

Zusammenfassung:

Die vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich mit dem Verhalten veränderlich fester Gesteine bei Wasserkontakt, insbesondere beim modifizierten Wasserlagerungsversuch, Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel und Siebtrommelversuch. Veränderlich feste Gesteine verursachen vielerorts enorme Schäden an Gebäuden, Straßen, Bahngleisen und Dämmen, hervorgerufen durch Quell- und Schrumpfungserscheinungen die durch Veränderungen im Bereich der Temperatur, Wassergehalt, Mineralbestand sowie durch Verwitterungsprozesse ausgelöst werden können. Zu den Versuchsdurchführungen wurden Proben aus dem aktuellen Tunnelbauvorhaben Koralmtunnel und dem bereits abgeschlossenen Tunnelbau des Hengsbergtunnels herangezogen. Die Hengsbergtunnelproben verhielten sich obgleich desselben Mineralbestands generell um eine Veränderlichkeitsklasse schlechter als die Koralmtunnelproben. Es erwies sich, dass ein steigender Karbonat- und Smektitgehalt mit einer Zunahme der Zerfallsbeständigkeit einhergeht. Anhand der gewonnenen Daten konnte erhoben werden, dass der Faktor Karbonatgehalt, Korngrößenverteilung, Tonmineralanteil sowie der Trockengrad der Probe das Verhalten der Probe im Bezug auf Veränderlichkeit und Zerfallsbeständigkeit beeinflusst.

Summary:

The present master work deals with the behaviour of weak rocks by interaction with water, in particular with the modified wetting-drying-test, the wetting-drying-test, and the slake durability test. Weak rocks cause in many places huge damages to buildings, streets, railroads and dams, caused by swelling and shrinking processes triggered by changes in the temperature, the water content, the mineral content as well as weathering processes. Samples of the Koralmtunnel and Hengsbergtunnel were used to perform the tests. The samples of the Hengsbergtunnel showed although both samples display the same mineral content worse results to variability than the samples of the Koralmtunnel. It turned out that an increasing carbonate and smectite content is accompanied by an increase of the decay behaviour.

The acquired data show to what extent the factors like carbonate content, grain size distribution, clay content as well as the drying stage of the sample influences the behaviour of the samples in relation to durability and decay behaviour.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung / Summary

1. Einleitung und Problemstellung	5
2. Veränderlich feste Gesteine	6
<i>2.1. Definition veränderlich feste Gesteine</i>	6
<i>2.2. Eigenschaften veränderlich fester Gesteine</i>	7
2.2.1. Bindungskräfte	7
2.2.2. Zementationsmaterial	8
2.2.3. Quellpotential	8
<i>2.3. Klassifizierung veränderlich fester Gesteine</i>	8
2.3.1. Wasserlagerungsversuch	9
2.3.2. Modifizierter Wasserlagerungsversuch	9
2.3.3. Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel	9
2.3.4. Siebtrommelversuch	9
2.3.5. Kristallisationsversuch	9
<i>2.4. Literaturbeispiele zur Problematik veränderlich fester Gesteine</i>	10
3. Probenmaterial	11
<i>3.1. Ausgangsmaterial</i>	11
<i>3.2. Geologischer Überblick</i>	11
3.2.1. Das Steirische Tertiär	11
3.2.2. Der Koralpenkomplex	12
<i>3.3. Koralmtunnel</i>	13
<i>3.4. Hengsbergtunnel</i>	14

3.4.1. Florianer Schichtabfolge	15
3.4.2. Quartäre Sedimente	15
4. Probenliste	16
4.1. <i>Koralmtunnel (KAT)</i>	16
4.2. <i>Hengsbergtunnel (KBF)</i>	17
5. Labormethoden	18
5.1. <i>Modifizierter Wasserlagerungsversuch</i>	19
5.2. <i>Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel</i>	19
5.2.1. Praktische Durchführung	20
5.3. <i>Siebtrommelversuch</i>	20
5.3.1. Versuchsdurchführung	21
5.3.2. Proben	22
5.3.3. Auswertung der Ergebnisse	22
5.4. <i>Korngrößenbestimmung mittels Sedigraph</i>	23
5.4.1. Praktische Durchführung	23
5.5. <i>Röntgen-Pulverdiffraktometrie</i>	23
5.5.1. Gesamtmineralgehalt	24
5.5.2. Tonmineralgehalt	24
6. Testergebnisse	25
6.1. <i>Ergebnisse der Hengsbergtunnelproben</i>	25
6.1.1. Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel	25
6.1.2. Zerfallsbeständigkeit und Zerfallsgrad	30
6.1.3. Korngrößenverteilung	33
6.1.4. Mineralzusammensetzung	33

6.2. Ergebnisse der Koralmtunnelproben	35
6.2.1. Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel	35
6.2.2. Zerfallsbeständigkeit und Zerfallsgrad	40
6.2.3. Korngrößenverteilung	43
6.2.4. Mineralzusammensetzung	43
6.3. Zerlegungsgrad KAT & KBF	45
6.3.1. Korngröße KAT & KBF	46
6.3.2. Mineralzusammensetzung KAT & KBF	47
7. Interpretation	49
7.1. Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel	49
7.2. Siebtrommelversuch	52
7.3. Zerfallsbeständigkeit vs. Veränderlichkeitsklasse	54
7.4. Korngröße	55
7.5. Schlussfolgerung	56
9. Anhang	58
9.1. Anhang A: Bohrprofile KB – F01/05 bis KB – F03/05	58
9.2. Anhang B: Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel	62
9.2.1. Hengsbergtunnel	62
9.2.2. Koralmtunnel	72
9.3. Anhang C: Daten des Siebtrommelversuchs	83
9.3.1. Hengsbergtunnel	83
9.3.2. Koralmtunnel	98
9.4. Anhang D: Röntgen-Pulverdiffraktogramme	101

1. Einleitung und Problemstellung

Alljährlich entstehen weltweit durch veränderlich feste Gesteine Schäden an Straßen, Bauwerken, Bahngleisen und Dämmen. Ursache für die Entstehung von Schäden ist ein Zusammenspiel von Temperatur - und Wassergehaltsänderungen, sowie der Anteil quellfähiger Minerale und Verwitterungsprozesse. Es kommt zu Quell – und Schrumpfungerscheinungen, die Hebungen, Risse, Rutschungen, Stabilitäts – und Festigkeitsverluste zur Folge haben können.

Die Intensität des Materialverhaltens kann je nach Tonfraktionsgehalt, Verwitterungsgrad, Ablagerungsort, Be – und Entlastungerscheinungen sowie Feuchtigkeitsgehalt stark variieren.

Eine jedwede Veränderung des Wassergehalts kann eine teils irreversible Veränderung der Eigenschaften hervorrufen.

Verformungen, Stabilitäts- und Festigkeitsverluste sowie die vollständige Auflösung des Mineralgefügeverbandes können die Folgen sein.

Nach gegenwärtigen Untersuchungsergebnissen (NICKMANN, 2009), üben folgende Parameter den größten Einfluss auf veränderlich feste Gesteine aus:

- Wassergehalt (Trocken – Feucht)
- Temperaturveränderungen (Frost – Tau)
- Verwitterungsprozesse
- Quellfähige Minerale
- Mineralzusammensetzung

In der vorliegenden Arbeit werden Proben aus dem Koralmtunnel des Bauloses KAT 1 und Bohrkerne aus dem Tunnelbauprojekt „Hengsbergtunnel“ gelagert im Bohrkernlager Preding untersucht, gemäß der:

- Sensitivität gegenüber Wasser
- Disparitäten bei Mineralzusammensetzungen
- divergente Reaktionszeiten bei Laborversuchen
- Kenntniserlangung im Bereich der Festigkeit

2. Veränderlich feste Gesteine

Veränderlich feste Gesteine sind ein global auftretendes Problem im Unter – und Obertagebau und verantwortlich für viele ingenieurgeologische Probleme wie Hangrutschungen, Schäden an Häusern, Straßen, Bahngleisen, da sich die wassergehaltsabhängige Gesteinsfestigkeit und die Verwitterungsanfälligkeit (NICKMANN, 2009) während der Bautätigkeit verändern kann und dies Belastbarkeit und Stabilität beeinflusst. Um Bauschäden zu minimieren und einen effektiven Baufortschritt gewährleisten zu können, ist eine präzise Studie der Materie „Veränderlich feste Gesteine“, im Bezug auf Eigenschaften wie Festigkeit, Verwitterungsgrad, Wassergehalt, Mineralgehalt für jedwedes Bauvorhaben zu empfehlen.

2.1. Definition veränderlich fester Gesteine

Veränderlich feste Gesteine nehmen eine Mittelstellung zwischen dauerhaft festen Gesteinen und Lockergesteinen ein (NICKMANN, 2009).

Die Definition veränderlich fester Gesteine variiert je nach Autor und Betrachtungsweise.

KEIL (1954) unterteilt Gesteine anhand ihrer Festigkeitseigenschaften in feste Gesteine, veränderlich feste und lösliche Gesteine.

Eine Unterteilung der veränderlich festen Gesteine in die drei Gruppen, Wechsellaagerung von Fest- und Lockergestein, wechselnd feste Gesteine und verwitterungsbedingte Übergangsgesteine, nimmt HEITFELD (1985) vor (NICKMANN, 2009).

Eine sinnige Erläuterung zum Thema veränderlich feste Gesteine bietet die ÖNORM B2203 (1994) und die Definition von PRINZ&STRAUSS (2011).

Veränderlich feste Gesteine werden in der ÖNORM B2203 zur Gruppe der Festgesteine gezählt. „Ändern kompakte Gesteinsproben ihren Zustand durch Veränderung ihres Wassergehaltes [...] so spricht man von veränderlich festen Gesteinen [...]“ (ÖNORM B2203,1994).

PRINZ&STRAUSS (2011) beschreiben veränderlich feste Gesteine wie folgt: „Gesteine, die beim Wasserlagerungsversuch Veränderungen zeigen, werden als veränderlich feste Gesteine bezeichnet“.

2.2. Eigenschaften veränderlich fester Gesteine

Veränderlich feste Gesteine weisen einen „Festgesteinscharakter“ (PRINZ&STRAUSS, 2011) auf, reagieren aber ausgeprägt auf Trocknungs- und Befeuchtungswechsel, Wassergehaltsänderungen, Verwitterungsprozesse, Temperaturschwankungen (Frost – Tau) sowie Quell – und Schrumpfungsprozesse (NICKMANN, 2009).

Gesteine wie Tonstein, Sandstein, Siltstein und Schluffstein werden zur Gruppe der veränderlich festen Gesteine gezählt. Sie zeigen ein hohes Veränderungspotential im Bezug auf Druckfestigkeit, Quellfähigkeit, Kornbindung und Kornverteilung (HANDKE et al. 2011)

Darüber hinaus stehen Festigkeit und Stabilität in direkter Korrelation zu Wassergehaltsänderungen (ERGULER&ULUSAY, 2009), infolge dessen bei mechanischer Beanspruchung und oder Wasserkontakt es zur Auflösung des Gefügeverbandes kommen kann (HANDKE et al. 2011).

2.2.1. Bindungskräfte

Der Festigkeits- und Zerfallsgrad eines Minerals wird besonders durch die herrschende Bindung der Körner untereinander beeinflusst.

Faktoren wie Korngröße (feinkörnige Gesteine weisen eine größere Reaktionsoberfläche auf als grobkörnige Gesteine), Mineralgehalt, Druck- und Temperatureinfluss können die Bindungskräfte beeinflussen (NICKMANN, 2009).

Tonsteine (Tonanteil >40%) und Tonschluffsteine (Tonanteil zwischen 25-40%), sind überwiegend aus Ton und Tonmineralen aufgebaut (HAWKINS & PINCHES, 1992). Ein erhöhter Tonanteil führt zu einer Aufhebung des korngestützten Gefüges und zur Anlagerung von blättchenförmigen Tonmineralen zwischen den Körnern, wodurch es zu einer Verkleinerung des Porenhohlraums kommt und dadurch die Durchdringung des Zementmaterials (Bsp.: Karbonat) erschwert wird. Dadurch verliert Zement als Bindungskraft an Bedeutung (NICKMANN, 2009). An die Position des Zements als Bindungskraft tritt die „Tonmineralbindung“ (ein erhöhter Überlagerungsdruck durchbricht die Hydrathülle im Kontaktbereich und die Teilchen bilden direkte „atomare Kontakte“ aus) (REHBINDER, 1965).

2. Veränderlich feste Gesteine

Schluffsteine weisen ein korngestütztes Gefüge (Quarz, Karbonat, Feldspat, Tonanteil maximal 25%) auf. Das Zementationsmaterial kann ein solches Gefüge gut durchdringen und eine starke Zementationsbindungskraft ausbilden (NICKMANN, 2009).

Faktoren wie Mineralgehalt, Korngröße und Zementanteil beeinflussen die Festigkeit von Sandsteinen und können in diesem Bereich große Schwankungen verursachen (NICKMANN, 2009).

2.2.2. Zementationsmaterial

Zementationsmaterial entsteht durch die Reaktion bestimmter Minerale mit Porenwasser, wodurch eine Mineralneubildung bewirkt wird (NICKMANN, 2009).

Karbonat in Funktion als Zementationsmittel ist ein wichtiger Faktor im Bereich der Festigkeit eines Gesteins.

2.2.3. Quellpotential

Quellfähige Tonminerale haben einen beachtlichen Einfluss auf die Veränderlichkeit veränderlich fester Gesteine (NICKMANN, 2009).

2.3. Klassifizierung veränderlich fester Gesteine

Veränderlich feste Gesteine können anhand mehrerer Laborversuche untersucht werden.

Zu den gängigsten Versuchsmethoden zählen:

- Wasserlagerungsversuch
- Modifizierter Wasserlagerungsversuch
- Trocknungs- Befeuchtungs-Wechsel
- Siebtrommelversuch
- Kristallisationsversuch

2.3.1. Wasserlagerungsversuch

Die Durchführung des Wasserlagerungsversuches erfolgt gemäß der NORM DIN 4022 T1. Es wird das Verhalten der Probe bei einmaliger Wässerung untersucht.

Nach DIN 4022 T1 und DIN EN 14689-1 (siehe Abbildung 4) wird eine optische Beurteilung des Prüfkörpers, gemäß seiner Veränderlichkeit, vorgenommen (NICKMANN, 2009).

2.3.2. Modifizierter Wasserlagerungsversuch

Der modifizierte Wasserlagerungsversuch liefert Informationen über das Reaktionsverhalten einer Probe bei einmalig durchgeführter 24-stündiger Wasserlagerung. Nach DIN 4022 T1 und DIN EN 14689-1 (siehe Abbildung 4) wird eine optische Beurteilung des Prüfkörpers, gemäß seiner Veränderlichkeit, vorgenommen (NICKMANN, 2009).

2.3.3. Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel

Der Trocknungs- Befeuchtungs-Wechsel dient der Beschreibung eines Gesteins hinsichtlich des Verhaltens bei mehrmaliger Austrocknung und Wiederbefeuchtung. Nach DIN 4022 T1 und DIN EN 14689-1 (siehe Abbildung 4) wird eine optische Beurteilung des Prüfkörpers, gemäß seiner Veränderlichkeit, vorgenommen (NICKMANN, 2009).

2.3.4. Siebtrommelversuch

Der Siebtrommelversuch dient der Bestimmung der Zerfallsbeständigkeit eines Gesteins sowie der Klassifizierung hinsichtlich dessen Widerstands gegenüber den Einflussfaktoren mechanischen Abriebs-, Wassergehalts- und Temperaturänderungen. Mit dem Ziel Aussagen zur Veränderung des Gesteins bei Gewinnung, Transport und Ablagerung zu gewinnen. (DGGT, 2002).

2.3.5. Kristallisationsversuch

Der Kristallisationsversuch, gemäß DIN 5211, dient der Beurteilung der Verwitterungsbeständigkeit des Materials bei 10 Wässerungs- und Trocknungszyklen mit Natriumsulfat (NICKMANN, 2009).

2.4. Literaturbeispiele zur Problematik veränderlich fester Gesteine

Der Bau von und mit veränderlich festen Gesteinen beeinflusst nicht nur den Straßen und Eisenbahnverkehr, sondern hat obendrein auch Auswirkungen auf den Bereich des Gebäude – und Denkmalschutzes. Es folgen kurze Abrisse der Problematik von veränderlich festen Gesteinen bei Bauprojekten sowie bei Verwendung als Baumaterial.

Ein Großteil Polens ist von Gletschersedimenten der Eiszeiten Würm, Riss und Mindel bedeckt. Die im Boden vorkommenden Quartären und Tertiären Tone bestehen überwiegend aus Smektit (teils ~50%), Illit, Chlorit und Kaolinit. Die hohe Verwitterungsanfälligkeit des Bodens sowie durch die Quartären und Tertiären Tone ausgelöste Quell- und Schrumpfungsprozesse, können zu Entfestigungserscheinungen und zur Minderung der physikalischen und mechanischen Eigenschaften des Bodens führen.

Ein Großteil der Schäden die an Gebäuden, Straßen und Eisenbahngleisen in Polen entstehen, sind auf das Vorkommen quellfähiger Tone zurückzuführen (KACZYŃSKI et al.1996).

Drohende Verfallserscheinungen (Abblättern und Abbröckeln der Außenfassade, Rissbildungen) der aus dem 16. Jahrhundert stammenden im spätgotischen Stil erbauten Kirche in San Mateo in Tarifa (Cádiz, Spanien), führte zu Untersuchungen des verwendeten Baumaterials Sandstein. Anhand durchgeführter Röntgendiffraktogramme konnte die Mineralzusammensetzung des verwendeten Sandsteins eruiert werden. Er besteht aus Quarz, Feldspat, Calcit, und Phyllosilikaten wie Chlorit, Illit, Muskovit und Smektit.

Die beinhalteten Tonminerale führen durch die Interaktion mit Wasser und Feuchtigkeit, die aus der Nähe zum Meer ist resultiert, zu Quell – und Schrumpfungerscheinungen und beeinflussen die Festigkeit, Stabilität und Dauerhaftigkeit des Bauwerkes (SEBASTIÀN et al.2008).

3. Probenmaterial

Im Rahmen der Diplomarbeit wurden 22 Proben unterschiedlicher Herkunft aber aus demselben Ablagerungsmilieu, hinsichtlich ihres Verhaltens und Reaktion bei Wasserkontakt untersucht.

3.1. Ausgangsmaterial

Bei den für die Laborversuche verwendeten Proben handelt es sich um je 11 luftgetrocknete Proben aus dem Hengsbergtunnel. Diese stammen aus Erkundungsbohrungen und wurden im Bohrkernlager Preding verwahrt. Weitere 11 Proben konnten nach Vortriebstätigkeiten in naturfeuchtem Zustand, dem Baulos Koralmtunnel KAT 1 entnommen werden. In den folgenden Kapiteln werden die Hengsbergtunnelproben mit dem Kürzel „KBF“ und die Koralmproben mit dem Kürzel „KAT“ tituliert.

3.2. Geologischer Überblick

3.2.1. Das Steirische Tertiär

Angesichts der großräumigen Verbreitung können Tertiäre Ablagerungen in ganz Österreich, sie bedecken rund 28 Prozent des Landes, vorgefunden werden (JANOSCHECK, 1963).

Zum Hyperonym des Tertiärs in Österreich wird das Lavantaler Becken, das Klagenfurter Becken, das Steirische Becken, das Inneralpine Wiener Becken und die tertiären Buchten am Alpenostrand hinzugezählt.

Das Tertiär inkludiert alle Epochen und Stufen vom ältesten Paleozän bis hin zum jüngsten Pliozän und weist zudem eine beträchtliche Bandbreite an Fossilien und Rohstoffen auf.

Die Fossilvorkommen sowie die Rohstofflagerstätten für Erdöl, Erdgas und Kohle waren in erheblichem Maße ausschlaggebend für detaillierte Untersuchungen der Tertiären Gebiete (JANOSCHECK, 1963).

Das drittgrößte Tertiärbecken, das Steirische Becken, wird limitiert im:

- NE von der Rechnitzer Schieferinsel
- N von den Granitgneisen des Masen- und Kulmberges

3. Probenmaterial

- NW vom Grazer Paläozoikum
- O von der Südburgenländischen Schwelle
- W von der Koralpe
- S vom Possruckgebirge .

Obendrein lässt sich das Steirische Becken in Weststeirisches - und Oststeirisches Becken untergliedern.

Die Sedimente des Steirischen Beckens bestehen vornehmlich aus limnisch-fluviatilen Schichten, Tonstein, Sandstein und Kohleablagerungen (OBERHAUSER, 1980).

3.2.2. Der Koralpenkomplex

Das Areal der Koralpe wurde vor und während der Oberkreide, vorwiegend während der Eoalpinen Entwicklung gebildet. Es wird von mehreren Seiten begrenzt. Zum einen im Osten durch die Saualpe, im Süden durch den Packsattel und im Westen durch die Lavanttaler Störung. Der Koralpenkomplex erfuhr eine starke Beeinflussung der Struktur durch die WO -streichende Granitztaler Mulde sowie die NWSO-verlaufende Lavanttaler Störung. Der Koralpenkomplex weist in seiner internen Struktur eine mächtige OW–SONW verlaufende Falte auf, sowie einen prägnanten von NO-SW verlaufenden Plattengneiskomplex. Vorderrangig sind Amphibolite, Eklogite, Marmore, Gneise, Quarzite und Pegmatite vorzufinden. Westlich und Östlich des Koralpenkomplexes werden primär quartäre und tertiäre Sedimentablagerungen angetroffen, welche zu den „Florianer Schichten“ gezählt werden (BECK-MANNAGETTA, 1980).

3.3. Koralmtunnel



Abb.1: Übersichtslageplan für den Streckenverlauf des Koralmtunnels;

Beim Bau des Koralmtunnels (siehe Abbildung 1) mit einer Gesamtlänge von 32,8 Kilometern und einer maximalen Überlagerungshöhe von 1.250 Metern erweist sich die Passage der Durchquerung der Koralpe als der elementarste Bauabschnitt der zweigleisigen Eisenbahn-Hochleistungsstrecke „Koralmbahn Graz – Klagenfurt“ im Teilstück Deutschlandsberg – St. Andrä im Lavanttal.

Östlich und westlich des Koralmtunnels, im Bereich der Tunnelportale werden Quartäre und Tertiäre Sedimentschichten angetroffen (siehe Abbildung 2). Primär bestehend aus einer intensiven Wechsellagerung zwischen laminierten Sandstein, Schluffstein, Tonstein und Tonmergel. Selbige wurden aus Marinen Beckensedimenten aufgebaut und können folglich zu den „Florianer Schichten“ gezählt werden (http://www.geoconsult.at/tl_files/geoconsult/theme/media/img/projects/01%20-%20Planung/PB_Koralm-Tunnel%20.pdf).

3. Probenmaterial

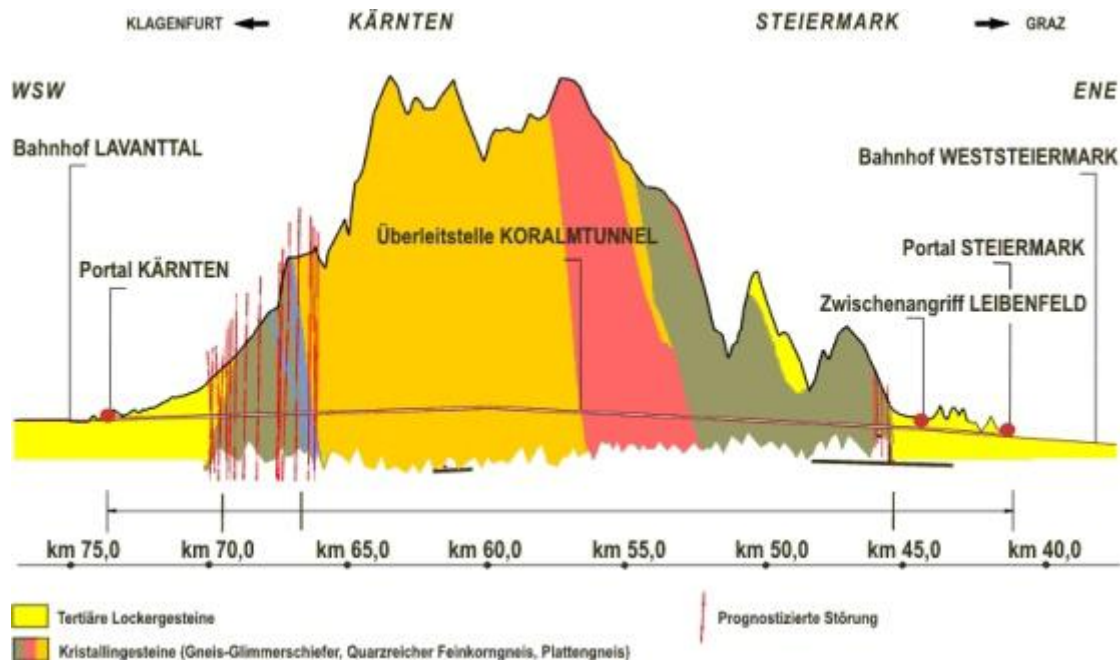


Abb.2: Geologischer Längsschnitt des Koralmtunnels;

3.4. Hengsbergtunnel

Der Hengsbergtunnel, mit einer Gesamtlänge von 1695 Metern, bildet die Schlüsselstelle der rund 14 Kilometer langen Etappe von Werndorf – Hengsberg – Wettmannstätten und ist eine Teilstrecke der sich im Bau befindlichen Koralmbahn Graz – Klagenfurt (<http://de.wikipedia.org/wiki/Hengsbergtunnel>).

Beim Bau des Hengsbergtunnels stieß man vorrangig auf Miozäne Sedimente, den sogenannten „Florianoer Schichten“, aus dem Tertiären und Neogenen Zeitabschnitt, sowie auf Quartäre Sedimentablagerungen des Holozäns und Pleistozäns.

Die Miozänen Ablagerungen, die „Florianoer Schichten“, wurden vorrangig aus Marinen Beckensedimenten aufgebaut, die aufgrund ihres Ablagerungsareals eine flach geneigte Schichtung aufweisen.

Die „Florianoer Schichten“ zeigen eine teils turnusmäßige Sequenz aus Sandstein, Feinkonglomerat, Schluffstein, Tonstein und Tonmergelgestein. Oftmals ist eine intensive Wechsellagerung zwischen laminiertem Sandstein, Schluffstein, Tonstein und Tonmergel feststellbar (ÖBB-Infrastruktur Bau AG, 2005).

3.4.1. Florianer Schichtabfolge

Schichtabfolge der „Florianer Schichten“, wie selbige im Weststeirischen Neogenbecken anzutreffen sind:

- stark verwitterte Miozäne Decksedimente
- Schluff
- Sand
- Kies
- Schluffstein, Tonstein, Tonmergel; gering zementiert
- Sandstein; gering zementiert
- Wechselfolge von Schluff, Ton, Tonmergel, Sandstein
- Störungsgesteine (ÖBB-Infrastruktur Bau AG, 2005)

3.4.2. Quartäre Sedimente

Die Quartären Sedimente des Holozänen und Pleistozänen Zeitabschnittes, bestehen im Wesentlichen aus (ÖBB-Infrastruktur Bau AG, 2005):

- feinkörnigen, periglazial entstandenen teils stark verwitterten Lockergesteinen der Miozänen Decksedimente
- geringmächtig ausgebildeten Quartären Sand und Kieslagen

4. Probenliste

4.1. Koralmtunnel (KAT)

Die Koralmtunnelproben KAT 1-1 bis KAT 1-8, wurden nach Tunnelvortriebstätigkeiten in der 3. Februarwoche 2012 in naturfeuchtem Zustand dem Baulos Koralmtunnel KAT 1 entnommen. Eine genaue Zuordnung einer Tunnelstation war nicht möglich. Die Proben KAT 2531,5-1, KAT 2531,5-2 und KAT 2531,5-3 wurden Mitte März dem Baulos KAT 1 in naturfeuchtem Zustand entnommen und ins Sedimentlabor der Technischen Universität Graz gesandt. Den Proben konnte eine Tunnelstation zugeordnet werden. Die Proben wiesen ein Eigengewicht von rund 7-15 kg und ein blockiges Erscheinungsbild auf.

