zusammenhang mit den Elementverteilungskarten



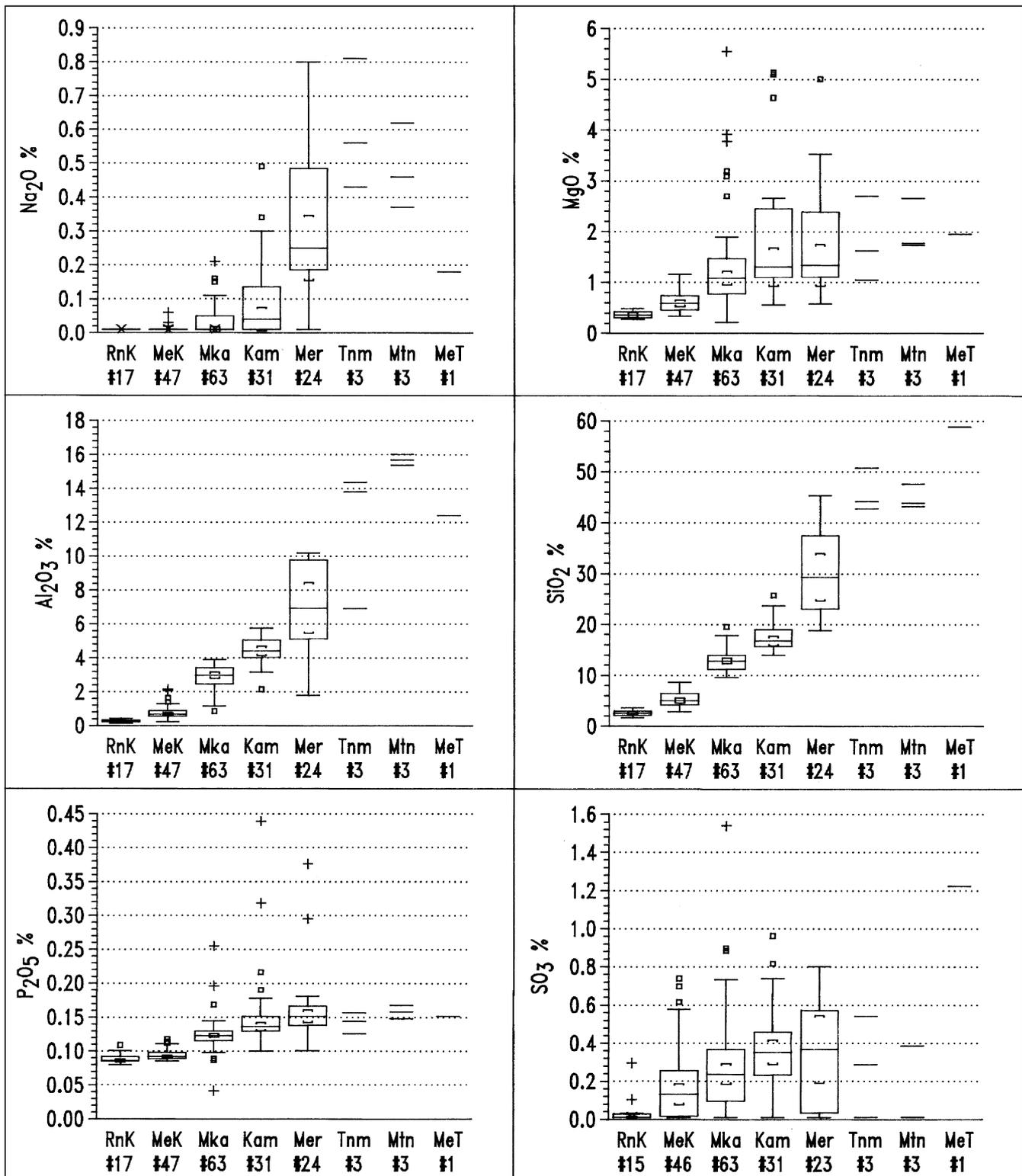
kann man den Mergelbruch geochemisch in vier, in sich relativ einheitliche Stockwerke unterteilen (s. Abb. 27) und damit auch gewisse Zusammenhänge zum lithologischen Aufbau herstellen:

- 1) Ein stratigraphisch liegendes Stockwerk im Nordteil des Mergelbruchs mit vorwiegend tonig-mergeliger Zusammensetzung und mit, im Vergleich zu den anderen Stockwerken, relativ hohen Na-, Al-, Si-, P-, K-, Ti-, Fe-, Mn-, V-, Cr-, Ni-, Cu-, Zn-, Rb-, und Ba-Gehalten.
- 2) Ein nächst höheres Stockwerk mit hauptsächlich mergeligen Kalksteinen und Mergelkalen, daher mit hohen Ca- und CO₂-Gehalten und hohen Sr- sowie verhältnismäßig niedrigen MgO-Gehalten.
- 3) Ein im allgemeinen karbonatreiches aber chemisch heterogenes und starken Elementgehaltsschwankungen unterworfenen drittes Stockwerk mit reinen Kalen, mergeligen Kalksteinen, Mergelkalen und Kalkmergeln in Wechsellagerung.



Histogramm - Dichteschätzer - Boxplot - Diagramme: Hauptelemente, CO_2 und Glühverlust, n=190

Abb. 7.
Hauptelementgehalte der in den Wietersdorfer Steinbrüchen auftretenden Gesteine.



Boxplotvergleiche der Analyseergebnisse Gesteinsbezeichnung nach A.Bentz & H.J.Martini

RnK...Reiner Kalk (95–98% CaCO₃)

MeK...Mergeliger Kalkstein (85–95% CaCO₃)

Mka...Mergelkalk (75–85% CaCO₃)

Kam...Kalkmergel (65–75% CaCO₃)

Mer... Mergel (35–65% CaCO₃)

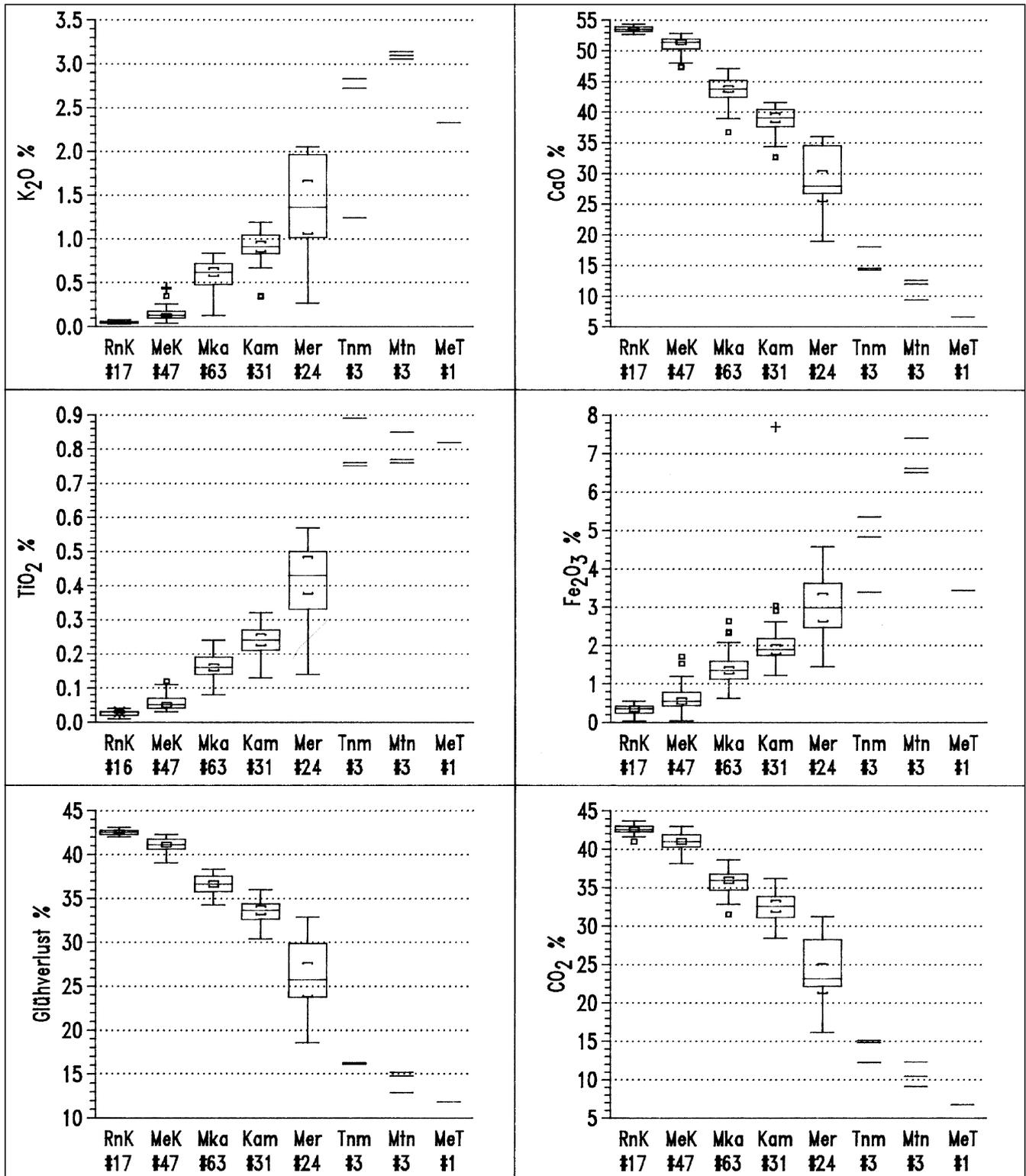
Tnm...Tonmergel (25–35% CaCO₃)

Mtn...Mergelton (15–25% CaCO₃)

MeT...Mergeliger Ton (5–15% CaCO₃)

Abb. 8.

Boxplotvergleiche der Hauptelementgehalte der in den Wietersdorfer Steinbrüchen auftretenden Gesteine.



Boxplotvergleiche der Analyseergebnisse Gesteinsbezeichnung nach A.Bentz & H.J.Martini

RnK...Reiner Kalk (95–98% CaCO₃)

MeK...Mergeliger Kalkstein (85–95% CaCO₃)

Mka...Mergelkalk (75–85% CaCO₃)

Kam...Kalkmergel (65–75% CaCO₃)

Mer... Mergel (35–65% CaCO₃)

Tnm...Tonmergel (25–35% CaCO₃)

Mtn...Mergelton (15–25% CaCO₃)

MeT...Mergeliger Ton (5–15% CaCO₃)

Abb. 9.

Boxplotvergleiche der Hauptelementgehalte mit CO₂ und Glühverlust der in den Wietersdorfer Steinbrüchen auftretenden Gesteinstypen.

