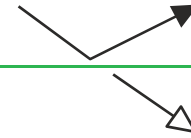


**DR. BAERMANN & PARTNER****MIKROANALYTIK**

Dr. Baermann & Partner · Hochallee 40 · D-20149 Hamburg

Grundbauingenieure Steinfeld und Partner GbR  
Herrn Dipl.-Ing. Bienert  
Reimersbrücke 5  
20457 Hamburg

- R Ö N T G E N L A B O R
- M A T E R I A L P R Ü F U N G
- B A U S T O F F B E W E R T U N G
- U M W E L T G U T A C H T E N

Mitglied im VDI, ITVA, DMG und  
Bundesverband der Sachverständigen

Hochallee 40  
D-20149 Hamburg

Telefon: 040 / 44 80 98 50

040 / 44 80 98 55

Telefax: 040 / 44 80 98 51

E-Mail: dr.baermann@t-online.de

www.baermannundpartner.de

Hamburg, den 12.10.2018  
doc: g633-1-18

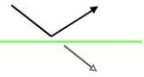
**BV: U5 Ost, City Nord bis Bramfeld in Hamburg**

**Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad an Sanden und Geschiebemergeln  
sowie Tonmineral-Analysen an Beckenschluffen und Lauenburger Tonen**

**Bearbeitung:**           **Dr. A. Baermann**  
                                  **Dipl.-Geol. M. Lexau**  
                                  **P. Schüttenhelm**  
                                  **J. Berghahn**  
                                  **B.Sc. J. Kartheuser**  
                                  **B.Sc. H. Brockmann**

**Bericht Nr.:**           **G 633-1-18**

**Stand:**               **12. Oktober 2018**



## 1 Auftrag und Veranlassung

Die Firma Dr. Baermann & Partner wurde von der Fa. Steinfeld und Partner am 13.08.2018 mit der Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad an 10 Bodenproben beauftragt. Bei den Bodenproben handelt es sich um Sande und Geschiebemergel, die im Rahmen des geplanten Schildvortriebs für den Bau der U5 Ost im Bereich zwischen der U-Bahnstation Sengelmannstraße und dem Bramfelder Dorfplatz in Hamburg entnommen worden sind.

Neben der Vermessung und Klassifizierung der einzelnen Mineralkörner in den Sedimenten sind entsprechende Fotodokumentationen anzufertigen. Hierzu sollen Übersichtsaufnahmen von jeder Sedimentprobe sowie einzelne Detailaufnahmen und Mikrofotographien von den Präparaten in den Kies-, Sand- und Feinsandfraktionen angefertigt werden.

Zielsetzung ist, die verschiedenen Sande und Geschiebemergel vollständig zu charakterisieren und eine Klassifizierung der auftretenden Kornformen vorzunehmen. Ferner sollen zur Beurteilung der Quellfähigkeit von Beckenschluffen und vom Lauenburger Ton aus verschiedenen Tiefenstufen röntgendiffraktometrische Untersuchungen zur Mineral- und Tonmineralbestimmung an 6 Bodenproben durchgeführt werden.

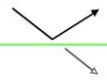
## 2 Beprobung und Probenbeschreibung

Die Beprobung sowie die Auswahl repräsentativer Proben aus den Bohrungen für die Untersuchungen in bestimmten Tiefenlagen erfolgten durch die Grundbauingenieure Steinfeld und Partner.

Bei den eingelieferten Proben handelt es sich um sechs Mittelsande mit Feinsandanteilen sowie vier Geschiebemergel-Proben mit z. T. sandigen Anteilen.

Bei allen Geschiebemergel-Proben wurden nur die Fraktionen oberhalb von 63 µm untersucht, da die Ton- und Schluffanteile in norddeutschen Geschiebemergeln überwiegend aus Kalken (mikritischen Karbonaten), Glimmern/Illiten und Tonmineralen bestehen, die im Vergleich zu den Quarzen, Flinten und Feldspäten aus den Siebkornfraktionen nur geringe abrasive Eigenschaften aufweisen.

Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung der Labornummern, Bezeichnungen der Bohrungen, die Probenbezeichnung, die Entnahmetiefen sowie eine Einstufung zur Bodenart und Sedimentzusammensetzung.



**Tabelle 1: Probenliste**

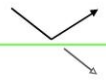
| Labor-Nummer | Bohrung  | Proben-Bezeichnung | Tiefe [m] | Bodenart                 |
|--------------|----------|--------------------|-----------|--------------------------|
| L 633-1-18   | B20/17   | GP 19              | 22,5      | Mittelsand, fs, gs´      |
| L 633-2-18   | B21-1/17 | GP 18              | 27,0      | Geschiebemergel, sandig  |
| L 633-3-18   | B24/17   | GP 19              | 28,0      | Geschiebemergel          |
| L 633-4-18   | B56/17   | GP 13              | 16,0      | Mittelsand, gs, fs´      |
| L 633-5-18   | B66/17   | GP 23              | 22,5      | Geschiebemergel, sandig  |
| L 633-6-18   | B68/17   | GP 19              | 26,3      | Fein- bis Mittelsand, u´ |
| L 633-7-18   | B72/17   | GP 16              | 21,6      | Mittelsand, fs, u´       |
| L 633-8-18   | B75a/17  | GP 18              | 18        | Mittelsand, fs, u´, gs´  |
| L 633-9-18   | B86/17   | GP 9               | 13,3      | Mittelsand, fs, gs´      |
| L 633-10-18  | B86/17   | GP 13              | 19,5      | Geschiebemergel          |
|              |          |                    |           |                          |
| L 633-11-18  | B35/17   | UP 1               | 25,7      | Beckenschluff/-ton (TM)  |
| L 633-12-18  | B38/17   | UP 1               | 23,2      | Beckenschluff (TL)       |
| L 633-13-18  | B60/17   | UP 4               | 13,2      | Beckenton                |
| L 633-14-18  | B66/17   | UP 3               | 35,2      | Lauenburger Ton          |
| L 633-15-18  | B67/17   | UP 4               | 33,2      | Lauenburger Ton (OT/UA)  |
| L 633-16-18  | B76-1/17 | UP 5               | 80,7      | Lauenburger Ton          |

Bei den eingelieferten Sanden handelt es sich überwiegend um Mittelsande mit unterschiedlichen Feinsand- und Kies-Anteilen.

Eine Übersicht zu den erfassten und jeweils vorherrschenden Kornfraktionen für jede Probe zeigt die Tabelle 2.

Die Mittelsand-Probe B 20/17 GP 19 aus 22,5 m Tiefe sowie die Geschiebemergel-Probe B 24/17 GP 19 aus 28,0 m Tiefe zeigen relativ hohe Kies-Anteile, in denen jeweils ein größerer Anteil an sehr scharfkantigen Flinten vorherrscht.

Aufgrund des hohen Flintanteils und der sehr eckigen, scharfkantigen Ausbildung erschien es zweckmäßig und erforderlich insbesondere diese Fraktionen zusätzlich zu untersuchen, da die Flinte



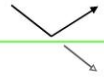
neben den Geschieben die Hauptkomponenten darstellen und sich über alle Kiesfraktionen relativ einheitlich verteilen.

Die Auszählungen ergaben einen Flint-Anteil, der zwischen ca. 10 bis 20 % betragen kann.

**Tabelle 2: Sieb- und Schlämmerkornanteile**

|              |          |                          | Fraktion       | Kies und Steine | Grobsand   | Mittelsand | Feinsand | Ton- und Schluff |
|--------------|----------|--------------------------|----------------|-----------------|------------|------------|----------|------------------|
| Labor-nummer | Bohrung  | Probenbezeichnung        | Korngröße [µm] | > 2000          | 630 - 2000 | 200 - 630  | 200 - 63 | < 63             |
| L 633-1-18   | B20/17   | GP 19<br>Mittelsand      | Anteil in %    | 14,2            | 14,5       | 47,3       | 20,1     | 3,9              |
|              |          |                          |                |                 | 81,9       |            |          |                  |
| L 633-2-18   | B21-1/17 | GP 18<br>Geschiebemergel | Anteil in %    | 4,2             | 11,7       | 34,4       | 25       | 24,7             |
|              |          |                          |                |                 | 71,1       |            |          |                  |
| L 633-3-18   | B24/17   | GP 19<br>Geschiebemergel | Anteil in %    | 18,6            | 11,2       | 21,9       | 15,4     | 32,9             |
|              |          |                          |                |                 | 48,5       |            |          |                  |
| L 633-4-18   | B56/17   | GP 13<br>Mittelsand      | Anteil in %    | 0,6             | 21,6       | 72,5       | 4,5      | 0,8              |
|              |          |                          |                |                 | 98,6       |            |          |                  |
| L 633-5-18   | B66/17   | GP 23<br>Geschiebemergel | Anteil in %    | 1,4             | 4,1        | 21         | 30,5     | 42,9             |
|              |          |                          |                |                 | 55,6       |            |          |                  |
| L 633-6-18   | B68/17   | GP 19<br>Fein-Mittelsand | Anteil in %    | <0,1            | 3,6        | 16,1       | 73,3     | 7                |
|              |          |                          |                |                 | 92,9       |            |          |                  |
| L 633-7-18   | B72/17   | GP 16<br>Mittelsand      | Anteil in %    | 0,5             | 1          | 28         | 63,4     | 7,1              |
|              |          |                          |                |                 | 92,4       |            |          |                  |
| L 633-8-18   | B75a/17  | GP 18<br>Mittelsand      | Anteil in %    | 1,7             | 10,1       | 42,8       | 40,6     | 4,9              |
|              |          |                          |                |                 | 93,5       |            |          |                  |
| L 633-9-18   | B86/17   | GP 9<br>Mittelsand       | Anteil in %    | 1,5             | 21,4       | 46,7       | 27,8     | 2,6              |
|              |          |                          |                |                 | 95,9       |            |          |                  |
| L 633-10-18  | B86/17   | GP 13<br>Geschiebemergel | Anteil in %    | 2,2             | 6,8        | 27,3       | 23,9     | 39,8             |
|              |          |                          |                |                 | 58         |            |          |                  |

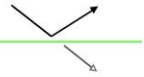
Die Abbildungen 1 und 2 zeigen beispielhaft die Ausbildung der Flinte nach der Separation in den Kies- Fraktionen in der Mittelsand- bzw. Geschiebemergel-Probe.



**Abb. 1:** Gesamtmenge Partikel der Fraktion > 2 mm von Probe B 20/17, GP 19 (Mittelsand). Bei 18 von 107 Partikeln handelt es sich um scharfkantige Flinte (17 % Gesamt-Anteil)



**Abb. 2:** Gesamtmenge Partikel der Fraktion 2 – 4 mm von Probe B 24/17, GP 19 (Geschiebemergel). 28 von 251 Partikeln sind scharfkantige bis kantige Flinte (11 % Gesamt-Anteil)



In den Anlagen 1.1 bis 1.60 sind Übersichtsaufnahmen der Gesamtfractionen der eingelieferten Proben dargestellt. Zusätzlich sind Detailaufnahmen der Einzelfractionen sowie eine Auflistung der ausgewählten Partikel aus den Fractionen zur Bestimmung und Vermessung von Kornform und Rundungsgrad erstellt worden.

Außerdem sind die jeweiligen Kornformen der Sedimentkörner durch morphologische Messungen graphisch dargestellt.

Aus den Übersichtsaufnahmen ist erkennbar, dass es sich bei den sechs Sand-Sedimentproben weitestgehend um Quarz- und Quarzit-haltige Mittelsande handelt. In den Kiesfractionen lassen sich Geschiebebruchstücke in Form von Graniten, Gneisen und Quarziten sowie Flinte nachweisen. Der Flint-Anteil kann hier zwischen 15 - 20 % erreichen. In den Geschiebemergeln wurden in den Kiesfractionen bis zu 11 % an Flint nachgewiesen.

### **3 Untersuchungsmethoden und Ergebnisse**

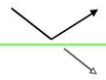
Die Charakterisierung und Klassifizierung der Proben erfolgte nach EN ISO 14689-1. Der Sortierungs- bzw. Rundungsgrad wurde nach Pettijohn et al., 1973, und Nichols, 1999, bestimmt.

Die Einordnung erfolgte mikroskopisch je nach hoher oder geringer Kugeligkeit der Körner jeweils in die 6 Klassen zwischen sehr eckig (0) bis gut gerundet (5).

Zur Herstellung der mikroskopischen Präparate waren Abtrennungen der größeren Partikel (z. B. Kiesanteile) erforderlich, um einheitliche Arbeitsabstände am Mikroskop sicherzustellen. Zusätzlich erfolgten noch Separationen innerhalb der einzelnen Sandfractionen.

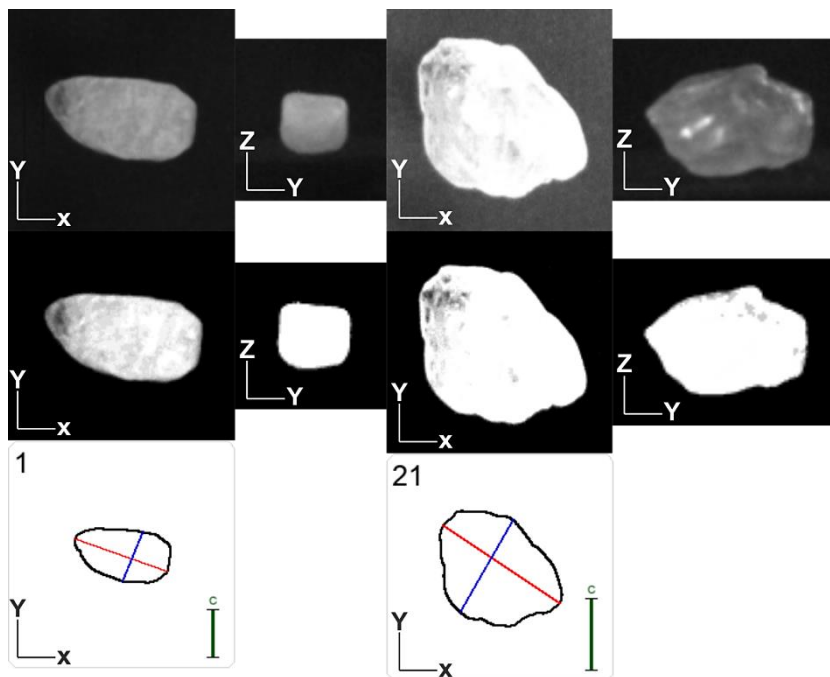
Für die mikroskopischen Analysen an den Sandproben sind die Fractionen unterhalb von 63 µm ausgeschlämmt und massenmäßig bestimmt worden, um teilweise auftretende Verkittungen zwischen den Körnern nach der Probentrocknung vollständig zu lösen und Anhaftungen auf den Körneroberflächen zu entfernen. Nur auf diese Weise lässt sich der Rundungsgrad an den Kantenbereichen und auf den Bruchflächen unverfälscht und vollständig erfassen.

Zur Bestimmung der Kornform sind die Achsenverhältnisse der Körner bestimmt worden. Die Untersuchungen und Auszählungen erfolgten einerseits an Körnerpräparaten am Auflichtmikroskop in den Sandfractionen mit Hilfe eines pointer counters sowie einer 3D-Vermessung mit Hilfe von drei



steuerbaren Mikro-Kameras. Dies ermöglichte eine genaue, schrittweise Vermessung der X-, Y- und Z-Achsen an einzelnen Sedimentkörnern.

In Abbildung 3 sind beispielhaft Aufnahmen aus den drei Ebenen der Mikrokameras abgebildet, anhand dessen die jeweiligen 3 Achsenlängen X, Y und Z der Mineralkörner vermessen worden sind (X und Y sind rot und blau dargestellt. Während die Z-Achse (c) in grün dargestellt ist. In der Anlage 1.4 sind beispielhaft die vermessenen Mineralkörner inkl. der ermittelten Achsenlängen aufgeführt.

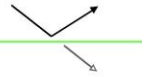


**Abb. 3:** 3D-Aufnahmen und Achsenvermessungen ausgewählter Mineral-Körner (Fraktion 630 – 2000 µm) von Probe 86 GP 13/17 aus der automatischen Analyse

Die Klassifizierung erfolgte anhand der jeweils berechneten Achsenverhältnisse in die 4 Feld-Bereiche mit

- A: tafelig/plattig,
- B: isometrisch (oblate),
- C: flachstängelig (bladed) und
- D: stängelig (rodshaped)

ausgebildeten Körnern entsprechend der Kornform nach Zingg.



Die Anlagen 1.1 bis 1.60 zeigen dazu die Mikrofotographien und die entsprechenden Ergebnisse der Korn-Vermessungen für jede Probe.

Ferner sind die Einzelmessungen in Form eines Plots in den jeweiligen Quadranten mit den Bereichen A, B, C und D dargestellt.

Der jeweilige Mittelwert aus allen drei Achsvermessungen an den Sedimentkörnern ist im Plot jeweils als rotes großes Quadrat markiert und innerhalb des Verteilungsbereiches im jeweiligen Feld eingezeichnet.

Diese Untersuchungsergebnisse sind nachfolgend in den Tabellen 3 und 4 zusammengefasst worden.

Die feinsandhaltige Mittelsandprobe B20/17 fällt bei der Untersuchung der Fraktionen zwischen 200 µm bis 630 µm in den Bereich B (isometrische Kornform). Berücksichtigt man den Kiesanteil so ist in Anlage 1.3 eine Verschiebung in den Bereich A mit tafelig-plattigen Kornformen erkennbar.

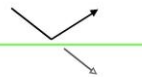
Dies ist in der Regel nicht zu erwarten, da in den Kiesfraktionen üblicherweise gerundete Geschiebe mit vorwiegend isometrischer Struktur vorherrschen. Die Verschiebung in Richtung A ist auf den relativ hohen Flintanteil und sein besonderes Bruchverhalten bzw. die Spaltbarkeit mit einem muscheligen Bruch zurückzuführen.

Die Übersichtsaufnahmen und Ausschnittvergrößerungen in Anlage 1.1 zeigen teilweise sehr dünne, schwach durchsichtige Scherben, mit extrem scharfer Kantenbildung. Insofern ist die Verschiebung in Richtung A auch ein Indikator für die Ausbildungsform der Flinte in der Probe bzw. in den jeweiligen Fraktionen.

Mit der Kornform korreliert in diesem Fall auch der Rundungsgrad. In der Fraktion 200 – 630 µm weisen 43,4 % der Partikel eine hohe Kugeligkeit auf.

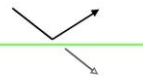
Mit zunehmender Korngröße sinkt der Anteil an Körnern mit hoher Kugeligkeit. In der Fraktion 630 – 2000 µm sind nur noch 35,4 % höher kugelig.





**Tabelle 3: Kugeligkeit und Kornform-Klassifizierung**

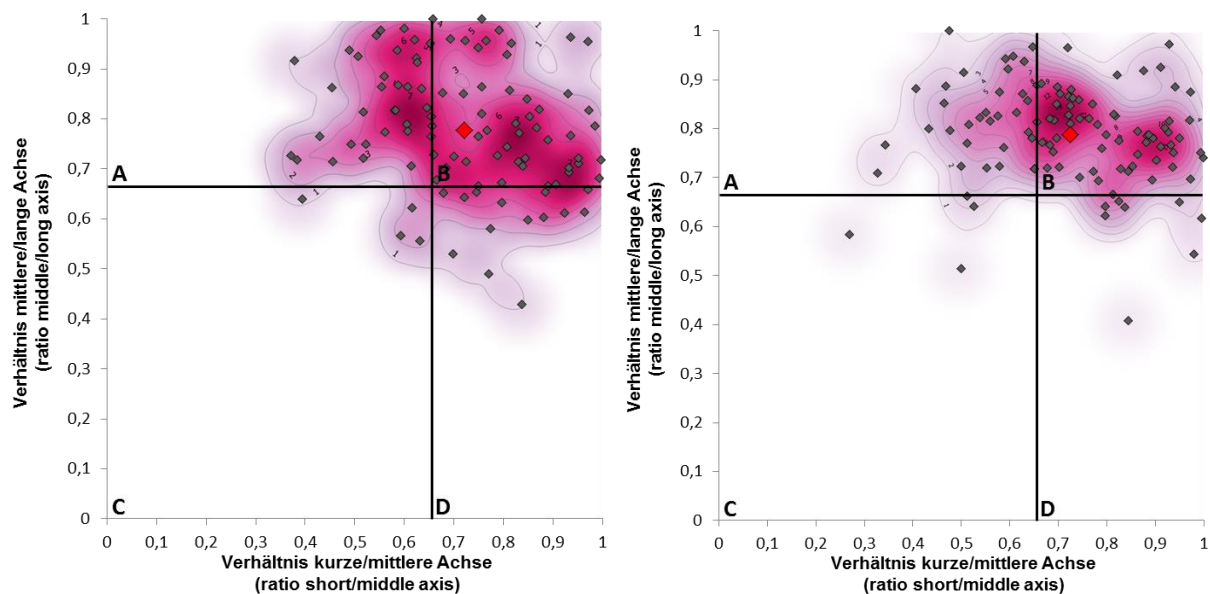
| Labor-Nummer | Bohrung  | Probenbezeichnung | Tiefe [m] | Fraktion [µm]      | Hohe Kugeligkeit [%] | Geringe Kugeligkeit [%] | B-Achse/A-Achse Mittelwert | C-Achse/B-Achse Mittelwert | Kornform-Klassifizierung (mod. nach Zingg) |
|--------------|----------|-------------------|-----------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
| L 633-1-18   | B20/17   | GP 19             | 22,5      | 200-630            | 43,4                 | 56,6                    | 0,78 ± 0,10                | 0,77 ± 0,15                | <b>B/(A)</b>                               |
|              |          |                   |           | 630-2000           | 35,4                 | 64,6                    | 0,81 ± 0,09                | 0,76 ± 0,13                | <b>B</b>                                   |
| L 633-2-18   | B21-1/17 | GP 18             | 27,0      | 200-630            | 38,1                 | 61,9                    | 0,77 ± 0,12                | 0,76 ± 0,13                | <b>B/(A)</b>                               |
|              |          |                   |           | 630-2000           | 35,6                 | 64,4                    | 0,79 ± 0,12                | 0,77 ± 0,14                | <b>B/(A)/(D)</b>                           |
| L 633-3-18   | B24/17   | GP 19             | 28,0      | 200-630            | 37,8                 | 62,2                    | 0,79 ± 0,12                | 0,77 ± 0,16                | <b>B/(A)</b>                               |
|              |          |                   |           | 630-2000           | 48,1                 | 51,9                    | 0,80 ± 0,10                | 0,75 ± 0,15                | <b>B/(A)</b>                               |
| L 633-4-18   | B56/17   | GP 13             | 16,0      | 200-630            | 33,7                 | 66,3                    | 0,78 ± 0,12                | 0,73 ± 0,16                | <b>B/A/(D)</b>                             |
|              |          |                   |           | 630-2000           | 35,4                 | 64,6                    | 0,78 ± 0,10                | 0,76 ± 0,15                | <b>B/A</b>                                 |
| L 633-5-18   | B66/17   | GP 23             | 22,5      | 63-200             | 36,6                 | 63,4                    | 0,78 ± 0,13                | 0,76 ± 0,17                | <b>B/(A)/(D)</b>                           |
|              |          |                   |           | 200-630 (Probe A)  | 38,9                 | 61,1                    | 0,80 ± 0,10                | 0,78 ± 0,15                | <b>B/(A)</b>                               |
|              |          |                   |           | 200-630 (Probe B)  | -                    | -                       | 0,79 ± 0,12                | 0,73 ± 0,17                | <b>B/A</b>                                 |
|              |          |                   |           | 200-630 (Zusammen) | -                    | -                       | 0,79 ± 0,11                | 0,76 ± 0,16                | <b>B/(A)</b>                               |
| L 633-6-18   | B68/17   | GP 19             | 26,3      | 63-200             | 28,8                 | 71,2                    | 0,73 ± 0,15                | 0,69 ± 0,18                | <b>A/B/D</b>                               |
|              |          |                   |           | 200-630            | 40,3                 | 59,7                    | 0,80 ± 0,10                | 0,72 ± 0,16                | <b>B/A</b>                                 |
| L 633-7-18   | B72/17   | GP 16             | 21,6      | 63-200             | 27,2                 | 72,8                    | 0,75 ± 0,11                | 0,73 ± 0,19                | <b>B/A/(D)</b>                             |
|              |          |                   |           | 200-630            | 38                   | 62                      | 0,79 ± 0,10                | 0,74 ± 0,16                | <b>B/A/(D)</b>                             |
| L 633-8-18   | B75a/17  | GP 18             | 18,0      | 63-200             | 26,5                 | 73,5                    | 0,78 ± 0,12                | 0,72 ± 0,16                | <b>B/A/(D)</b>                             |
|              |          |                   |           | 200-630            | 28                   | 72                      | 0,79 ± 0,10                | 0,72 ± 0,17                | <b>B/A</b>                                 |
| L 633-9-18   | B86/17   | GP 9              | 13,3      | 200-630            | 29,1                 | 70,9                    | 0,78 ± 0,11                | 0,75 ± 0,15                | <b>B/A</b>                                 |
|              |          |                   |           | 630-200            | 35,8                 | 64,2                    | 0,78 ± 0,11                | 0,78 ± 0,12                | <b>B/(A)</b>                               |
| L 633-10-18  | B86/17   | GP 13             | 19,5      | 63-200             | 22,3                 | 77,7                    | 0,75 ± 0,14                | 0,75 ± 0,17                | <b>B/A/D</b>                               |
|              |          |                   |           | 200-630            | 22,4                 | 77,6                    | 0,76 ± 0,11                | 0,76 ± 0,15                | <b>B/A/(D)</b>                             |
|              |          |                   |           | 630-2000           | 33,1                 | 66,9                    | 0,79 ± 0,10                | 0,76 ± 0,14                | <b>B/A</b>                                 |



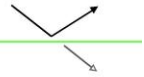
Bei Probe B66/17 sind vergleichsweise die Fraktionen zwischen 200 – 630 µm mehrfach vermessen worden, um die Streubreiten bei den Vermessungen bzw. der Kornform-Klassifizierung erfassen zu können.

Die A- und B-Proben sowie die zusammengefasste Probe aus A- und B-Probe weisen relativ einheitliche Achsenverhältnisse mit relativ geringer Standard-Abweichung auf. Insofern erscheint eine Reduzierung von 200 bis 300 Partikeln auf etwa 100 Partikel bei diesen Sedimenten zulässig. Die Einstufung führt jeweils in das Feld B (fett dargestellt) mit leichten Tendenzen in das Feld A (entsprechend in Klammern dargestellt). Bei unterschiedlichen Verteilungsmustern wurde bei den Proben jeweils das Maximum bewertet und dafür in der Tabelle das jeweilige Feld A, B, C oder D in fett ausgedrückt. Je nach Verteilungsbereich und Ausdehnungstendenzen sind die untergeordneten Felder dann in „nicht fett“ oder in Klammern angegeben worden.

Weiterhin wurden Verteilungsmuster zwischen den einzelnen Fraktionen aus einer Probe miteinander verglichen. In Abbildung 3 ist dies für die Mittelsandprobe B 75a/17 graphisch dargestellt.



**Abb. 4:** Mittelsand-Probe 75a/17, GP 18 (Fraktion 63 – 200 µm links und Fraktion 200 – 630 µm rechts). Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot): B/A = 0,78/0,79 (Standard-Abweichung: 0,12/0,10), C/B = 0,72/0,72 (Standard-Abweichung: 0,16/0,17)). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.



Die Feinsandfraktion wurde dabei der Mittelsandfraktion gegenübergestellt. Die erfassten Mittelwerte bleiben größenordnungsmäßig gleich und führen bei beiden Unterproben zu einer Klassifizierung vorrangig in das Feld B.

Die Streubreite bzw. das Verteilungsmuster aus den Einzelmessungen ist bei beiden Proben demnach etwa gleich groß. Lediglich die Kerndichten-Schätzung scheint eine etwas größere Ausdehnung zu nehmen, die aber auf die Mittelwertbildung kaum Einfluss hat.

Eine Einzel-Bewertung kann für jede Probe und für jede Fraktion anhand der graphischen Abbildungen in den Anlagen 1.1 bis 1.60 vorgenommen werden.

Aus der Kornform und der Kugeligkeit lassen sich noch keine unmittelbaren Rückschlüsse auf den Rundungsgrad ziehen.

In Tabelle 4 sind zunächst die ermittelten Rundungsgrade 0 bis 5 von Körnern mit hoher und geringer Kugeligkeit zusammengefasst worden.

Wie aus Tabelle 4 ersichtlich ist, wird ein hoher Anteil an sehr eckigen und eckigen Körnern mit 53 % in der Geschiebemergel-Probe B 86/17 erreicht. Aber auch im Mittelsand von B 75a/17 konnten ca. 53 % sehr eckige bis eckige Körner nachgewiesen werden.

Mit höheren Sandanteilen im Geschiebemergel kann sich der Grad an eckigen Mineralkörnern in den Fraktionen zwischen 200 – 630 µm auf Werte unterhalb von 4 % reduzieren, wie die Mergelprobe B 21-1/17 gegenüber der Probe B 86/17 mit über 20 % Anteil beweist.

Für die Fein-Mittelsand-Probe B 68/17 werden Körner mit einem geringen Rundungsgrad von 0 – 1 von insgesamt 36,5 % bestimmt. In einigen Mittelsanden liegen in diesen Fraktionen höhere Anteile an eckigen und sehr eckigen Körnern mit bis zu 52,5 % vor (Probe B 72/17).

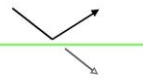
Relativ hohe Rundungsgrade zwischen 4 und 5 weist der sandige Geschiebemergel (B 21-1/17) mit 48,6 % auf.



**Tabelle 4: Rundungsgrad von Körnern mit hoher und geringer Kugeligkeit (Angaben in %)**

| Labor-Nummer | Bohrung   | Proben-bezeichnung | Tiefe [m] | Fraktion [µm]     | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|--------------|-----------|--------------------|-----------|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| L 633-1-18   | B 20/17   | GP 19              | 22,5      | 200-630           | 0,0  | 12,9 | 33,2 | 28,9 | 23,8 | 1,2  |
|              |           |                    |           | 630-2000          | 0,0  | 13,3 | 31,1 | 33,6 | 18,9 | 3,1  |
| L 633-2-18   | B 21-1/17 | GP 18              | 27,0      | 200-630           | 0,0  | 3,8  | 26,7 | 20,9 | 31,5 | 17,1 |
|              |           |                    |           | 630-2000          | 2,9  | 6,7  | 29,9 | 28,8 | 19,2 | 12,5 |
| L 633-3-18   | B 24/17   | GP 19              | 28,0      | 200-630           | 0,0  | 0,0  | 14,6 | 46,6 | 28,1 | 10,7 |
|              |           |                    |           | 630-2000          | 1,0  | 1,0  | 15,7 | 34,3 | 29,4 | 18,6 |
| L 633-4-18   | B 56/17   | GP 13              | 16,0      | 200-630           | 3,0  | 18,8 | 32,6 | 20,8 | 21,8 | 3,0  |
|              |           |                    |           | 630-2000          | 3,4  | 12,9 | 28,4 | 32,9 | 15,5 | 6,9  |
| L 633-5-18   | B 66/17   | GP 23              | 22,5      | 63-200            | 0,0  | 21,8 | 33,7 | 35,6 | 8,9  | 0,0  |
|              |           |                    |           | 200-630 (Probe A) | 2,9  | 16,5 | 30,1 | 30,1 | 12,6 | 7,8  |
| L 633-6-18   | B 68/17   | GP 19              | 26,3      | 63-200            | 3,8  | 32,7 | 39,4 | 17,4 | 4,8  | 1,9  |
|              |           |                    |           | 200-630           | 1,0  | 11,5 | 37,5 | 30,7 | 17,4 | 1,9  |
| L 633-7-18   | B 72/17   | GP 16              | 21,6      | 63-200            | 11,7 | 40,8 | 37,8 | 5,8  | 2,9  | 1,0  |
|              |           |                    |           | 200-630           | 4,9  | 16,5 | 29,1 | 35,9 | 13,6 | 0,0  |
| L 633-8-18   | B 75a/17  | GP 18              | 18,0      | 63-200            | 7,8  | 45,1 | 34,3 | 10,8 | 2,0  | 0,0  |
|              |           |                    |           | 200-630           | 3,9  | 13,5 | 37,5 | 35,6 | 8,7  | 1,0  |
| L 633-9-18   | B 86/17   | GP 9               | 13,3      | 200-630           | 0,0  | 11,7 | 42,7 | 28,1 | 14,6 | 2,9  |
|              |           |                    |           | 630-200           | 0,0  | 10,7 | 41,7 | 28,2 | 17,5 | 1,9  |
| L 633-10-18  | B 86/17   | GP 13              | 19,5      | 63-200            | 7,8  | 45,6 | 34,0 | 7,8  | 4,8  | 0,0  |
|              |           |                    |           | 200-630           | 1,9  | 18,4 | 39,9 | 24,3 | 13,6 | 1,9  |
|              |           |                    |           | 630-2000          | 0,9  | 17,9 | 34,0 | 15,1 | 23,6 | 8,5  |

Rundungsgrad (nach Pettijohn et al., 1973): **0** = sehr eckig, **1** = eckig, **2** = eckig mit beginnender Kantenrundung, **3** = angerundet, **4** = gerundet, **5** = gut gerundet



Die Einzelergebnisse der Rundungsgrad-Einstufungen können den Anlagen 1.1 bis 1.60 zusammen mit den Übersichtsaufnahmen der jeweils untersuchten Kornfraktionen entnommen werden.