- KAT 1-1
- KAT 1-2
- KAT 1-3
- KAT 1-4
- KAT 1-5
- KAT 1-6
- KAT 1-7
- KAT 1-8
- KAT 2531,5-1 m
- KAT 2531,5-2 m
- KAT 2531,5-3 m

4. Probenliste

4.2. Hengsbergtunnel (KBF)

Die luftgetrockneten Bohrkern mit einem Durchmesser von 10 cm und einer entnommenen Bohrkernlänge von 30-40 cm stammen aus der Probenhalle des Bohrkernlagers in Preding. Die Bohrkern wurden aus Erkundungsbohrungen zum Bau des Hengsbergtunnels im August 2005 gewonnen.

- KBF 01/05 11.1-11.35m
- KBF 01/05 11.75-12m
- KBF 01/05 13-13.35m
- KBF 01/05 14.6-15m
- KBF 01/05 17-17.45m
- KBF 01/05 17.7-18m
- KBF 02/05 27.6-28m
- KBF 02/05 29.35-29.75m
- KBF 03/05 8.5-8.7m
- KBF 03/05 18.4-18.8m
- KBF 03/05 27.6-28m

5. Labormethoden

Dieser Abschnitt behandelt die Versuchsabläufe der durchgeführten Laborversuche, (siehe Abbildung 3). Beschreibung des normierten Versuchshergangs, sowie Vermerke über jedwede Abweichung und Anpassung von der Norm.

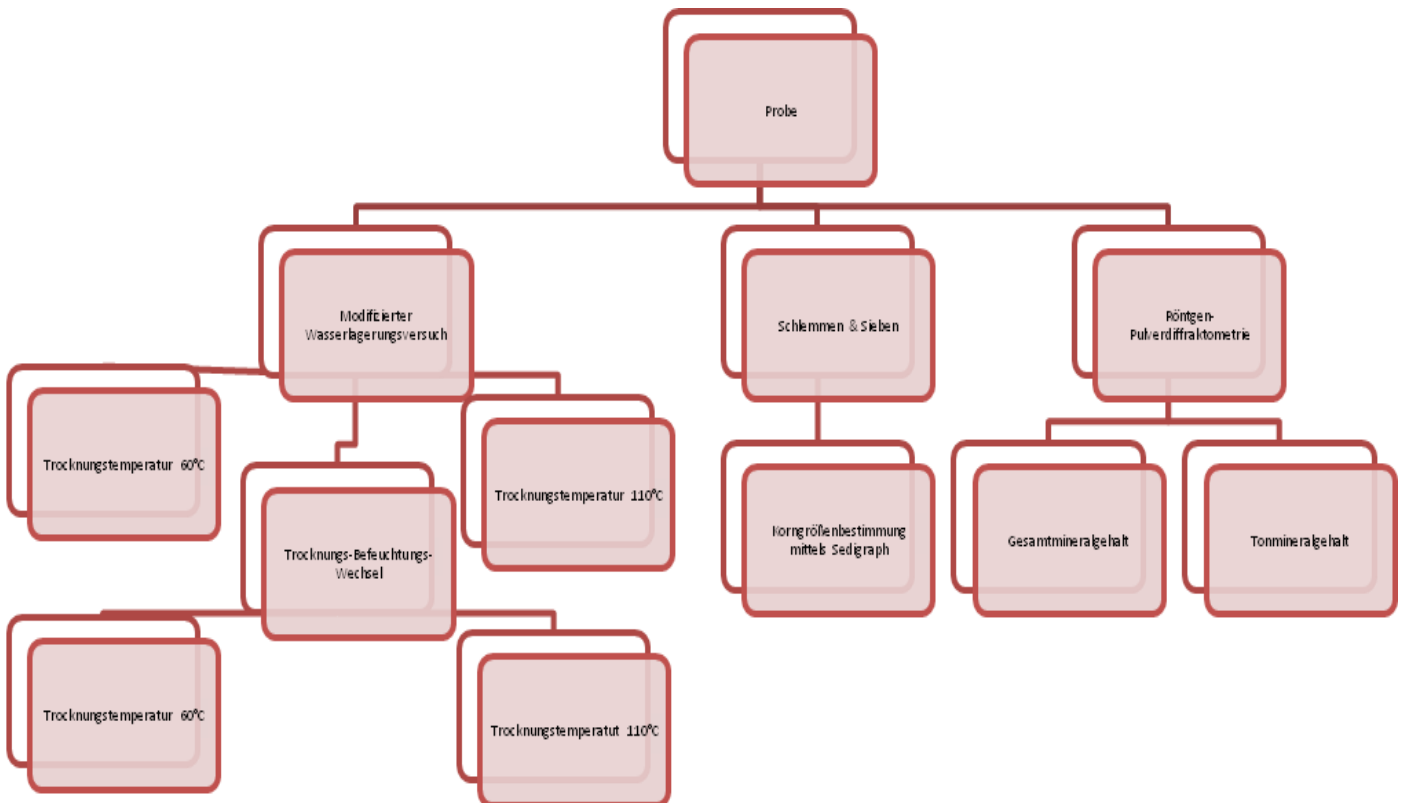


Abb. 3: Flow-Chart der durchgeführten Laborversuche;

5.1. Modifizierter Wasserlagerungsversuch

Als Prüfkörper dient ein naturfeuchtes Probenstück mit einem Eigengewicht von ~ 1000 Gramm. Das Probenstück erfährt eine Flutungsphase von 24 Stunden. Das Verhalten der Probe wird bei Wasserzugabe und nach 24-stündiger Wasserlagerung dokumentiert. Nach der Flutungsphase erfolgt ein Siebungsvorgang, der Auskunft über die Korngrößenverteilung liefert.

Der modifizierte Wasserlagerungsversuch dient dahingehend Informationen über das Verhalten der Gesteine bezüglich ihrer Veränderlichkeit bei Wasserkontakt zu erhalten.

5. Labormethoden

Durch Verwendung der Normen DIN 4022 T1 und DIN EN 14689-1 (siehe Abbildung 4) wird eine optische Beurteilung des Prüfkörpers, gemäß seiner Veränderlichkeit, vorgenommen (NICKMANN, 2009).

DIN 4022 T1		DIN EN ISO 14689-1		
Klassifikation	Befund	Beschreibung	Bezeichnung	Grad
nicht veränderlich	keine Veränderungen an der Probe festzustellen	keine Veränderungen	nicht veränderlich	1
mäßig veränderlich	Oberfläche der Probe aufgeweicht oder Teile bröckeln ab	Bildung von einigen Rissen oder Bröckeln von Teilen der Probenoberfläche	veränderlich	2
veränderlich	Probe zerfallen, aber Einzelbestandteile noch fest	Bildung von vielen Rissen, Gestein zerfällt in kleine Stücke oder starkes Bröckeln der Probenoberfläche		3
stark veränderlich	Probe ganz zerfallen und in Brei übergegangen	Probe ist zerfallen oder Bröckeln fast der gesamten Probenoberfläche	stark veränderlich	4
		Probe ist vollständig zerfallen oder in Brei übergegangen		5

Abb.4: Einteilung der Veränderlichkeit von Gesteinen nach DIN 4022 T1 und DIN EN ISO 14689-1;

5.2. Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel

Der Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel dient der Bewertung eines Gesteins hinsichtlich des Verhaltens bei mehrmaliger Austrocknung und Wiederbefeuchtung. Der Prüfkörper aus dem „modifizierten Wasserlagerungsversuch“ erfährt zwei weitere Flutungsphasen mit jeweiliger Zwischentrocknung bei 60°C. Das Verhalten der Probe wird bei Wasserzugabe und nach 24-stündiger Wasserlagerung dokumentiert. Nach der Flutungsphase erfolgt ein Siebungsvorgang, der Auskunft über die Korngrößenverteilung liefert (NICKMANN, 2009).

5.2.1. Praktische Durchführung

Ein einmalig durchgeführter Wasserlagerungsversuch bietet nur einen schwachen und uneindeutigen Einblick in das Reaktionsverhalten von Wasser und Probe, sowie eine geringe Auflösungsrate der Probe, infolgedessen erfolgte die Durchführung des „Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsels“.

Die Trocknungsphasen erfolgten nicht wie vorgeschrieben nach DIN 4022 T1 nur bei 60°C (NICKMANN, 2009) stattdessen, mit dem Ziel ein breiteres Spektrum über das Materialverhalten zu erlangen, auch bei 110°C.

5. Labormethoden

Verwendete Siebgrößen zur Evaluierung der Korngrößen:

- > 63mm
- 20 – 63mm
- 6,3 – 20mm
- 2 – 6,3mm
- 0,63 – 2mm
- 200 - 630µm
- 63 – 200µm
- < 63µm

5.3. Siebtrommelversuch

Die Anwendung des Siebtrommelversuchs erfolgte gemäß Empfehlung Nr. 20 des Arbeitskreises 3.3 - Versuchstechnik Fels - der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik. Der Siebtrommelversuch dient der Bestimmung der Zerfallsbeständigkeit und der Klassifizierung eines Gesteins hinsichtlich dessen Eigenschaften gegenüber mechanischen Abrieb, Wassergehalts- und Temperaturänderungen. Mit dem Ziel Aussagen zur Veränderung des Gesteins bei Gewinnung, Transport und Ablagerung zu erhalten (DGGT, 2002).

5.3.1. Versuchsdurchführung

Zur Versuchsdurchführung bedarf es einer aus einem abriebfesten Material bestehende temperaturbeständigen (bis zu 105°C) Trommel, mit einem Durchmesser von 140 mm und einer Länge von 100 mm, umgeben von einem Maschensieb mit einer Öffnungsweite von 2 mm, gemäß DIN ISO 3310/1.

Der Wasserbehälter, in den die Trommel eingehängt wird, muss zu $\frac{3}{4}$ mit destilliertem Wasser gefüllt werden. Die Trommel rotiert bei 20 Umdrehungen pro Minute über einen konstanten Zeitraum von 10 Minuten. Die Durchlaufgeschwindigkeit muss genauestens eingehalten werden!

Von jeder Probe werden 10 Einzelproben benötigt, die eine abgerundete Form und ein Einzelgewicht von je 40 – 60 Gramm aufweisen. Das Gewicht der leeren Trommel und das Gewicht der Trommel, befüllt mit dem naturfeuchten Probenmaterial,

5. Labormethoden

wird ermittelt und danach wird die Trommel mitsamt den Probenstücken bei 110°C bis zur Massekonstanz getrocknet. Nach der Trocknung erfolgt die Wägung der Trommel und den sich darin befindlichen getrockneten Proben. Dieser Wert wird für die Ermittlung des Zerfallsbeständigkeitsindex I_{di} herangezogen.

Nach der Wägung wird die Trommel mit den sich darin befindlichen Proben in den Wasserbehälter eingehängt und zu $\frac{3}{4}$ mit destilliertem Wasser befüllt, rotiert und getrocknet.

Es erfolgt ein Durchlauf von 6 Zyklen. Ein Masseverlust einer Probe von mehr als >70 Prozent führt zum sofortigem Versuchsabbruch.

Nach Versuche erfolgt an den übriggebliebenen Probenstücke eine visuelle Bewertung anhand ihrer Form in:

- unverändert
- abgerundet
- teilweise zerfallen
- vollständig zerfallen (DGGT, 2002)

5.3.2. Proben

Der Siebtrommelversuch weist eine gute Anwendbarkeit bei Gesteinen mit mäßiger bis schlechter Kornbindung auf wie z.B.: Tonstein, Sandstein, Schluffstein.

Der Versuch erweist sich als ungeeignet für gut wasserlösliche Gesteine wie z.B.: Salzstein (DGGT, 2002)

5.3.3. Auswertung der Ergebnisse

Anhand der aufgezeichneten Masseveränderung der Probe nach jedem durchlaufenen Zyklus kann unter Verwendung der Formel 1,

5. Labormethoden

$$I_{di} = \frac{m_{di}}{m_{do}} \cdot 100 \quad [\%]$$

m_{di} - Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus i

m_{do} - Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn

Formel 1: Zerfallsbeständigkeitsindex I_{di} ;

der Zerfallsbeständigkeitsindex I_{di} nach GAMBLE (1971) für jeden erfolgten Zyklus ermittelt werden, siehe Tabelle 1.

Zerfallsbeständigkeitsindex I_d [%]	Zerfallsbeständigkeit
>98	zerfallsresistent
95 – 98	sehr hoch
85 – 95	hoch
60 – 85	mittel
30 – 60	niedrig
< 30	sehr niedrig

Tabelle 1: Zerfallsbeständigkeitsindex I_d [%] (GAMBLE 1971);

5.4. Körngrößenbestimmung mittels Sedigraph

Bei der Körngrößenbestimmung mittels SediGraph III 5120 wird die Sinkgeschwindigkeit von unterschiedlich großen Partikeln im Schwerekräftfeld zur Analyse gemessen (<http://www.micromeritics.com/Product-Showcase/SediGraph-5120/SediGraph-III-5120-German-Translation.aspx>).

5.4.1. Praktische Durchführung

Probenmaterial wurde $>63\mu\text{m}$ und $<63\mu\text{m}$ gesiebt. Das getrocknete und gesiebte Material $<63\mu\text{m}$ wurde zur Ermittlung der Korngröße $<2\mu\text{m}$ in den Sedigraphen eingebracht.

5.5. Röntgen-Pulverdiffraktometrie

Gemäß VOIGT (2010) ist die Röntgen-Pulverdiffraktometrie ein Verfahren, das es ermöglicht, charakteristische Beugungserscheinungen, die durch Auftreffen von Röntgenstrahlen auf einen Kristall entstehen, für qualitative und quantitative Phasenanalysen und Strukturuntersuchungen zu nutzen. Das Prinzip beruht auf der Beugung von Röntgenstrahlen durch die Elektronenwolken einzelner Atome. Diese Interferenzbedingungen werden durch die Bragg-Gleichung (Formel 2) beschrieben. Eine jedwede kristalline Substanz kann aufgrund ihrer Kristallstruktur ein bestimmtes charakteristisches Röntgenbeugungsmuster vorweisen. Dies ermöglicht eine Unterscheidung zwischen kristallinen, amorphen, polymorphen und pseudopolymorphen Modifikationen.

Bragg-Gleichung:

$$n\lambda = 2d \sin(\theta)$$

Formel 2: Bragg-Gleichung;

d = Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Gitterebenen

θ = Winkel zwischen dem einfallenden Strahl und den beugenden Gitterebenen

λ = Wellenlänge

n = eine ganze Zahl

5.5.1. Gesamtmineralgehalt

Aus dem in einer Mühle vorzerkleinerten und in einer Achatschale fein zermahlenden Ausgangsprobenmaterial wird ein Pulverpräparat hergestellt. Die daraus entstandene homogenisierte Probe wird auf einem Objektträger aufgebracht (<http://www.univ-trier.de/index.php?id=6846>) und mit Hilfe der Röntgen-Pulverdiffraktometrie ein semiquantitativer Gesamtmineralgehalt ermittelt und anschließend berechnet.

5.5.2. Tonmineralgehalt

Das Probenmaterial wird vorzerkleinert und mit destilliertem Wasser versetzt. Eine Abtrennung der Fraktionen $>63\mu\text{m}$ und $<63\mu\text{m}$ erfolgt mittels Nasssiebung, mit anschließender Trocknung des Materials. Das in der Probe vorhandene Karbonat (Kalzit, Gips, Dolomit) wird mit einer EDTE (Ethyldinitrilotetraessigsäure) - Säurebehandlungslösung entfernt. Je 4g der Probe $<63\mu\text{m}$ wird mit 400ml (pro 1g je 100ml) der EDTE-Lösung versetzt und auf einem beheizbaren Magnetrührer eine Stunde lang bei $60-80^{\circ}\text{C}$ erwärmt, zwecks Auflösung der Karbonate. Die abgekühlte Suspension wird für mehrere Stunden auf einem Schüttelgerät durchmischt und abschließend zentrifugiert. Nach Entfernung der karbonatischen Bestandteile erfolgt eine Partikeltrennung der Fraktion $<2\mu\text{m}$ mittels Atterbergverfahren (KÖHLER & WEWER, 1980). Je 200ml der abgetrennten $<2\mu\text{m}$ Suspension wird mit je 50ml KCl und 50ml MgCl versetzt, durchmischt, zentrifugiert und anschließend wird destilliertes Wasser hinzugefügt. Mittels einer Vakuummaschine wird das Probenmaterial, je Probe 3 Plättchen (KCl, MgCl, Reinprobe) auf Keramikplättchen aufgebracht und mit Hilfe der Röntgen-Pulverdiffraktometrie wird ein semiquantitativer Tonmineralgehalt ermittelt und berechnet.

6. Testergebnisse

Dieses Kapitel befasst sich mit der Darstellung der Untersuchungsergebnisse, welche durch die durchgeführten Laborversuche zustande gekommen sind.

Anm.: Die KBF-Proben wurden im luftgetrockneten Zustand zu den Versuchsdurchführungen herangezogen, die KAT-Proben naturfeucht.

6.1. Ergebnisse für Hengsbergtunnelproben

6.1.1. Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel

Tabellarische (siehe Abbildung 5) und grafische (siehe Abbildung 6) Darstellung der Veränderlichkeitsklassen des Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsels bei 3 durchgeführten Flutungsphasen gemäß DIN 4022 T1.

Bei Probe KBF 01/05 11,75-12m (siehe Abbildung 7), KBF 01/05 13-13,35m, KBF 01/05 17,7-18m, KBF 02/05 29,35-29,75m, KBF 03/05 8,5-8,7m, KBF 03/05 18,4-18,8m und KBF 03/05 27,6-28m nahm die Veränderlichkeit bei Erhöhung der Trocknungstemperatur von 60°C auf 110°C zu.

Die Proben KBF 01/05 11,1-11,35m, KBF 01/05 14,6-15m (siehe Abbildung 8), KBF 01/05 17-17,45m und KBF 02/05 27,6-28m zeigten keine Veränderung in den Veränderlichkeitsklassen bei einer Erhöhung der Trocknungstemperatur auf 110°C, siehe Abbildung 6.

Wasserlagerung 60°C KBF

Probename	KBF 01/05 11.1-11.35m			KBF 01/05 11.75-12m			KBF 01/05 13-13.35m			KBF 01/05 14.6-15m			KBF 01/05 17-17.45m			KBF 01/05 17.7-18m			KBF 02/05 27.6-28m			KBF 02/05 29.35-29.75m			KBF 03/05 8.5-8.7m			KBF 03/05 18.4-18.8m			KBF 03/05 27.6-28m					
Trocknungstemperatur	60°C									60°C									60°C																	
Gewicht in luftgetrocknetem Zustand	647.9g			498.7g			529.2g			528.6g			474.2g			570.3g			536.8g			485.9g			995.6g			1001.7g			644.2g					
Durchgang	Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
> 63 mm							58.8															90														
20 - 63 mm				22.3			5.5			44.4			20						97						24.5	7		59	19.8		41.6					
6,3 - 20 mm	4.6			19.5			20	2.4		30	15.3		43.3			38.7			0.5	14		4.1	30.5		41.3	23		22.1	32.5		40.3	8.1				
2 - 6,3 mm	20.2	61.5		36.4	4.2		6.6	72	62	18.6	57.4		26.3	55.4		46.3	15.4	9.4	0.22	57.4	39	1.11	15.3	40	21	32.4	26.5	12.4	27	23.3	12.7	60.9	13.8			
0,63 - 2 mm	49.7	1.8	36	3.9	63.7	49.5	4	14.7	18.6	3.8	15.9	6.3	5	21.7		8.5	57.3	12.6	0.28	14.4	7	0.95	31	42	9.6	12.1	31.4	11.4	42.1	2.9	1.3	15.1				
200 - 630 µm	17.4	5.1	51.4	13.1	22.7	37.6	1.7	5.6	8	1.6	7.6	77	2.3	17.2	80.4	2.9	13.7	62.3	0.24	11	45.1	0.97	15.2	8.4	1.3	10	27	4.3	3.3	20	1.5	11	64.3			
63 - 200 µm	4.6	25.3	5.2	2.4	4.5	5.1	1.8	2.1	6.5	0.7	1.4	11.6	1.3	1.9	12	1.6	4.6	4.2	0.35	1.1	3.6	1	4.1	3.5	1.2	12.8	10.5	1.2	3.3	9.5	0.6	4.2	1.9			
< 63 µm	3.3	6.1	6.9	2.2	4.7	7.1	1.1	2.2	3.4	0.5	2	4.3	0.6	2.5	5.4	1.6	5.7	7.9	0.2	0.9	4	0.4	2.4	3.8	0.9	2.3	3.6	0.7	2.3	4.5	0.3	2.5	4.2			
Summe	99.8	99.8	99.5	99.8	99.8	99.3	99.5	99	98.5	99.6	99.6	99.2	98.8	98.7	97.8	99.6	96.7	96.4	98.79	98.8	98.7	98.53	98.5	97.7	99.8	99.6	99	99.7	99.6	99.4	99.9	99.7	99.3			
nicht veränderlich																																				
mäßig veränderlich				x			x	x		x			x			x			x			x			x			x			x					
veränderlich	x				x						x			x			x			x			x			x			x			x				
stark veränderlich		x	x			x			x			x			x			x			x			x		x	x		x	x		x	x			

Wasserlagerung 110°C KBF

Probename	KBF 01/05 11.1-11.35m			KBF 01/05 11.75-12m			KBF 01/05 13-13.35m			KBF 01/05 14.6-15m			KBF 01/05 17-17.45m			KBF 01/05 17.7-18m			KBF 02/05 27.6-28m			KBF 02/05 29.35-29.75m			KBF 03/05 8.5-8.7m			KBF 03/05 18.4-18.8m			KBF 03/05 27.6-28m					
Trocknungstemperatur	110°C									110°C									110°C																	
Gewicht in luftgetrocknetem Zustand	614.3g			510.1g			561.4g			670.1g			459g			593.7g			507.4g			636.1g			598.7g			619.2g			536.9g					
Durchgang	Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
> 63 mm							58.6															95														
20 - 63 mm	19.2			16.8			10.6			61.1	17.4		25			11.6						42.4			33			63.5			15.6					
6,3 - 20 mm	32.9	9.5		48.1			8.9	13.1		27	8.5	6.8	44.2			24.8			90	16.8			14		52.7	8.2		32.1	11.6		18.2	25.3				
2 - 6,3 mm	14.1	51.7		18.2	22.5	8.2	10.5	50.5	26.3	8.6	53.9	37	23.1			39.8	33.2		1.1	47.5	21.1	1.3	9.3	42.3	10.3	46.1	8.3	2	62.6	17.4	3.4	39.1	11.9			
0,63 - 2 mm	27.5	21.2	32	3.9	56.1	54.2	5	19.8	46.2	1.3	10.6	45.7	3.6	54.7	28.3	15.1	37.4	14.5	3.6	17.5	66.6	0.7	14.9	12.7	1.7	31	57.4	0.8	11.7	44.8	0.8	19.7	16.3			
200 - 630 µm	2.4	8.8	52.2	7.7	13.5	26.5	3.3	7.1	5.8	1.1	3.8	1	1.3	39	52.8	5	15.4	66.1	1.7	11.1	3	0.9	13	34.8	0.9	10.9	28.1	0.6	5.7	28.6	0.5	10.5	62.3			
63 - 200 µm	1.9	4	5.6	3.5	4.2	6.2	1.2	4.8	14.3	0.5	4.2	6	1.3	3.4	15.5	1.4	8.9	10.2	1.2	4.1	2.6	1	3.5	3.6	0.7	1.9	3.3	0.6	6.7	4.3	0.4	2.3	3.4			
< 63 µm	1.7	4.4	9.7	1.4	3.2	4.1	1.4	4	6.7	0.2	1	2.1	0.5	1.8	2.1	1.7	4.4	8	0.3	0.9	3.7	0.1	1.7	4.4	0.3	1	1.7	0.2	1.4	2.7	0.1	1.4	4			
Summe	99.7	99.6	99.5	99.6	99.5	99.2	99.5	99.3	99.3	99.8	99.4	98.6	99	98.9	98.7	99.4	99.3	98.8	97.9	97.9	97	99	98.8	97.8	99.6	99.1	98.8	99.8	99.7	97.8	99.5	98.3	97.9			
nicht veränderlich																																				
mäßig veränderlich	x			x			x			x			x			x			x			x			x			x			x					
veränderlich								x			x			x			x			x			x			x			x			x				
stark veränderlich		x	x		x	x			x			x			x		x	x			x		x	x		x	x		x	x		x	x			

Abb.5: Darstellung der Ergebnisse des Trocknungs-Befeuchungs-Wechsels der KBF Proben; KBF 60°C (oben) & KBF 110°C (unten);

6. Testergebnisse

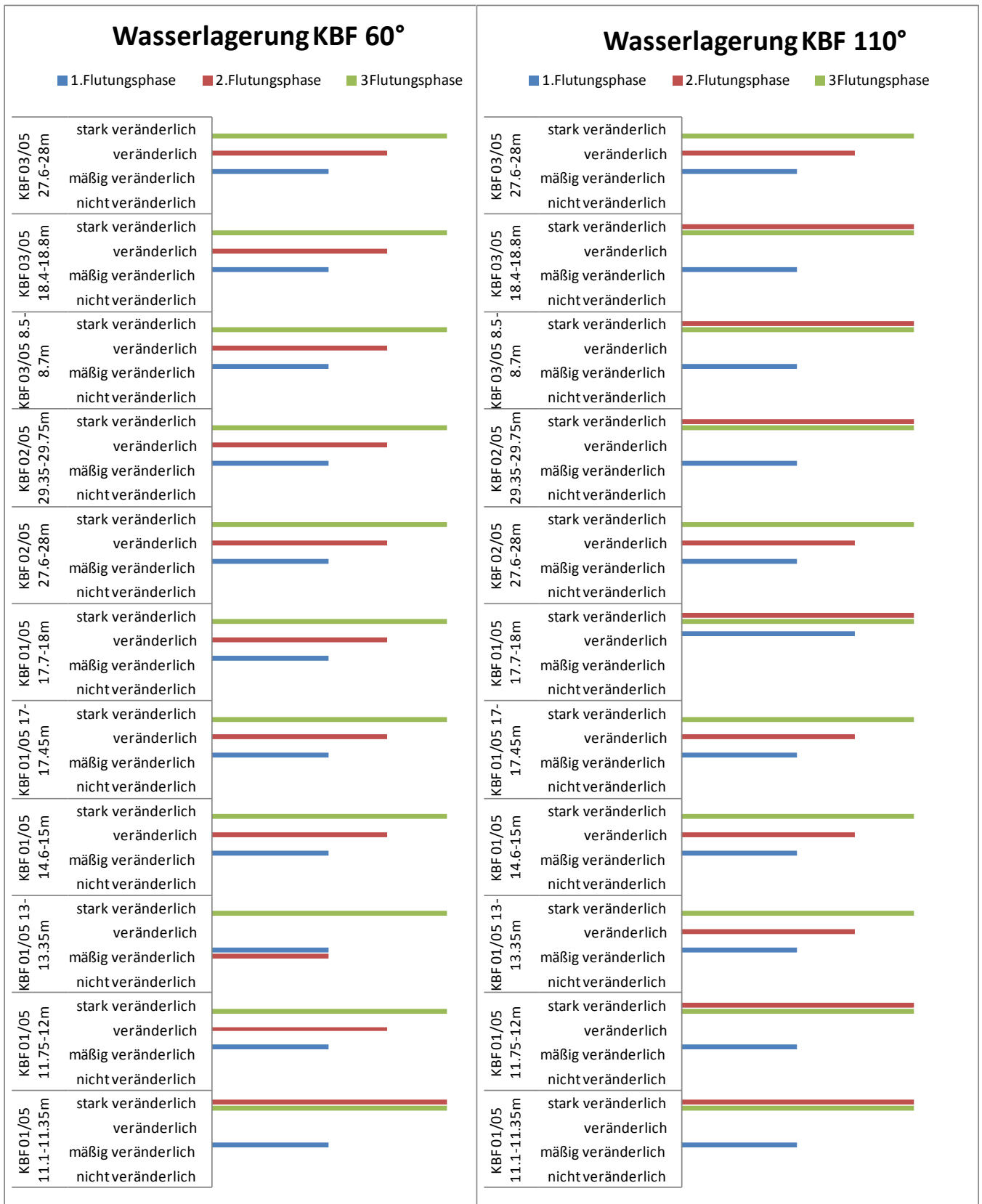


Abb.6: Darstellung der Veränderlichkeitsklassen des Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsels der KBF-Proben bei 60°C & 110°C Trocknungstemperatur; KBF 60°C (linke Seite) & KBF 110°C (rechte Seite);

6. Testergebnisse



Abb.7: Zunahme der Veränderlichkeit der Probe KBF 01/05 11,75-12m bei durchgeführtem Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel bei einer Trocknungstemperatur von 110°C; linke Seite: Darstellung der Veränderlichkeit von oben nach unten bei einer Trocknungstemperatur von 60°C; rechte Seite: Darstellung der Veränderlichkeit von oben nach unten bei einer Trocknungstemperatur von 110°C;

6. Testergebnisse



Abb.8: Konstante Veränderlichkeit der Probe KBF 01/05 14,6-15m bei durchgeführten Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel bei 60°C & 110°C Trocknungstemperatur; linke Seite: Konstante Veränderlichkeit von oben nach unten bei einer Trocknungstemperatur von 60°C; rechte Seite: Konstante Veränderlichkeit von oben nach unten bei einer Trocknungstemperatur von 110°C;

6. Testergebnisse

6.1.2. Zerfallsbeständigkeit und Zerfallsgrad

Grafische Darstellung der Zerfallsbeständigkeit Id% (siehe Abbildung 9) und des Zerfallsgrades (siehe Abbildung 10), nach durchgeführtem Siebtrommelversuch.

