

**Analyse und Interpretation
ereignisbezogener Schwebstoff-
Frachten ausgewählter
Quellwässer**

Franz Ottner

Jahresbericht 1997

Analyse und Interpretation ereignisbezogener Schwebstoff- Frachten ausgewählter Quellwässer

Endbericht 1997
(Projekt Nr. 1603 – 3.2/ 97)

Franz Ottner

Institut für Angewandte Geologie
Universität für Bodenkultur Wien
Peter Jordan Strasse 70
A-1190 Wien

Wien, im August 1998

Kurzfassung

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden von einer Reihe von Quellen und Flüssen des Nationalparks Kalkalpen die mineralogische und tonmineralogische Zusammensetzung, sowie die Menge und Korngrößenverteilung der Schwebstoffe gemessen. Trotz der wenigen zur Verfügung gestandenen Proben und der zum Teil sehr geringe Probenmengen, konnte aber eine grosse Vielfalt in der qualitativen und quantitativen mineralogischen Zusammensetzung der Schwebstoffproben gefunden werden.

Wie für das Einzugsgebiet zu erwarten ist, kommen in beinahe allen Gewässern des Nationalparkes die beiden Karbonatminerale Kalzit und Dolomit in unterschiedlichen Mengen vor. Quarz ist als Durchläufer in allen Proben zu finden. Schichtsilikate, zu denen auch die Tonminerale gehören, treten in wechselnden Quantitäten in beinahe allen Schwebstoffen auf.

So weisen z.B. die Schwebstoffe der Maulauflochquelle sehr hohe Schichtsilikatanteile auf – was eventuell auf hohen erosiven Eintrag aus Böden hinweisen könnte. In einer Probe der Grossweissenbachquelle dagegen konnten neben dem dominierenden Dolomit überhaupt keine Schichtsilikate nachgewiesen werden.

In den Grossproben von HRQ und STEY finden sich die Tonminerale Smektit und Vermikulit, die auch auf stärkeren Einfluss von Bodenerosion und Ausschwemmung von Höhlenlehmen aus der Rettenbachhöhle hinweisen.

Die mineralogische Zusammensetzung der Höhlenlehme ist relativ einheitlich, mit Ausnahme des Kalzit / Dolomit Verhältnisses: Während die Proben bei der Angstlacke eine sehr ausgeprägte Dolomitdominanz zeigen, ist in den Tönen des Höhlenvorderteiles eine eindeutige Kalzitvormacht festzustellen. Die Tonminerale zeigen zwar in der quantitativen Verteilung geringe Unterschiede, können aber qualitativ als eher einheitlich bezeichnet werden. Auffällig ist der sehr hohe Anteil an Vermikulit, der höchstwahrscheinlich durch pedogenetische Prozesse entstand und in die Karsthohlräume umgelagert wurde. Als Ausgangssubstrat für die Höhlenlehme kommen die Wettersteinkalke nur zu einem geringen Teil in Frage, weil im Kalk nur 0.07% unlöslicher Rückstand vorhanden ist, und überwiegend aus Illit besteht. Die Schwebstoffe der HRQ zeigen tonmineralogisch eindeutig eine „Höhlenlehmzusammensetzung“ lassen aber auch noch andere Beeinflussungen erkennen (v. allem in den Fischteichen).

Die Menge an Schichtsilikaten wurde zur Abschätzung von stärker erosionsbeeinflussten Quellen herangezogen und stark, bzw. geringer beeinflusste Quellen unterschieden.

Für eine umfassende Kenntniss der Sedimentations- und Erosionsvorgänge im Nationalpark Kalkalpen, wäre eine grössere Anzahl von Schwebstoffuntersuchungen, sowie begleitende Analysen von weiteren Hohlraum- und auch Fluss-Sedimenten von grosser Bedeutung.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|---|
| Kurzfassung | 2 |
| Inhaltsverzeichnis | 3 |
| 1.0 Einleitung und Fragestellung | 3 |
| 2.0 Probenmaterial | 3 |
| 3.0 Methoden..... | 3 |
| 3.1 Feststoffgewinnung | 3 |
| 3.2 Unlöslicher Rückstand von Kalkproben..... | 3 |
| 3.3 Gesamtmineralbestand | 3 |
| 3.4 Tonmineralbestand < 2 μ m | 3 |
| 3.5 Korngrößenverteilung | 3 |
| 4.0 Ergebnisse | 3 |
| 4.1 Schwebstoff-Grossproben von 1997 | 3 |
| 4.1.1 Gesamtmineralanalysen | 3 |
| 4.1.2 Tonmineralanalysen..... | 3 |
| 4.1.3 Korngrössenanalysen | 3 |
| 4.2 Schwebstoff-Rückstellproben 1996 | 3 |
| 4.2.1 Gesamtmineralanalysen | 3 |
| 4.3 Höhlenlehm- und Kalkproben der Rettenbachhöhle..... | 3 |
| 4.3.1 Gesamtmineralanalysen | 3 |
| 4.3.2 Tonmineralanalysen der Fraktion < 2 μ m | 3 |
| 4.3.3 Korngrössenanalysen | 3 |
| 4.4 Filterproben..... | 3 |
| 4.5 Coultercounteranalysen | 3 |
| 4.5.1 HRQ | 3 |
| 4.5.2 STEY | 3 |
| 4.5.3 REHWEI | 3 |
| 4.6 Gesteins und Bodenproben von 1995 und 1996 | 3 |
| 5.0 Interpretation – Diskussion..... | 3 |
| 6.0 Literatur | 3 |

Verzeichnis der Abbildungen

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Summenkurven einiger Höhlenlehme der Rettenbachhöhle | 24 |
| Abbildung 2: Gegenüberstellung von Diffraktogrammen derselben Probe auf Glasfilter bzw. herkömmlich präpariert | 25 |
| Abbildung 3: Hintere Rettenbachquelle, Vergleich der Mediane der Korngrößenverteilung mit den Pegelständen | 27 |
| Abbildung 4: Steyrnquelle, Vergleich der Mediane der Korngrößenverteilung mit den Pegelständen | 27 |

Verzeichnis der Tabellen

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Schwebstoffproben (Grossproben) 1997 | 6 |
| Tabelle 2: Schwebstoffe aus Rückstellproben verschiedener Kampagnen 1996 | 7 |
| Tabelle 3: Kalk und Tonproben aus der Rettenbachhöhle | 8 |
| Tabelle 4: Mineralogische Zusammensetzung der Schwebstoffproben (Grossproben) | 11 |
| Tabelle 5: Tonmineralogische Zusammensetzung der Schwebstoffproben (Grossproben) ... | 13 |
| Tabelle 6: Korngrößenverteilung der Schwebstoffproben (Grossproben) | 14 |
| Tabelle 7: Mineralogische Zusammensetzung der Schwebstoffe aus Rückstellproben | 16 |
| Tabelle 8: Mineralogische Zusammensetzung der Kalk- und Tonproben aus der Rettenbachhöhle | 21 |
| Tabelle 9: Tonmineralogische Zusammensetzung der dekarbonatisierten 2 μ m Fraktion der Höhlenlehme aus der Rettenbachhöhle | 22 |
| Tabelle 10: Korngrößenverteilung der Höhlenlehme aus der Rettenbachhöhle | 23 |

Verzeichnis der Beilagen

| |
|---|
| Beilagen 1-5: Diffraktogramme von Schwebstoffproben |
| Beilagen 6-9: Korngrößenverteilung von Schwebstoffproben |
| Beilagen 10-12: Diffraktogramme von Höhlenleimen |
| Beilagen 13-18: Korngrößenverteilung von Höhlensedimenten |
| Beilagen 19-25: Coultercounteranalysen HRQ |
| Beilagen 26-32: Coultercounteranalysen WEIS |
| Beilagen 33-36: Coultercounteranalysen REHWEI |

1.0 Einleitung und Fragestellung

Untersuchungen über die Zusammensetzung von Schwebstoffen werden wegen ihrer grossen Relevanz für viele Fragestellungen seit Jahrzehnten durchgeführt (MÜLLER et al. 1993, BÄHR et al. 1996).

Die mineralogische Zusammensetzung der Schwebstoffe steht in einem engen Zusammenhang mit der Korngrössenverteilung: Während Nichttonminerale wie Quarz, Kalzit, Dolomit etc. in erster Linie in den gröberen Fraktionen auftreten, machen Tonminerale wie Smektit, Illit, Kaolinit etc. den überwiegenden Anteil der Tonfraktion $< 2\mu\text{m}$ aus (CHAMLEY 1989). Die mineralogische Zusammensetzung der Schwebstoffe spiegelt meist die geologisch-morphologische Situation des Einzugsgebietes des Flusses wider. Insbesondere kann auf Erosions- und Umlagerungsvorgänge natürlicher oder anthropogener Natur geschlossen werden (CHAMLEY 1989, WEAVER 1989). Langzeitbeobachtungen sind dazu allerdings erforderlich, um den Jahresgang bei unterschiedlicher Wasserführung erfassen zu können.

In den vergangenen Jahren wurden auch die Schwebstoffe der Flüsse und Quellen des Nationalparks Kalkalpen untersucht, man beschränkte sich aber auf granulometrische Parameter und die mengenmässige Bestimmung des Feststoffanteils (TOCKNER 1996). Als Fortsetzung und Erweiterung dieser Studien sollen gemäss Auftrag der Nationalpark Kalkalpen GmbH. an das Institut für Angewandte Geologie eine Reihe von Proben auf ihre qualitative und quantitative mineralogische Zusammensetzung untersucht werden. Da für derartige Untersuchungen grössere Mengen an Feststoffen vorhanden sein müssen, wurde auf eine bewährte Methode zur Gewinnung von Schwebstoffen zurückgegriffen. Es wurden 100l Suspension dem Gewässer entnommen und einige Wochen zwecks Sedimentation stehen gelassen. Durch Abhebern der klaren überstehenden Flüssigkeit wurde das Probenvolumen von 100l auf zunächst 5l reduziert und später im Labor weiterbearbeitet.

Leider standen aber nur wenige dieser Grossproben zur Verfügung, sodass auf Restproben (mit teils sehr geringem Feststoffanteil) des Jahres 1996 zurückgegriffen werden musste.

Neben den Schwebstoffen stand auch eine Serie von Höhlenlehm- und Kalkproben aus der Rettenbachhöhle zur Verfügung, um Umlagerungs- und Ausspülvorgänge kontrollieren und interpretieren zu können.

Weiters wurde untersucht, ob die laufend anfallenden Glasfilter mit Sedimentauflage für mineralogische Untersuchungen brauchbar sind.

Von den Quellen HRQ, STEY und WEISS wurden vom Institut für Zoologie der Universität Wien Daten von Korngrössenanalysen -mittels Coultercounter gemessen - zur Interpretation zur Verfügung gestellt.

Ergebnisse von mineralogischen Untersuchungen an Gesteins- und Bodenproben aus dem Bereich des Nationalparks Kalkalpen wurden zur Interpretation und als Vergleich herangezogen (KATZENSTEINER et al. 1996).

2.0 Probenmaterial

Im Rahmen des Teilprojektes 1603 – 3.2 / 97 wurden sechs Gruppen von Proben bearbeitet und interpretiert:

- 1.) Schwebstoffproben (Grossproben), die im Rahmen der Ereigniskampagnen 1997 vom Beprobungsteam eingesammelt, und von meist 100l auf 5l aufkonzentriert wurden (Tabelle 1).
- 2.) Schwebstoffproben – Rückstell-bzw. Restproben von verschiedenen Kampagnen 1996 – meistens etwas weniger als 5l (Tabelle 2).
- 3.) Höhlenlehm- und Kalkproben, die bei einer Befahrung der Rettenbachhöhle am 16. November 1996 gewonnen wurden (Tabelle 3).
- 4.) Filterproben – Glasfaser-Filter mit aufgesaugten Schwebstoffen diverser Kampagnen 1996.
- 5.) Daten von Coultercounteranalysen 1997
- 6.) Gesteins- und Bodenproben die im Rahmen des Projektes 1603-3.2 gewonnen und teilweise veröffentlicht wurden (KATZENSTEINER et. al. 1996).

Tabelle 1: Schwebstoffproben (Grossproben) 1997

| Bezeichnung und Entnahmedatum der Proben | Lab.Nr. | Suspensions-Menge[l] | Feststoff-Menge [mg] | Schwebstoff-Fracht [mg/l] |
|--|---------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| WEIS, 14.4.1997 | 2873 | 100 | 1,8 | 0,02 |
| WEIS, 6.7. 1997 9.00 | 2972 | 100 | 97,6 | 0,98 |
| | | | | |
| HRQ, 14.4 1997 | 2874 | 100 | 6,8 | 0,07 |
| HRQ, Dückensee 29. 5. 1997 | 2876 | 0,2 | 102,7 | (536,00) |
| HRQ, Fischteiche, 6.-8.7. 1997 | 2877 | 0,2 | 840,2 | (4201,00) |
| HRQ, 6.7. 1997 9.00 | 2971 | 100 | 431,6 | 4,32 |
| | | | | |
| STEY, 22.5. 1997 | 2875 | 100 | 104,6 | 1,05 |
| STEY, 6.7. 1997 12.00 | 2973 | 100 | 1649,3 | 16,49 |
| STEY, 7.7. 1997 09.00 | 2974 | 100 | 306,8 | 3,07 |

Tabelle 2: Schwebstoffe aus Rückstellproben verschiedener Kampagnen 1996

| Bezeichnung | Lab.Nr. | Suspensions-Menge[l] | Feststoff-Menge [mg] | Schwebstoff-Fracht [mg/l] |
|--------------------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| STEY (1) 11.Juli 1996 | 2878 | 1,9 | 10,4 | 5,47 |
| STEY (2) 23.Aug. 1996 9.00 | 2879 | 0,6 | 18,3 | 30,50 |
| STEY (3) 28.Aug. 1996 9.00 | 2880 | 4,2 | 5,9 | 1,40 |
| STEY (4) 28.Aug. 1996 15.00 | 2575 | 5,0 | 36,0 | 7,20 |
| STEY (5) 28.Aug. 1996 18.00 | 2576 | 5,0 | 126,0 | 25,20 |
| STEY (6) 29.Aug. 1997(?) 0.00 | 2881 | 1,6 | 20,8 | 13,00 |
| STEY (7) 29.Aug. 1996 3.00 | 2882 | 4,15 | 17,7 | 4,27 |
| STEY (8) 29.Aug. 1996 6.00 | 2883 | 2,45 | 19,4 | 7,92 |
| STEY (9) 29.Aug. 1996 12.00 | 2884 | 5,15 | 20,8 | 4,04 |
| STEY (10) 29.Aug. 1996 15.00 | 2885 | 5,4 | 22,0 | 4,07 |
| STEY (11) 29.Aug. 1996 18.00 | 2886 | 5,1 | 10,8 | 2,12 |
| STEY (12) 30.Aug. 1997(?) 0.00 | 2887 | 2,26 | 11,4 | 5,04 |
| STEY (13) 30.Aug. 1996 12.00 | 2888 | 0,75 | 12,3 | 16,40 |
| HRQ 26.Okt. 1996 | 2571 | 5,0 | 12,0 | 2,40 |
| WEIS 23.Okt. 1996 | 2572 | 5,0 | 73,0 | 14,60 |
| JÖA (1) 10.Aug. 1994 | 2478 | 5,0 | 45,0 | 9,00 |
| JÖA (2) 12.Juli 1996 | 2895. | 3,31 | 13,5 | 4,08 |
| JÖA (3) 23.Okt. 1996 | 2574 | 5,0 | 28,0 | 5,60 |
| MAUL (1) 11.Juli 1996 | 2898. | 5,25 | 36,2 | 6,90 |
| MAUL (2) 22.Okt. 1996 | 2573 | 5,0 | 60,0 | 12,00 |
| KQM 4/ 96 ROSE | 2899. | 4,3 | 12,0 | 2,79 |
| ROSE 10.7.1996 | 2900. | 2,6 | 24,3 | 9,35 |
| KQM 4/ 96 BLOEQ | 2889. | 2,44 | 26,4 | 10,82 |
| KQM 4/ 96 DAMU | 2890. | 5,0 | 3,3 | 0,66 |
| KQM 4/ 96 EFF | 2891. | 2,96 | 6,2 | 2,09 |
| KQM 4/ 96 FEIA | 2892. | 2,38 | 34,1 | 14,33 |
| KQM 4/ 96 GEIER | 2893. | 2,95 | 8,4 | 2,85 |
| KQM 4/ 96 HAS3 | 2894. | 4,35 | 13,0 | 2,99 |
| KQM 4/ 96 JÖQ | 2896. | 2,4 | 3,5 | 1,46 |
| KQM 4/ 96 REUT | 2897. | 4,1 | 12,4 | 3,02 |
| KQM 4/ 96 RAMS | 2901. | 5,6 | 18,9 | 3,37 |
| KQM 4/ 96 VRQ | 2902. | 2,5 | 1,6 | 0,64 |

Tabelle 3: Kalk und Tonproben aus der Rettenbachhöhle und daran durchgeführte Analysen

| Bezeichnung der Probe | Labor Nr. | Probenart | GMA | TMA | KGA |
|----------------------------------|---------------|--------------|-----|-----|-----|
| Profil bei Angstlacke 0-0,5cm | 2547 | Höhlenlehm | * | * | * |
| Profil bei Angstlacke Tonklasten | 2548 | Höhlenlehm | * | * | * |
| Profil bei Angstlacke 0,5-15cm | 2549 | Höhlenlehm | * | * | * |
| Profil bei Angstlacke 15-25cm | 2550 | Höhlenlehm | * | * | * |
| Profil bei Angstlacke Grobsed. | 2551 | Höhlenlehm | * | * | * |
| Profil bei Angstlacke von Wand | 2552 | Höhlenlehm | * | * | |
| Wettersteinkalk Dückenröhre | 2553 | Kalk | * | | |
| Wettersteinkalk Dückenröhre UR | 2553UR | Unl. Rückst. | * | * | * |
| Kalk + Kruste Dückenröhre | 2554 | Kalk | * | | |
| Wandbelag Dückenröhre | 2555 | Höhlenlehm | * | * | |
| Kruste Lange Kluft | 2556 | Kalk | * | | |
| Bergmilchsediment Lange Kluft | 2557 | Höhlenlehm | * | * | * |
| Höhlenlehm Lange Kluft | 2558 | Höhlenlehm | * | * | |
| Höhlenlehm Regenhalle | 2559 | Höhlenlehm | * | * | |

GMA = Gesamtmineralanalyse

TMA = Tonmineralanalyse

KGA = Korngrößenanalyse

3.0 Methoden

3.1 Feststoffgewinnung

Die Suspensionen wurden meist in 5 Liter Kunststoffbehältern angeliefert. Die Menge wurde ausgelitert (**Suspensionsmenge in Liter**), der klare Überstand dekantiert und der vorkonzentrierte Schwebstoff am Wasserbad weiter eingedickt. Nach Erreichen von etwa 250 ml wurde die Suspension gefriergetrocknet (sehr schonende Art von Feststoffgewinnung), gewogen (**Feststoffmenge in mg**), und die **Schwebstoff-Fracht [mg/l]** berechnet. Nach vorsichtiger Homogenisierung wurden die Proben weiterverarbeitet.

3.2 Unlöslicher Rückstand von Kalkproben

Für die Gewinnung des Unlöslichen Rückstandes wurden die Proben in einem Backenbrecher kleiner 2mm gebrochen (nicht gemahlen!) und mit Acetatpufferlösung (TRIBUTH 1986) dekarbonatisiert. Der verbliebene Rest wurde gewaschen gefriergetrocknet, gewogen und der Anteil des unlöslichen Rückstandes berechnet. Nach Homogenisierung wurden die Proben weiterbearbeitet.

3.3 Gesamtmineralbestand

Mittels Röntgendiffraktometer-Analyse können Mineralphasen qualitativ und semiquantitativ erfaßt werden.

Die trockenen und analysenfein in einer Achatreibschale vermahlenen Proben wurden bei Probenmengen von mehr als 100mg nach dem backloading Verfahren präpariert, bei Mengen zwischen 10 und 100 mg wurde sie auf eine Siliziumunterlage aufgebracht und in einem Philips Röntgendiffraktometer PW 1710 mit Bragg Brentano Geometrie mittels Cu K α Strahlung (45kV, 40mA) von 2° bis 70 ° 2 θ geröntgt. Aus diesen Aufnahmen wurde der qualitative Mineralbestand ermittelt.

Zur semiquantitativen Abschätzung der Mineralphasen in der Gesamtprobe wurden die Peakintensitäten der Minerale Kalzit, Dolomit, Quarz Feldspäte und Schichtsilikate herangezogen. Die Mengen wurden nach folgendem Schema mit Sternen bewertet:

| | |
|---------|-----|
| Viel: | *** |
| mittel: | ** |
| wenig: | * |
| Spuren: | (*) |

3.4 Tonmineralbestand < 2 μ m

Nach Dispergierung mit verdünntem Wasserstoffperoxid (15 %) und Ultraschallbehandlung erfolgte die Gewinnung der Tonfraktion durch Sedimentation (WHITTIG, 1965, TRIBUTH, 1989). Nach Gefriertrocknung wurden die Zwischenschichten der Tone mit 1N MgCl₂ bzw. KCl Lösung belegt. Zur Herstellung bevorzugt orientierter Präparate (Texturpräparate) wurden 15mg der Tonsuspension auf Keramikunterlagen aufgesaugt (KINTER & DIAMOND, 1956) und 7 Tage über gesättigter NH₄NO₃ Lösung im Exsiccator getrocknet. Nach der Röntgenaufnahme von 2°-40° 2 Θ wurden die Proben mit Glycerol, Ethylenglycol bzw. DMSO expandiert, geröntgt und abschließenden Kontraktionstests bei Temperaturen von 375°C und 550°C unterzogen. Die Identifizierung der Tonminerale erfolgte generell nach BRINDLEY & BROWN, 1980, THOREZ, 1975 und MOORE & REYNOLDS, 1989. Die semiquantitative Abschätzung der relativen Anteile einzelnen Tonmineralgruppen erfolgte durch Multiplikation der charakteristischen Peakflächen mit Korrekturfaktoren (RIEDMÜLLER, 1978 und OTTNER et al. 1996).

Die Tonproben der Rettensteinhöhle wurden vor der Tonmineralanalyse mit EDTA entkarbonatisiert (KÖHLER & WEVER 1980).

3.5 Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung wurde durch Kombination von Naßsiebung der Fraktion >40 μ m und automatischer Sedimentationsanalyse <40 μ m mittels SEDIGRAPH 5000 ET der Firma Micromeritics ermittelt.

1 g der getrockneten Probe wurden mit 15% H₂O₂ zwecks Oxidation organischer Bestandteile und einer guten Dispergierung behandelt. Nach ungefähr 24 Stunden Reaktionszeit wurde im Wasserbad der unverbrauchte Sauerstoff abgeraucht, anschließend mit Ultraschall behandelt und mit einem Siebsatz von 2 mm, 630 μ m, 200 μ m, 63 μ m und 40 μ m gesiebt. Die Grobfractionen wurden bei 105 Grad C getrocknet und in Massenprozent der Einwaage angegeben. Der Anteil <40 μ m wurde im Wasserbad eingedickt, mit 0,5 % Calgon und im Ultraschallbad dispergiert und im Sedigraph mittels Röntgenstrahl nach dem Stoke'schen Gesetz analysiert. Aus der Kornsummenkurve des Sedigraphs und den Siebdaten wurde die Korngrößenverteilung der Gesamtprobe ermittelt.

4.0 Ergebnisse

4.1 Schwebstoff-Grossproben von 1997

4.1.1 Gesamtmineralanalysen

Tabelle 4: Mineralogische Zusammensetzung der Schwebstoffproben (Grossproben)

| Einzugsgebiet 34: Reichramingbach | | | | | | | |
|---|---------|------------|--------|-------|-------|--------|------------------|
| Bezeichnung und Entnahmedatum der Proben | Lab.Nr. | Menge [mg] | Kalzit | Dolom | Quarz | Feldsp | Schicht Silikate |
| WEIS, 14.4.1997 | 2873 | 1,8 | NB | NB | NB | NB | NB |
| WEIS, 6.7. 1997 9.00 | 2972 | 97,6 | * | * | * | (*) | * |
| Einzugsgebiet 36: Dambach, Teichl | | | | | | | |
| HRQ, 14.4 1997 | 2874 | 6,8 | * | * | * | | (*) |
| HRQ, Dückensee 29. 5. 1997 | 2876 | 102,7 | * | *** | * | (*) | * |
| HRQ, Fischteiche 6.-8.7. 97 | 2877 | 840,2 | * | *** | * | (*) | * |
| HRQ, 6.7. 1997 9.00 | 2971 | 431,6 | * | *** | * | (*) | * |
| Einzugsgebiet 37: Krumme Steyrling | | | | | | | |
| STEY, 22.5. 1997 | 2875 | 104,6 | * | * | * | (*) | *** |
| STEY, 6.7. 1997 12.00 | 2973 | 1649,3 | * | ** | * | (*) | *** |
| STEY, 7.7. 1997 09.00 | 2974 | 306,8 | * | * | * | (*) | *** |

NB = nicht bestimmt

Mengenangaben: Viel: ***
mittel: **
wenig: *
Spuren: (*)

Die Charakterisierung der Quellen (Einzugsgebiet und Gestein bei Quellaustritt) erfolgt nach ANGERER et al. 1996.

Grossweissenbachquelle WEIS

Einzugsgebiet: 34, Reichramingbach

Gestein: Hierlatzkalk

1 (2) Probe(n) Juli 1997

In dieser Probe sind Kalzit, Dolomit, Quarz, Schichtsilikate und Spuren von Feldspat (Plagioklas) enthalten. Auffällig bei dieser Probe ist der deutlich erhöhte Untergrund

des Diffraktogramms (Hinweis auf amorphe Phase – Diatomeen?) siehe Beilage 1: Diffraktogramm der Probe 2972.

Hinterer Rettenbach HRQ, Dückensee, Fischteiche

Einzugsgebiet: 36, Dambach, Teichl

Gestein: Wettersteinkalk

4 Proben von April bis Juli 1997

Die mineralogische Zusammensetzung der Schwebstoffe ist sehr stark dolomitdominiert, gefolgt von geringeren Kalzitanteil und geringen Quarz- und Schichtsilikatmengen (Glimmer und Chlorit). Feldspäte konnten in Spuren nachgewiesen werden (Beilage 2: Diffraktogramm der Probe 2971).

Diese Quelle dürfte wesentlich stärker von dem angrenzenden Hauptdolomit (oder auch stärker dolomitisiertem Wettersteinkalk) beeinflusst sein als von dem direkt im Quellbereich anstehendem Wettersteinkalk.

Dolomitdominanz.

Steyernquelle-STEY

Einzugsgebiet: 37, Krumme Steyrling

Gestein: Opponitzer Kalk

3 Proben Mai bis Juli 1997

Geringe Mengen Kalzit und Dolomit sowie Quarz konnten in den Schwebstoffen der Steyernquelle nachgewiesen werden. Kalzit dominiert ausser in der Probe vom 6. Juli 97, wo Dolomit bei den Karbonatmineralen überwiegt (Probe wurde bei Hochwasserwelle gezogen). Dominierende Mineralgruppe in den Steyern Schwebstoffen sind die Schichtsilikate. (Beilage 3 Diffraktogramm der Probe 2973) Diese hohen Gehalte weisen auf sehr starke Erosions-oder Umlagerungsvorgänge von feinkörnigen Sedimenten hin (event. Rossfeldschichten siehe Kapitel 4.6).

Schichtsilikatdominanz.

4.1.2 Tonmineralanalysen

Tabelle 5: Tonmineralogische Zusammensetzung der Schwebstoffproben (Grossproben)

| Einzugsgebiet 34: Reichramingbach | | | | | | | |
|---|-----------------|-------------------|------------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| Bezeichnung und Entnahmedatum der Proben | Lab. Nr. | Menge [mg] | Smekt/ ML | Vermik. | Illit | Kaol. | Chlorit |
| WEIS, 14.4.1997 | 2873 | 1,8 | NB | NB | NB | NB | NB |
| WEIS, 6.7. 1997 9.00 | 2972 | 97,6 | 14 | 13 | 57 | 10 | 6 |
| Einzugsgebiet 36: Dambach, Teichl | | | | | | | |
| HRQ, 14.4 1997 | 2874 | 6,8 | NB | NB | NB | NB | NB |
| HRQ, Dückensee 29. 5. 1997 | 2876 | 102,7 | Sp | 21 | 33 | 12 | 34 |
| HRQ, Fischteiche 6.-8.7. 97 | 2877 | 840,2 | 27 | Sp | 41 | 12 | 20 |
| HRQ, 6.7. 1997 9.00 | 2971 | 431,6 | 4 | 15 | 37 | 17 | 27 |
| Einzugsgebiet 37: Krumme Steyr | | | | | | | |
| STEY, 22.5. 1997 | 2875 | 104,6 | 21 | 20 | 44 | 10 | 5 |
| STEY, 6.7. 1997 12.00 | 2973 | 1649,3 | 13 | 14 | 59 | 9 | 5 |
| STEY, 7.7. 1997 09.00 | 2974 | 306,8 | 27 | 21 | 42 | 7 | 3 |

NB = nicht bestimmt

Sp = Spuren

Zwei der neun Grossproben konnten wegen wesentlich zu geringen Probenmengen nicht analysiert werden.