### **Tonmineralogische Untersuchungen**

Die auftretenden Minerale und Tonminerale wurden durch röntgendiffraktometrische Untersuchungen (XRD-Analysen) bestimmt. Alle Untersuchungen erfolgten mit Kupfer-K-Alpha-Strahlung und einem Nickel-Filter im Winkelbereich zwischen 2 bis 70 ° bzw. 2 bis 40 ° für 2 Theta. Hierzu sind sowohl texturfreie Pulverpräparate, als auch Textur-Präparate (Sedimentationspräparate) für die Einzel-Untersuchungen in den Tonfraktionen angefertigt worden.

Die Proben sind im Ultraschallbad zunächst suspendiert und anschließend stabilisiert worden, um die Tonfraktionen vollständig ausschlämmen zu können. Damit wurde sichergestellt, dass auch der Anteil an Fein- und Mittelton in den Proben vollständig erfasst werden konnte. Dies ist insofern wichtig, da sich hier die Hauptaufenthaltsbereiche der quellfähigen Minerale befinden.

An den Textur-Präparaten erfolgten neben den Magnesium-Belegungen und Luft-Trocknungen auch verschiedene thermische Behandlungen sowie Bedampfungen mit Glycol und/oder Glycerin.

Anhand von Standards und Auswerteprogrammen lassen sich die Mineral-Zusammensetzungen größenordnungsmäßig abschätzen und ermöglichen eine halbquantitative Auswertung (siehe hierzu Tabelle 5).

Die Auswertung der Röntgendiffraktogramme ergab, dass sich im Lauenburger Ton bis in etwa 35 m Tiefe die höchsten Anteile an quellfähigen Tonen (Smektite) in Form von Montmorilloniten nachweisen lassen. Die Gehalte liegen in den Tonfraktionen bei maximal ca. 30 %.

Auffällig ist, dass im Lauenburger Tonmaterial aus größeren Tiefen bei ca. 80 m Tiefe der Anteil an Smektiten geringer wird und auf etwa 5 % abnimmt.

Demgegenüber erhöht sich der Anteil an Kaoliniten in dieser Tiefe auf 46 % und ist damit doppelt so hoch wie in der LT-Tonfazies in ca. 33 – 35 m Tiefe.



**Tabelle 5: Quantifizierung der Smektit-, Illit-, Kaolinit-, Chlorit- und Quarz-Anteile**  
 (Zusammensetzung bezogen auf eine TOC- und weitgehend Karbonat-freie Matrix)

| Labor-Nummer | Bohrung  | Bodenart                | Proben-bezeichnung | Tiefe [m] | Smektit-Anteil in [%] | Illit-Anteil in [%] | Kaolinit-Anteil in [%] | Chlorit-Anteil in [%] | Quarz-Anteil in [%] |
|--------------|----------|-------------------------|--------------------|-----------|-----------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|
| L 633-11-18  | B35/17   | Beckenschluff/-ton (TM) | UP 1               | 25,7      | 15 – 19               | 21 – 23             | 17 – 19                | 3 – 5                 | 35 – 37             |
| L 633-12-18  | B38/17   | Beckenschluff (TL)      | UP 1               | 23,2      | 15 – 17               | 23 – 25             | 17 – 19                | 2 – 4                 | 34 – 36             |
| L 633-13-18  | B60/17   | Beckenton               | UP 4               | 13,2      | 12 – 14               | 24 – 26             | 19 – 20                | 3 – 5                 | 32 – 36             |
| L 633-14-18  | B66/17   | Lauenburger Ton         | UP 3               | 35,2      | 26 – 29               | 16 – 18             | 21 – 23                | 3 – 5                 | 24 – 26             |
| L 633-15-18  | B67/17   | Lauenburger Ton (OT/UA) | UP 4               | 33,2      | 24 – 26               | 18 – 20             | 21 – 23                | 2 – 4                 | 26 – 28             |
| L 633-16-18  | B76-1/17 | Lauenburger Ton         | UP 5               | 80,7      | 3 – 5                 | 19 – 21             | 44 – 46                | 3 – 5                 | 23 – 25             |

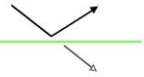
In den Beckenschluffen werden größenordnungsmäßig zwischen 15 bis 20 % quellfähige Tone nachgewiesen. Der Quarzanteil liegt bei 32 bis 38 % und ist gegenüber dem Lauenburger Tonen in den Tonfraktionen erhöht. Diese erreichen maximal etwa 28 % Quarz.

Die Kaolinit-Anteile variieren im Beckenschluff bzw. im Beckenton zwischen 17 bis 23 %.

Chlorit ließ sich in geringen Mengen ebenfalls nachweisen und erreicht maximal 3 - 5 %, wobei diese Gehalte auch durch Anteile von sogenannten Wechsellagerungsmineralen und Vermikuliten noch überlagert sein können.

Auf eine weitere Differenzierung wurde hier verzichtet, da diese für die Fragestellung möglicher Verklebungseffekte beim Schildvortrieb aufgrund der sehr niedrigen Anteile unterhalb von ca. 2 % nicht relevant erscheint.

Im Lauenburger Ton (LT) könnte dementsprechend der Anteil an Chlorit auch etwas niedriger sein und die hier ermittelten Gehalte primär u. a. auch auf Anteile an Wechsellagerungsmineralen zurückzuführen sind.



Zusätzlich ist bei der hier vorliegenden Quantifizierung zu berücksichtigen, dass der Anteil an organischer Substanz (TOC-Gehalte) sowie die TIC-Gehalte (Kalke und weitere karbonathaltige Verbindungen) und auch die röntgenamorphen Verbindungen quantitativ nicht mit erfasst worden sind.

In den Tonfraktionen sind jedoch eindeutig auch noch Organik- und Karbonat-Verbindungen nachweisbar. Insofern ist dieser Anteil bei den Angaben in Tabelle 5 im Rahmen einer Gesamt-Quantifizierung entsprechend zu berücksichtigen und würde damit den Anteil an Chloriten und weiteren, speziellen Tonmineralen noch weiter reduzieren.

Die jeweiligen Röntgendiffraktogramme sind in den Anlagen 2.1 bis 2.7 dargestellt.

Für weitere Rückfragen stehen wir Ihnen gern zur Verfügung.

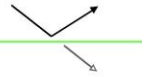
Hamburg, den 12.10.2018

Mit freundlichen Grüßen

  
(Dr. A. Baermann)



**Anlagen**

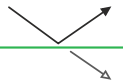


## Anlagenverzeichnis

**Anlagen 1.1 – 1.60: Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad**

**Anlagen 2.1 – 2.7: Röntgendiffraktometrische Untersuchungen**





## Probe B 20/17, GP 19

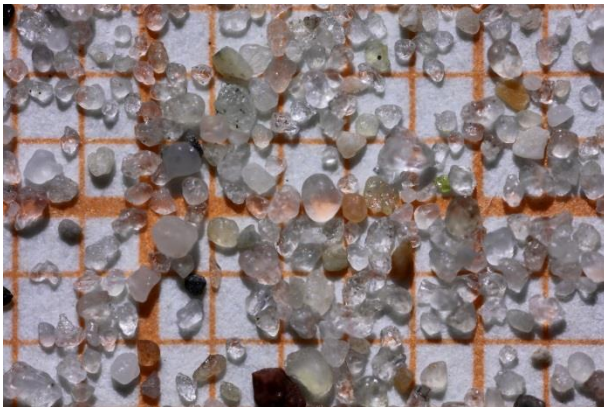
### Mikroskopische Untersuchungen der Sand- und Kiesfraktion



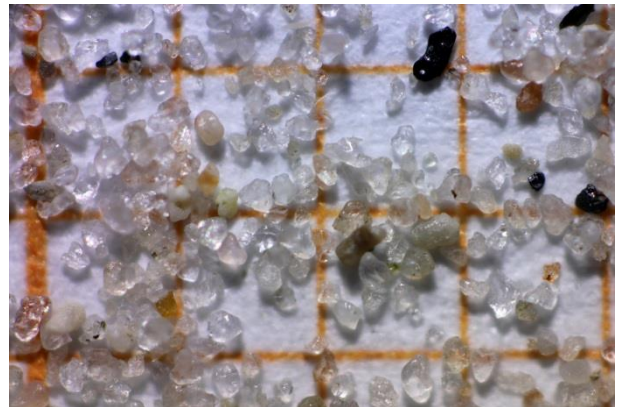
Fraktion > 2000 µm: **Kies**



Fraktion 630 – 2000 µm: **Grobsand**



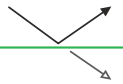
Fraktion 200 – 630 µm: **Mittelsand**



Fraktion 63 – 200 µm: **Feinsand**



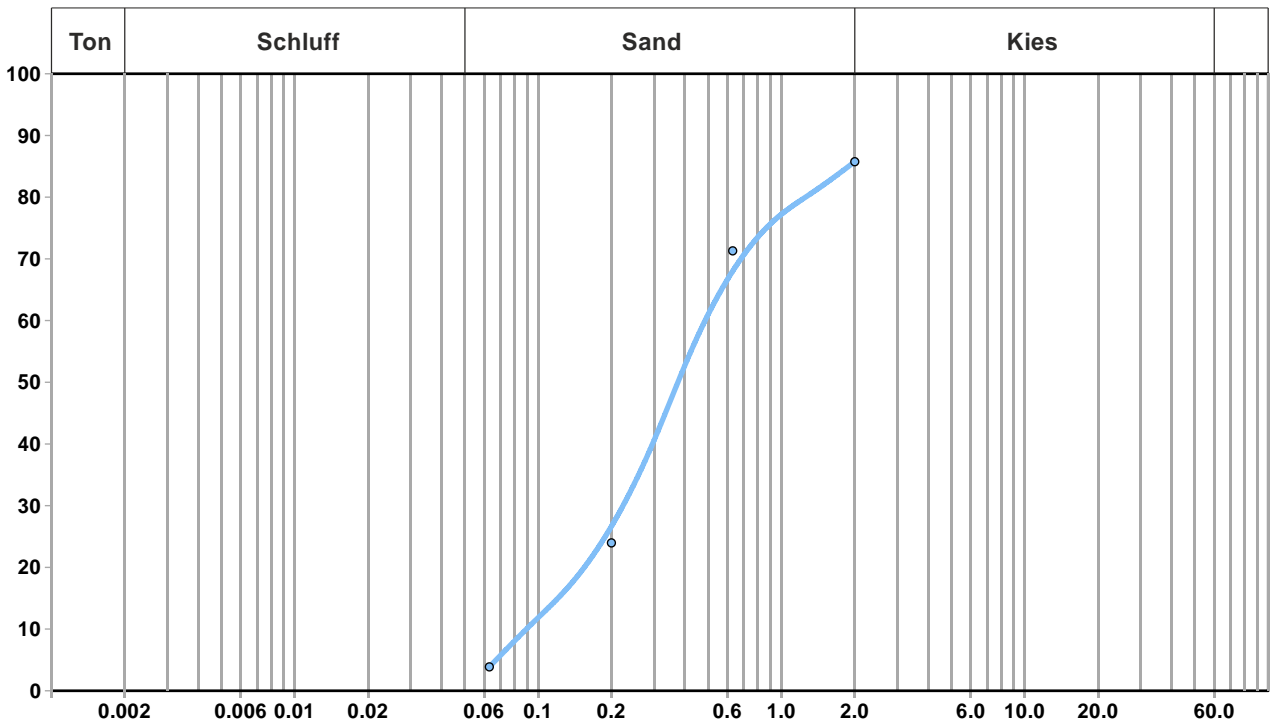
Ausschnittvergrößerung: Fraktion > 2000 µm: **Kies**



## Probe B 20/17, GP 19

### Korngrößenanalyse und Körnungslinie

| Korngröße     | Fraktion         | Anteil in % |      | Summe in % |
|---------------|------------------|-------------|------|------------|
| > 2000 µm     | Kies und Steine  | 14,2        | 14,2 | 100,0      |
| 630 – 2000 µm | Grobsand         | 14,5        | 81,9 | 85,8       |
| 200 – 630 µm  | Mittelsand       | 47,3        |      | 71,3       |
| 63 – 200 µm   | Feinsand         | 20,1        |      | 24         |
| < 63 µm       | Ton- und Schluff | 3,9         | 3,9  | 3,9        |

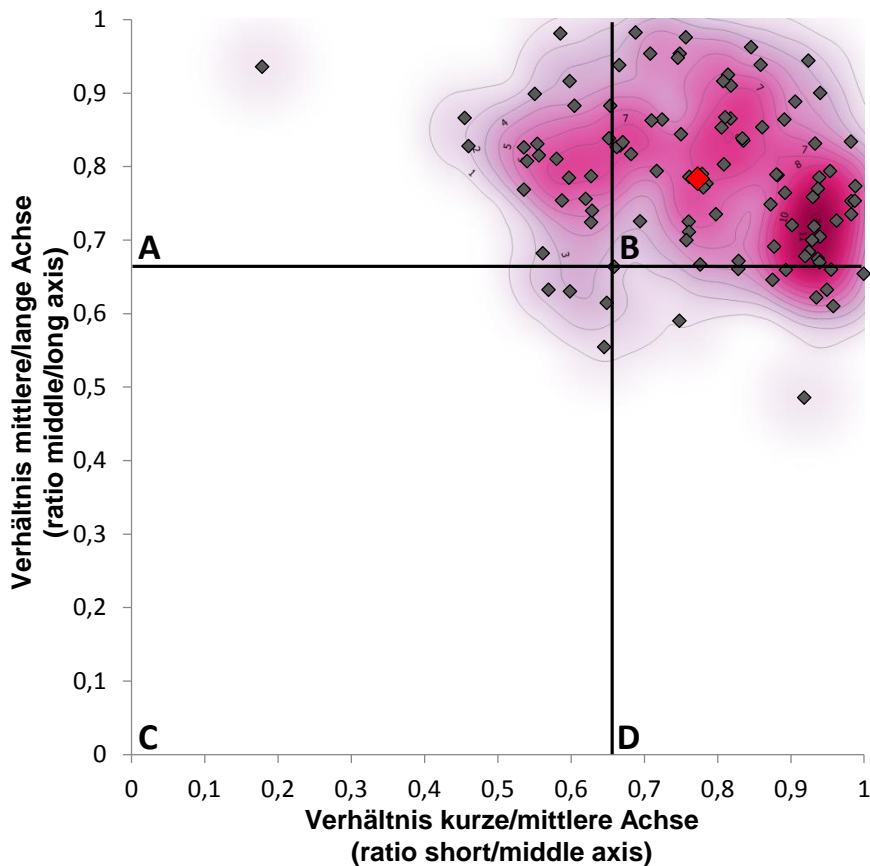


Mittelsand, fs, gs'

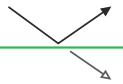
## Probe B 20/17, GP 19, Fraktion 200 – 630 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,0                             | 3,1                      | 12,9                             | 14,2                          | 12,0                     | 1,2                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 0,0                             | 9,8                      | 20,3                             | 14,7                          | 11,8                     | 0,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 0,0                             | 12,9                     | 33,2                             | 28,9                          | 23,8                     | 1,2                               |

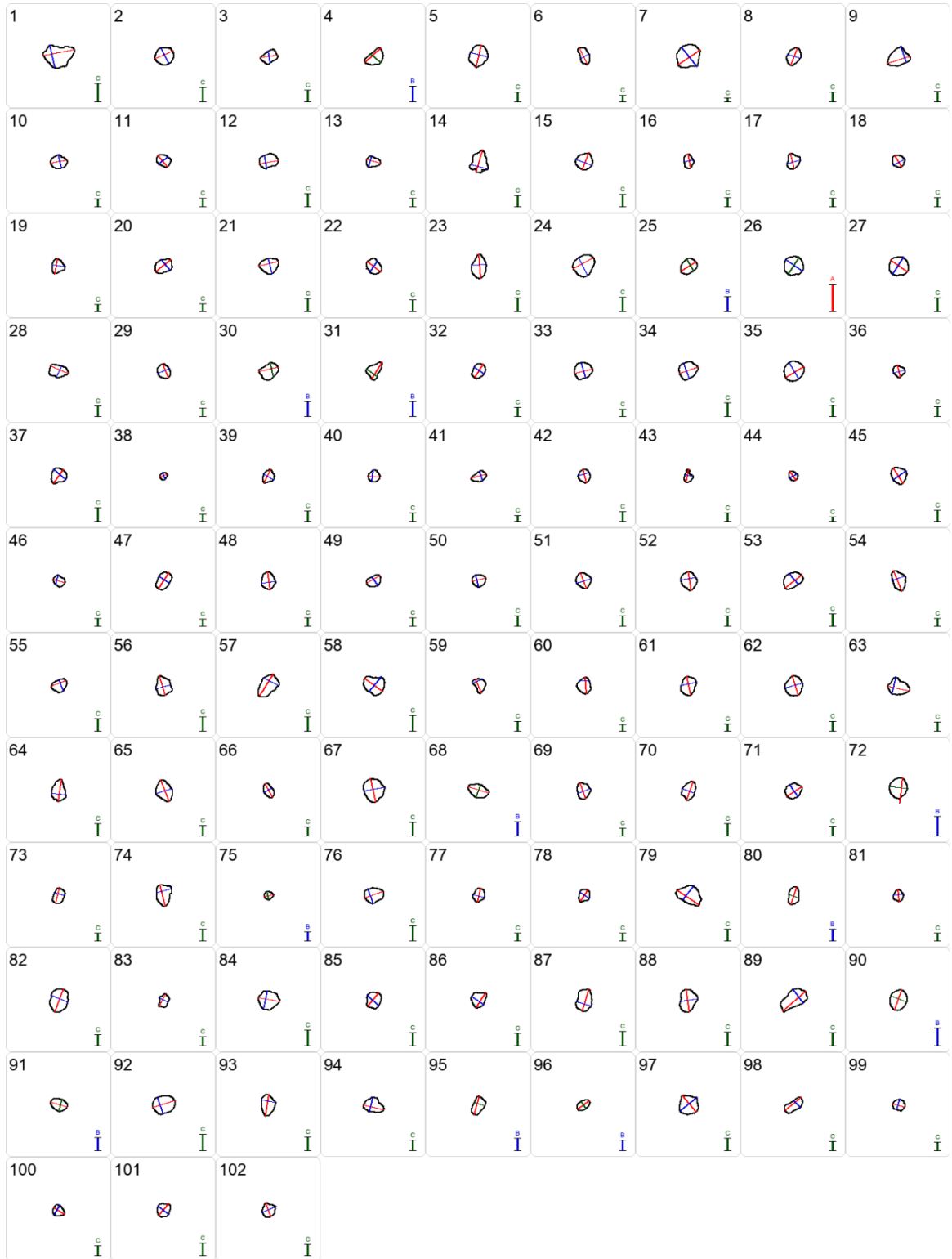


Probe B 20/17, GP 19 (L 633-1-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,78$  (Standard-Abweichung:  $0,10$ ),  $C/B = 0,77$  (Standard-Abweichung:  $0,15$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.



# Probe B 20/17, GP 19, Fraktion 200 – 630 µm

## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform

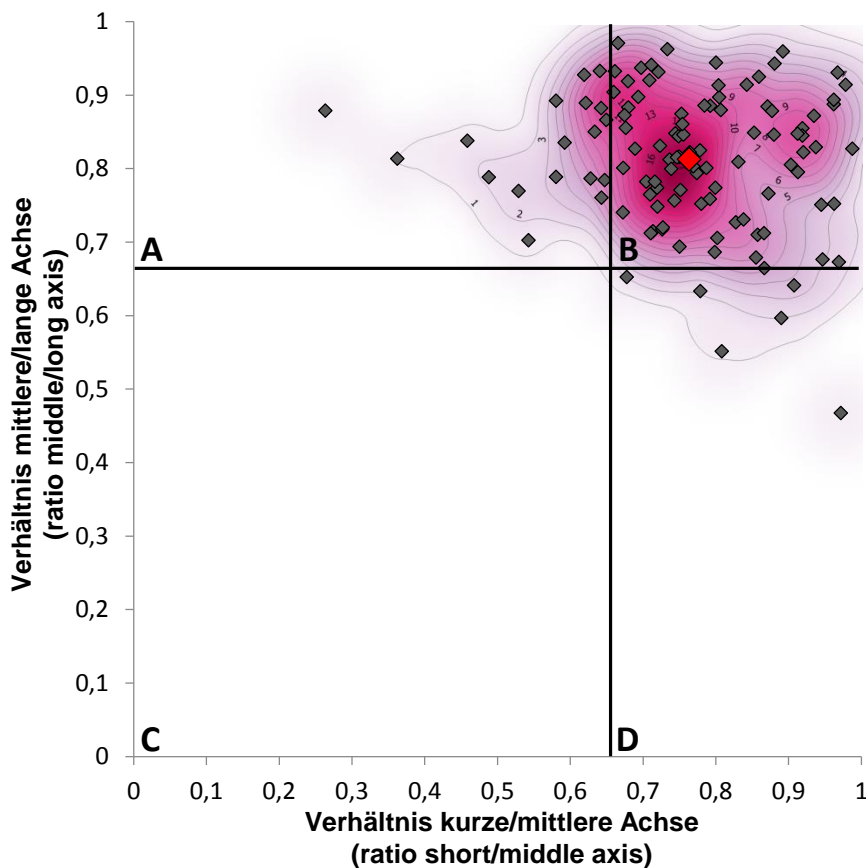


Farbliche Darstellung der Achsen: A-Achse = rot, B-Achse = blau, C-Achse = grün

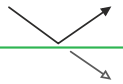
## Probe B 20/17, GP 19, Fraktion 630 – 2000 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,0                             | 5,2                      | 8,8                              | 9,0                           | 9,3                      | 3,1                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 0,0                             | 8,1                      | 22,3                             | 24,6                          | 9,6                      | 0,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 0,0                             | 13,3                     | 31,1                             | 33,6                          | 18,9                     | 3,1                               |

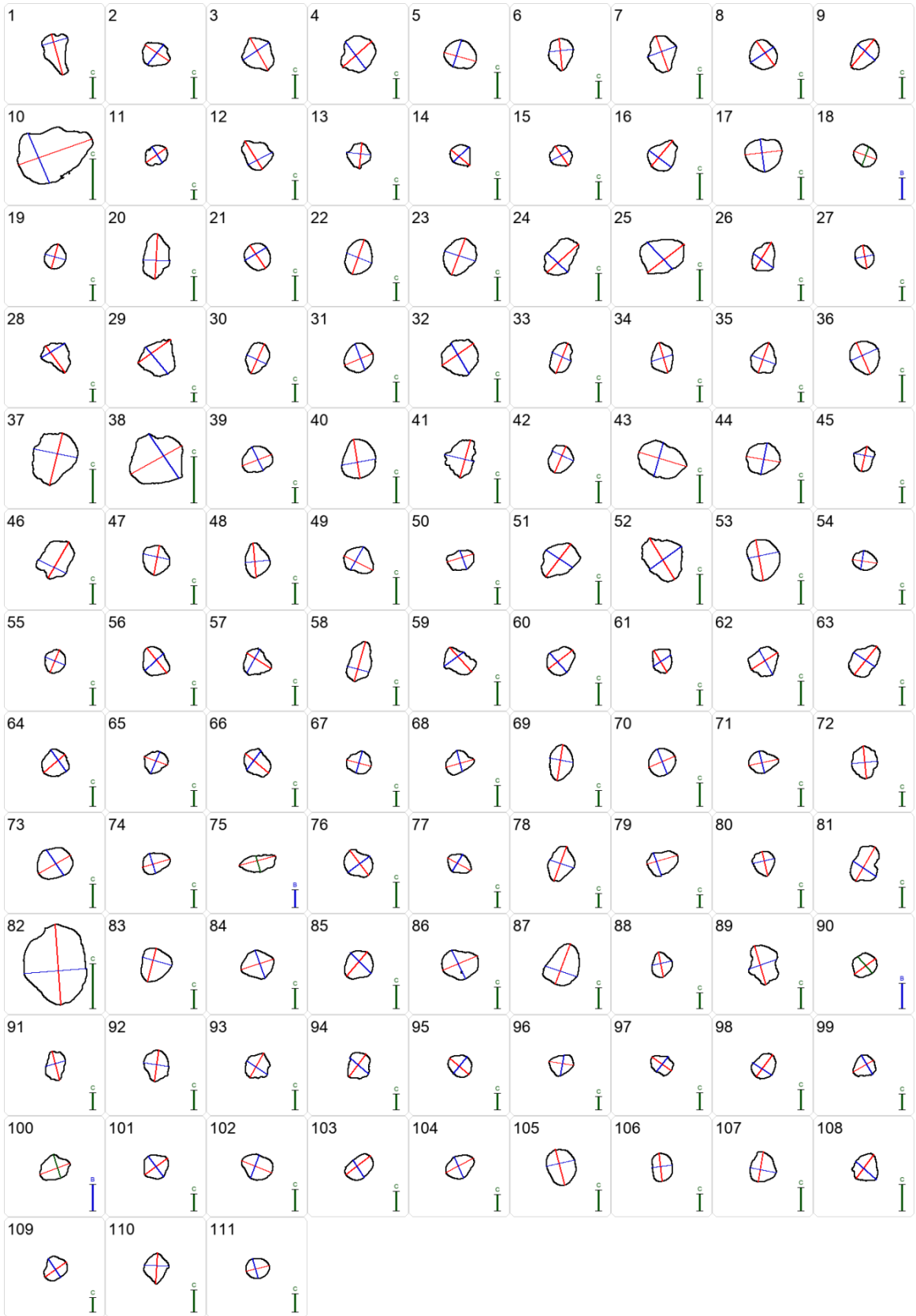


Probe B 20/17, GP 19 (L 633-1-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,81$  (Standard-Abweichung:  $0,09$ ),  $C/B = 0,76$  (Standard-Abweichung:  $0,13$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.



# Probe B 20/17, GP 19, Fraktion 630 – 2000 µm

## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform



Farbliche Darstellung der Achsen: A-Achse = **rot**, B-Achse = **blau**, C-Achse = **grün**



## Probe B 21-1/17, GP 18

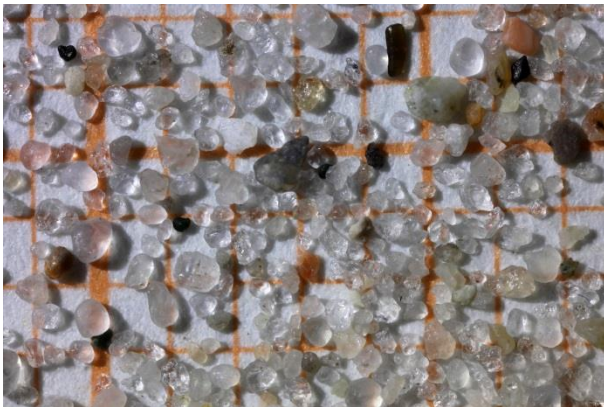
### Mikroskopische Untersuchungen der Sand- und Kiesfraktion



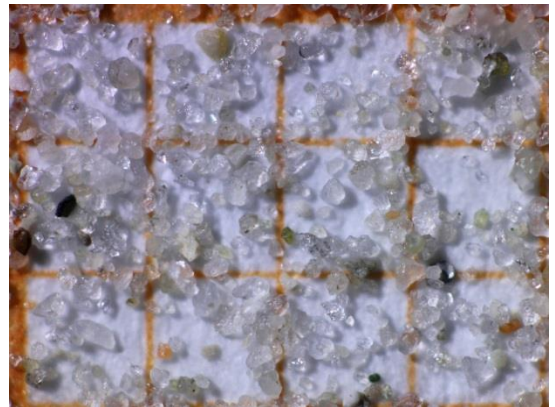
Fraktion  $> 2000 \mu\text{m}$ : **Kies**



Fraktion  $630 - 2000 \mu\text{m}$ : **Grobsand**



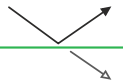
Fraktion  $200 - 630 \mu\text{m}$ : **Mittelsand**



Fraktion  $63 - 200 \mu\text{m}$ : **Feinsand**



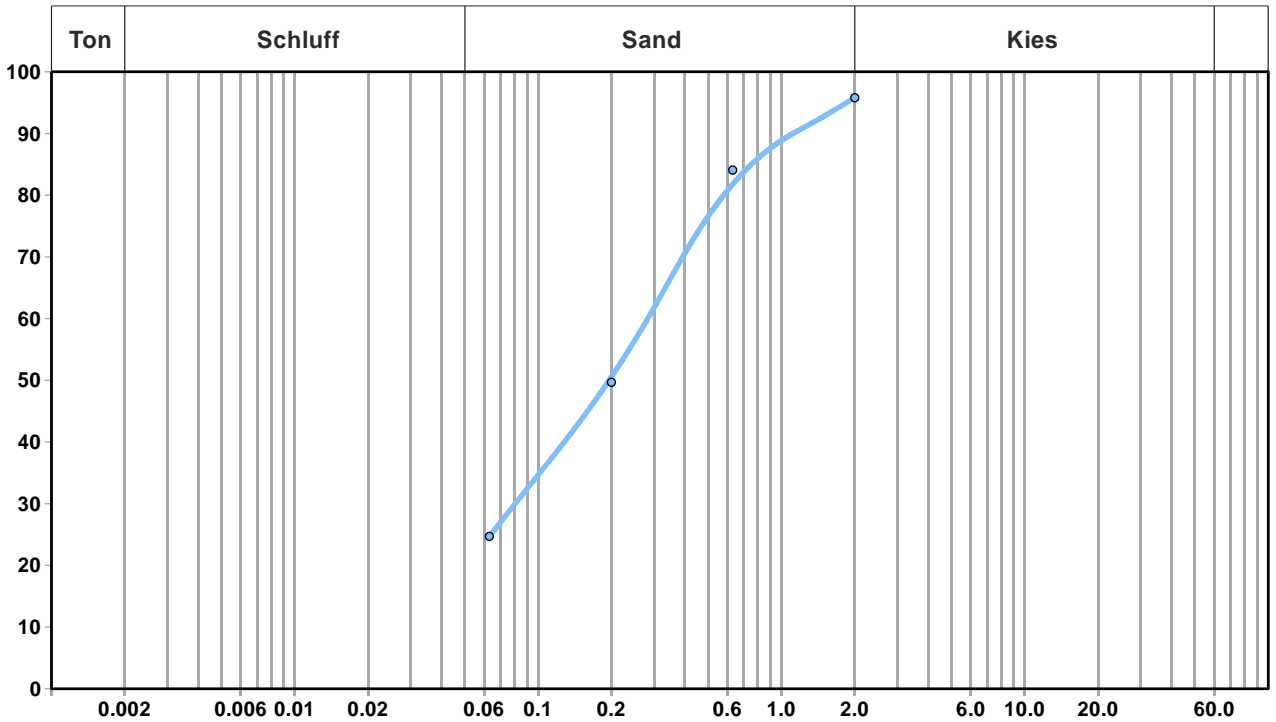
Ausschnittvergrößerung: Fraktion  $> 2000 \mu\text{m}$ : **Kies**



## Probe B 21-1/17, GP 18

### Korngrößenanalyse und Körnungslinie

| Korngröße     | Fraktion         | Anteil in % |      | Summe in % |
|---------------|------------------|-------------|------|------------|
| > 2000 µm     | Kies und Steine  | 4,2         | 4,2  | 100,00     |
| 630 – 2000 µm | Grobsand         | 11,7        | 71,1 | 95,8       |
| 200 – 630 µm  | Mittelsand       | 34,4        |      | 84,1       |
| 63 – 200 µm   | Feinsand         | 25          |      | 49,7       |
| < 63 µm       | Ton- und Schluff | 24,7        | 24,7 | 24,7       |



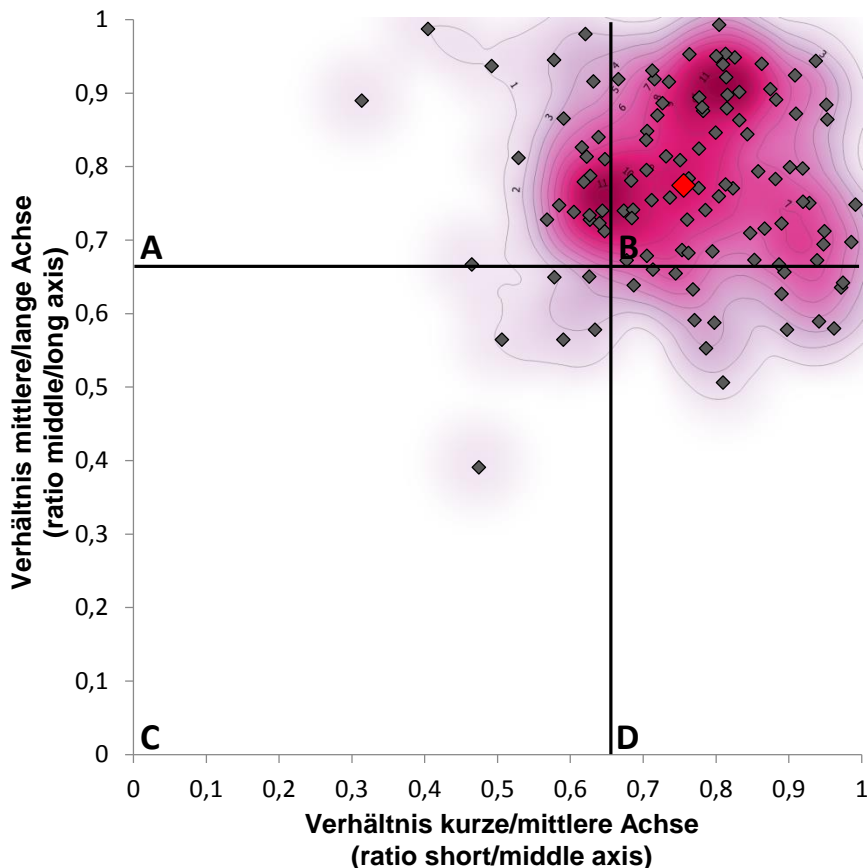
**Geschiebemergel, sandig**



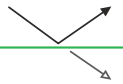
## Probe B B21-1/17, GP 18, Fraktion 200 – 630 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,0                             | 0,0                      | 10,5                             | 11,4                          | 8,6                      | 7,6                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 0,0                             | 3,8                      | 16,2                             | 9,5                           | 22,9                     | 9,5                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 0,0                             | 3,8                      | 26,7                             | 20,9                          | 31,5                     | 17,1                              |

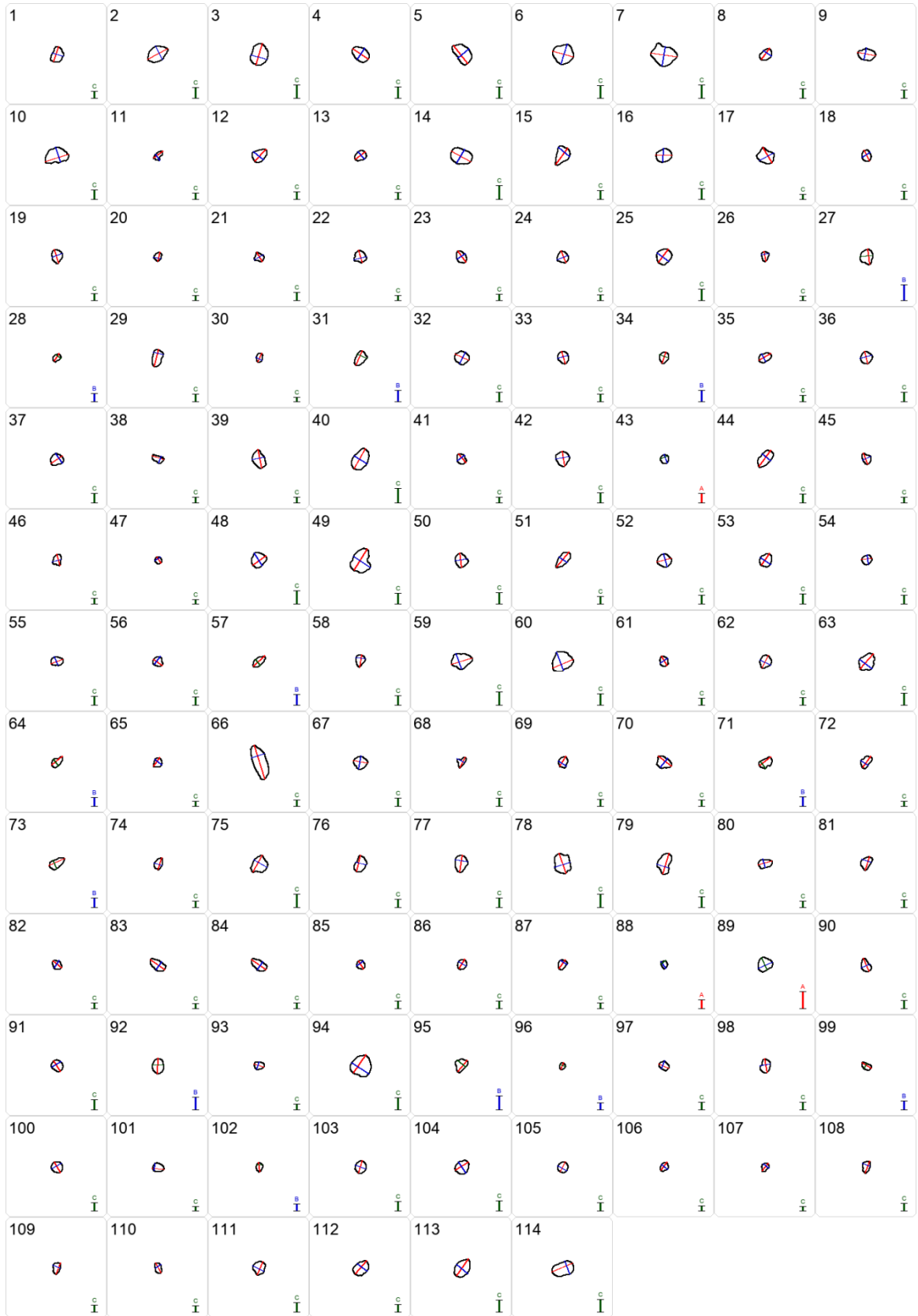


Probe B 21-1/17, GP 18 (L 633-2-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,77$  (Standard-Abweichung:  $0,12$ ),  $C/B = 0,76$  (Standard-Abweichung:  $0,13$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.