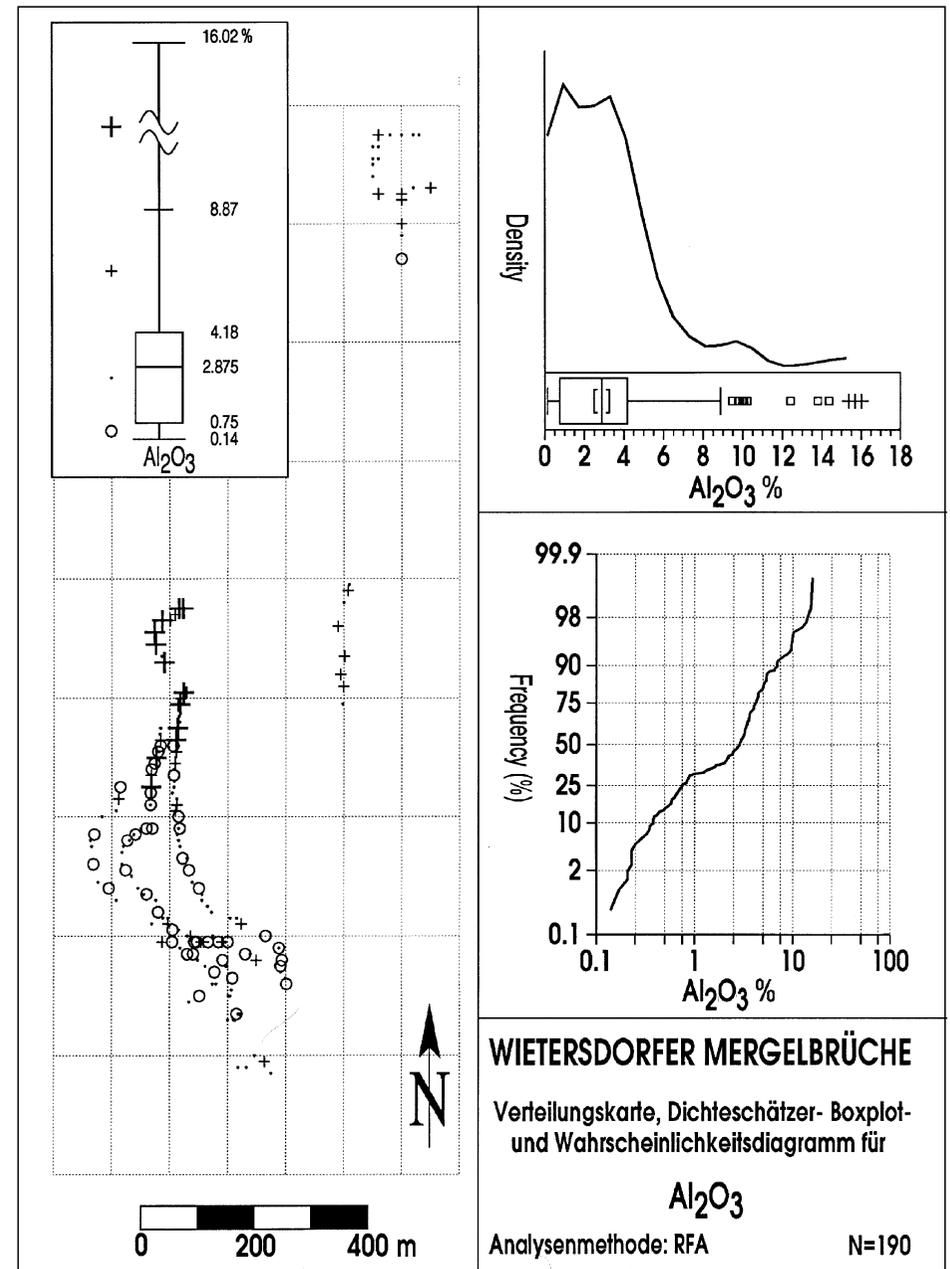
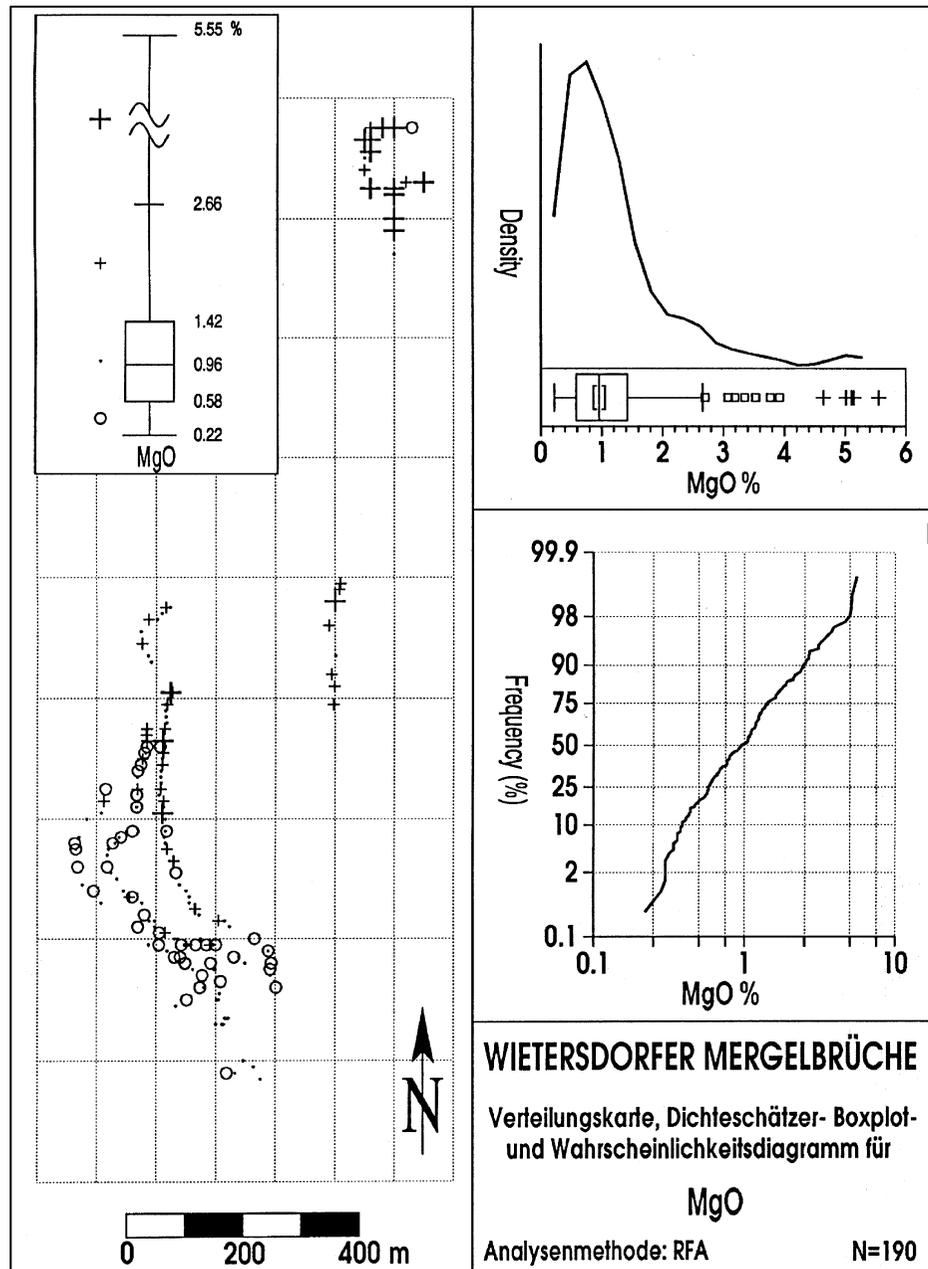


Abb. 10. MgO-Verteilung der Gesteine aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

Abb. 11. Al₂O₃-Verteilung der Gesteine aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

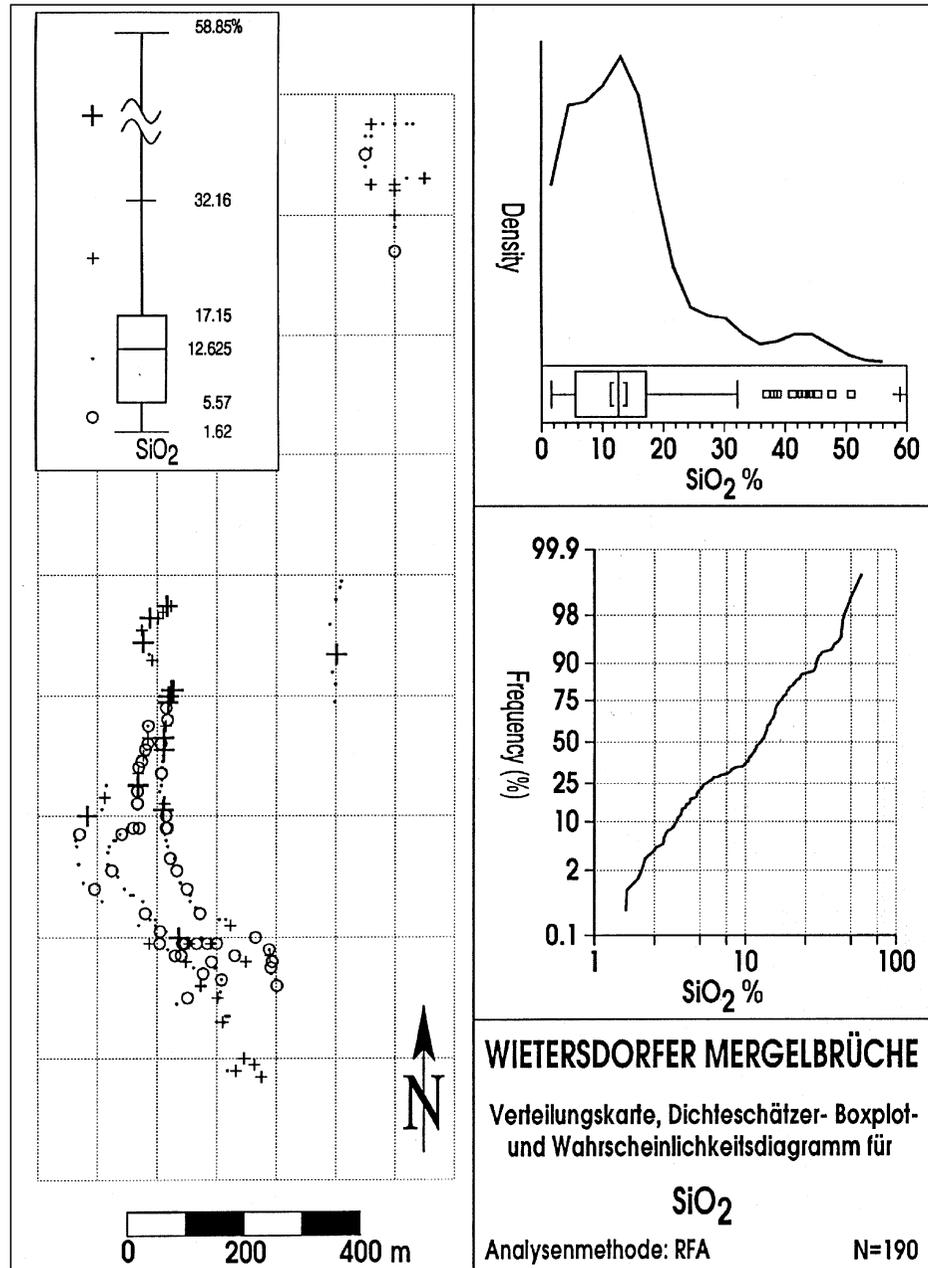


Abb. 12. SiO₂-Verteilung der Gesteine aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