Grossweissenbachquelle WEIS

Einzugsgebiet: 34, Reichramingbach

Gestein: Hierlatzkalk

2 (1) Probe(n) vom Juli 1997

Die tonmineralogische Zusammensetzung der Schwebstoffe ähnelt sehr der in der Steyrquelle gemessenen. Deutliche Illitdominanz gefolgt von geringeren Mengen an Illit/Smektit Mixed Layer, Vermikulit, Kaolinit und Chlorit.

Hinterer Rettenbach HRQ, Fischteich und Dückensee:

Einzugsgebiet: 36, Dambach, Teichl

Gestein: Wettersteinkalk

4 (3) Proben vom April bis Juli 1997

Diese drei Proben sind sich in ihrer qualitativen und auch semiquantitativen Zusammensetzung der Tonminerale relativ ähnlich: Neben mittleren Gehalten an Illit (33 bis 41 %) und Chlorit (20 bis 34 %) tritt etwas weniger Kaolinit (12 bis 17 %) auf.

Vermikulit zeigt etwas grössere Schwankungen und reicht von Spuren bis zu 21 %. Smektit kommt auch in allen Proben vor, aber nicht in reiner Form sondern als unregelmässiges Mixed Layer Mineral (in Tabelle ML bezeichnet) aus etwa 50 % Smektit und 50 % Illit. Es tritt vor allem in der Probe der Fischteiche auf. (Beilage 4 Diffaktogramm der Probe 2971 $< 2\mu\text{m}$).

Insgesamt deckt sich die Zusammensetzung der Schwebstoffe sehr gut mit der Zusammensetzung der Höhlenlehme, (Tabelle 9) mit Ausnahme des Mixed Layer Eintrages. Illite/Smektite Mixed Layer kommen sehr häufig in Böden vor können aber auch aus Sedimentgesteinen stammen.

Steyernquelle STEY:

Einzugsgebiet: 37, Krumme Steyrling

Gestein: Opponitzer Kalk

3 Proben vom Mai bis Juli 1997

Die tonmineralogische Zusammensetzung der drei Schwebstoffproben der Steyernquelle unterscheidet sich deutlich von der Hinteren Rettenbachquelle.

Der Illit Anteil ist hier dominant (bis 59 %), während Kaolinit mit 7 bis 10 % und Chlorit mit nur 3 bis 5 % deutlich zurücktritt. Der Chlorit dieser Quelle dürfte aber kein detritärer Chlorit sein, sondern sekundärer Bodenchlorit. Vermikulit und Illit/Smektit Mixed Layer kommen auch in mittleren Mengen vor. (Beilage 5 Diffaktogramm der Probe 2973 $< 2\mu\text{m}$).

4.1.3 Korngrössenanalysen

Tabelle 6: Korngrössenverteilung der Schwebstoffproben (Grossproben)

| Bezeichnung und Entnahmedatum der Proben | Lab. Nr. | Menge [mg] | Sand [M%] | Schluff [M%] | Ton [M%] | Median [μm] |
|--|----------|------------|-----------|--------------|----------|--------------------------|
| HRQ, Fischteiche 6.-8.7. 97 | 2877 | 840,2 | 0 | 75 | 25 | 13 |
| HRQ, 6.7. 1997 9.00 | 2971 | 431,6 | 0 | 49 | 51 | 1,8 |
| STEY, 6.7. 1997 12.00 | 2973 | 1649,3 | 0 | 49 | 51 | 1,6 |
| STEY, 7.7. 1997 09.00 | 2974 | 306,8 | 0 | 12 | 88 | 0,2 |

Von vier der neun Grossproben waren ausreichende Mengen an Sediment vorhanden, um auch eine Korngrössenanalyse mittels Nass-Siebung und Sedigraphanalyse durchführen zu können.

Alle vier untersuchten Proben sind relativ feinkörnig und weisen keinen Sandanteil auf, sondern sind nur aus wechselnden Mengen an Schluff und Ton zusammengesetzt.

Nach G. Müller 1963 sind die Proben folgendermassen zu bezeichnen:

- 2877: toniger Schluff,
- 2971: stark schluffiger Ton
- 2973: stark schluffiger Ton und
- 2974: schluffiger Ton

Die Probe 2877 stellt das Sediment dar, das von den zwei Hochwasserwellen des Hinteren Rettenbaches vom 6. und 8. Juli auf einer kleinen Fläche im Fischteich abgelagert wurde. Mit einem Median von $13\mu\text{m}$ ist es das „grobkörnigste“ der untersuchten Sedimentproben, während die Probe 2971 am 1. Höhepunkt der Welle entnommen wurde, der Schwebstoffgehalt von $4,32\text{ mg/l}$ ist aber trotzdem sehr gering. (Tab. 1 und Abb. 3).

Die Steyernprobe 2973 wurde vor dem Anstieg oder am Beginn des ansteigenden Astes der Hochwasserwelle, die zweite Probe nach Abklingen der Welle entnommen (Abb.4) und zeigt eine auffällig feinkörnige Zusammensetzung.

Die Korngrößenverteilungen der 4 Proben sind in den Beilagen 6-9 als Summenkurven und Histogramme dargestellt.

4.2 Schwebstoff-Rückstellproben 1996

Von dieser Probengruppe konnten wegen sehr geringer Probenmengen nur Gesamtmineralanalysen durchgeführt werden.

4.2.1 Gesamtmineralanalysen

Tabelle 7: Mineralogische Zusammensetzung der Schwebstoffe aus Rückstellproben verschiedener Kampagnen 1996

| Einzugsgebiet 34: Reichramingbach | | | | | | | |
|--|---------|------------|--------|-------|-------|--------|------------------|
| Bezeichnung | Lab.Nr. | Menge [mg] | Kalzit | Dolom | Quarz | Feldsp | Schicht Silikate |
| GEIER KQM 4/ 96 | 2893 | 8,4 | (*) | ** | * | | * |
| HAS3 KQM 4/ 96 | 2894 | 13,0 | * | * | * | (*) | ** |
| JOEA (1) 10.Aug. 1994 | 2478 | 45,0 | ** | (*) | * | | ** |
| JOEA (2) 12.Juli 1996 | 2895 | 13,5 | * | * | * | | ** |
| JOEA (3) 23.Okt. 1996 | 2574 | 28,0 | * | (*) | * | | ** |
| JOEQ KQM 4/ 96 | 2896 | 3,5 | NB | NB | NB | NB | NB |
| WEIS 23.Okt. 1996 | 2572 | 73,0 | * | *** | (*) | | |
| Einzugsgebiet 35: Steyr, Paltenbach | | | | | | | |
| Bezeichnung | Lab.Nr. | Menge [mg] | Kalzit | Dolom | Quarz | Feldsp | Schicht Silikate |
| VRQ KQM 4/ 96 | 2902 | 1,6 | NB | NB | NB | NB | NB |
| EFF KQM 4/ 96 | 2891 | 6,2 | NB | NB | NB | NB | NB |
| FEIA KQM 4/ 96 | 2892 | 34,1 | | | ** | * | ** |
| RAMS KQM 4/ 96 | 2901 | 18,9 | * | * | * | | ** |
| Einzugsgebiet 36: Dambach, Teichl | | | | | | | |
| Bezeichnung | Lab.Nr. | Menge [mg] | Kalzit | Dolom | Quarz | Feldsp | Schicht Silikate |
| DAM-U KQM 4/ 96 | 2890 | 3,3 | NB | NB | NB | NB | NB |
| ROSE KQM 4/ 96 | 2899 | 12,0 | * | * | * | | * |
| ROSE 10.7.1996 | 2900 | 24,3 | * | * | * | | ** |
| HRQ 26.Okt. 1996 | 2571 | 12,0 | * | * | * | | * |

Tabelle 7 Fortsetzung: Mineralogische Zusammensetzung der Schwebstoffe aus Rückstellproben verschiedener Kampagnen 1996

| Einzugsgebiet 37: Krumme Steyrling | | | | | | | |
|---|---------|------------|--------|-------|-------|--------|------------------|
| Bezeichnung | Lab.Nr. | Menge [mg] | Kalzit | Dolom | Quarz | Feldsp | Schicht Silikate |
| BLOEQ KQM 4/ 96 | 2889 | 26,4 | (*) | * | * | | * |
| MAUL (1) 11.Juli 1996 | 2898 | 36,2 | * | (*) | * | | *** |
| MAUL (2) 22.Okt. 1996 | 2573 | 60,0 | * | * | * | | *** |
| REUT KQM 4/ 96 | 2897 | 12,4 | * | (*) | * | | ** |
| STEY (1) 11.Juli 1996 | 2878 | 10,4 | ** | (*) | (*) | | * |
| STEY (2) 23.Aug. 1996 9.00 | 2879 | 18,3 | * | * | * | | ** |
| STEY (3) 28.Aug. 1996 9.00 | 2880 | 5,9 | NB | NB | NB | NB | NB |
| STEY (4) 28.Aug. 1996 15.00 | 2575 | 36,0 | * | * | * | | ** |
| STEY (5) 28.Aug. 1996 18.00 | 2576 | 126,0 | * | * | * | | ** |
| STEY (6) 29.Aug. 1996 0.00 | 2881 | 20,8 | * | * | * | | ** |
| STEY (7) 29.Aug. 1996 3.00 | 2882 | 17,7 | * | * | * | | ** |
| STEY (8) 29.Aug. 1996 6.00 | 2883 | 19,4 | * | * | * | | ** |
| STEY (9) 29.Aug. 1996 12.00 | 2884 | 20,8 | * | * | * | | ** |
| STEY (10) 29.Aug. 1996 15 | 2885 | 22,0 | * | * | * | | ** |
| STEY (11) 29.Aug. 1996 18 | 2886 | 10,8 | * | * | * | | ** |
| STEY (12) 30.Aug. 1996 0.00 | 2887 | 11,4 | * | * | * | | * |
| STEY (13) 30.Aug. 1996 12 | 2888 | 12,3 | * | * | * | | ** |

Bedingt durch die meist sehr geringen Probenmengen können die Mengenangaben nur als grobe Schätzwerte angesehen werden.

Einzugsgebiet 34: Reichramingbach

Geiernesthüttenquelle-GEIER:

Gestein: Wettersteinkalk, Lunzer Schichten

Probe von April 1996

Von dieser Schwebstoffprobe standen nur 8,4mg ~ Material (Tabelle 7) zur Verfügung. Unter den Karbonatmineralen dominiert Dolomit, Kalzit gibt es nur in Spuren, Quarz und Schichtsilikate kommen in geringen Mengen vor.

Dolomitdominanz.

Haselquelle 3-HAS3:

Gestein: Wettersteinkalk, Lunzer Schichten

Probe von April 1996

Kalzit, Dolomit und Quarz kommen in geringeren Mengen, Schichtsilikate in mittleren Mengen. In dieser Probe konnten auch Spuren von Feldspäten (Plagioklas und Kalifeldspat nachgewiesen werden.

Jörglalmquelle-JÖA:

Gestein: Hangschutt

3 Proben, von August 1994, Juli und Okt. 1996

Von den Karbonaten ist stets Kalzit stärker vertreten bis zu mittleren Mengen, Dolomit ist meist nur in Spuren nachweisbar. Quarz ist immer in geringen Mengen, Schichtsilikate dagegen in mittleren Mengen nachweisbar.

Grossweissenbach-WEIS:

Gestein: Hierlatzkalk

1 Probe, vom 23.10. 1996

Die mineralogische Zusammensetzung ähnelt der Grossprobe vom Juli 97. In dieser Probe dominiert jedoch Dolomit, geringe Mengen Kalzit sind vorhanden. Quarz lässt sich nur in Spuren nachweisen, Schichtsilikate sind unter der Nachweisgrenze. Hinweise auf amorphe Phasen sind in dieser Probe nicht vorhanden.

Dolomitdominanz.

Einzugsgebiet 35: Steyr, Paltenbach**Feichtau Almquelle-FEIA:**

Probe von April 1996

Die Schwebstoffe dieser Quelle weisen einen gänzlich anderen Mineralbestand auf als alle anderen untersuchten Proben: Es kommen keine Karbonatminerale Kalzit und Dolomit vor, dagegen aber bedeutende Mengen an Quarz und Schichtsilikaten. Geringe Mengen Feldspat (Plagioklas) sind auch nachweisbar.

Quarzdominanz.

Trinkwasserquelle Ramsau-RAMS

Gestein: Hierlatzkalk

Probe von April 1996

Kalzit, Dolomit und Quarz sind in geringen Mengen vorhanden, Schichtsilikate (Glimmer und Chlorit) konnten in dieser Probe in mittleren Mengen nachgewiesen werden.

Einzugsgebiet 36: Dambach, Teichl**Rosenau-ROSE:**

Gestein: Wettersteinkalk, Lunzer Schichten

2 Proben, April und Juli 1996

Kalzit, Dolomit und Quarz sind in geringen Mengen vorhanden, wobei einmal Kalzit und einmal Dolomit bei den Karbonaten überwiegt. Schichtsilikate kommen in mittleren bis geringen Mengen vor.

Hinterer Rettenbach HRQ:

1 Probe 26. 10. 1996

Kalzit, Dolomit, Quarz und Schichtsilikate finden sich in der Probe in nicht allzu grossen Mengen. Die Schwebstoffe dieser Kleinprobe zeigen eine ähnliche Verteilung wie die Proben vom April 1997.

Einzugsgebiet 37: Krumme Steyrling**Blöttenbachquelle-BLOEQ:**

Gestein: Wettersteinkalk Hauptdolomit

Probe von April 1996

Neben Spuren von Kalzit kommen etwas mehr Dolomit und Quarz und Schichtsilikate im Schwebstoff vor.

Maulaufloch-MAUL:

2 Proben, Juli und Oktober 1996

Geringe Mengen Kalzit, kein oder wenig Dolomit konnte in den Schwebstoffen dieser Quelle bestimmt werden. Quarz ist in geringen, Schichtsilikate aber in grossen Mengen vorhanden.

Schichtsilikatdominanz**Reutersteinquelle-REUT:**

Probe von April 1996

Vorkommen von geringen Mengen Kalzit, Spuren von Dolomit etwas Quarz und mittlere Anteile von Schichtsilikaten.

Steyernquelle STEY:

Gestein: Opponitzer Kalk

12 Proben, vom 23.-30. August 1996

Die Schwebstoffe der Steyernquelle zeigen eine sehr einheitliche Mineralverteilung. Kalzit, Dolomit und Quarz kommen in den Proben in geringen Mengen, Schichtsilikate dagegen kommen in mittleren Mengen vor, sie überwiegen in diesen Schwebstoffproben. Bei den Karbonatmineralen ist fast immer Kalzit vorherrschend. In der Probe vom Juli 1996 dominiert dagegen Kalzit sehr stark, alle anderen Minerale treten zurück.

4.3 Höhlenlehm- und Kalkproben der Rettenbachhöhle

4.3.1 Gesamtmineralanalysen

Tabelle 8: Mineralogische Zusammensetzung der Kalk- und Tonproben aus der Rettenbachhöhle

| Bezeichnung der Probe | Labor Nr. | Probenart | Kalzit | Dolom | Quarz | Feldsp | Schi. silik. |
|--------------------------------|-----------|--------------|--------|-------|-------|--------|--------------|
| Profil bei Angstlacke 0-0,5cm | 2547 | Höhlenlehm | 15 | 66 | 9 | 0 | 10 |
| Profil Angstlacke Tonklasten | 2548 | Höhlenlehm | 16 | 65 | 8 | 0 | 11 |
| Profil bei Angstlacke 0,5-15cm | 2549 | Höhlenlehm | 16 | 62 | 11 | 1 | 10 |
| Profil bei Angstlacke 15-25cm | 2550 | Höhlenlehm | 15 | 63 | 9 | 1 | 12 |
| Profil bei Angstlacke Grobsed. | 2551 | Höhlenlehm | 15 | 63 | 11 | 1 | 10 |
| Profil bei Angstlacke von Wand | 2552 | Höhlenlehm | 20 | 46 | 14 | 1 | 19 |
| Wettersteinkalk Dückenröhre | 2553 | Kalk | 100 | | | | |
| Wettersteink. Dückenröhre U | 2553U | Unl. Rückst. | | | * | (*) | ** |
| Kalk + Kruste Dückenröhre | 2554 | Kalk | 100 | | | | |
| Wandbelag Dückenröhre | 2555 | Höhlenlehm | 20 | 44 | 12 | 1 | 23 |
| Kruste Lange Kluft | 2556 | Kalk | 100 | | | | |
| Bergmilchsediment Lange Kluft | 2557 | Höhlenlehm | 88 | 2 | 3 | 1 | 5 |
| Höhlenlehm Lange Kluft | 2558 | Höhlenlehm | 36 | 16 | 15 | 1 | 32 |
| Höhlenlehm Regenhalle | 2559 | Höhlenlehm | 77 | 3 | 3 | 0 | 17 |

Die Höhlenlehme des Profiles bei der Angstlacke zeigen eine relativ einheitliche mineralogische Zusammensetzung. Dominant ist Dolomit, der den überwiegenden Anteil der Proben ausmacht, gefolgt von geringen Mengen Kalzit und Quarz. Spuren von Feldspäten sind nachweisbar (Beilage 10 Diffraktogramm der Probe 2547). Der Anteil der Schichtsilikate ist gering, er ist etwas höher bei den zwei Probe 2552 und 2555, die an zwei Stellen von der senkrechten Höhlenwand abgekratzt wurden.

Im vorderen Teil der Höhle – Lange Kluft und Regenhalle – zeigen die Proben eine deutlich andere mineralogische Zusammensetzung: Dolomit tritt hier sehr stark zurück, das dominierend Mineral ist Kalzit. Quarz und Feldspäte sind meist auch nur in geringen Mengen vertreten, dagegen ist der Anteil der Schichtsilikate etwas höher als im hinteren Teil der Höhle. Die Ursache für das Zurücktreten von tertiärem Dolomit dürfte in der verstärkten Ausbildung von sekundärem Kalzit im Vorderteil der Höhle sein (Beilage 11 Diffraktogramm der Probe 2559).

In den Kalkproben ist nur Kalzit nachweisbar, alle anderen Minerale liegen unter der Nachweisgrenze der Röntgendiffraktometrie.

Die Zusammensetzung des unlöslichen Rückstandes von Wettersteinkalk ist dominiert von Schichtsilikaten, weiters sind Spuren von Feldspat und geringe Mengen Quarz nachweisbar.

4.3.2 Tonmineralanalysen der Fraktion < 2 μ m

Tabelle 9: Tonmineralogische Zusammensetzung der dekarbonatisierten 2 μ m Fraktion der Höhlenlehme aus der Rettenbachhöhle (Angaben in Massen%)

| Bezeichnung der Probe | Labor Nr. | Probenart | Smekt. | Vermik. | Illit | Kaol. | Chlorit |
|----------------------------------|-----------|--------------|--------|---------|-------|-------|---------|
| Profil bei Angstlacke 0-0,5cm | 2547 | Höhlenlehm | | 22 | 30 | 16 | 32 |
| Profil bei Angstlacke Tonklasten | 2548 | Höhlenlehm | | 19 | 35 | 13 | 34 |
| Profil bei Angstlacke 0,5-15cm | 2549 | Höhlenlehm | | 19 | 35 | 14 | 32 |
| Profil bei Angstlacke 15-25cm | 2550 | Höhlenlehm | | 22 | 30 | 11 | 37 |
| Profil bei Angstlacke Grobsed. | 2551 | Höhlenlehm | | 14 | 38 | 15 | 33 |
| Profil bei Angstlacke von Wand | 2552 | Höhlenlehm | | 12 | 43 | 10 | 35 |
| Wandbelag Dückenröhre | 2555 | Höhlenlehm | | 15 | 35 | 16 | 34 |
| Bergmilchsediment Lange Kluft | 2557 | Höhlenlehm | | 15 | 28 | 21 | 36 |
| Höhlenlehm Lange Kluft | 2558 | Höhlenlehm | 11 | 20 | 31 | 10 | 28 |
| Höhlenlehm Regenhalle | 2559 | Höhlenlehm | | 18 | 33 | 9 | 40 |
| Wettersteink. Dückenröhre U | 2553U | Unl. Rückst. | Sp | | 75 | 21 | 4 |

Die tonmineralogische Zusammensetzung der untersuchten Höhlenlehme lässt keine signifikanten Unterschiede der einzelnen Proben erkennen.

Auffällig hoch sind die Mengen an Vermikulit (12-22%), die in den Sedimenten nachgewiesen wurden. Sie entstehen häufig aus Biotiten oder auch aus Chloriten in gemässigt bis kühlen humiden Klimaten - speziell in Böden (Heim 1990).

Illit das häufigste Tonmineral unserer Breiten zeigt mit Werten zwischen 30 und 43 % keine Auffälligkeiten.

Das Tonmineral Kaolinit ist ein Verwitterungsprodukt feldspatreicher Gesteine (Gneise, Granite etc.) unter feuchttropischen Klimabedingungen. Kaolinit kann rezent in unseren Klimaten nicht gebildet werden, sondern stammt aus dem Tertiär. Mit Werten zwischen 9% (in der Regenhalle) und 21% (in der Bergmilch) ist zwar eine grössere Variabilität gegeben, die sowohl sedimentologisch als auch methodisch erklärbar ist.

Chlorit ist ein häufiges Verwitterungsprodukt metamorpher Gesteine wie z. B. Grünschiefer und zeigt mit Werten zwischen 28 und 40% keine Auffälligkeiten.

Nur in der Probe bei der langen Kluft konnte das Tonmineral Smektit mit 11% nachgewiesen werden. Smektite sind ebenso wie Illite Verwitterungsprodukte von Glimmermineralen, und kommen sehr häufig in Böden vor (Beilage 12 Diffraktogramm der Tonfraktion von Probe 2547).

Eine gänzlich andere Zusammensetzung weist der unlösliche Rückstand des Wettersteinkalkes auf.

Illit ist mit 75% das dominierende Tonmineral, gefolgt von 21% Kaolinit und geringen Anteilen an Chlorit. Dieser unlösliche Rückstand macht nur 0,07% ! des

ursprünglichen Wettersteinkalkes aus. Der Einfluss auf die Genese und die tonmineralogische Zusammensetzung der Höhlenlehme ist daher sehr gering.

Die beprobten Höhlenlehme des kleinen (leider nur 25 cm mächtigen) Profiles bei der Angstlacke zeigen sowohl mineralogisch als auch tonmineralogisch eine einheitliche Zusammensetzung. Eine sedimentologische Differenzierung als Hinweis auf eventuell verschiedene Liefergebiete ist nicht möglich. Die Untersuchungen weisen auf eine einheitliche Herkunft des Feinmaterials hin. Insbesondere der nachgewiesene Vermikulit verweist auf eine Umlagerung von Sedimenten, die höchstwahrscheinlich pedogenen Prozessen ausgesetzt waren (eventuell Paleosols).

Vermikulit konnte auch in Bodenprofilen des Miesecks und des Sinreiterbodens nachgewiesen werden (siehe Kapitel 4.6 und Katzensteiner et al. 1996).

4.3.3 Korngrössenanalysen

Tabelle 10: Korngrössenverteilung der Höhlenlehme aus der Rettenbachhöhle

| Bezeichnung der Probe | Labor Nr. | Kies [M%] | Sand [M%] | Schluff [M%] | Ton [M%] | Median [μm] |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|--------------------------|
| Profil bei Angstlacke 0-0,5cm | 2547 | 0 | 32,2 | 63,5 | 4,3 | 3,9 |
| Profil bei Angstlacke Tonklasten | 2548 | 0 | 34,6 | 61,5 | 3,9 | 3,9 |
| Profil bei Angstlacke 0,5-15cm | 2549 | 0 | 36,6 | 59,4 | 4,0 | 4,2 |
| Profil bei Angstlacke 15-25cm | 2550 | 0,2 | 39,9 | 54,6 | 5,3 | 4,2 |
| Profil bei Angstlacke Grobsed. | 2551 | 0 | 54,4 | 39,7 | 6,9 | 7,0 |
| Bergmilchsediment Lange Kluft | 2557 | 0 | 0 | 15,8 | 84,2 | < 0,1 |

Die Korngrössenverteilung der Proben des Profiles bei der Angstlacke zeigt eine relativ einheitliche Kornverteilung mit allgemein dominierendem Schluffanteil. Die Tonfraktion ist sehr gering vertreten.

Gänzlich unterschiedlich ist die Korngrössenverteilung der Bergmilch: Sie weist einen ausserordentlich hohen Tonanteil von 84,2 % auf, der Median ist deutlich unter $0,1\mu\text{m}$.

Nach G. Müller 1963 sind die Proben folgendermassen zu bezeichnen:

2547-2550: stark sandiger Schluff

2551 stark schluffiger Sand

2557 schluffiger Ton

Die Summenkurven der Proben 2547 bis 2551 sind in Abb. 1 dargestellt.

In den Beilagen 13-18 sind die Ergebnisse der Korngrössenanalysen einzeln als Summenkurven und in Histogrammform dargestellt.

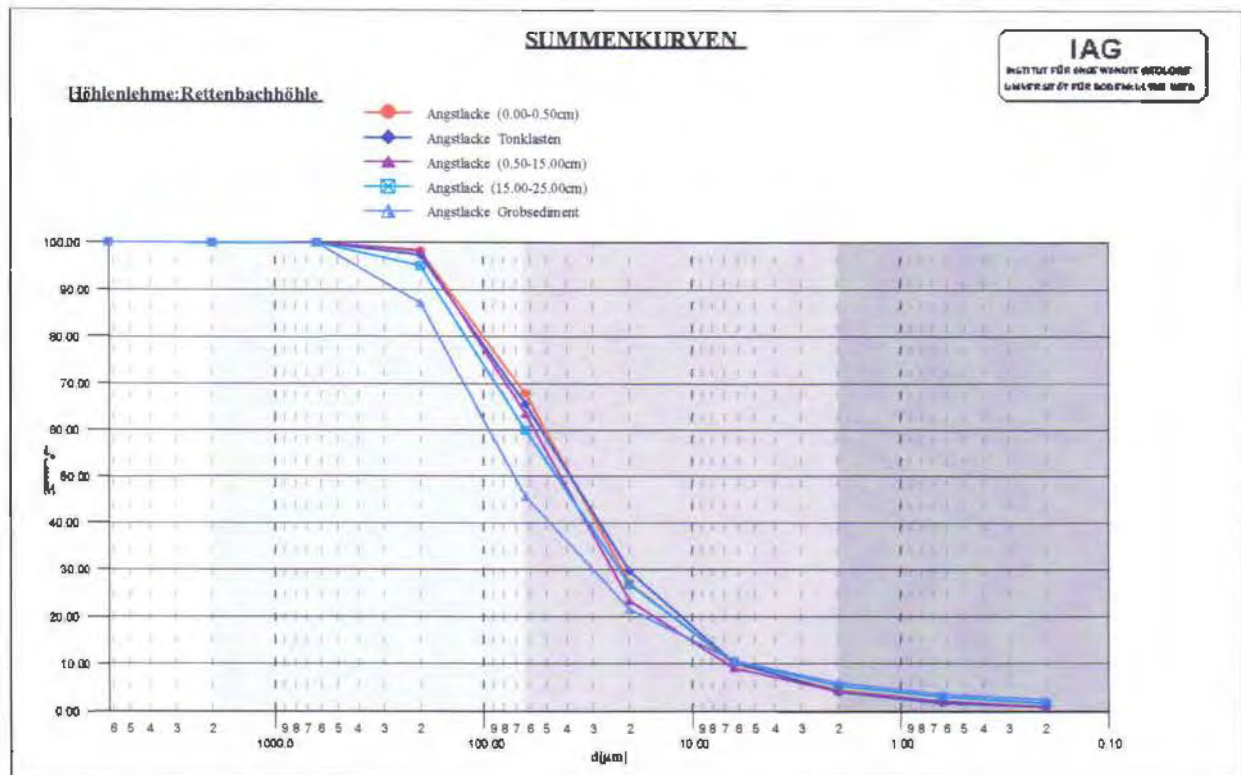


Abb. 1 : Summenkurven einiger Höhlenlehme der Rettenbachhöhle

4.4 Filterproben

Von einigen Proben wurden parallel zu den Röntgenaufnahmen der Schwebstoffe aus den Rückstellproben auch Aufnahmen der Schwebstoffe, die auf die Glasfaserfilter aufgesaugt waren, durchgeführt. Die sehr geringe Sedimentauflage von nur wenigen mg auf der relativ grossen Fläche des Filters ergibt nur sehr schwache Intensitäten und ist daher für mineralogische Untersuchungen – im Normalfall - eher ungeeignet. Die Abb. 2 zeigt den Vergleich einer Probe auf Glasfilter und einer herkömmlichen Pulveraufnahme. Der erhöhte Background bei der Filteraufnahme stammt von den amorphen Glasfasern.

Die Verwendung der Filterproben ist nur dann eine sinnvolle Notlösung, wenn kein anderes Probenmaterial zur Verfügung steht. Mittels Ultraschall könnte das Material redispergiert und auf entsprechende Probenträger aufgebracht werden. Für erste informelle Übersichtsaufnahmen wäre diese Methode eventuell brauchbar.