# Probe B B21-1/17, GP 18, Fraktion 200 – 630 µm

## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform

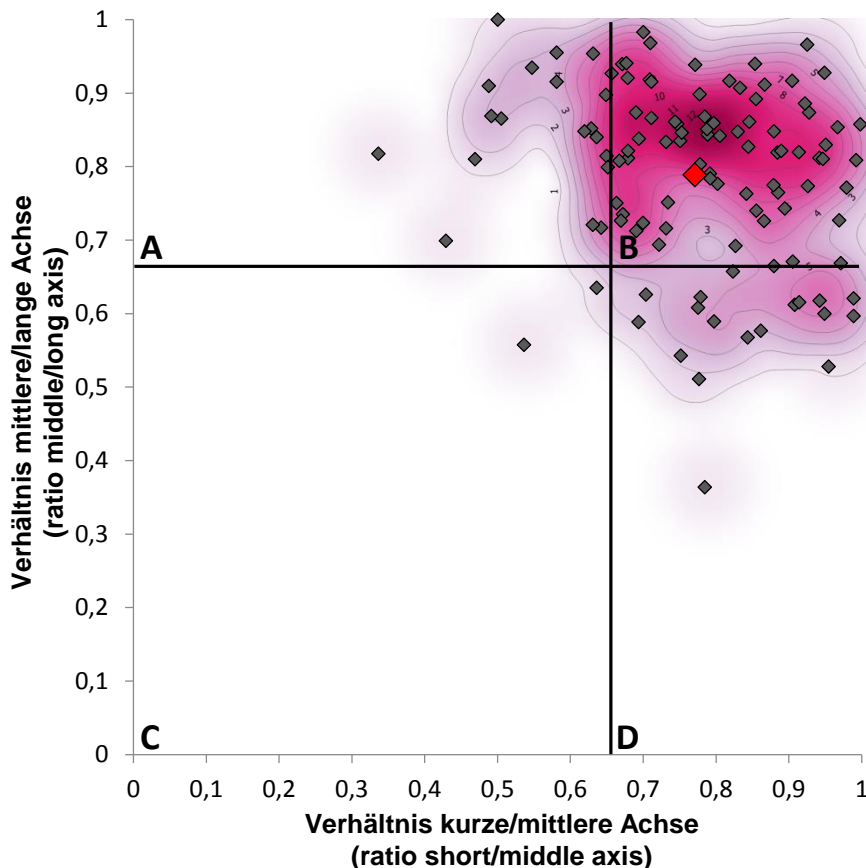


Farbliche Darstellung der Achsen: A-Achse = rot, B-Achse = blau, C-Achse = grün

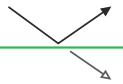
## Probe B B21-1/17, GP 18, Fraktion 630 – 2000 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 1,9                             | 1,9                      | 8,7                              | 7,7                           | 8,7                      | 6,7                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 1,0                             | 4,8                      | 21,2                             | 21,1                          | 10,5                     | 5,8                               |
| <b>Gesamt</b>                        | <b>2,9</b>                      | <b>6,7</b>               | <b>29,9</b>                      | <b>28,8</b>                   | <b>19,2</b>              | <b>12,5</b>                       |

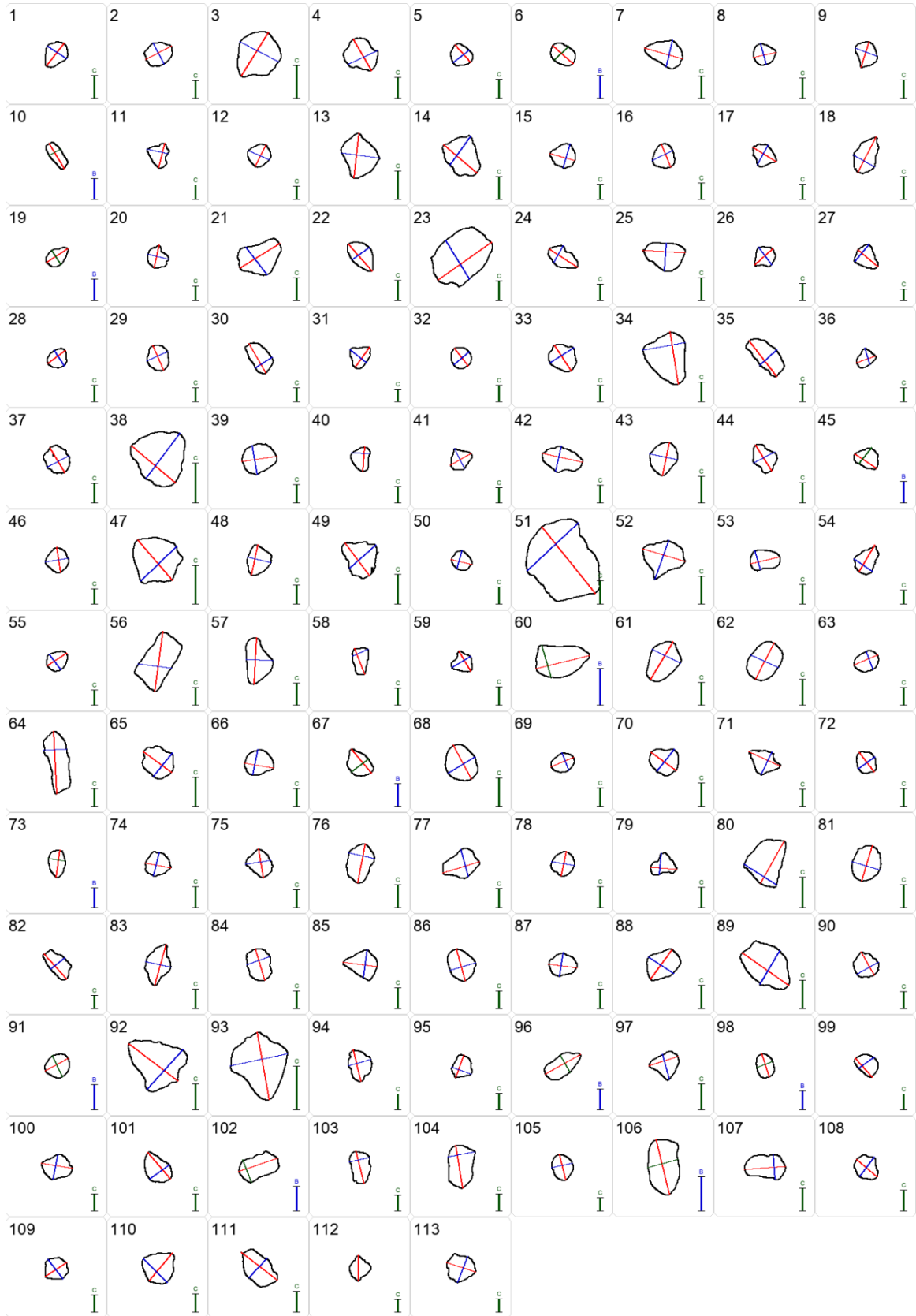


Probe B 21-1/17, GP 18 (L 633-2-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,79$  (Standard-Abweichung:  $0,12$ ),  $C/B = 0,77$  (Standard-Abweichung:  $0,14$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.

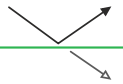


# Probe B B21-1/ 17, GP 18, Fraktion 630 – 2000 µm

## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform



Farbliche Darstellung der Achsen: A-Achse = rot, B-Achse = blau, C-Achse = grün



## Probe B 24/17, GP 19

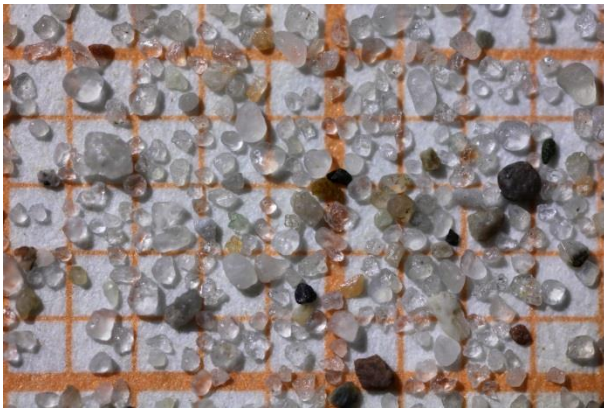
### Mikroskopische Untersuchungen der Sand- und Kiesfraktion



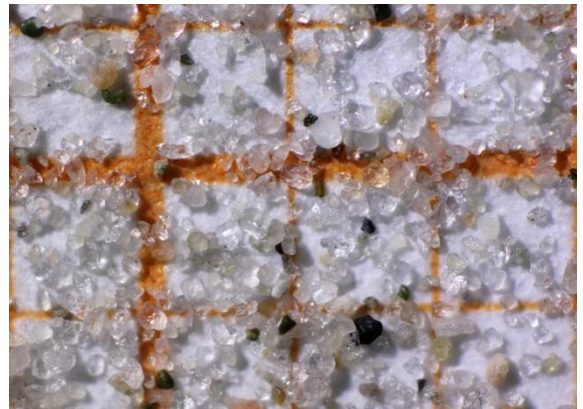
Fraktion > 2000  $\mu\text{m}$ : **Kies**



Fraktion 630 – 2000  $\mu\text{m}$ : **Grobsand**



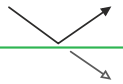
Fraktion 200 – 630  $\mu\text{m}$ : **Mittelsand**



Fraktion 63 – 200  $\mu\text{m}$ : **Feinsand**



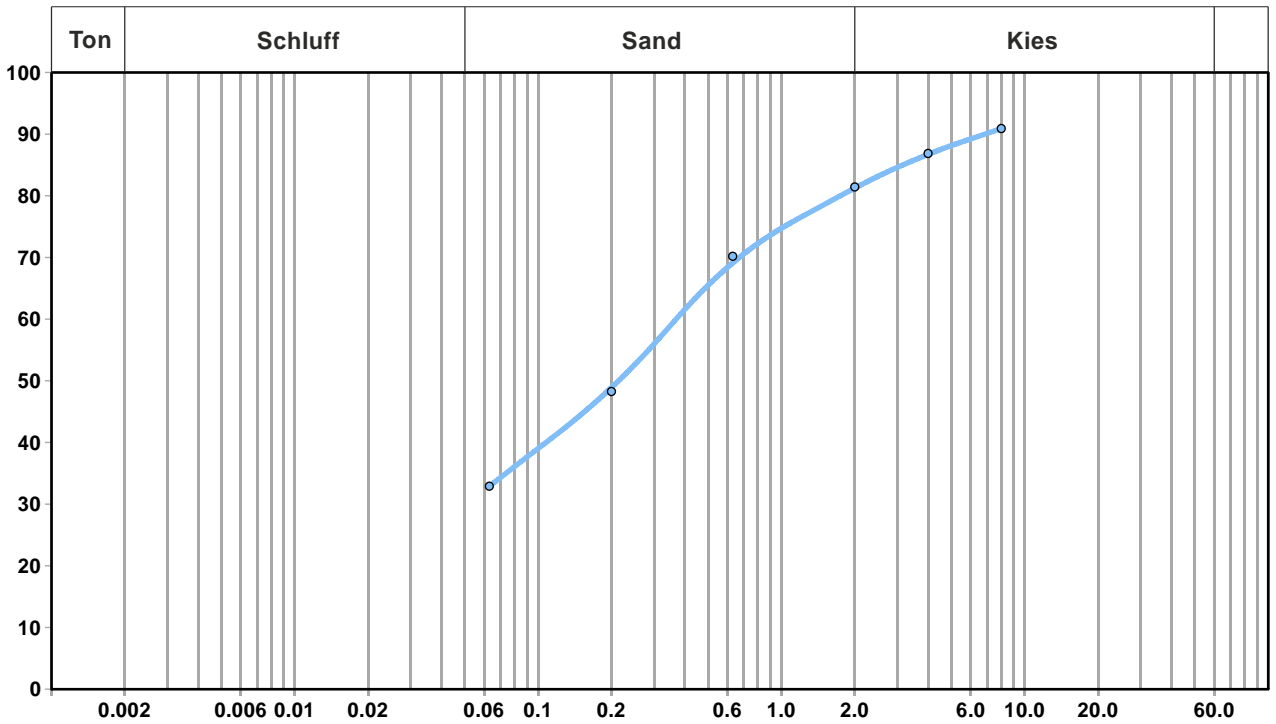
Ausschnittvergrößerung: Fraktion > 2000  $\mu\text{m}$ : **Kies**



## Probe B 24/17, GP 19

### Korngrößenanalyse und Körnungslinie

| Korngröße     | Fraktion         | Anteil in % |      | Summe in % |
|---------------|------------------|-------------|------|------------|
| > 2000 µm     | Kies und Steine  | 18,6        | 18,6 | 100,0      |
| 630 – 2000 µm | Grobsand         | 11,2        | 48,5 | 81,4       |
| 200 – 630 µm  | Mittelsand       | 21,9        |      | 70,2       |
| 63 – 200 µm   | Feinsand         | 15,4        |      | 48,3       |
| < 63 µm       | Ton- und Schluff | 32,9        | 32,9 | 32,9       |

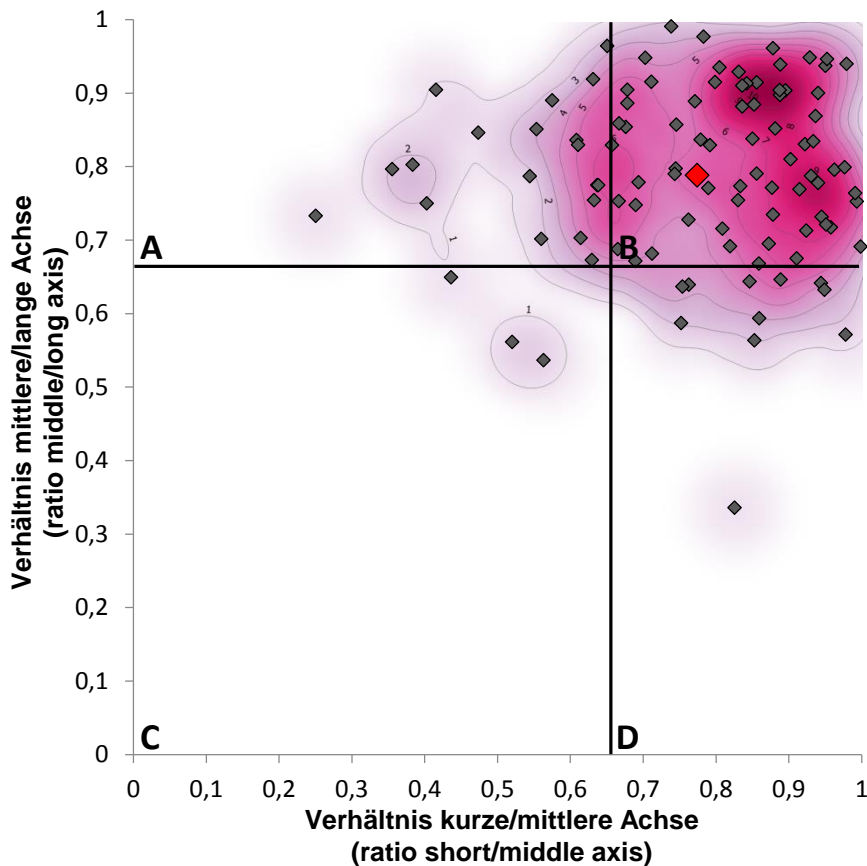


**Geschiebemergel**

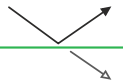
## Probe B 24/17, GP 19, Fraktion 200 – 630 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,0                             | 0,0                      | 1,9                              | 12,6                          | 13,6                     | 9,7                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 0,0                             | 0,0                      | 12,7                             | 34,0                          | 14,5                     | 1,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 0,0                             | 0,0                      | 14,6                             | 46,6                          | 28,1                     | 10,7                              |

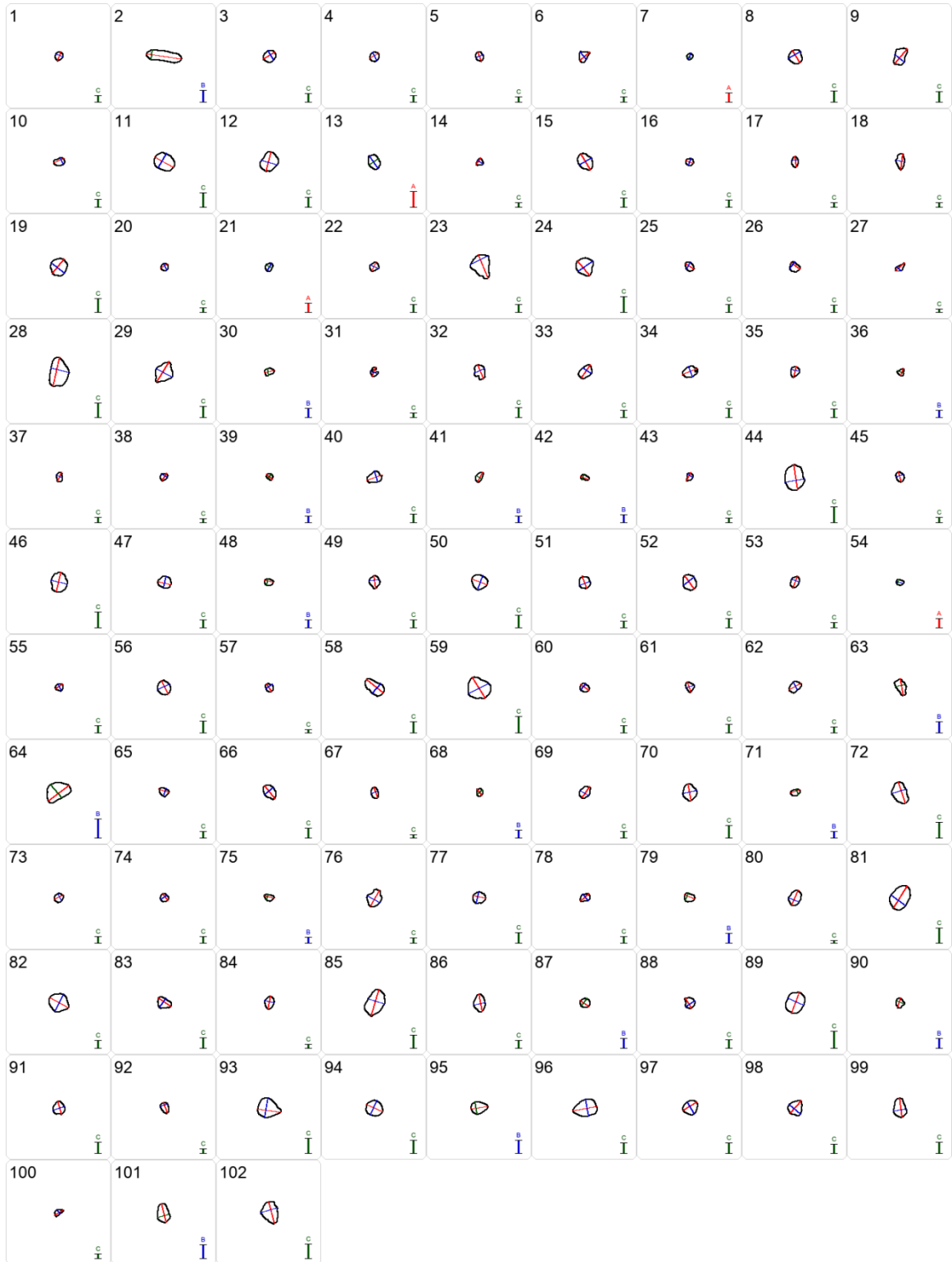


Probe B 24/17, GP 19 (L 633-3-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,79$  (Standard-Abweichung:  $0,12$ ),  $C/B = 0,77$  (Standard-Abweichung:  $0,16$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.



# Probe B 24/17, GP 19, Fraktion 200 – 630 µm

## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform



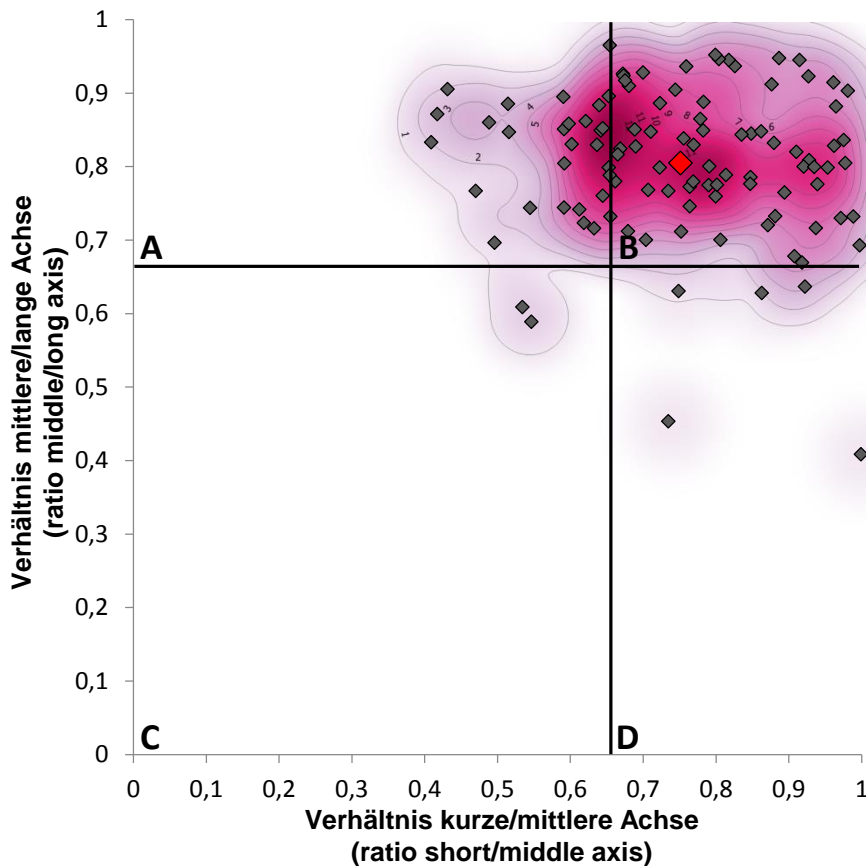
Farbliche Darstellung der Achsen: A-Achse = **rot**, B-Achse = **blau**, C-Achse = **grün**



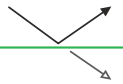
## Probe B 24/17, GP 19, Fraktion 630 – 2000 $\mu\text{m}$

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 1,0                             | 0,0                      | 6,9                              | 10,8                          | 18,6                     | 10,8                              |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 0,0                             | 1,0                      | 8,8                              | 23,5                          | 10,8                     | 7,8                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 1,0                             | 1,0                      | 15,7                             | 34,3                          | 29,4                     | 18,6                              |

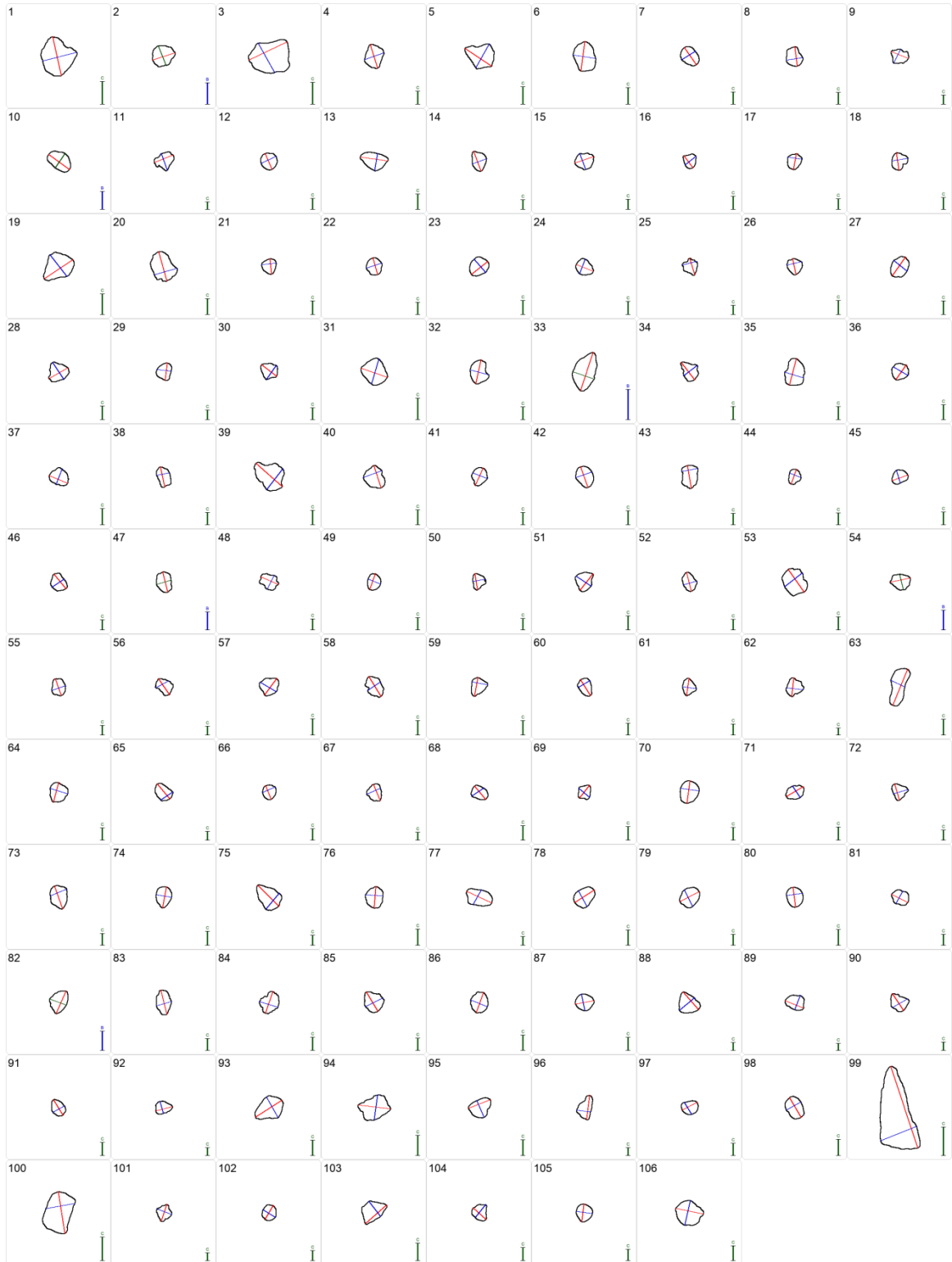


Probe B 24/17, GP 19 (L 633-3-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,80$  (Standard-Abweichung:  $0,10$ ),  $C/B = 0,75$  (Standard-Abweichung:  $0,15$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.