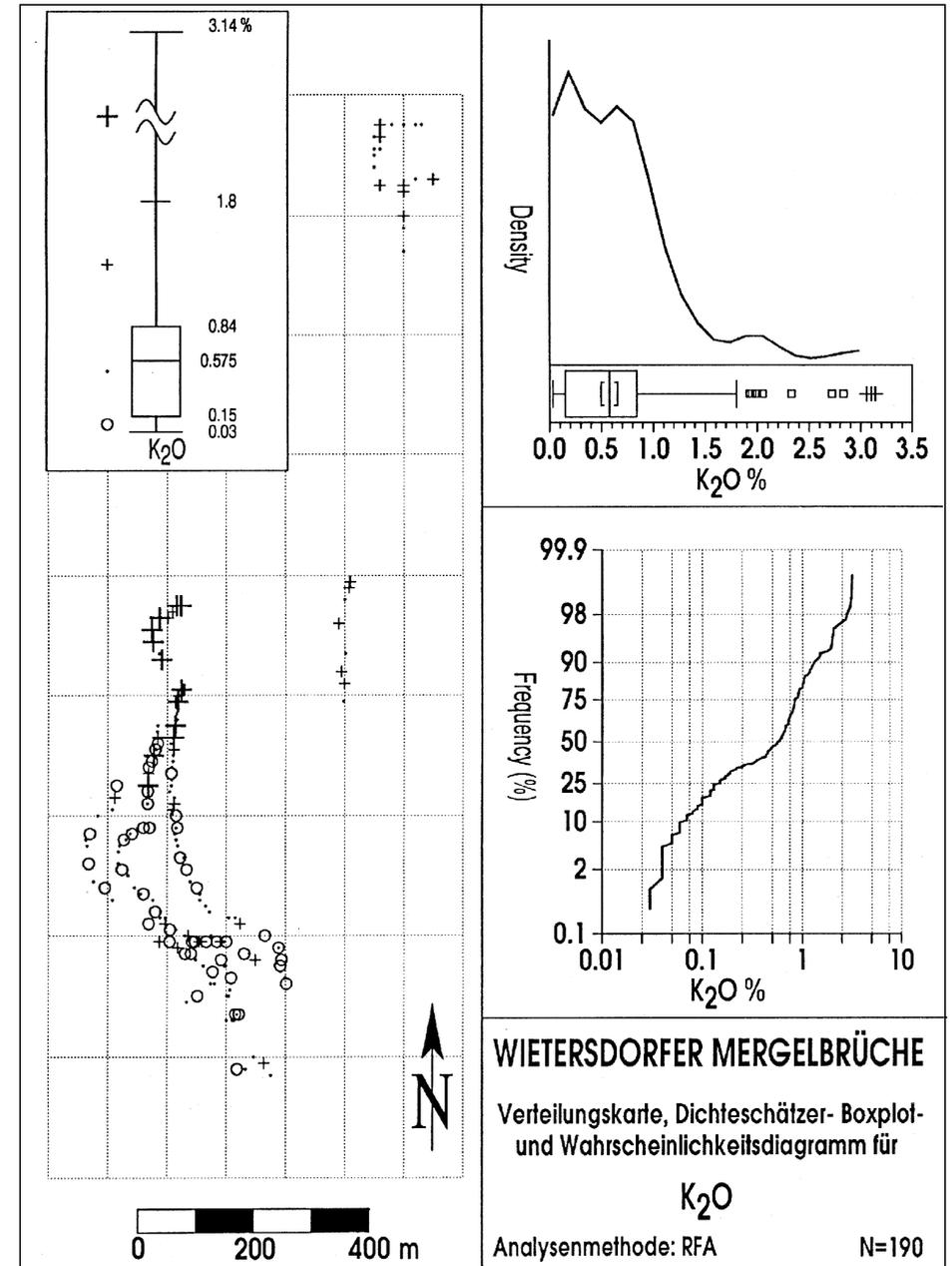


Abb. 13. K₂O-Verteilung der Gesteine aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

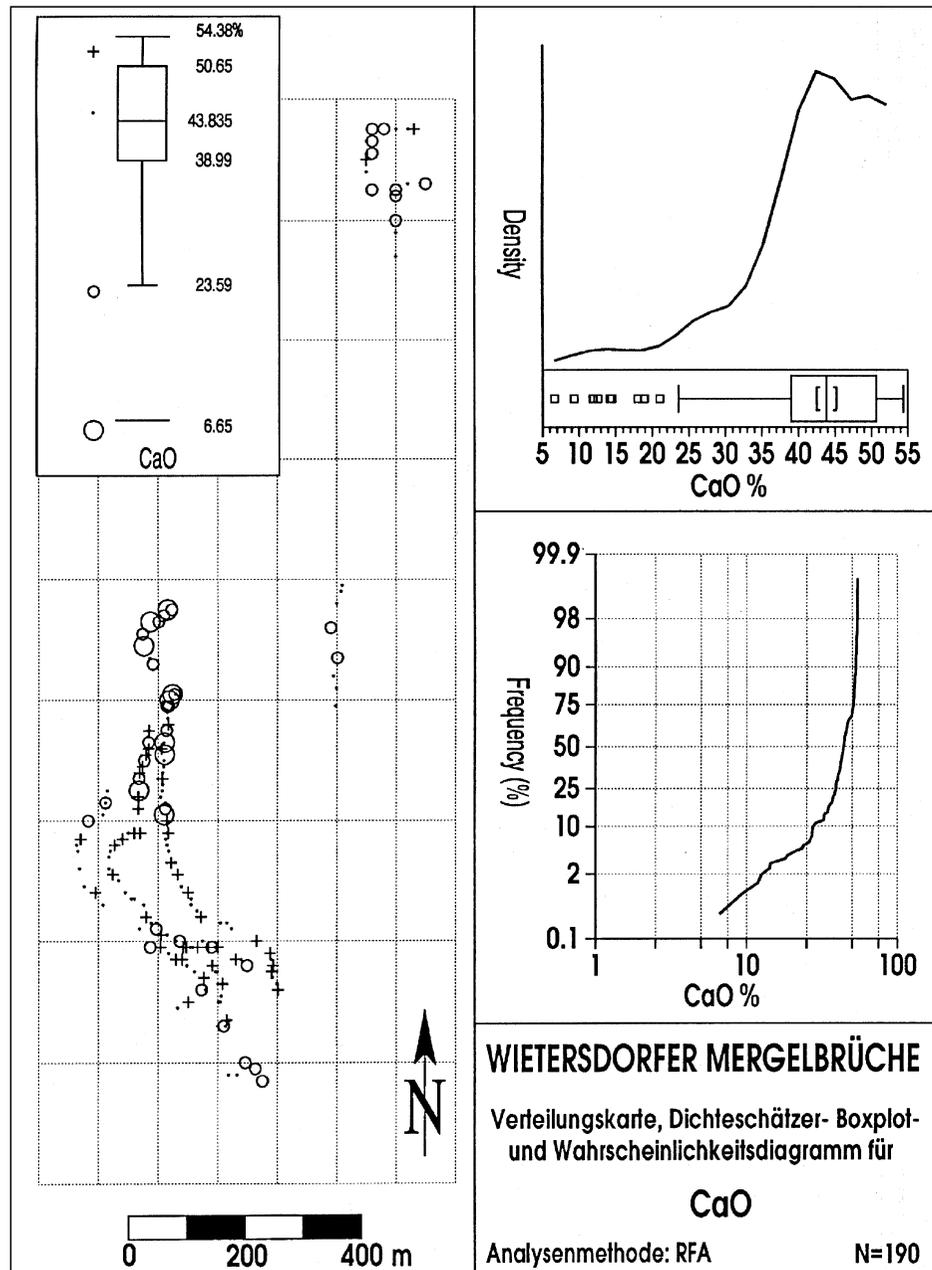


Abb. 14. CaO-Verteilung der Gesteine aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

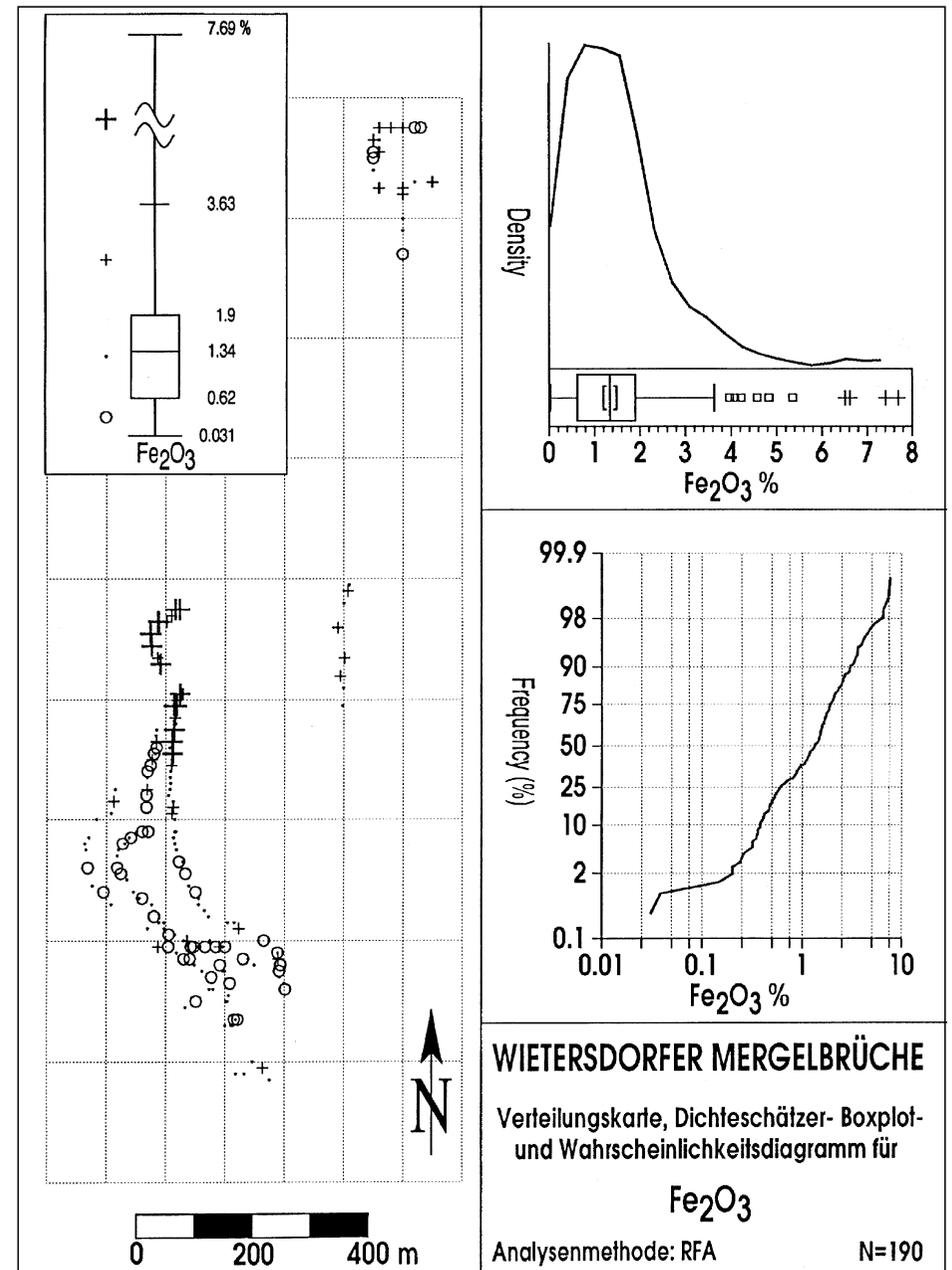


Abb. 15. Fe₂O₃-Verteilung der Gesteine aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