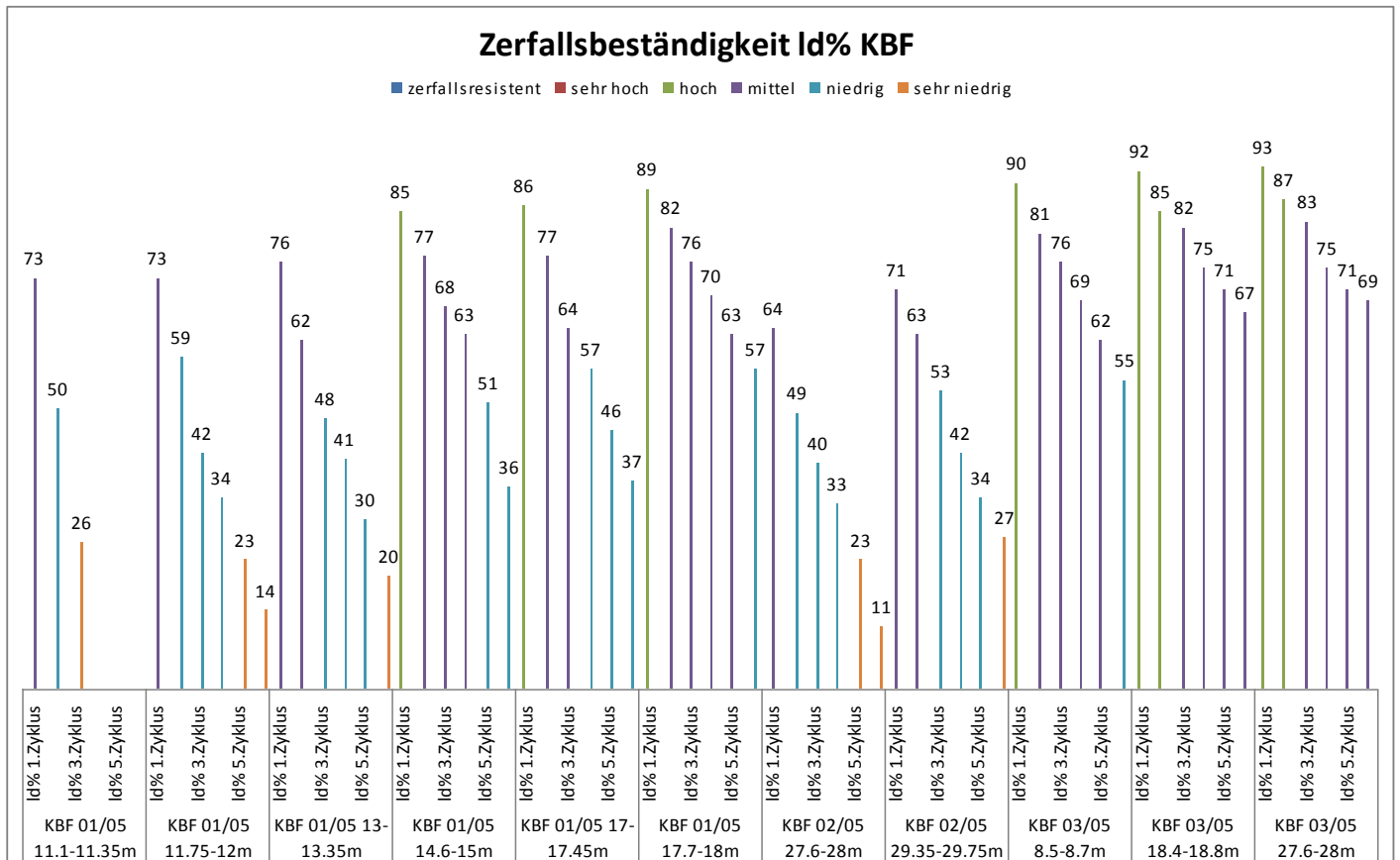


Abb.9: Darstellung der Zerfallsbeständigkeit Id% der KBF-Proben;

Die Proben KBF 01/05 14,6-15m, KBF 01/05 17-17,45m, KBF 01/05 17,7-18m, KBF 03/05 8,5-8,7m, KBF 03/05 18,4-18,8m und KBF 03/05 27,6-28m zeigen beim Siebtrommelversuch eine hohe Zerfallsbeständigkeit nach dem 1.Zyklus. Nach dem 6.Zyklus zeigen die Proben KBF 03/05 18,4-18,8m und KBF 03/05 27,6-28m eine mittlere Zerfallsbeständigkeit und die Proben KBF 01/05 14,6-15m, KBF 01/05 17-17,45m, KBF 01/05 17,7-18m und KBF 03/05 8,5-8,7m eine niedrige Zerfallsbeständigkeit.

Die Proben KBF 01/05 11,1-11,35m, KBF 01/05 11,75-12m, KBF 01/05 13-13,35m, KBF 02/05 27,6-28m und KBF 02/05 29,35-29,75 zeigen nach dem 1.Zyklus eine mittlere Zerfallsbeständigkeit. Nach dem 6.Zyklus zeigen die Proben KBF 01/05 11,75-12m, KBF 01/05 13-13,35m, KBF 02/05 27,6-28m und KBF 02/05 29,35-

6. Testergebnisse

29,75m eine sehr niedrige Zerfallsbeständigkeit. Die Versuchsdurchführung wurde bei Probe KBF 01/05 11,1-11,35m, nach dem 3.Zyklus aufgrund eines Masseverlustes >70 Prozent abgebrochen. Nach dem 3.Zyklus zeigt die Probe KBF 01/05 11,1-11,35m eine sehr niedrige Zerfallsbeständigkeit.

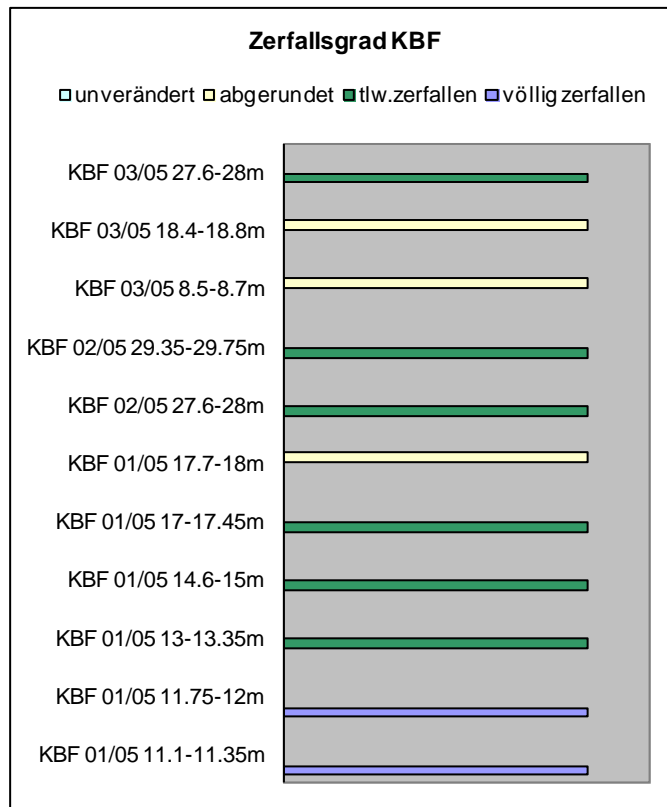


Abb.10: Zerfallsgrad der KBF-Proben;

Von den 11 anhand ihrer Form visuell beurteilten Proben (siehe Abbildung 10) gemäß Empfehlung Nr.20 des Arbeitskreises 3.3- Versuchstechnik Fels- der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik, sind 3 Proben der Kategorie „abgerundet“ (siehe Abbildung 11), 6 Proben der Kategorie „teilweise zerfallen“ und 2 Proben der Kategorie „völlig zerfallen“ (siehe Abbildung 12) zuzuordnen.

6. Testergebnisse



Abb.11: Probe KBF 01/05 17,7-18m mit „abgerundetem“ Zerfallsgrad; linke Seite: Probe vor Versuchsbeginn; rechte Seite: Probe nach Versuchsende (6 durchlaufene Zyklen);



Abb.12: Probe KBF 01/05 11,75-12m mit „völlig zerfallenem“ Zerfallsgrad; linke Seite: Probe vor Versuchsbeginn; rechte Seite: Probe nach Versuchsende (Versuchsabbruch nach 3.Zyklus aufgrund eines Masseverlustes >70%);

6. Testergebnisse

6.1.3. Korngrößenverteilung

Darstellung der Korngrößenverteilung $>63\mu\text{m}$, $63 - 2\mu\text{m}$ und $<2\mu\text{m}$ (siehe Abbildung 13).

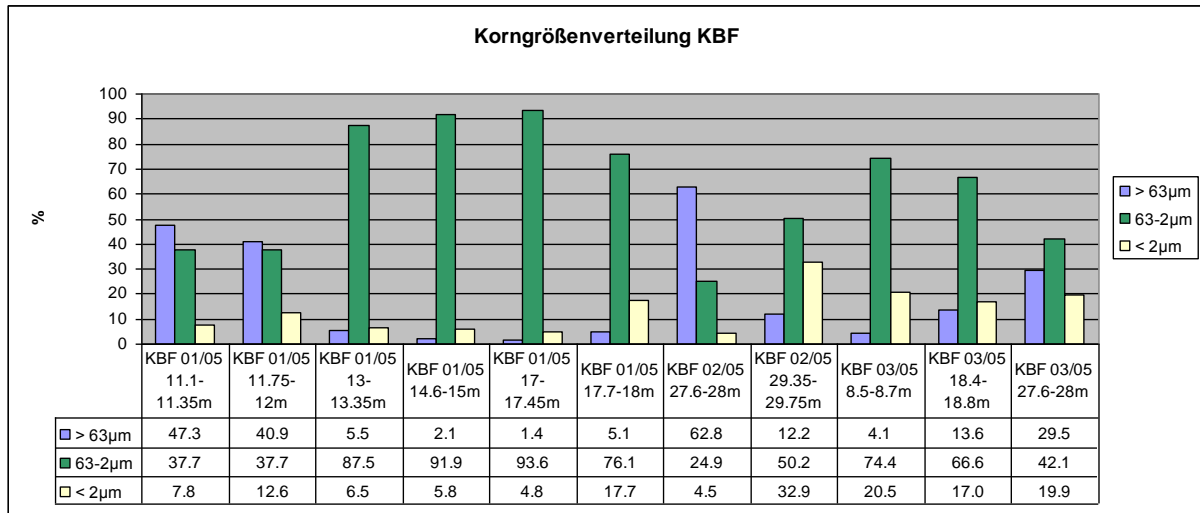


Abb.13: Korngrößenverteilung der KBF-Proben;

Die KBF-Proben sind, siehe Abbildung 13, der Kategorie „schluffbetont“ zuzuordnen, bis auf die Proben KBF 01/05 11,1-11,35m, KBF 01/05 11,75-12m und KBF 02/05 27,6-28m, die der Kategorie „sandbetont“ zugeordnet werden.

6.1.4. Mineralzusammensetzung

Grafische (siehe Abbildung 14) und tabellarische (siehe Abbildung 15) Darstellung der Semiquantitativen Analyse der Mineralzusammensetzung einschließlich Tonminerale in Prozent.

6. Testergebnisse

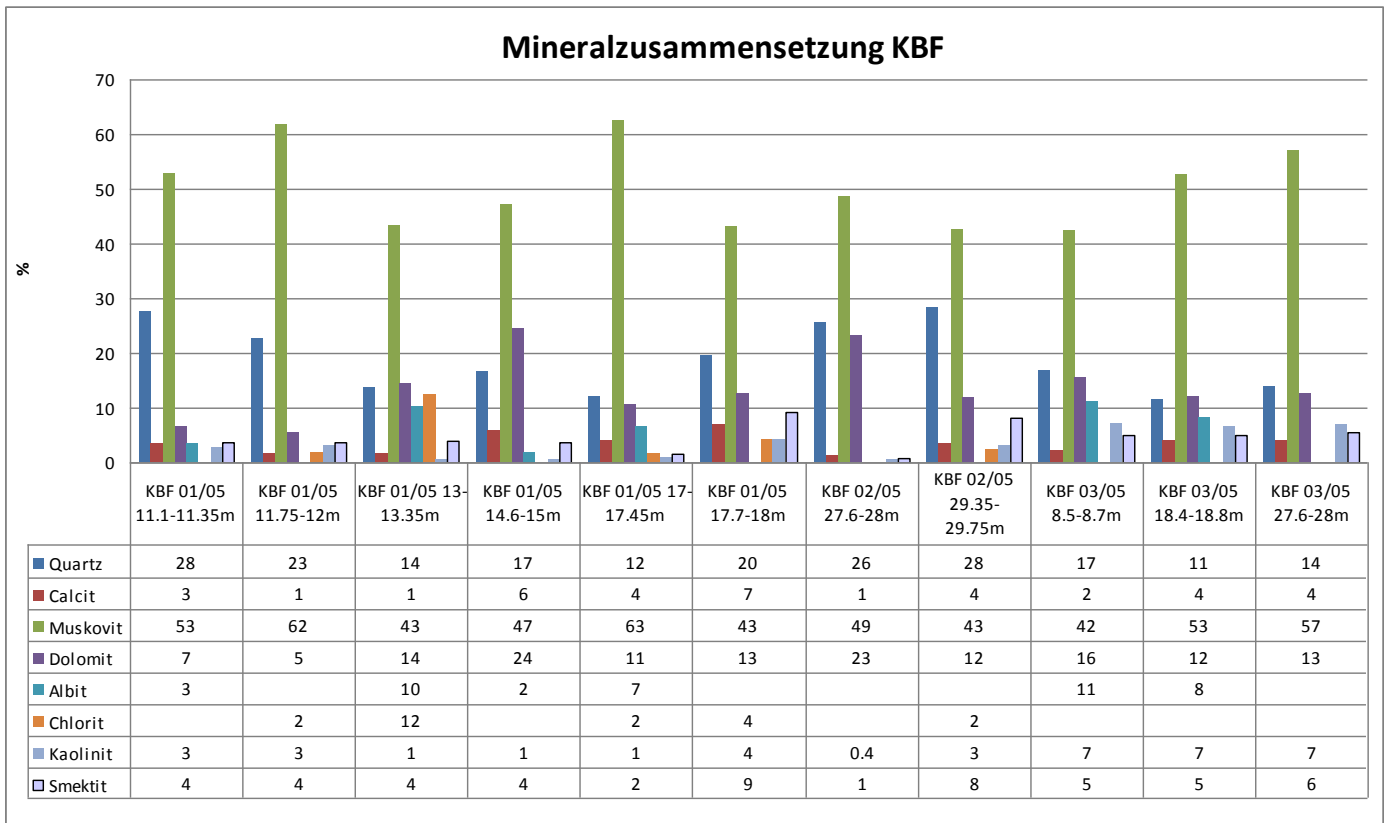


Abb.14: Darstellung der Mineralzusammensetzung der KBF-Proben;

Minerale	Quartz	Calcit	Muskovit	Dolomit	Albit	Chlorit	Kaolinit	Smektit	Gesamt
KBF 01/05 11.1-11.35m	28	3	53	7	3		3	4	100
KBF 01/05 11.75-12m	23	1	62	5		2	3	4	100
KBF 01/05 13-13.35m	14	1	43	14	10	12	1	4	100
KBF 01/05 14.6-15m	17	6	47	24	2		1	4	100
KBF 01/05 17-17.45m	12	4	63	11	7	2	1	2	100
KBF 01/05 17.7-18m	20	7	43	13		4	4	9	100
KBF 02/05 27.6-28m	26	1	49	23			<1	1	100
KBF 02/05 29.35-29.75m	28	4	43	12		2	3	8	100
KBF 03/05 8.5-8.7m	17	2	42	16	11		7	5	100
KBF 03/05 18.4-18.8m	11	4	53	12	8		7	5	100
KBF 03/05 27.6-28m	14	4	57	13			7	6	100

Abb.15: Darstellung der Mineralzusammensetzung KBF-Proben in tabellarischer Form;

Der Smektitgehalt variiert in den Proben zwischen 1-9 Prozent. Der Kaolinitanteil variiert in den Proben zwischen 0,4-7 Prozent. Der Karbonatgehalt (Calcit & Dolomit) variiert in den Proben zwischen 6-30 Prozent. Den höchsten Smektitanteil (9%) weist die Probe KBF 01/05 17,7-18m auf. Den geringsten Smektit- (1%) und Kaolinitanteil (<1%) weist die Probe KBF 02/05 27,6-28m auf. Den geringsten Karbonatgehalt (6%)

6. Testergebnisse

weist die Probe KBF 01/05 11,75-12m auf. Der höchste Karbonatgehalt findet sich in Probe KBF 01/05 14,6-15m (siehe Abbildung 14 &15).

6.2. Ergebnisse der Koralmtunnelproben

6.2.1. Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel

Tabellarische (siehe Abbildung 16) und grafische (siehe Abbildung 17) Darstellung der Veränderlichkeitsklassen des Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsels bei drei durchgeführten Flutungsphasen gemäß DIN 4022 T1.

Bei den Proben KAT 1-4 und KAT 1-6 nahm die Veränderlichkeit bei Erhöhung der Trocknungstemperatur von 60°C auf 110°C zu.

Die Proben KAT 1-1, KAT 1-2, KAT 1-3, KAT 1-5, KAT 1-7, KAT 1-8 (siehe Abbildung 19), KAT 2531,5-1, KAT 2531,5-2 und KAT 2531,5-3 zeigten keine Veränderung in den Veränderlichkeitsklassen.

6. Testergebnisse

Wasserlagerung 60°C KAT																																	
Probenname	KAT 1-1			KAT 1-2			KAT 1-3			KAT 1-4			KAT 1-5			KAT 1-6			KAT 1-7			KAT 1-8			KAT 2531,5-1			KAT 2531,5-2			KAT 2531,5-3		
Trocknungstemperatur	60°C			60°C			60°C			60°C			60°C			60°C			60°C			60°C			110°C			110°C			110°C		
Gewicht in naturfeuchtem Zustand	624,95g			967,1g			655,3g			546,21g			578,5g			797,1g			520,2g			708,9g			468,1gg			644,6g			804,9g		
	Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%					
Durchgang	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
> 63 mm	97.4	46.6					97.1	59		98			97	57		98.8	77		98			91									98.4		
20 - 63 mm				98.5	67.5						32.7			9.4			3.7			48		4.9	20								77.4		64.8
6,3 - 20 mm		13.9	18.3		18.4		1.2	29.9	33.5		22	14		9.2	8		6.3	18.7		24			9	1.8	70.5						10.7	43	14.4
2 - 6,3 mm	0.4	14.1	25.7	0.1	7.4	75	0.1	5.7	41.7	1	31.3	39.1	0.1	11.6	13	0.1	5.7	39.4	0.1	16.4	25	0.6	18.7	10	26	73			6	18.9	12.9	53.9	42
0,63 - 2 mm	0.2	12.2	20.7	0.6	1.7	11.4	0.1	2.7	18.2	0.1	6.2	19.1	0.5	5.1	43.1	0.1	5.4	30.8	0.1	5.9	19	0.2	28.9	56.1	0.5	20.7	91	0.4	2.1	26.9	3.6	17.1	48.1
200 - 630 µm	1.2	7.1	22	0.3	3.2	10.9	0.7	1.3	4.2	0.2	3	16.2	1.1	3.2	22.9	0.3	0.6	8.1	0.1	2.2	39	1.2	12.3	16.5	2.2	4.1	6	0.7	1.9	9.4	2.4	5.1	6
63 - 200 µm	0.4	4.3	6	0.1	1.2	0.7	0.5	0.9	1.1	0.3	3.6	6.3	0.4	2.4	9.4	0.4	0.7	1.6	0.2	1.8	12.9	0.2	8	10.6	0.1	0.8	0.4	0.2	1.4	0.8	0.4	0.5	0.9
< 63 µm	0.1	0.9	6.3	0.1	0.2	0.7	0.1	0.1	0.6	0.1	0.3	4.6	0.1	0.8	2	0.1	0.2	1	0.1	0.6	2	0.2	0.7	2	0.2	0.4	0.9	0.1	0.1	0.3	0.2	0.6	0.8
Summe	99.7	99.1	99	99.7	99.6	98.7	99.8	99.6	99.3	99.7	99.1	99	99	98.7	98.4	99.8	99.6	99	98.9	98.9	97.9	98	97.6	97	99.5	99	98.3	99.8	99.6	99.3	98.7	98.2	97.8
nicht veränderlich																																	
mäßig veränderlich	x						x			x			x			x			x			x			x			x			x		
veränderlich		x		x	x			x			x			x			x			x			x			x			x	x		x	
stark veränderlich			x			x			x			x			x			x			x			x			x			x			x

Wasserlagerung 110°C KAT																																	
Probenname	KAT 1-1			KAT 1-2			KAT 1-3			KAT 1-4			KAT 1-5			KAT 1-6			KAT 1-7			KAT 1-8			KAT 2531,5-1			KAT 2531,5-2			KAT 2531,5-3		
Trocknungstemperatur	110°C			110°C			110°C			110°C			110°C			110°C			110°C			110°C			110°C			110°C			110°C		
Gewicht in naturfeuchtem Zustand	578,3g			676,4g			662,7g			719,8g			664,7g			442,6g			566,8g			641,3g			468,1g			644,6g			804,9g		
	Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%			Trockenmasse Gewichts-%					
Durchgang	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
> 63 mm	98						97.6			98.3			98.1			98			98	37		97						98.9					
20 - 63 mm		4		99	51.5			14						57	13		14.2			10	14		24						41.2	9			
6,3 - 20 mm		39.7	11		16.7	32	0.1	38	15.3		25			14.9	24.1		19.1	5.1		23.9	10		23.6	10	21				39.9	20.2			
2 - 6,3 mm	0.4	30.6	34.5	0.1	21.3	50	0.2	31.8	45	0.3	25.7	20	0	12	23	0.5	33	17.1	0.2	20	31	0.1	29.2	31.4	67.1	5			12.7	46.9			
0,63 - 2 mm	0.2	16.2	29	0.3	6.1	9.4	0.5	7.9	25.3	0.3	26.3	30	0.3	5.7	19.1	0.3	23	52	0.2	3.3	25	0.2	11.3	30.6	2.3	74	71	0.3	2.4	9.4			
200 - 630 µm	0.2	6.5	16.9	0.2	3.3	4.5	0.9	5.5	9.6	0.4	10.2	29.1	0.6	4.6	13.4	0.6	6.2	17.1	0.5	2.1	13	0.5	5.5	18.9	6.5	16.1	22	0.4	1.68	10.6			
63 - 200 µm	0.6	1	5	0.1	0.7	1.2	0.3	1.5	2	0.4	10.8	13.4	0.3	3.4	3.2	0.2	2.9	4	0.3	1.5	3.9	0.5	4	6	0.9	2.3	4	0.2	1.63	2.9			
< 63 µm	0.1	1.3	2.4	0.1	0.2	0.6	0.04	0.6	2.2	0.1	1.6	4.9	0.1	1.2	2.5	0.1	1.2	4.1	0.1	0.6	1.3	0.1	0.2	0.9	1	1.2	1.4	0.03	0.1	0.5			
Summe	99.5	99.3	98.8	99.8	99.8	97.7	99.64	99.3	99.4	99.8	99.6	97.4	99.4	98.8	98.3	99.7	99.6	99.4	99.3	98.4	98.2	98.4	97.8	97.8	98.8	98.6	98.4	99.8	99.6	99.5			
nicht veränderlich																																	
mäßig veränderlich	x			x			x			x			x						x			x			x			x					
veränderlich					x	x								x		x	x			x			x			x			x	x			
stark veränderlich		x	x				x	x		x	x			x			x			x			x			x				x			

Abb.16: Darstellung der Ergebnisse des Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsels der KAT-Proben; KAT 60°C (oben) & KAT110°C (unten);

6. Testergebnisse

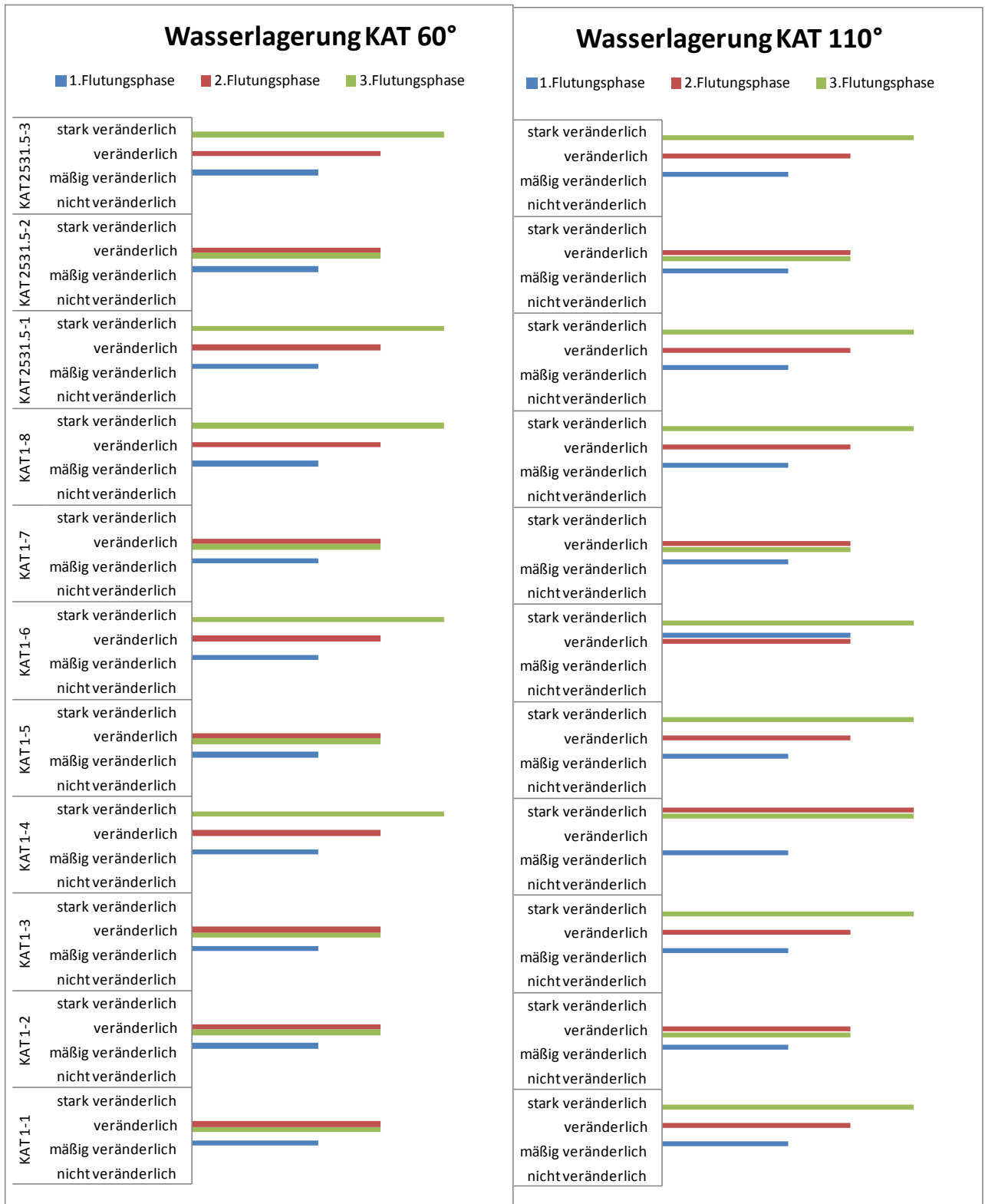


Abb.17: Darstellung der Veränderlichkeitsklassen des Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsels der KAT-Proben bei 60°C & 110°C Trocknungstemperatur; KAT 60°C (linke Seite) & KAT 110°C (rechte Seite);

6. Testergebnisse



Abb.18: Zunahme der Veränderlichkeit der Probe KAT 1-4 bei durchgeführtem Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel bei einer Trocknungstemperatur von 110°C; linke Seite: Darstellung der Veränderlichkeit von oben nach unten bei einer Trocknungstemperatur von 60°C; rechte Seite: Darstellung der Veränderlichkeit von oben nach unten bei einer Trocknungstemperatur von 110°C;

6. Testergebnisse



Abb.19: Konstante Veränderlichkeit der Probe KAT 1-8 bei durchgeführten Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel bei 60°C & 110°C Trocknungstemperatur; linke Seite: Konstante Veränderlichkeit von oben nach unten bei einer Trocknungstemperatur von 60°C; rechte Seite: Konstante Veränderlichkeit von oben nach unten bei einer Trocknungstemperatur von 110°C;

6. Testergebnisse

6.2.2. Zerfallsbeständigkeit und Zerfallsgrad

Grafische Darstellung der Zerfallsbeständigkeit Id% (siehe Abbildung 20) und des Zerfallsgrades (siehe Abbildung 21) nach durchgeführtem Siebtrommelversuch.