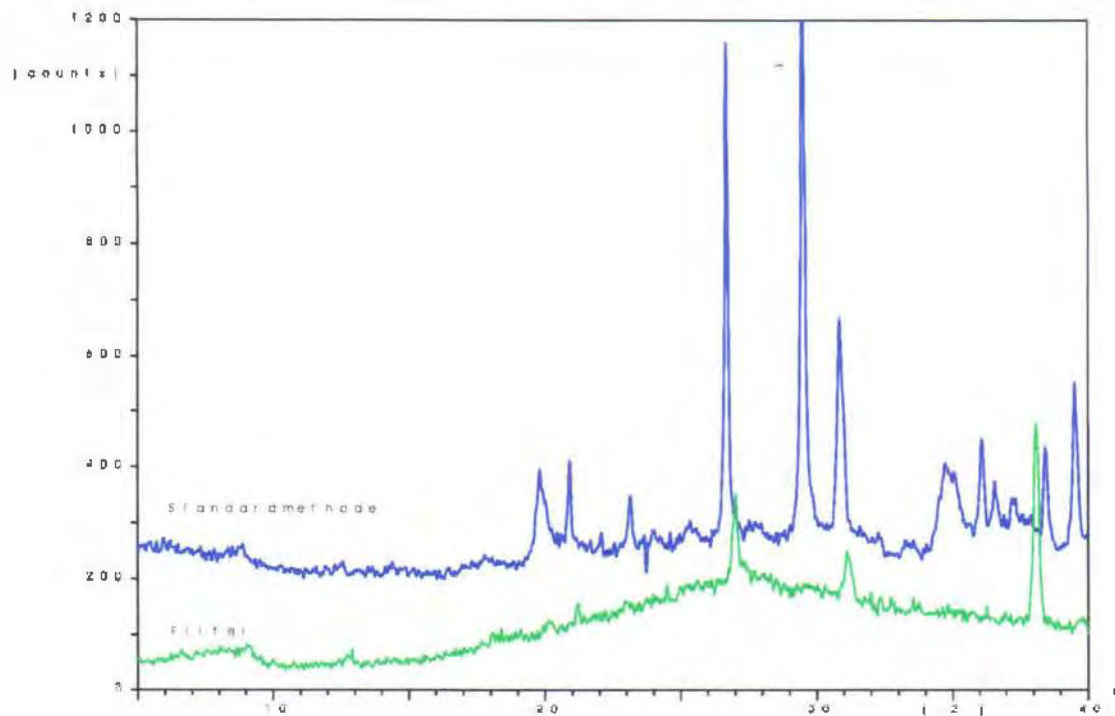


Abb.2: Gegenüberstellung von Diffraktogrammen derselben Probe auf Glasfilter bzw. herkömmlich präpariert.

4.5 Coultercounteranalysen

Von der Hinteren Rettenbachquelle, der Steyrnquelle und der Weissenbachquelle wurden Korngrößenanalysen mittels Coultercounter im Institut für Zoologie der Universität Wien durchgeführt. Die Daten der Messungen wurden berechnet und dem Institut für Angewandte Geologie in Form von 3 Excel Files übermittelt. Die Methodik ist in TOCKNER 1996 beschrieben.

Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen wurden in Form von Summenkurven dargestellt, wobei von jeder Quelle die Ergebnisse eines Tages (meist 4) in einer Grafik zusammengefasst wurden (Beilagen 19-36).

Für die Darstellungen wurden sämtliche Datenpunkte der jeweiligen Messung verwendet, es wurden keine Bereiche zusammengefasst.

4.5.1 HRQ

| | | |
|-----------|--------------------------|------------|
| 5.7.1997 | 18.00 | Beilage 19 |
| 6.7.1997 | 0.00, 6.00, 12.00, 18.00 | Beilage 20 |
| 7.7.1997 | 0.00, 6.00, 12.00, 18.00 | Beilage 21 |
| 8.7.1997 | 0.00, 6.00, 12.00, 18.00 | Beilage 22 |
| 9.7.1997 | 0.00, 6.00, 12.00, 18.00 | Beilage 23 |
| 10.7.1997 | 0.00, 6.00, 12.00, 18.00 | Beilage 24 |
| 11.7.1997 | 0.00, 6.00, 12.00, 18.00 | Beilage 25 |

4.5.2 STEY

| | | |
|-----------|--------------------------|------------|
| 5.7.1997 | 18.00 | Beilage 26 |
| 6.7.1997 | 0.00, 6.00, 12.00, 18.00 | Beilage 27 |
| 7.7.1997 | 0.00, 6.00, 12.00, 18.00 | Beilage 28 |
| 8.7.1997 | 0.00, 6.00, 12.00, 18.00 | Beilage 29 |
| 9.7.1997 | 0.00, 6.00, 12.00, 18.00 | Beilage 30 |
| 10.7.1997 | 0.00, 6.00, 12.00, 18.00 | Beilage 31 |
| 11.7.1997 | 0.00, 6.00, 12.00, 18.00 | Beilage 32 |

4.5.3 REHWEI

| | | |
|----------|-------|------------|
| 5.7.1997 | 21.00 | Beilage 33 |
| 6.7.1997 | 21.00 | Beilage 34 |
| 7.7.1997 | 21.00 | Beilage 35 |
| 8.7.1997 | 21.00 | Beilage 36 |

Aus den Daten jeder Messung wurde der 50% Wert (Median der Korngrößenverteilung) als Mass für den mittleren Korndurchmesser ermittelt und gegen die Zeit dargestellt. Als Vergleich wurden die Pegelstände der jeweiligen Quelle den Medianwerten gegenübergestellt (Abb. 3 und 4).

Insbesondere bei der HRQ ist die Abhängigkeit der Korngrösse vom Pegelstand = Wasserführung deutlich erkennbar: Mit steigender Wasserführung steigt auch der Median der Korngrößenverteilung an (Abb.3). Dieser Trend ist auch bei der Steyrerquelle erkennbar (Abb.4), wegen zu geringer Datendichte ist in der Weissenbachquelle keine so deutliche Abhängigkeit erkennbar.

Die Korngrößenverteilung der Schwebstoffe zeigt laut Coultercounteranalysen bei $2\mu\text{m}$ generell sehr niedrige Werte um 1-2 Massen %. Die mineralogische Zusammensetzung lässt aber deutlich höhere Werte erwarten, da die nachgewiesenen Smektite generell, aber auch viele Illite deutlich geringere Korndurchmesser als $2\mu\text{m}$ aufweisen. An Schwebstoffen der Donau bei Altenwörth wurden beispielsweise Tonfraktionen im Bereich von 30 bis über 60 % gemessen (H.W.MÜLLER et al. 1993). Die Sedigraphanalysen der wenigen gemessenen Schwebstoffproben zeigten auch deutlich höhere Anteile der Tonfraktion. Auf Probleme der Vergleichbarkeit von Coultercounter- und Sedigraphanalysen wurde schon bei H.W.MÜLLER et al. 1993 hingewiesen.

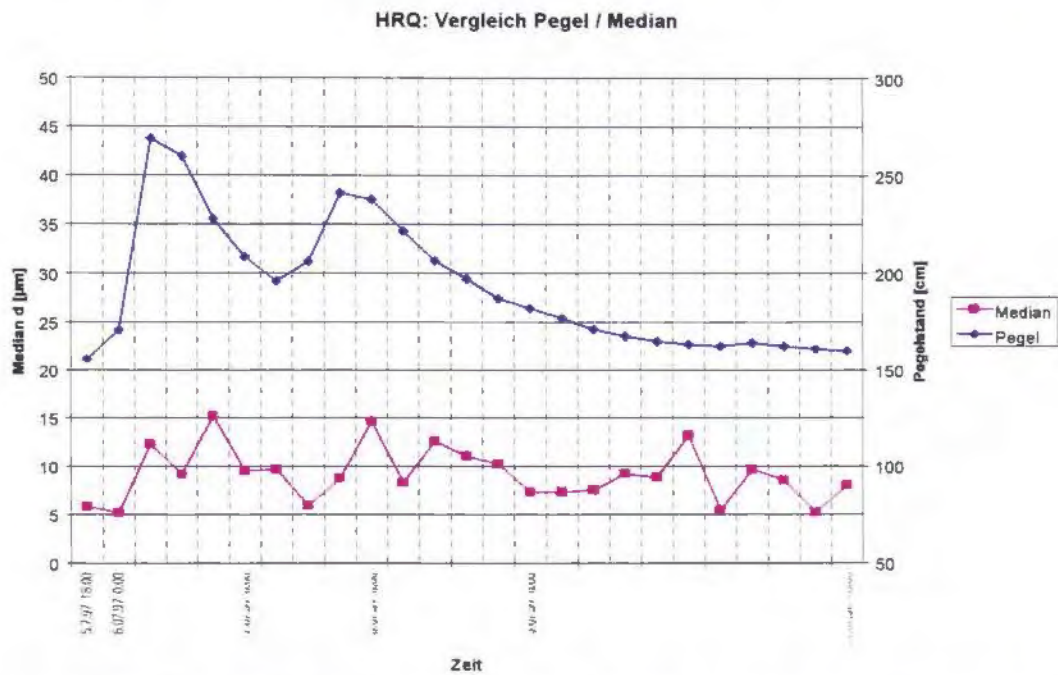


Abb. 3: Hintere Rettenbachquelle, Vergleich der Mediane der Korngrößenverteilung mit den Pegelständen.

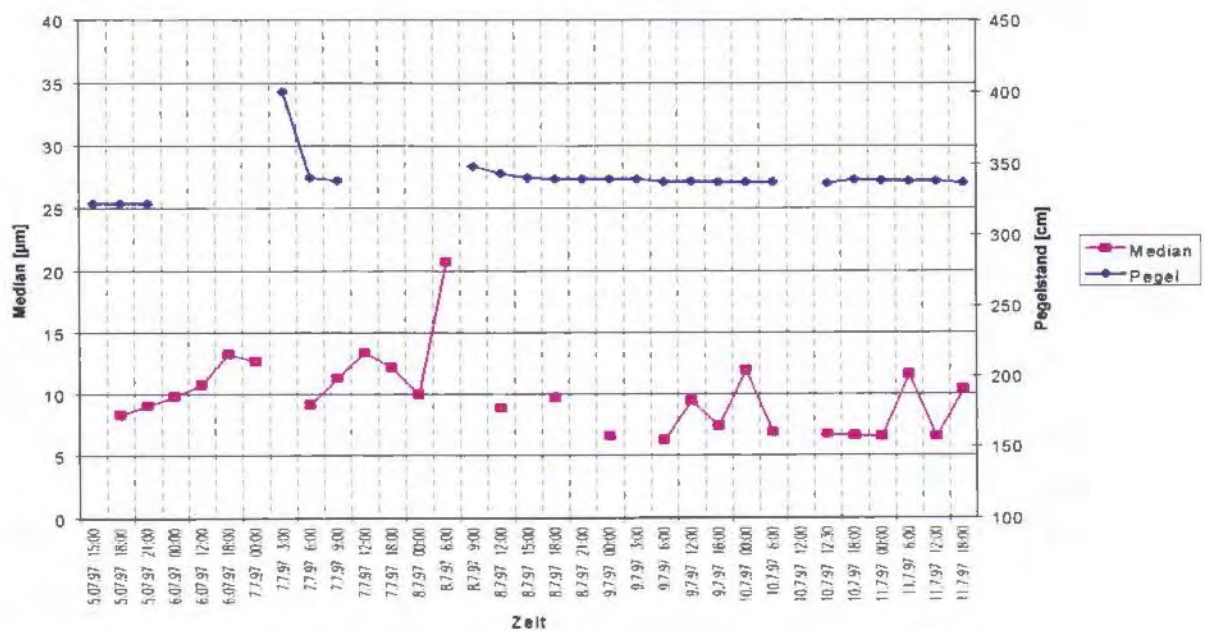


Abb. 4: Steyernquelle, Vergleich der Mediane der Korngrößenverteilung mit den Pegelständen.

4.6 Gesteins und Bodenproben von 1995 und 1996

Im Rahmen des Projektes 1603-3.2 wurden mineralogische Untersuchungen an Gesteins- und Bodenproben aus dem Bereich des Nationalparks Kalkalpen durchgeführt.

Die Ergebnisse der Gesamtmineralanalysen wurden zusammen mit Bodenkenndaten ausgewertet und dargestellt (KATZENSTEINER et. al. 1996).

Tonmineralanalysen wurden an folgenden Boden-Profilen und Gesteinsproben durchgeführt:

Rossfeldschichten Ebenforstalm
Pseudogley Ebenforstalm
Braunlehm Mieseck
Profil Sinreitnerboden
Profil Bauernberg

Die dekarbonatisierte $2\mu\text{m}$ Fraktion der Rossfeldschichten von der Ebenforstalm besteht fast ausschliesslich aus Smektit. Geringe Mengen an Illit, Kaolinit und Chlorit sind nachweisbar.

In der tonmineralogischen Zusammensetzung der Proben Pseudogley Ebenforstalm, Braunlehm Mieseck und des Profiles am Bauernberg treten auffällig hohe Anteile an sekundärem Chlorit und vor allem Vermikulit auf. Andere Tonminerale wie Illit Smektit und Kaolinit treten stark zurück.

In der tonmineralogischen Zusammensetzung von zwei Proben vom Bauernberg treten dagegen Illit und Kaolinit mehr in den Vordergrund die anderen Tonminerale sind weniger stark vertreten, Vermikulit und auch Chlorit können aber deutlich nachgewiesen werden.

Eine gut Korrelation der smektitreichen Rossfeldschichten und der vermikulitreichen Böden von Mieseck und der Ebenforstalm mit den Schwebstoffen der Steyernquelle ist evident: Es zeigen sich hohe Anteile bis zu 27 % Smektit und bis zu 21 % Vermikulit in der $2\mu\text{m}$ Fraktion der Schwebstoffe. Die Proben der Maulauflochquelle zeigen auch einen sehr hohen Schichtsilikatanteil, wegen viel zu geringer Probenmengen konnte bisher noch keine Tonmineralanalyse dieser Schwebstoffe durchgeführt werden.

5.0 Interpretation – Diskussion

Die Schwebstoffe der untersuchten Quellen und Flüsse zeigen eine ausgeprägte Vielfaltigkeit in ihrer mineralogisch- und tonmineralogischen Zusammensetzung.

Es treten Mineralverteilungen in den Schwebstoffen auf, die eher auf eine Genese durch Gesteinsverwitterung hindeuten (Kalzit, Dolomit, Chlorit event. Illit) aber auch Minerale, die eher durch pedogenetische Prozesse entstehen wie z. B. Vermikulite Smektite und sekundäre Chlorite in der Steyrnquelle.

Wie für das Einzugsgebiet zu erwarten ist, kommen in beinahe allen Gewässern des Nationalparks die beiden Karbonatminerale Kalzit und Dolomit in unterschiedlichen Mengen vor. Quarz ist als Durchläufer in allen Proben zu finden. Schichtsilikate, zu denen auch die Tonminerale gehören, treten in stark unterschiedlichen Quantitäten in den meisten Quellen und Bächen auf.

Die komplexe Fragestellung sowie die relativ geringe Probendichte lässt zum momentanen Zeitpunkt eine endgültige Zuordnung und Interpretation der Herkunft der untersuchten Schwebstoffe noch nicht zu. Eine Untersuchung der Einzugsgebiete könnte eine Klärung dieser Frage ermöglichen.

Eine sehr vorsichtige Interpretation soll aber bezüglich des Auftretens der Schichtsilikate allgemein und der eher pedogenen Tonminerale Vermikulit, Smektit und sekundärer Chlorit versucht werden.

Während ein verstärktes Auftreten von Kalzit oder Dolomit in einem kalkalpinen Einzugsgebiet eher die Regel sein wird, kann eine Anhäufung der erwähnten Sekundärminerale ein Hinweis auf verstärkte Erosion, Resedimentierung und antropogene Einflüsse sein. (Es können natürlich auch Hinweise auf Einzugsgebiete mit z. B. tertiären oder kretazischen Feinkorn-Sedimenten sein).

Im Einzugsgebiet 34 des Reichramingbaches sind diesbezüglich GEIER und WEIS mit Dolomitdominanz unauffällig, **HAS3** und vor allem **JOEA** weisen aber höhere Schichtsilikatanteile auf.

Im Einzugsgebiet 35 der Steyr weisen die beiden untersuchten Quellen **FEIA** und **RAMS** etwas erhöhte Schichtsilikatanteile auf.

Im Einzugsgebiet 36 Dambach und Teichl ist **ROSE** eher unauffällig, von **HRQ** gibt es aber aufgrund der detaillierteren Analysen deutliche Hinweise auf Aufarbeitung der Höhlenlehme aus der Rettenbachhöhle in **HRQ**.

Im Einzugsgebiet 37 der Krummen Steyrling ist von den untersuchten Quellen nur die **BLOEQ** unauffällig, **REUT** weist dagegen schon etwas höhere Schichtsilikatanteile auf. Sehr hohe Werte treten dagegen in **MAUL** und **STEY** auf.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die beiden Quellen MAUL und STEY mineralogisch die stärksten Verdachtsmomente aufweisen und die fünf Quellen HAS3, JOEA, FEIA, RAMS und REUT mineralogisch „verdächtig“ sind.

Die mineralogische Zusammensetzung der Höhlenlehme ist relativ einheitlich, mit Ausnahme des Kalzit / Dolomit Verhältnisses: Während die Proben bei der Angstlacke eine sehr ausgeprägte Dolomitdominanz zeigen, ist in den Tonen des Höhlenvorderteiles eine eindeutige Kalzitvormacht festzustellen. Die Tonminerale zeigen zwar in der quantitativen Verteilung geringe Unterschiede, können aber qualitativ als eher einheitlich bezeichnet werden. Auffällig ist der sehr hohe Anteil von Vermikulit, der höchstwahrscheinlich durch pedogenetische Prozesse entstand und in die Karsthohlräume umgelagert wurde. Als Ausgangssubstrat für die Höhlenlehme kommen die Wettersteinkalke nur zu einem geringen Teil in Frage, weil im Kalk nur 0.07% unlöslicher Rückstand vorhanden ist, und überwiegend aus Illit besteht. Die Schwebstoffe der HRQ zeigen tonmineralogisch eindeutig eine „Höhlenlehmzusammensetzung“ lassen aber auch noch andere Beeinflussungen erkennen (v. allem in den Fischteichen).

Für eine umfassende Kenntniss der Sedimentations und Erosionsvorgänge im Nationalpark Kalkalpen, wäre eine grössere Anzahl von Schwebstoffuntersuchungen, sowie begleitende Analysen von weiteren Hohlraum- und auch Fluss-Sedimenten von grosser Bedeutung.

Insbesondere die Quellen, für die lokaler Handlungsbedarf besteht (HASEKE 1997), sollten einer intensiveren Untersuchung unterzogen werden.

Für weiterführende Untersuchungen wären folgende Probenmengen notwendig:

GMA: Unterste Grenze sind 10mg, ab 200mg bessere Präparation möglich, dadurch erhält man besser vergleichbare Daten.

TMA ab etwa 200mg zuverlässige Daten möglich,

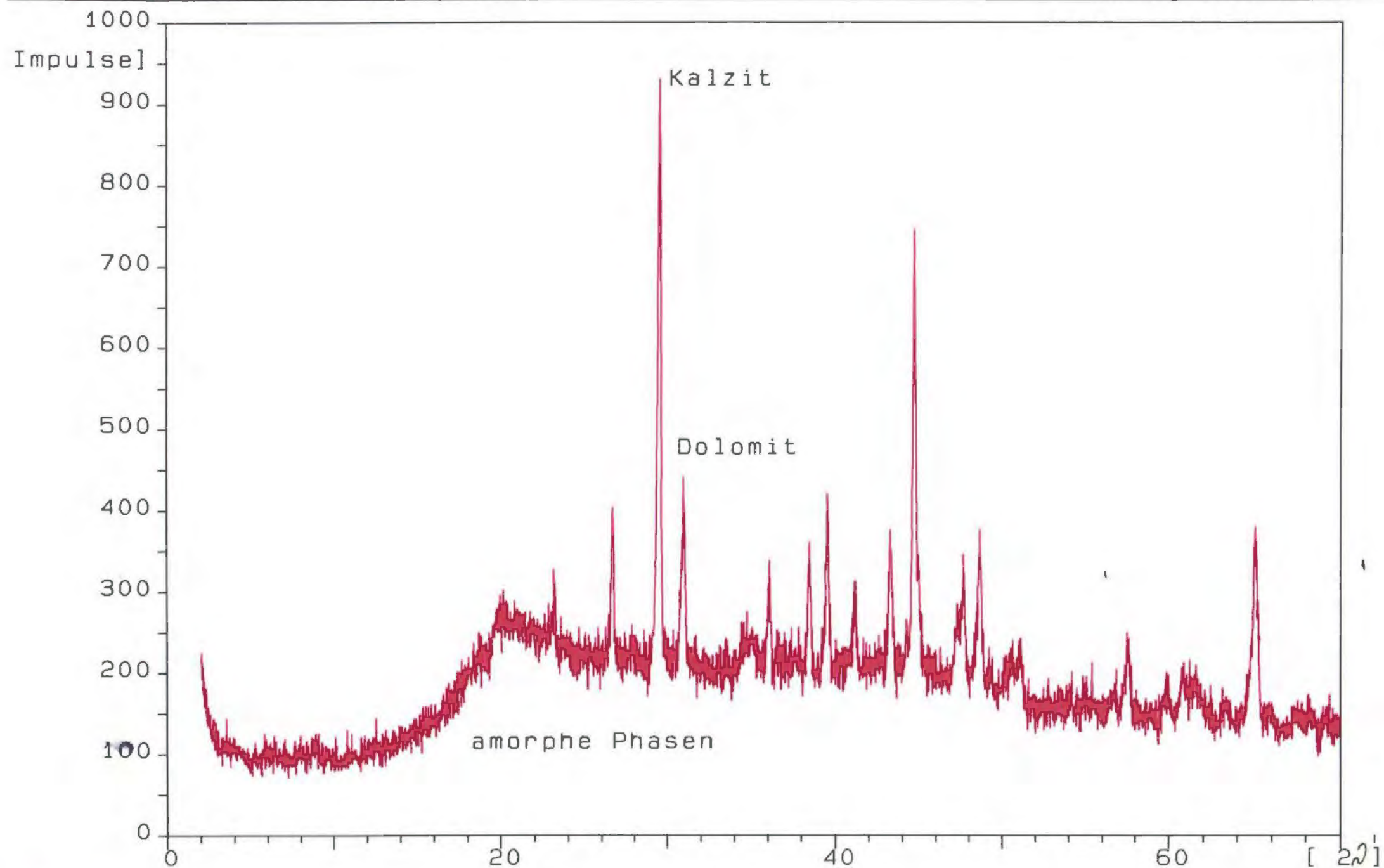
KGA etwa 400-500mg unterste Probenmenge, wobei sich die Analysen kombinieren lassen .

Mit einer Probenmenge von 1g aufwärts sind gute vergleichbare Daten zu erwarten.

6.0 Literatur

- Angerer, S., Gärtner, A. & Haseke, H., 1996: Atlas der Hydrogeologie M 1: 20.000. Nationalpark Kalkalpen, 21 Teilblätter, Molln.
- Bähr, T., Henning, K.H. & Lehmann, J., 1996: Tonminerale im Schwebstoff der Saale. Berichte der Deutschen Ton- und Tonmineralgruppe, 4, 1-11, Freiberg.
- Brindley, G.W. & Brown, G., 1980: Crystal Structures of Clay Minerals and their X-Ray Identification. - Mineralogical Society, 495 S., London.
- Chamley H., 1989: Clay Sedimentology. Springer Verlag, 623 S., Berlin, New York.
- Haseke, H., 1997: Karstquellenmonitoring 1997 und Ereigniskampagnen 1997. Studie im Auftrag des Nationalparks Kalkalpen 83 S., Molln-Salzburg.
- Heim D., 1990: Tone und Tonminerale. Ferdinand Enke Verlag, 157 S, Stuttgart.
- Katzensteiner, K., Nemestoty, K. & Ottner, F., 1996: Analyse karstrelevanter Boden und Gesteinsproben von repräsentativen Standorten des Nationalparks Kalkalpen. Studie im Auftrag des Nationalparks Kalkalpen 32 S., Molln-Wien.
- Kinter, E. B. & Diamond, S., 1956: A new Method for preparation and treatment of orientied - aggregate specimens of soil clays for X-Ray diffraction analysis. Soil Sci. 81, 111-120.
- Kohler, E.E. & Wewer, R., 1980: Gewinnung reiner Tonmineralkonzentrate für die Mineralogische Analyse. Keramische Zeitschrift 32, 5, 250-257.
- Moore, D.M. & Reynolds, R. C., Jr., 1989: X - Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. - Oxford Univ. Press, New York.
- Müller, H.W., Nachtnebel, H.P., Reichel, G. & Schwaighofer, B. 1993: Schwebstoffanalyse und -bilanz in Fluss-Stauhaltungen. Forschungsinitiative des Verbundkonzerns. Band 15, 91 S, Wien.
- Ottner, F., Schwaighofer, B. & Müller, H.W., 1996: Wie quantitativ sind Ergebnisse von Tonmineralanalysen. Berichte der Deutschen Ton- und Tonmineralgruppe, 4, 162-169, Freiberg.

- Riedmüller, G., 1978: Neoformations and Transformations of Clay Minerals in Tectonic Shear Zones. - *TMPM Tschermaks Min. Petr. Mitt.* 25, 219-242
- Thorez, J., 1975: Phyllosilicates and clay minerals - a laboratory handbook for their x-ray diffraction analysis. - Editions G. Leclot, 579 S., Liege.
- Tockner K., 1996: Schwebstoffe und organische Kohlenstoffverbindungen in ausgewählten Quellen des Nationalparkgebietes Nördliche Kalkalpen. Studie im Auftrag des Nationalparks Kalkalpen, 29 S., Molln-Zürich.
- Tributh, H. & Lagaly, G., 1986: Aufbereitung und Identifizierung von Boden und Lagerstättentonen. I Aufbereitung der Proben im Labor. GIT Fachz. Lab. 30, 524-529, Darmstadt.
- Tributh, H., 1989: Notwendigkeit und Vorteil der Aufbereitung von Boden- und Lagerstättentonen. - In: Tributh, H. & Lagaly, G. [Hrsg.] : Identifizierung und Charakterisierung von Tonmineralen, 29-33, Giessen.
- Weaver, C.E., 1989: Clays, Muds, and Shales. *Developments in Sedimentology* 44. 818S, Elsevier Amsterdam.
- Whittig, L.D., 1965: X-ray diffraction techniques for mineral identification and mineralogical identification. In: Black, C.A. [editor.] : *Methods of Soil Analysis*, 671-698. 1. Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin.
- Wilson, M.J., 1987: A handbook of determinative methods in clay mineralogy. - Verlag Blackie, 308S, Glasgow and London.