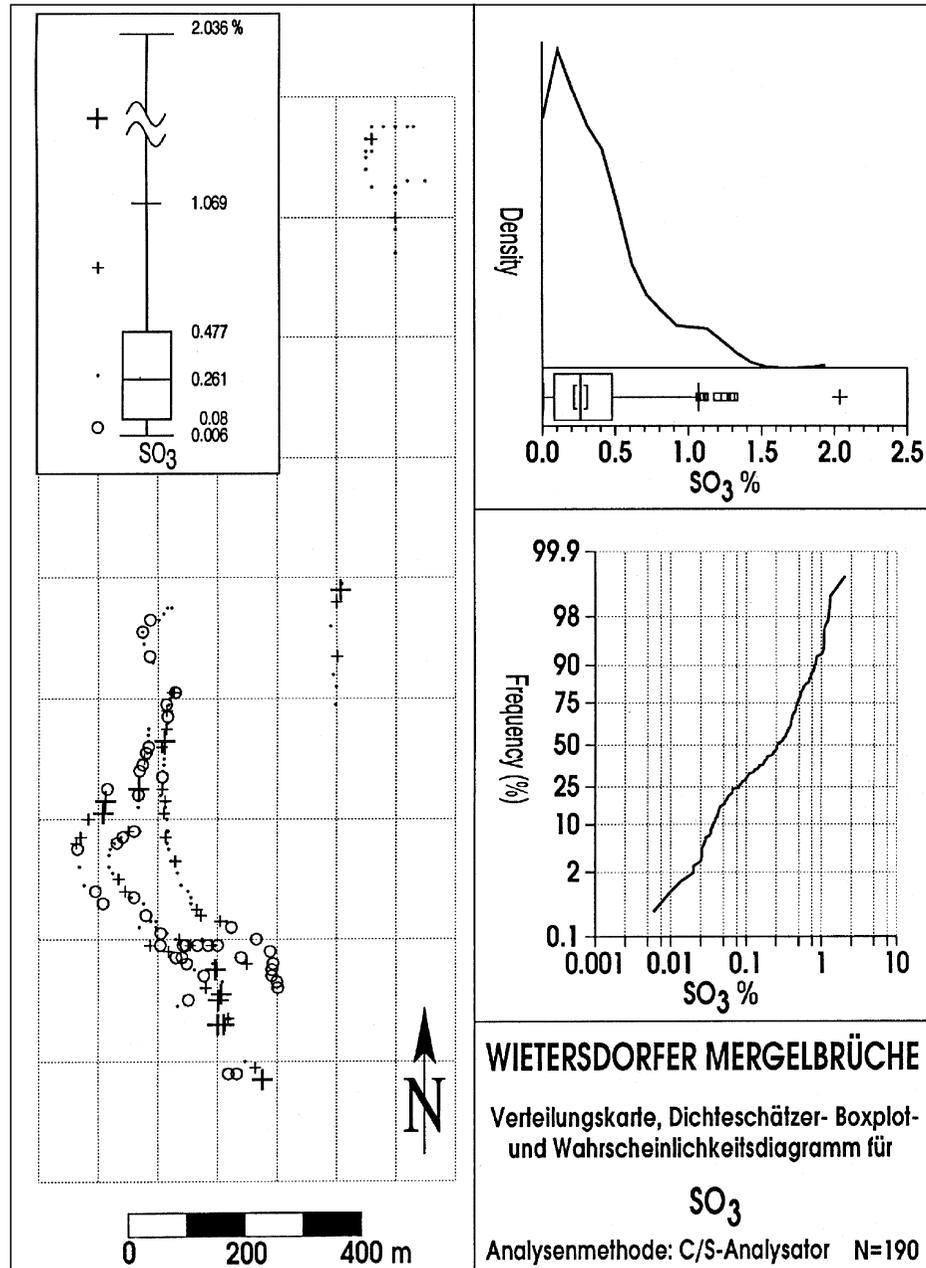


Abb. 16. SO₃-Verteilung der Gesteine aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

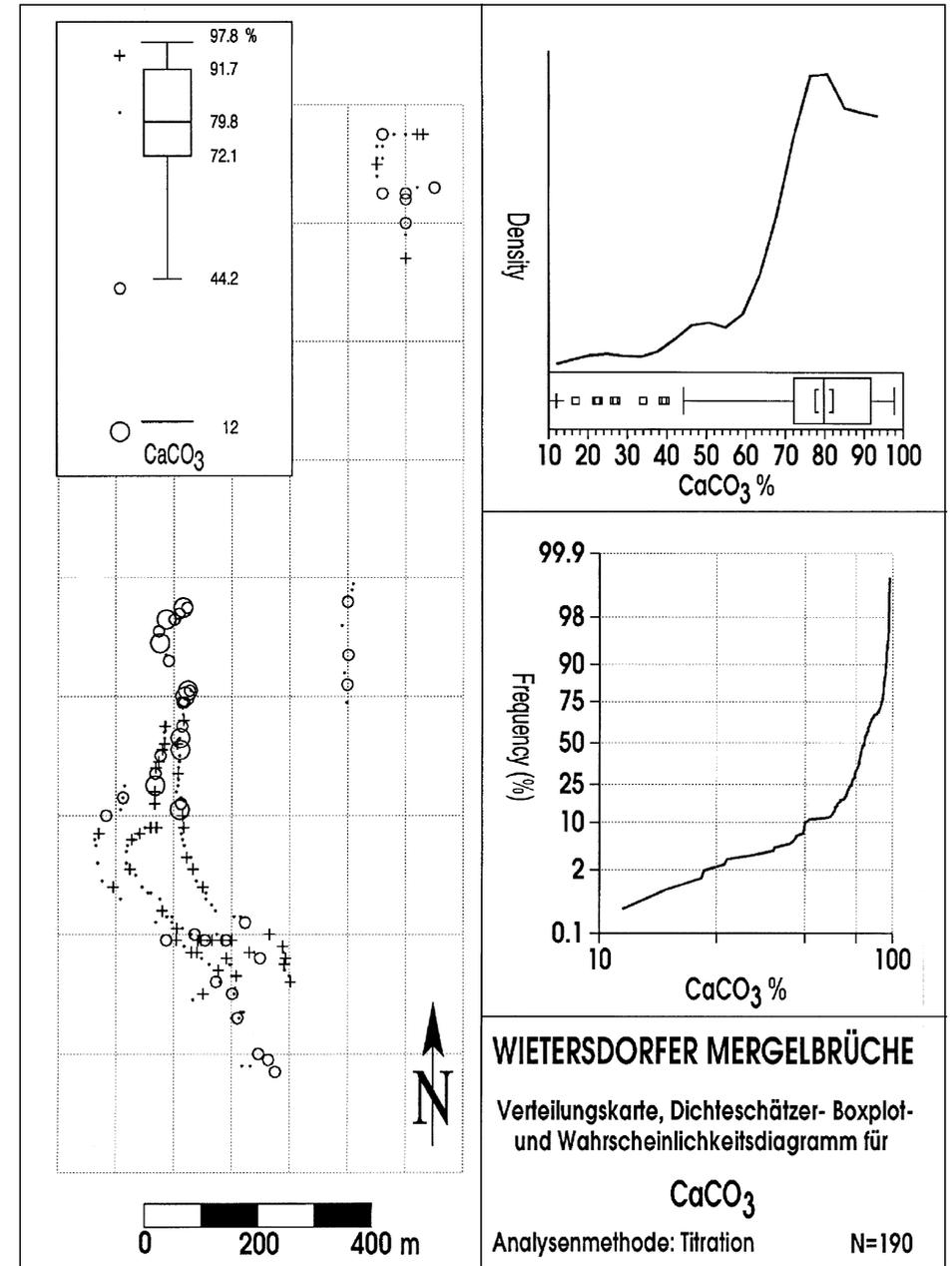


Abb. 17. CaCO₃-Verteilung der Gesteine aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

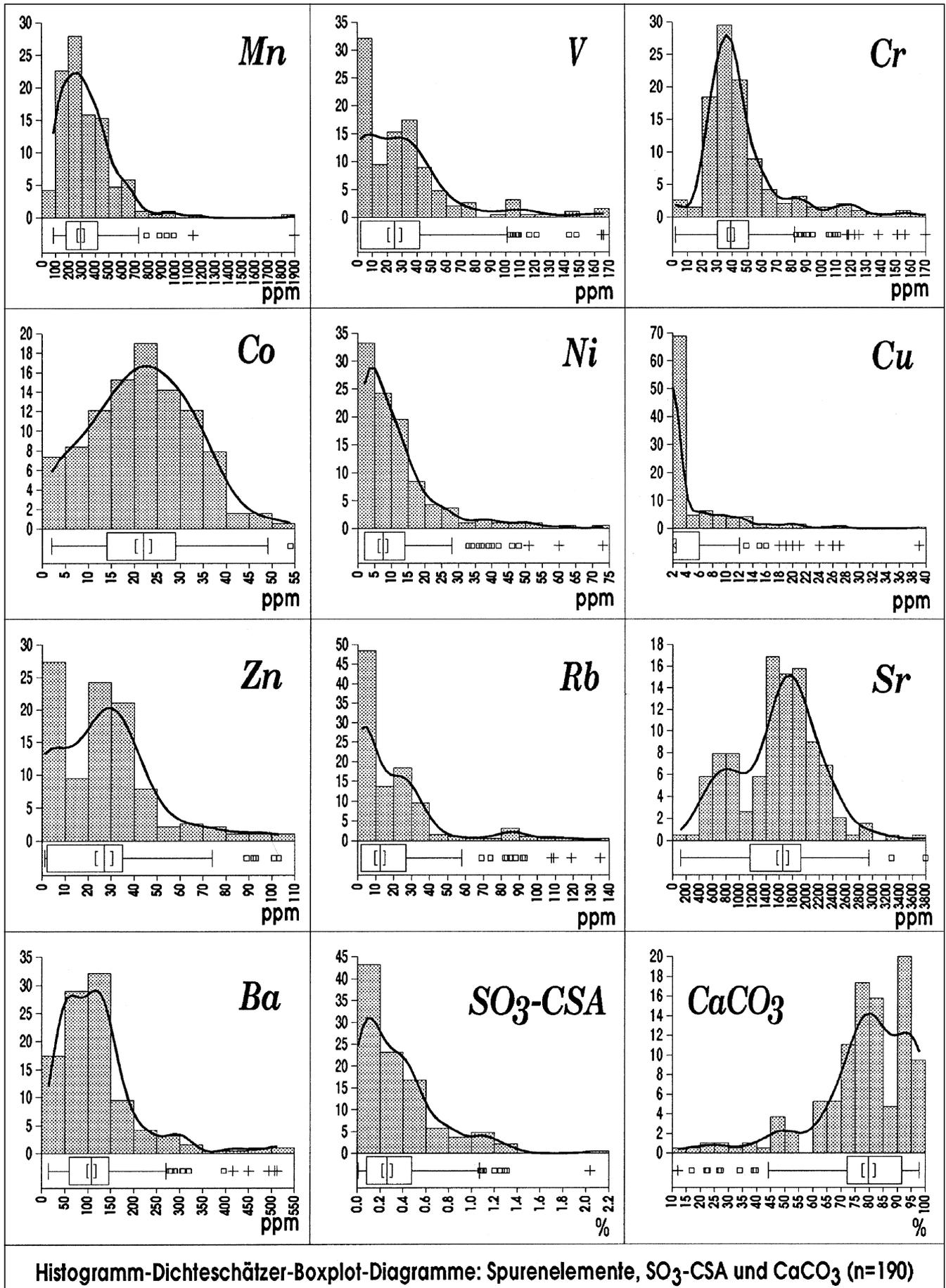
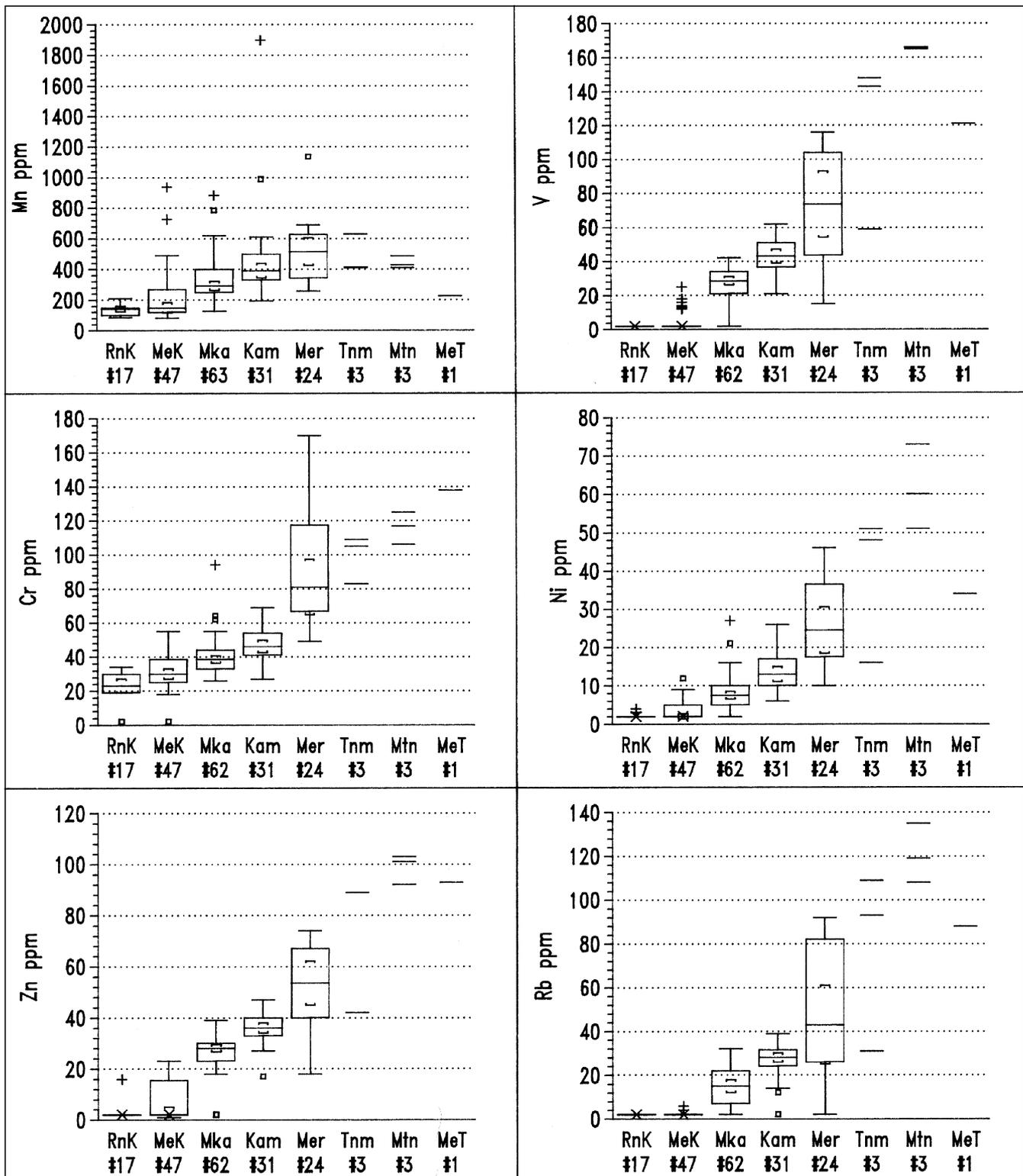