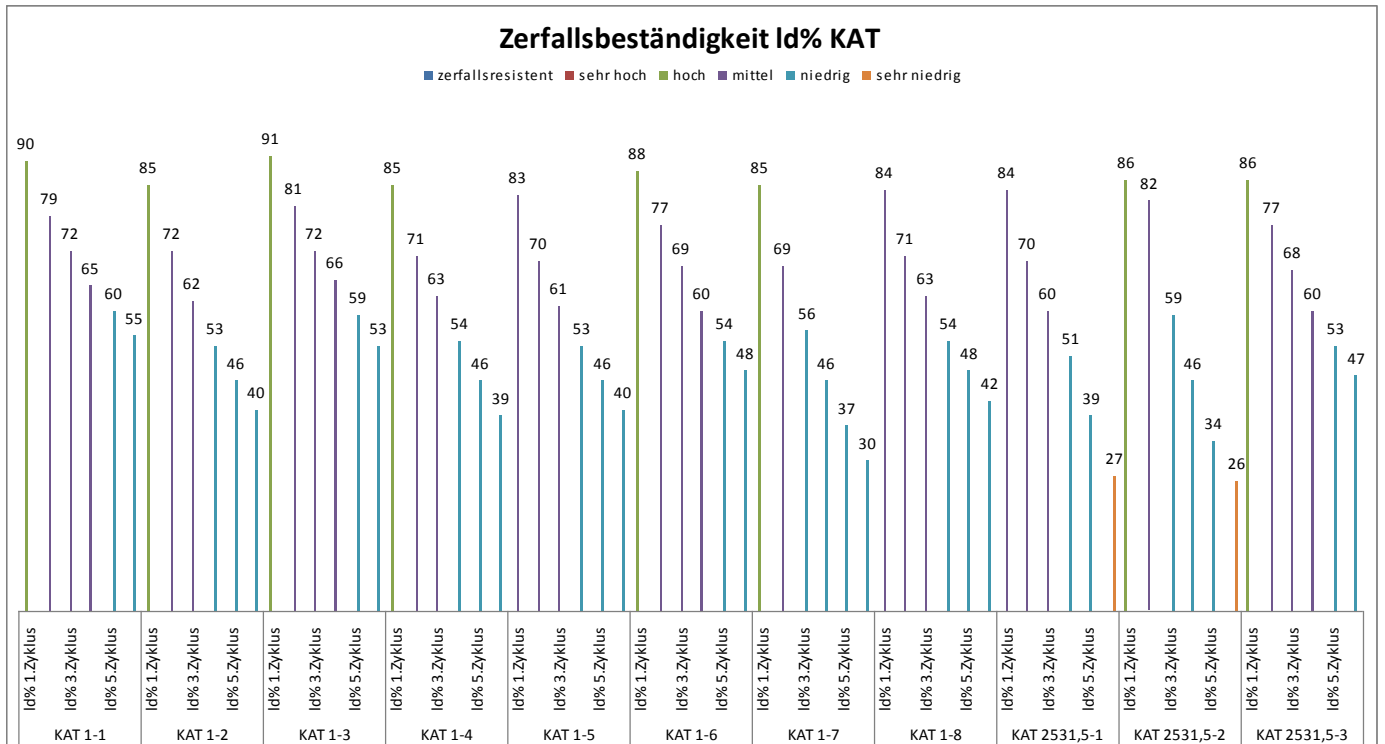


Abb.20: Darstellung der Zerfallsbeständigkeit Id% der KAT-Proben;

Die Proben KAT 1-1, KAT 1-2, KAT 1-3, KAT 1-4, KAT 1-6, KAT 2531,5-2 und KAT 2531,5-3 zeigen beim Siebtrommelversuch eine hohe Zerfallsbeständigkeit nach dem 1.Zyklus. Nach dem 6.Zyklus zeigen die Proben KAT 1-1, KAT 1-2, KAT 1-3, KAT 1-4, KAT 1-6, KAT 2531,5-3 eine niedrige Zerfallsbeständigkeit und die Proben KAT 2531,5-1 und KAT 2531,5-2 eine sehr niedrige Zerfallsbeständigkeit. Die Proben KAT 1-8 zeigt nach dem 1.Zyklus eine mittlere Zerfallsbeständigkeit und nach dem 6.Zyklus eine niedrige Zerfallsbeständigkeit (siehe Abbildung 20).

6. Testergebnisse

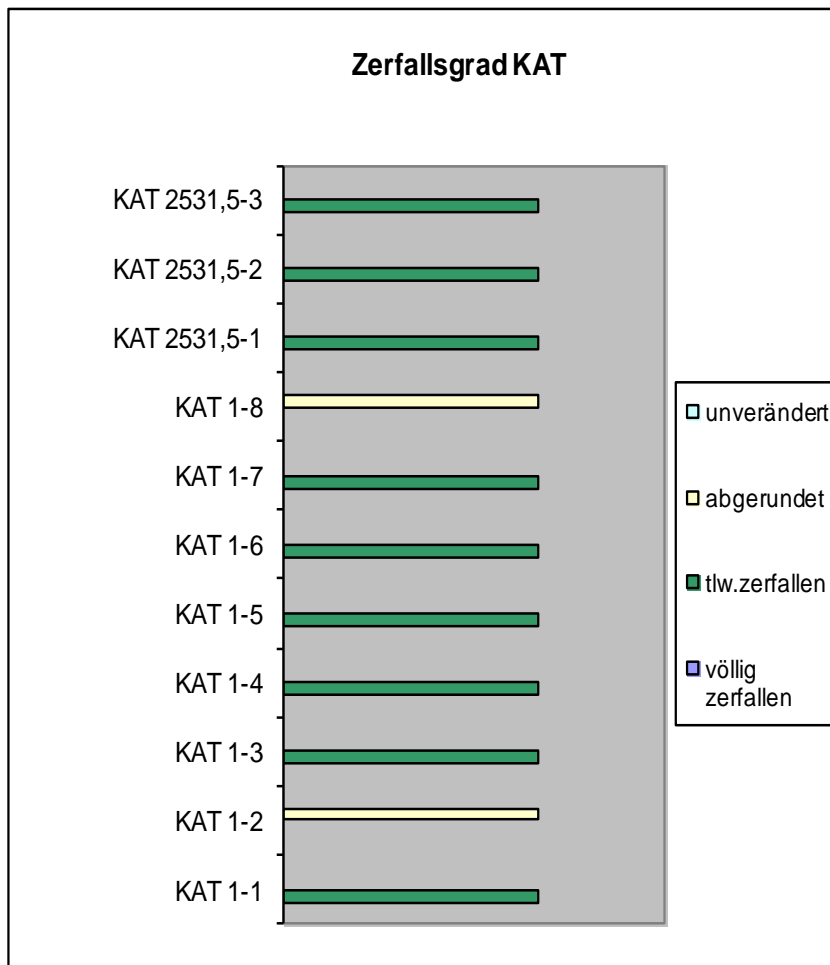


Abb.21: Zerfallsgrad der KAT-Proben;

Von den 11 anhand ihrer Form visuell beurteilten Proben, siehe Abbildung 21, gemäß Empfehlung Nr.20 des Arbeitskreises 3.3- Versuchstechnik Fels- der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik, sind 2 Proben der Kategorie „abgerundet“ (siehe Abbildung 22) und 9 Proben der Kategorie „teilweise zerfallen“ (siehe Abbildung 23) zuzuordnen. Keine Probe entfällt auf die Kategorie „völlig zerfallen“.

6. Testergebnisse



Abb.22: Probe KAT 1-8 mit „abgerundetem“ Zerfallsgrad; linke Seite: Probe vor Versuchsbeginn; rechte Seite: Probe nach Versuchsende (6 durchlaufene Zyklen);



Abb.23: Probe KAT 1-1 mit „teilweise zerfallenem“ Zerfallsgrad; linke Seite: Probe vor Versuchsbeginn; rechte Seite: Probe nach Versuchsende (6 durchlaufene Zyklen);

6. Testergebnisse

6.2.3. Korngrößenverteilung

Darstellung der Korngrößenverteilung $>63\mu\text{m}$, $63 - 2\mu\text{m}$ und $<2\mu\text{m}$ (siehe Abbildung 24).

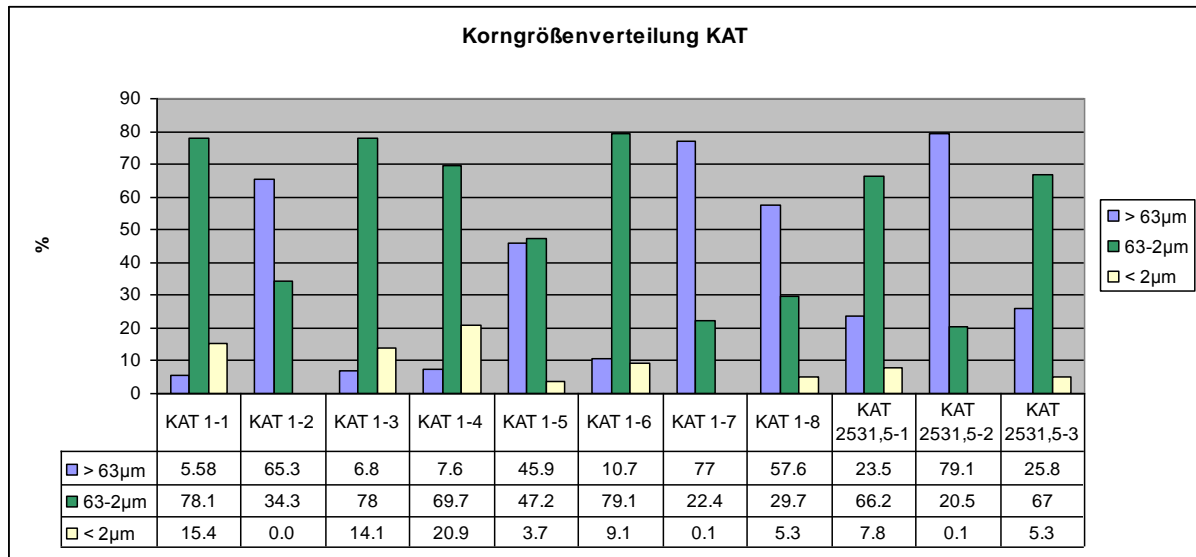


Abb.24: Darstellung der Korngrößenverteilung der KAT-Proben;

Die KAT-Probe sind, siehe Abbildung 24, der Kategorie „schluffbetont“ zuzuordnen, mit Ausnahme der Proben KAT 1-2, KAT 1-7, KAT 1-8 und KAT 2531,5-2 die der Kategorie „sandbetont“ zugerechnet werden können.

6.2.4. Mineralzusammensetzung

Grafische (siehe Abbildung 25) und tabellarische (siehe Abbildung 26) Darstellung der Semiquantitativen Analyse der Mineralzusammensetzung einschließlich der Tonminerale in Prozent.

6. Testergebnisse

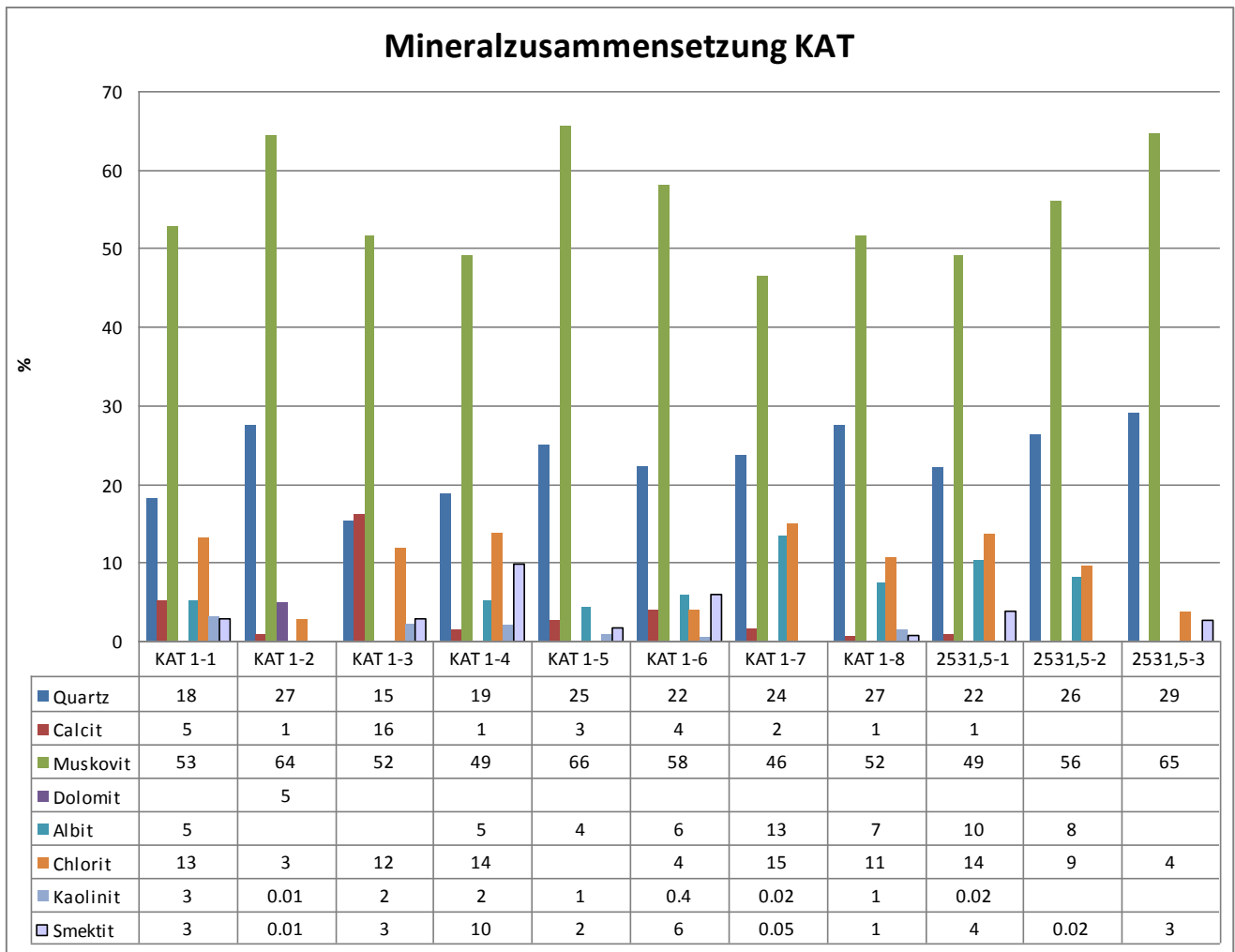


Abb.25: Darstellung der Mineralzusammensetzung der KAT-Proben;

Minerale	Quartz	Calcit	Muskovit	Dolomit	Albit	Chlorit	Kaolinit	Smektit	Gesamt
KAT 1-1	18	5	53		5	13	3	3	100
KAT 1-2	27	1	64	5		3	<1	<1	100
KAT 1-3	15	16	52			12	2	3	100
KAT 1-4	19	1	49		5	14	2	10	100
KAT 1-5	25	3	66		4		1	2	100
KAT 1-6	22	4	58		6	4	<1	6	100
KAT 1-7	24	2	46		13	15	<1	<1	100
KAT 1-8	27	1	52		7	11	1	1	100
2531,5-1	22	1	49		10	14	<1	4	100
2531,5-2	26		56		8	9		<1	100
2531,5-3	29		65			4		3	100

Abb.26: Darstellung der Mineralzusammensetzung der KAT-Proben in tabellarischer Form;

Der Smektitgehalt variiert in den Proben zwischen 0,01-10 Prozent. Der Kaolinitanteil variiert in den Proben zwischen 0,01-3 Prozent. Der Karbonatgehalt (Calcit & Dolomit) variiert in den Proben zwischen 1-16 Prozent. Den höchsten Smektitanteil (10%) weist die Probe KAT 1-4 auf. Den geringsten Smektit- (<1%) und Kaolinitanteil (<1%)

6. Testergebnisse

weisen die Proben KAT 1-2 und KAT 1-7 auf. Den geringsten Karbonatgehalt weisen die Proben KAT1-4, KAT 1-8 und KAT 2531,5-1 auf. Der höchste Karbonatgehalt (16%) findet sich in der Probe KAT 1-3.

Dolomit ist nur in der Probe KAT1-2 nachweisbar.

6.3. Zerfallsgrad KAT & KBF

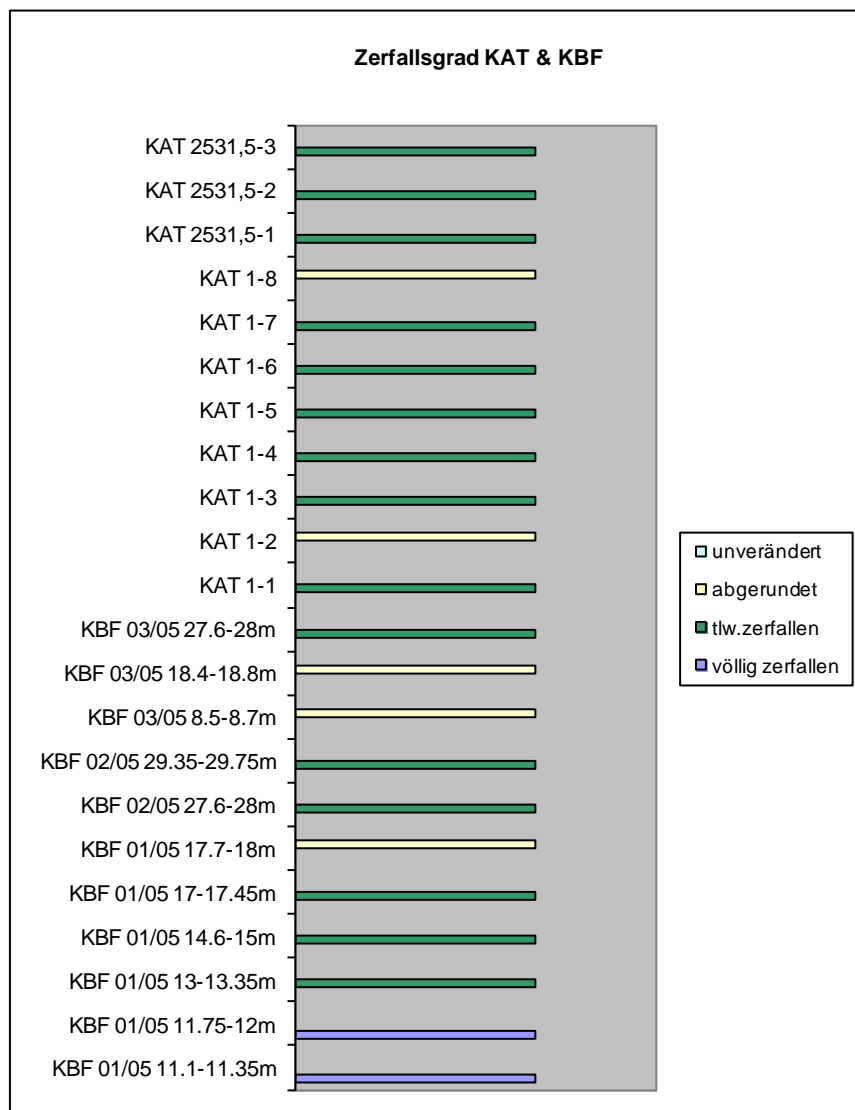


Abb.27: Zerfallsgrad der Proben KAT & KBF;

Von den 22 anhand ihrer Form visuell beurteilten Proben, gemäß Empfehlung Nr.20 des Arbeitskreises 3.3- Versuchstechnik Fels- der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik, sind 5 Proben der Kategorie „abgerundet“, 15 Proben der Kategorie „teil-

6. Testergebnisse

weise zerfallen“ und 2 Proben der Kategorie „völlig zerfallen“ zuzuordnen, siehe Abbildung 27.

6.3.1. Korngrößenverteilung KAT & KBF

Darstellung der Korngrößenverteilung $>63\mu\text{m}$, $63 - 2\mu\text{m}$ und $<2\mu\text{m}$ (siehe Abbildung 28).

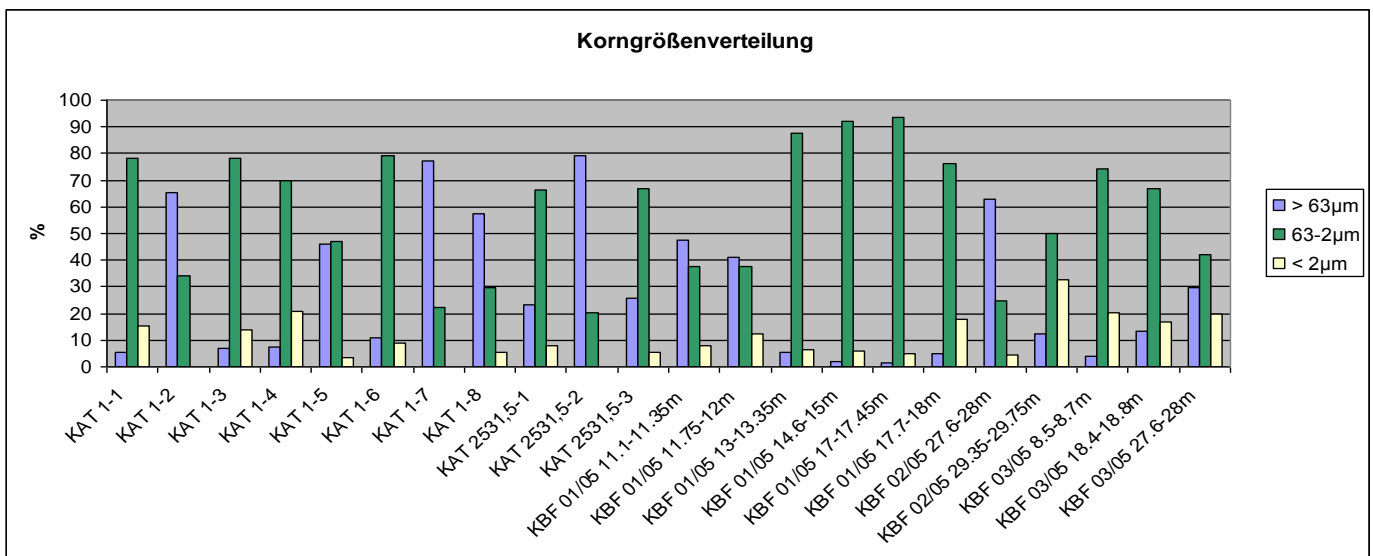


Abb.28: Darstellung der Korngrößenverteilung der Proben KAT & KBF;

Die Proben sind, siehe Abbildung 28, überwiegend der Kategorie „schluffbetont“ zuzuordnen, bis auf ein paar Ausnahmen die der Kategorie „sandbetont“ zugeordnet werden können.

6. Testergebnisse

6.3.2. Mineralzusammensetzung KAT & KBF

Grafische (siehe Abbildung 29) und tabellarische (siehe Abbildung 30) Darstellung der Semiquantitativen Analyse der Mineralzusammensetzung einschließlich der Tonminerale in Prozent.

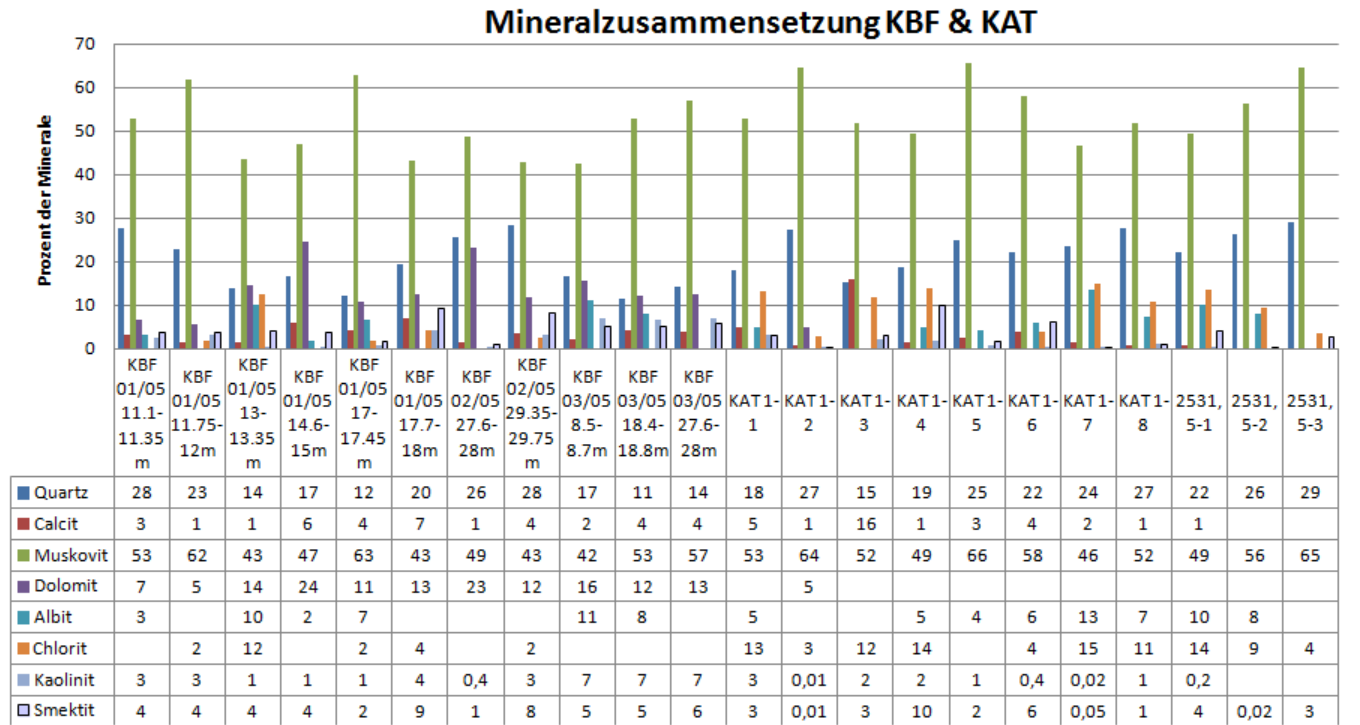


Abb.29: Mineralzusammensetzung der Proben KAT & KBF;

Beide Probengruppen weisen denselben Mineralgehaltstrend (siehe Abbildung 29) auf, jedoch mit unterschiedlichen prozentualen Anteilen. Dolomit ist in den Koralm-tunnelproben nur in der Probe KAT 1-2 vertreten.