Impulse]

3000

Dolomit

2500

2000

1500

Kalzit

1000

Quarz

500

0

0

20

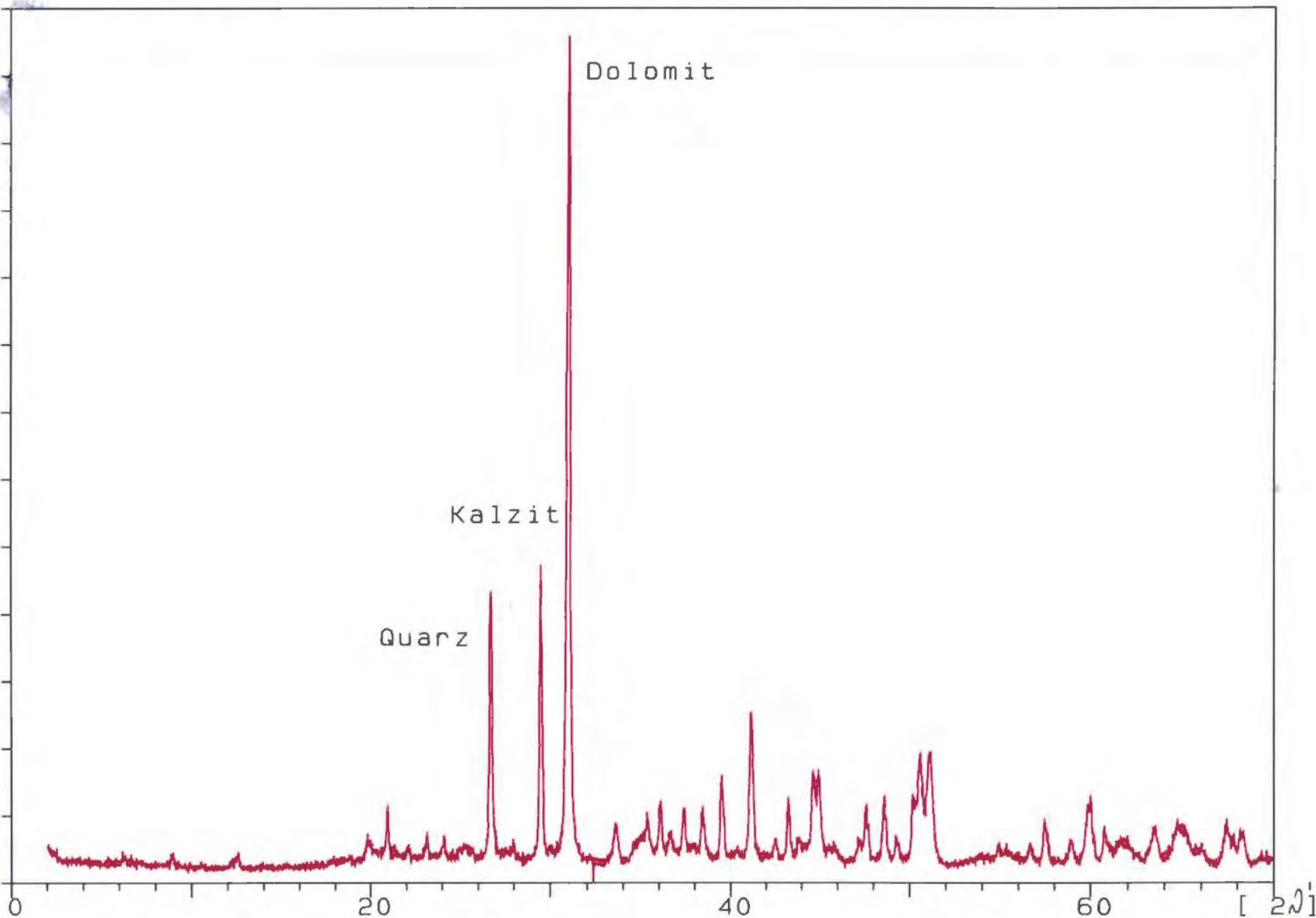
40

60

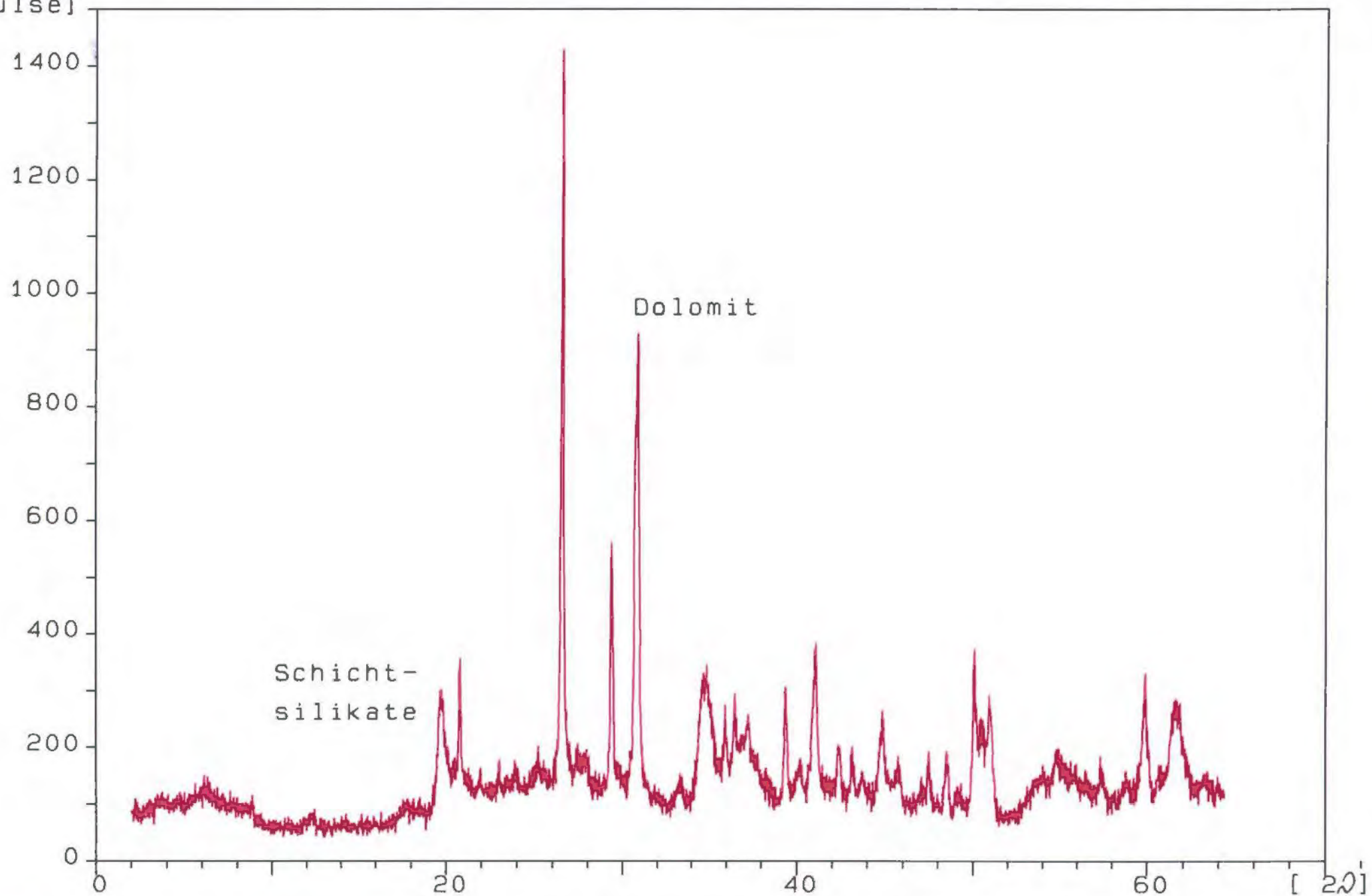
80

2971.RD

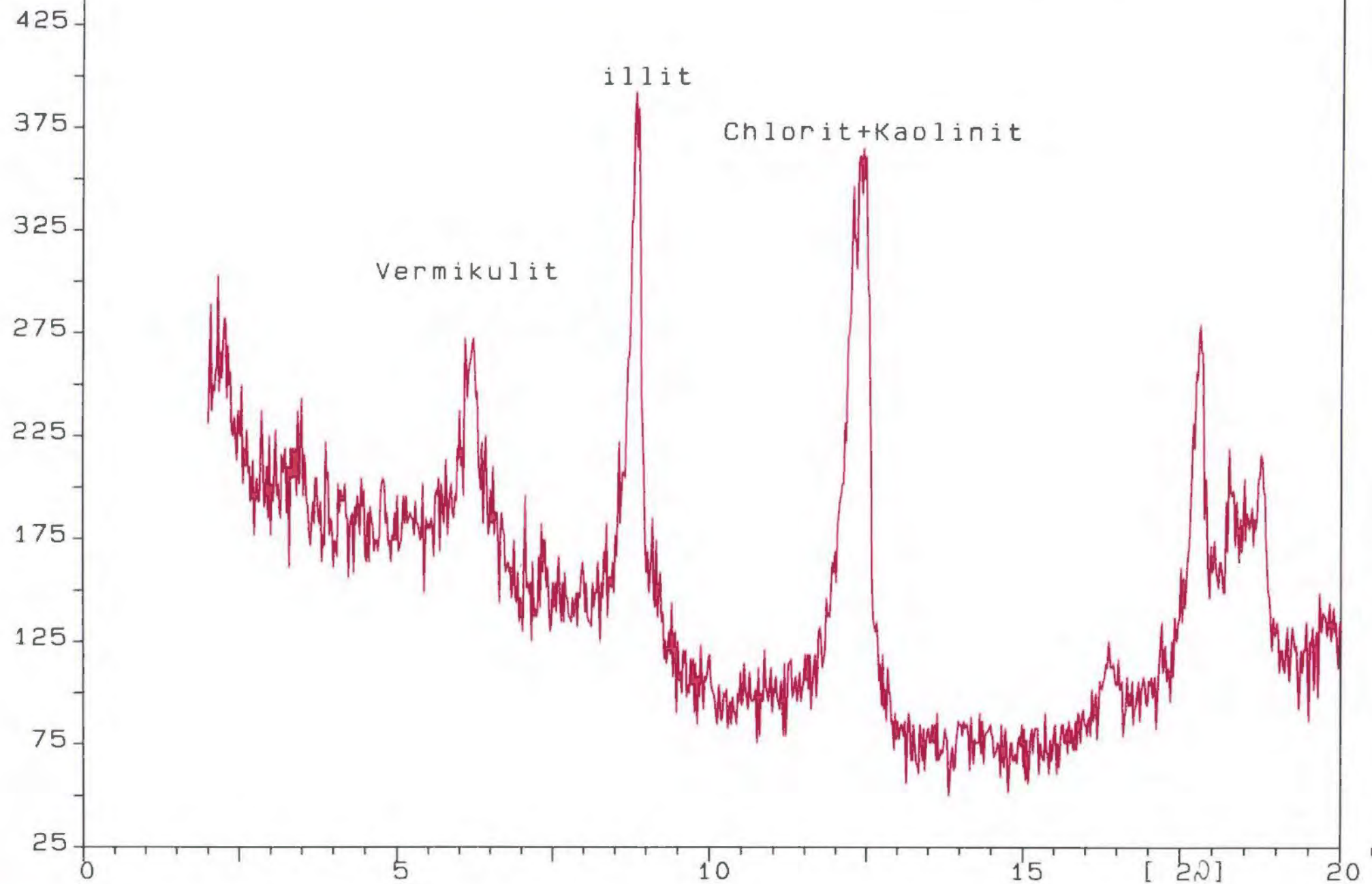
Beilage 2

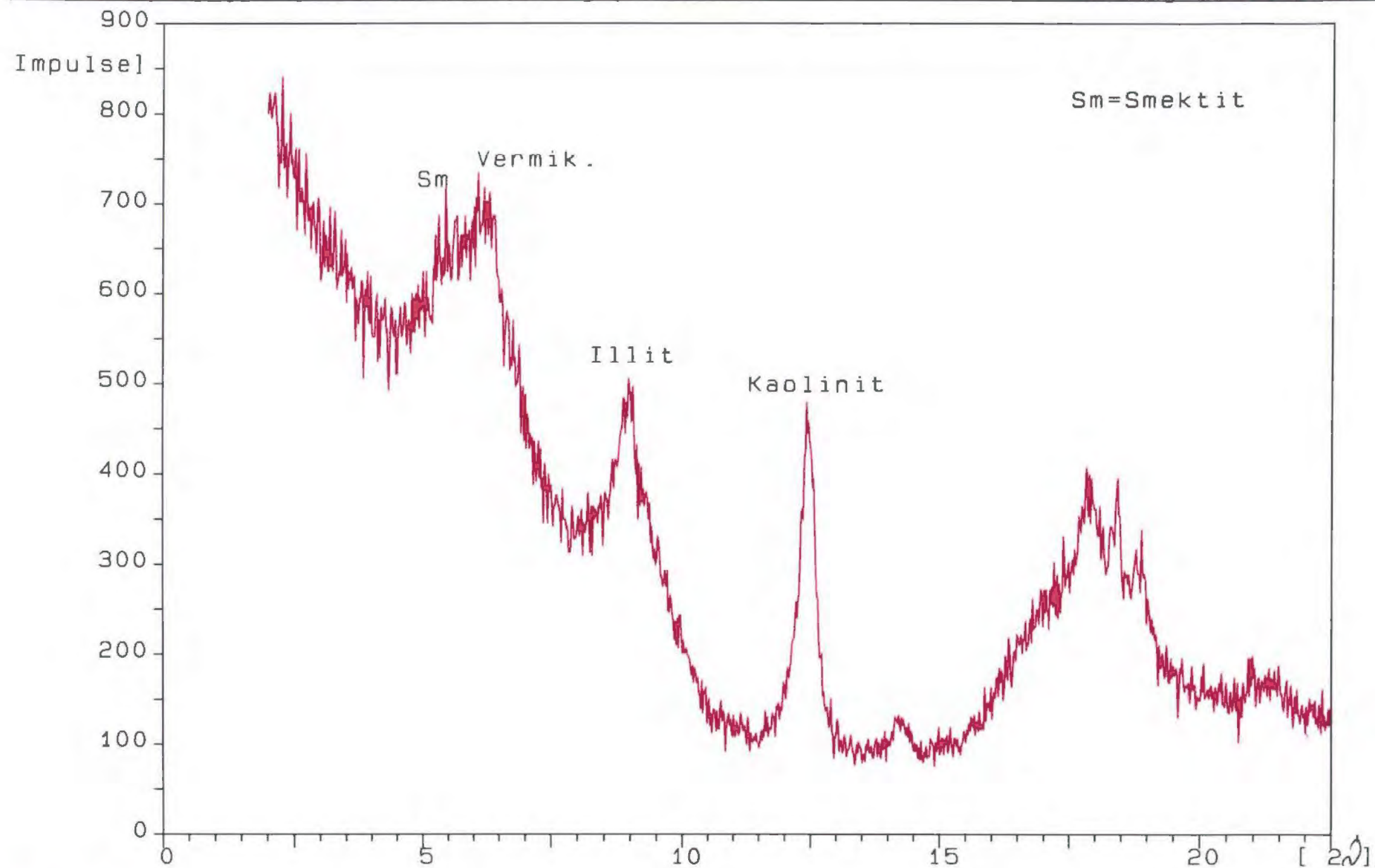


Impulse]



Impulse]



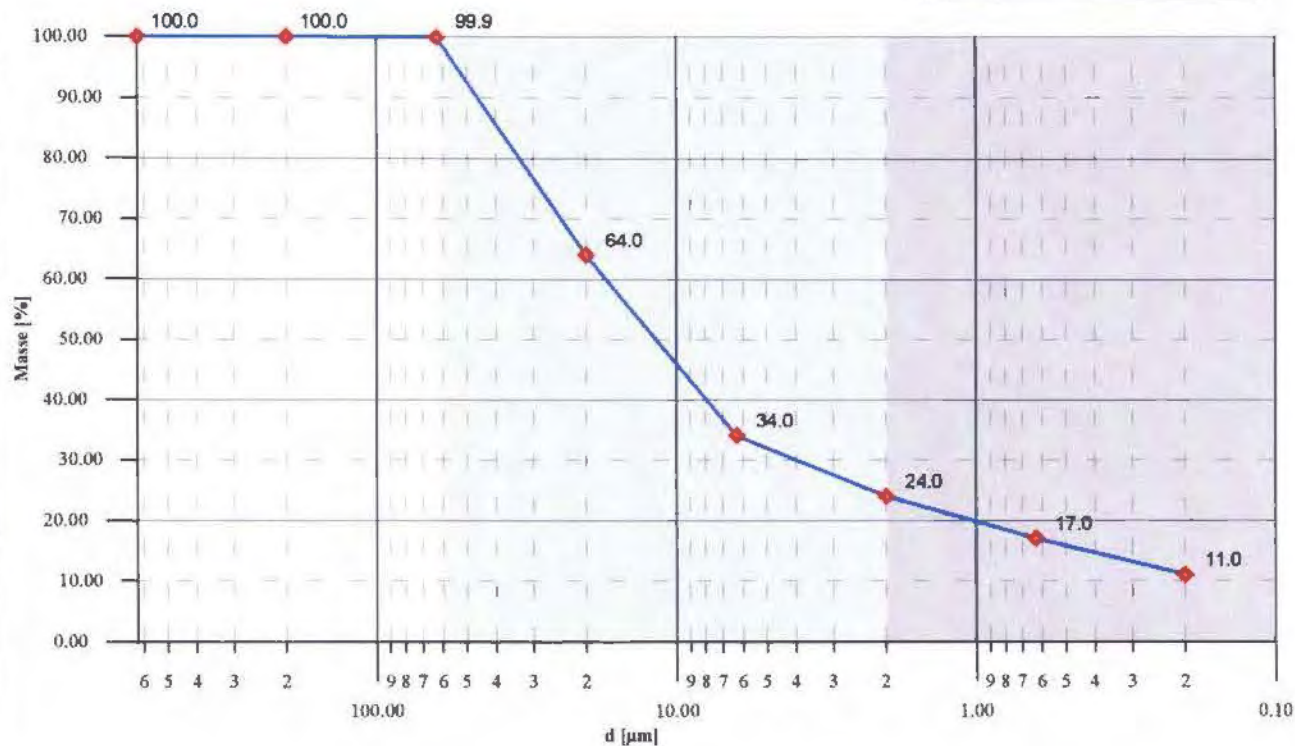


Probe : Fischteich

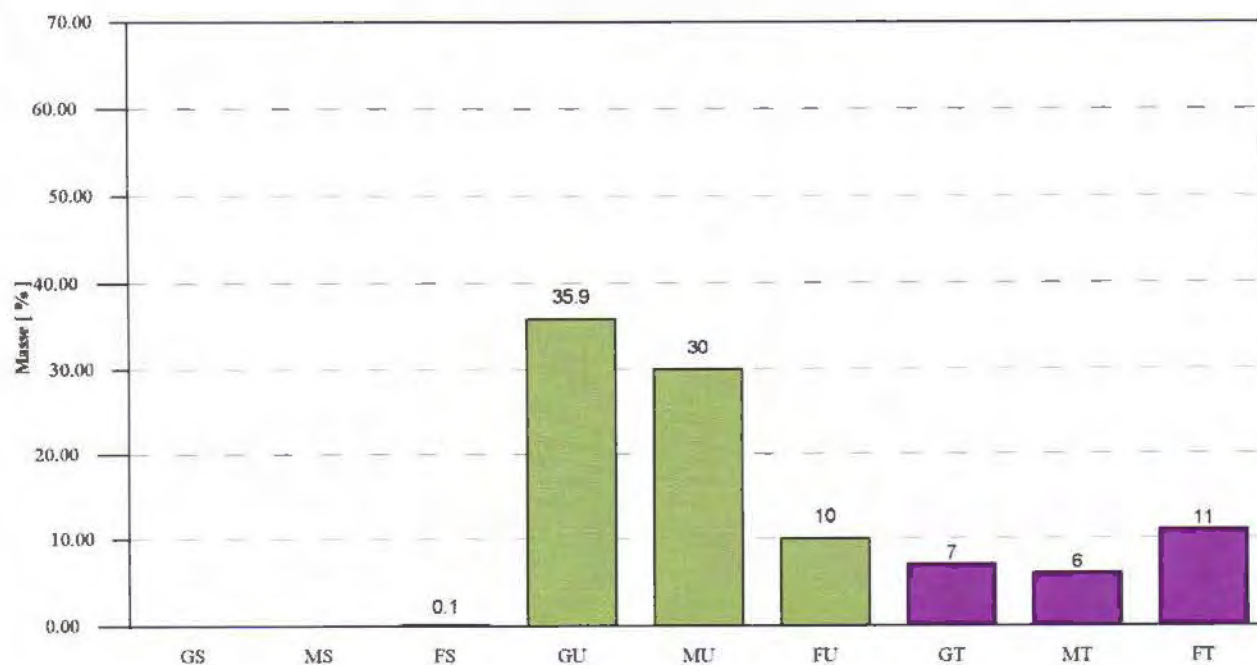
SUMMENKURVE

IAG

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE GEOLOGIE
UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN



KORNKLASSENVERTEILUNG



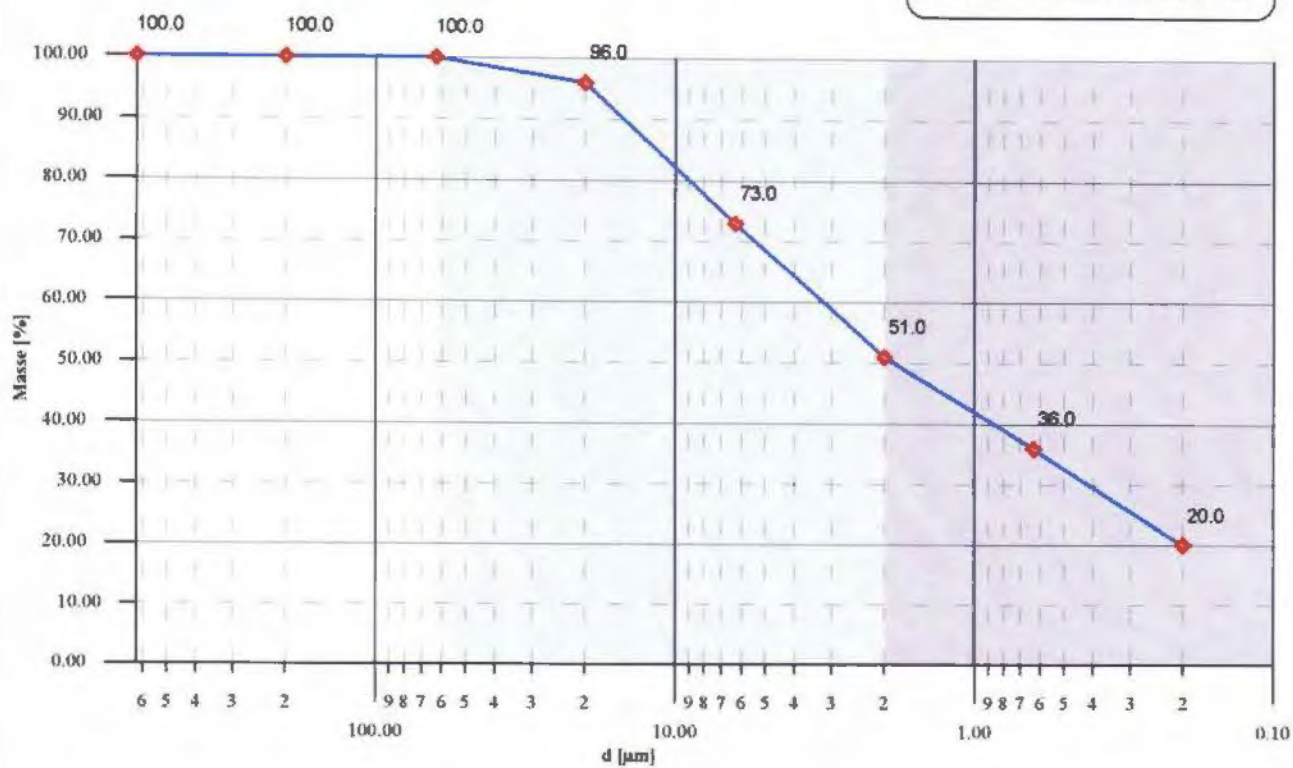
Probe : HRO

6.7.1997/ 9-Uhr

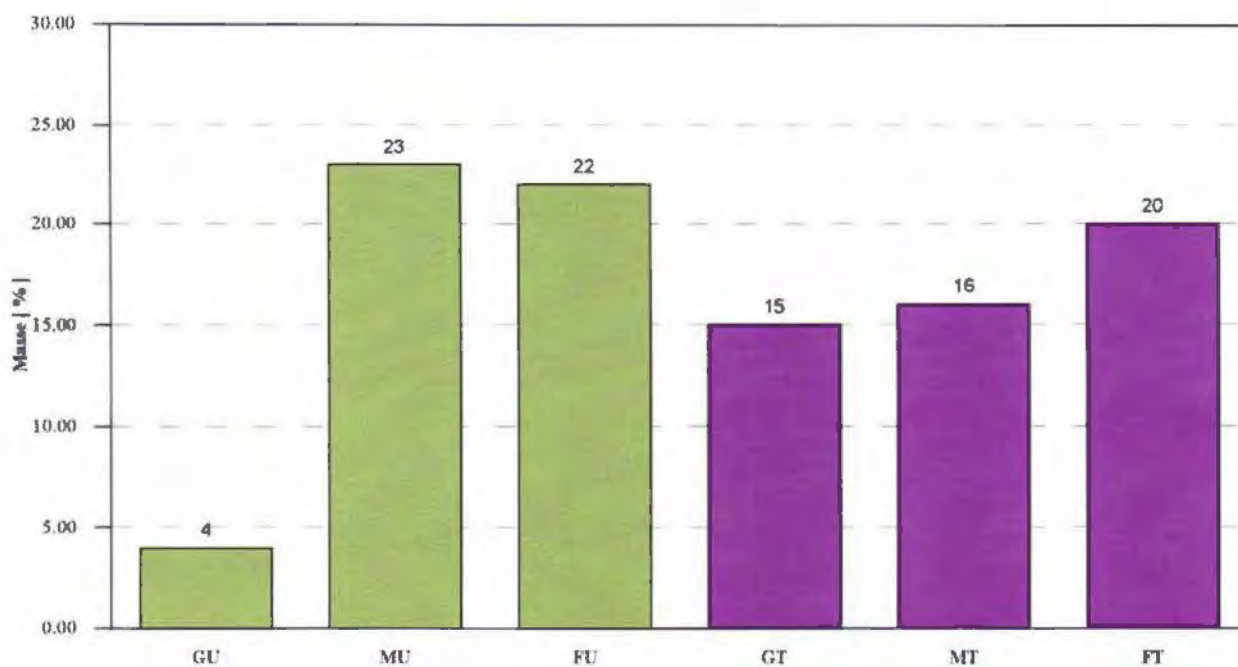
SUMMENKURVE

IAG

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE GEOLOGIE
UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN



KORNKLASSENVERTEILUNG



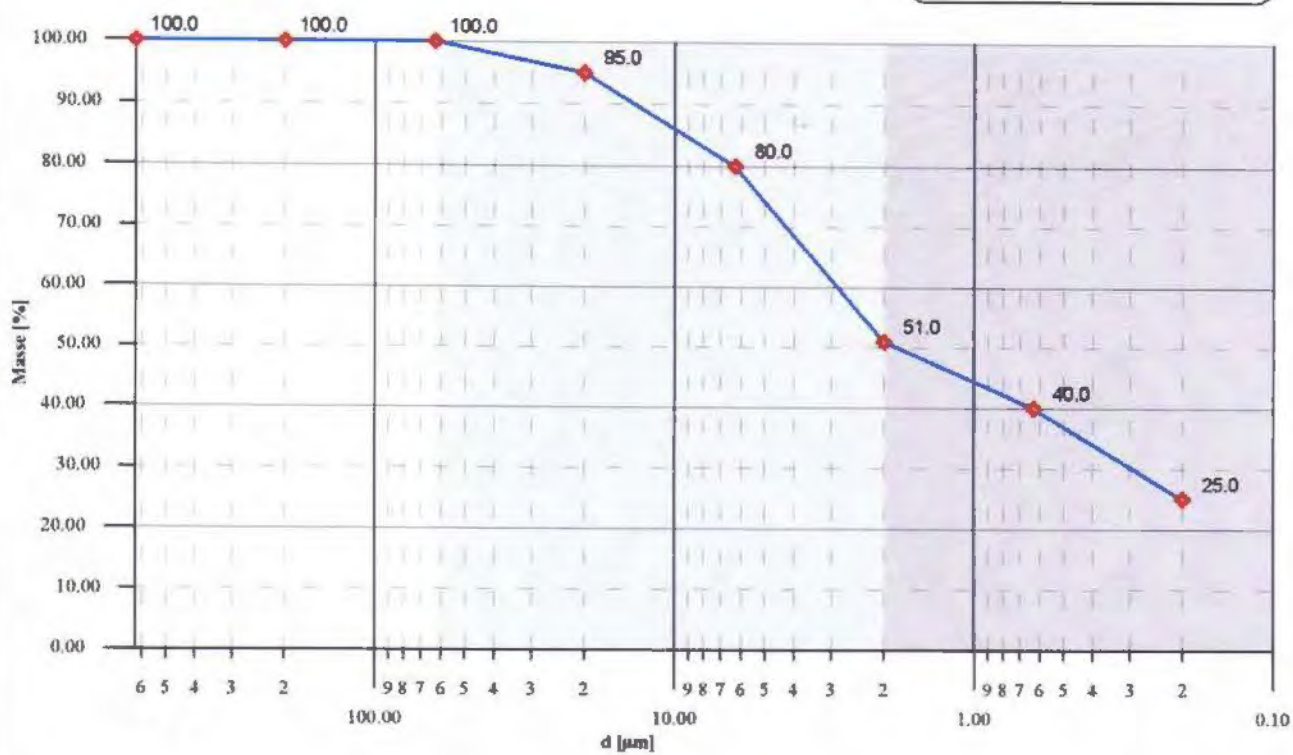
Probe : Stey

6.7.1997/ 12-Uhr

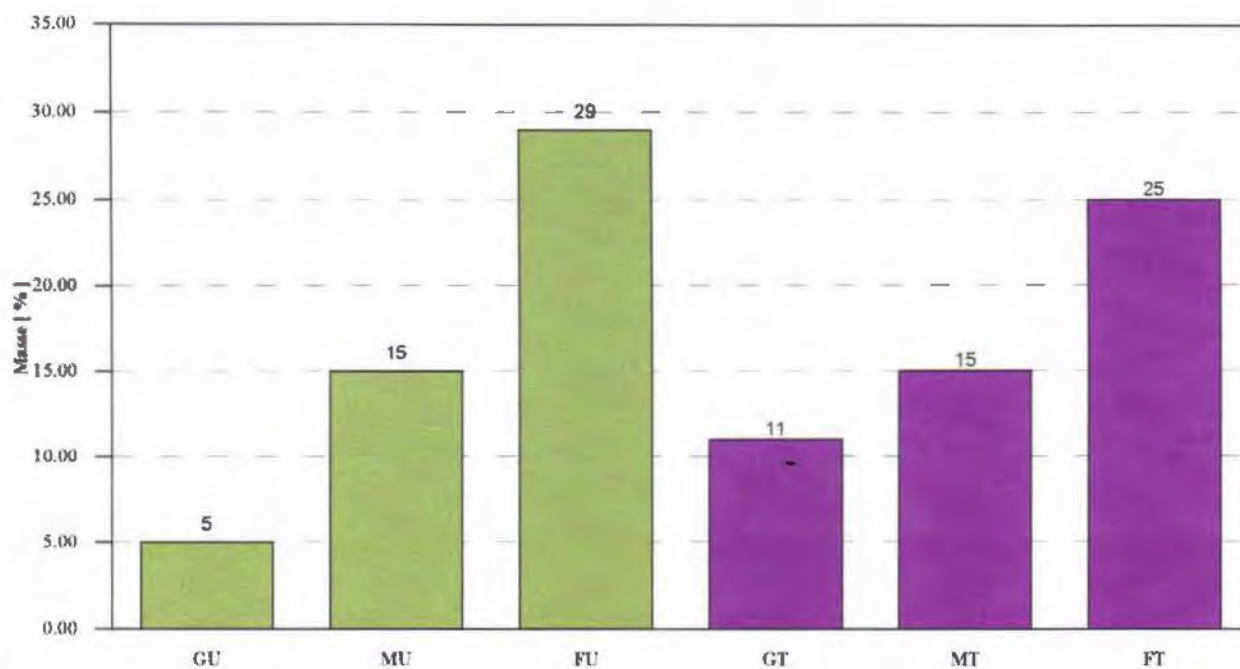
SUMMENKURVE

IAG

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE GEOLOGIE
UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN



KORNKLASSENVERTEILUNG



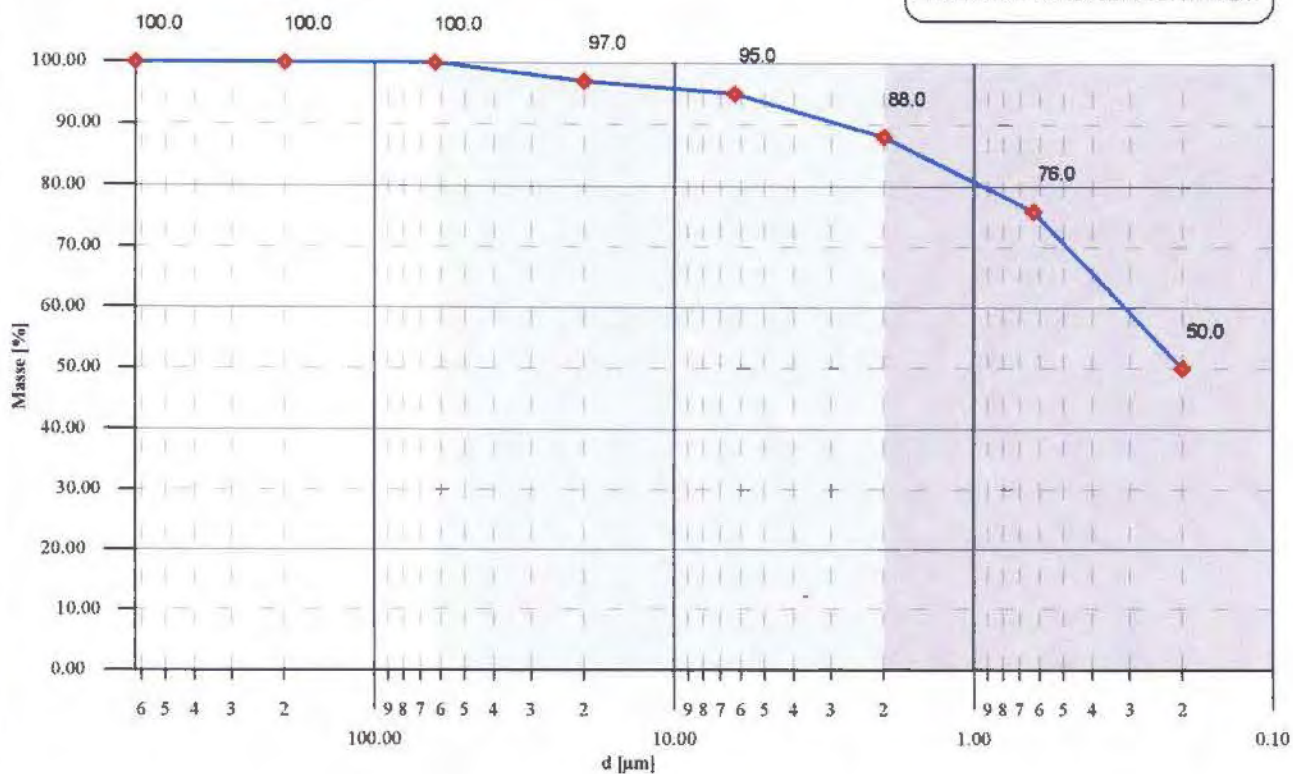
Probe : Stey

7.7.1997/ 9-Uhr

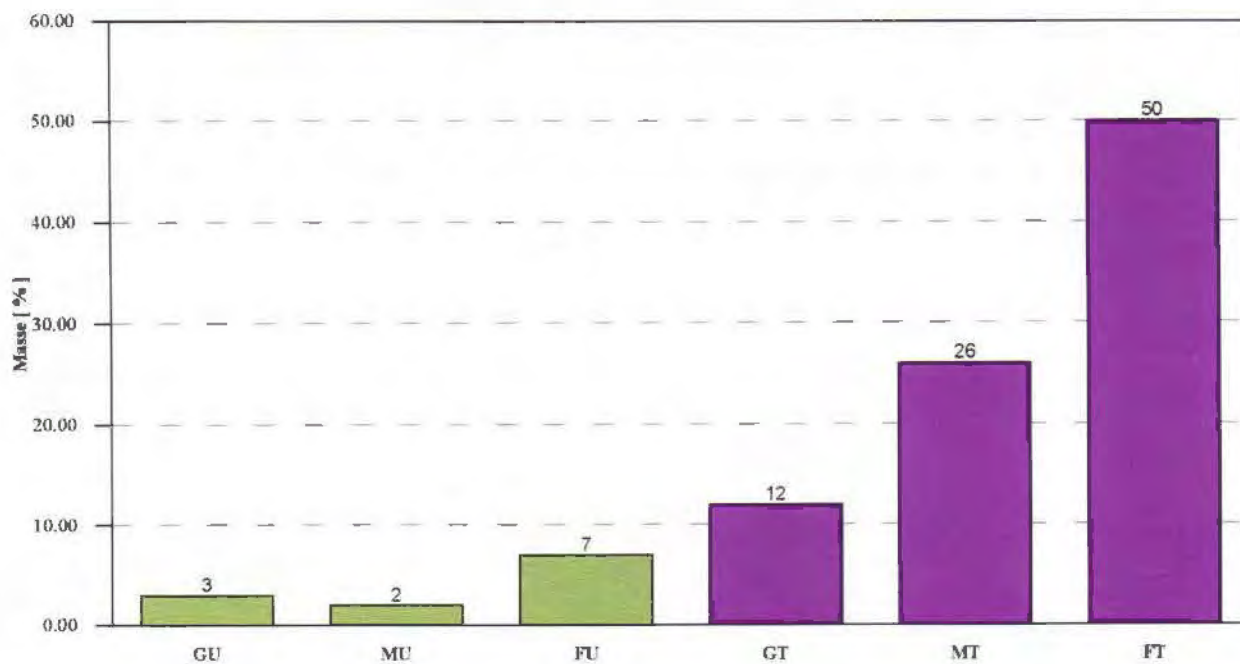
SUMMENKURVE

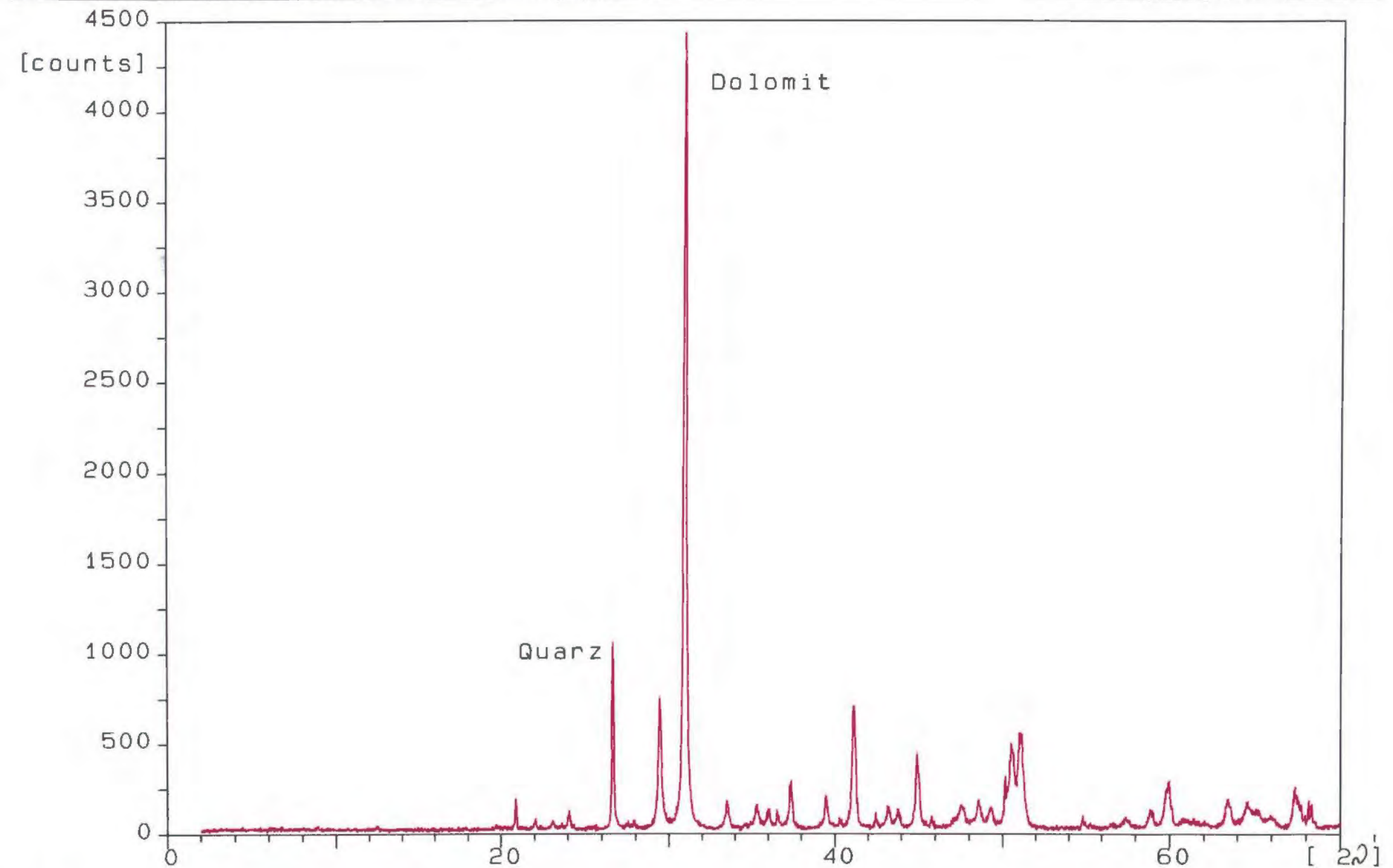
IAG

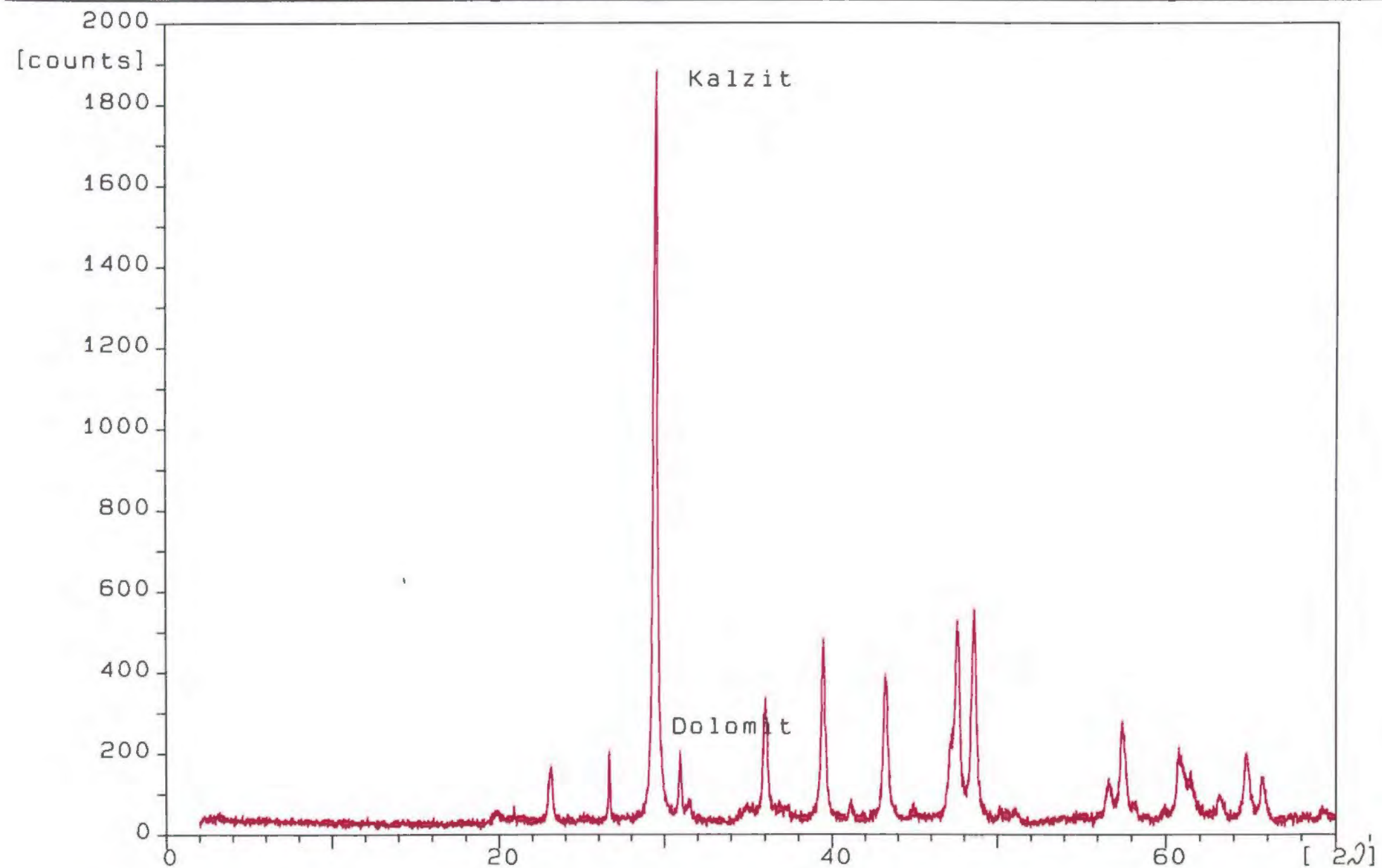
INSTITUT FÜR ANGEWANDTE GEOLOGIE
UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN

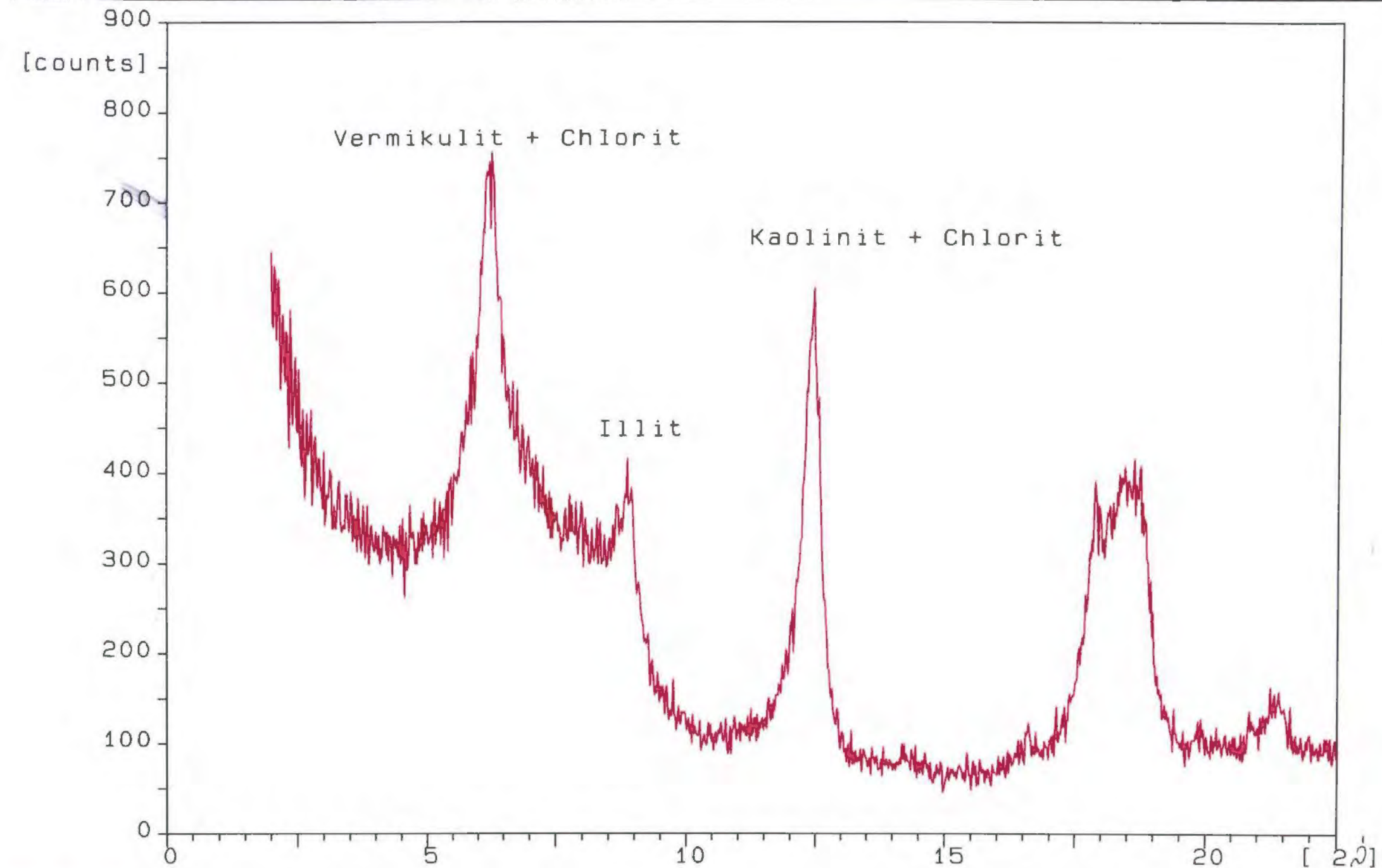


KORNKLASSENVERTEILUNG









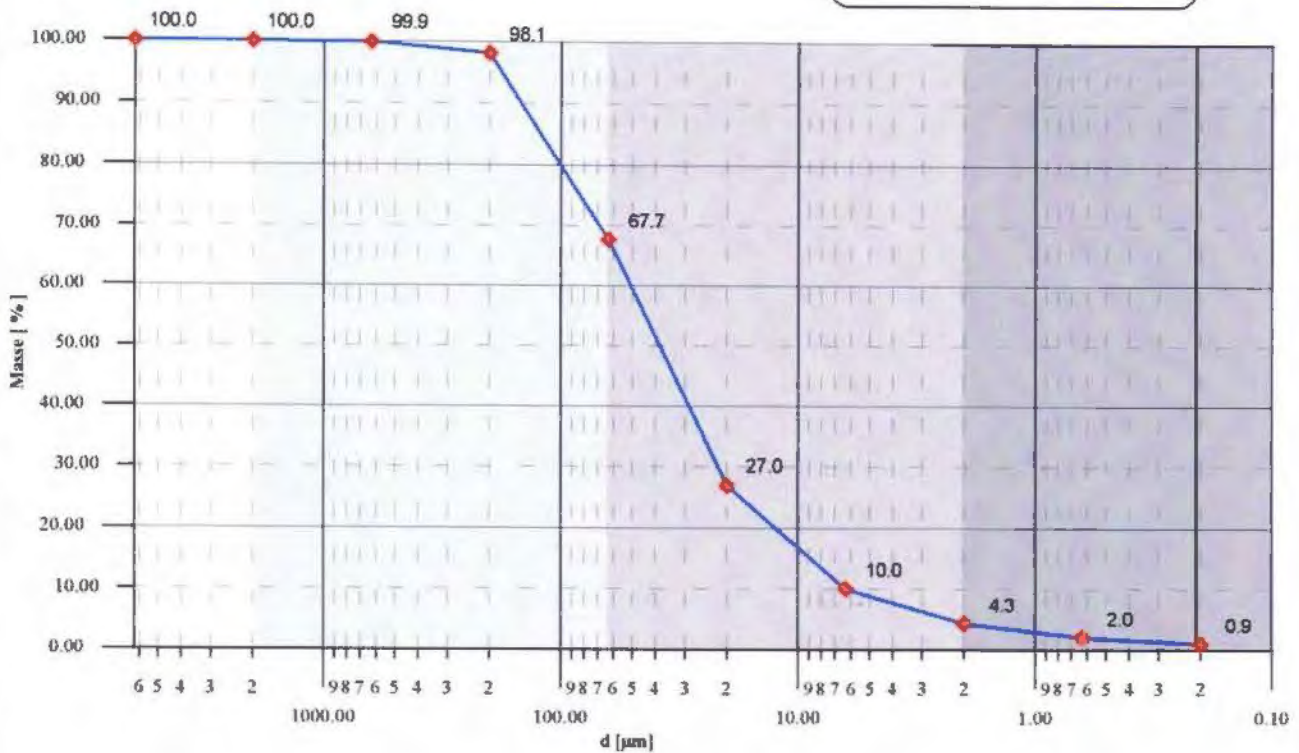
SUMMENKURVE

Höhlenlehm: Rettenbachhöhle

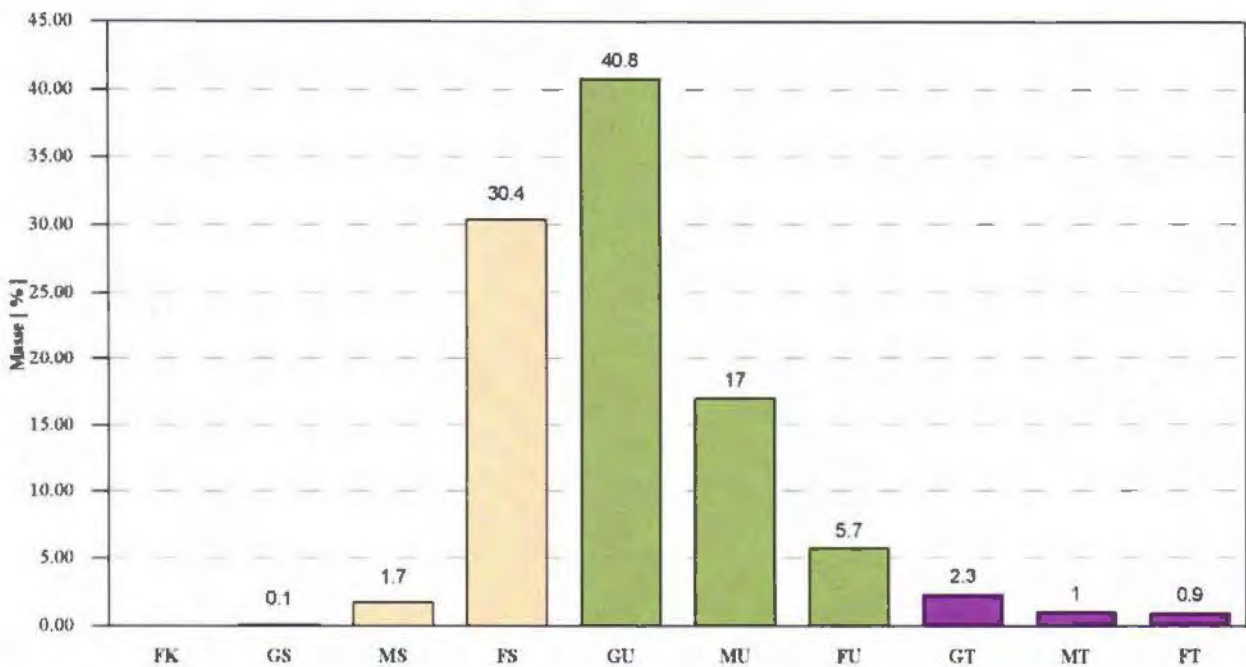
Angstlacke (0.00-0.50cm)

IAG

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE GEOLOGIE
UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN



KORNKLASSENVERTEILUNG



2547

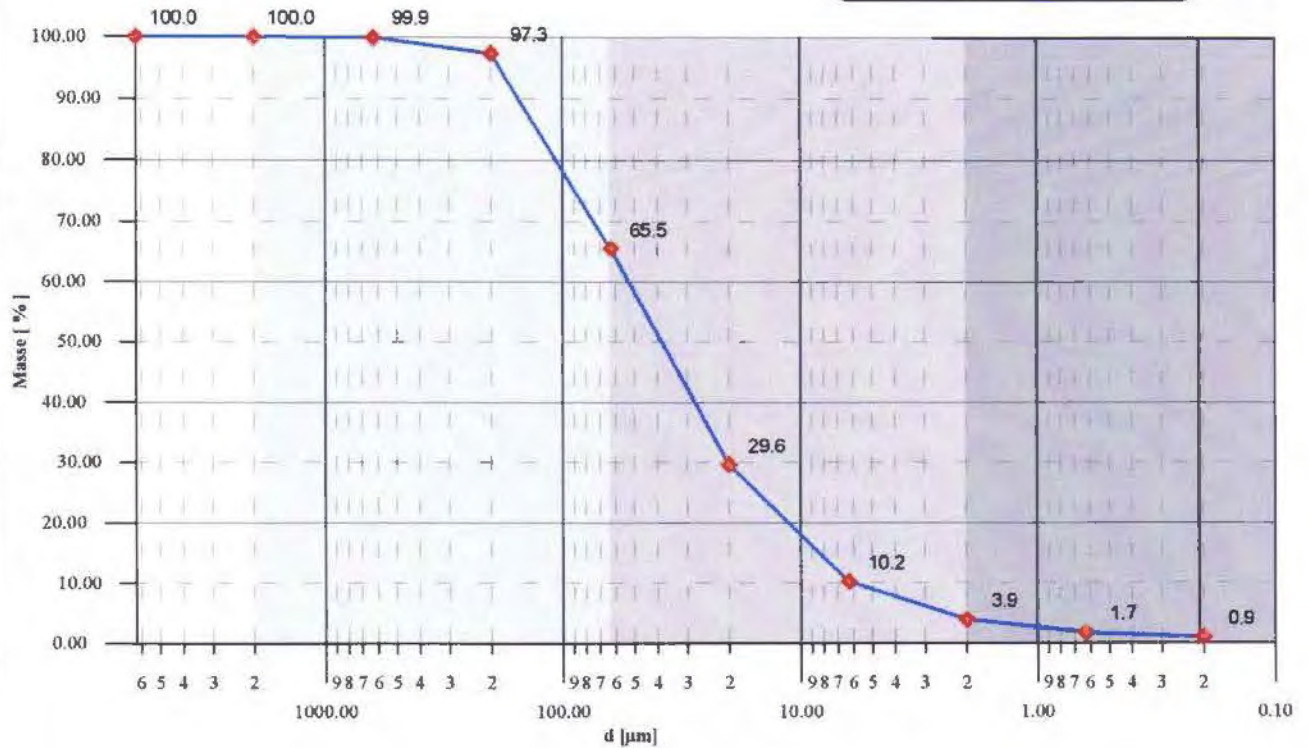
SUMMENKURVE

Höhlenlehm: Rettenbachhöhle

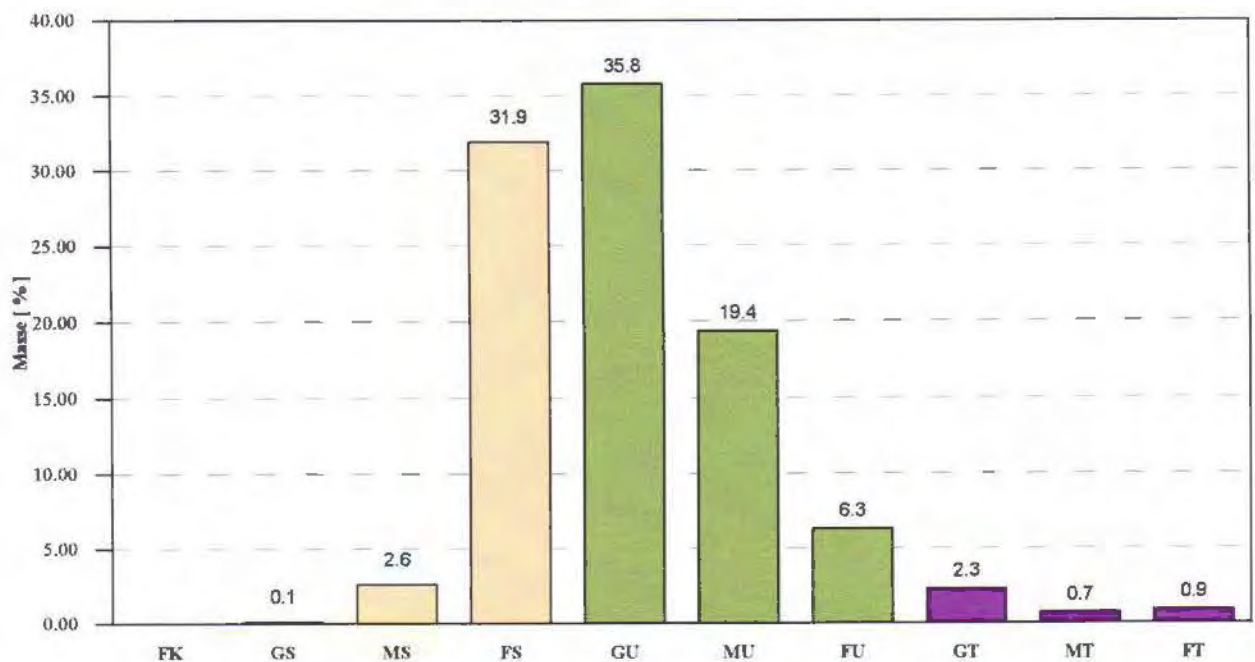
Angstlacker Tonklasten

IAG

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE GEOLOGIE
UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN



KORNKLASSENVERTEILUNG



2548

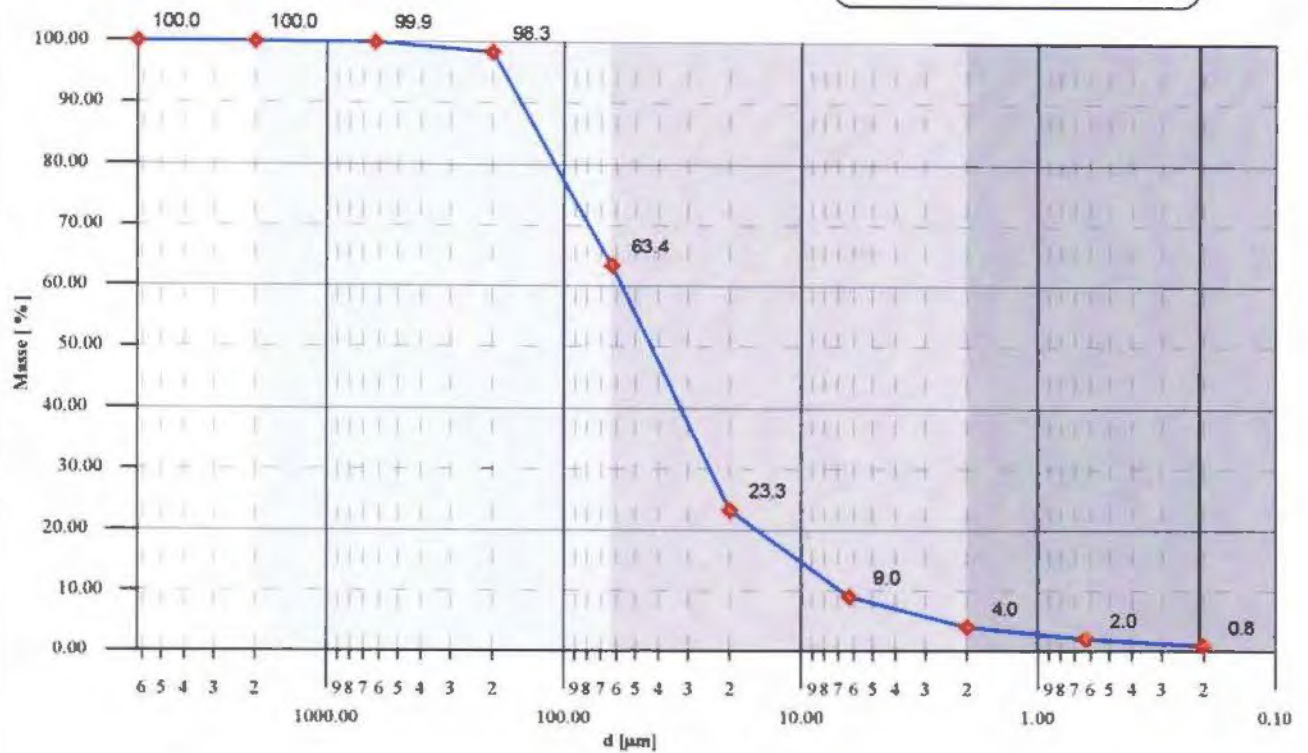
SUMMENKURVE

Höhlenlehm: Rettenbachhöhle

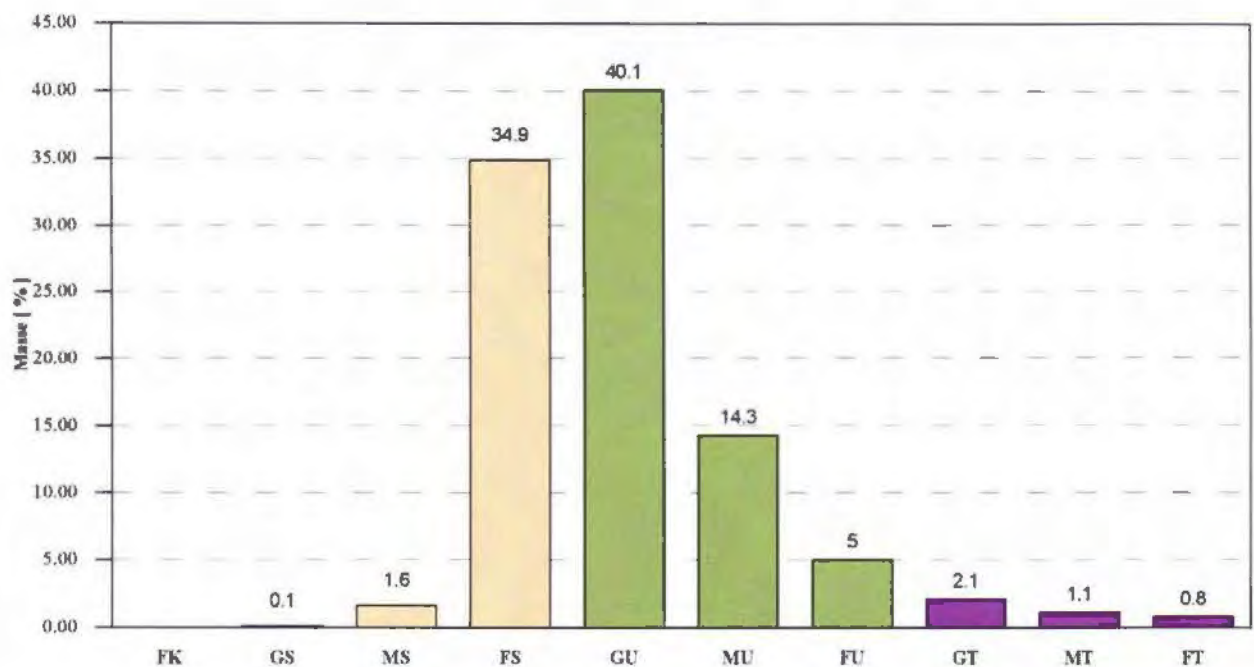
Angstlacke (0.50-15.00cm)

IAG

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE GEOLOGIE
UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN



KORNKLASSENVERTEILUNG



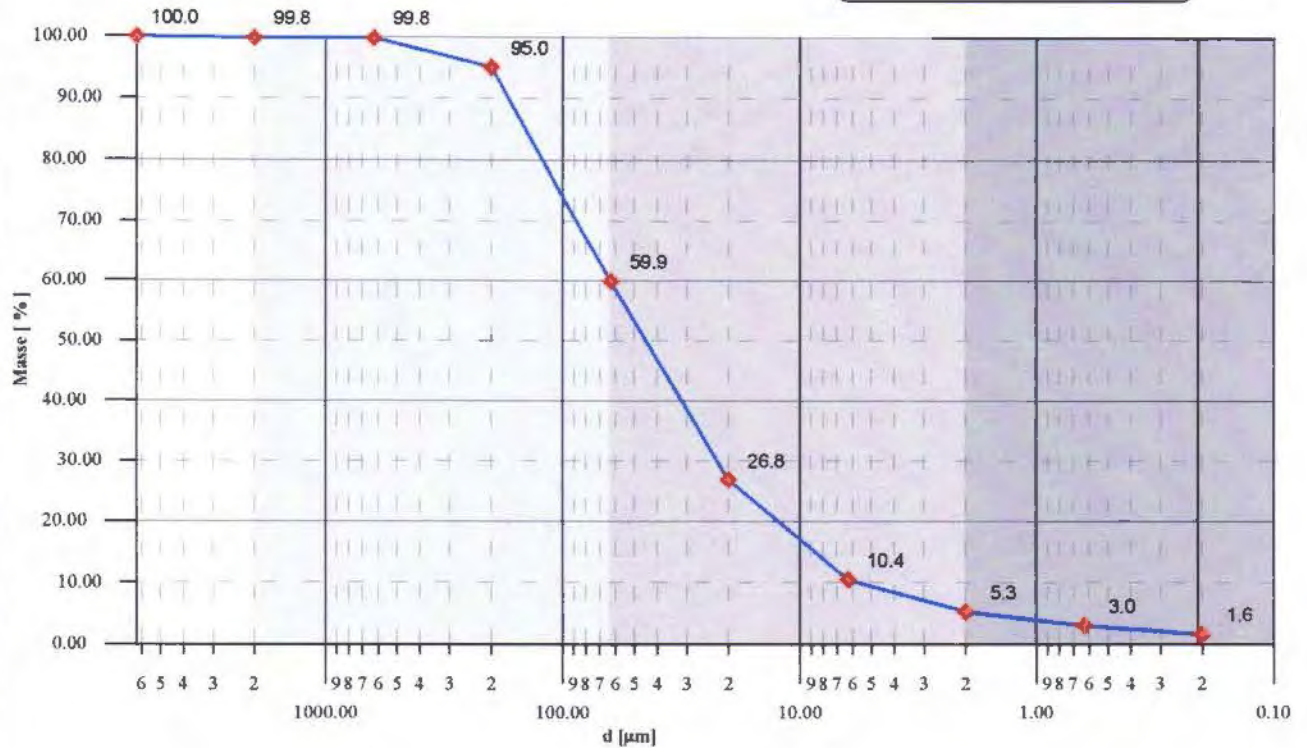
SUMMENKURVE

Höhlenlehm: Rettenbachhöhle

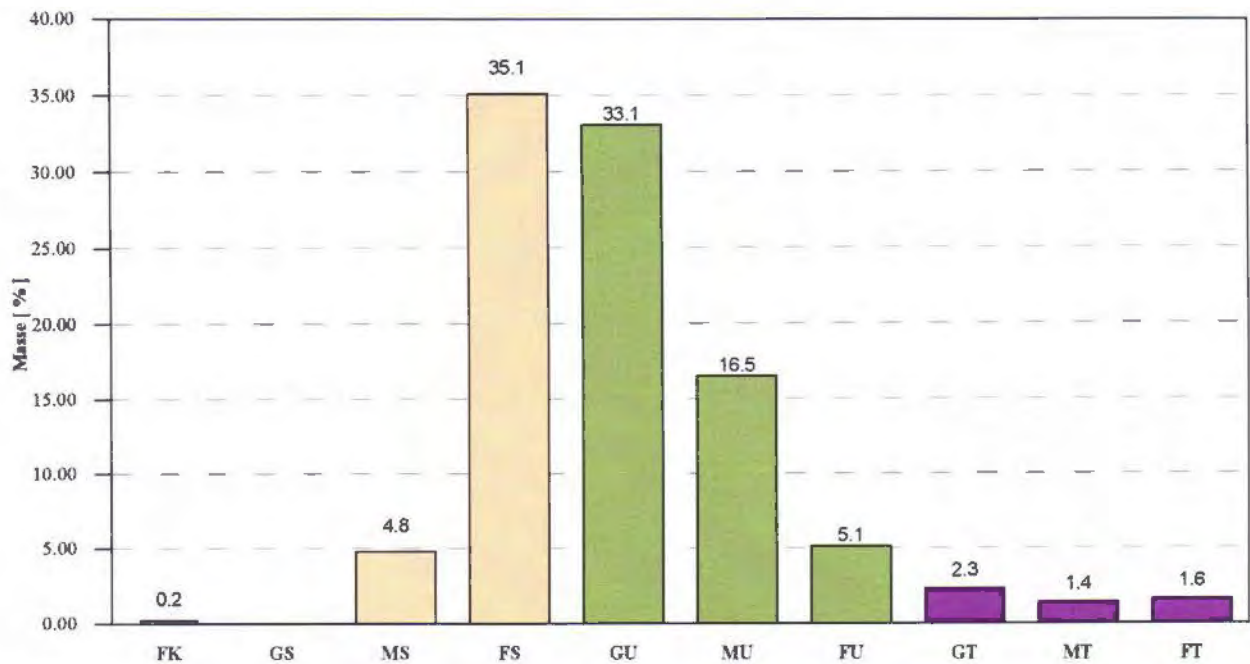
Angstlacke (15.00-25.00cm)

IAG

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE GEOLOGIE
UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN



KORNKLASSENVERTEILUNG



2550

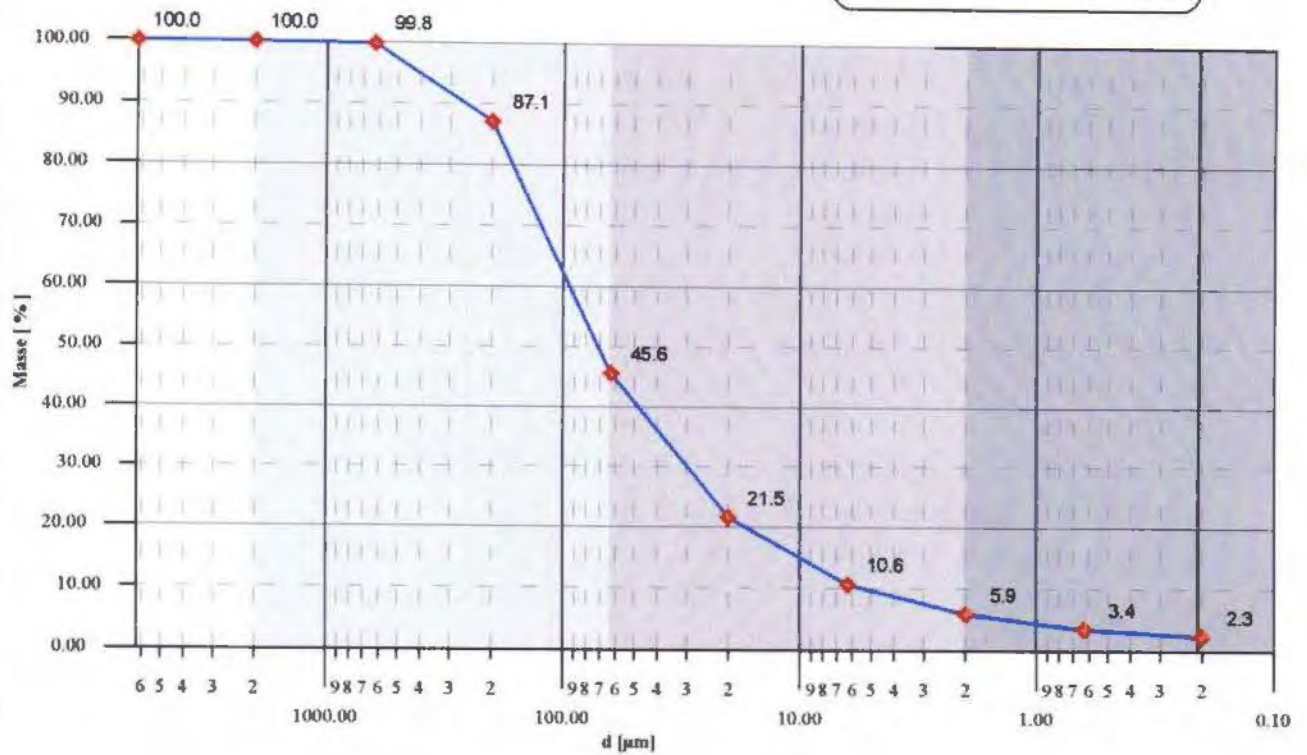
SUMMENKURVE

Höhlenlehm: Rettenbachhöhle

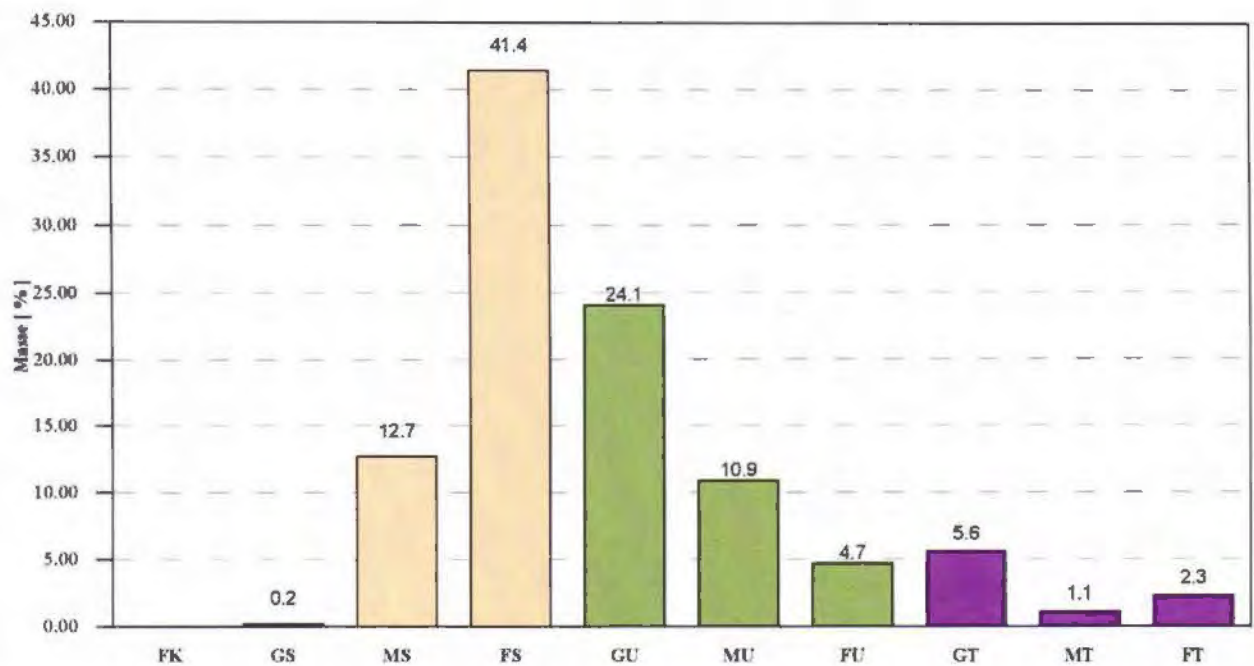
Angstlacker Grobsediment

IAG

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE GEOLOGIE
UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN



KORNKLASSENVERTEILUNG

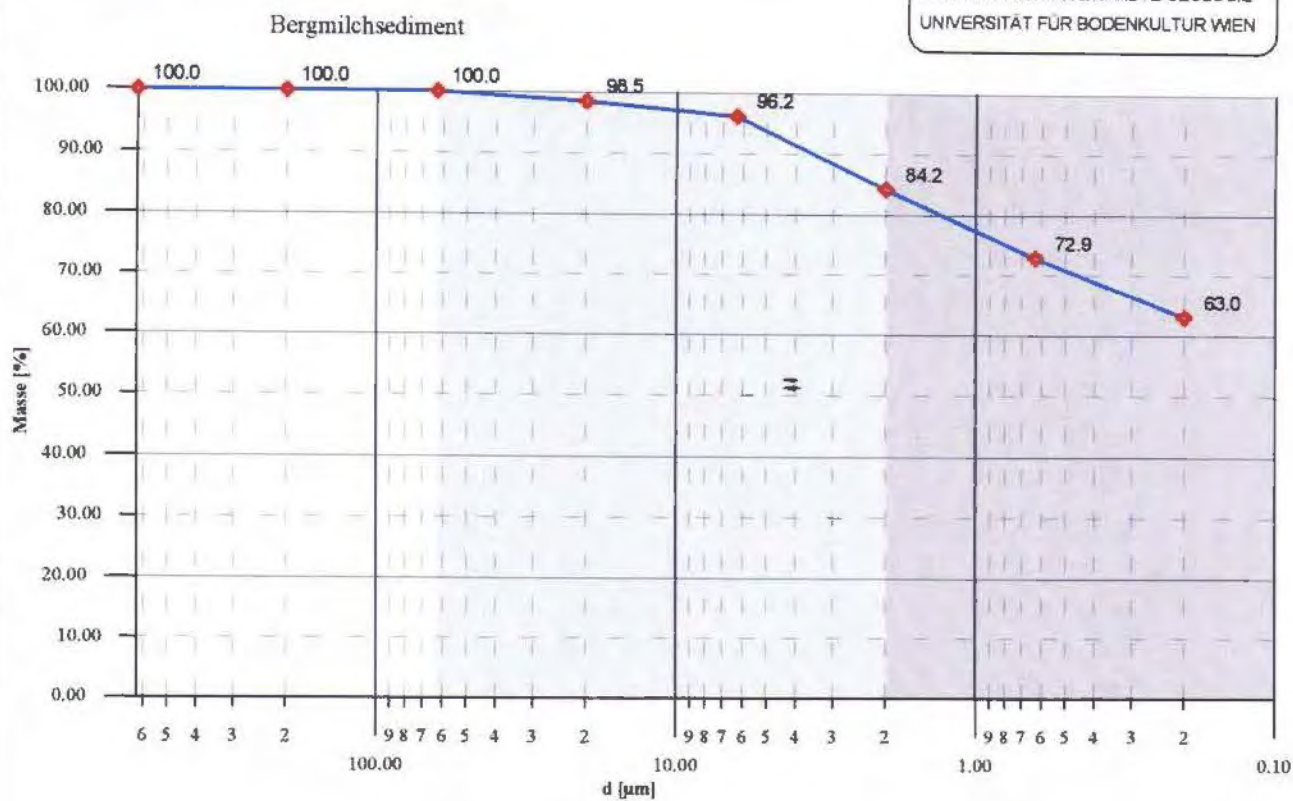


Höhlenlehme : Rettenbachhöhle

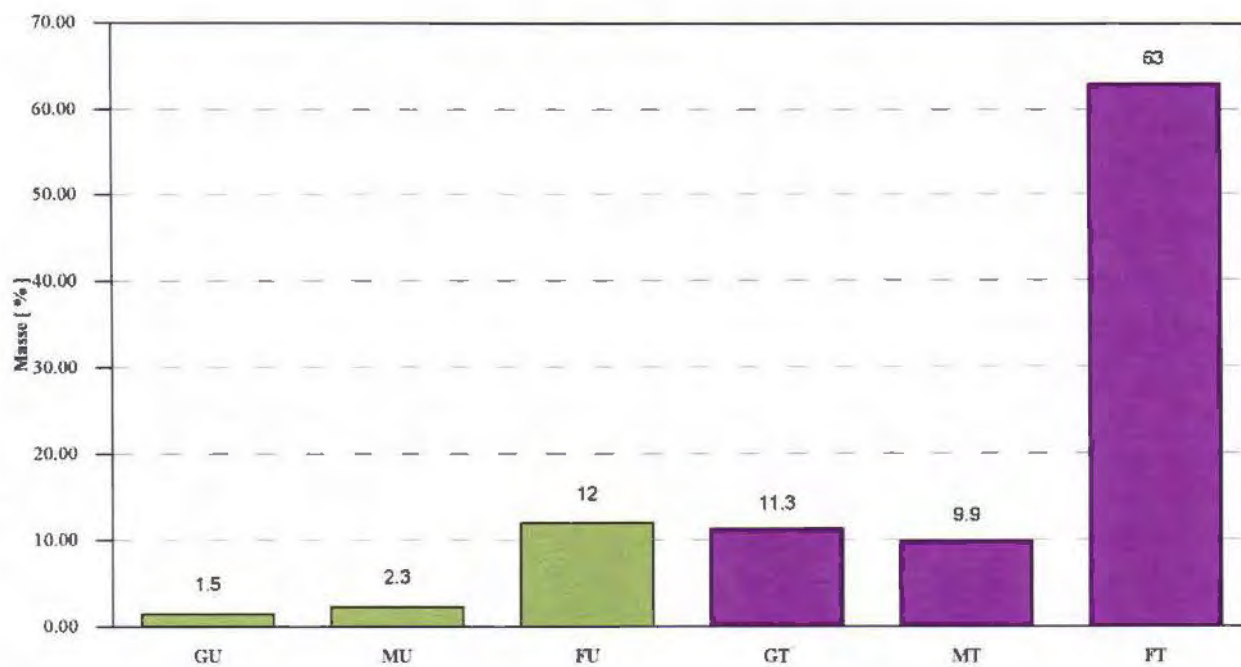
SUMMENKURVE

IAG

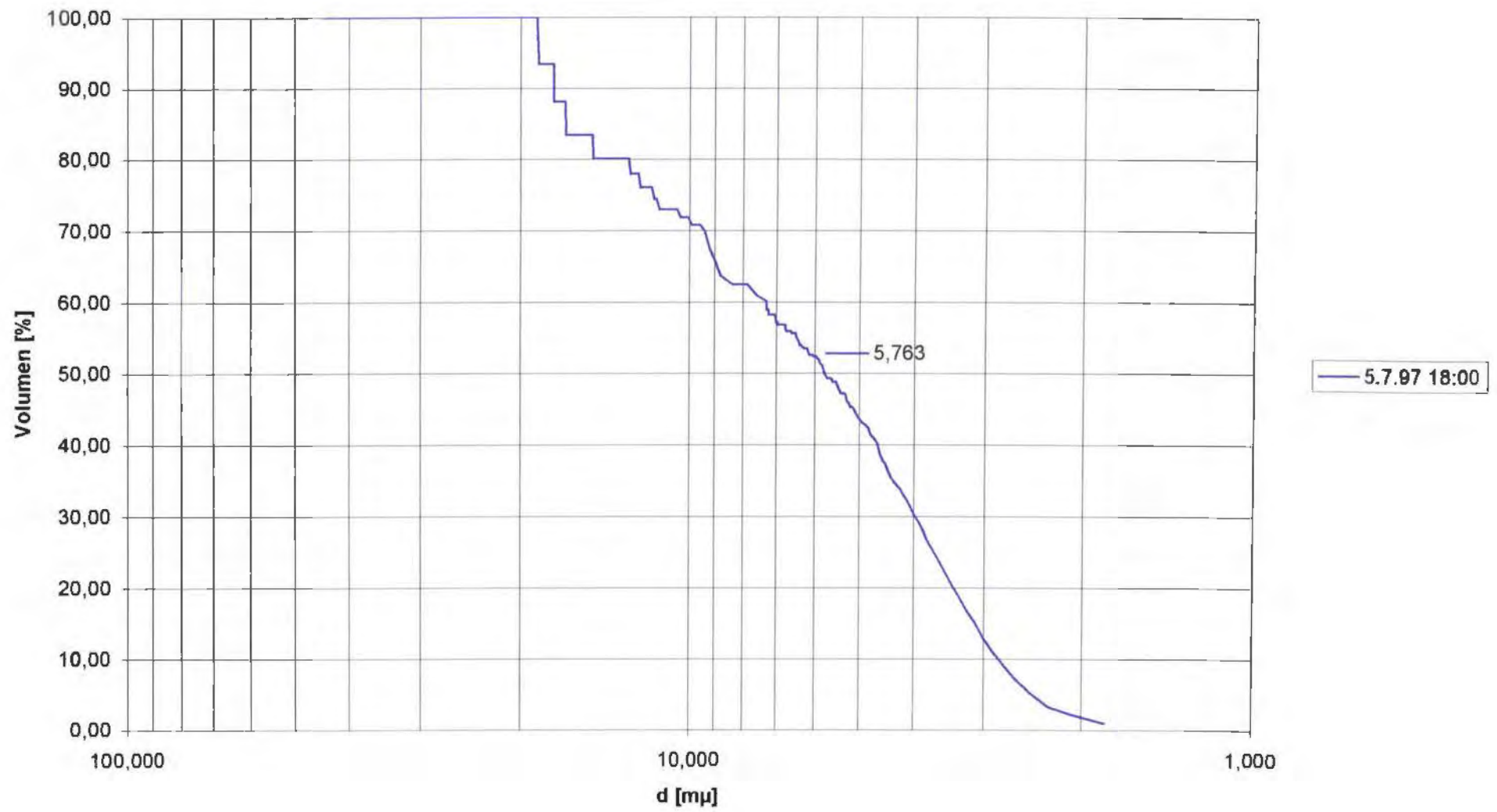
INSTITUT FÜR ANGEWANDTE GEOLOGIE
UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN



KORNKLASSENVERTEILUNG

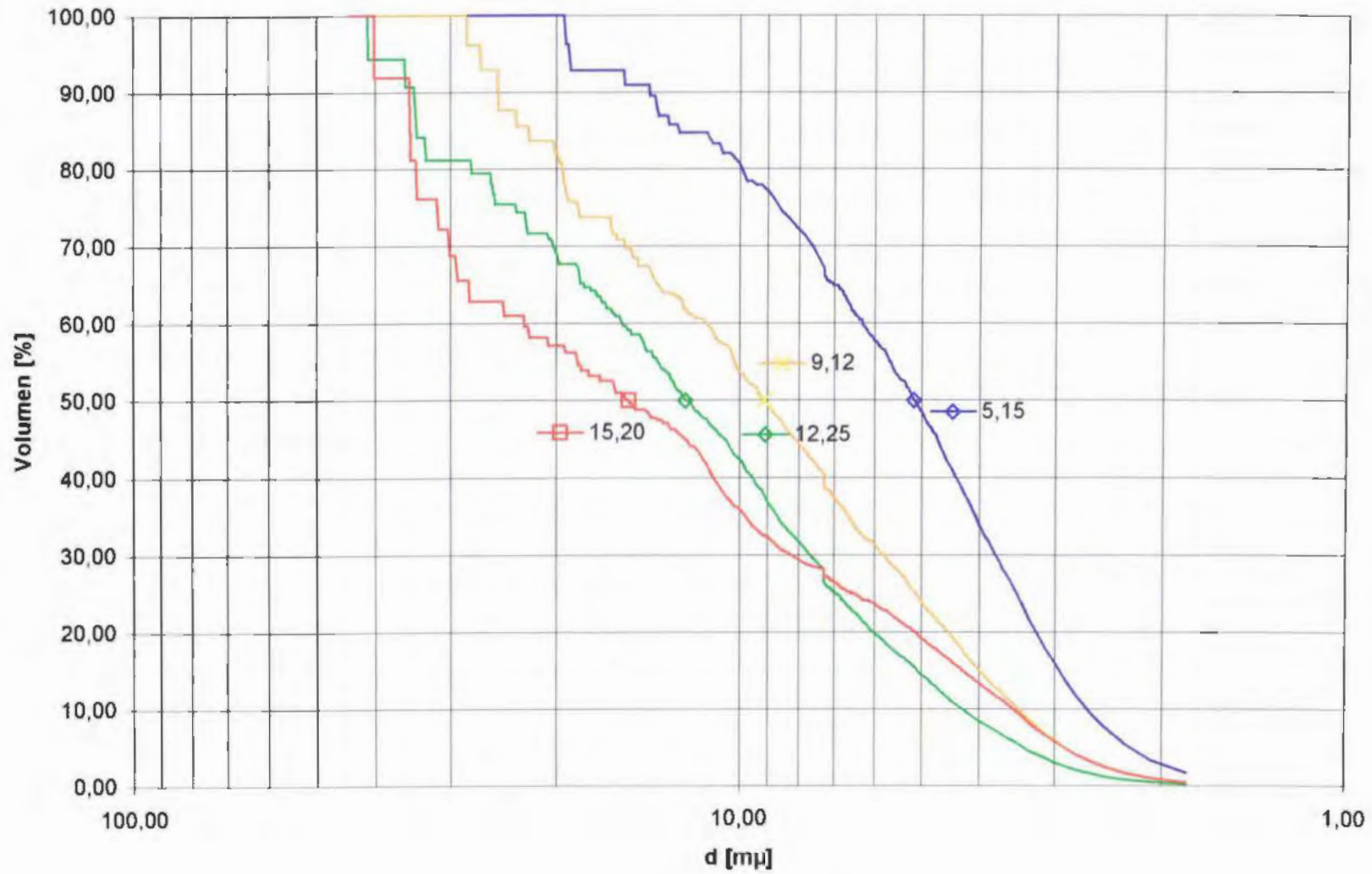


Hrq (5.7.97)