Abb. 18. Spurenelement-, SO₃- und CaCO₃-Gehalte der in den Wietersdorfer Steinbrüchen auftretenden Gesteine.



Boxplotvergleiche der Analysenergebnisse Gesteinsbezeichnung nach A.Bentz & H.J.Martini

RnK...Reiner Kalk (95–98% CaCO_3)

MeK...Mergeliger Kalkstein (85–95% CaCO_3)

Mka...Mergelkalk (75–85% CaCO_3)

Kam...Kalkmergel (65–75% CaCO_3)

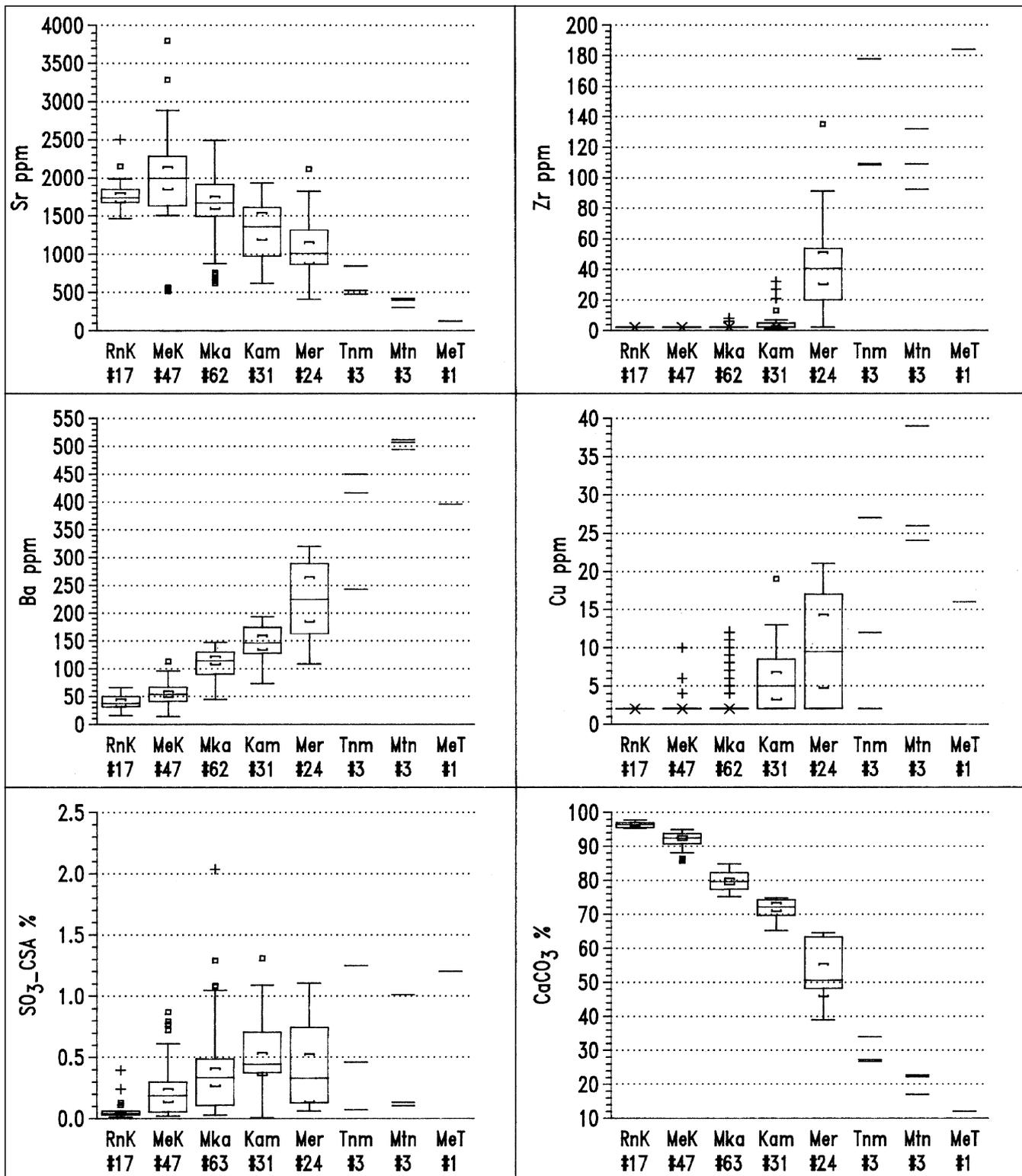
Mer... Mergel (35–65% CaCO_3)

Tnm...Tonmergel (25–35% CaCO_3)

Mtn...Mergelton (15–25% CaCO_3)

MeT...Mergeliger Ton (5–15% CaCO_3)

Abb. 19. Boxplotvergleiche der Spurenelementgehalte der in den Wietersdorfer Steinbrüchen auftretenden Gesteinstypen.



Boxplotvergleiche der Analysenergebnisse Gesteinsbezeichnung nach A.Bentz & H.J.Martini

RnK...Reiner Kalk (95–98% CaCO₃)
 MeK...Mergeliger Kalkstein (85–95% CaCO₃)
 Mka...Mergelkalk (75–85% CaCO₃)
 Kam...Kalkmergel (65–75% CaCO₃)

Mer... Mergel (35–65% CaCO₃)
 Tnm...Tonmergel (25–35% CaCO₃)
 Mtn...Mergelton (15–25% CaCO₃)
 MeT...Mergeliger Ton (5–15% CaCO₃)

Abb. 20.
 Boxplotvergleiche der Spurenelementgehalte mit SO₃ und CaCO₃ der in den Wietersdorfer Steinbrüchen auftretenden Gesteinstypen.

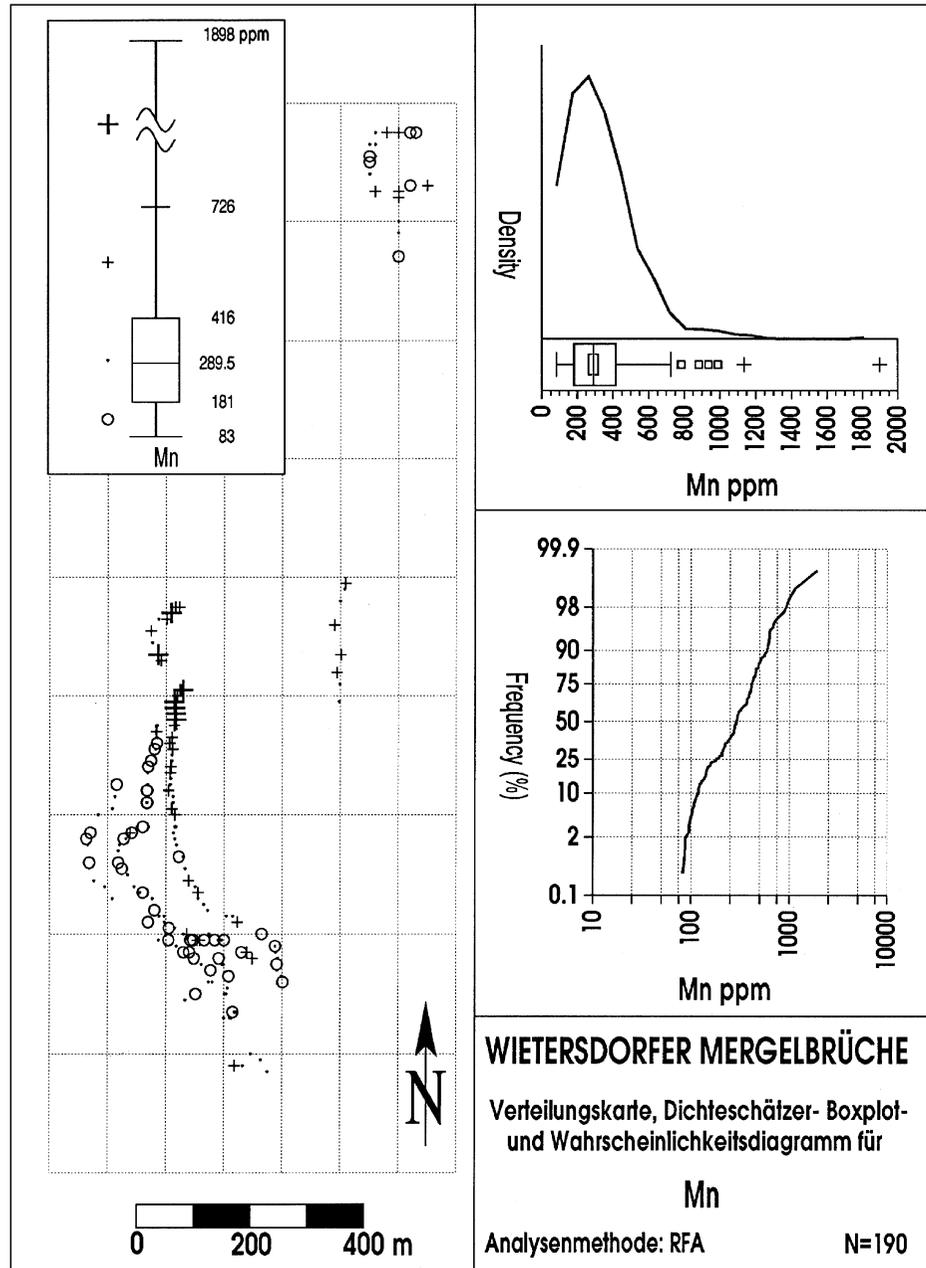


Abb. 21. Mn-Verteilung der Gesteine aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