6. Testergebnisse

Minerale	Quartz	Calcit	Muskovit	Dolomit	Albit	Chlorit	Kaolinit	Smektit	Gesamt
KAT 1-1	18	5	53		5	13	3	3	100
KAT 1-2	27	1	64	5		3	<1	<1	100
KAT 1-3	15	16	52			12	2	3	100
KAT 1-4	19	1	49		5	14	2	10	100
KAT 1-5	25	3	66		4		1	2	100
KAT 1-6	22	4	58		6	4	<1	6	100
KAT 1-7	24	2	46		13	15	<1	<1	100
KAT 1-8	27	1	52		7	11	1	1	100
2531,5-1	22	1	49		10	14	<1	4	100
2531,5-2	26		56		8	9		<1	100
2531,5-3	29		65			4		3	100
KBF 01/05 11.1-11.35m	28	3	53	7	3		3	4	100
KBF 01/05 11.75-12m	23	1	62	5		2	3	4	100
KBF 01/05 13-13.35m	14	1	43	14	10	12	1	4	100
KBF 01/05 14.6-15m	17	6	47	24	2		1	4	100
KBF 01/05 17-17.45m	12	4	63	11	7	2	1	2	100
KBF 01/05 17.7-18m	20	7	43	13		4	4	9	100
KBF 02/05 27.6-28m	26	1	49	23			<1	1	100
KBF 02/05 29.35-29.75m	28	4	43	12		2	3	8	100
KBF 03/05 8.5-8.7m	17	2	42	16	11		7	5	100
KBF 03/05 18.4-18.8m	11	4	53	12	8		7	5	100
KBF 03/05 27.6-28m	14	4	57	13			7	6	100

Abb.30: Tabellarische Mineralzusammensetzung der Proben KAT & KBF;

Hauptminerale: Muskovit (42-66%), Quartz (11-29%), Calcit (1-16%),
Dolomit (5-24%), Albit (2-15%);

Tonminerale: Smektit (0,01-10%), Kaolinit (0,01-7%), Chlorit (2-15%);

Den höchsten Smektitanteil (10%) weist die Probe KAT 1-4 auf. Den geringsten Smektit- (<1%) und Kaolinitanteil (<1%) weisen die Proben KAT 1-2, KAT 1-7 und KBF 02/05 27,6-28m auf. Den höchsten Karbonatgehalt (30%) (Calcit & Dolomit) weist die Probe KBF 01/05 14,6-15m auf. Der geringste Karbonatanteil (1%) findet sich in den Proben KAT 1-4, KAT 1-8 und KAT 2531,5-1.

Der Anteil an Karbonat, Kaolinit und Smektit variiert in den Proben, wenngleich der Anteil in den KBF-Proben beständiger und in Summe höhere Werte aufweist als in den KAT-Proben, wie in Abbildung 30 ersichtlich.

7. Interpretation

Diskussion der Ergebnisse der durchgeführten Laborversuche, hinsichtlich Trocknungstemperatur, Mineralgehalt und Korngröße.

7.1. Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel

Hinsichtlich der in der Norm DIN 4022 T1 vorgegebenen Trocknungstemperatur von 60°C, wurde eine Veränderung vorgenommen. Mit dem Ziel ein breiteres Spektrum über das Materialverhalten zu erlangen, erfolgte ein Versuchsdurchlauf mit einer Trocknungstemperatur von 110°C.

Von besonderem Interesse waren hierbei die möglichen Reaktionen:

- Verfestigung des Materials oder
- rascher einsetzende Zerlegung

Bei Betrachtung der beiden Abbildungen 6&17, ist deutlich erkennbar, dass eine Erhöhung der Trocknungstemperatur auf 110°C eine Herabsetzung der Festigkeit zur Folge haben kann, welche bei regulärer Anwendung der Trocknungstemperatur von 60°C nur bedingt der Fall gewesen wäre.

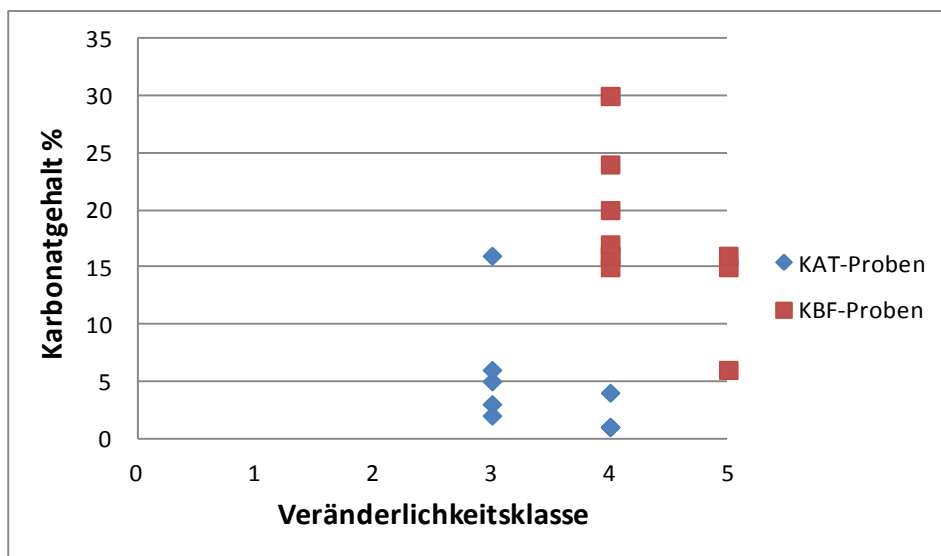


Abb.31: Karbonatanteil (%) aufgetragen gegen die Veränderlichkeitsklassen aller Gesteine;

In Abbildung 31 wird der Karbonatgehalt der KAT- und KBF-Proben den zugeordneten Veränderlichkeitsklassen der KAT- und KBF-Proben gegenübergestellt. Fünf

7. Interpretation

Proben (KAT 1-1, KAT 1-2, KAT 1-3, KAT 1-5 und KAT 1-7) sind der Veränderlichkeitsklasse 3 „veränderlich“ zuzuordnen und weisen einen Karbonatanteil zwischen 2-16 Prozent auf. Zwölf Proben (KAT 1-4, KAT 1-6, KAT 1-8, KAT 2531,5-1, KBF 01/05 11,1-11,35m, KBF 01/05 13-13,35m, KBF 01/05 14,6-15m, KBF 01/05 17,7-18m, KBF 02/05 27,6-28m, KBF 03/05 8,5-8,7m, KBF 03/05 18,4-18,8m und KBF 03/05 27,6-28m) sind der Veränderlichkeitsklasse 4 „stark veränderlich“ zuzuordnen und weisen einen Karbonatanteil von 1-30 Prozent auf. Drei Proben (KBF 01/05 11,75-12m, KBF 01/05 17-17,45m und KBF 02/05 29,35-29,75m) mit der Veränderlichkeitsklasse 5 „stark veränderlich“, weisen einen Karbonatgehalt von 6-16 Prozent auf.

Wie in Abbildung 31 ersichtlich, verhalten sich die Hengsbergtunnelproben um eine Veränderlichkeitsklasse generell ungünstiger als die Koralmtunnelproben.

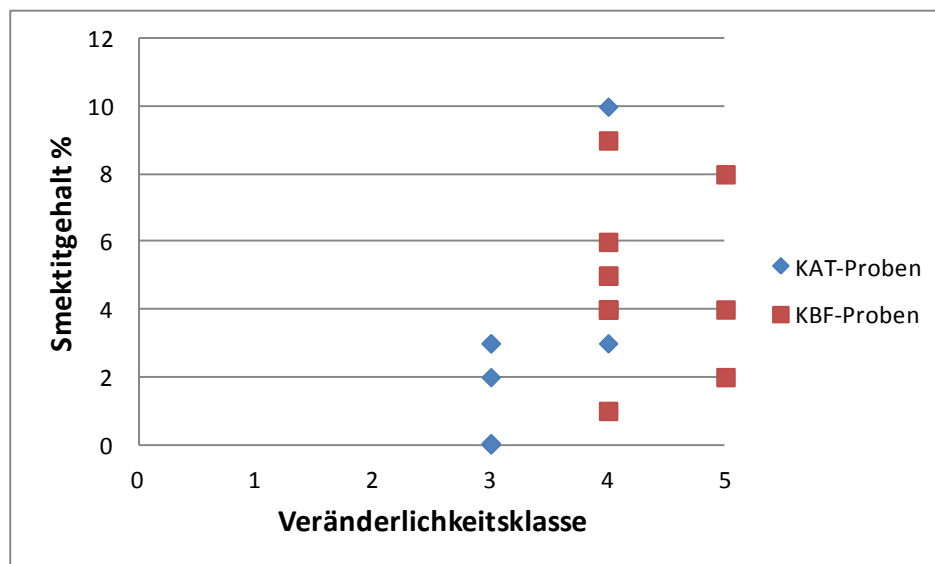


Abb.32: Smektitgehalt (%) aufgetragen gegen die Veränderlichkeitsklassen aller Gesteine;

In Abbildung 32 wird der Smektitgehalt der KAT- und KBF-Proben den Veränderlichkeitsklassen der KAT- und KBF-Proben gegenübergestellt. Sechs Proben (KAT 1-1, KAT 1-2, KAT 1-3, KAT 1-5, KAT 1-7, KAT 2531, 5-2) sind der Veränderlichkeitsklasse 3 „veränderlich“ zuzuordnen und weisen einen Smektitgehalt von 0,01-3 Prozent auf. Dreizehn Proben (KAT 1-4, KAT 1-6, KAT 1-8, KAT 2531,5-1, KAT 2531,5-3, KBF 01/05 11,1-11,35m, KBF 01/05 13-13,35m, KBF 01/05 14,6-15m, KBF 01/05 17,7-18m, KBF 02/05 27,6-28m, KBF 03/05 8,5-8,7m, KBF 03/05 18,4-18,8m und KBF 03/05 27,6-28m) fallen der Veränderlichkeitsklasse 4 „stark veränderlich“ zu, und weisen einen Smektitgehalt zwischen 0,02-10 Prozent auf.

7. Interpretation

Drei Proben (KBF 01/05 11,75-12m, KBF 01/05 17-17,45m und KBF 02/05 29,35-29,75m) mit der Veränderlichkeitsklasse 5 „stark veränderlich“, weisen einen Smektitgehalt von 2-5 Prozent auf.

Es ist kein deutlicher Trend in Abbildung 32 dahingehend erkennbar, dass eine Zunahme des Smektitgehalts mit einer Zunahme der Veränderlichkeit einhergeht.

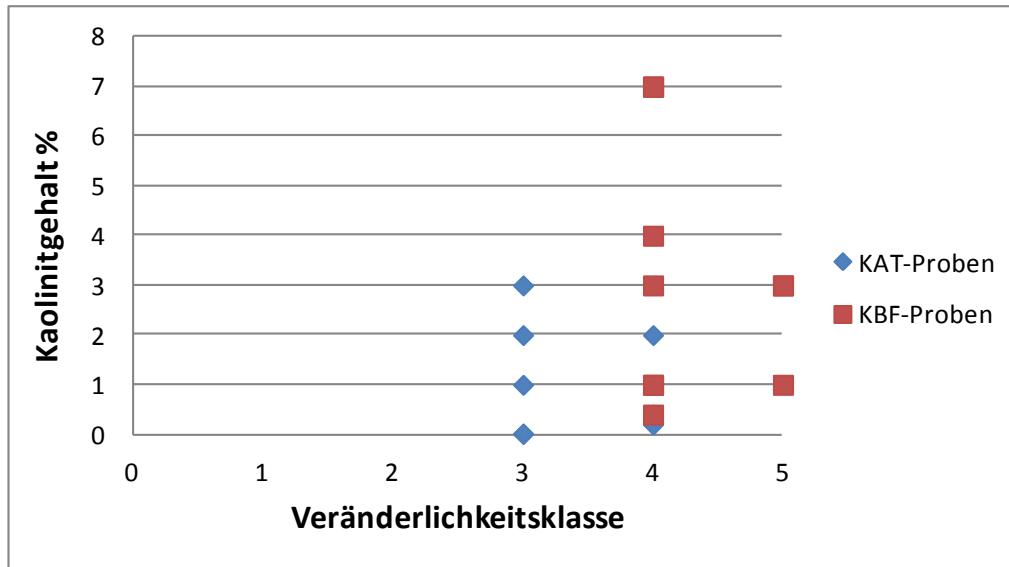


Abb.33: Kaolinitgehalt (%) aufgetragen gegen die Veränderlichkeitsklassen aller Gesteine;

In Abbildung 33 wird der Kaolinitgehalt der KAT- und KBF-Proben den Veränderlichkeitsklassen der KAT- und KBF-Proben gegenübergestellt. Fünf Proben (KAT 1-1, KAT 1-2, KAT 1-3, KAT 1-5 und KAT 1-7) sind der Veränderlichkeitsklasse 3 „veränderlich“ zuzuordnen und weisen einen Kaolinitgehalt von 0,01-3 Prozent auf. Zwölf Proben (KAT 1-4, KAT 1-6, KAT 1-8, KAT 2531,5-1, KBF 01/05 11,1-11,35m, KBF 01/05 13-13,35m, KBF 01/05 14,6-15m, KBF 01/05 17,7-18m, KBF 02/05 27,6-28m, KBF 03/05 8,5-8,7m, KBF 03/05 18,4-18,8m und KBF 03/05 27,6-28m) fallen der Veränderlichkeitsklasse 4 „stark veränderlich“ zu, und weisen einen Kaolinitgehalt zwischen 0,4- 7 Prozent auf.

Drei Proben (KBF 01/05 11,75-12m, KBF 01/05 17-17,45m und KBF 02/05 29,35-29,75m) mit der Veränderlichkeitsklasse 5 „stark veränderlich“, weisen einen Kaolinitgehalt von 1-3 Prozent auf.

In Abbildung 33 ist kein Trend dahingehend erkennbar, dass der Kaolinitanteil die Veränderlichkeit beeinflusst. Die Korrelation ist als mäßig zu bewerten.

7.2. Siebtrommelversuch

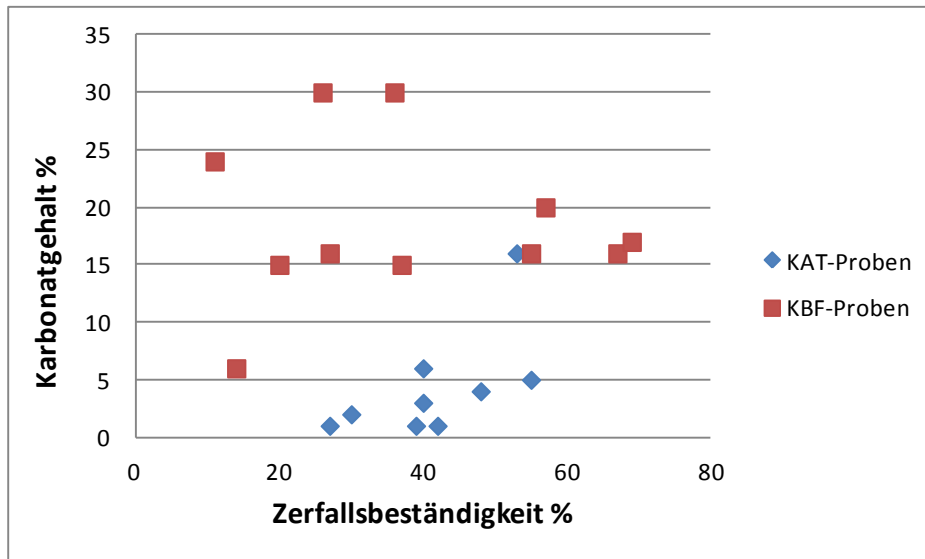


Abb.34: Karbonatanteil (%) aufgetragen gegen die Zerfallsbeständigkeit (%) aller Gesteine;

In Abbildung 34 ist der Karbonatgehalt der KAT- und KBF-Proben dem Zerfallsbeständigkeitsindex der KAT- und KBF-Proben gegenübergestellt. Die Proben sind der Zerfallsbeständigkeitskategorie „mäßig“ bis „sehr niedrig“ zuzuordnen.

Bei den KAT-Proben ist abgesehen von ein paar Ausnahmen, ein genereller Trend dahingehend erkennbar, dass die Zerfallsbeständigkeit mit zunehmendem Karbonatgehalt steigt. Eine Korrelation der KBF-Proben diesbezüglich erweist sich aufgrund der breiten Streuung der Werte als schwierig.

7. Interpretation

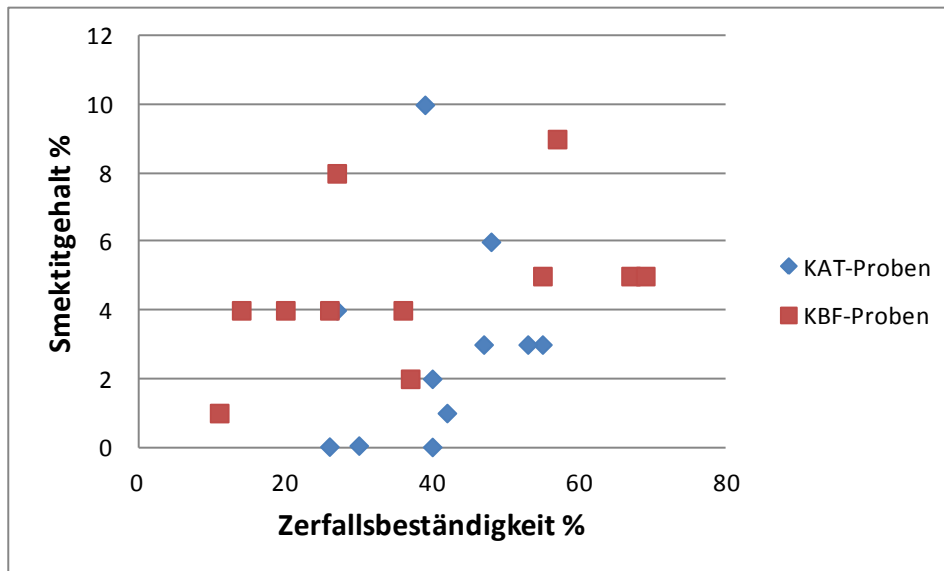


Abb.35: Smektitanteil (%) aufgetragen gegen die Zerfallsbeständigkeit (%) aller Gesteine;

In Abbildung 35 ist der Smektitgehalt der KAT- und KBF-Proben dem Zerfallsbeständigkeitsindex der KAT- und KBF-Proben gegenübergestellt. Die Proben können der Zerfallsbeständigkeitskategorie „mäßig“ bis „sehr niedrig“ zugeordnet werden.

Eine Korrelation des Smektitgehalts und der Zerfallsbeständigkeit zeigt anhand der KAT-Proben, dass eine Zunahme des Smektitgehalts mit einer höheren Zerfallsbeständigkeit einhergeht. Diesen Trend spiegeln auch die KBF-Proben wieder.

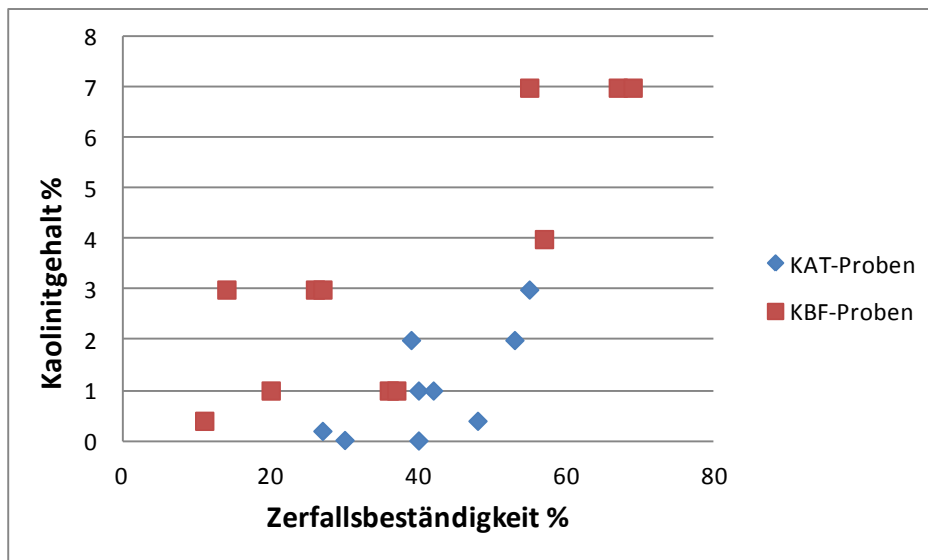


Abb.36: Kaolinitanteil (%) aufgetragen gegen die Zerfallsbeständigkeit (%) aller Gesteine;

In Abbildung 36 ist der Kaolinitanteil der KAT- und KBF-Proben dem Zerfallsbeständigkeitsindex der KAT- und KBF-Proben gegenübergestellt. Die Proben werden den Zerfallsbeständigkeitskategorien „mäßig“ bis „sehr niedrig“ zugeordnet. Eine Korrela-

7. Interpretation

tion des Kaolinitgehalts mit der Zerfallsbeständigkeit zeigt, dass bei Zunahme des Kaolinitgehalts die Zerfallsbeständigkeit steigt.

7.3. Zerfallsbeständigkeit vs. Veränderlichkeitsklasse

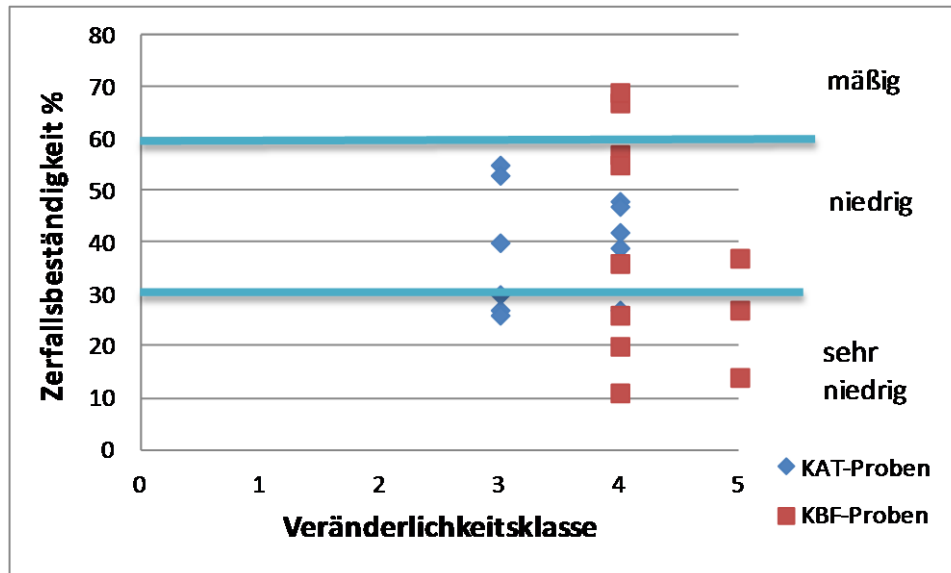


Abb.37: Zerfallsbeständigkeit (%) aufgetragen gegen die Veränderlichkeitsklasse aller Gesteine;

In Abbildung 37 wird der Veränderlichkeitsindex den Veränderlichkeitsklassen der KAT- und KBF-Proben entgegengestellt. Sechs Proben (KAT 1-1, KAT 1-2, KAT 1-3, KAT 1-5, KAT 1-7, KAT 2531, 5-2) sind der Veränderlichkeitsklasse 3 zuzuordnen, also veränderlich, und weisen eine „sehr niedrige“ bis „niedrige“ Zerfallsbeständigkeit von 26 bis 55 Prozent auf. Dreizehn Proben (KAT 1-4, KAT 1-6, KAT 1-8, KAT 2531,5-1, KAT 2531,5-3, KBF 01/05 11,1-11,35m, KBF 01/05 13-13,35m, KBF 01/05 14,6-15m, KBF 01/05 17,7-18m, KBF 02/05 27,6-28m, KBF 03/05 8,5-8,7m, KBF 03/05 18,4-18,8m und KBF 03/05 27,6-28m) fallen in die Veränderlichkeitsklasse 4, sie sind „stark veränderlich“, und haben mit Werten zwischen 26 und 69 Prozent eine „sehr niedrige“ bis „mäßige“ Zerfallsbeständigkeit.

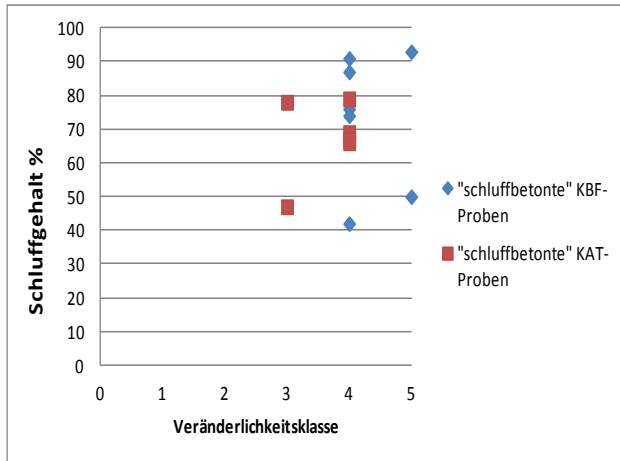
Die übrigen drei Proben (KBF 01/05 11,75-12m, KBF 01/05 17-17,45m und KBF 02/05 29,35-29,75m) mit der Veränderlichkeitsklasse 5 „stark veränderlich“ und weisen eine „sehr niedrige“ bis „niedrige“ Zerfallsbeständigkeit von 14 bis 37 Prozent auf.

Alle der 22 untersuchten Proben fallen in die Veränderlichkeitsklassen „veränderlich“ bis „stark veränderlich“ und weisen eine „sehr niedrige“ bis „mäßige“ Zerfallsbestän-

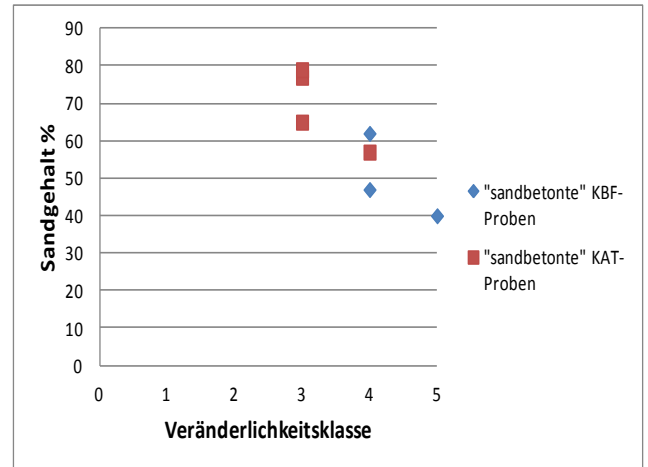
7. Interpretation

digkeit auf. Bei der Korrelation von Zerfallsbeständigkeit und Veränderlichkeitsklasse ist kein Trend erkennbar.