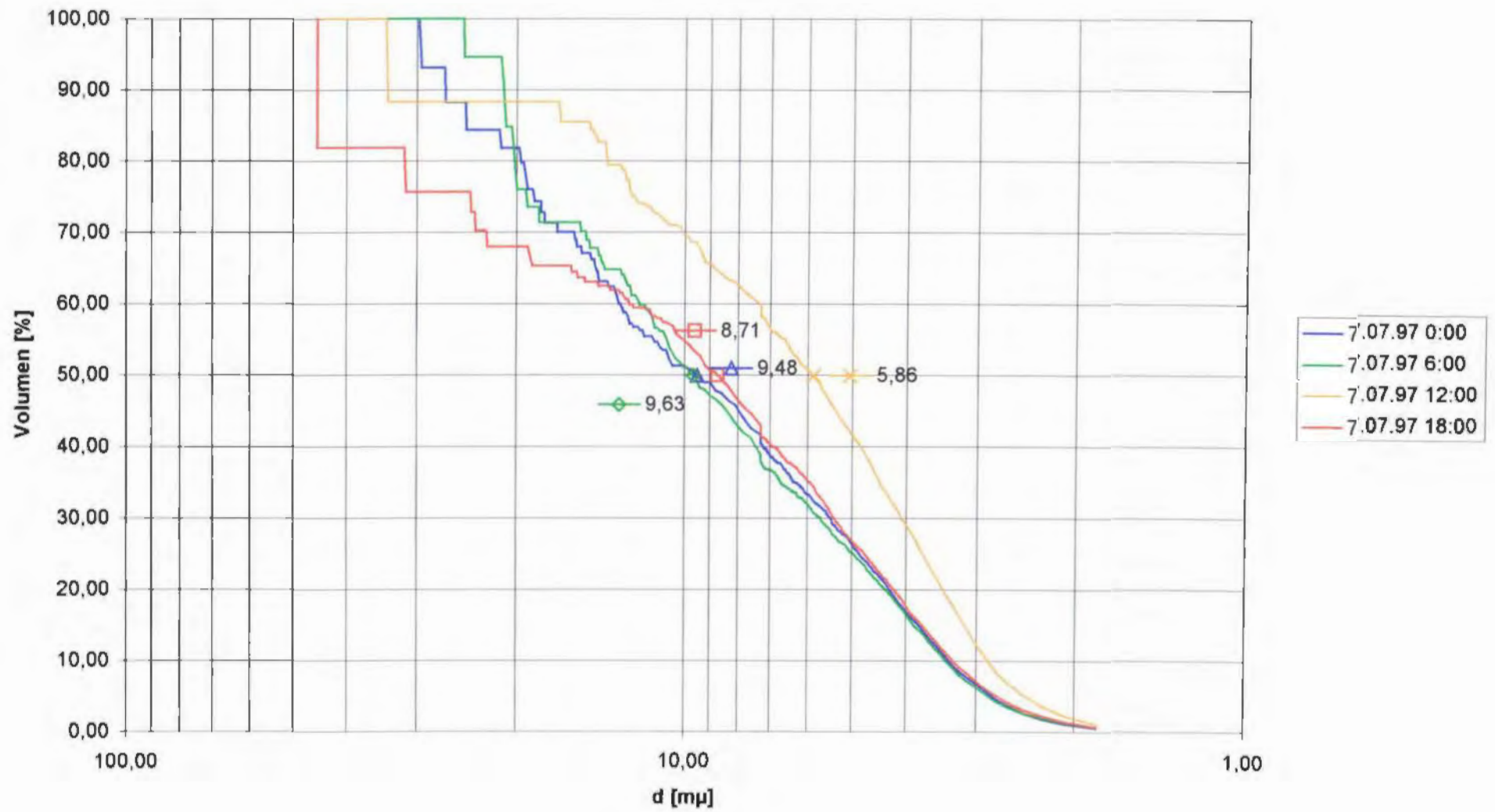
Beilage 19

Hrq (6.07.97)

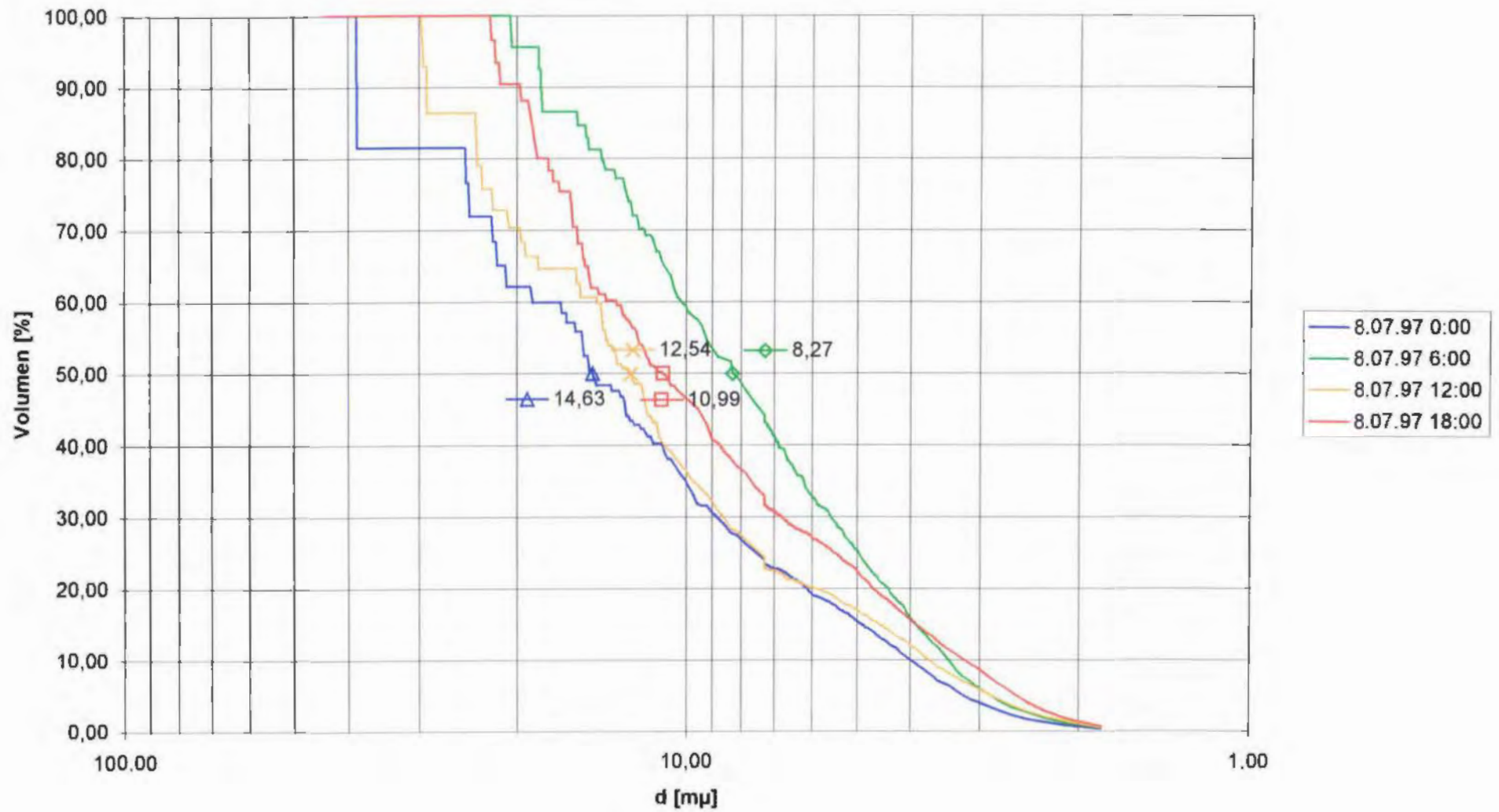


Beilage 20

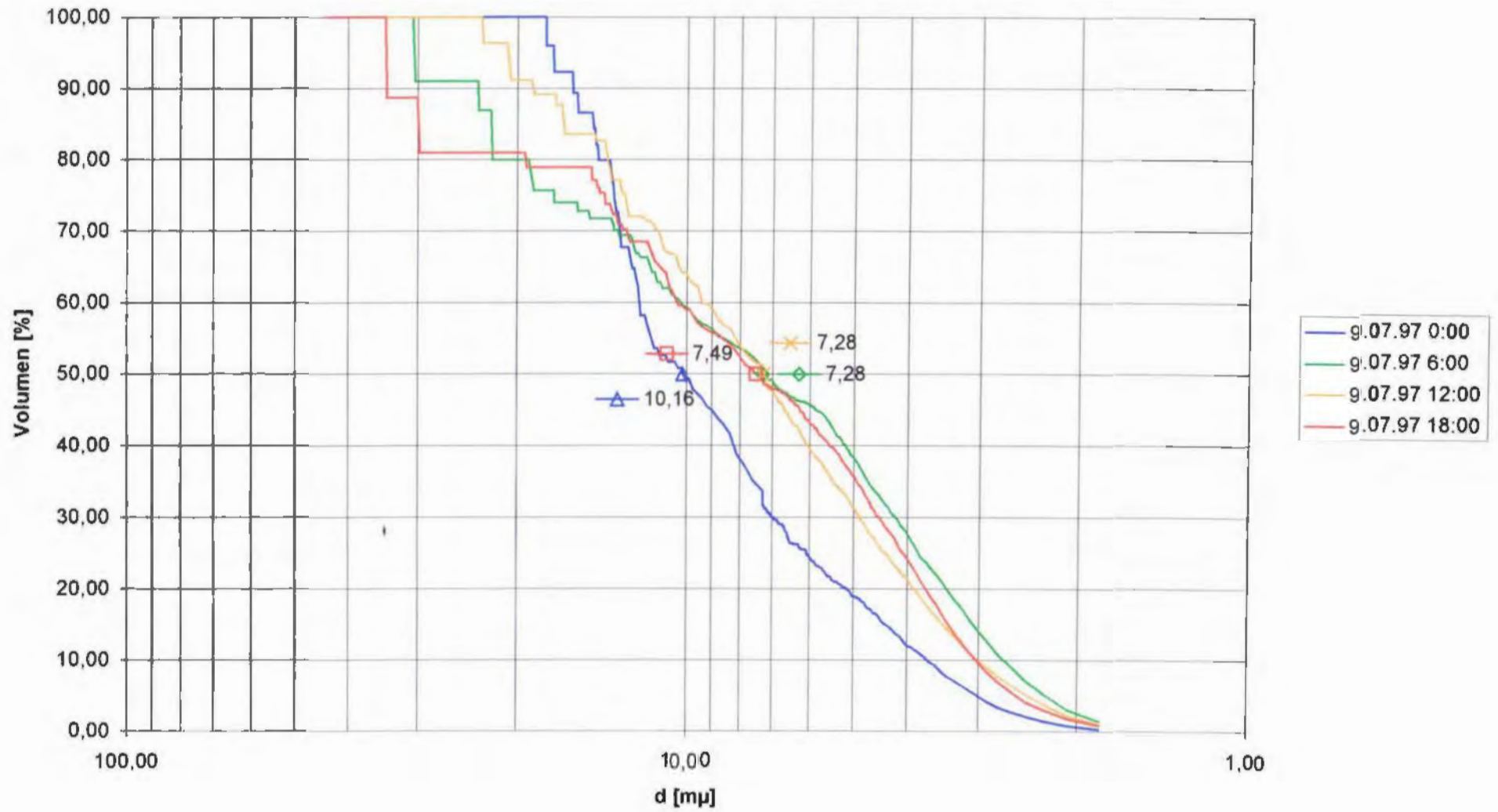
Hrq (7.07.97)



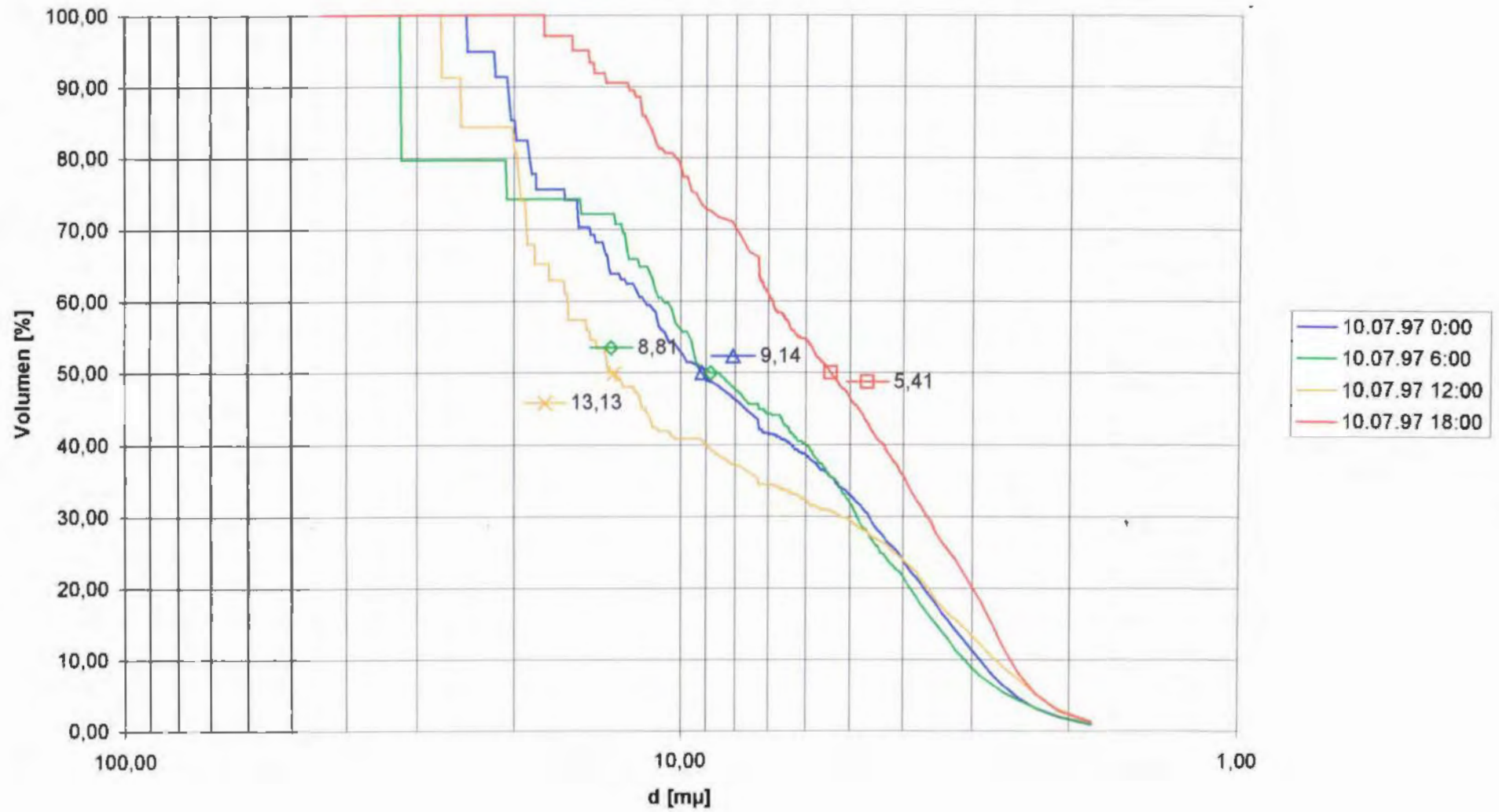
Hrq (8.07.97)



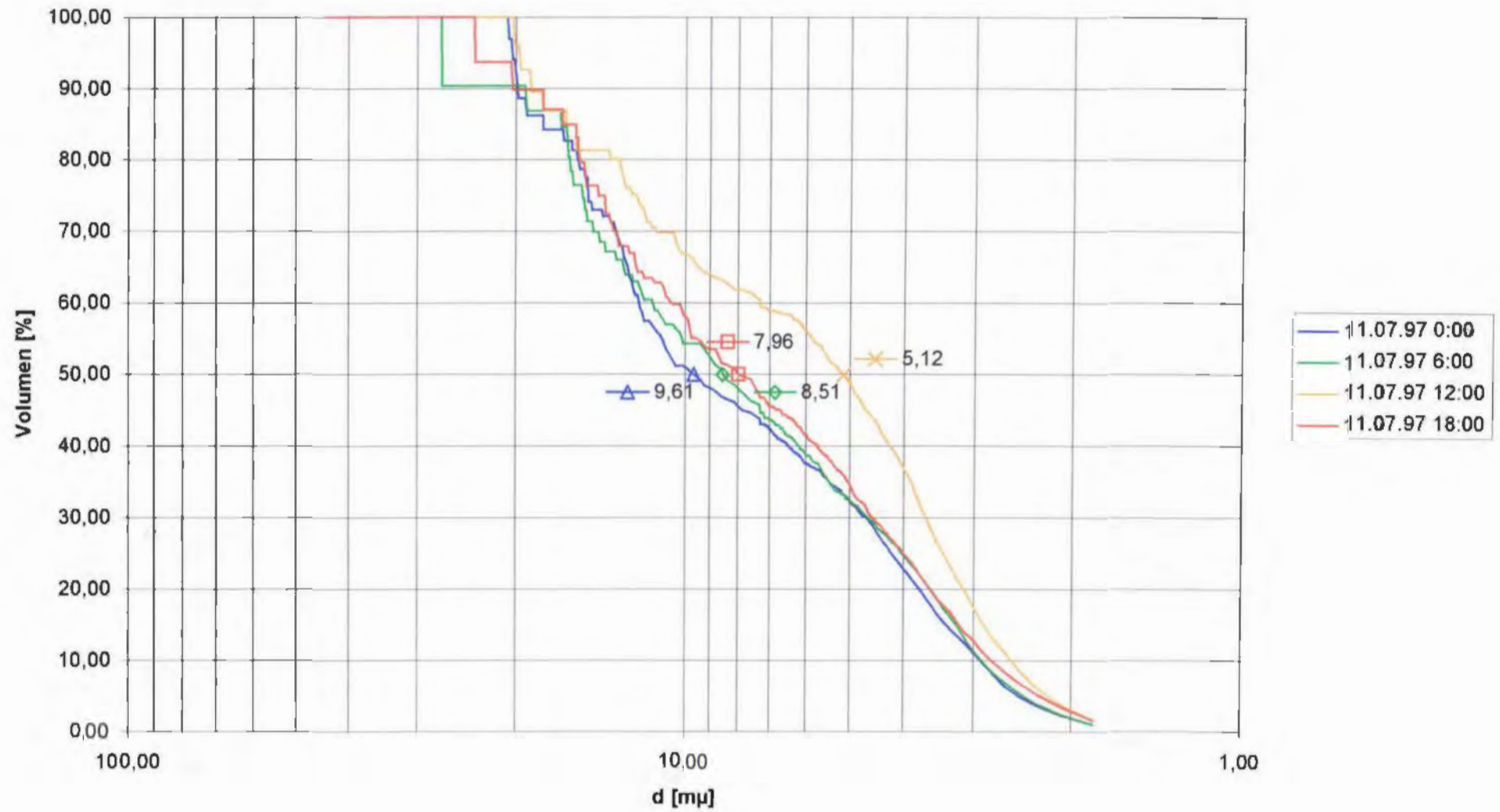
Hrq (9.07.97)



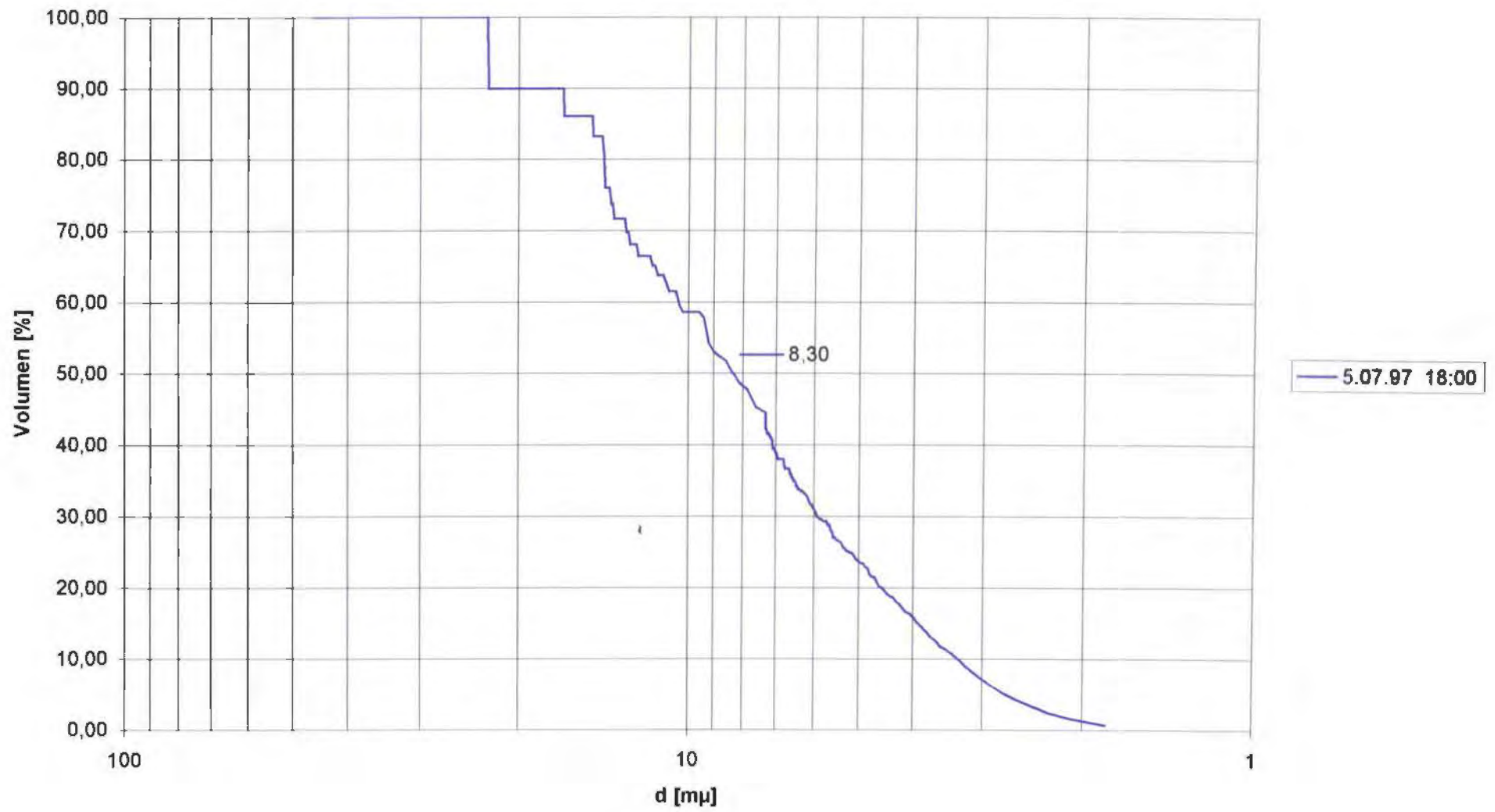
Hrq (10.07.97)



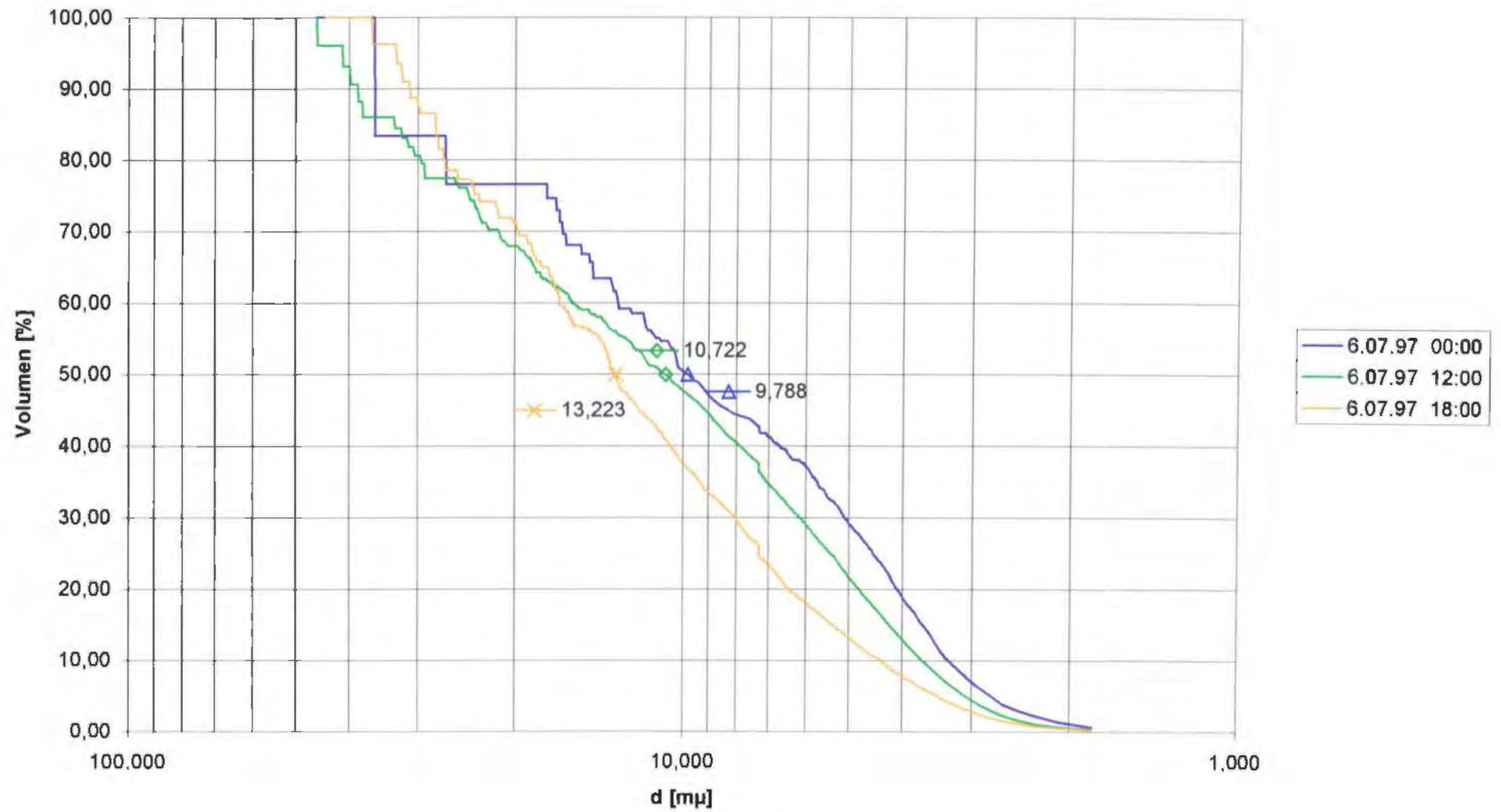
Hrq (11.07.97)