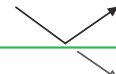


# Probe B 24/17, GP 19, Fraktion 630 – 2000 µm

## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform



Farbliche Darstellung der Achsen: A-Achse = **rot**, B-Achse = **blau**, C-Achse = **grün**



## Probe B 56/17, GP 13

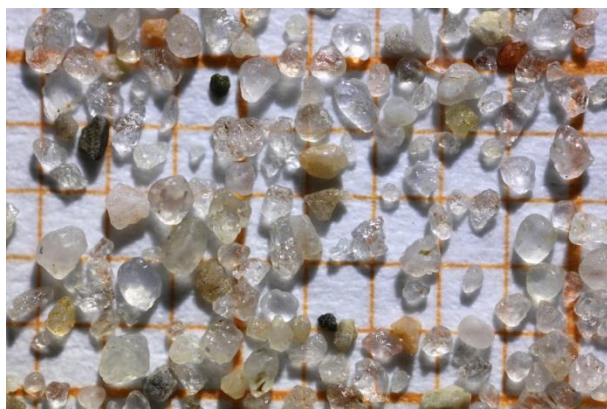
### Mikroskopische Untersuchungen der Sand- und Kiesfraktion



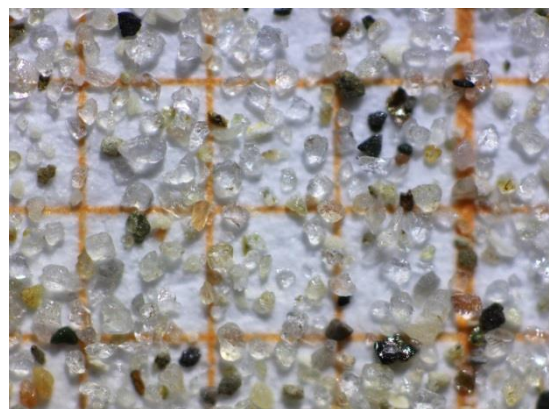
Fraktion > 2000  $\mu\text{m}$ : **Kies**



Fraktion 630 – 2000  $\mu\text{m}$ : **Grobsand**



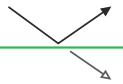
Fraktion 200 – 630  $\mu\text{m}$ : **Mittelsand**



Fraktion 63 – 200  $\mu\text{m}$ : **Feinsand**



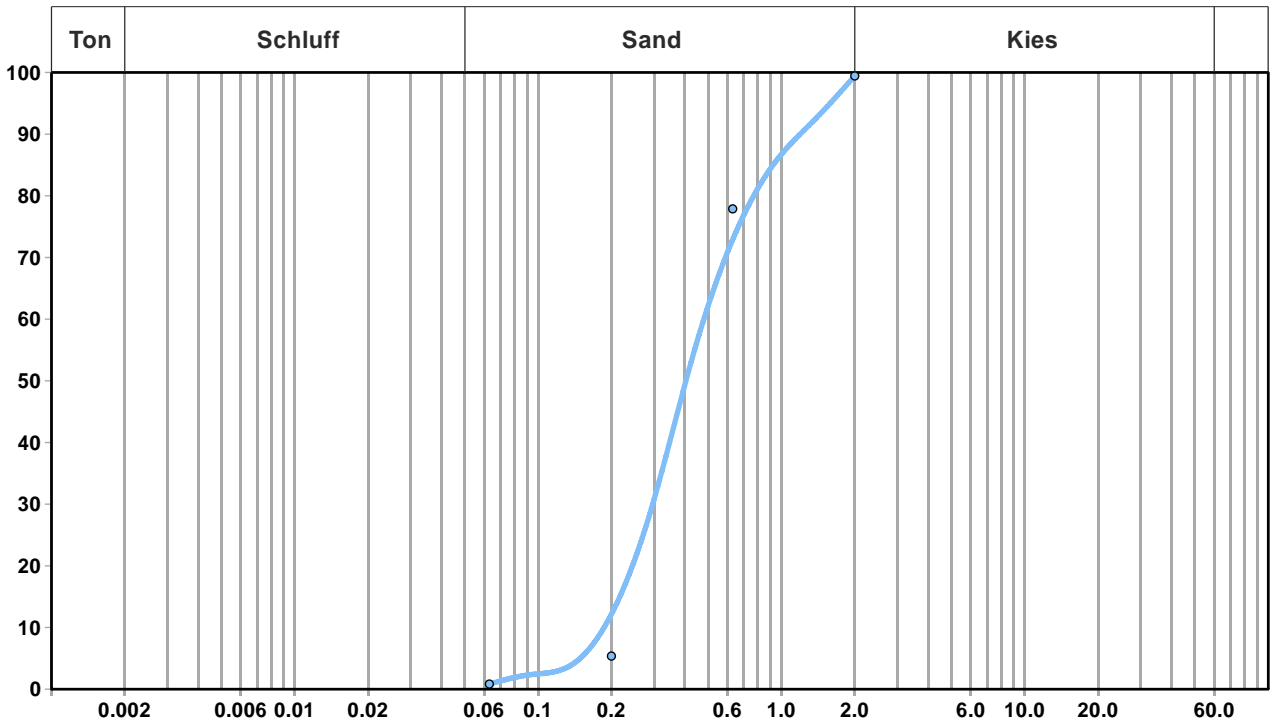
Ausschnittvergrößerung: Fraktion > 2000  $\mu\text{m}$ : **Kies**



## Probe B 56/17, GP 13

### Korngrößenanalyse und Körnungslinie

| Korngröße     | Fraktion         | Anteil in % |      | Summe in % |
|---------------|------------------|-------------|------|------------|
| > 2000 µm     | Kies und Steine  | 0,6         | 0,6  | 100,0      |
| 630 – 2000 µm | Grobsand         | 21,6        | 98,6 | 99,4       |
| 200 – 630 µm  | Mittelsand       | 72,5        |      | 77,9       |
| 63 – 200 µm   | Feinsand         | 4,5         |      | 5,4        |
| < 63 µm       | Ton- und Schluff | 0,8         | 0,8  | 0,8        |

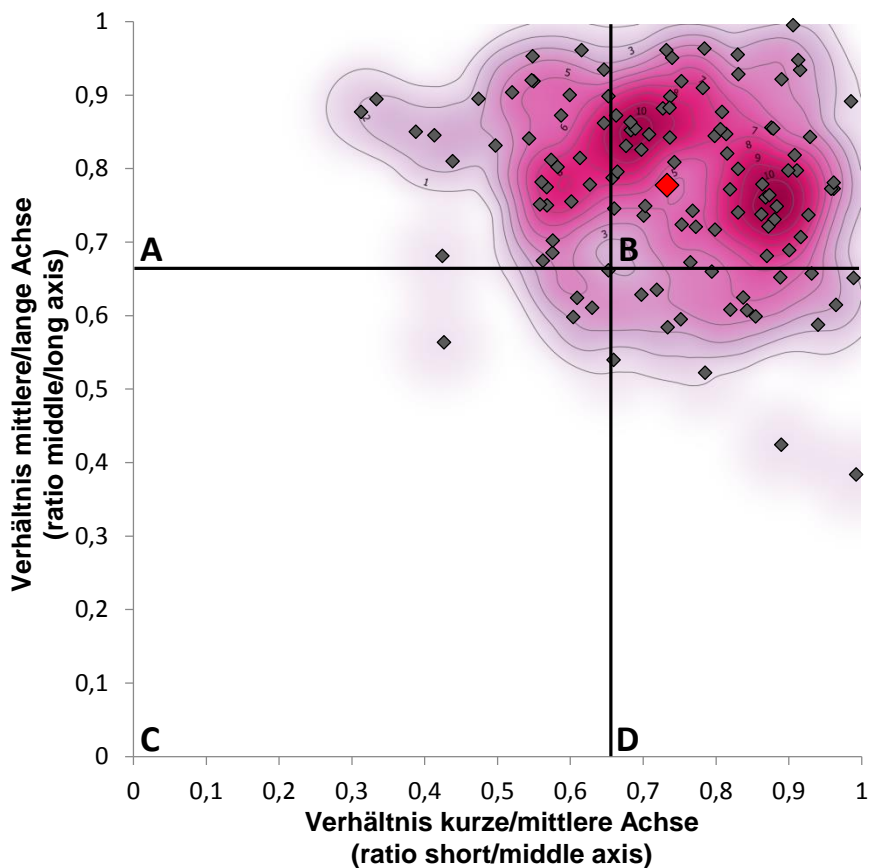


Mittelsand, gs, fs'

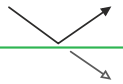
## Probe B 56/17, GP 13, 200 – 630 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 1,0                             | 5,9                      | 14,9                             | 3,0                           | 6,9                      | 2,0                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 2,0                             | 12,9                     | 17,7                             | 17,8                          | 14,9                     | 1,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 3,0                             | 18,8                     | 32,6                             | 20,8                          | 21,8                     | 3,0                               |

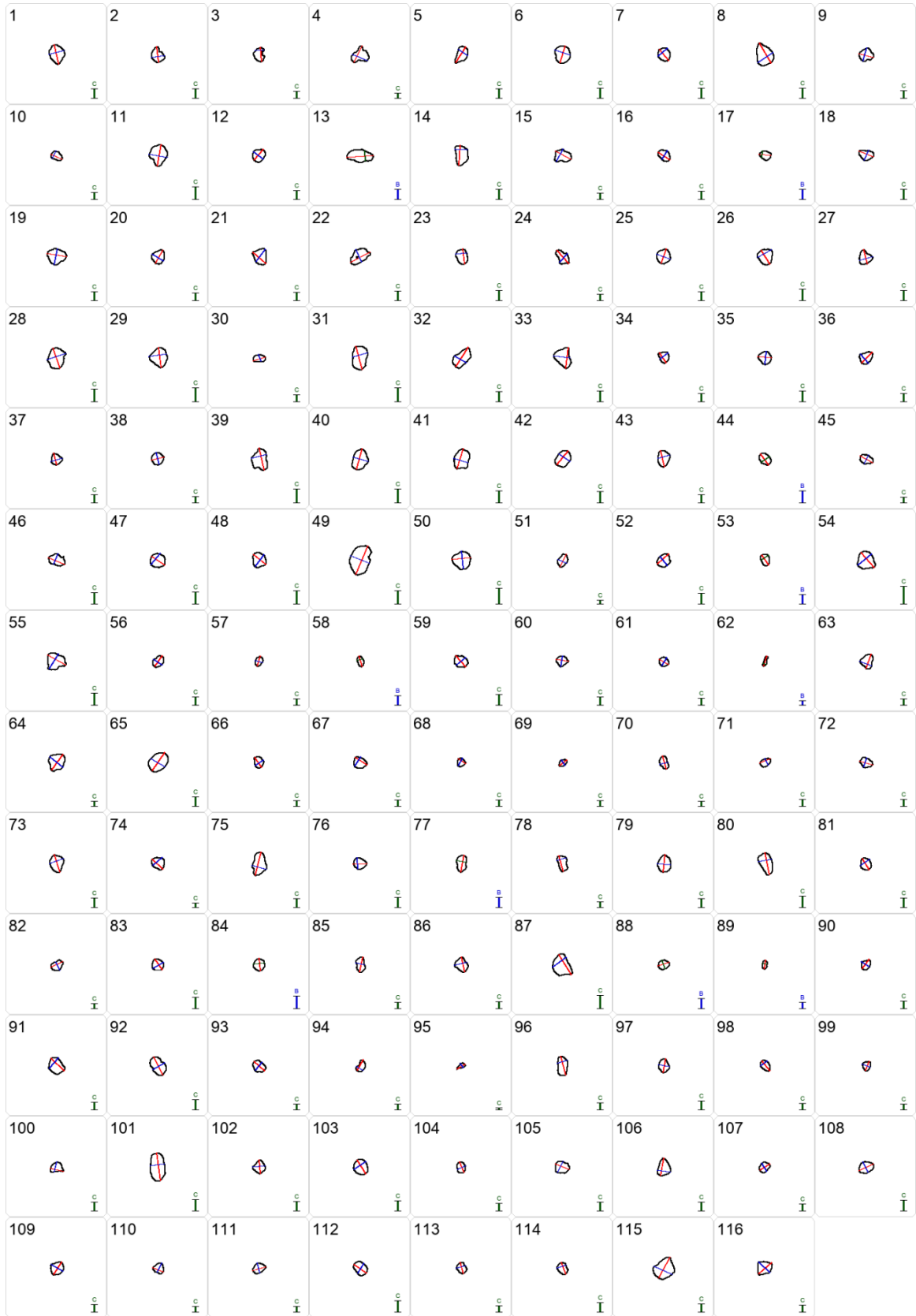


Probe B 56/17, GP 13 (L 633-4-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,78$  (Standard-Abweichung:  $0,12$ ),  $C/B = 0,73$  (Standard-Abweichung:  $0,16$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.



# Probe B 56/17, GP 13, 200 – 630 µm

## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform

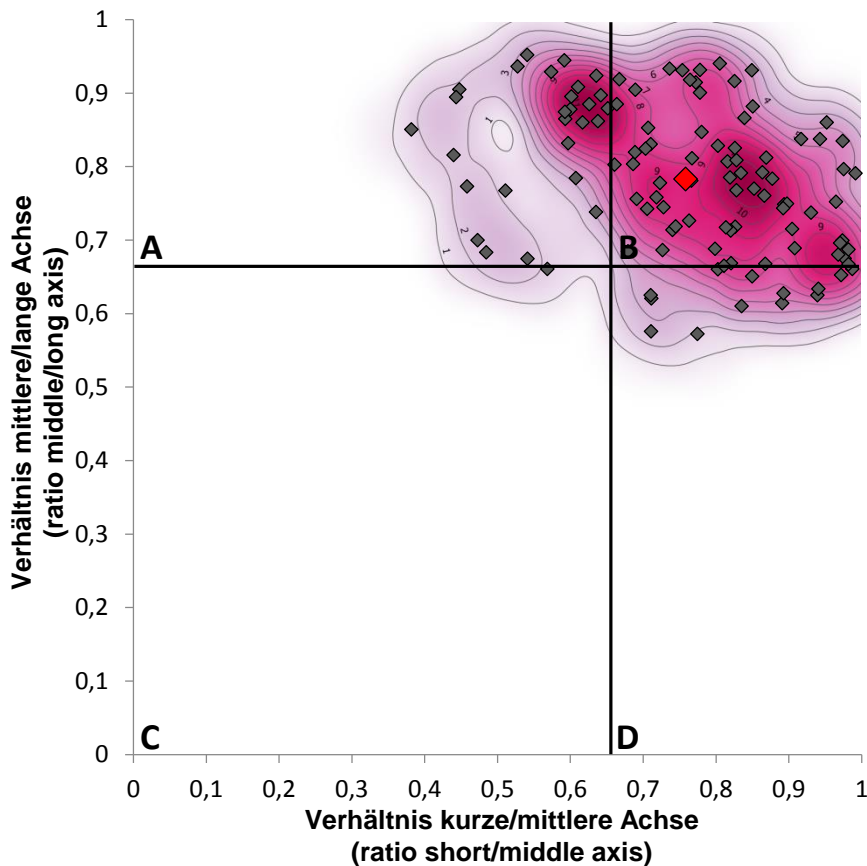


Farbliche Darstellung der Achsen: A-Achse = rot, B-Achse = blau, C-Achse = grün

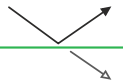
## Probe B 56/17, GP 13, Fraktion 630 – 2000 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,9                             | 2,6                      | 10,3                             | 12,1                          | 5,2                      | 4,3                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 2,5                             | 10,3                     | 18,1                             | 20,8                          | 10,3                     | 2,6                               |
| <b>Gesamt</b>                        | <b>3,4</b>                      | <b>12,9</b>              | <b>28,4</b>                      | <b>32,9</b>                   | <b>15,5</b>              | <b>6,9</b>                        |

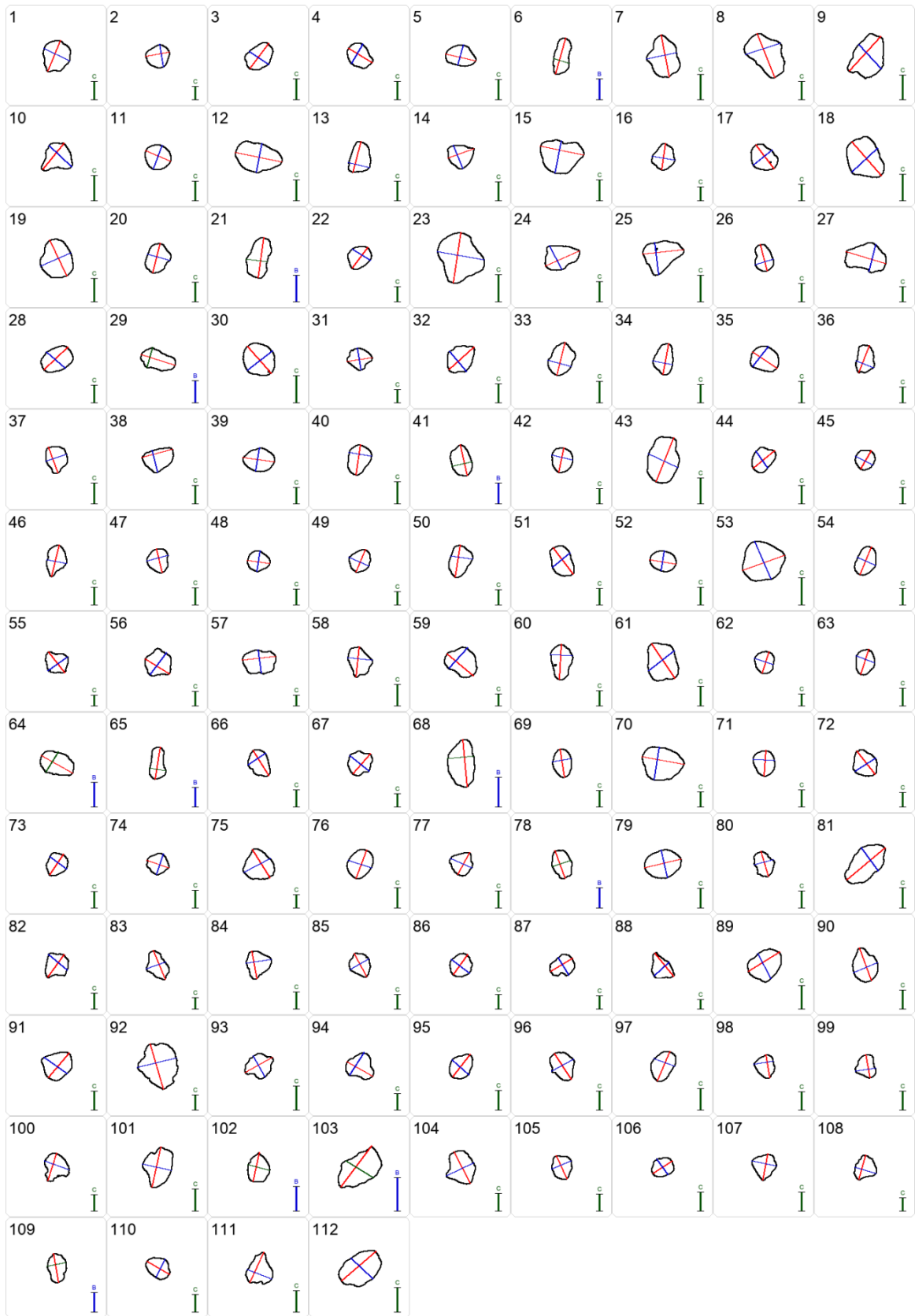


Probe B 56/17, GP 13 (L 633-4-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,78$  (Standard-Abweichung:  $0,10$ ),  $C/B = 0,76$  (Standard-Abweichung:  $0,15$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.



# Probe B 56/17, GP 13, Fraktion 630 – 2000 µm

## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform



Farbliche Darstellung der Achsen: A-Achse = **rot**, B-Achse = **blau**, C-Achse = **grün**





## Probe B 66-17, GP 23

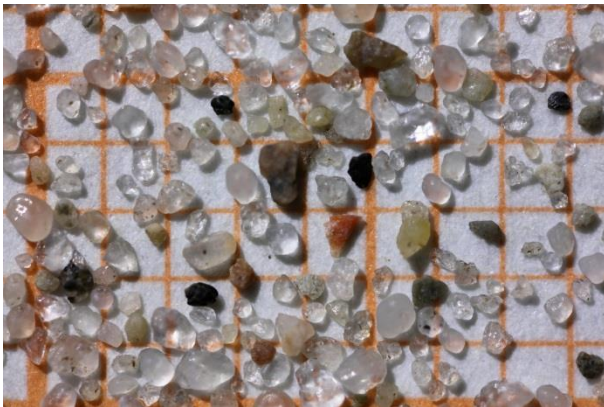
### Mikroskopische Untersuchungen der Sand- und Kiesfraktion



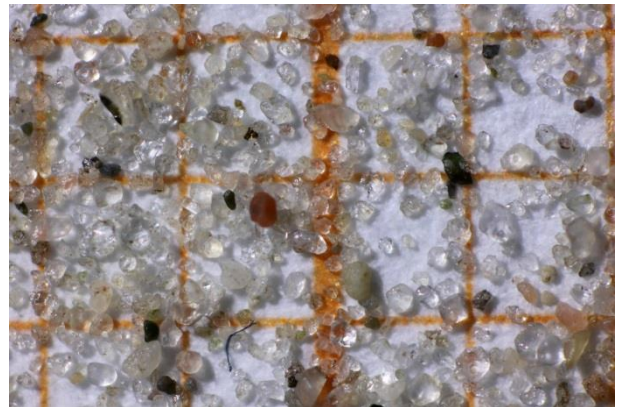
Fraktion > 2000 µm: **Kies**



Fraktion 630 – 2000 µm: **Grobsand**



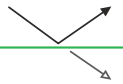
Fraktion 200 – 630 µm: **Mittelsand**



Fraktion 63 – 200 µm: **Feinsand**



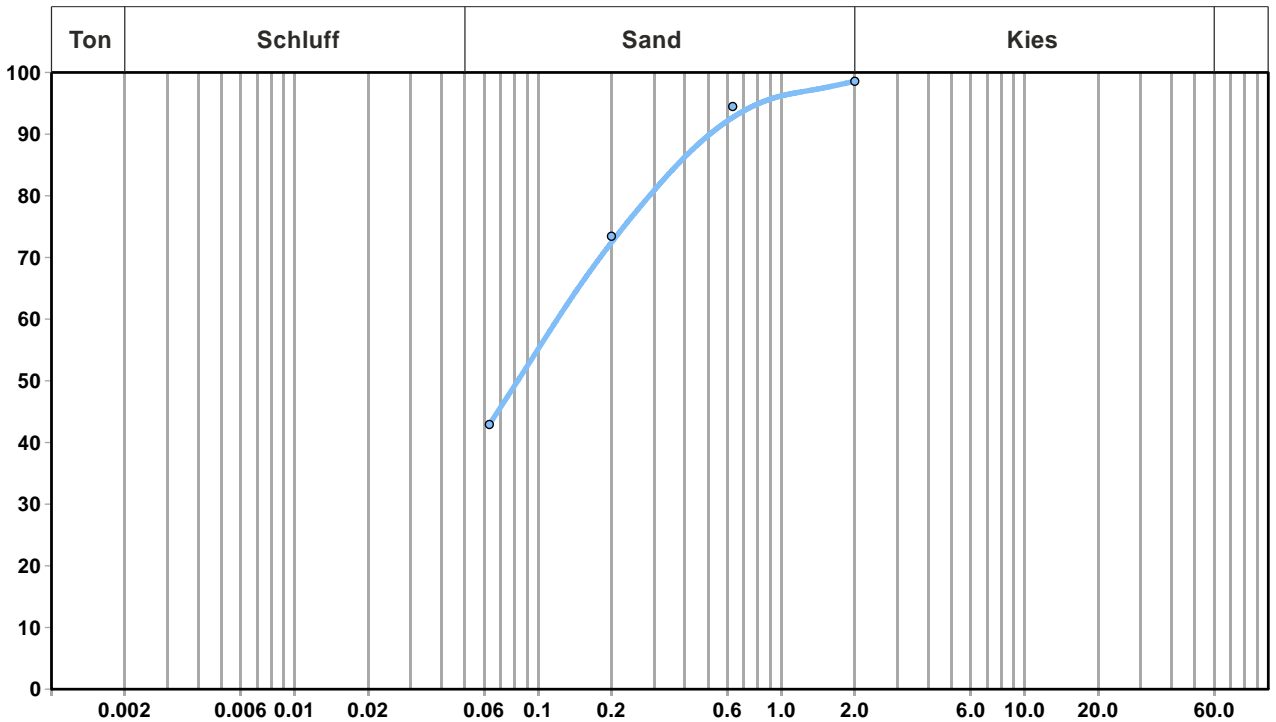
Ausschnittvergrößerung: Fraktion > 2000 µm: **Kies**



## Probe B 66-17, GP 23

### Korngrößenanalyse und Körnungslinie

| Korngröße     | Fraktion         | Anteil in % |      | Summe in % |
|---------------|------------------|-------------|------|------------|
| > 2000 µm     | Kies und Steine  | 1,4         | 1,4  | 100,0      |
| 630 – 2000 µm | Grobsand         | 4,1         | 55,7 | 98,6       |
| 200 – 630 µm  | Mittelsand       | 21,0        |      | 94,5       |
| 63 – 200 µm   | Feinsand         | 30,6        |      | 73,4       |
| < 63 µm       | Ton- und Schluff | 42,9        | 42,9 | 42,9       |

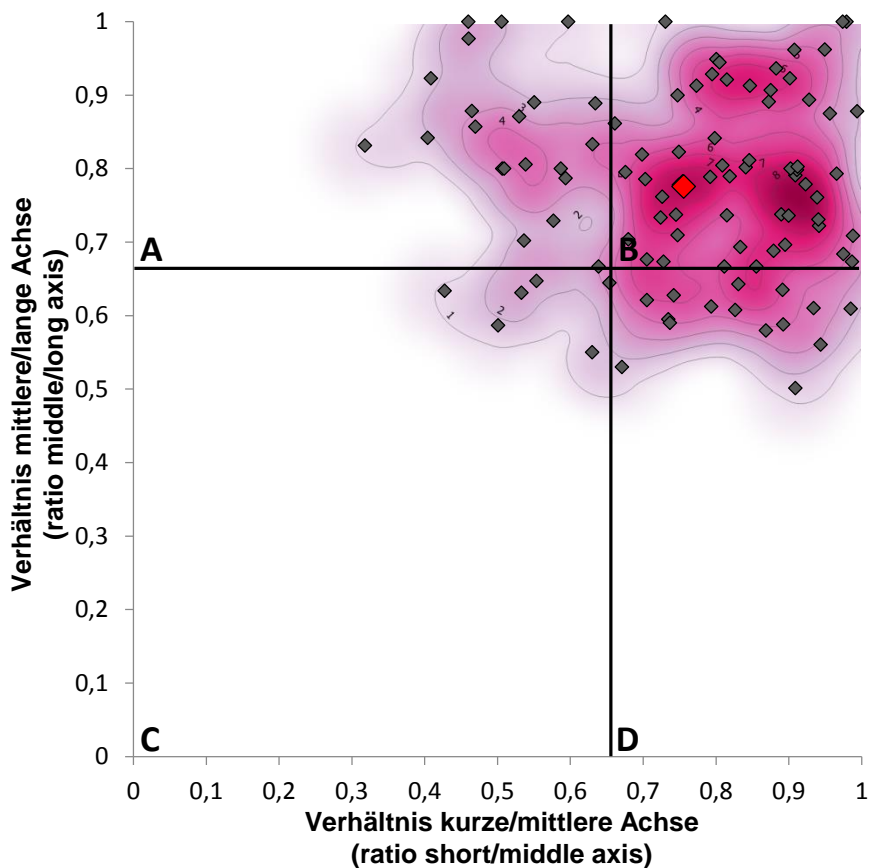


**Geschiebemergel, sandig**

## Probe B 66-17, GP 23, Fraktion 63 – 200 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,0                             | 7,9                      | 10,9                             | 15,8                          | 2,0                      | 0,0                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 0,0                             | 13,9                     | 22,8                             | 19,8                          | 6,9                      | 0,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 0,0                             | 21,8                     | 33,7                             | 35,6                          | 8,9                      | 0,0                               |

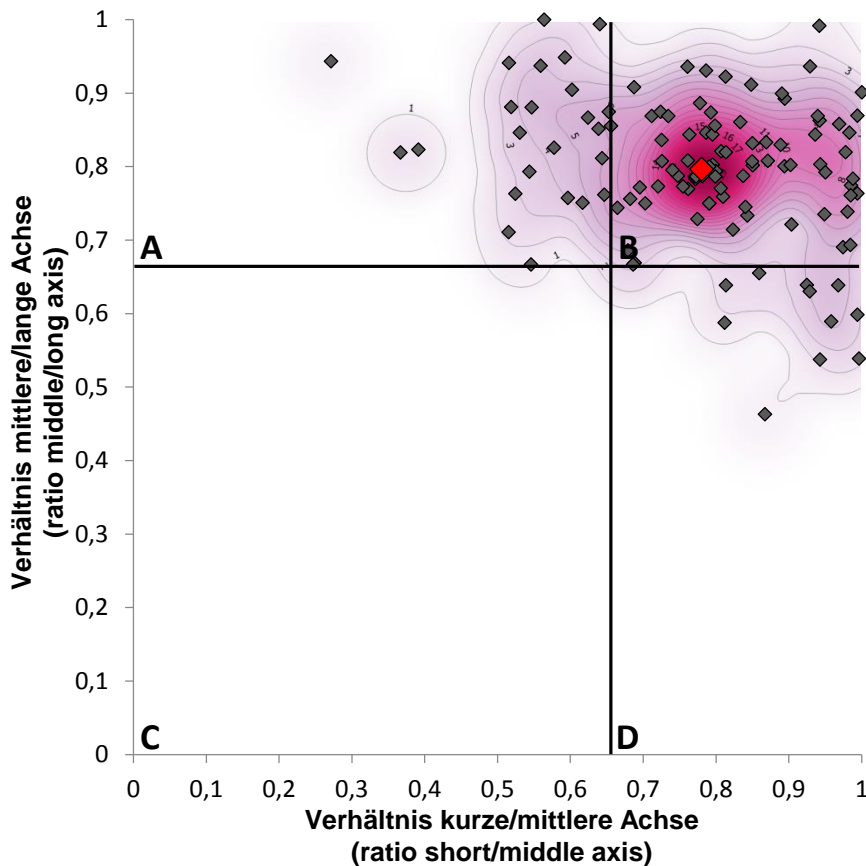


Probe B 66/17, GP 23 (L 633-5-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,78$  (Standard-Abweichung:  $0,13$ ),  $C/B = 0,76$  (Standard-Abweichung:  $0,17$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.

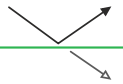
## Probe B 66-17, GP 23, Fraktion 200 – 630 $\mu\text{m}$ (A-Probe)

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,0                             | 7,8                      | 6,8                              | 14,6                          | 4,8                      | 4,9                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 2,9                             | 8,7                      | 23,3                             | 15,5                          | 7,8                      | 2,9                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 2,9                             | 16,5                     | 30,1                             | 30,1                          | 12,6                     | 7,8                               |

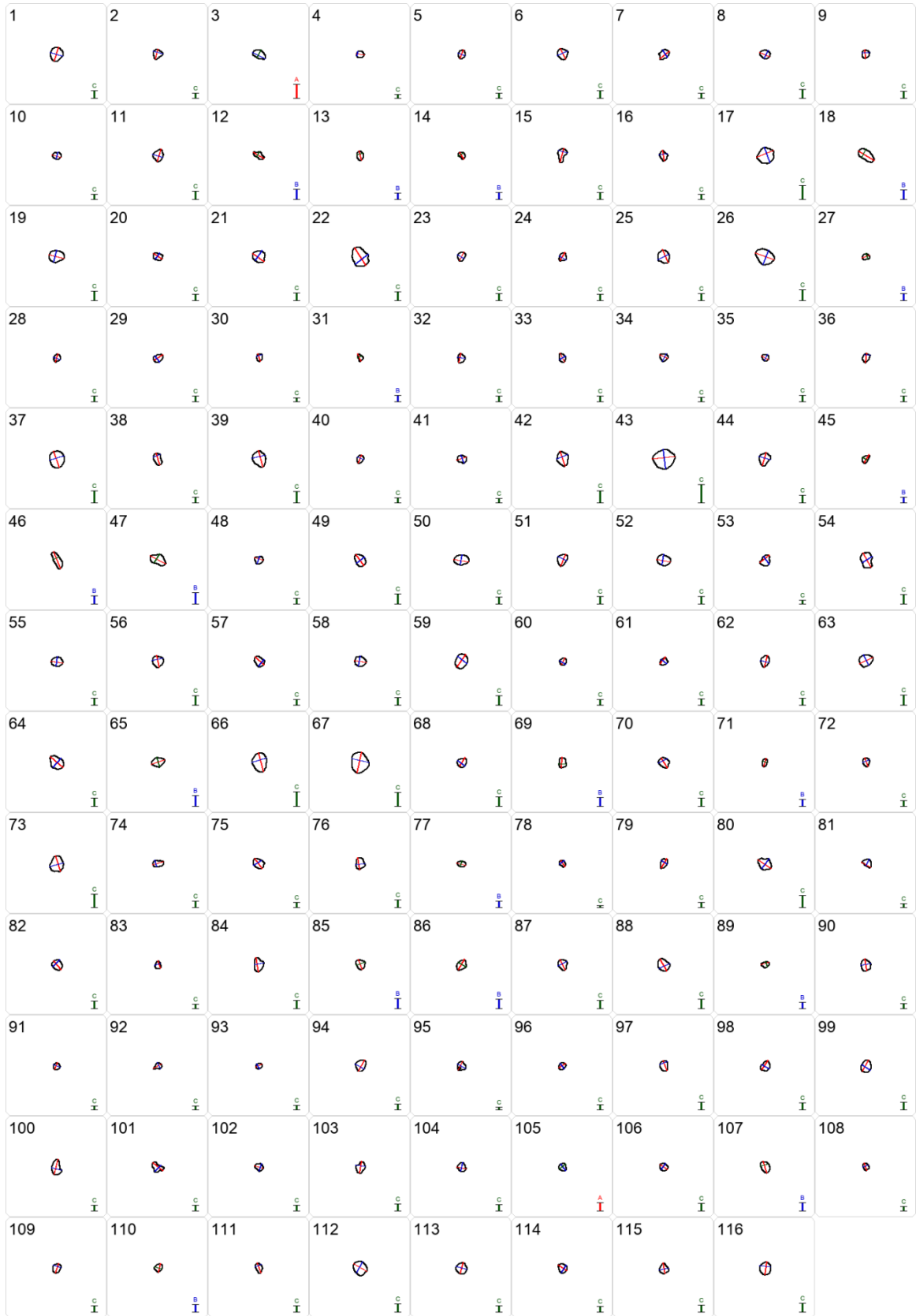


Probe B 66/17, GP 23 (L 633-5-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,80$  (Standard-Abweichung:  $0,10$ ),  $C/B = 0,78$  (Standard-Abweichung:  $0,15$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.