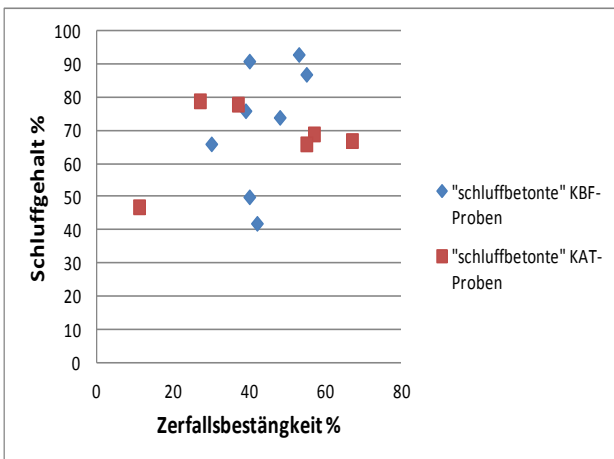
7.4. Korngröße



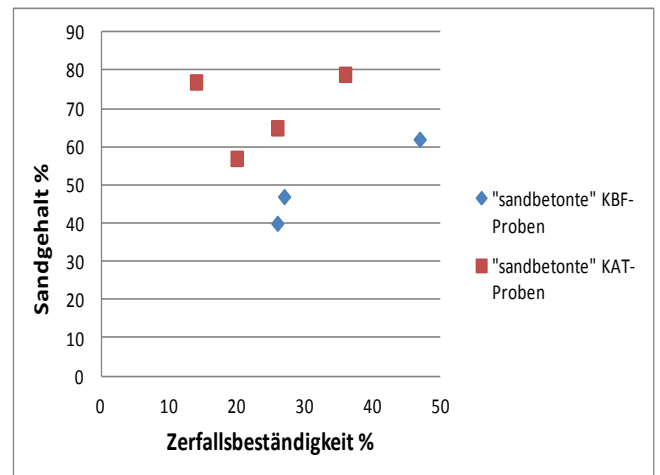
a)



b)



c)



d)

Abb.38: Schluff – und Sandgehalt (%) aller Gesteine aufgetragen gegen die Veränderlichkeitsklasse (a&b) und die Zerfallsbeständigkeit (%) (c&d);

Die Proben können überwiegend der Kategorie „schluffbetont“ zugeordnet werden, nur wenige Ausnahmen (KAT 1-2, KAT 1-7, KAT 1-8, KAT 2531,5-2, KBF 01/05 11,1-11,35m, KBF 01/05 11,75-12m und KBF 02/05 27,6-28m) sind der Kategorie „sandbetont“ zugeordnet, siehe Abbildung 28.

Die Korrelation des Schluff- und Sandanteils gegenüber der Veränderlichkeitsklasse zeigt keinen Trend im Bezug auf die Veränderlichkeit. Die „schluffbetonten“ und „sandbetonten“ Proben verhalten sich gleich, siehe Abbildung 38 a&b.

7. Interpretation

Wie in Abbildung 38 c&d erkennbar verhalten sich die „schluffbetonten“ Proben generell zerfallsbeständiger als die „sandbetonten“ Proben. Der erhöhte Tonanteil erweist sich hierbei als positiver Effekt im Bezug auf die Veränderlichkeit. Anhand der „sandbetonten“ KBF-Proben zeigt sich, dass ein erhöhter Sandanteil sowie der luftgetrocknete Zustand der Proben das Verhalten der Proben im Bezug auf die Veränderlichkeit wesentlich beeinflusst.

Es zeigt sich, dass die untersuchten Proben im Bezug auf Veränderlichkeit und Zerfall nicht alle Kategorien der angewendeten Versuche abgedeckt haben. Die Proben sind durchwegs gering beständig.

Generell ist ein Trend dahingehend erkennbar, dass die Faktoren Karbonatgehalt, Korngrößenverteilung, Tonmineralanteil und der Trockengrad der Probe das Verhalten des Probenmaterials wesentlich beeinflusst.

7.5. Schlussfolgerung

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass eine Erhöhung der Trocknungstemperatur von 60°C auf 110°C die Herabsetzung der Festigkeit beschleunigt.

Es ist ein genereller Trend bei den KAT- und KBF-Proben dahingehend erkennbar, dass die Zerfallsbeständigkeit mit zunehmendem Karbonat- und Smektitgehalt steigt.

Alle Proben weisen einen ähnlichen Mineralbestand auf und fallen in die Korngrößenkategorien „schluffbetont“ und „sandbetont“. Die „schluffbetonten“ Proben erweisen sich aufgrund ihres erhöhten Tongehalts als zerfallsbeständiger. Der erhöhte Sand- und geringe Tongehalt in den „sandbetonten“ KBF-Proben sowie deren luftgetrockneter Ausgangszustand begünstigen eine entgegengesetzte Wirkung. Generell zeigt sich, dass sich die Hengsbergtunnelproben um eine Veränderlichkeitsklasse schlechter verhalten als die Koralmtunnelproben. Als einflussgebende Faktoren konnten Karbonatgehalt, Korngrößenverteilung, Tonmineralanteil und Trockengrad der Probe eruiert werden.

8. Literatur

- DGGT: Empfehlung Nr.20 des Arbeitskreises 3.3-Versuchstechnik Fels – der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik, Zerfallsbeständigkeit von Gestein – Siebtrommelversuch. Bautechnik, 2002.
- DIN: DIN 4022 Teil 1: Baugrund und Grundwasser . Benennen und Beschreiben von Boden und Fels.Schichtenverzeichnisse für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und Fels.- Deutsches Institut für Normung E.V., Beuth, Berlin, 1984.
- DIN EN ISO: DIN EN ISO 14689-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung- Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels-Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14689-1:2003), Deutsches Institut für Normung E.V., Beuth, Berlin, 2004.
- BECK-MANNAGETTA, P.: Der Geologische Aufbau Österreichs – Die Koralpe.- Geologische Bundesanstalt, 386-392, Wien, 1980.
- CAMPBELL, R.H.: Soil Slips, debris flows, and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, Southern California, USA.- Geological Survey Professional Paper, 851, 1-20, USA, 1975.
- ERGULER, Z.A. & ULUSAY, R.: Assessment of physical disintegration characteristics of clay-bearing rocks: Disintegration index test and a new durability classification chart.- Engineering Geology, 105, 11-19, Turkey, 2009.
- GAMBLE, J.C.: Durability-plasticity classification of shales and other argillaceous rocks.-Ph.D.-Thesis, University of Illinois, 1971.
- HANDKE, D. & MATT R. & WILFINGER N.: Maschinen- und verfahrenstechnische Charakterisierung des Gebirges unter dem Einfluss des Interaktionsverhaltens Maschine - Baugrund. Tunnel, 6, 12-24, 2011. http://www.tunnel-online.info/download/387921/2011_06_Maschinen-_und_verfahrenstechnische_Charakterisierung.pdf (10.09.12)
- HAWKINS, A.B. & PINCHES G.M.: Engineering description of mudrocks.- Quarterly Journal of Engineering Geology, 25, 17-30, London, 1992.
- HEITFELD, K.H.: Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgesteinen.- Springer, 1985.
- JANOSCHEK, R.: Das Tertiär in Österreich.- Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft, 56,2, Wien, 1963.
- KACZYŃSKI R. & GRABOWSKA-OLSZEWSKA B.: Soil Mechanics of he potentially expansive clays in Poland.-Applied Clay Science, 11, 337-335, Poland, 1996.
- KEIL, K.: Ingenieurgeologie und Geotechnik.- VEB-Verlag, 2.Auflage, Halle/S, 1954.
- KOHLER, E. & WEWER, R.: Gewinnung reiner Tonmineralkonzentrate für die mineralogische Analyse.- Keramische Zeitschrift, 32.Jahrgang, 5, 1980.
- NICKMANN, M.: Abgrenzung und Klassifizierung veränderlich fester Gesteine unter ingenieurgeologischen Aspekten, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe B, 12, München, 2009.
- OBERHAUSER, R.: Der Geologische Aufbau Österreichs.- Geologische Bundesanstalt, Wien, 1980.

8. Literatur

- PRINZ, H. & STRAUSS, R.: Ingenieurgeologie.- Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 5, Heidelberg, 2011.
- SEBASTIÀN, E. & CULTRONE G. & BENAVENTE D. & FERNANDEZ L. & ELERT K. & RODRIGUEZ-NAVARRO C.: Swelling damage in clay-rich sandstones used in the church of San Mateo in Tarifa (Spain).-Journal of Cultural Heritage,9, 66-76, Spain, 2008.
- SHAKOOR, A. & SMITHMYER, A.J.: An analysis of storm-induced landslides in colluvial soils overlying mudrock sequences, southeastern Ohio, USA.- Engineering Geology, 78, 257-274, USA, 2005.
- VOIGT, R.: Pharmazeutische Technologie – Für Studium und Beruf.- Deutscher Apotheker Verlag, 11.Auflage, Stuttgart, 2010.
- ÖBB-Infrastruktur Bau AG: Geologisch-Hydrogeologisches Gutachten.- Koralmbahn, 2005.
- ÖNORM: ÖNORM B 2203: Untertagebauarbeiten.Werkvertragsnorm,1,1994.

8.1. Internetlink


- http://www.geoconsult.at/tl_files/geoconsult/theme/media/img/projects/01%20-%20Planung/PB_Koralm-Tunnel%20.pdf (09.07.12)
- <http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2002/1236/pdf/Kap07bis12.pdf> (11.09.12)
- <http://www.micromeritics.com/Product-Showcase/SediGraph-5120/SediGraph-III-5120-German-Translation.aspx> (11.09.12)
- <http://www.uni-trier.de/index.php?id=6846> (24.10.2012)

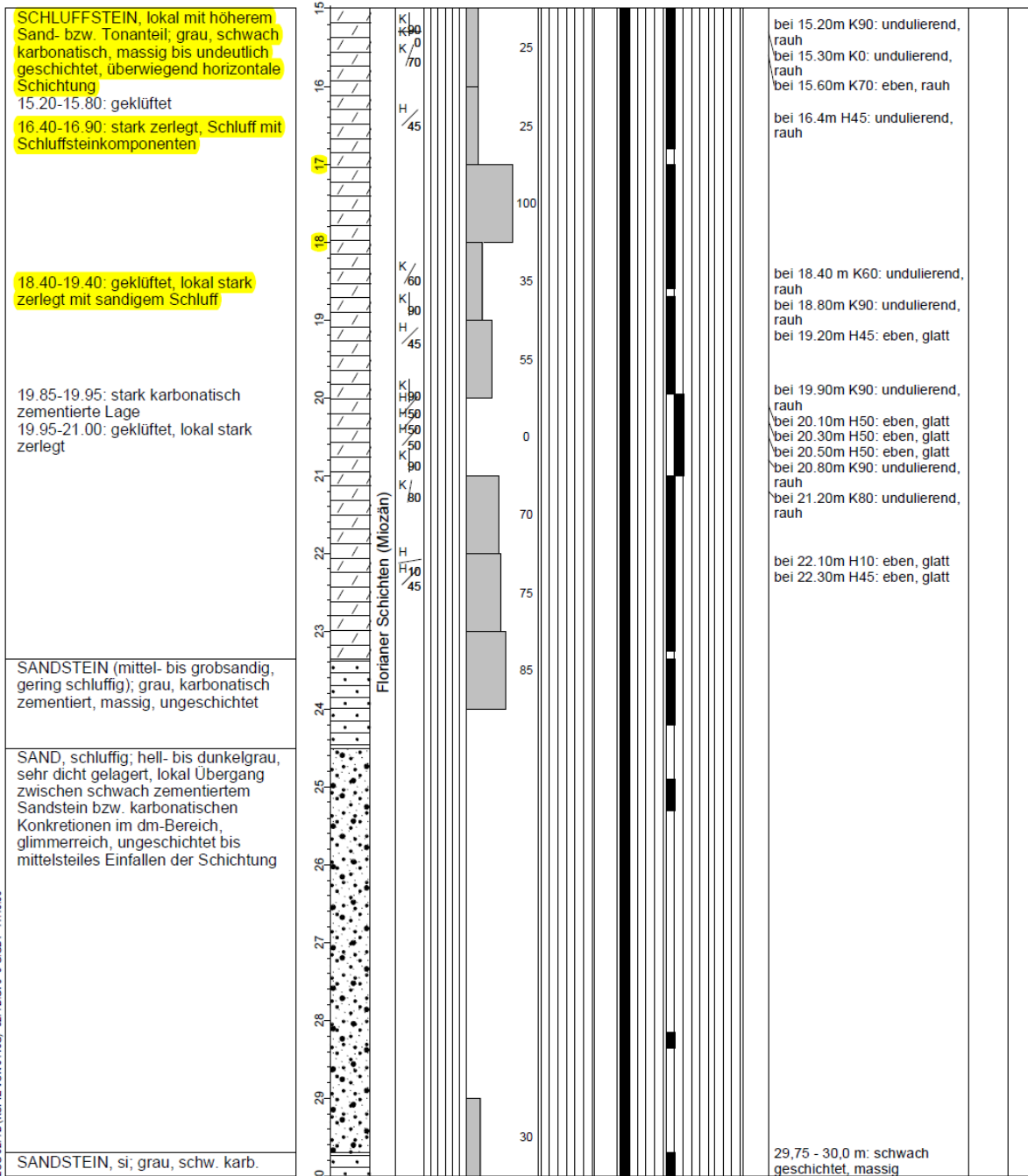
8.2. Abbildungen

- Abbildung 1:** http://www.geoconsult.at/tl_files/geoconsult/theme/media/img/projects/01%20-%20Planung/PB_Koralm-Tunnel%20.pdf (09.07.12)
- Abbildung 2:** http://www.geoconsult.at/tl_files/geoconsult/theme/media/img/projects/01%20-%20Planung/PB_Koralm-Tunnel%20.pdf (09.07.12)
- Anhang A:** ÖBB-HENGESBERG 8277B: Bohrungen KB-F01/05 bis KB-F04/05, GRUPPE GEOTECHNIK GRAZ, ZT-GMBH: 30.09.2005.
- Formel 1:** DGGT: Empfehlung Nr.20 des Arbeitskreises 3.3-Versuchstechnik Fels – der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik, Zerfallsbeständigkeit von Gestein – Siebtrommelversuch. Bautechnik, 2002.
- Formel 2:** VOIGT R.: Pharmazeutische Technologie – Für Studium und Beruf.- Deutscher Apotheker Verlag, 11.Auflage, Stuttgart, 2010.
- Tabelle 1:** GAMBLE, J.C.: Durability-plasticity classification of shales and other argillaceous rocks.-Ph.D.-Thesis, University of Illinois, 1971.

9. Anhang

9.1. Anhang A: Bohrprofile KB-F01/05 – KB-F03/05

ÖBB-HENGESBERG 8277B BOHRUNG: KB - F01/05						GOK: X: m Y: m Endteufe: 30,00 m				Neigung/Azimet: 90°/--- Bearb.: AFA Am: 30.09.2005 Seite: 2/2						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Geologisch-petrographische Beschreibung	Seehöhe (m)	Teufe (m)	Schichtprofil	Stratigraphie	Trennflächen	TF-Abstand II zu SF/SS	ROD [%]	Zerlegungsgrad/Konsistenz	Kernmargengrenzen	Verwitterung	Gesteinsfestigkeit	Felsqualität	Grund-/ Bergwasser	Bemerkungen, Proben etc.	Kerndurchmesser [mm]	In-situ Versuche
						123456		123456		12345	12345	123				



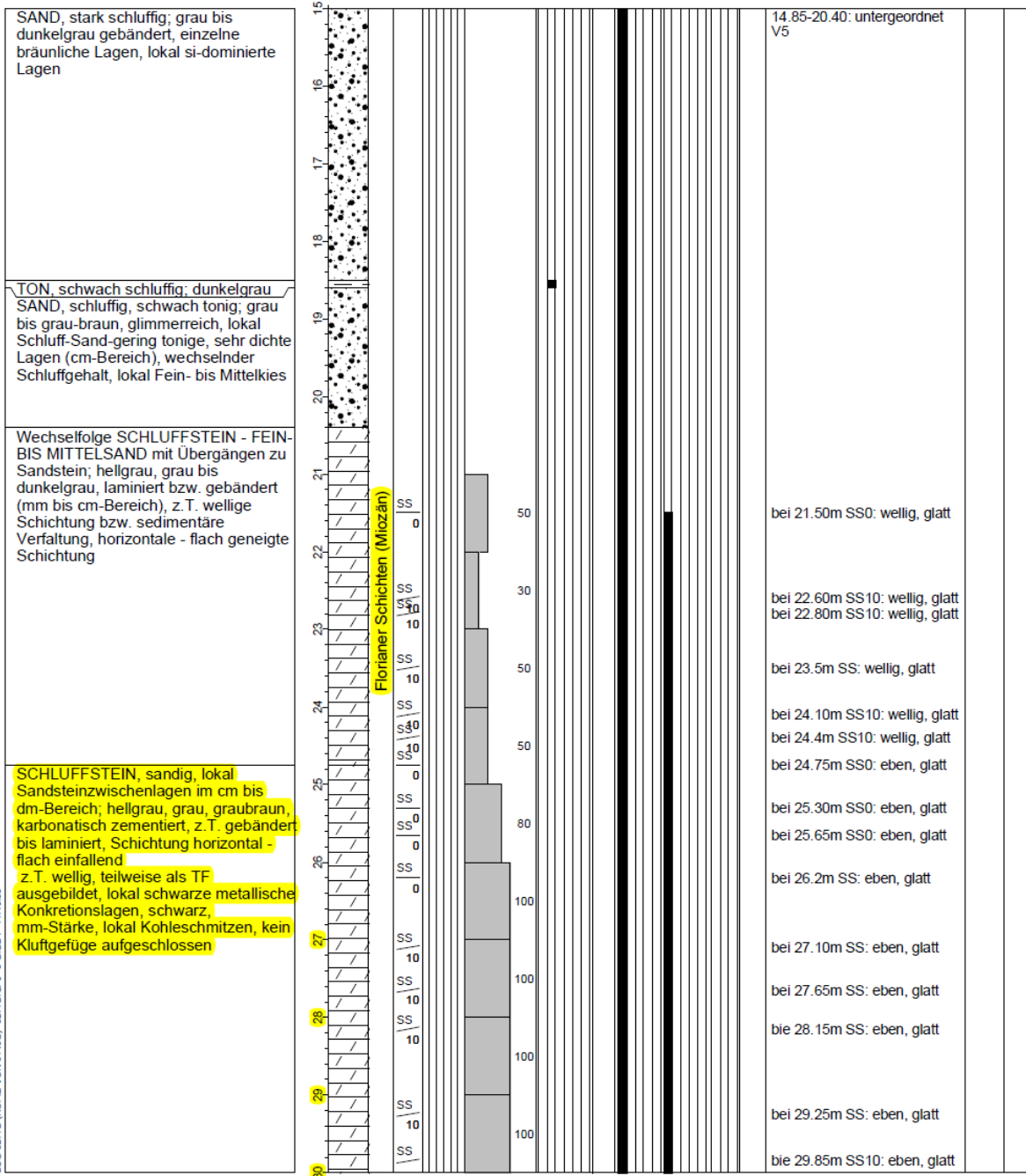
LOG 8277B (KOPIE VON 81480) 8277B.GPJ 3.G.GDT 11.10.05

9. Anhang

ÖBB-HENGESBERG 8277B		GOK:		Neigung/Azimet: 90°/---	
BOHRUNG: KB - F02/05		X: m		Bearb.: AFa	
		Y: m		Am: 30.09.2005	
		Endteufe: 45.50 m		Seite: 2/4	




1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Geologisch-petrografische Beschreibung	Seehöhe (m)	Teufe (m)	Schichtprofil	Stratigrafie	Trennflächen	TF-Abstand II zu SF/SS	RQD [%]	Zerlegungsgrad/Konsistenz	Kernmargengrenzen	Verwitterung	Gesteinsfestigkeit	Felsqualität	Grund-/Bergwasser	Bemerkungen, Proben etc.	Kerndurchmesser [mm]	In-situ Versuche
						123456		123456		12345	12345	123				

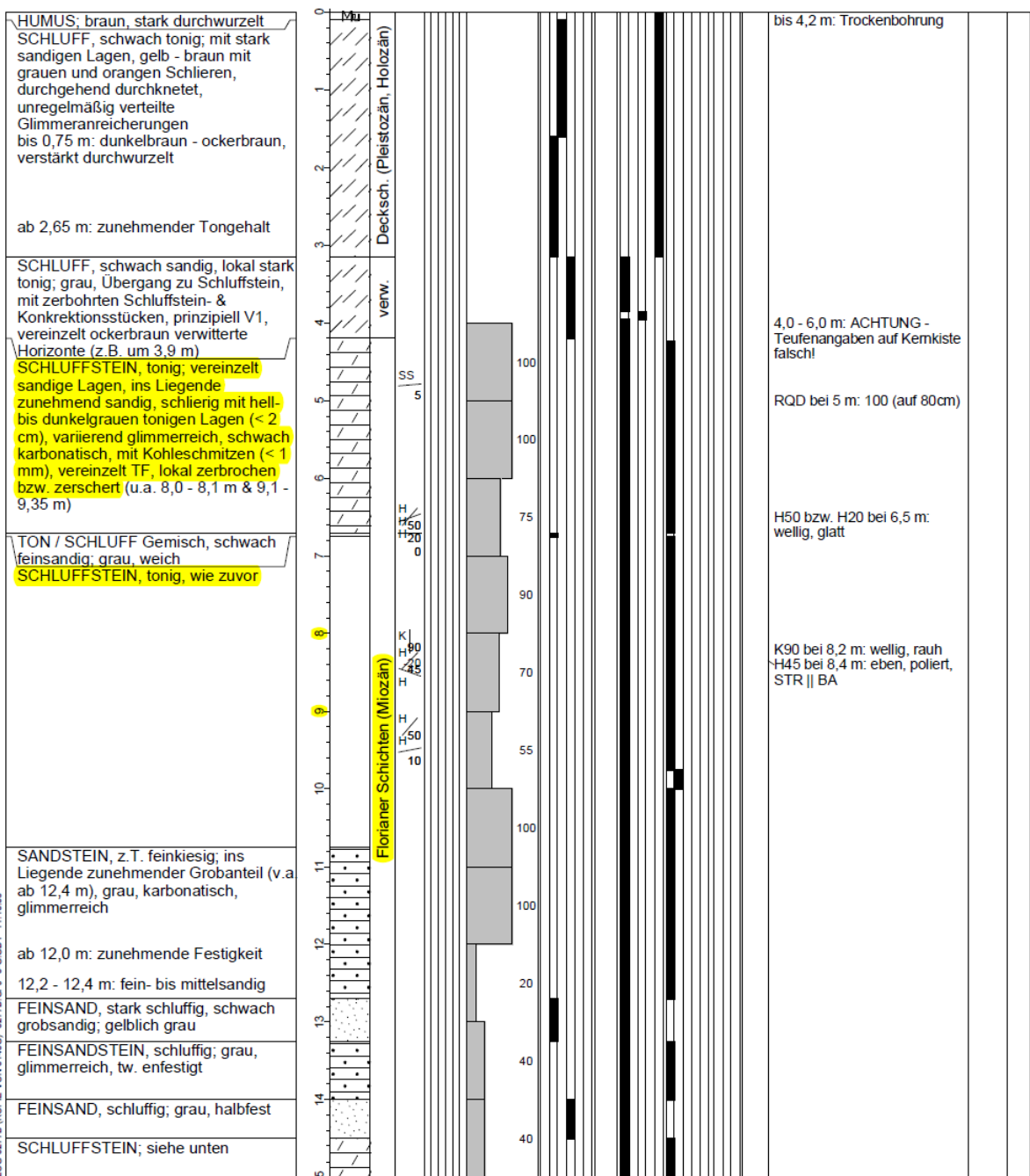


LOG 8277B (KOPIE VON 81486) 8277B.GPJ 3-G.GDT 11.10.05

9. Anhang

ÖBB-HENGESBERG 8277B BOHRUNG: KB - F03/05	GOK: X: m Y: m Endteufe: 22,00 m	Neigung/Azimet: 90°/--- Bearb.: HMu, SWu Am: 30.09.2005 Seite: 1/3	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Geologisch-petrografische Beschreibung	Seehöhe (m) Teufe (m)	Schichtprofil	Stratigraphie	Trennflächen	TF-Abstand II zu SF/SS	RQD [%]	Zerlegungsgrad/Konsistenz	Kernmargengrenzen	Verwitterung	Gesteinsfestigkeit	Felsqualität	Grund-/ Bergwasser	Bemerkungen, Proben etc.	Kerndurchmesser [mm]	In-situ Versuche
					123456		123456		12345	12345	123				



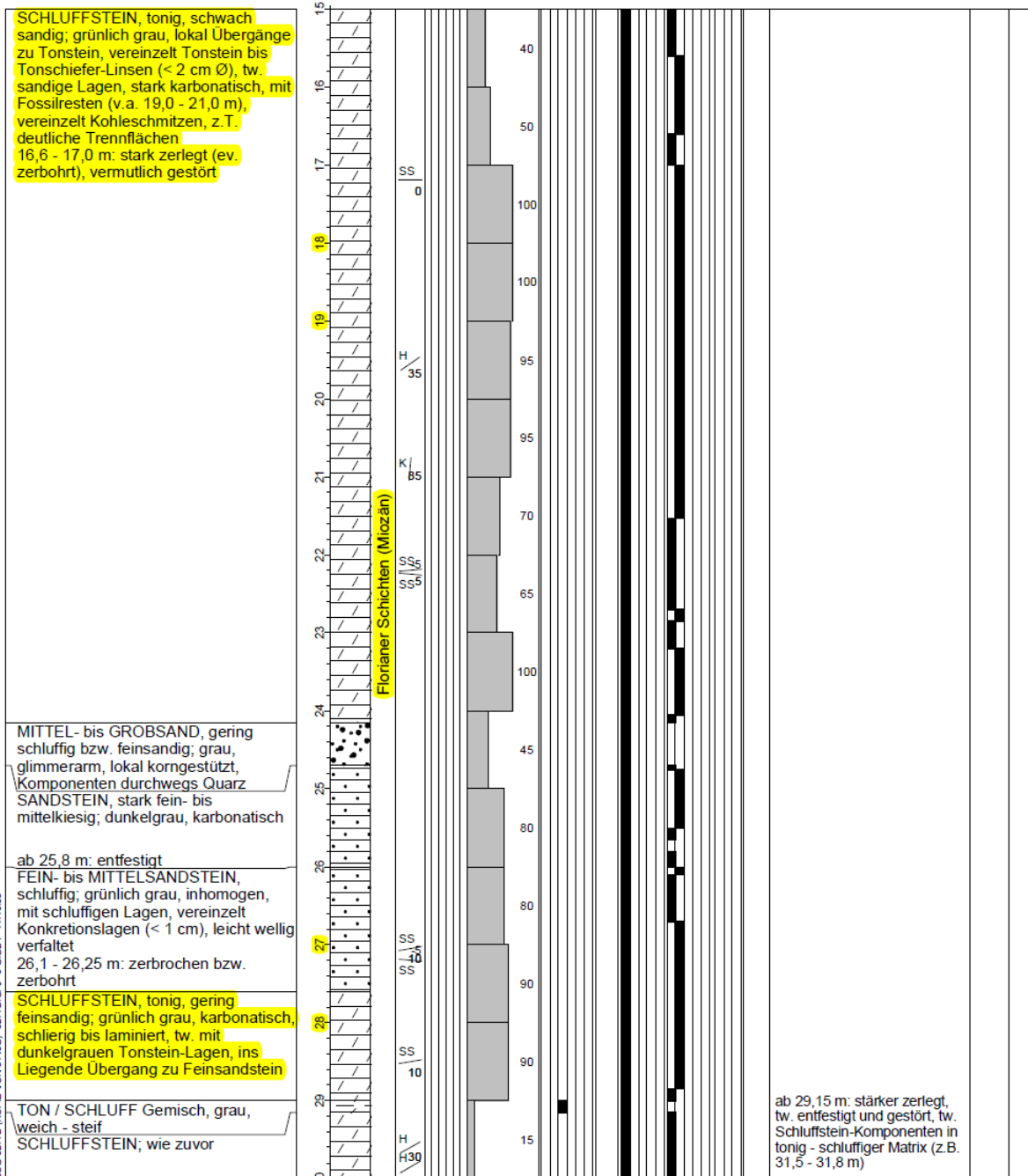
LOG 8277B (KOPF VON R148G) 8277B.GPJ 3-6.GDT 11.10.05

9. Anhang

ÖBB-HENGESBERG 8277B		GOK:		Neigung/Azimet: 90°/---	
BOHRUNG: KB - F03/05		X: m		Bearb.: HMu, SWu	
		Y: m		Am: 30.09.2005	
		Endteufe: 32,00 m		Seite: 2/3	