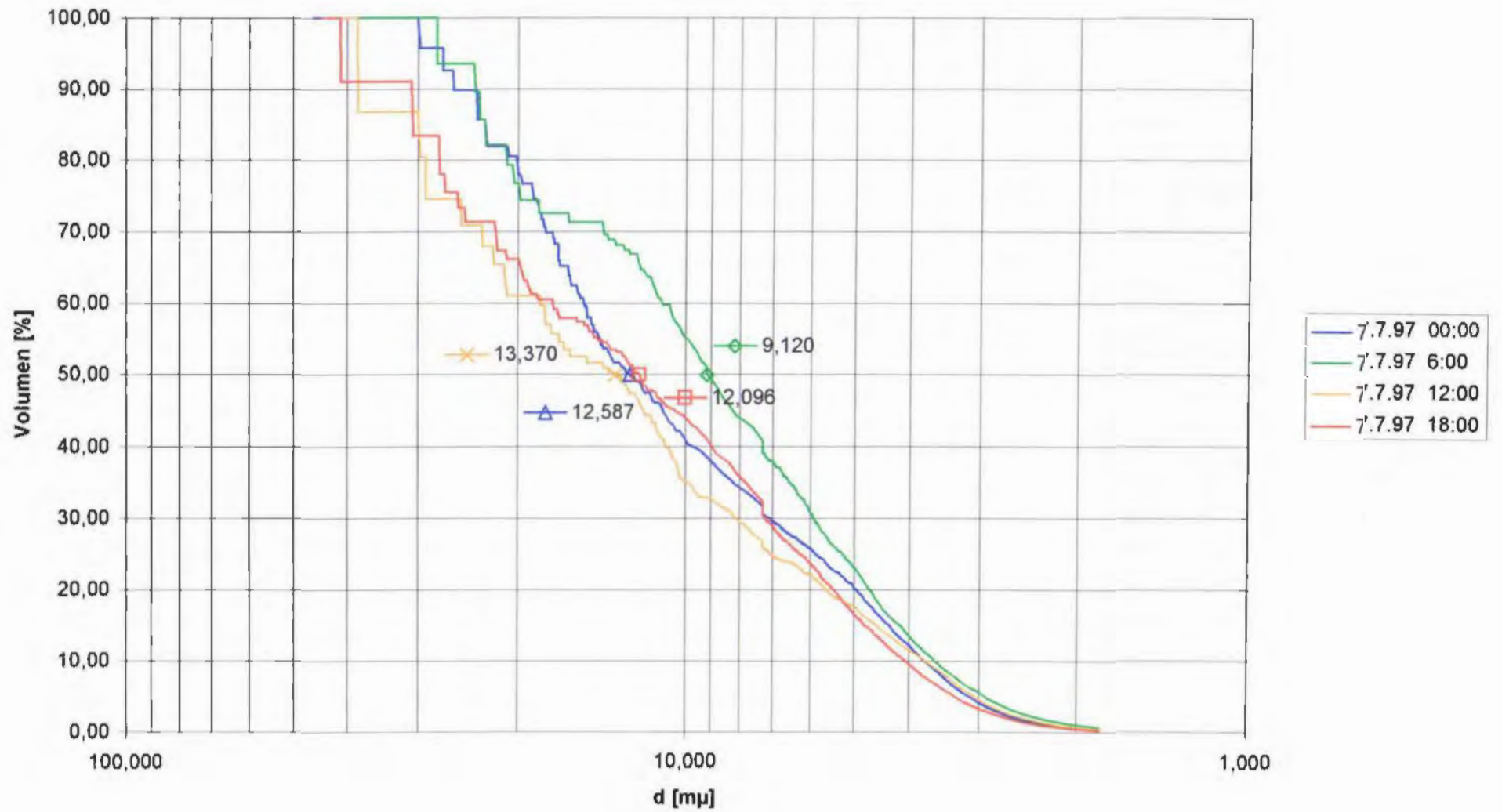
STEY (5.07.97)



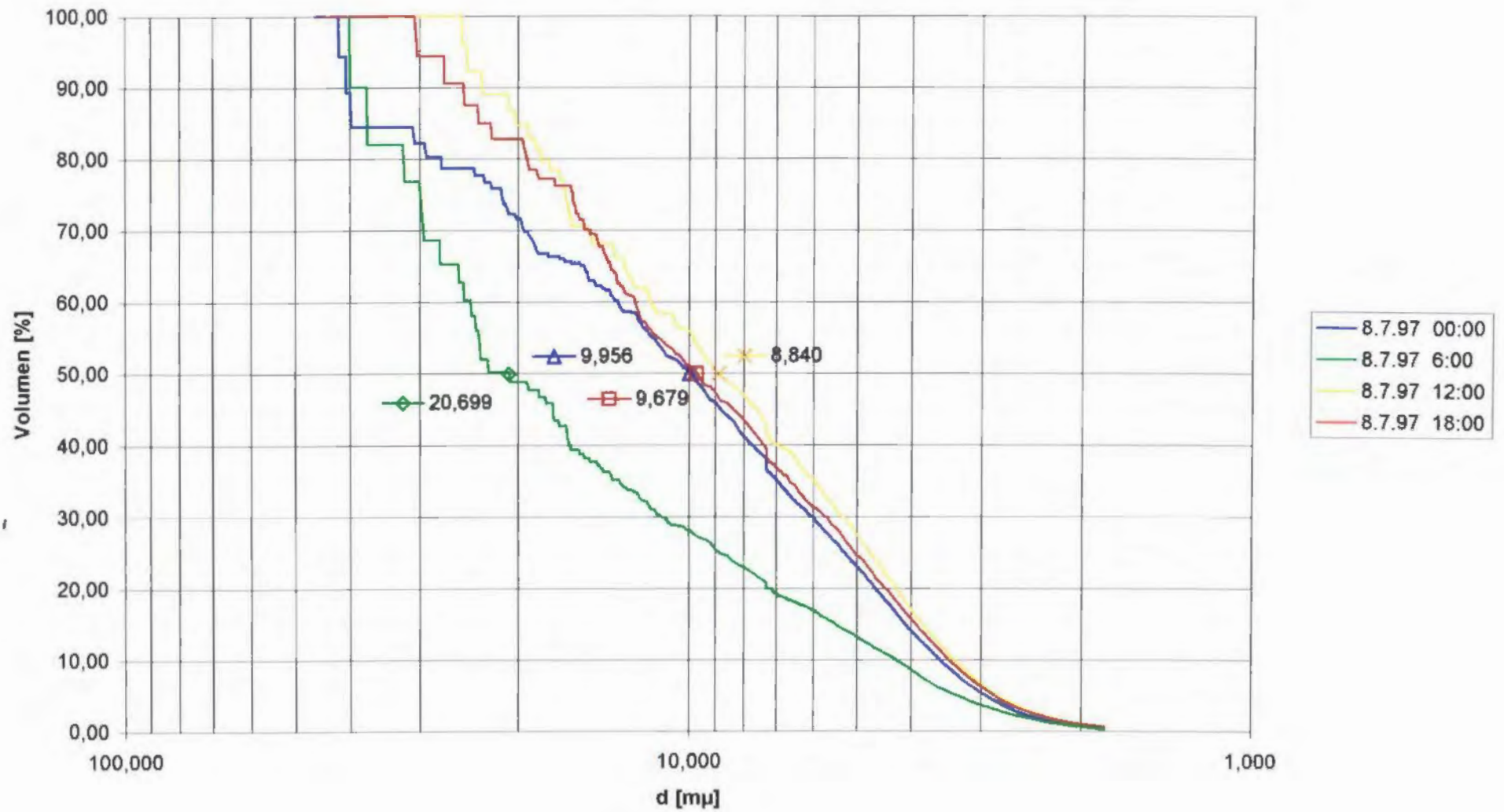
STEY (6.07.97)



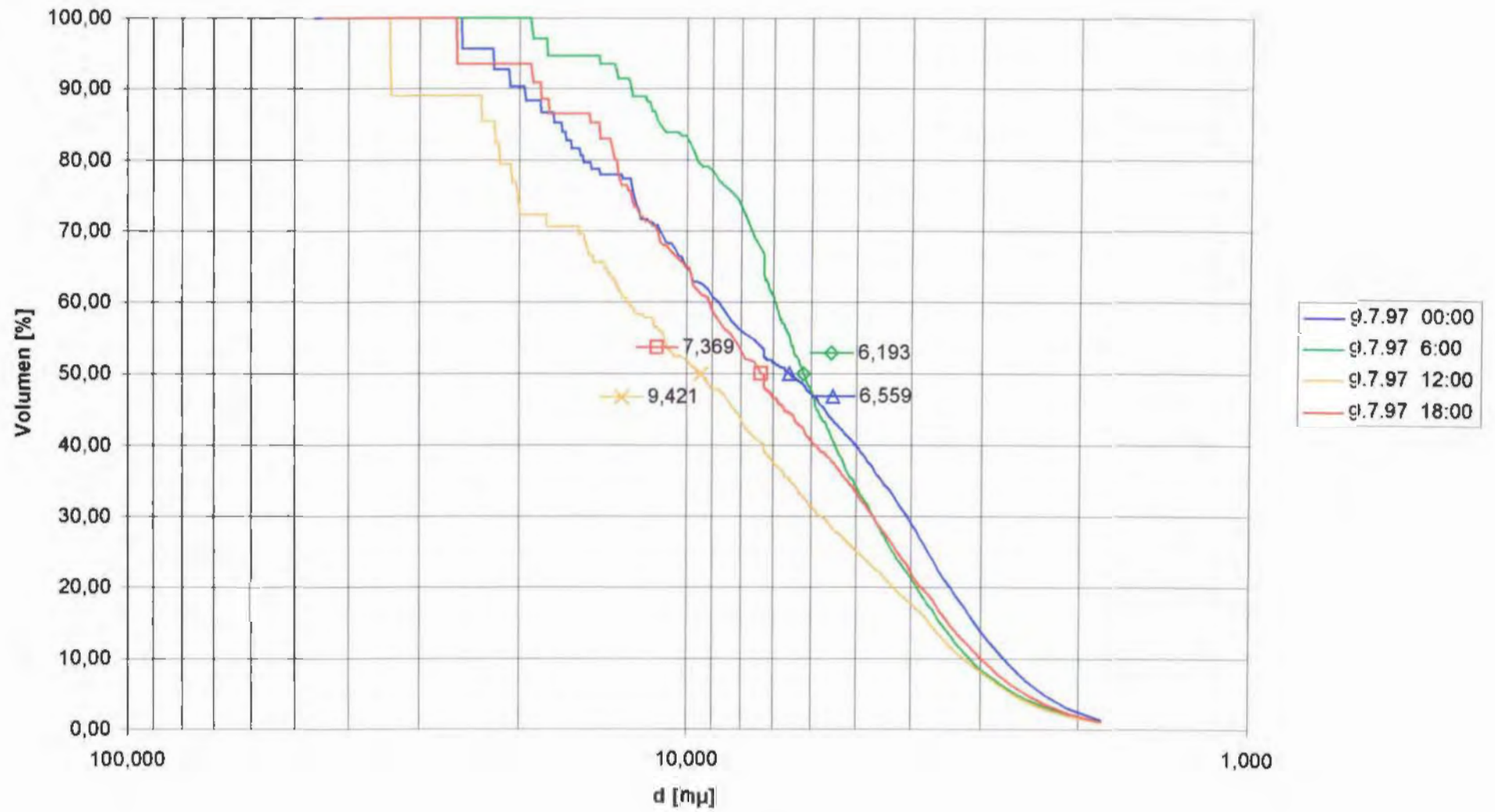
STEY (7.07.97)



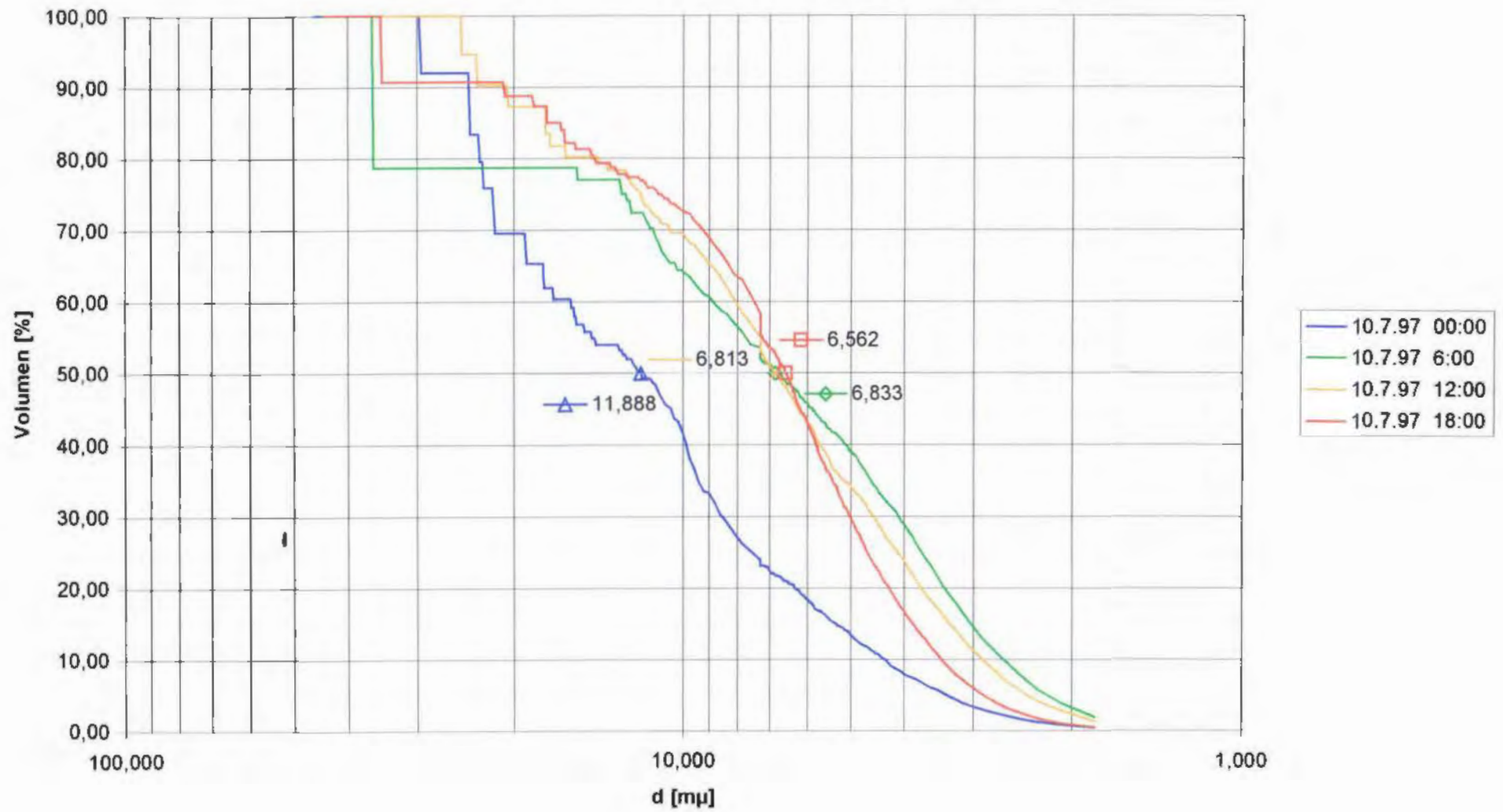
STEY (8.07.97)



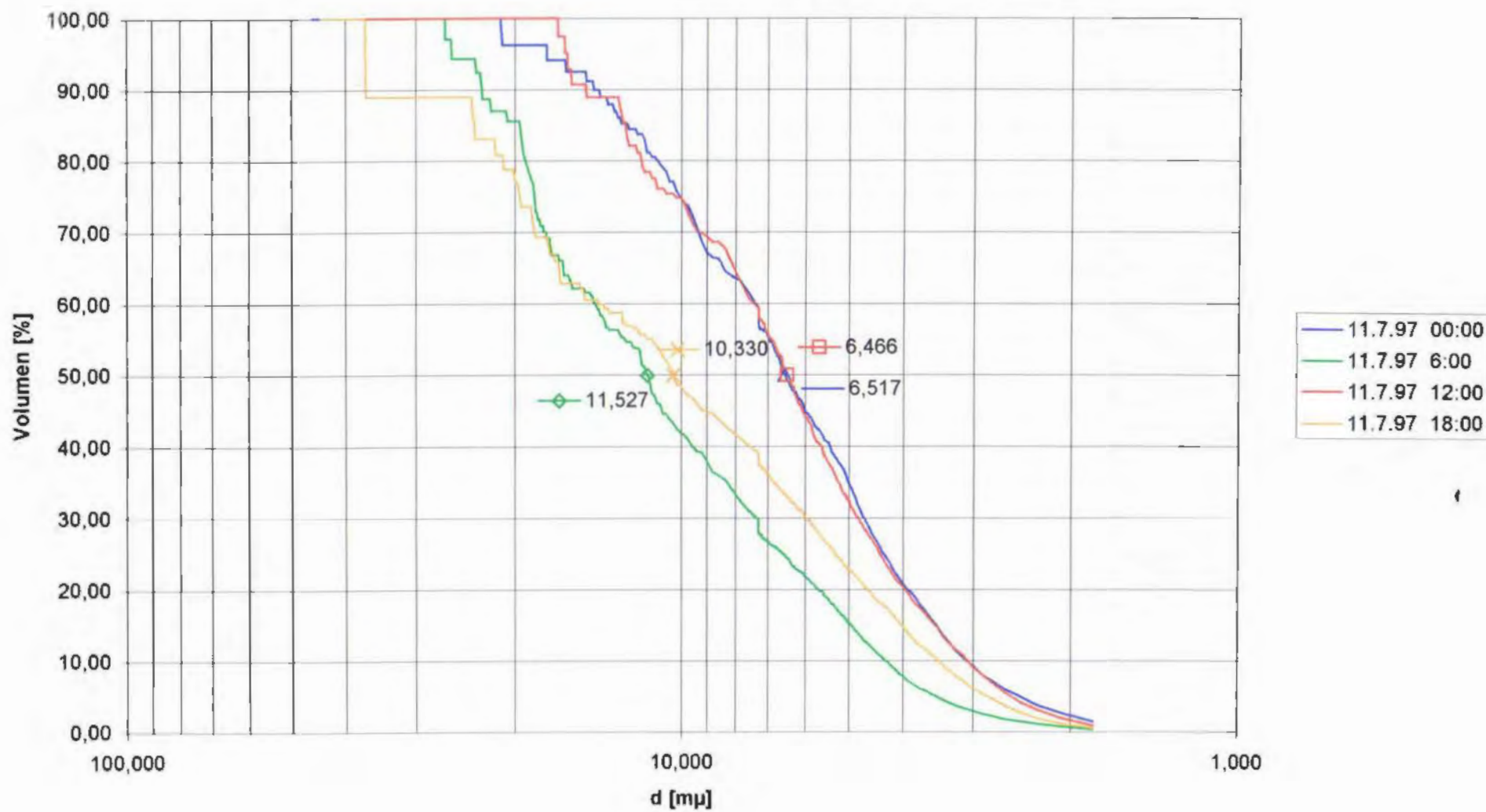
STEY (9.07.97)



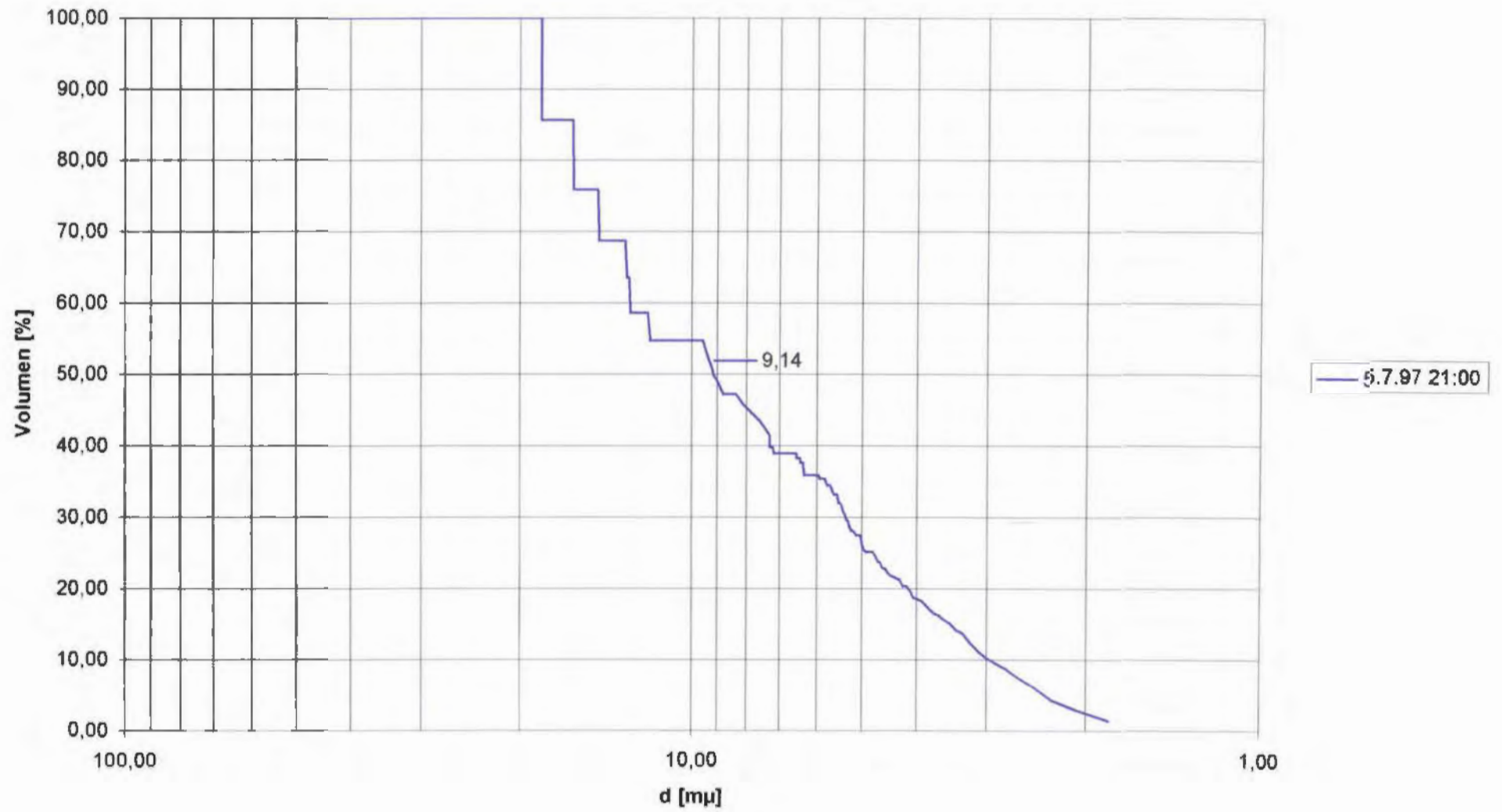
STEY (10.07.97)



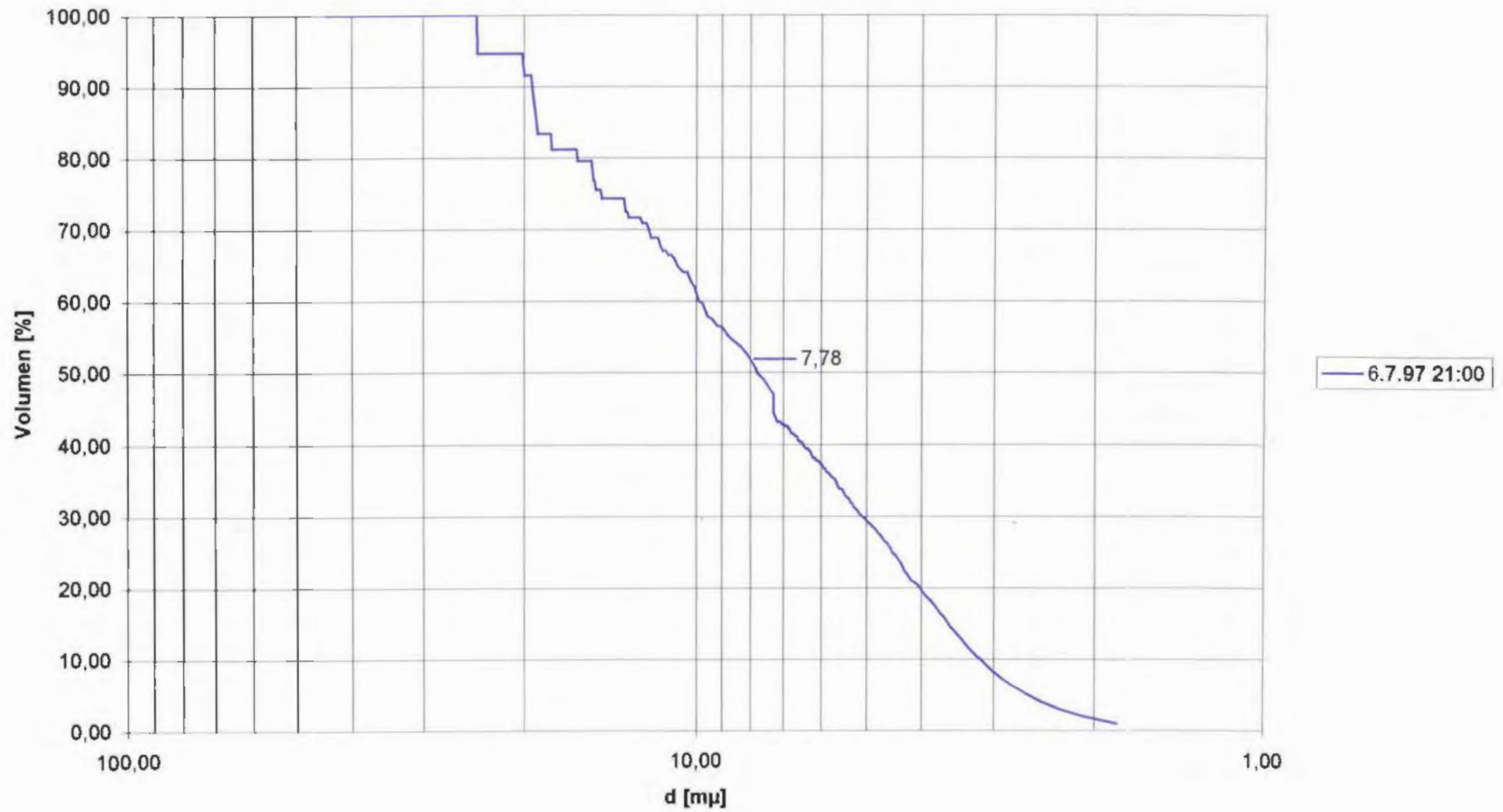
STEY (11.07.97)



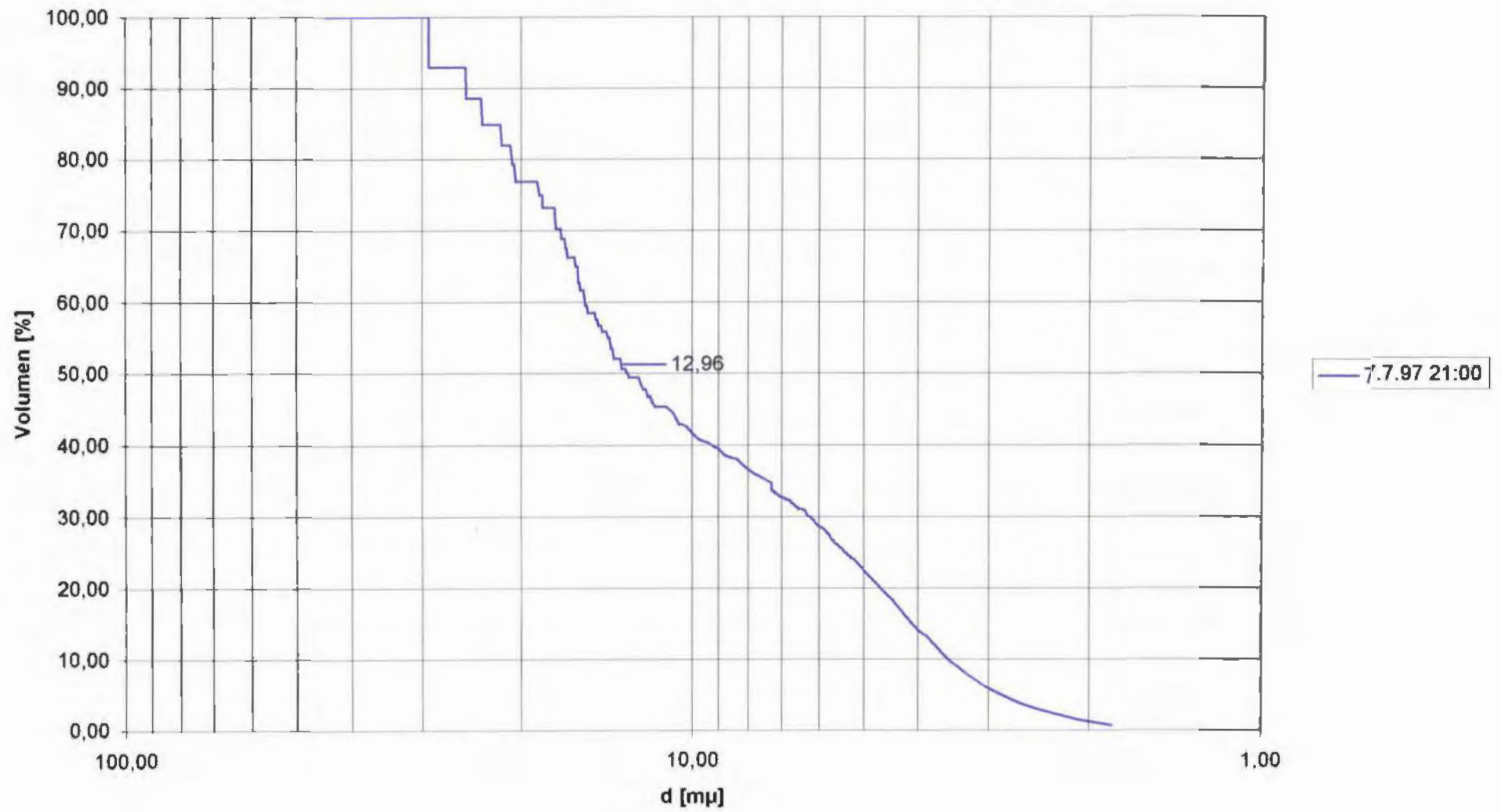
REHWEI (5.07.97)



REHWEI (6.07.97)



REHWEI (7.07.97)



REHWEI (8.07.97)