# Probe B 66-17, GP 23, Fraktion 200 – 630 µm (A-Probe)

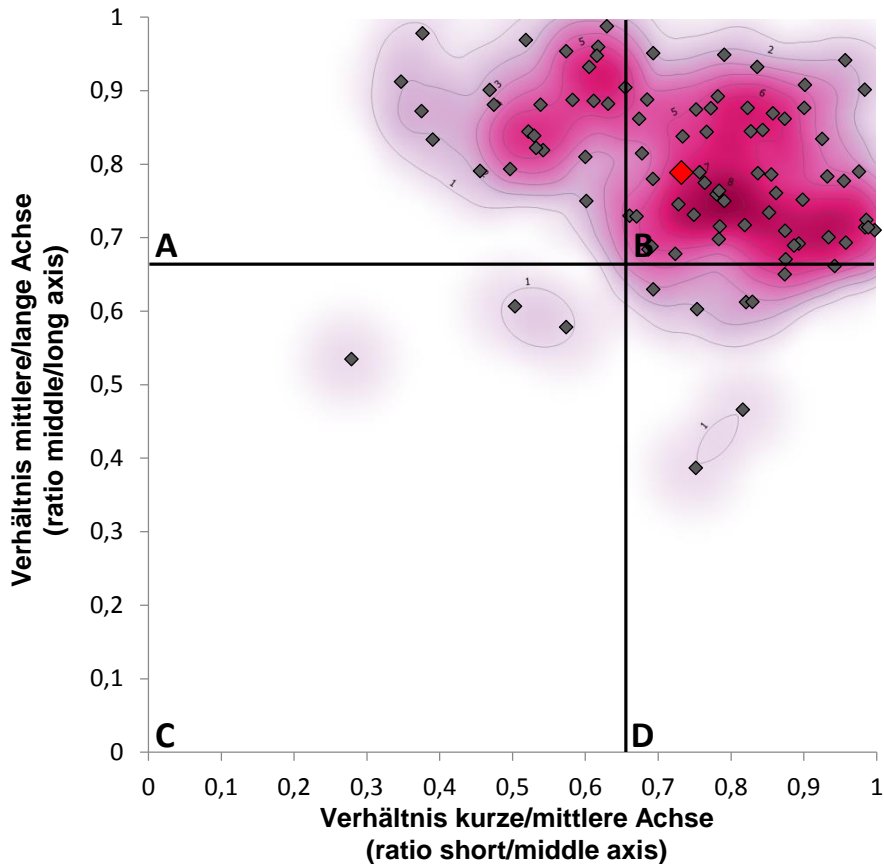
## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform



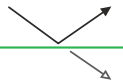
Farbliche Darstellung der Achsen: A-Achse = rot, B-Achse = blau, C-Achse = grün

## Probe B 66-17, GP 23, Fraktion 200 – 630 µm (B-Probe)

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

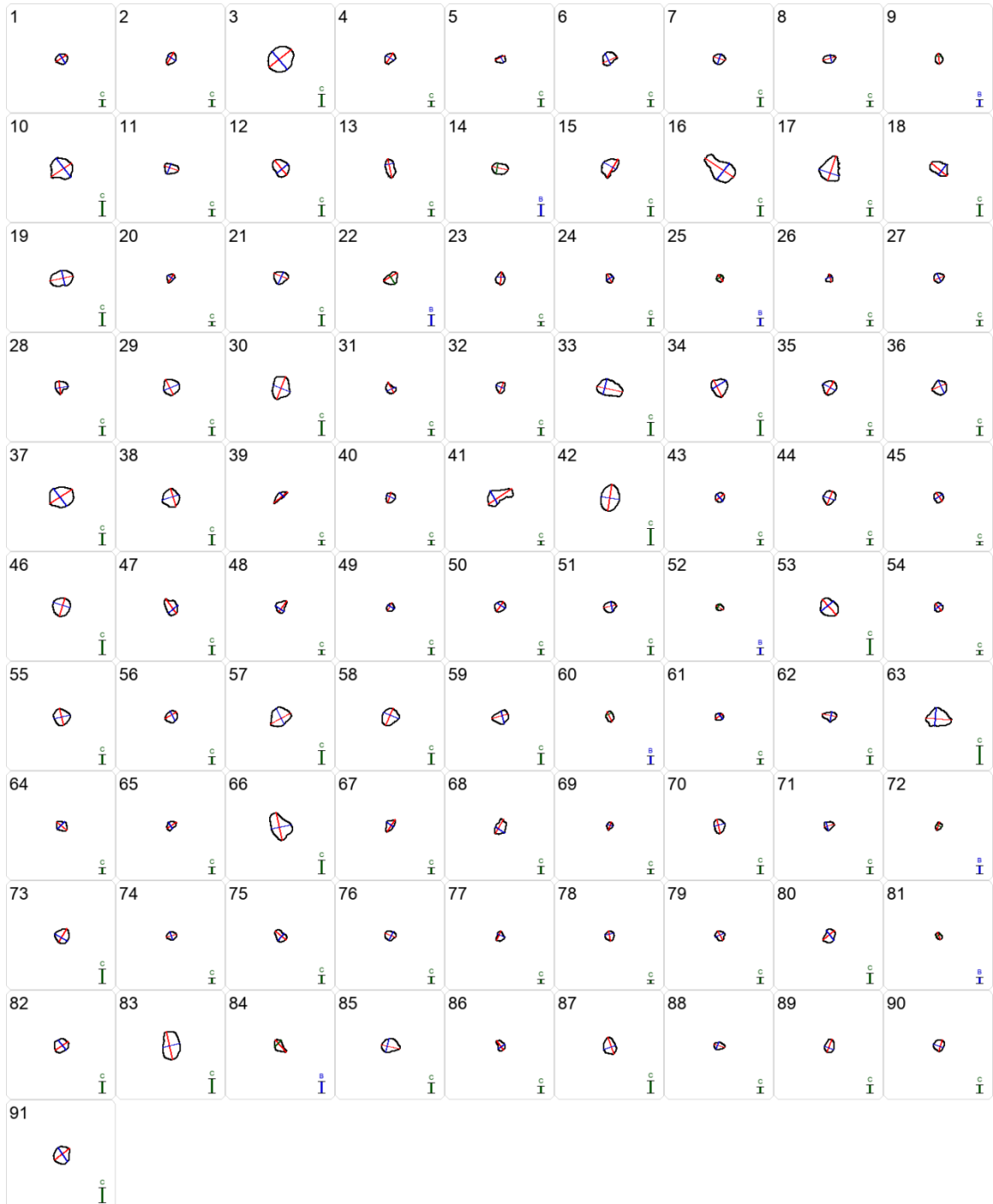


Probe B 66/17, GP 23 (L 633-5-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,79$  (Standard-Abweichung:  $0,12$ ),  $C/B = 0,73$  (Standard-Abweichung:  $0,17$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.



# Probe B 66-17, GP 23, Fraktion 200 – 630 µm (B-Probe)

## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform

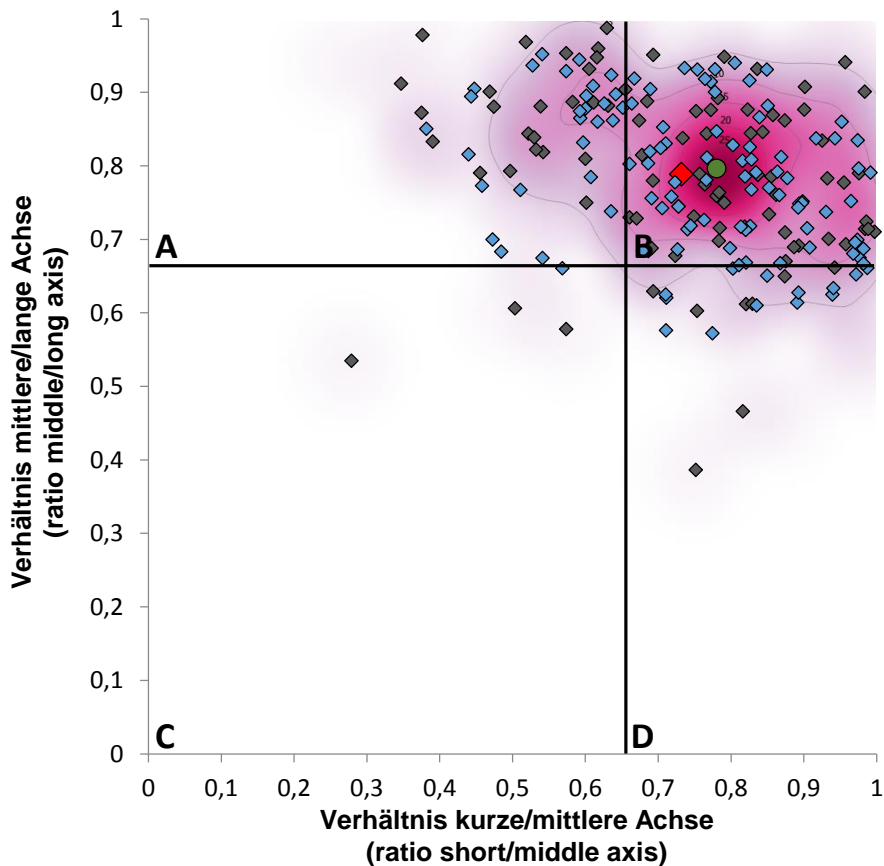


Farbliche Darstellung der Achsen: A-Achse = rot, B-Achse = blau, C-Achse = grün

Probe B 66-17, GP 23, Fraktion 200 – 630  $\mu\text{m}$ 

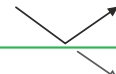
## Bestimmung von Kornform Sand- und Kiesfraktionen

## Zusammenfassung der A- und B-Probe



Probe B 66/17, GP 23 (L 633-5-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,79$  (Standard-Abweichung:  $0,11$ ),  $C/B = 0,76$  (Standard-Abweichung:  $0,16$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.





## Probe B 68/17, GP 19

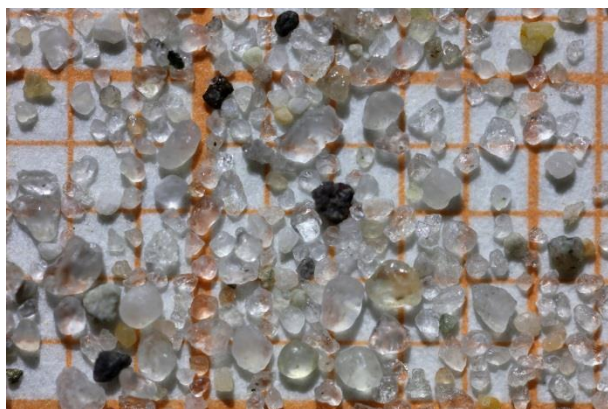
### Mikroskopische Untersuchungen der Sand- und Kiesfraktion



Fraktion > 2000  $\mu\text{m}$ : **Kies**



Fraktion 630 – 2000  $\mu\text{m}$ : **Grobsand**



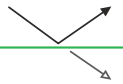
Fraktion 200 – 630  $\mu\text{m}$ : **Mittelsand**



Fraktion 63 – 200  $\mu\text{m}$ : **Feinsand**



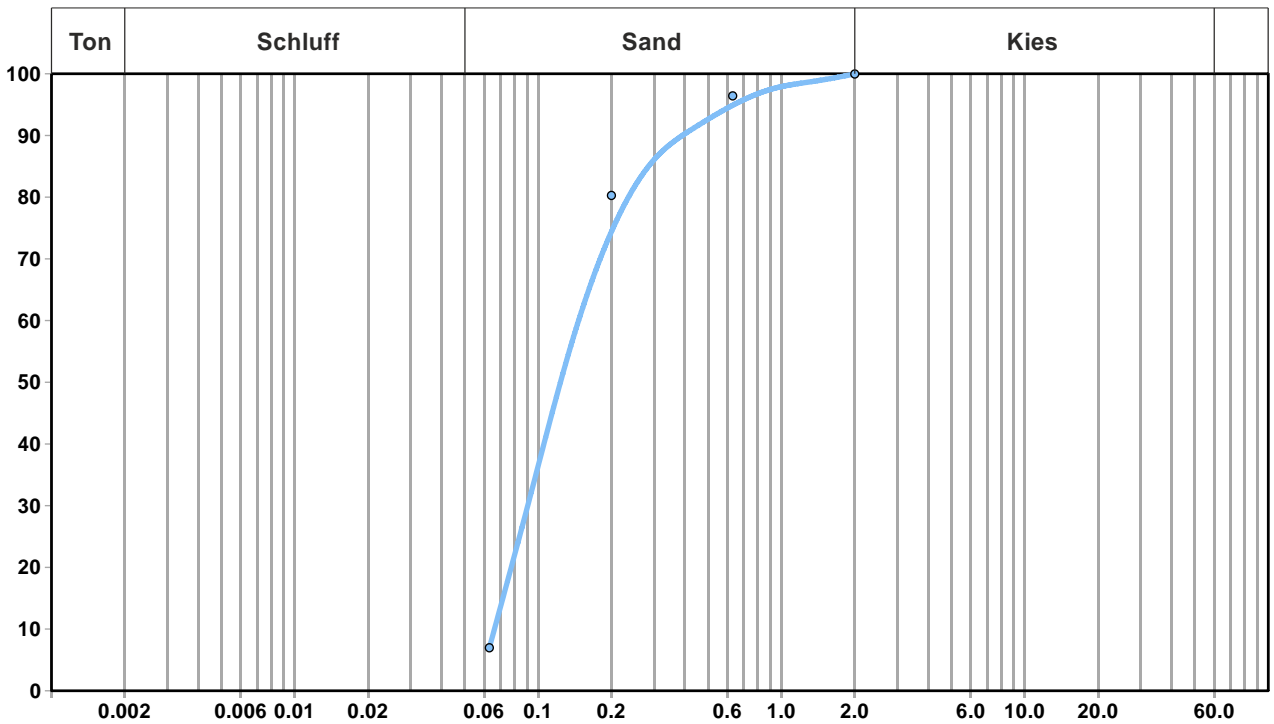
Ausschnittvergrößerung: Fraktion 630 – 2000  $\mu\text{m}$ : **Grobsand**



## Probe B 68/17, GP 19

### Korngrößenanalyse und Körnungslinie

| Korngröße     | Fraktion         | Anteil in % |      | Summe in % |
|---------------|------------------|-------------|------|------------|
| > 2000 µm     | Kies und Steine  | <0,1        | <0,1 | 100,0      |
| 630 – 2000 µm | Grobsand         | 3,6         | 92,9 | 99,9       |
| 200 – 630 µm  | Mittelsand       | 16,1        |      | 96,4       |
| 63 – 200 µm   | Feinsand         | 73,3        |      | 80,3       |
| < 63 µm       | Ton- und Schluff | 7,0         | 7,0  | 7,0        |

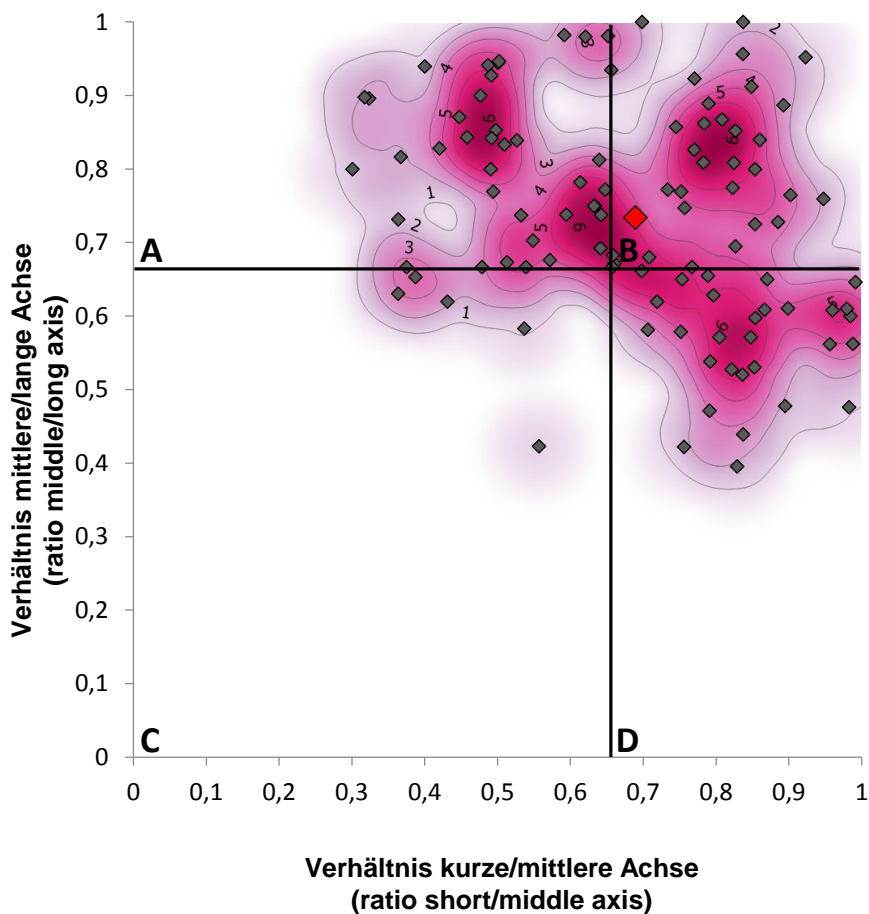


Fein- bis Mittelsand, u'

## Probe B 68/17, GP 19, Fraktion 63 – 200 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 1,9                             | 6,7                      | 6,7                              | 8,7                           | 2,9                      | 1,9                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 1,9                             | 26,0                     | 32,7                             | 8,7                           | 1,9                      | 0,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | <b>3,8</b>                      | <b>32,7</b>              | <b>39,4</b>                      | <b>17,4</b>                   | <b>4,8</b>               | <b>1,9</b>                        |

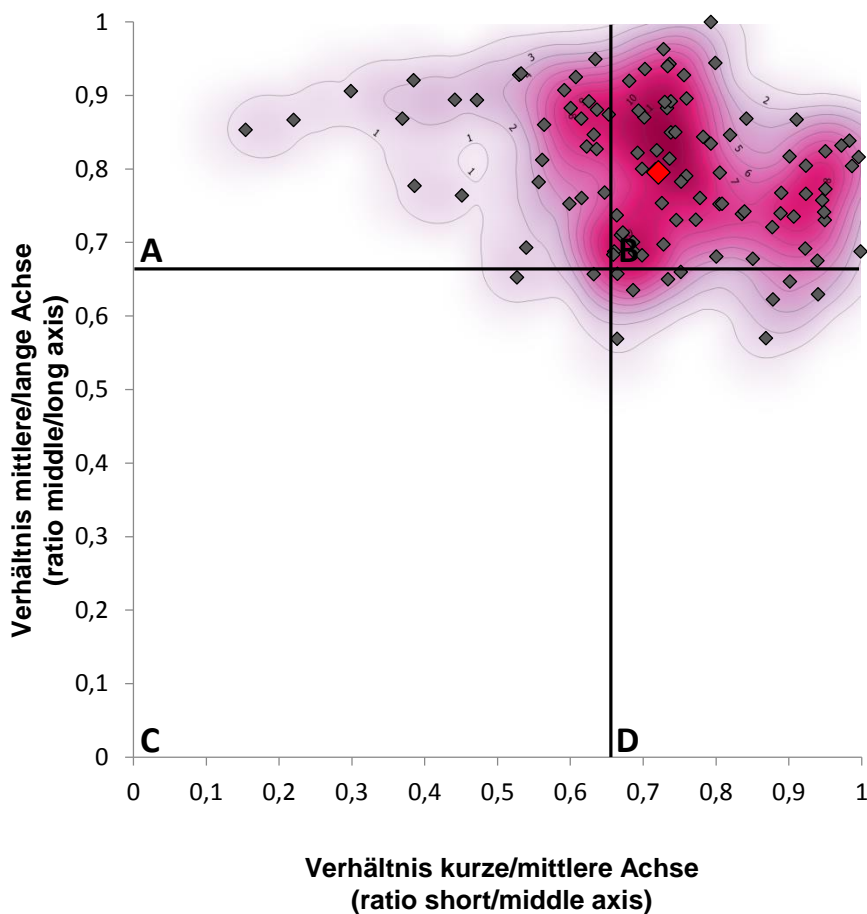


Probe B 68/17, GP 19 (L 633-6-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,73$  (Standard-Abweichung:  $0,15$ ),  $C/B = 0,69$  (Standard-Abweichung:  $0,18$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.

## Probe B 68/17, GP 19, Fraktion 200 – 630 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,0                             | 1,9                      | 11,5                             | 16,3                          | 8,7                      | 1,9                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 1,0                             | 9,6                      | 26,0                             | 14,4                          | 8,7                      | 0,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 1,0                             | 11,5                     | 37,5                             | 30,7                          | 17,4                     | 1,9                               |

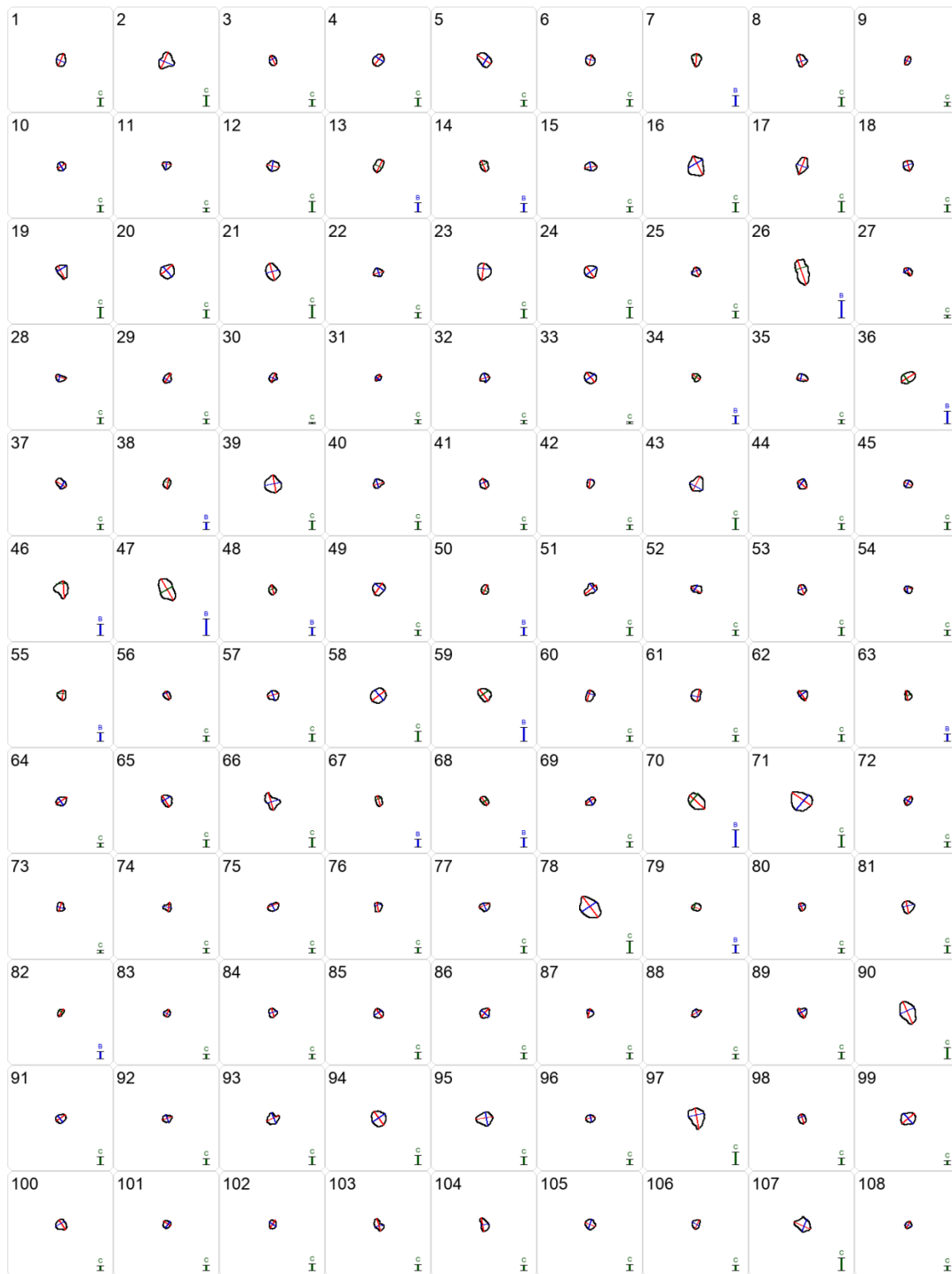


Probe B 68/17, GP 19 (L 633-6-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,80$  (Standard-Abweichung:  $0,10$ ),  $C/B = 0,72$  (Standard-Abweichung:  $0,16$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.

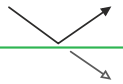


# Probe B 68/17, GP 19, Fraktion 200 – 630 µm

## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform



Farbliche Darstellung der Achsen: A-Achse = rot, B-Achse = blau, C-Achse = grün



## Probe B 72/17, GP 16

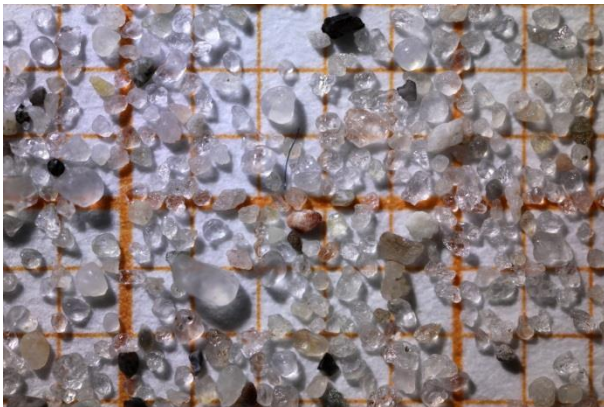
### Mikroskopische Untersuchungen der Sand- und Kiesfraktion



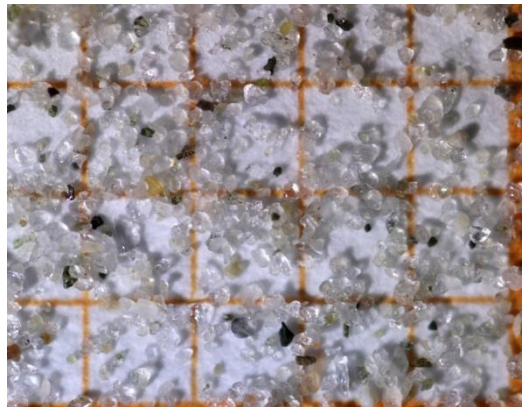
Fraktion  $> 2000 \mu\text{m}$ : **Kies**



Fraktion  $630 - 2000 \mu\text{m}$ : **Grobsand**



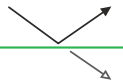
Fraktion  $200 - 630 \mu\text{m}$ : **Mittelsand**



Fraktion  $63 - 200 \mu\text{m}$ : **Feinsand**



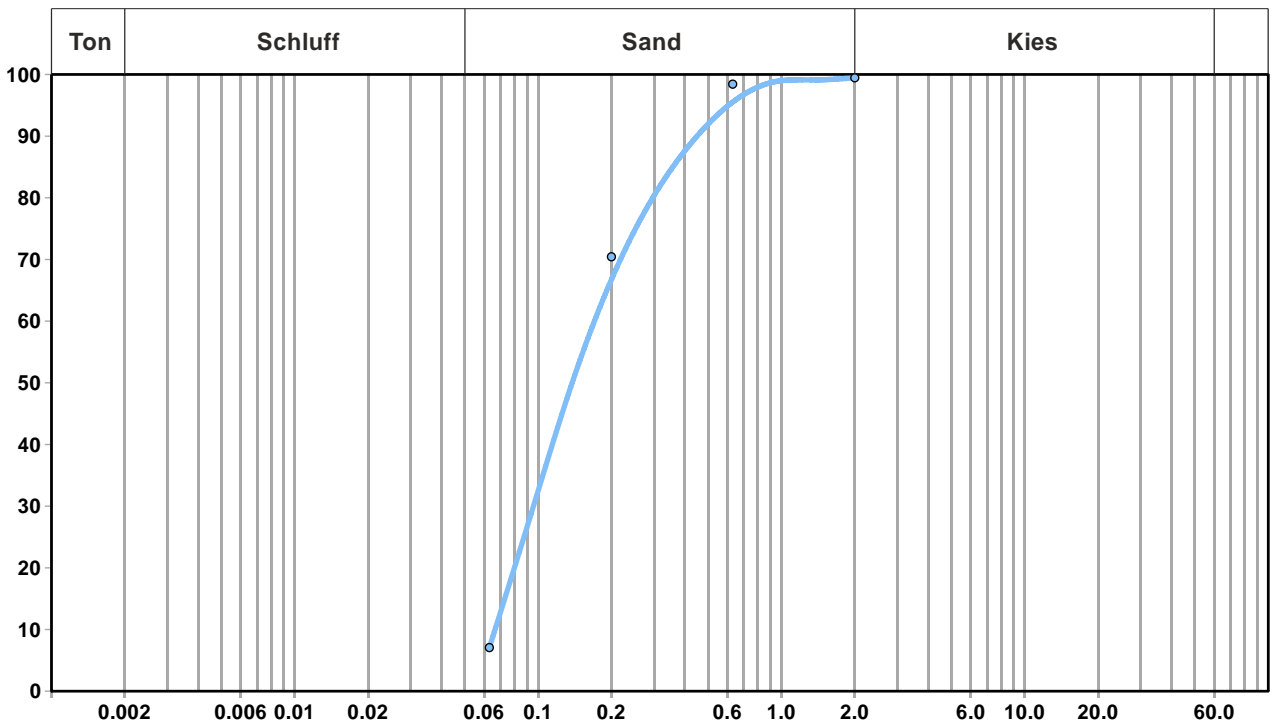
Ausschnittvergrößerung: Fraktion  $> 2000 \mu\text{m}$ : **Kies**



## Probe B 72/17, GP 16

### Korngrößenanalyse und Körnungslinie

| Korngröße     | Fraktion         | Anteil in % |      | Summe in % |
|---------------|------------------|-------------|------|------------|
| > 2000 µm     | Kies und Steine  | 0,5         | 0,5  | 100,0      |
| 630 – 2000 µm | Grobsand         | 1,0         | 92,4 | 99,5       |
| 200 – 630 µm  | Mittelsand       | 28,0        |      | 98,4       |
| 63 – 200 µm   | Feinsand         | 63,4        |      | 70,4       |
| < 63 µm       | Ton- und Schluff | 7,1         | 7,1  | 7,1        |

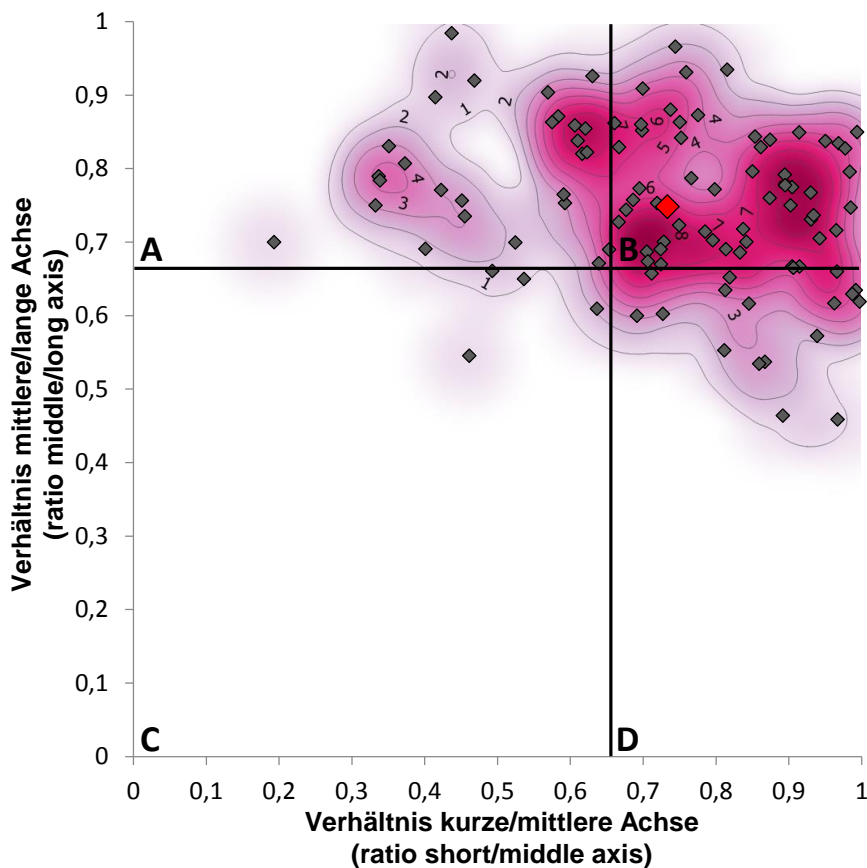


Mittelsand, fs, u'

## Probe B 72/17, GP 16, 63 – 200 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 1,9                             | 9,7                      | 10,7                             | 2,9                           | 1,0                      | 1,0                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 9,7                             | 31,1                     | 27,1                             | 2,9                           | 1,9                      | 0,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 11,7                            | 40,8                     | 37,8                             | 5,8                           | 2,9                      | 1,0                               |



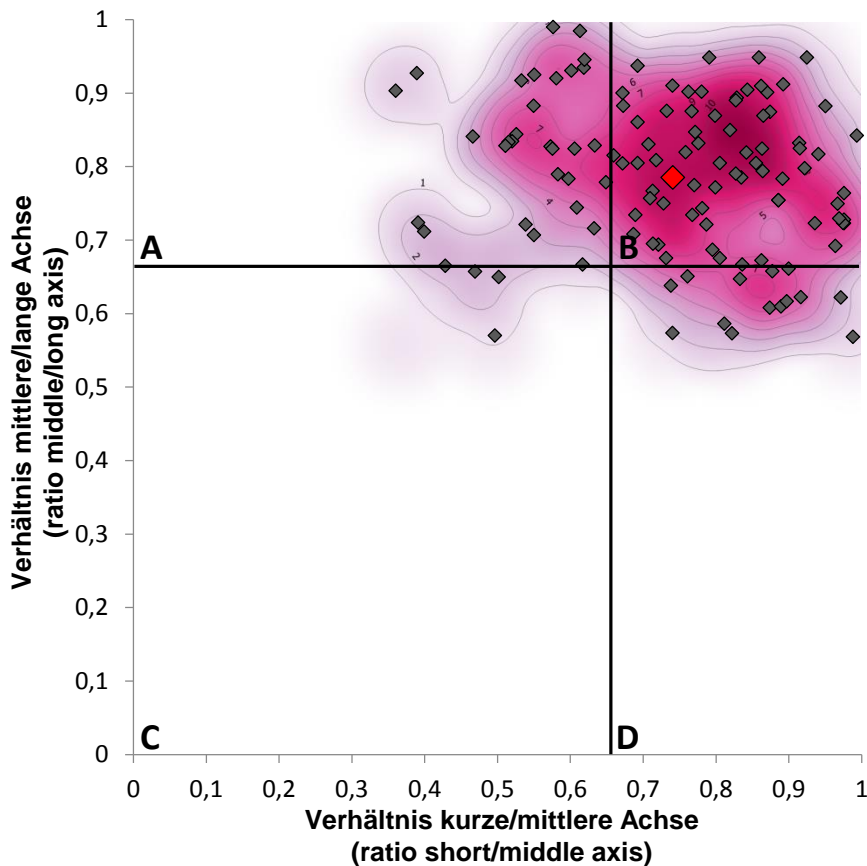
Probe B 72/17, GP 16 (L 633-7-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,75$  (Standard-Abweichung:  $0,11$ ),  $C/B = 0,73$  (Standard-Abweichung:  $0,19$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.