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Geologisch-petrographische Beschreibung	Seehöhe (m)	Tiefe (m)	Schichtprofil	Stratigraphie	Trennflächen	TF-Abstand II zu SF/SS	RQD [%]	Zerlegungsgrad/Konsistenz	Kernmarschgrenzen	Verwitterung	Gesteinsfestigkeit	Felsqualität	Grund-/ Bergwasser	Bemerkungen, Proben etc.	Kerndurchmesser [mm]	In-situ Versuche
						123456		123456		12345	12345	123				



LOG 8277B (KOPIE VON 81480). 8277B.GPJ. 3-G.GDT. 11.10.05

9.2. Anhang B: Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel

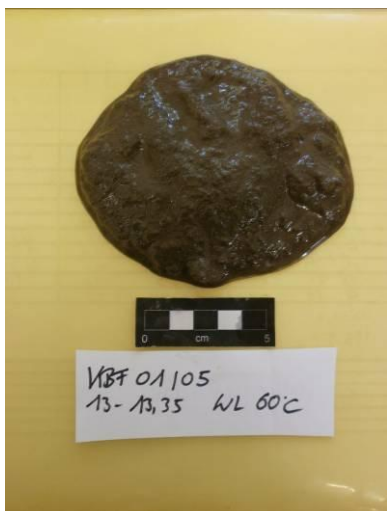
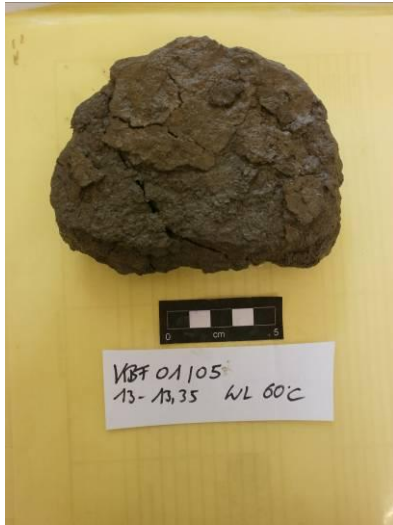
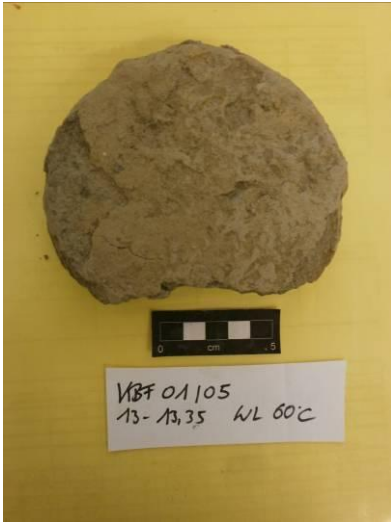
9.2.1. Hengsbergtunnel



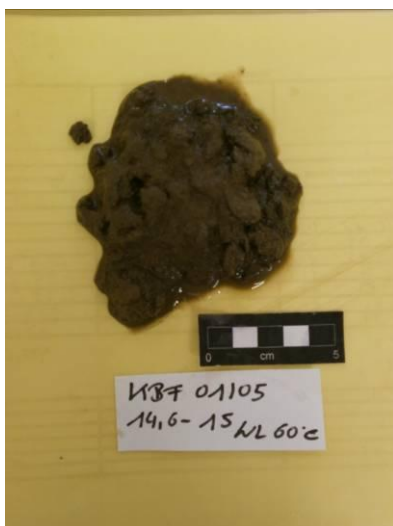
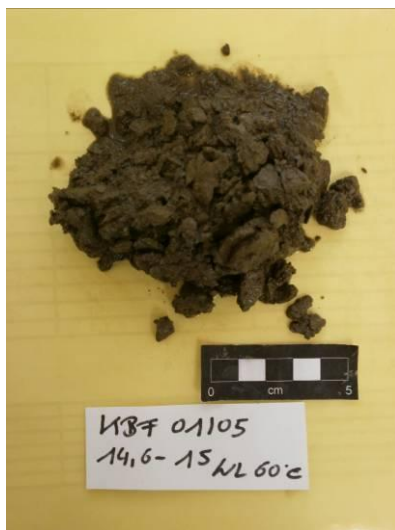
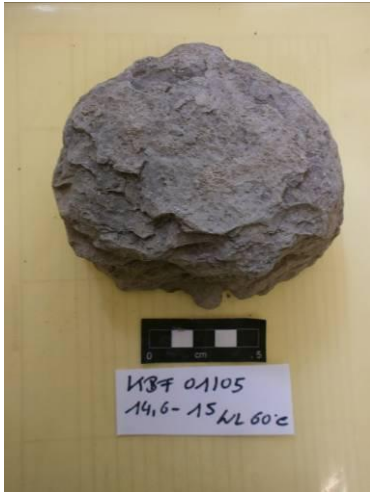
9. Anhang



9. Anhang



9. Anhang



9. Anhang



9. Anhang



9. Anhang



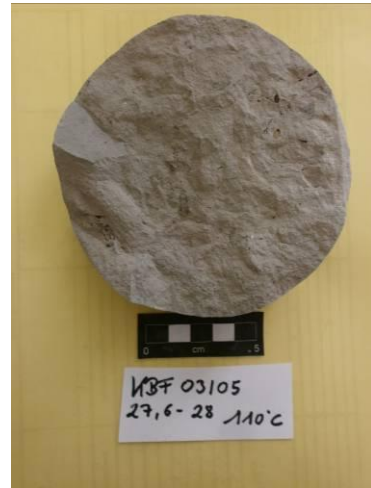
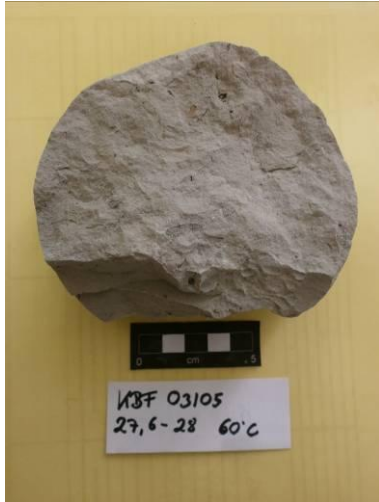
9. Anhang



9. Anhang



9. Anhang



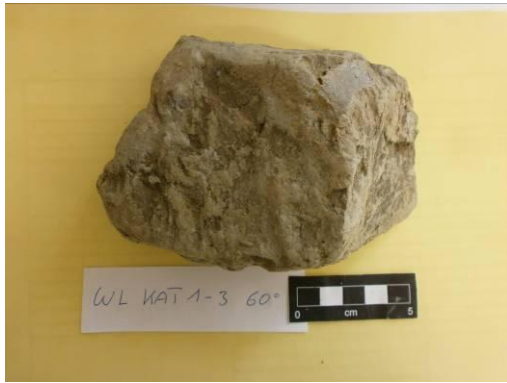
9.2.2. Koralmtunnel



9. Anhang



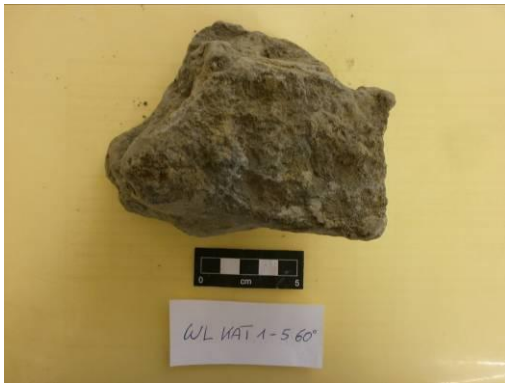
9. Anhang



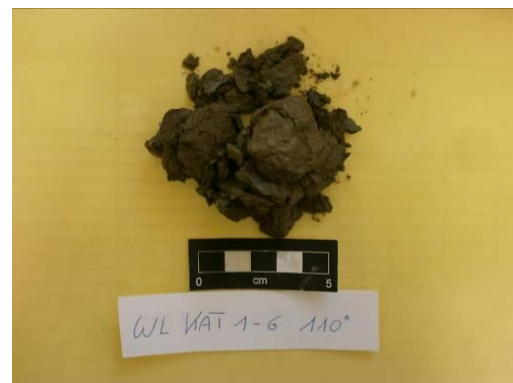
9. Anhang



9. Anhang



9. Anhang



9. Anhang



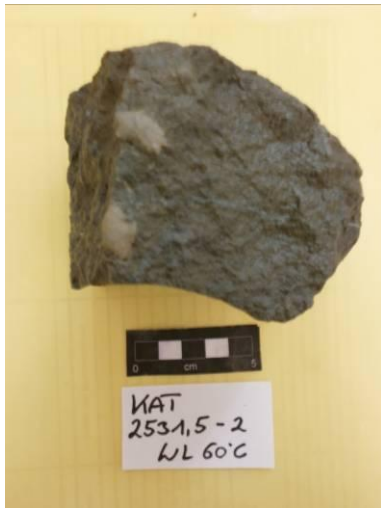
9. Anhang



9. Anhang



9. Anhang



9. Anhang



9. Anhang

9.3. Anhang C: Daten des Siebtrommelversuchs

Probename	KBF 01/05 11,1 -11,35m					
Trommelnummer	3					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1198.8					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1754.3					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1725.7					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	526.9					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1586.1	1333.7	1463.8			
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	20	21	21			
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	22	23	23			
Zerfallsbeständigkeit Id %	73	50	26			
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch						
60 - 85 mittel	x					
30 - 60 niedrig		x				
<30 sehr niedrig			x			
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
				x		

Probename	KBF 01/05 11,75 - 12m					
Trommelnummer	2					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1194.7					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1755.4					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1723.9					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	529.2					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1582	1507.7	1415.7	1374.3	1318.3	1268.1
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	21	21	21	22	22	21
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	22	22	23	23	23	23
Zerfallsbeständigkeit Id %	73	59	42	34	23	14
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch						
60 - 85 mittel	x					
30 - 60 niedrig		x	x	x		
<30 sehr niedrig					x	x
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
				x		

9. Anhang

Probename	KBF 01/05 13 - 13,35m					
Trommelnummer	3					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1198.8					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1731.7					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1689.9					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	491.1					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1584.7	1505.3	1433.2	1401.3	1343.8	1296.8
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	21	21	21	22	22	21
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	22	22	23	23	23	23
Zerfallsbeständigkeit Id %	76	62	48	41	30	20
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch						
60 - 85 mittel	x	x				
30 - 60 niedrig			x	x	x	
<30 sehr niedrig						x
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
			x			

Probename	KBF 01/05 14,6 - 15m					
Trommelnummer	4					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1199.7					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1721.1					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1681.8					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	482.1					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1608	1571.2	1525.5	1503.7	1447.1	1373.7
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	21	21	21	22	22	21
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	22	22	23	23	23	23
Zerfallsbeständigkeit Id %	85	77	68	63	51	36
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch	x					
60 - 85 mittel		x	x	x		
30 - 60 niedrig					x	x
<30 sehr niedrig						
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
			x			

9. Anhang

Probename		KBF 01/05 17 - 17,45m					
Trommelnummer	1						
Gewicht leere Trommel in Gramm	1196.8						
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1740						
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1701.4						
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	504.6						
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus	
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1630.4	1585.9	1517.8	1486.9	1430.1	1382.1	
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	21	21	21	22	22	21	
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	22	22	23	23	23	23	
Zerfallsbeständigkeit Id %	86	77	64	57	46	37	
>96 zerfallsresistent							
95 - 98 sehr hoch							
85 - 95 hoch	x						
60 - 85 mittel		x	x				
30 - 60 niedrig				x	x	x	
<30 sehr niedrig							
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen			
			x				

Probename		KBF 01/05 17,7 - 18m					
Trommelnummer	4						
Gewicht leere Trommel in Gramm	1199.7						
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1755.5						
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1720.5						
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	520.8						
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus	
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1665	1627.9	1596.1	1562.7	1529.4	1497.1	
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	20	21	21	21	22	22	
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	22	23	23	23	23	23	
Zerfallsbeständigkeit Id %	89	82	76	70	63	57	
>96 zerfallsresistent							
95 - 98 sehr hoch							
85 - 95 hoch	x						
60 - 85 mittel		x	x	x	x		
30 - 60 niedrig						x	
<30 sehr niedrig							
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen			
		x					

9. Anhang

KBF 02/05 27.6-28m						
Probename						
Trommelnummer	2					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1194.7					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1732.4					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1691.3					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	496.6					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1511.9	1437.9	1394.4	1360.2	1310.5	1248.8
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	20	21	21	21	22	22
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	22	23	23	23	23	23
Zerfallsbeständigkeit Id %	64	49	40	33	23	11
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch						
60 - 85 mittel	x					
30 - 60 niedrig		x	x	x		
<30 sehr niedrig					x	x
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
			x			

KBF 02/05 29,35 - 29,75m						
Probename						
Trommelnummer	1					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1196.8					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1755.8					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1711.2					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	514.4					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1561.1	1520.3	1467.1	1411.5	1371.7	1336
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	20	21	21	21	22	22
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	22	23	23	23	23	23
Zerfallsbeständigkeit Id %	71	63	53	42	34	27
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch						
60 - 85 mittel	x	x				
30 - 60 niedrig			x	x	x	
<30 sehr niedrig						x
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
			x			

9. Anhang

Probename		KBF 03/05 8,5-8,7m					
Trommelnummer	3						
Gewicht leere Trommel in Gramm	1198.9						
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1714.7						
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1699.4						
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	500.5						
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus	
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1648	1606.4	1579	1547.3	1507.7	1476.3	
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	21	21	20	20	21	21	
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	19	20	18	19	20	20	
Zerfallsbeständigkeit Id %	90	81	76	69	62	55	
>96 zerfallsresistent							
95 - 98 sehr hoch							
85 - 95 hoch	x						
60 - 85 mittel		x	x	x	x		
30 - 60 niedrig						x	
<30 sehr niedrig							
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen			
		x					

Probename		KBF 03/05 18,4 - 18,8 m					
Trommelnummer	4						
Gewicht leere Trommel in Gramm	1199.7						
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1720.7						
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1705.1						
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	505.4						
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus	
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1664.6	1631.7	1611.9	1580.9	1560	1539.8	
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	21	21	20	20	21	21	
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	19	20	18	19	20	20	
Zerfallsbeständigkeit Id %	92	85	82	75	71	67	
>96 zerfallsresistent							
95 - 98 sehr hoch							
85 - 95 hoch	x	x					
60 - 85 mittel			x	x	x	x	
30 - 60 niedrig							
<30 sehr niedrig							
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen			
		x					

9. Anhang

Probenname	KBF 03/05 27,6 - 28m					
Trommelnummer	2					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1194.7					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1714.6					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1701.3					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	506.6					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1667.3	1634.7	1613.8	1579.9	1555.5	1548.5
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	19	19	20	21	21	21
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	20	20	21	22	22	22
Zerfallsbeständigkeit Id %	93	87	83	76	71	69
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch	x	x				
60 - 85 mittel			x	x	x	x
30 - 60 niedrig						
<30 sehr niedrig						
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
			x			

9. Anhang

Probenname	KAT 1-1					
Trommelnummer	2					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1194.7					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1731.8					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1669.6					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	474.9					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1620.1	1567.9	1536.8	1504.8	1478.3	1454.5
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	19	19	20	21	21	21
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	20	20	21	22	22	22
Zerfallsbeständigkeit Id %	90	79	72	65	60	55
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch	x					
60 - 85 mittel		x	x	x	x	
30 - 60 niedrig						x
<30 sehr niedrig						
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
			x			

Probenname	KAT 1-2					
Trommelnummer	3					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1198.9					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1730.8					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1664.9					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	466					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1577.3	1488.5	1431.7	1414.6	1361.4	1326.6
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	22	22	22	23	22	22
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	24	24	24	24	23	23
Zerfallsbeständigkeit Id %	81	62	50	46	35	27
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch						
60 - 85 mittel	x	x				
30 - 60 niedrig			x	x	x	
<30 sehr niedrig						x
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
			x			

9. Anhang

Probename	KAT 1-3					
Trommelnummer	1					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1196.8					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1709.4					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1650.3					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	435.5					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1610.6	1564.3	1524.8	1494.4	1464.1	1439.2
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	21	21	20	20	21	21
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	19	20	18	19	20	20
Zerfallsbeständigkeit Id %	91	81	72	66	59	53
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch	x					
60 - 85 mittel		x	x	x		
30 - 60 niedrig					x	x
<30 sehr niedrig						
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
			x			

Probename	KAT 1-4					
Trommelnummer	3					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1198.8					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1664.1					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1608					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	409.2					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1546	1490.4	1455.2	1418.2	1387.5	1359.5
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	20	20	21	20	20	19
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	21	21	22	22	22	21
Zerfallsbeständigkeit Id %	85	71	63	54	46	39
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch	x					
60 - 85 mittel		x	x			
30 - 60 niedrig				x	x	x
<30 sehr niedrig						
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
			x			

9. Anhang

Probenname	KAT 1-5					
Trommelnummer	1					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1196.8					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1674.1					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1612.7					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	415.9					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1540.6	1489	1450.7	1416.4	1389.9	1364
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	19	19	20	21	21	21
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	20	20	21	22	22	22
Zerfallsbeständigkeit Id %	83	70	61	53	46	40
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch						
60 - 85 mittel	x	x	x			
30 - 60 niedrig				x	x	x
<30 sehr niedrig						
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
			x			

Probenname	KAT 1-6					
Trommelnummer	2					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1194.7					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1702.7					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1642.3					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	447.6					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1589	1541.1	1502.6	1426.6	1435.1	1407.6
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	21	21	20	20	21	21
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	19	20	18	19	20	20
Zerfallsbeständigkeit Id %	88	77	69	60	54	48
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch	x					
60 - 85 mittel		x	x	x		
30 - 60 niedrig					x	x
<30 sehr niedrig						
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
			x			

9. Anhang

Probenname	KAT 1-7					
Trommelnummer	4					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1199.7					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1720.1					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1651.4					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	451.7					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1538.5	1511.7	1451.7	1406.4	1366.3	1336
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	19	19	20	21	21	21
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	20	20	21	22	22	22
Zerfallsbeständigkeit Id %	85	69	56	46	37	30
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch	x					
60 - 85 mittel		x				
30 - 60 niedrig			x	x	x	x
<30 sehr niedrig						
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
			x			

Probenname	KAT 1-8					
Trommelnummer	4					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1199.7					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1690.7					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1639.9					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	440.2					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1571.6	1512.7	1477.5	1437.1	1409.2	1385.4
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	20	20	21	20	20	19
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	21	21	22	22	22	21
Zerfallsbeständigkeit Id %	84	71	63	54	48	42
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch						
60 - 85 mittel	x	x	x			
30 - 60 niedrig				x	x	x
<30 sehr niedrig						
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
		x				

9. Anhang

Probename		KAT 2531,5-1					
Trommelnummer	1						
Gewicht leere Trommel in Gramm	1196.8						
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1770.6						
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1728.9						
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	532.1						
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus	
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	164608	1567.3	1513.8	1466	1403	1341.9	
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	22	22	22	23	22	22	
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	24	24	24	24	23	23	
Zerfallsbeständigkeit Id %	84	70	60	51	39	27	
>96 zerfallsresistent							
95 - 98 sehr hoch							
85 - 95 hoch							
60 - 85 mittel	x	x	x				
30 - 60 niedrig				x	x		
<30 sehr niedrig						x	
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen			
			x				

Probename		KAT 2531,5-2					
Trommelnummer	4						
Gewicht leere Trommel in Gramm	1199.7						
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1832						
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1787.9						
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	588.2						
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus	
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1708	1681.8	1546.9	1472.7	1397.7	1355.3	
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	22	22	22	23	22	22	
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	24	24	24	24	23	23	
Zerfallsbeständigkeit Id %	86	82	59	46	34	26	
>96 zerfallsresistent							
95 - 98 sehr hoch							
85 - 95 hoch	x						
60 - 85 mittel		x					
30 - 60 niedrig			x	x	x		
<30 sehr niedrig						x	
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen			
			x				

9. Anhang

Probenname	KAT 2531,5-3					
Trommelnummer	2					
Gewicht leere Trommel in Gramm	1194.7					
Gewicht Trommel + Probe feucht in Gramm	1794.3					
Gewicht Trommel + Probe nach Trocknung in Gramm	1766.9					
Trockenmasse der Gesteinsprobe vor Versuchsbeginn in Gramm	572.2					
	1.Zyklus	2.Zyklus	3.Zyklus	4.Zyklus	5.Zyklus	6.Zyklus
Trockenmasse der Gesteinsprobe nach Zyklus in Gramm	1701.2	1635.1	1585.6	1539.8	1500	1466.6
Wassertemperatur vor Versuchsdurchlauf	22	22	22	23	22	22
Wassertemperatur nach Versuchsdurchlauf	24	24	24	24	23	23
Zerfallsbeständigkeit Id %	86	77	68	60	53	47
>96 zerfallsresistent						
95 - 98 sehr hoch						
85 - 95 hoch	x					
60 - 85 mittel		x	x	x		
30 - 60 niedrig					x	x
<30 sehr niedrig						
Zerlegungsgrad	unverändert	abgerundet	tlw. zerfallen	völlig zerfallen		
			x			

9.3.1. Hengsbergtunnel



9. Anhang



9. Anhang



9.3.2. Koralmtnnel

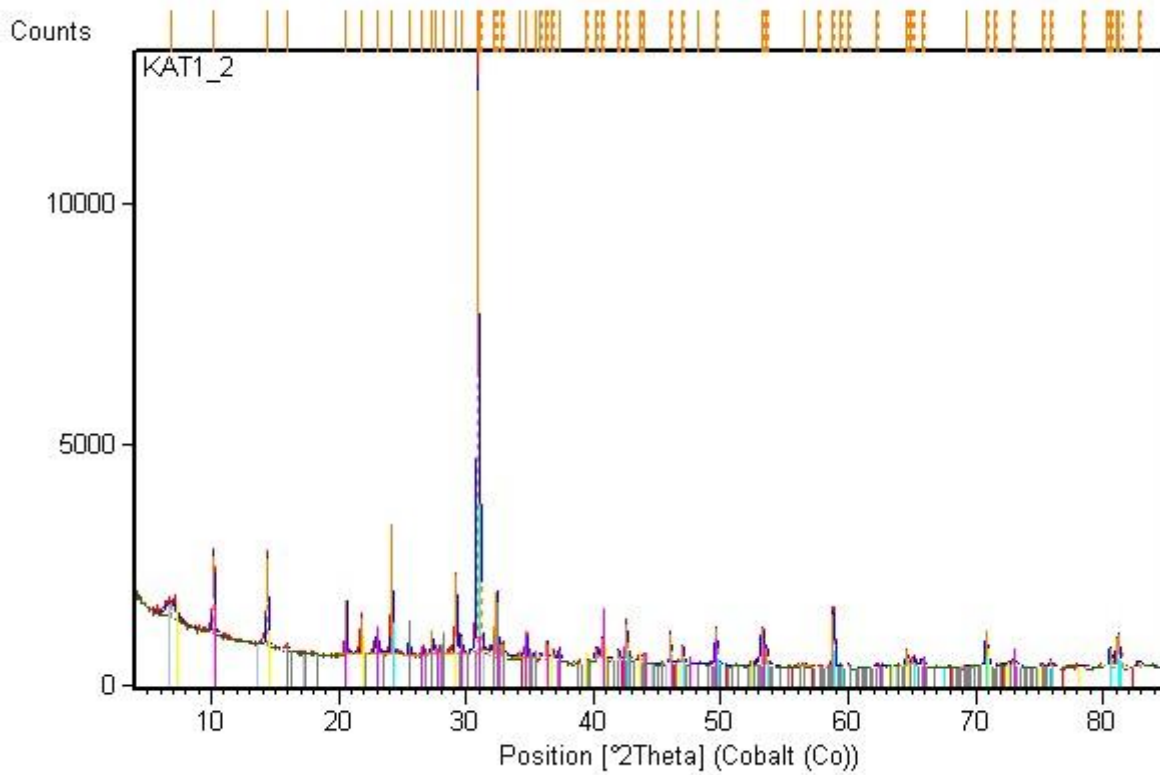
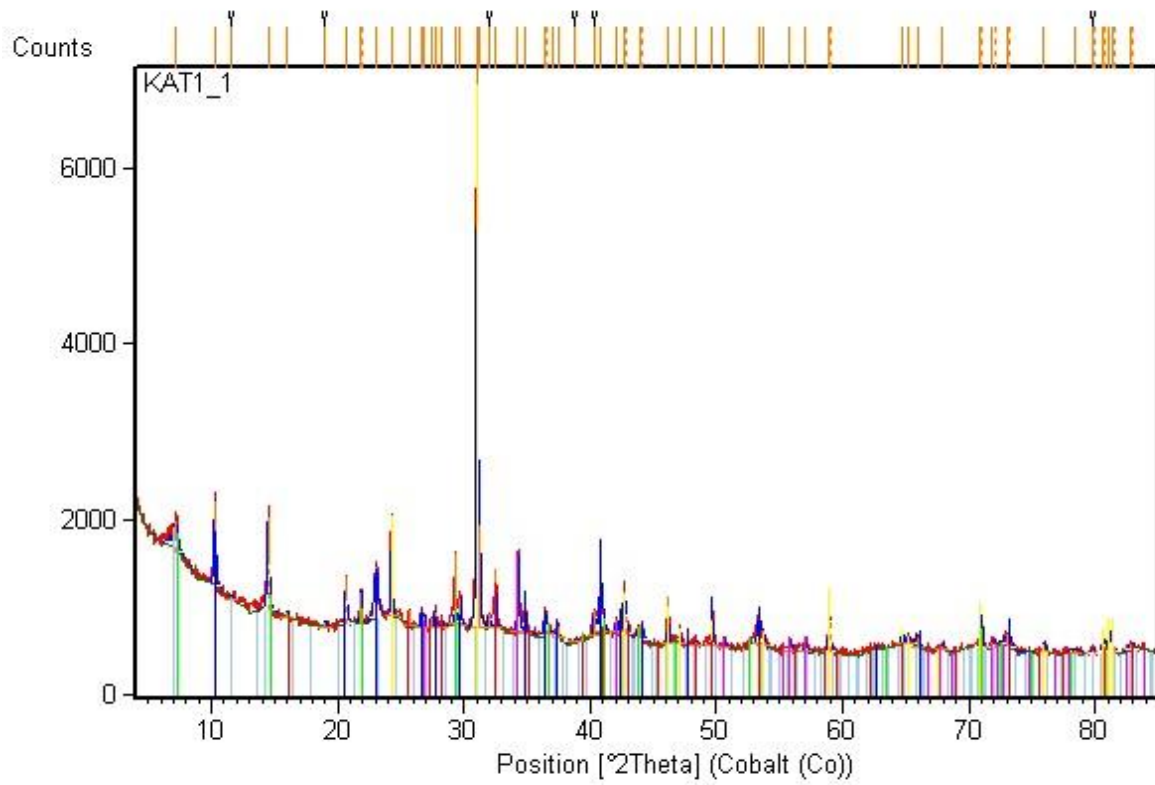