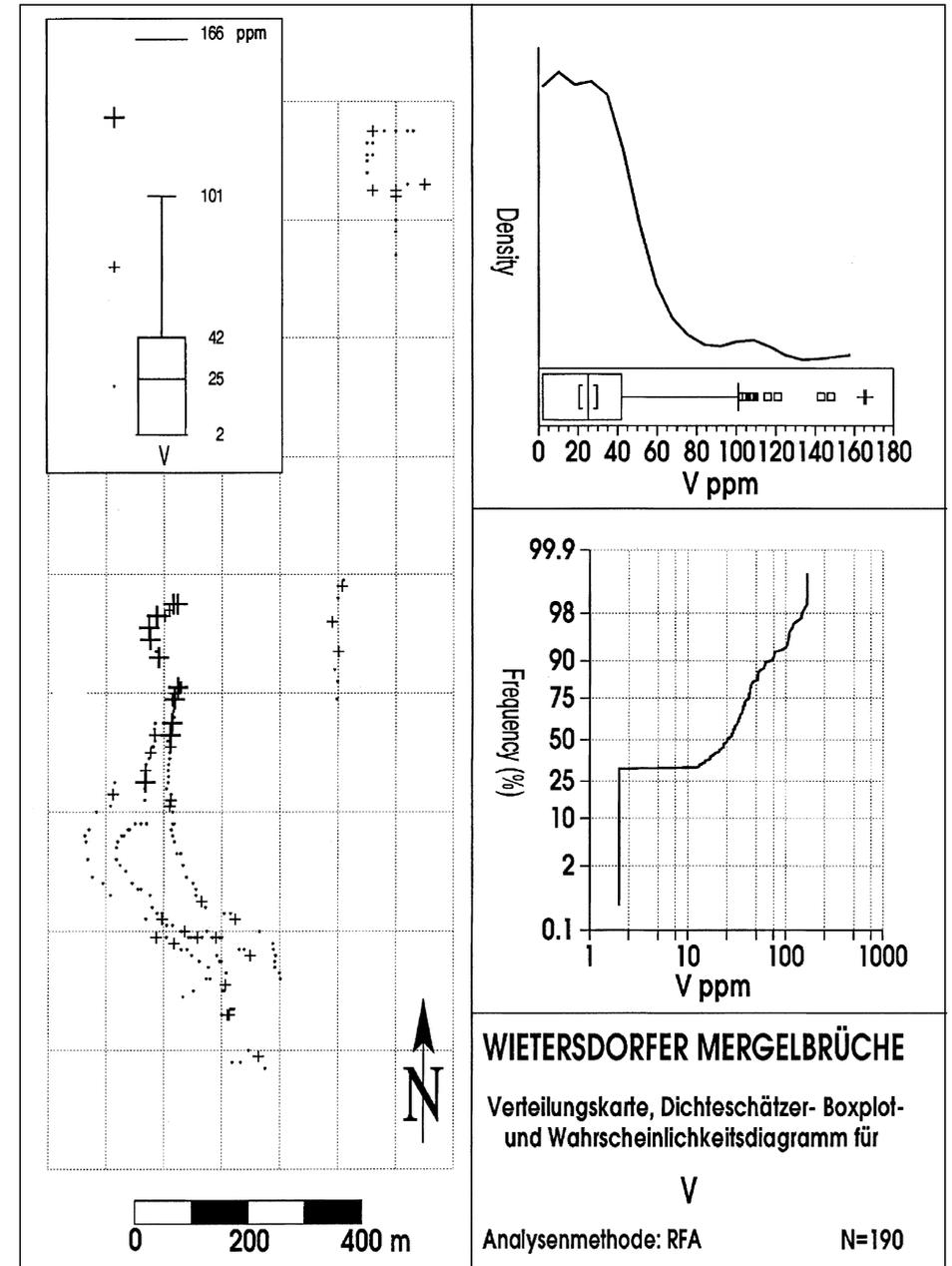


Abb. 22. V-Verteilung der Gesteine aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

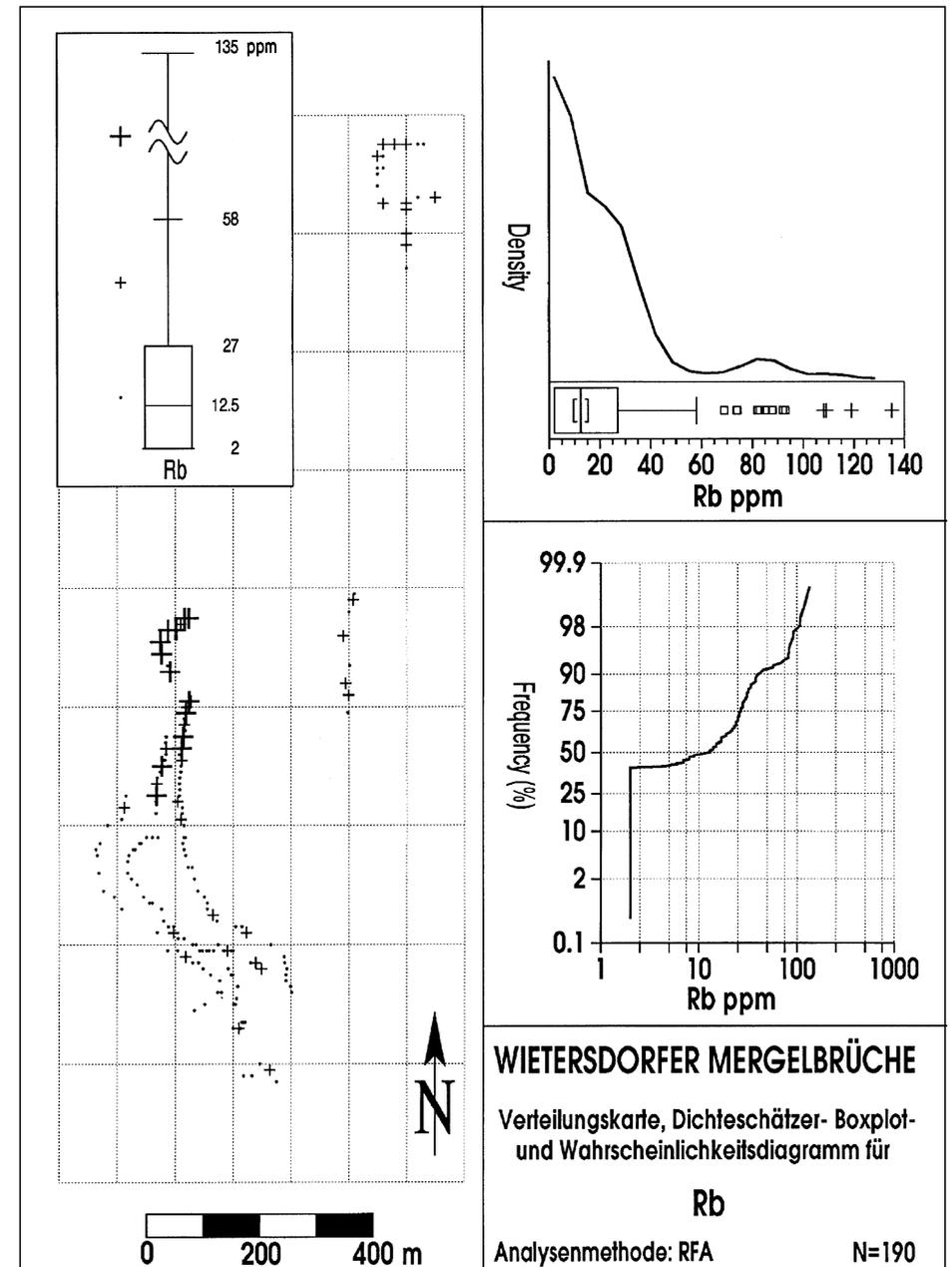
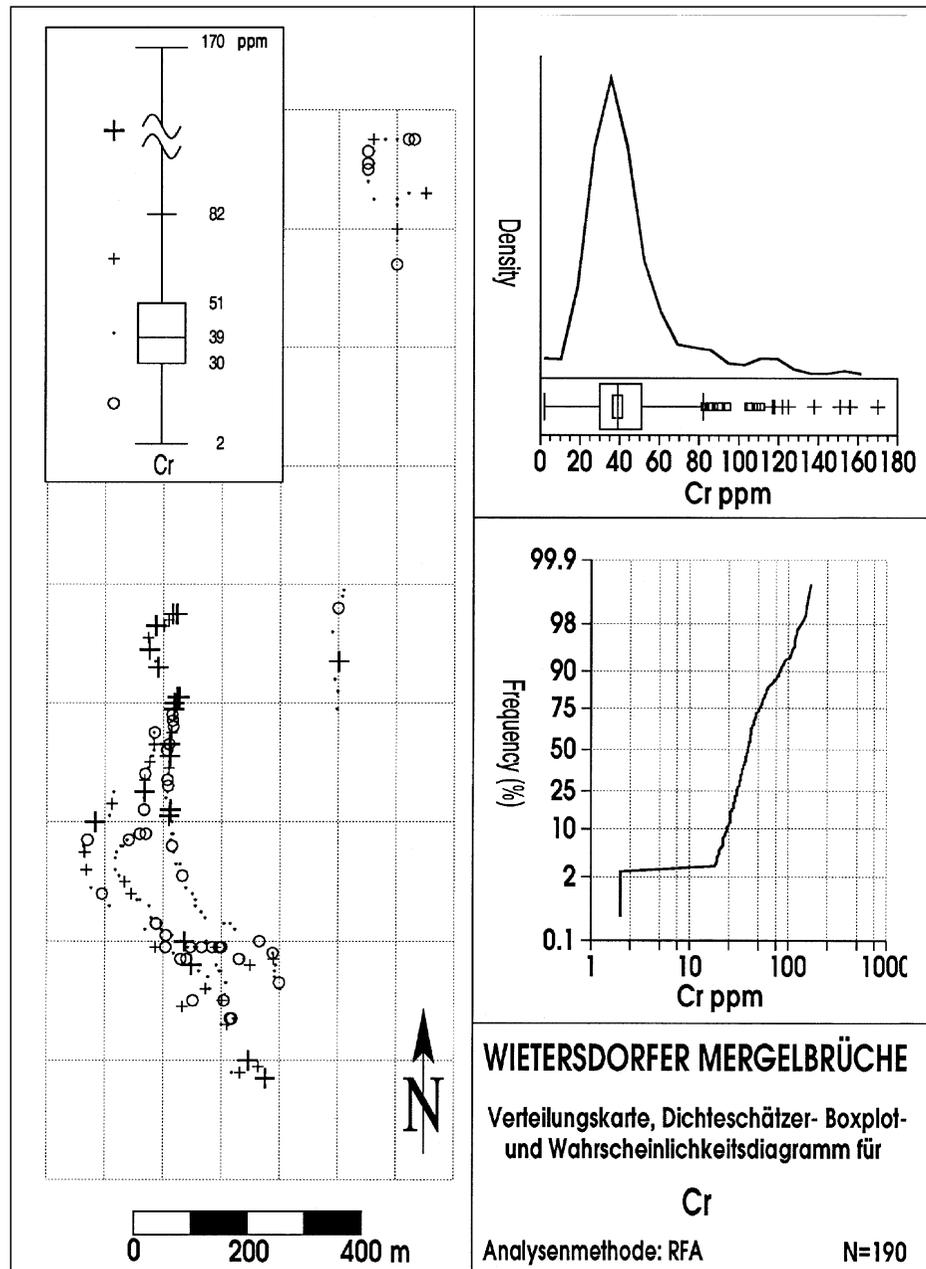