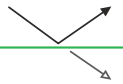
## Probe B 72/17, GP 16, 200 – 630 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,0                             | 4,9                      | 10,7                             | 14,6                          | 7,8                      | 0,0                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 4,9                             | 11,7                     | 18,4                             | 21,4                          | 5,8                      | 0,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 4,9                             | 16,5                     | 29,1                             | 35,9                          | 13,6                     | 0,0                               |

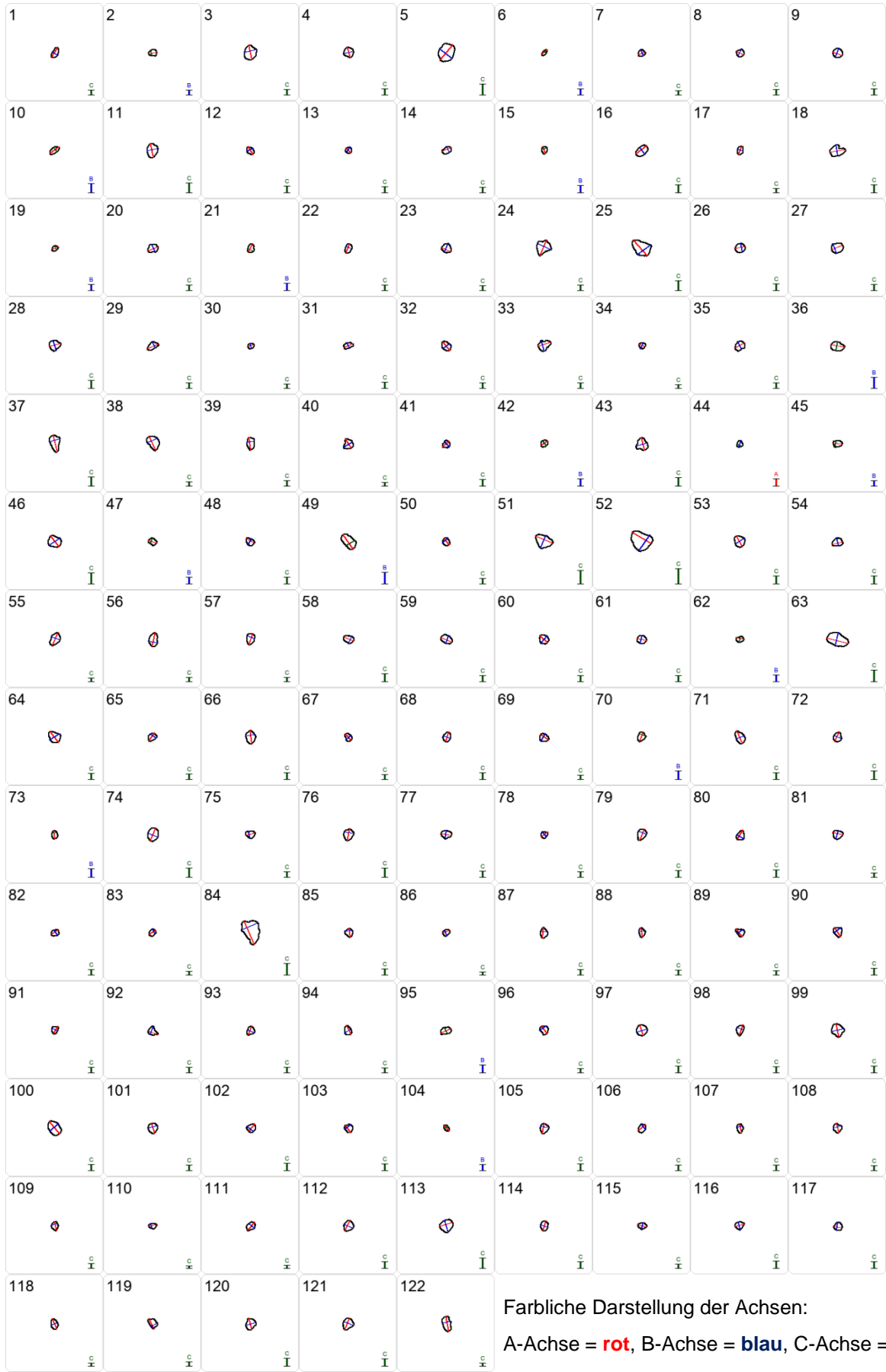


Probe B 72/17, GP 16 (L 633-7-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,79$  (Standard-Abweichung:  $0,10$ ),  $C/B = 0,74$  (Standard-Abweichung:  $0,16$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.

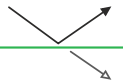


# Probe B 72/17, GP 16, 200 – 630 µm

## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform



Farbliche Darstellung der Achsen:  
A-Achse = rot, B-Achse = blau, C-Achse = grün



## Probe B 75a/17, GP 18

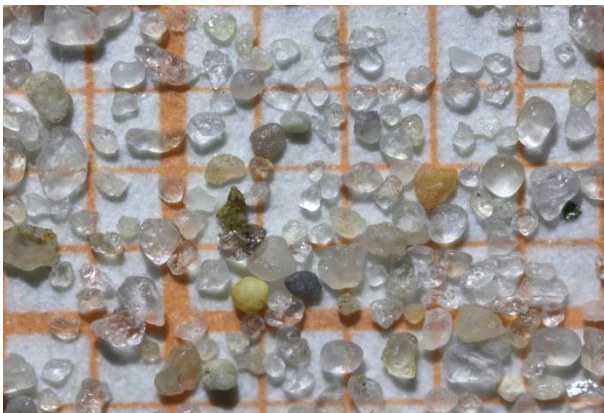
### Mikroskopische Untersuchungen der Sand- und Kiesfraktion



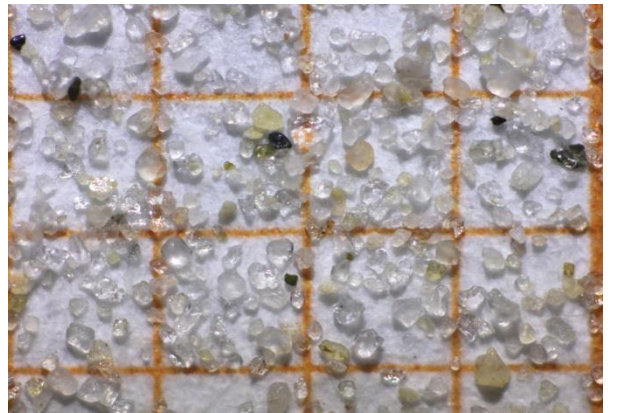
Fraktion > 2000 µm: **Kies**



Fraktion 630 – 2000 µm: **Grobsand**



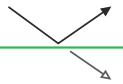
Fraktion 200 – 630 µm: **Mittelsand**



Fraktion 63 – 200 µm: **Feinsand**



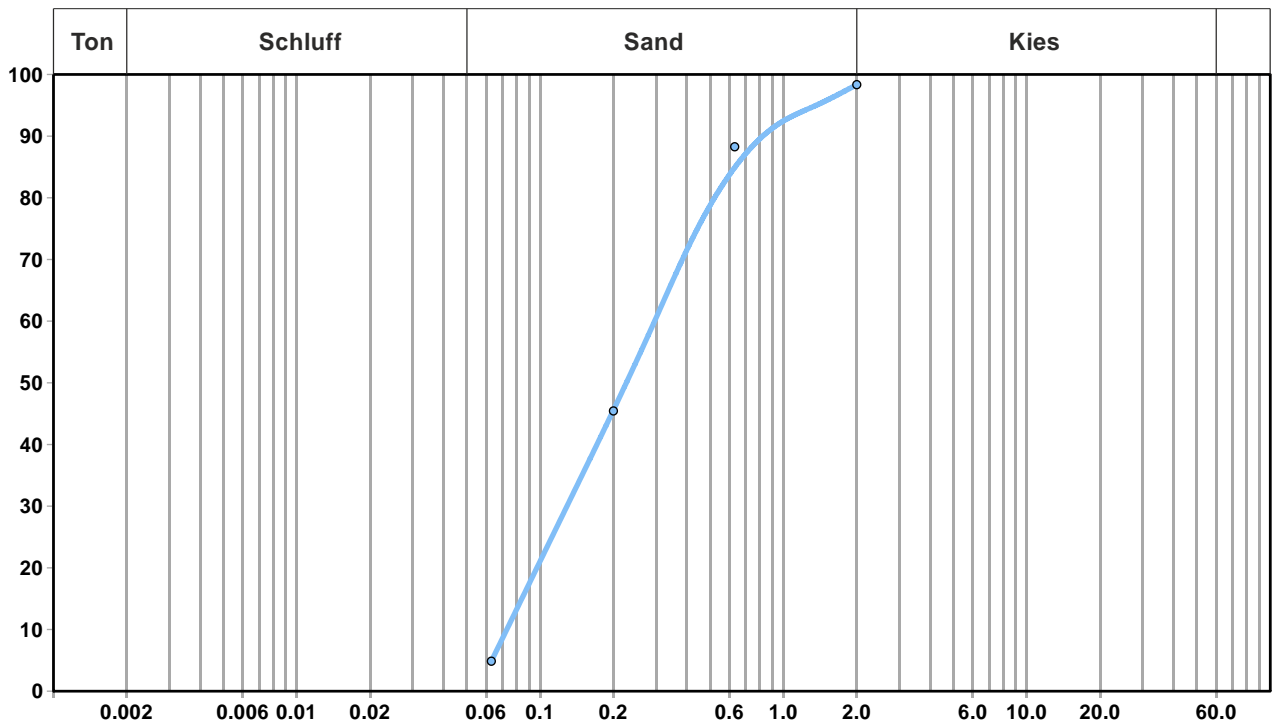
Ausschnittvergrößerung: Fraktion > 2000 µm: **Kies**



## Probe B 75a/17, GP 18

### Korngrößenanalyse und Körnungslinie

| Korngröße     | Fraktion         | Anteil in % |      | Summe in % |
|---------------|------------------|-------------|------|------------|
| > 2000 µm     | Kies und Steine  | 1,7         | 1,7  | 100,0      |
| 630 – 2000 µm | Grobsand         | 10,1        | 93,5 | 98,4       |
| 200 – 630 µm  | Mittelsand       | 42,8        |      | 88,3       |
| 63 – 200 µm   | Feinsand         | 40,6        |      | 45,4       |
| < 63 µm       | Ton- und Schluff | 4,9         | 4,9  | 4,9        |

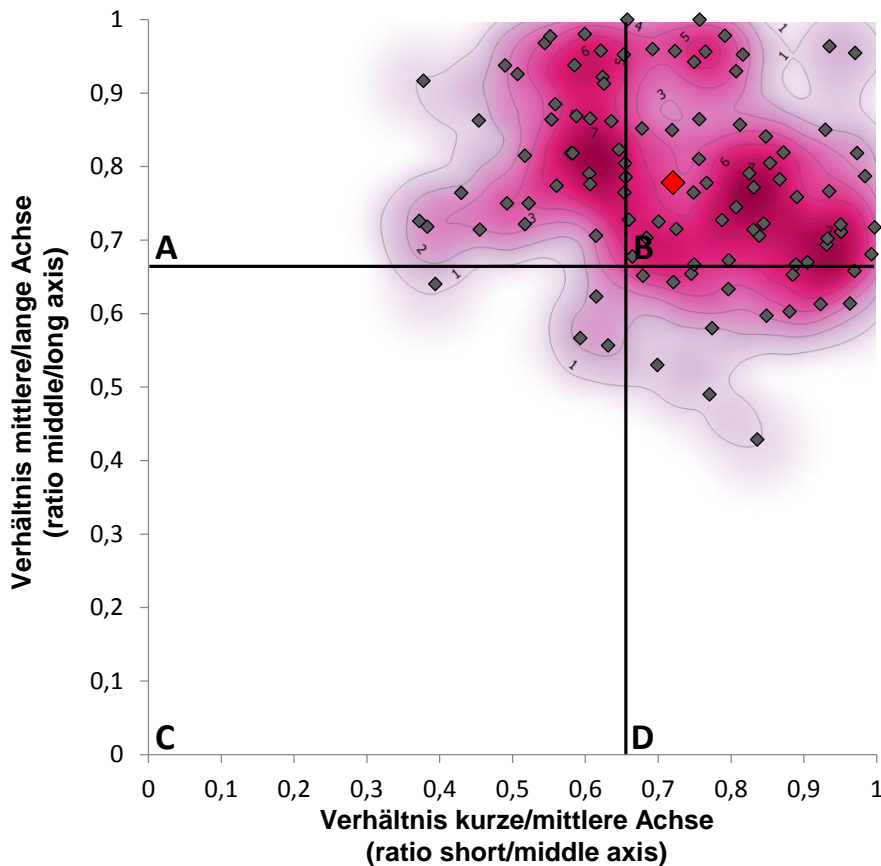


Mittelsand, fs, u', gs'

## Probe B 75a/17, GP 18, Fraktion 63 – 200 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,0                             | 8,8                      | 10,8                             | 4,9                           | 2,0                      | 0,0                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 7,8                             | 36,3                     | 23,5                             | 5,9                           | 0,0                      | 0,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 7,8                             | 45,1                     | 34,3                             | 10,8                          | 2,0                      | 0,0                               |

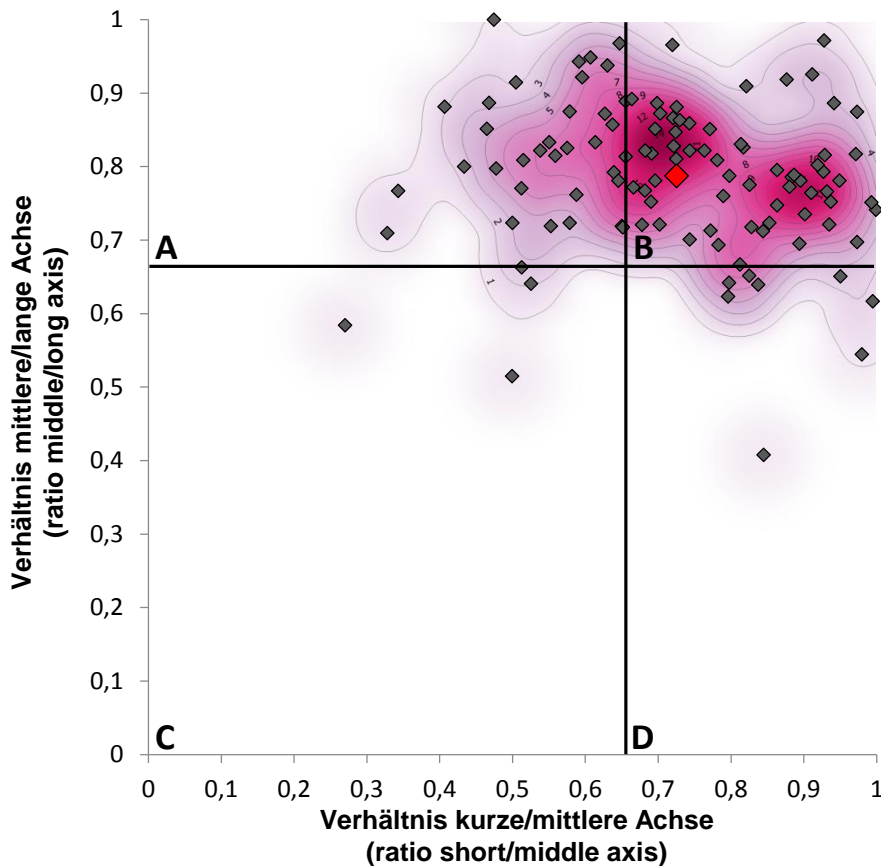


Probe B 75a/17, GP 18 (L 633-8-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,78$  (Standard-Abweichung:  $0,12$ ),  $C/B = 0,72$  (Standard-Abweichung:  $0,16$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.

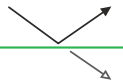
## Probe B 75a/17, GP 18, Fraktion 200 – 630 $\mu\text{m}$

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 1,0                             | 1,9                      | 7,7                              | 13,5                          | 2,9                      | 1,0                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 2,9                             | 11,6                     | 29,8                             | 22,1                          | 5,8                      | 0,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 3,9                             | 13,5                     | 37,5                             | 35,6                          | 8,7                      | 1,0                               |

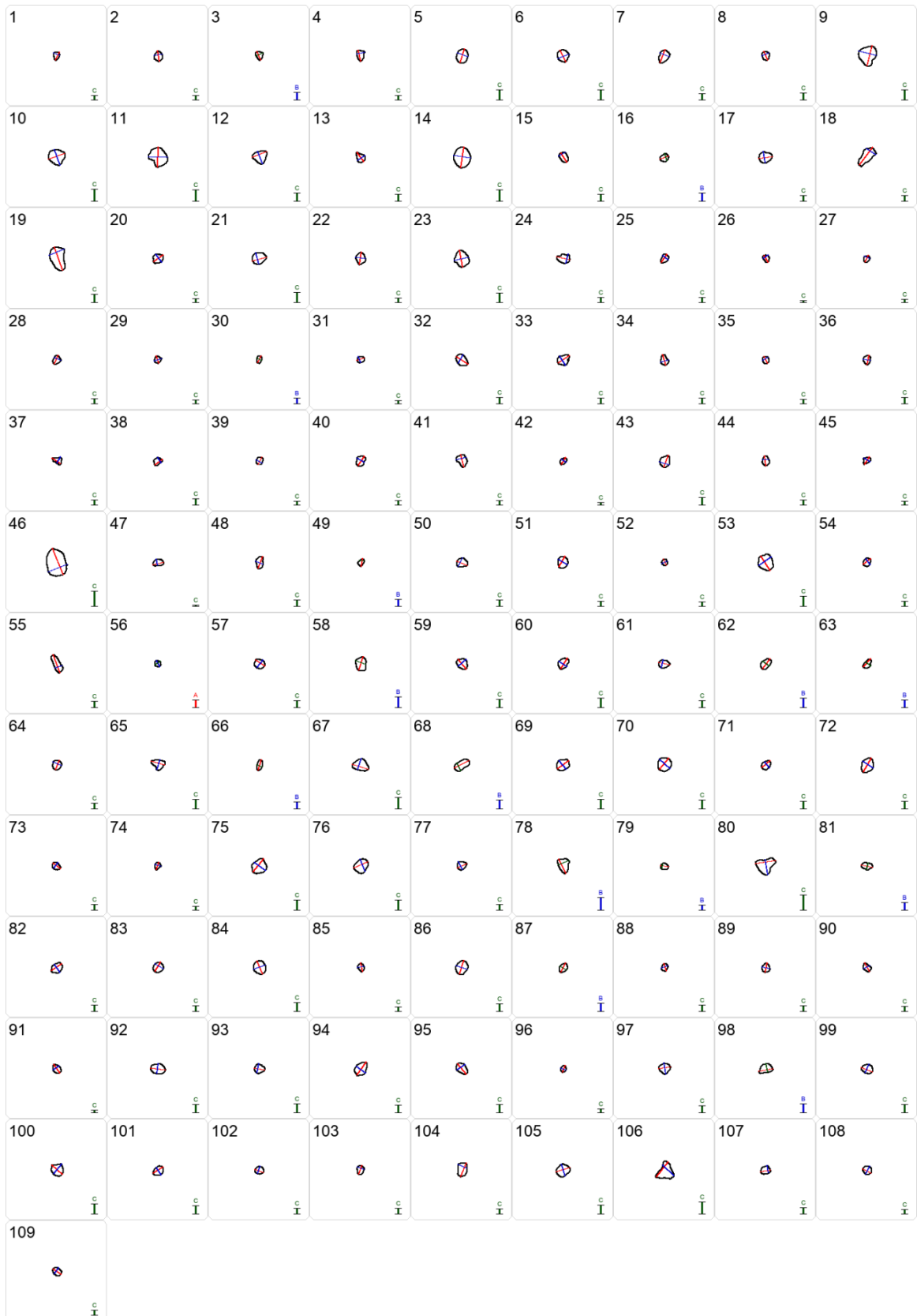


Probe B 75a/17, GP 18 (L 633-8-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,79$  (Standard-Abweichung:  $0,10$ ),  $C/B = 0,72$  (Standard-Abweichung:  $0,17$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius =  $0,1$ , Pixelbreite =  $0,0001$ , Pixelhöhe =  $0,0001$ .



# Probe B 75a/17, GP 18, Fraktion 200 – 630 µm

## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform



Farbliche Darstellung der Achsen: A-Achse = rot, B-Achse = blau, C-Achse = grün



## Probe B 86/17, GP 9

### Mikroskopische Untersuchungen der Sand- und Kiesfraktion



Fraktion > 2000 µm: **Kies**



Fraktion 630 – 2000 µm: **Grobsand**



Fraktion 200 – 630 µm: **Mittelsand**

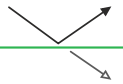


Fraktion 63 – 200 µm: **Feinsand**



Ausschnittvergrößerung: Fraktion > 2000 µm: **Kies**

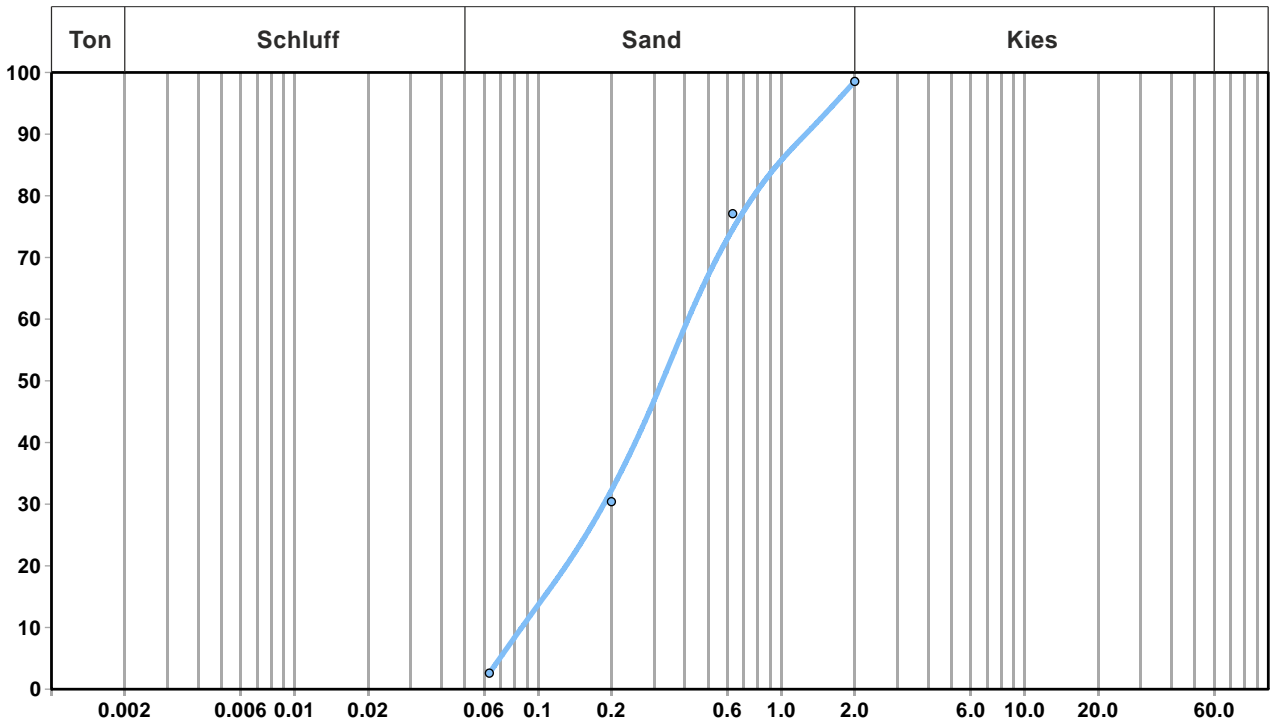




## Probe B 86/17, GP 9

### Korngrößenanalyse und Körnungslinie

| Korngröße     | Fraktion         | Anteil in % |      | Summe in % |
|---------------|------------------|-------------|------|------------|
| > 2000 µm     | Kies und Steine  | 1,5         | 1,5  | 100,0      |
| 630 – 2000 µm | Grobsand         | 21,4        | 95,9 | 98,6       |
| 200 – 630 µm  | Mittelsand       | 46,7        |      | 77,1       |
| 63 – 200 µm   | Feinsand         | 27,8        |      | 30,4       |
| < 63 µm       | Ton- und Schluff | 2,6         | 2,6  | 2,6        |

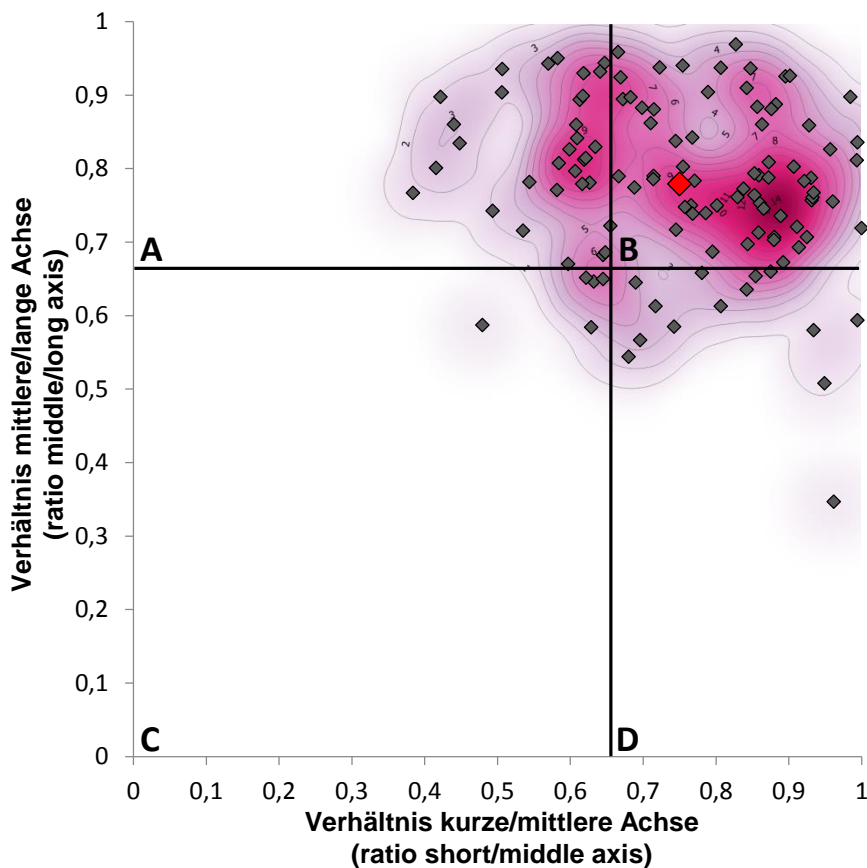


Mittelsand, fs, gs'

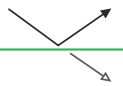
## Probe B 86/17, GP 9, Fraktion 200 – 630 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,0                             | 1,0                      | 6,8                              | 8,7                           | 10,7                     | 1,9                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 0,0                             | 10,7                     | 35,9                             | 19,4                          | 3,9                      | 1,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 0,0                             | 11,7                     | 42,7                             | 28,1                          | 14,6                     | 2,9                               |




Probe B 86/17, GP 9 (L 633-9-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,78$  (Standard-Abweichung:  $0,11$ ),  $C/B = 0,75$  (Standard-Abweichung:  $0,15$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.



Probe B 86/17, GP 9, Fraktion 200 – 630 µm

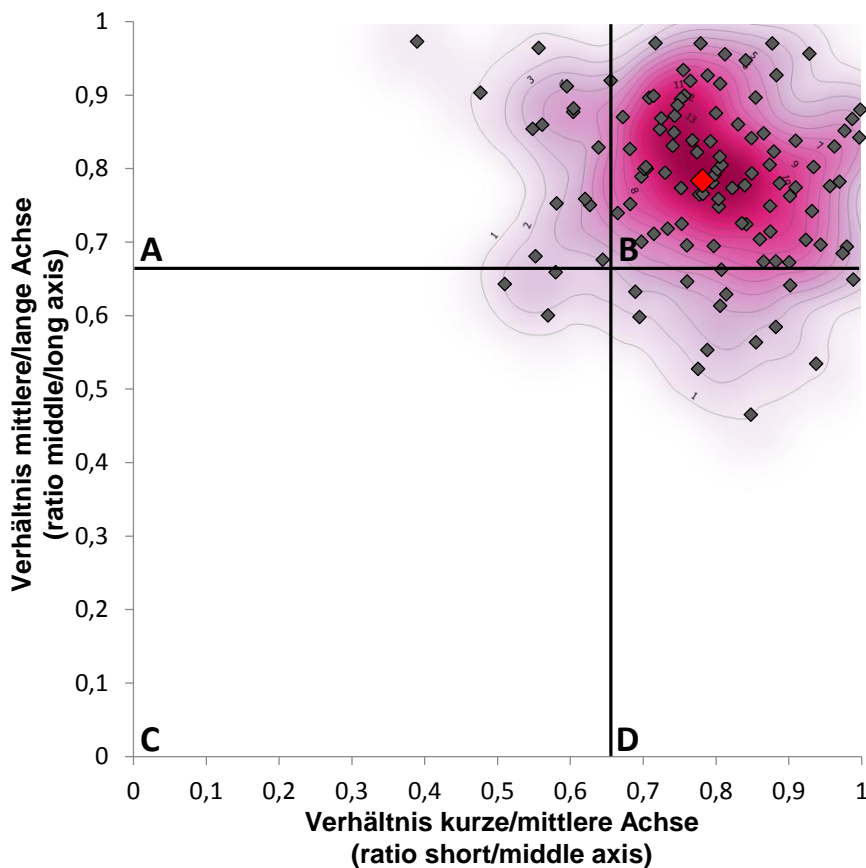
Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform

|     |  |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| 10  | 11   | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  |
| 19  | 20   | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  |
| 28  | 29   | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  |
| 37  | 38   | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  |
| 46  | 47   | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  |
| 55  | 56   | 57  | 58  | 59  | 60  | 61  | 62  | 63  |
| 64  | 65   | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  |
| 73  | 74   | 75  | 76  | 77  | 78  | 79  | 80  | 81  |
| 82  | 83   | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  |
| 91  | 92   | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  |
| 100 | 101  | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 |
| 109 | 110  | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 |
| 118 |  |     |     |     |     |     |     |     |

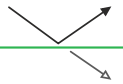
## Probe B 86/17, GP 9, Fraktion 630 – 2000 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,0                             | 1,9                      | 7,7                              | 12,7                          | 12,6                     | 0,9                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 0,0                             | 8,8                      | 34,0                             | 15,5                          | 4,9                      | 1,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 0,0                             | 10,7                     | 41,7                             | 28,2                          | 17,5                     | 1,9                               |

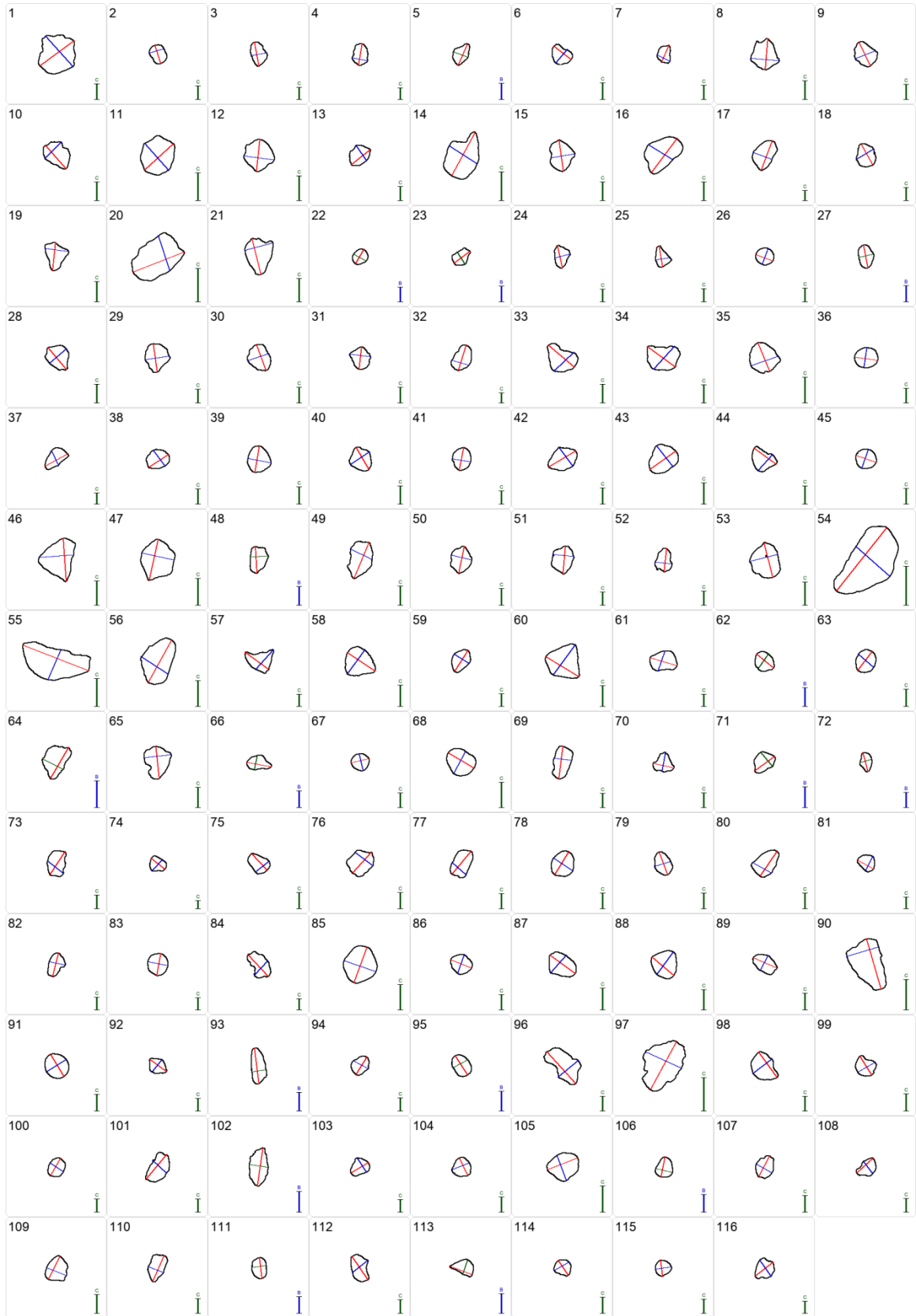


Probe B 86/17, GP 9 (L 633-9-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,78$  (Standard-Abweichung:  $0,11$ ),  $C/B = 0,78$  (Standard-Abweichung:  $0,12$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.

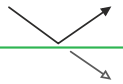


# Probe B 86/17, GP 9, Fraktion 630 – 2000 µm

## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform



Farbliche Darstellung der Achsen: A-Achse = **rot**, B-Achse = **blau**, C-Achse = **grün**



## Probe B 86/17, GP 13

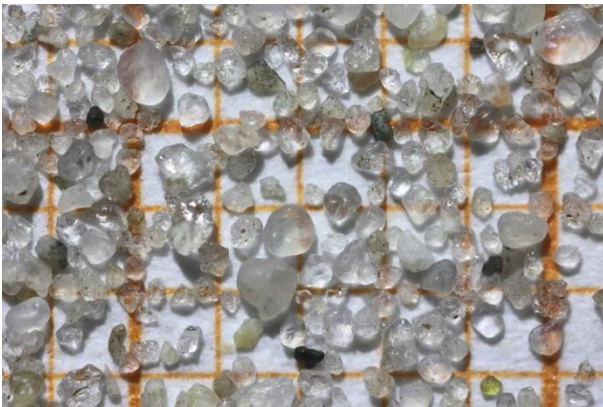
### Mikroskopische Untersuchungen der Sand- und Kiesfraktion



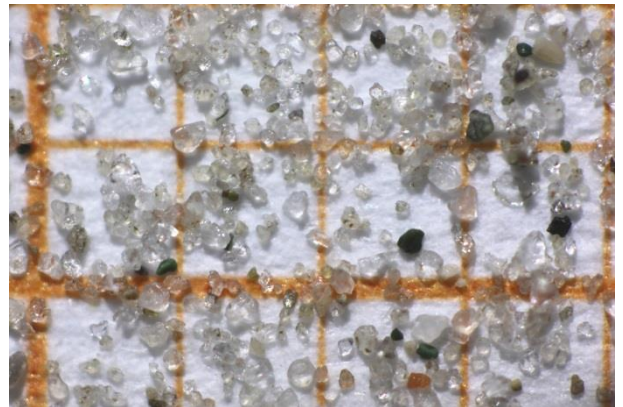
Fraktion > 2000 µm: **Kies**



Fraktion 630 – 2000 µm: **Grobsand**



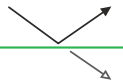
Fraktion 200 – 630 µm: **Mittelsand**



Fraktion 63 – 200 µm: **Feinsand**



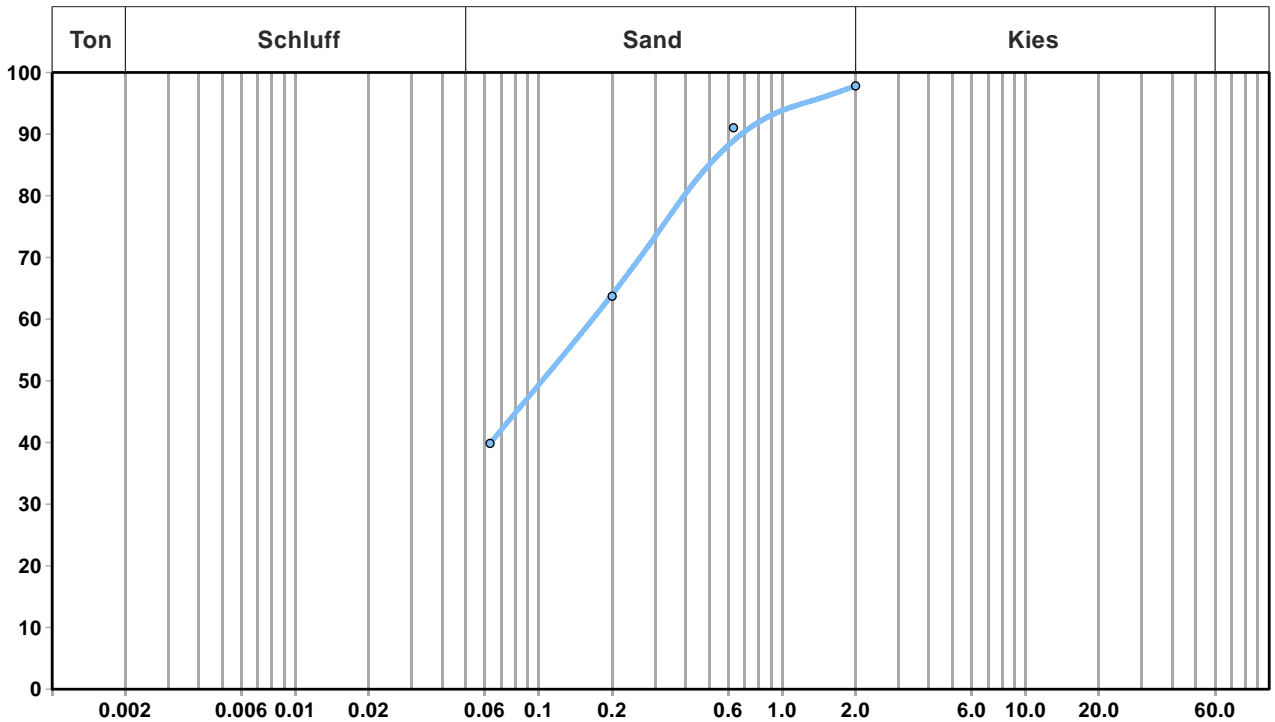
Ausschnittvergrößerung: Fraktion > 2000 µm: **Kies**



## Probe B 86/17, GP 13

### Korngrößenanalyse und Körnungslinie

| Korngröße     | Fraktion         | Anteil in % |      | Summe in % |
|---------------|------------------|-------------|------|------------|
| > 2000 µm     | Kies und Steine  | 2,2         | 2,2  | 100,0      |
| 630 – 2000 µm | Grobsand         | 6,8         | 58   | 97,8       |
| 200 – 630 µm  | Mittelsand       | 27,3        |      | 91         |
| 63 – 200 µm   | Feinsand         | 23,9        |      | 63,7       |
| < 63 µm       | Ton- und Schluff | 39,8        | 39,8 | 39,8       |

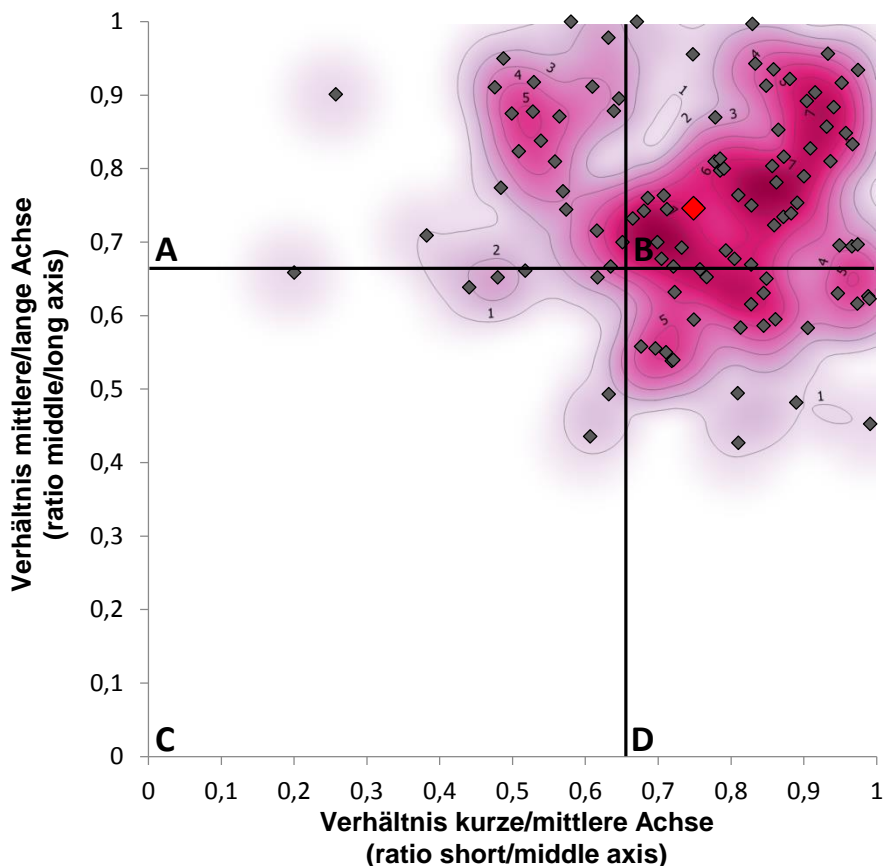


### Geschiebemergel

## Probe B 86/17, GP 13, Fraktion 63 – 200 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,0                             | 8,7                      | 9,7                              | 1,0                           | 2,9                      | 0,0                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 7,8                             | 36,9                     | 24,3                             | 6,8                           | 1,9                      | 0,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 7,8                             | 45,6                     | 34,0                             | 7,8                           | 4,8                      | 0,0                               |



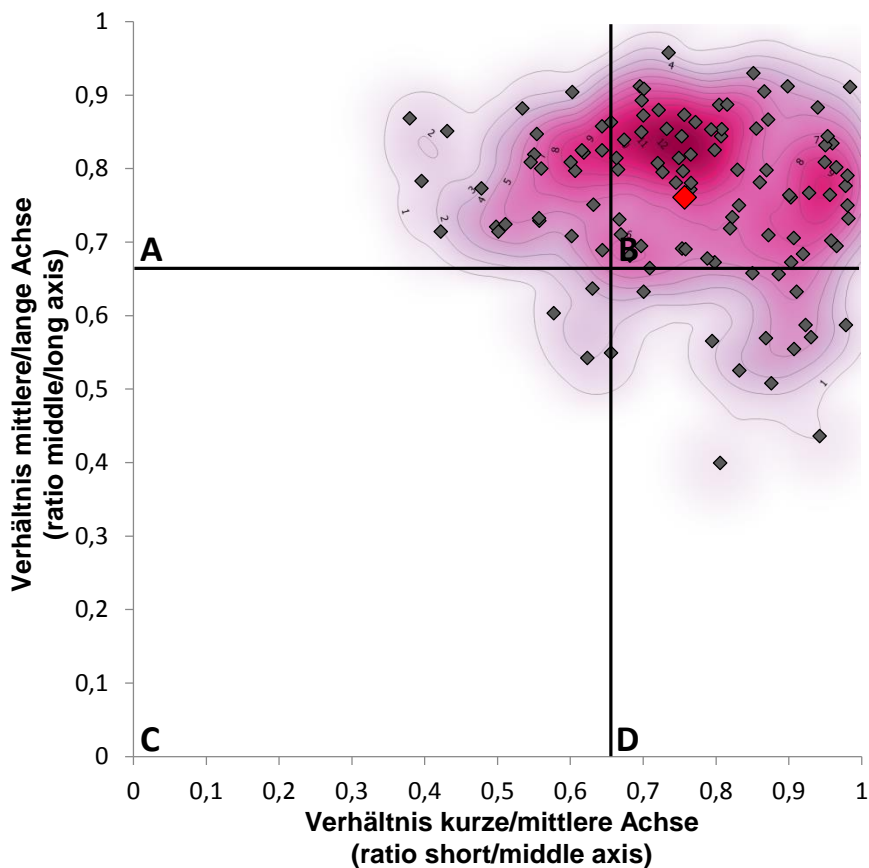
Probe B 86/17, GP 13 (L 633-10-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,75$  (Standard-Abweichung:  $0,14$ ),  $C/B = 0,75$  (Standard-Abweichung:  $0,17$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.



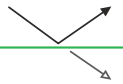
## Probe B 86/17, GP 13, Fraktion 200 – 630 µm

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,0                             | 4,9                      | 4,9                              | 3,9                           | 6,8                      | 1,9                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 1,9                             | 13,5                     | 35,0                             | 20,4                          | 6,8                      | 0,0                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 1,9                             | 18,4                     | 39,9                             | 24,3                          | 13,6                     | 1,9                               |

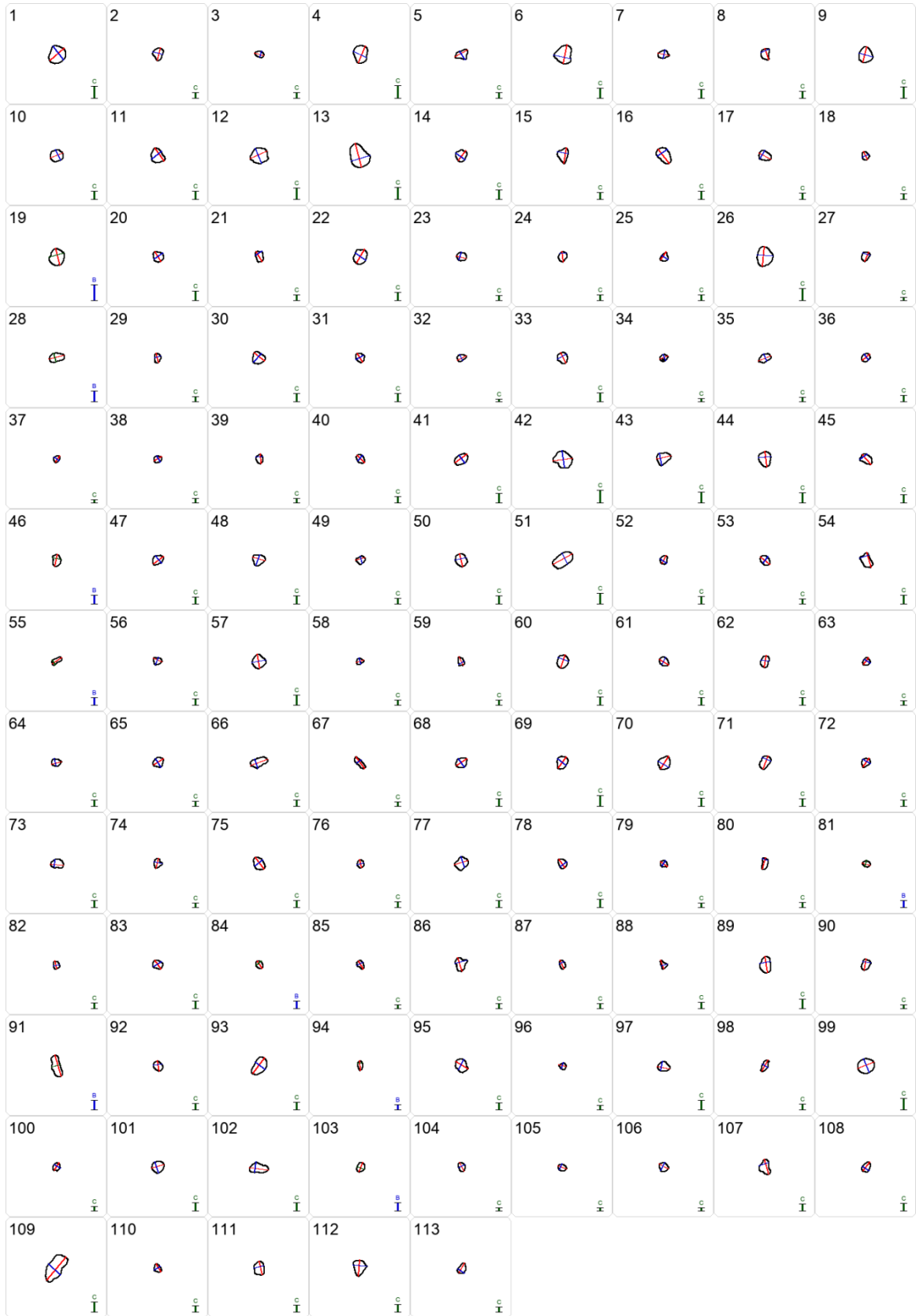


Probe B 86/17, GP 13 (L 633-10-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,76$  (Standard-Abweichung:  $0,11$ ),  $C/B = 0,76$  (Standard-Abweichung:  $0,15$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.



# Probe B 86/17, GP 13, Fraktion 200 – 630 µm

## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform

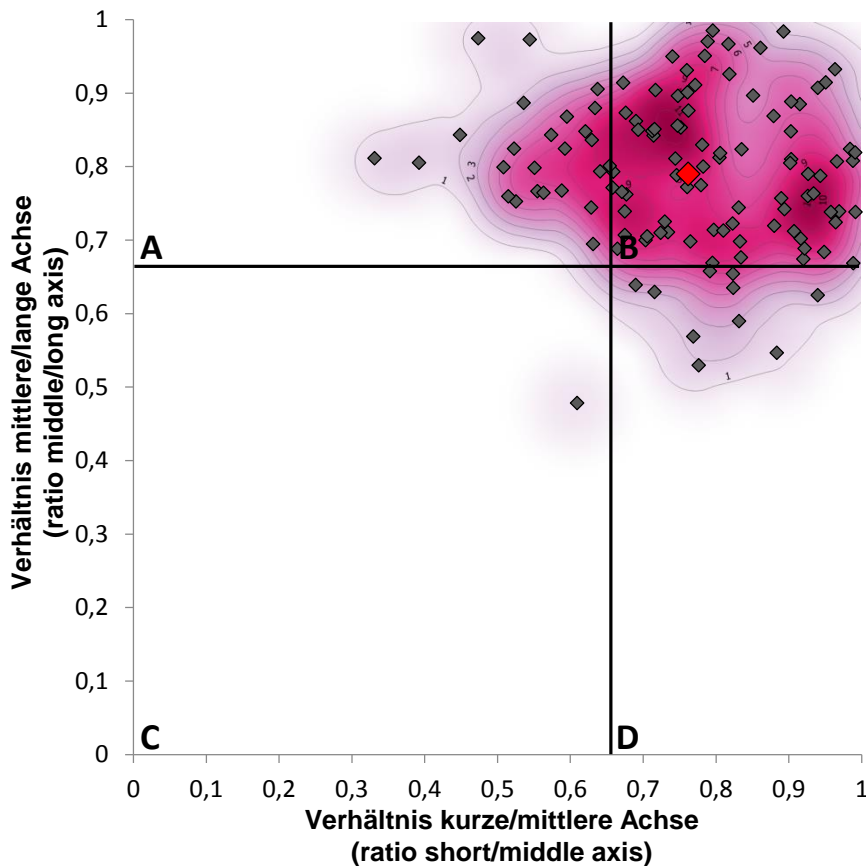


Farbliche Darstellung der Achsen: A-Achse = **rot**, B-Achse = **blau**, C-Achse = **grün**

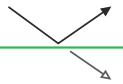
## Probe B 86/17, GP 13, Fraktion 630 – 2000 $\mu\text{m}$

### Bestimmung von Kornform und Rundungsgrad in den Sand- und Kiesfraktionen

| Rundungsgrad (%)                     | 0<br>(sehr eckig/ very angular) | 1<br>(eckig/ subangular) | 2<br>(weniger eckig/ subangular) | 3<br>(angerundet/ subrounded) | 4<br>(gerundet/ rounded) | 5<br>(gut gerundet/ well-rounded) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Hohe Kugeligkeit (high sphericity)   | 0,0                             | 1,9                      | 4,8                              | 4,7                           | 15,1                     | 6,6                               |
| Geringe Kugeligkeit (low sphericity) | 0,9                             | 16,0                     | 29,2                             | 10,4                          | 8,5                      | 1,9                               |
| <b>Gesamt</b>                        | 0,9                             | 17,9                     | 34,0                             | 15,1                          | 23,6                     | 8,5                               |

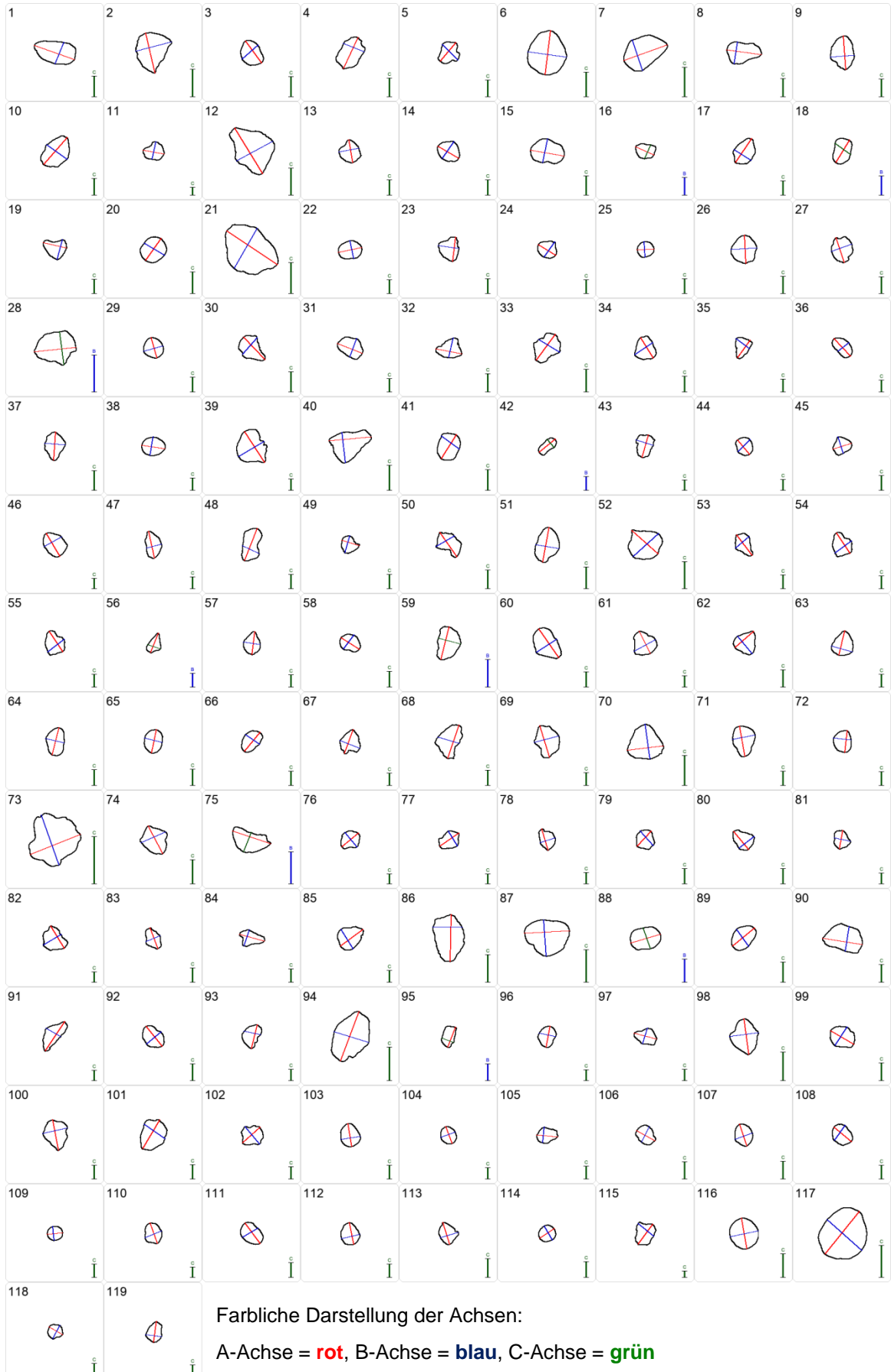


Probe B 86/17, GP 13 (L 633-10-18): Zuordnung von Sedimentkörnern der Probe in Kornformen anhand morphometrischer Messungen entlang dreier Achsen (Mittelwert (rot):  $B/A = 0,79$  (Standard-Abweichung:  $0,10$ ),  $C/B = 0,76$  (Standard-Abweichung:  $0,14$ )). Ausgewertet wurde eine Unterprobe. Die Kerndichtenschätzung wurde mit den folgenden Parametern durchgeführt: Radius = 0,1, Pixelbreite = 0,0001, Pixelhöhe = 0,0001.



# Probe B 86/17, GP 13, Fraktion 630 – 2000 µm

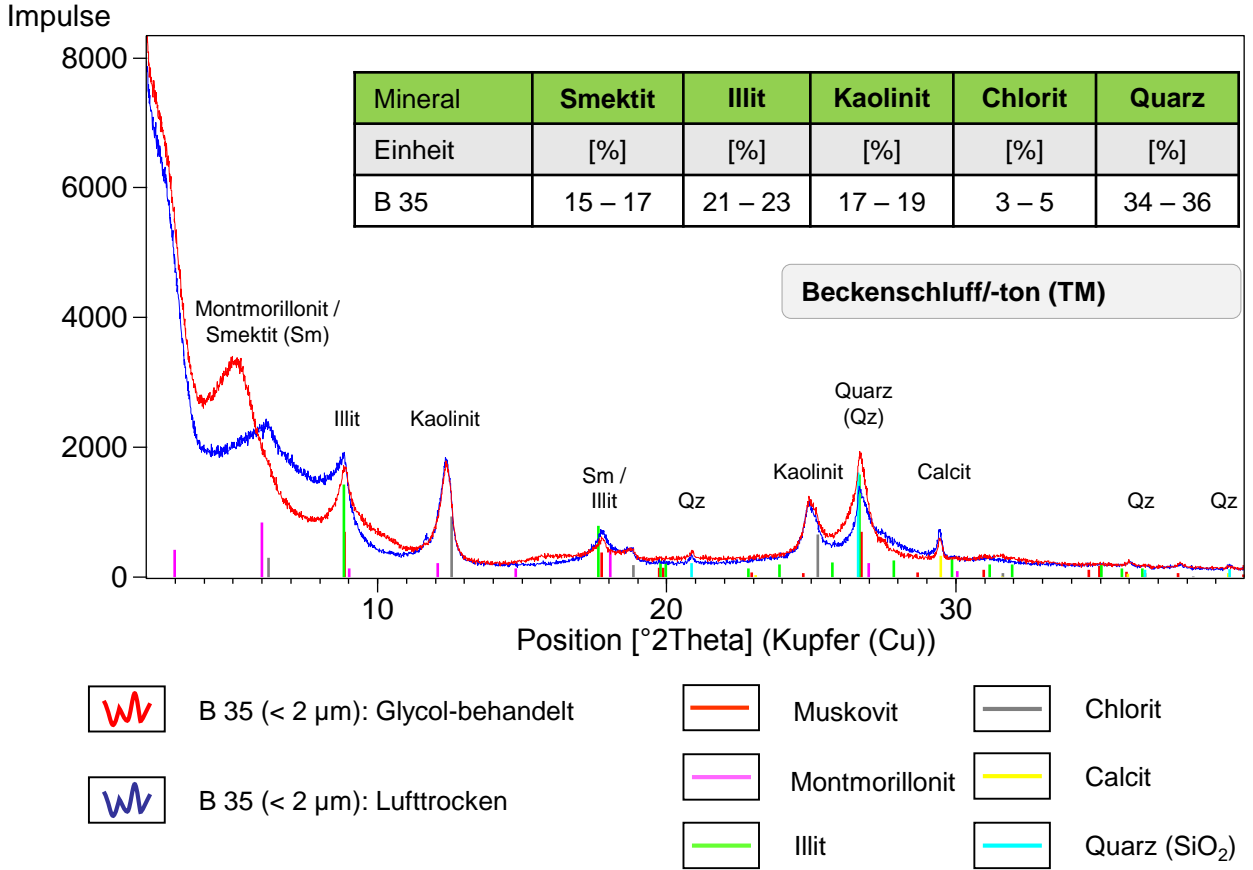
## Ausgezählte Partikel zur Bestimmung der Konform



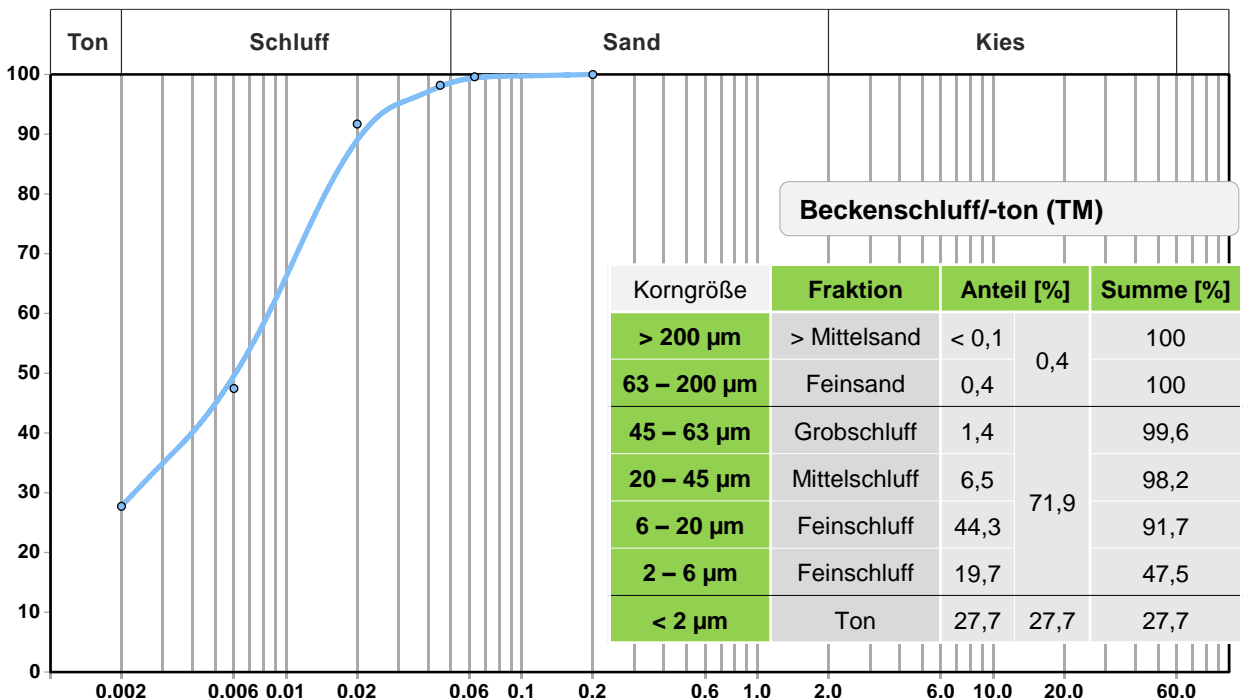
Farbliche Darstellung der Achsen:

A-Achse = **rot**, B-Achse = **blau**, C-Achse = **grün**

**Röntgendiffraktometrische Untersuchungen von Probe B 35 / 17, UP 1**

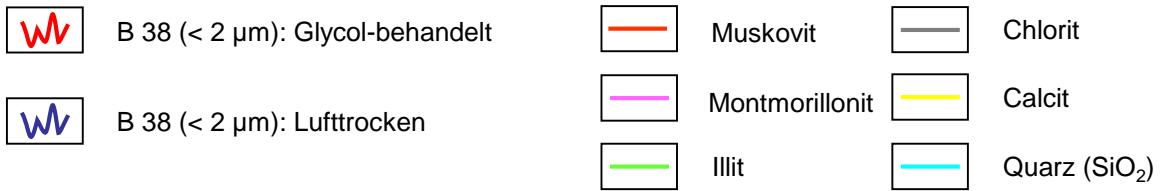
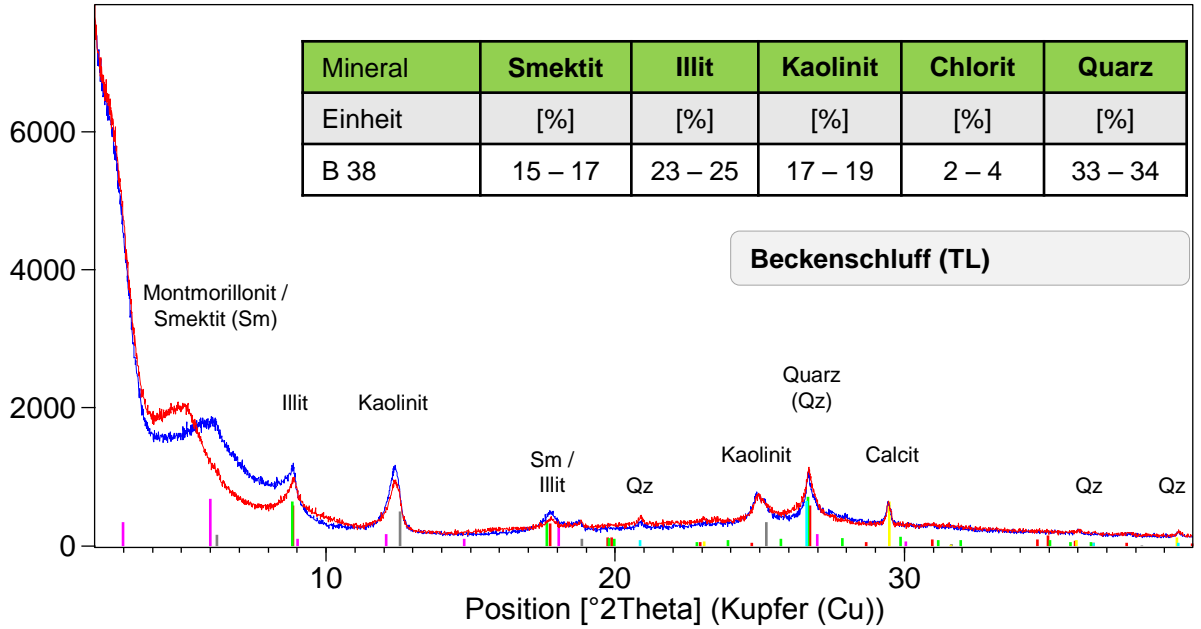