Abb. 23. Cr-Verteilung der Gesteine aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

Abb. 24. Rb-Verteilung der Gesteine aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

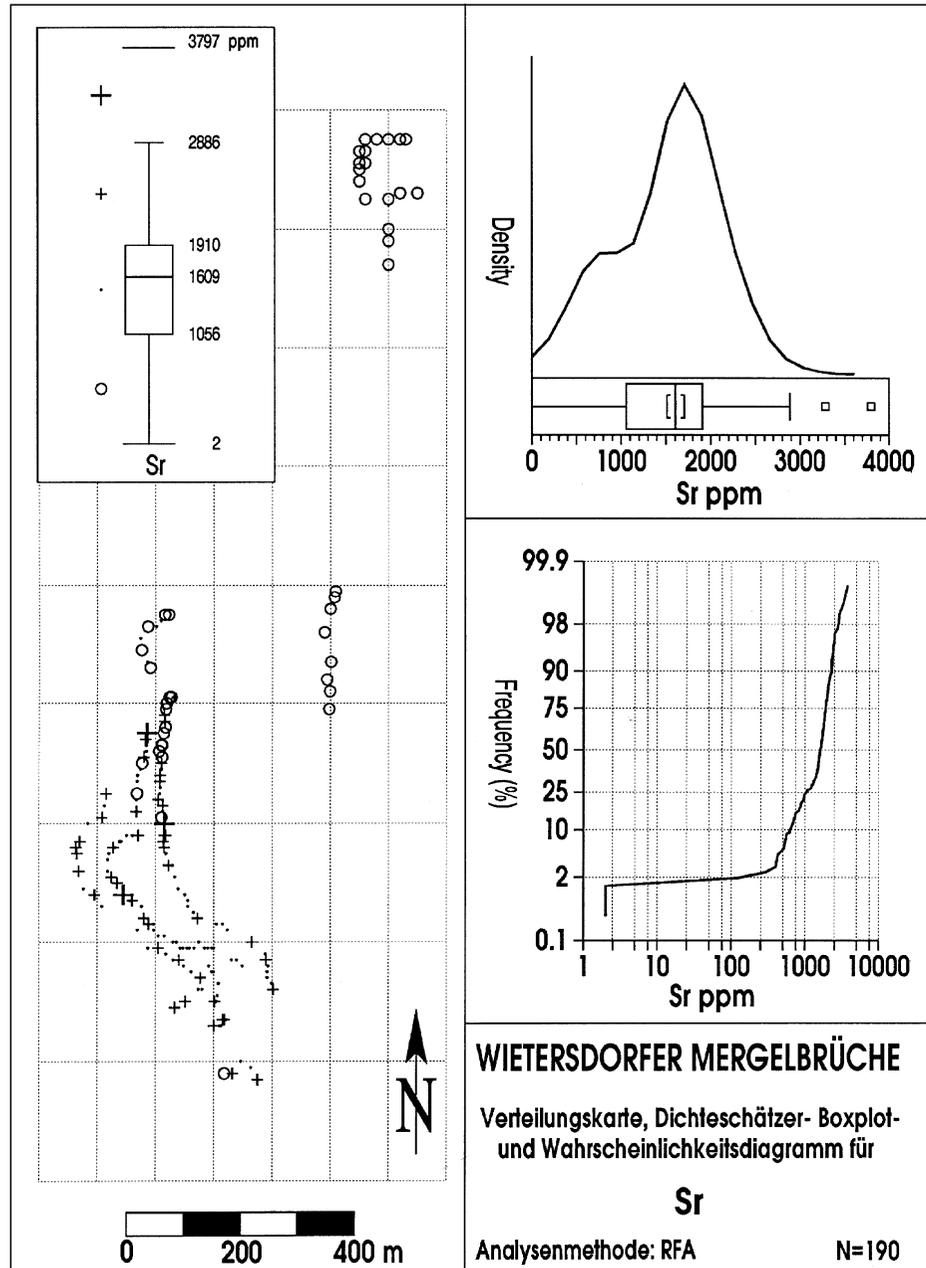


Abb. 25. Sr-Verteilung der Gesteine aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

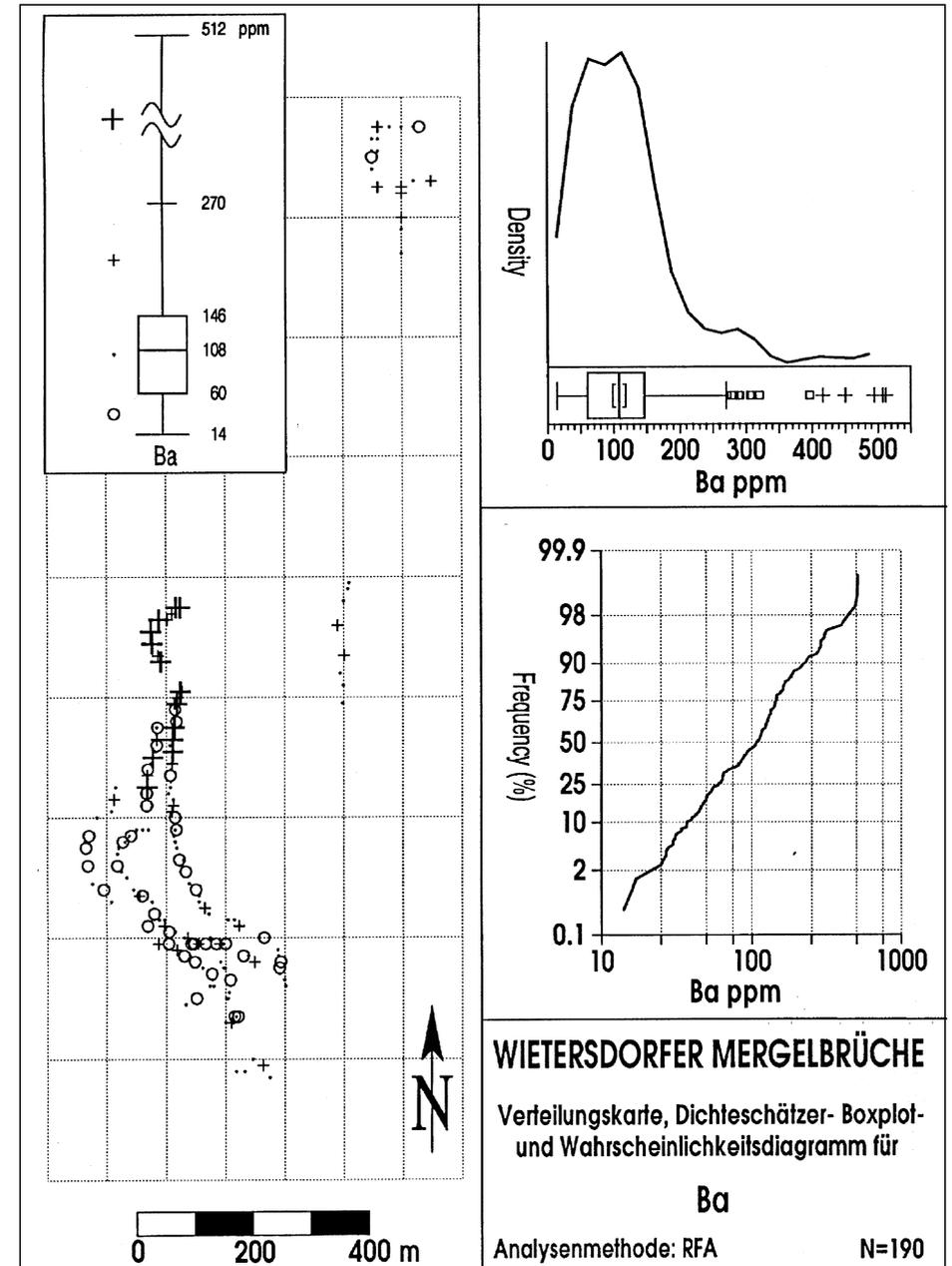


Abb. 26. Ba-Verteilung der Gesteine aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke.

Abb. 27.
Geochemisch-lithologische Stockwerksgliederung der Wietersdorfer Mergelbrüche.

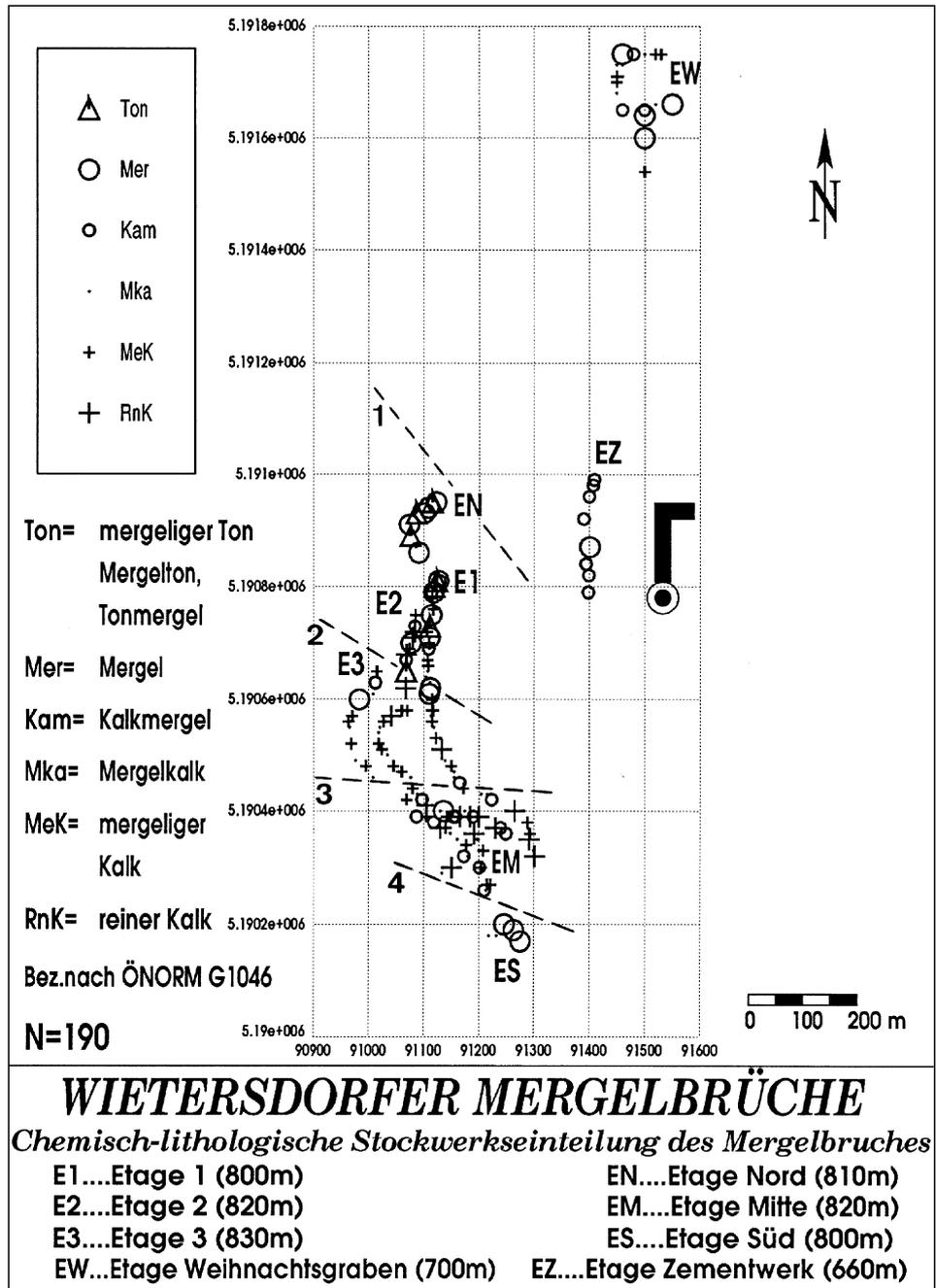
4) Ein oberstes Stockwerk im Südteil, Hangenden des Mergelbruchs mit vorwiegend mergeliger bis mergelkalkiger Zusammensetzung und verhältnismäßig hohen Na-, S-, und Cr-Gehalten.