**Korngrößenverteilung von Probe B 35 / 17, UP 1**

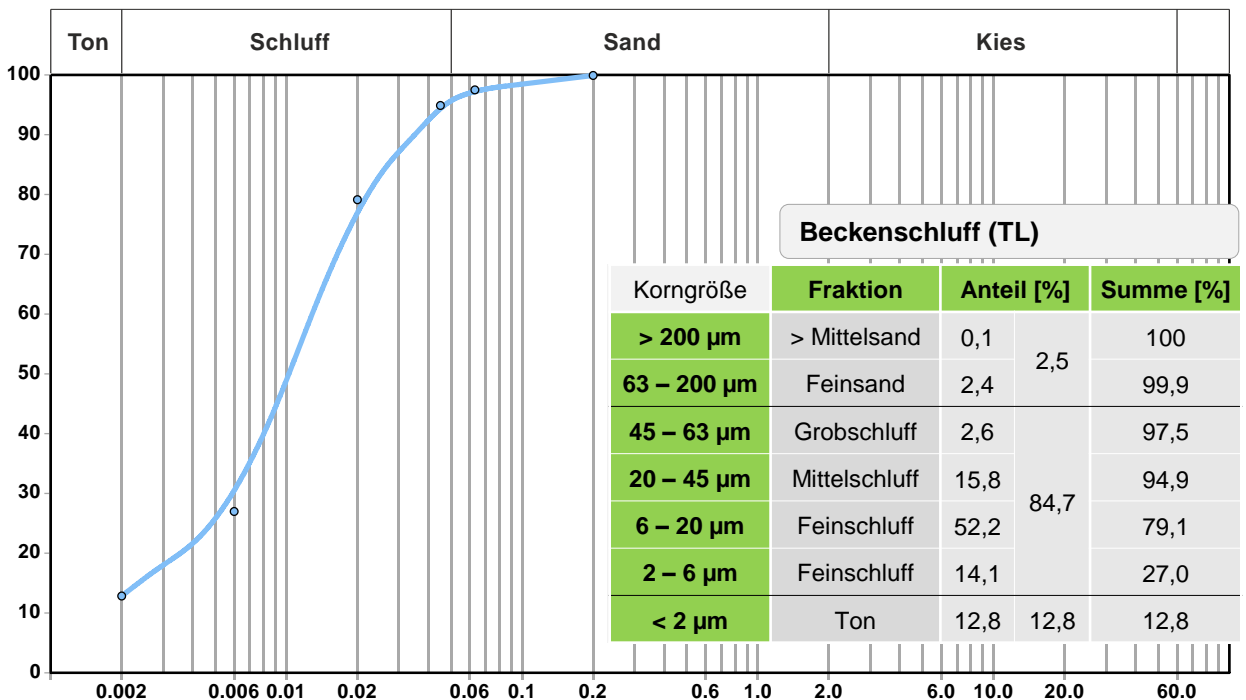


**Röntgendiffraktometrische Untersuchungen von Probe B 38 / 17, UP 1**

Impulse

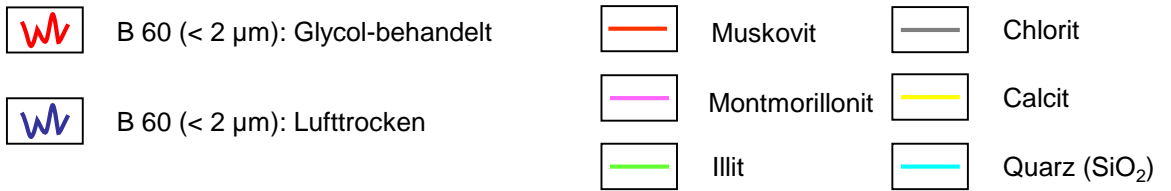
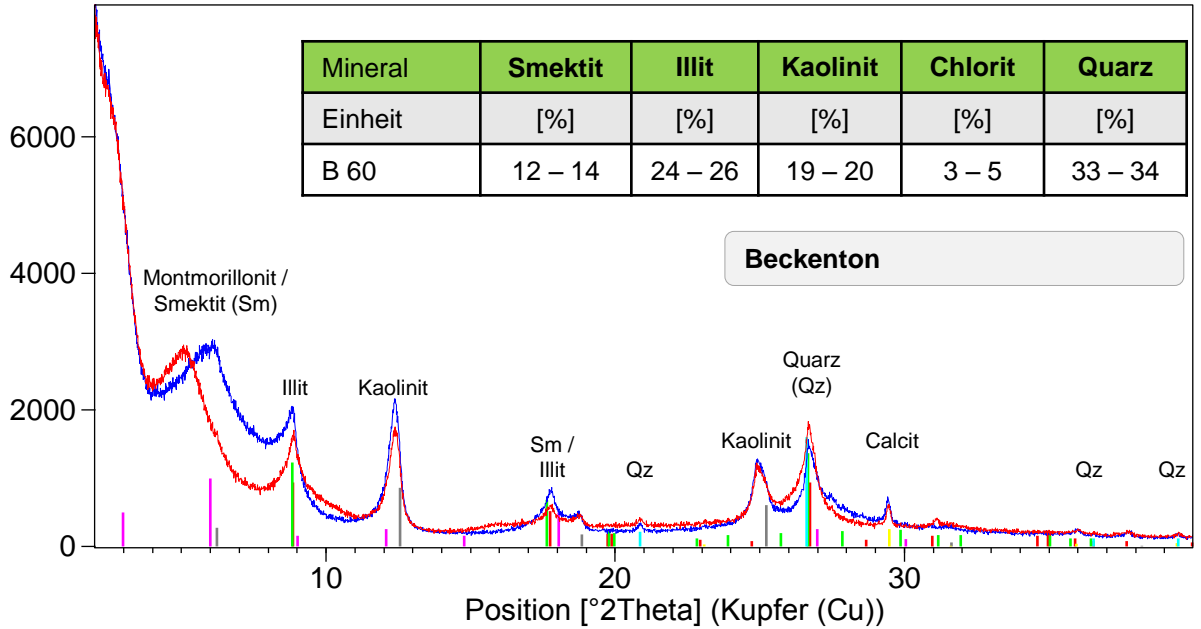


**Korngrößenverteilung von Probe B 38 / 17, UP 1**

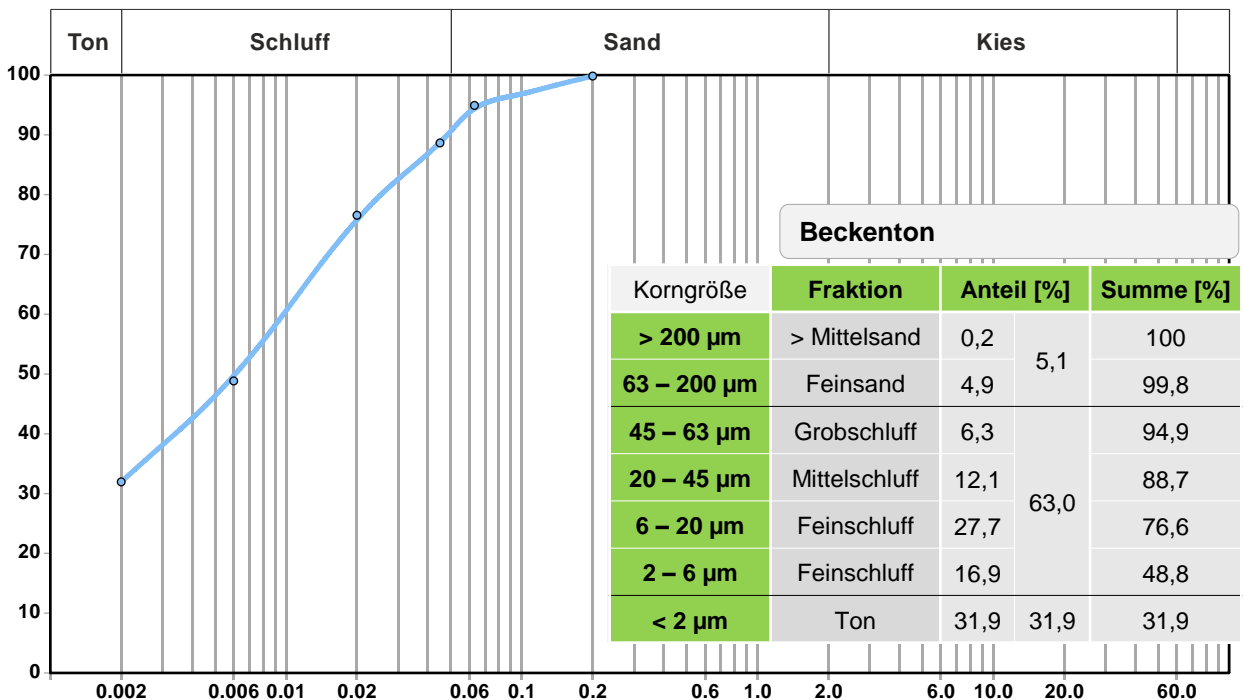


**Röntgendiffraktometrische Untersuchungen von Probe B 60 / 17, UP 4**

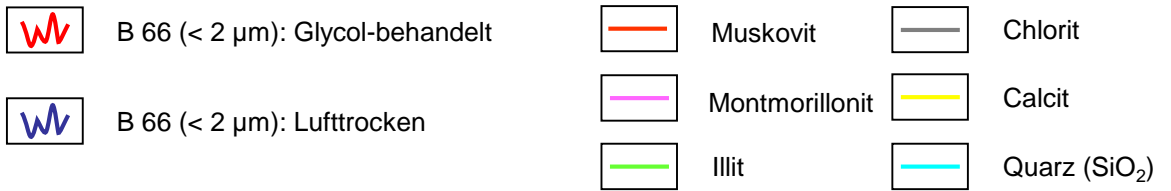
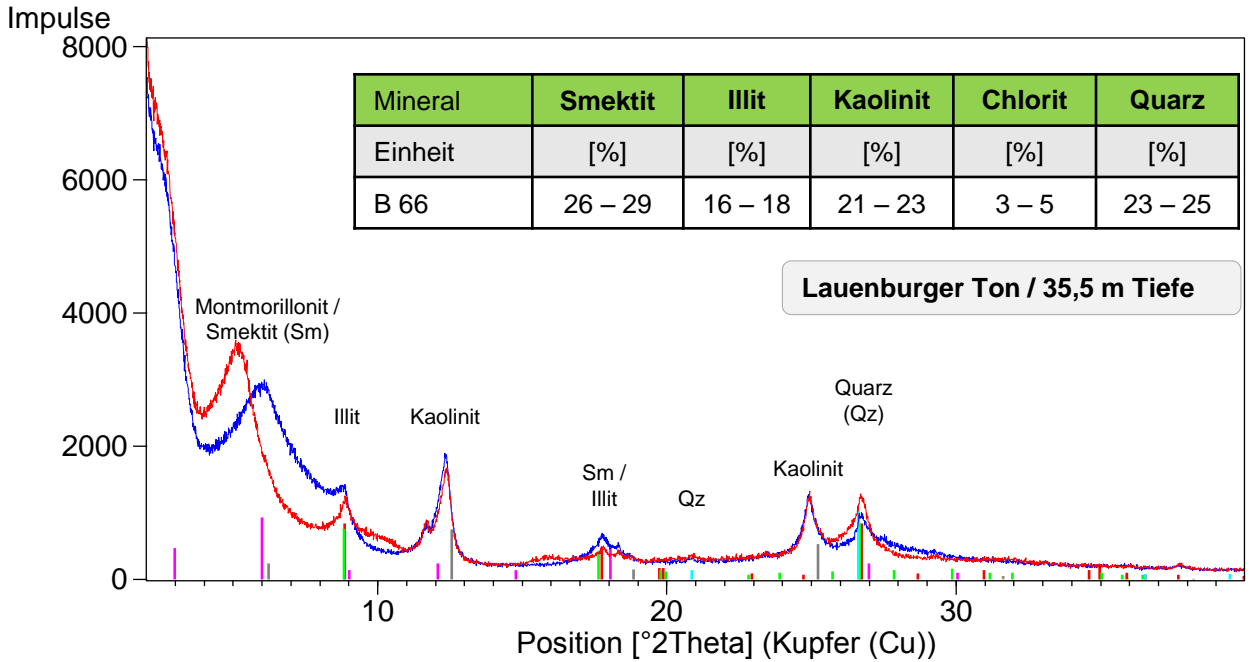
Impulse



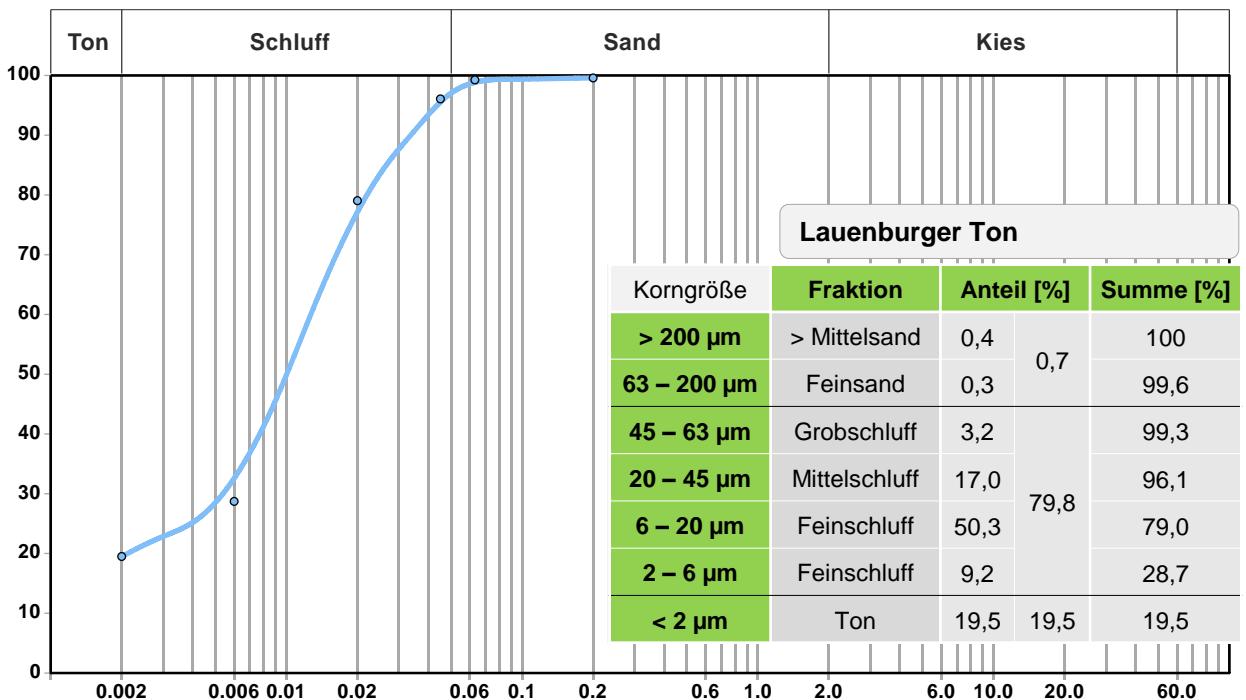
**Korngrößenverteilung von Probe B 60 / 17, UP 4**



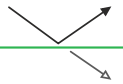
**Röntgendiffraktometrische Untersuchungen von Probe B 66 / 17, UP 3**



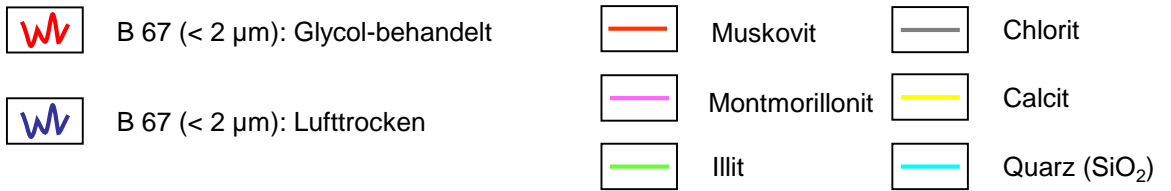
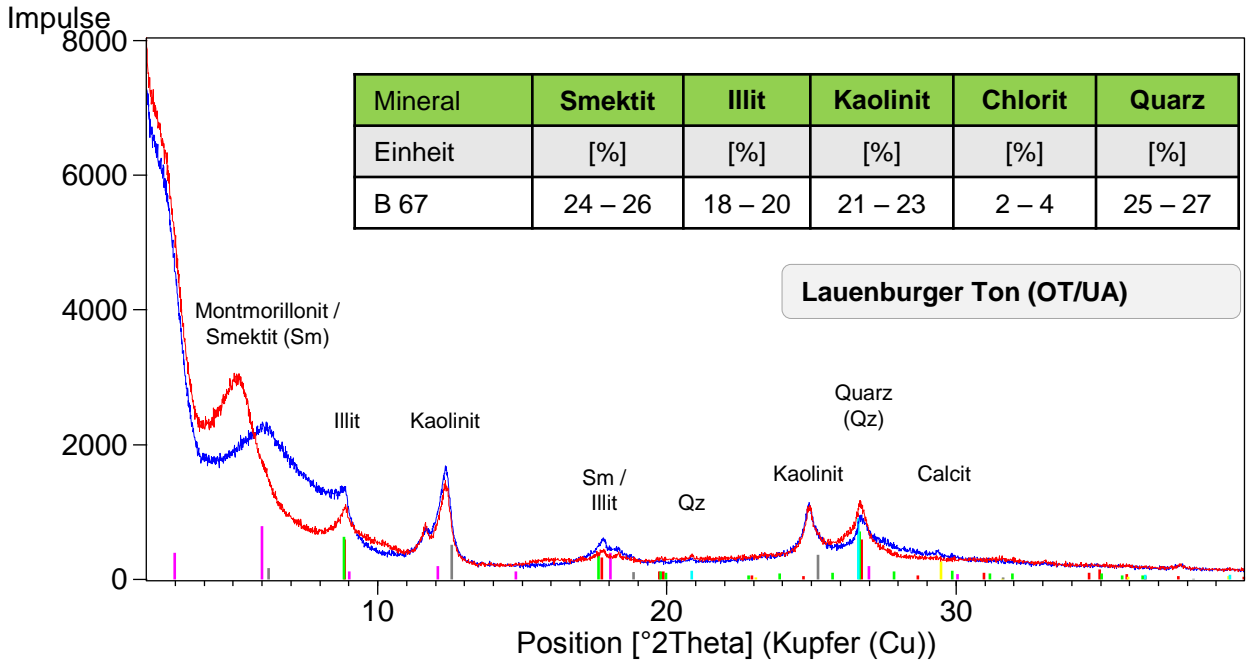
**Korngrößenverteilung von Probe B 66 / 17, UP 3**



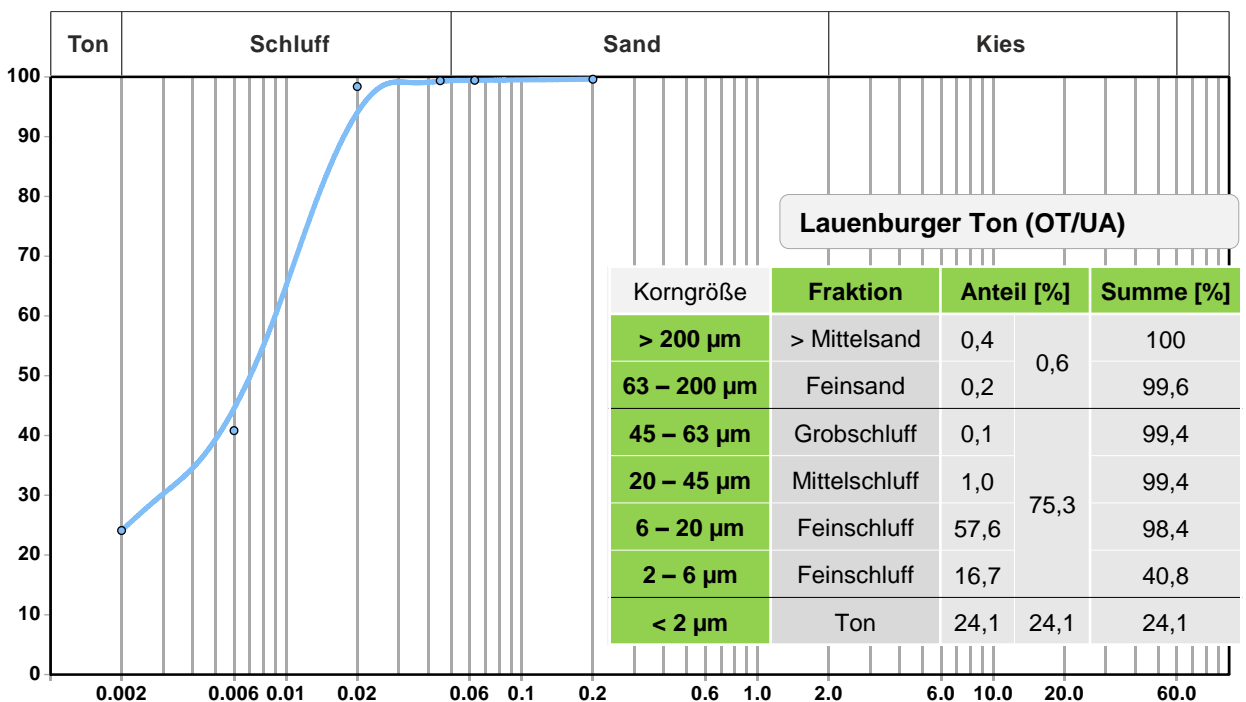




**Röntgendiffraktometrische Untersuchungen von Probe B 67 / 17, UP 4**

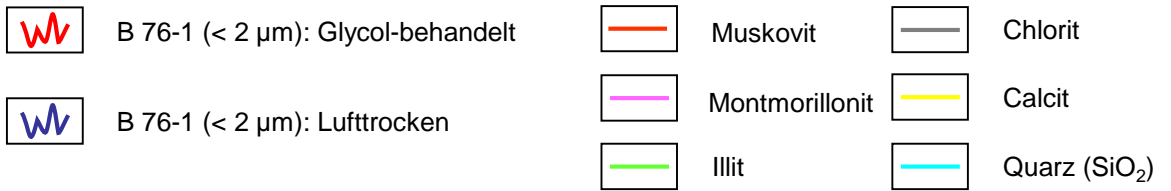
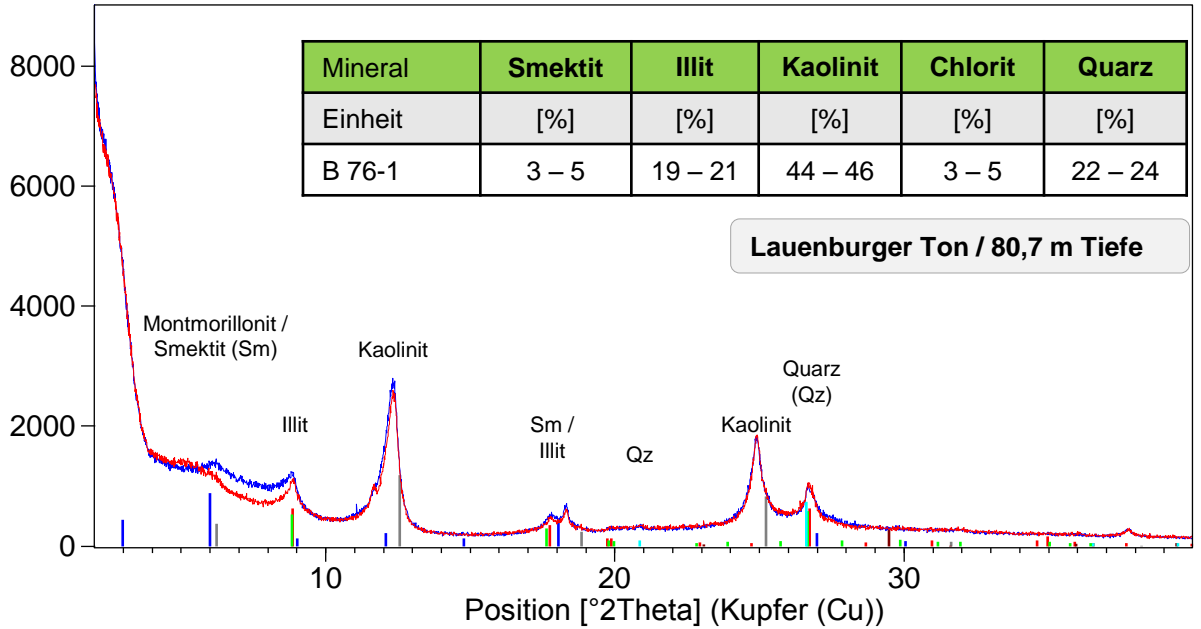


**Korngrößenverteilung von Probe B 67 / 17, UP 4**

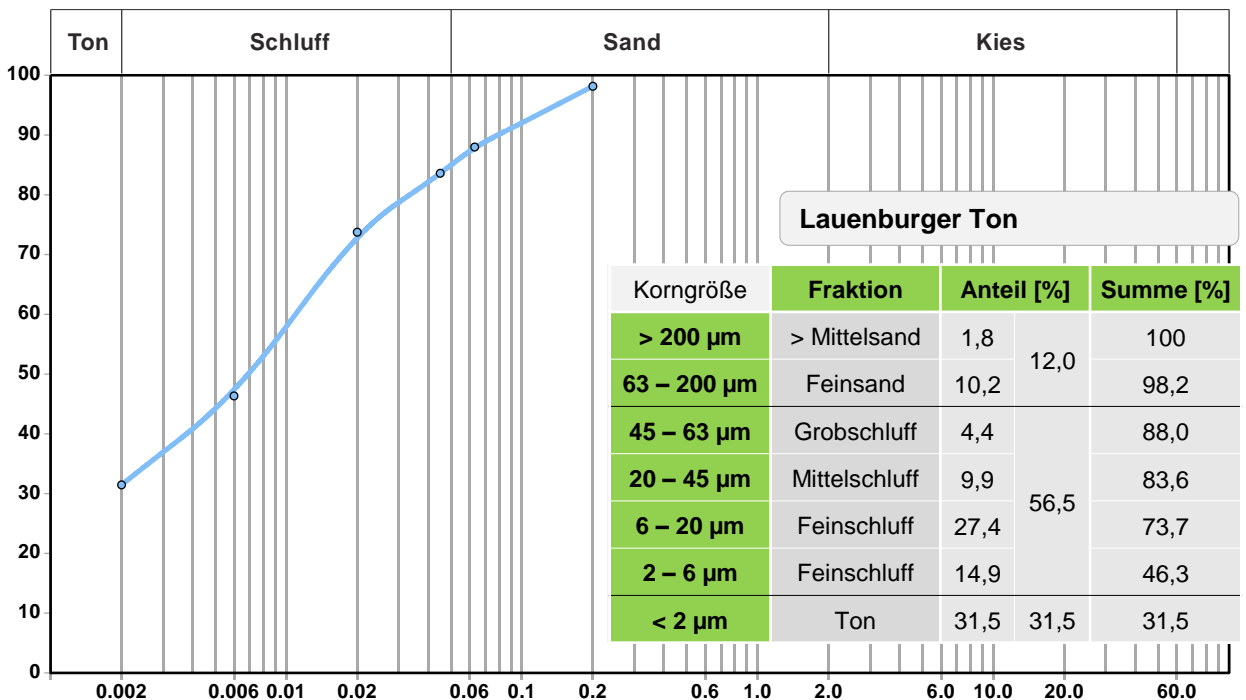


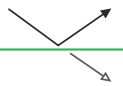
**Röntgendiffraktometrische Untersuchungen von Probe B 76-1 / 17, UP 5**

Impulse



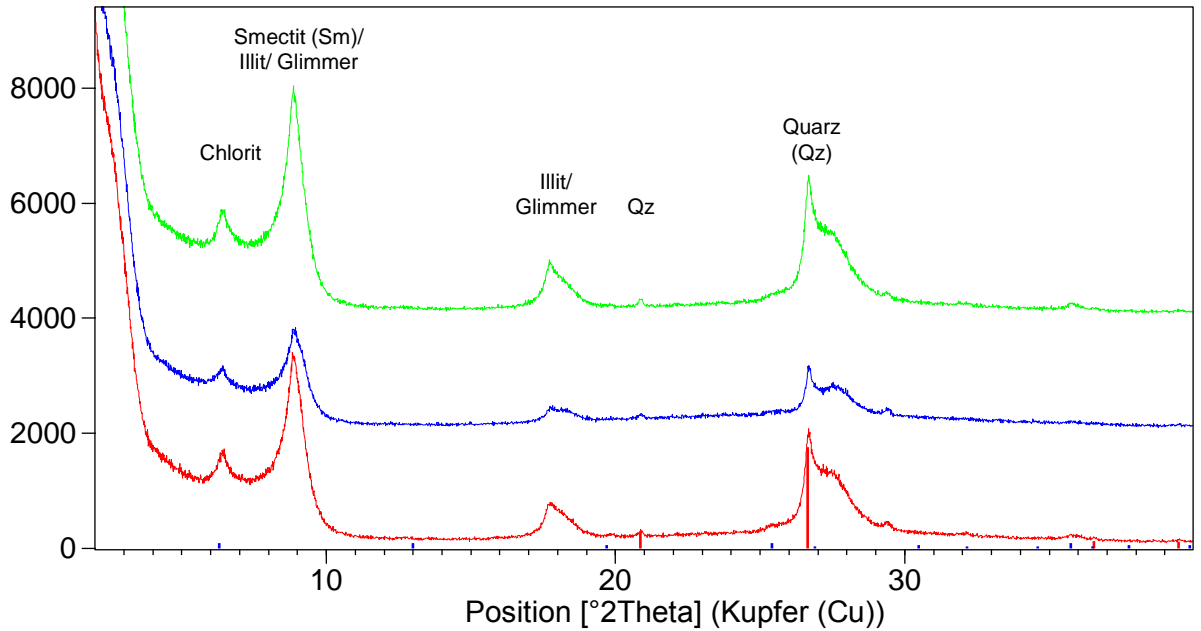
**Korngrößenverteilung von Probe B 76-1 / 17, UP 5**





**Röntgendiffraktometrische Untersuchungen von 520° C behandelten Proben**

Impulse



B 35 (< 2 µm): 520° C behandelt



Quarz



Chlorit

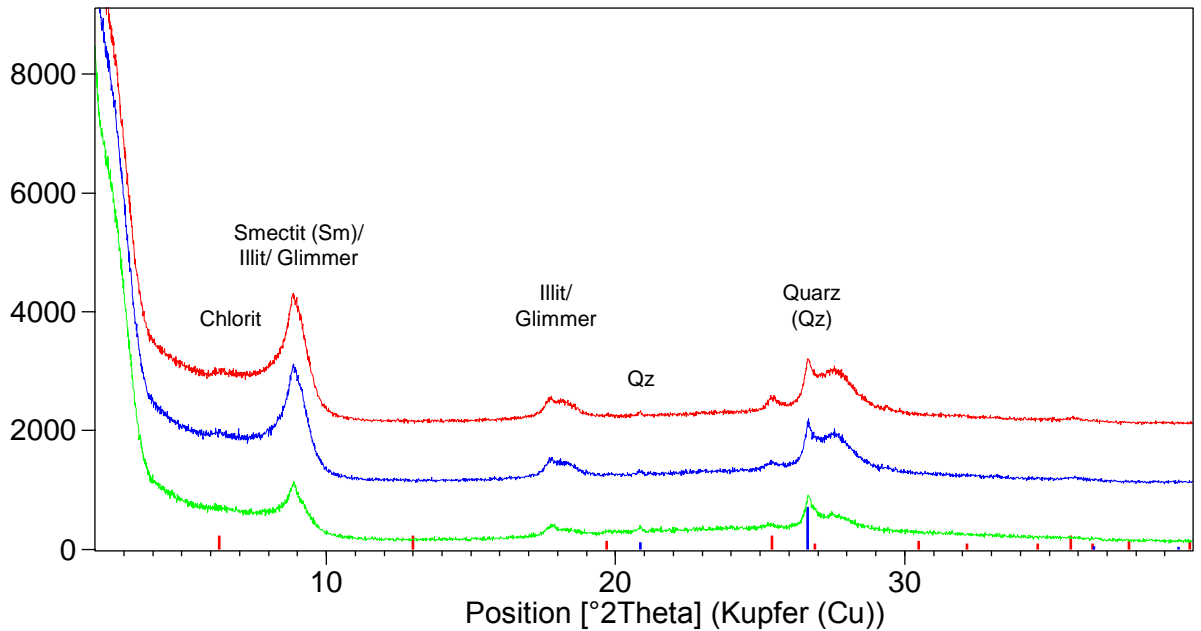


B 38 (< 2 µm): 520° C behandelt



B 60 (< 2 µm): 520° C behandelt

Impulse



B 66 (< 2 µm): 520° C behandelt



Quarz



Chlorit



B 67 (< 2 µm): 520° C behandelt



B 76 (< 2 µm): 520° C behandelt