Die Boxplot-Darstellung ermöglicht das chemische Verhalten der einzelnen Gesteinstypen im speziellen zu veranschaulichen. Die Elementgehaltsschwankungen einzelner Gruppen unter Berücksichtigung der Ausreißer zeigen sich bei dieser Art der Darstellung am deutlichsten. Unter Berücksichtigung der Verteilungskarten lassen sich sehr gut chemisch-mineralogische bzw. chemisch-lithologische Zusammenhänge ablesen. Innerhalb einzelner Gesteinsgruppen sind dabei teils starke Schwankungen zu verzeichnen, wobei sich die Gruppe der Mergel als besonders heterogen erweist. Sie ist in diverse ortsabhängige Subgruppen hinsichtlich ihres Gehaltes an Ca, Si, Cr/V und Sr/Mn zu unterteilen. Die Mergel weisen das breiteste Spektrum in den Schwankungen der Haupt- und Spurenelemente auf und sind die heterogenste Gesteinsgruppe im Mergelbruch überhaupt. Die größten Schwankungen ergeben sich bei Ca, Cr, V und Rb.

Bei den Kalkmergeln und Mergelkalken treten am häufigsten P₂O₅- und MgO-Ausreißer in Erscheinung. Die MgO-Ausreißer stammen, wie auch durch die erhöhten Dolomitgehalte (RDA) belegt, ausnahmslos von Proben aus dem nördlichsten Teil des Mergelbruchs (EN). Auch die höheren P-Gehalte sind auf diesen Bereich beschränkt.

Da klastische Einflüsse in diesem Abschnitt des Mergelbruchs fehlen, müssen flachmarine, ruhige Sedimentationsbedingungen angenommen werden, die begünstigte Stätten für die Dolomitbildung bzw. für eine gewisse Anreicherung von P durch einen lebhaften biologischen Stoffumsatz, aufgrund des nährstoffreichen Auftriebswassers darstellen.

Gleichzeitig erhöhte Fe-Gehalte in diesem Bereich könnten, abgesehen von diversen Tonmineralien, im Vorkommen von Apatit oder Fe-Phosphaten begründet sein.



Zusätzlich ist besonders in den, verstärkt im nördlichen Abschnitt des Mergelbruchs auftretenden, tonig-mergeligen Gesteinen mit akzessorischen, opaken Erzphasen zu rechnen. Außerdem zeigen die tonig-mergeligen Varietäten neben Fe auch verhältnismäßig hohe Ti-Werte. Es sind hauptsächlich die Tonminerale die Träger dieser Elemente, wobei das Ti nicht an die Minerale der Tonfraktion adsorbiert ist, sondern in Form von fein verteilten Nadelchen auftritt, die aus mehreren Modifikationen des TiO₂ bestehen können. Gemeinsam mit Ti tritt Fe in den fein in der Matrix verteilten Erzflittern auf.

Mit einer weitgehend geschlossenen Verteilung stellen die reinen Kalken die homogenste Gruppe dar. Sie zeigen die geringste Streuung bei den meisten Elementen. Nur bei SO₃ und Sr sind geringfügig Ausreißer festzustellen. Die Problematik hoher SO₃-Gehalte im Rohmaterial wurde schon in Kap. 4.1. angesprochen, wobei festzuhalten gilt, daß häufig erhöhte S-Werte im Südteil des Mergelbruchs zu erwarten sind. Ebenso ist in diesem hangendsten Ab-

schnitt mit erhöhten Cr-Gehalten zu rechnen. Möglicherweise könnten hier ursprünglich vulkanogene Einflüsse mitgespielt haben.

Als Mg-reichste Gruppe erweisen sich die mergelig-kalkig betonten Gesteine. Nach den RDA-Untersuchungen enthalten die Kalkmergel, besonders in der Umgebung Weihnachtigraben, am meisten Dolomit. Gleichzeitig sind dort auch die höchsten Mg-Gehalte zu verzeichnen, d.h. die Mg-Werte sind dort sehr gut mit dem Dolomitanteil in diesen Gesteinen korrelierbar. Im Mergelbruch selbst ist beispielsweise in den Mergelkalken eine derartige Korrelation nicht so deutlich ausgeprägt. Folglich dürfte das Mg in diesen Gesteinen, abgesehen vom geringen Dolomitanteil, im Tonmineralanteil gebunden vorliegen. Dies wird durch das häufige Auftreten von Smektit (Substitution des Al durch Mg und Fe) und Chlorit bestätigt. Die geringen MgO-Gehalte insgesamt gesehen reflektieren jedenfalls den mäßigen Dolomitanteil der Gesteine im Mergelbruch.

Ein weiteres signifikantes Merkmal ist der für Karbonate ungewöhnlich hohe Gehalt an Sr. Die breiteste Streuung im Sr-Gehalt weisen die mergeligen Kalksteine auf. Sie sind die Sr-reichste Gruppe überhaupt. Die tonig-mergeligen Varietäten zeigen eine gute Ca/Sr-Korrelation. Nicht so die Ca-reichen mergeligen Kalksteine. Das spricht nicht für die sonst in Ca-reichen Sedimenten übliche Ca/Sr-Substitution, sondern für eine eigene Sr-Phase in den karbonatreichen Sedimenten des Mergelbruchs. In der Literatur (KAHLER und MEIXNER, 1963) sind Strontiumminerale (Strontianit, Cölestin) in den Wietersdorfer Steinbrüchen belegt. Dabei wurde der kausale Zusammenhang mit dickschaligen Muscheln dokumentiert, in deren Kernhöhlräumen – und von ihnen aus auch in Klüftchen – die Strontiummineralanreicherung neben der Kalkspatausscheidung stattfand. Die Kalzitisierung von einstmalig aus Aragonit bestehenden Tierschalen wird mit der Rekristallisation des Kalkspats zusammengefallen sein, die zur diagenetischen Verfestigung des Gesteins führte. Das ursprünglich im Aragonit eingebaute Sr, das aus kristallchemischen Gründen im Kalzit nicht Platz findet, reicherte sich in den diagenetischen Restlösungen an und bedingte die Bildung von selbstständigen Sr-Mineralien. Im Falle Wietersdorf scheinen die zur Verfügung stehenden Schwefelmengen nur sehr gering gewesen zu sein, so daß sie mit der Ausscheidung von Pyrit-Markasit bereits fast erschöpft waren und Cölestin (SrSO_4) sich nur spurenhaf entwickeln konnte. Aufgrund der vorhin angesprochenen und anhand von X/Y-Diagrammen in W. GRITZ (1992) dokumentierten schlechten Ca/Sr-Korrelation müssen vor allem die mergeligen Kalke als Träger der Sulfid- bzw. Sulfatphasen angenommen werden.

In allen Gesteinen des Mergelbruchs sind K und Al am besten korrelierbar. Sie treten verstärkt in den tonig-mergeligen Varietäten auf und lassen sich sehr gut mit dem Gehalt an Glimmer bzw. Tonmineralien korrelieren.

Mn, V, Cr, Ni, Cu, Zn, Ba und Rb korrelieren sehr deutlich mit den Vorkommen der tonig-mergeligen bis kalkig-mergeligen Gesteine im Nordabschnitt des Mergelbruchs sowie mit den Vorkommen im Weihnachtigraben (EW) und Etage Zementwerk (EZ). Die Träger der Spurenelemente sind daher hauptsächlich die Tonminerale.

Literatur

- BECK-MANNAGETTA, P.: Krappfeld, Saualpe, Seetaler Alpen, St. Pauler Berge. – In: Der geologische Aufbau Österreichs, 378–385, Wien (Springer) 1980.
- BENTZ, A. & MARTINI, H.J.: Lehrbuch der Angewandten Geologie. – Band 2, Teil 1, Stuttgart (Enke) 1969.
- ELGARAFI, A.G.: Geologische Kartierung der Oberkreideablagerungen im Gebiet von St. Florian im Krappfeld (Kärnten). – Unpubl. Dipl.-A., Univ. Hamburg 1970.
- GRITZ, W.: Angewandte geologische, mineralogische und geochemisch-statistische Untersuchungen der Zementmergelabfolge von Wietersdorf in Kärnten. – Unpubl. Diss., Univ. Wien 1992.
- HINTE, J.E.v.: Zur Stratigraphie und Mikropaläontologie der Oberkreide und des Eozäns des Krappfeldes (Kärnten). – Jb. Geol. B.-A., Sdbd. 8, Wien 1963.
- KAHLER, F. & MEIXNER, H.: Minerale aus den Steinbrüchen der Wietersdorfer Zementwerke. – Carinthia II, 153/73, 57–67, Klagenfurt 1963.
- LEGGEWIE, R.: Geologische Kartierung der Permotrias, der Kreide und des Tertiärs im Görtschitztal zwischen Eberstein und Klein St. Paul. – Unpubl. Dipl.-A., Univ. Hamburg 1970.
- LEGGEWIE, R. & THIEDIG, F.: Oberkreidesedimente am Ostrand des Krappfeldes (Kärnten). – Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 47, 229–246, Hamburg 1977.
- NEUMANN, H.H.: Die Faziesentwicklung der Krappfeldgosau in der Umgebung von Wietersdorf. – Unveröff. Dipl.-Arb., Univ. Hamburg 1987.
- NEUMANN, H.H.: Die Oberkreide des Krappfeldes. – Arbeitstagung der Geol. B.-A., Wien 1989.
- ÖNORM G1046, Teil 3: Begriffe der Lagerstättenkunde der Steine, Erden und Industriemineralien (Kalkstein). – Fachnormenausschuß 097 Bergbau, Wien 1985.
- ROCK, N.M.S.: Numerical geology. – Lecture notes in Earth sciences, Bd. 18, 427 S., Berlin (Springer) 1988.
- RÜHL, N.P.: Geologische Neuaufnahme des Krappfeldes zwischen Treibach-Althofen, Silberegg und Guttaring. – Unpubl. Dipl.-A., Univ. Hamburg 1970.
- THIEDIG, F.: Submarine Brekzien als Folge von Felsstürzen in der Turbiditfazies der Oberkreide des Krappfeldes in Kärnten. – Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 44, 495–516, Hamburg 1975.
- TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich, Band 1: Die Zentralalpen. – Wien (Franz Deuticke) 1977.
- WILKENS, E.: Das Alttertiär des Krappfeldes. – Unpubl. Dipl.-A., Univ. Hamburg 1985.