9. Anhang

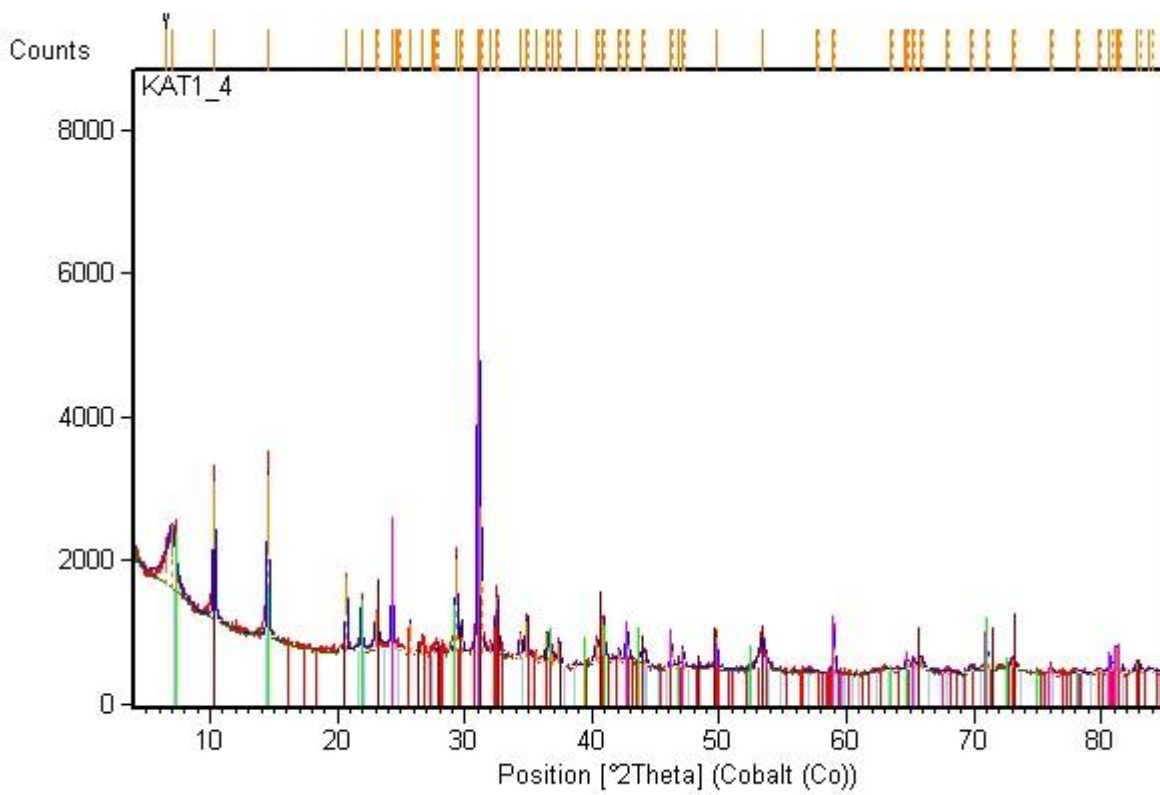
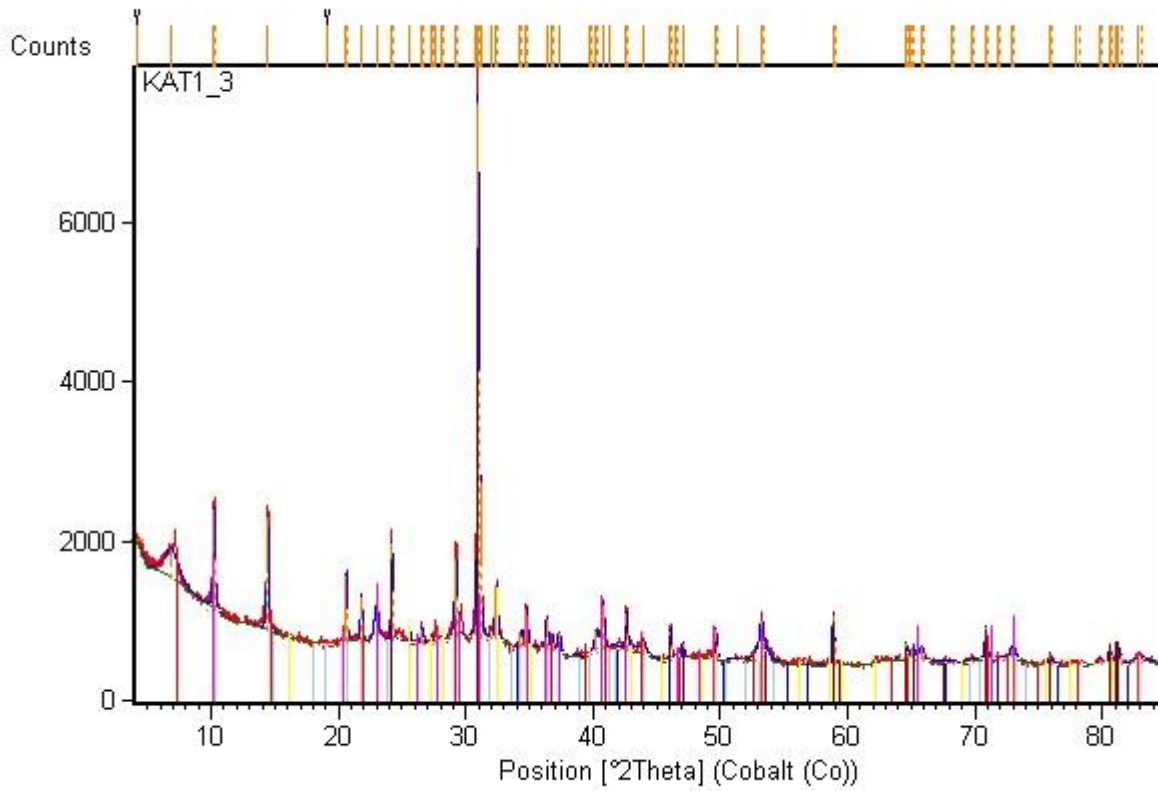


9. Anhang

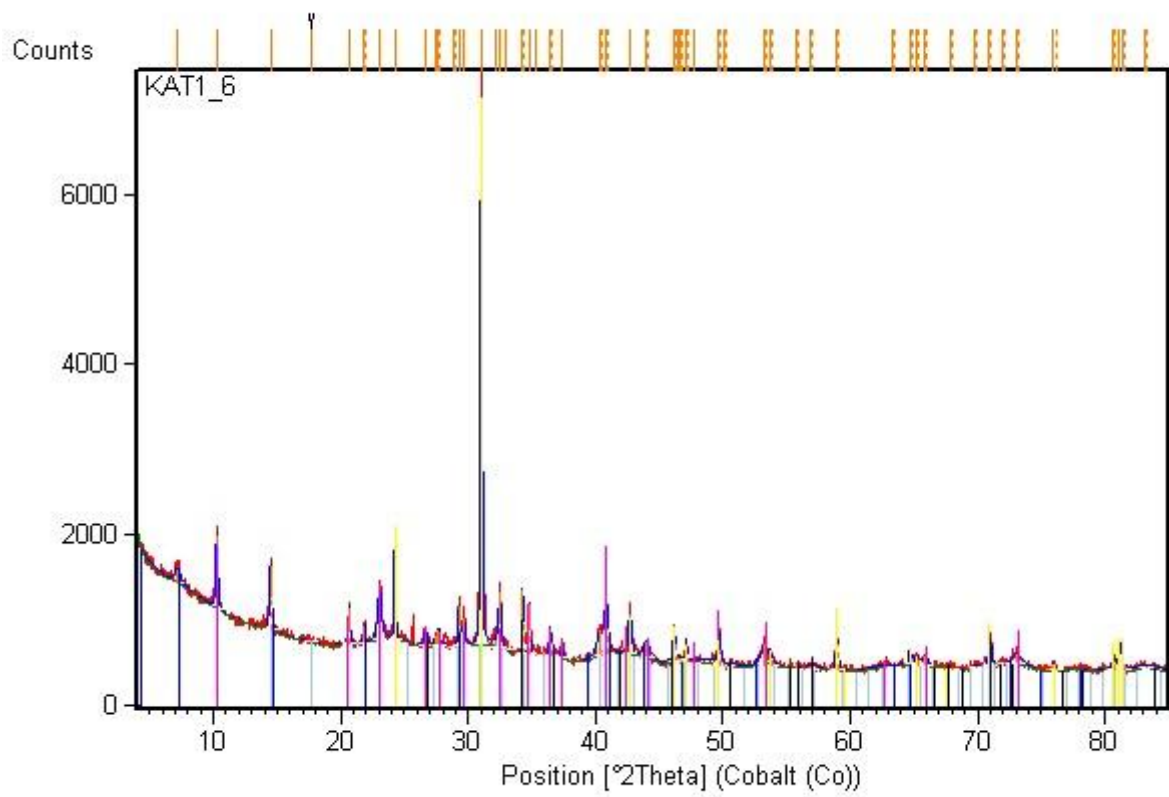
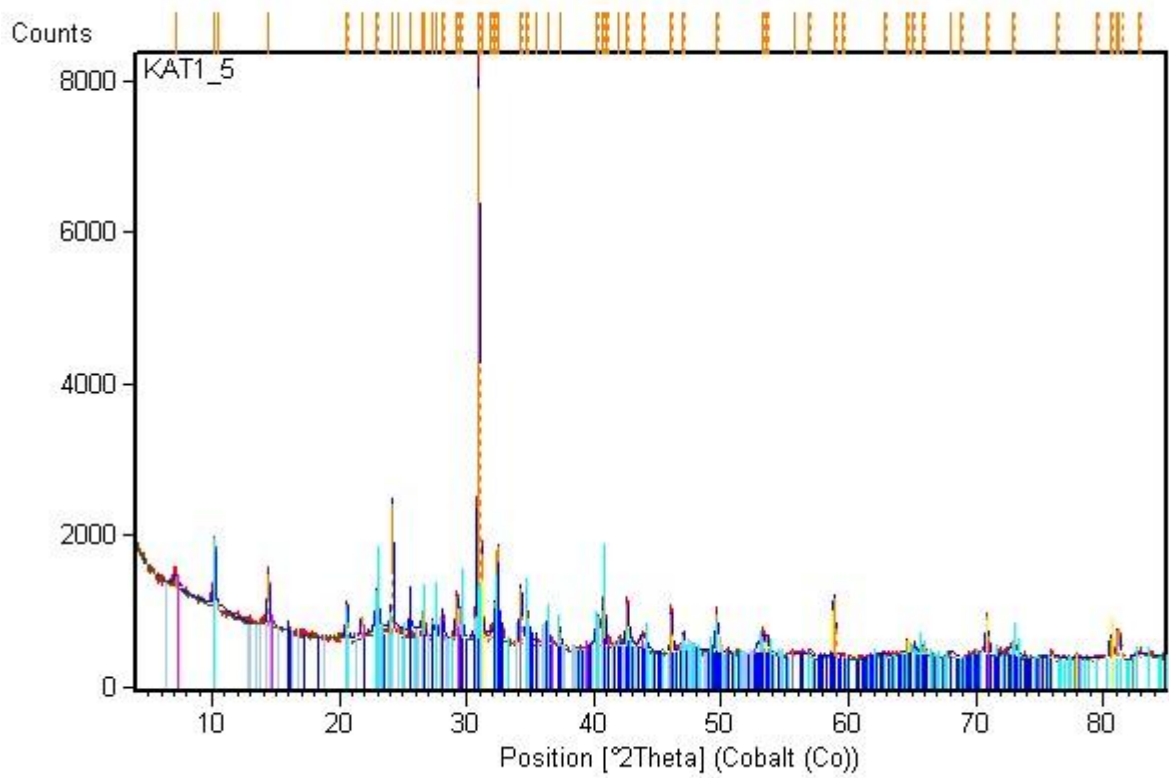


9.4. Anhang D: Röntgen-Pulverdiffraktogramme

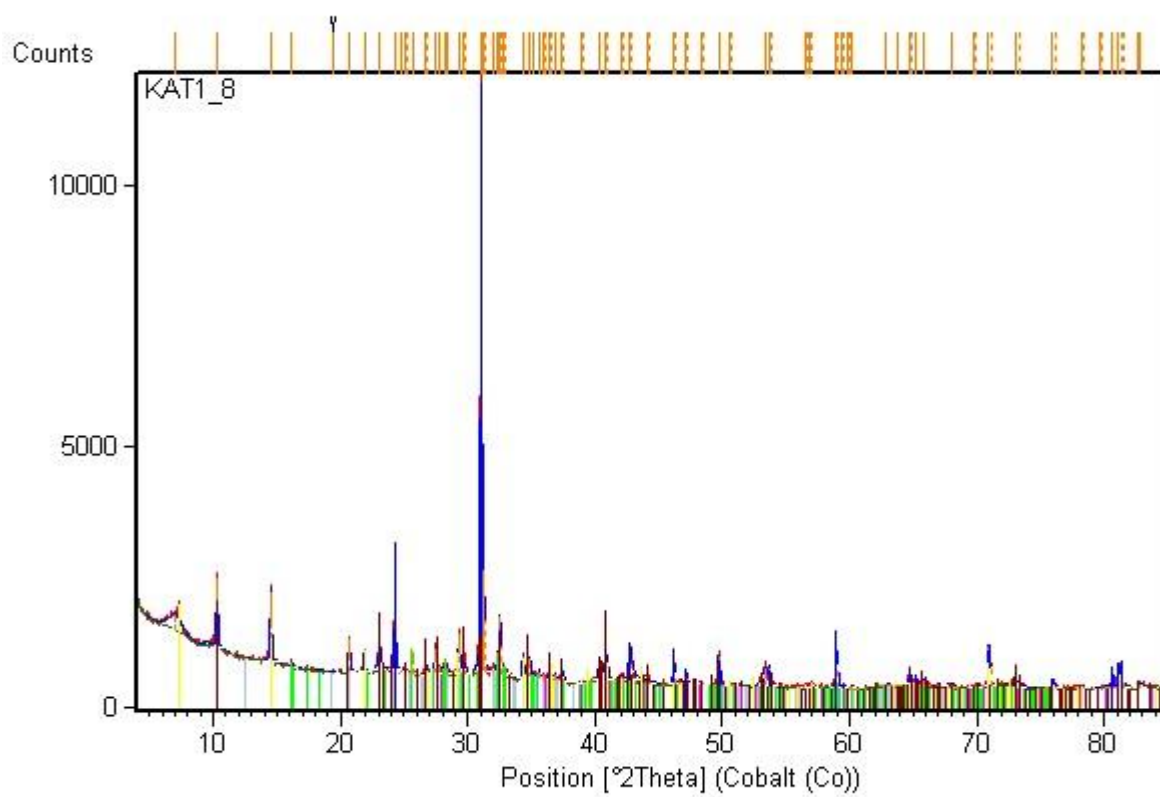
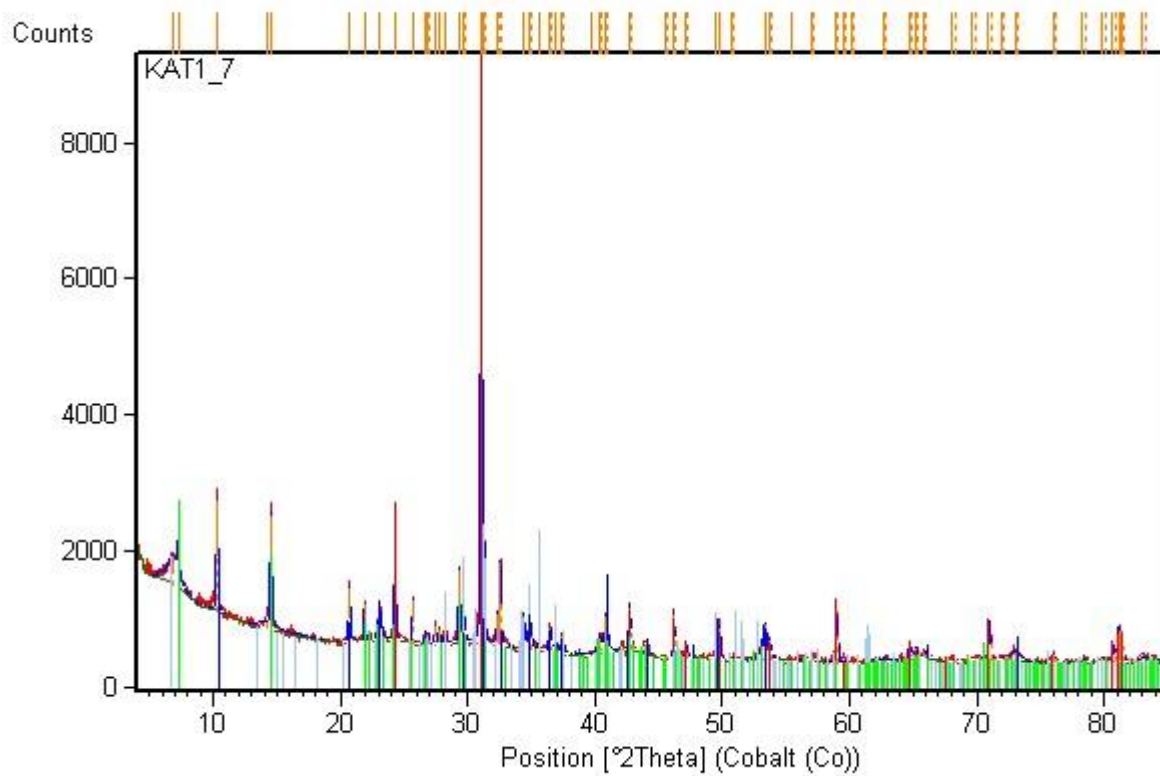
9. Anhang



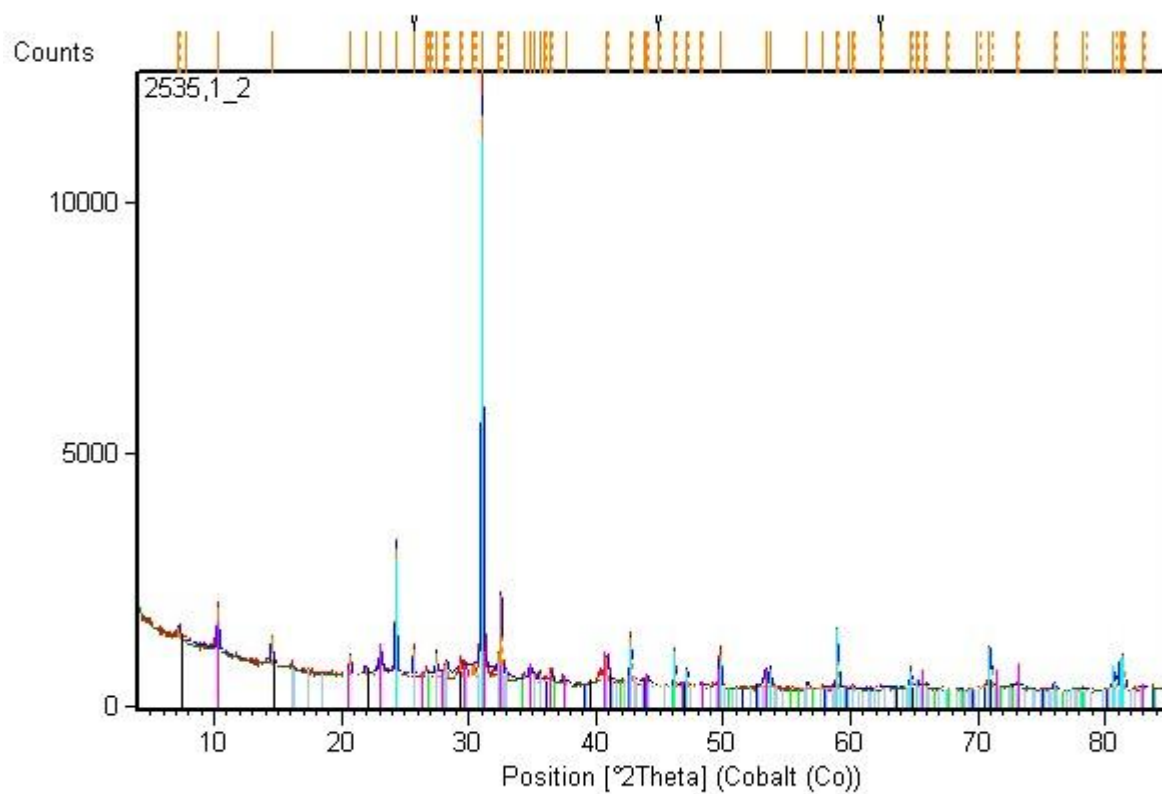
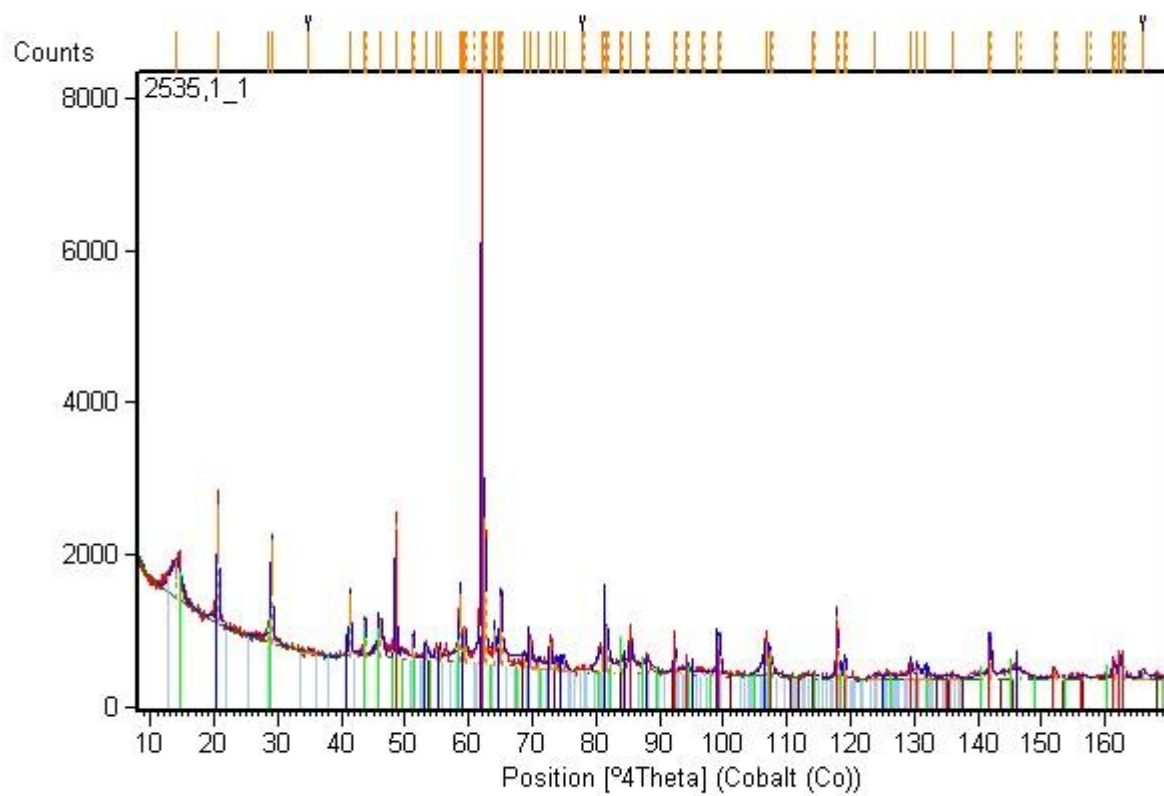
9. Anhang



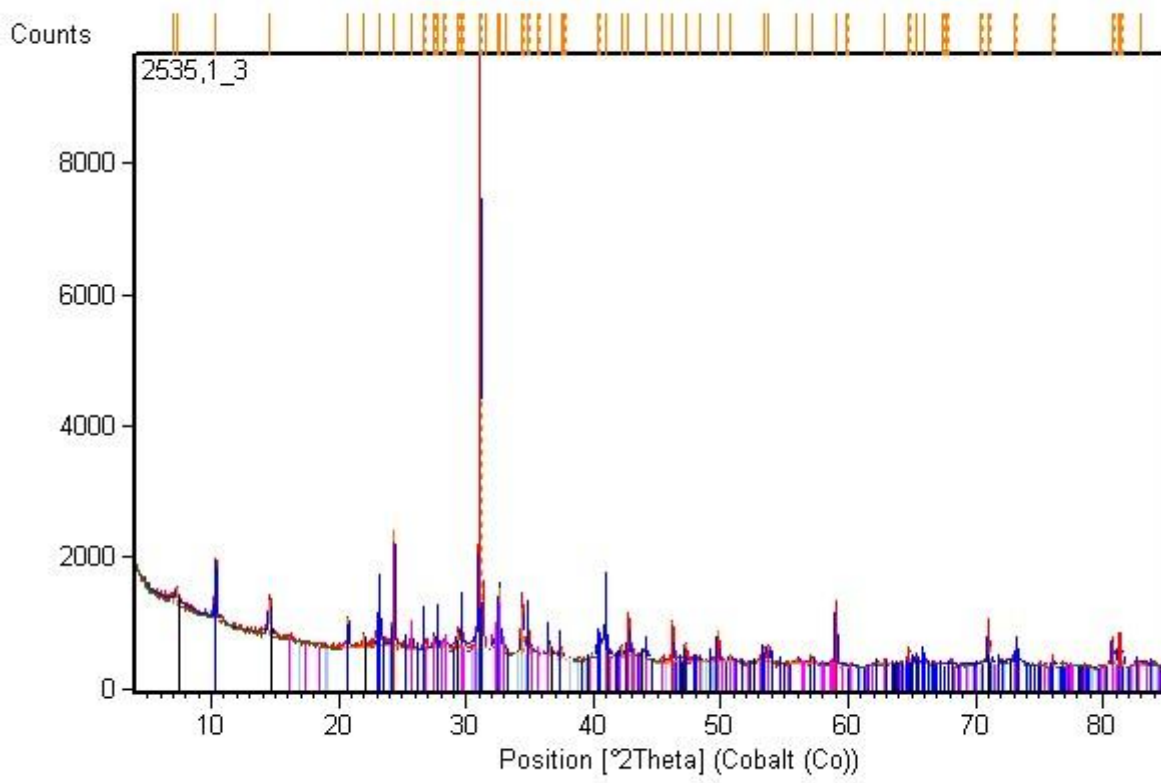
9. Anhang



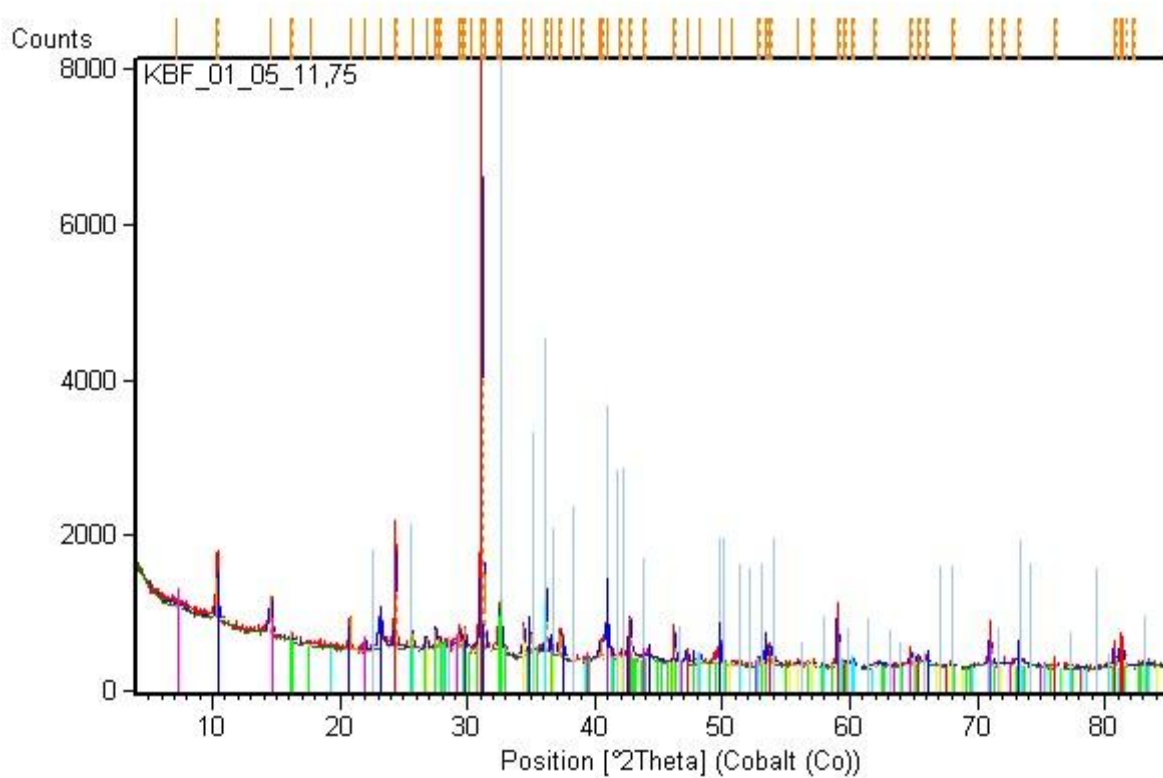
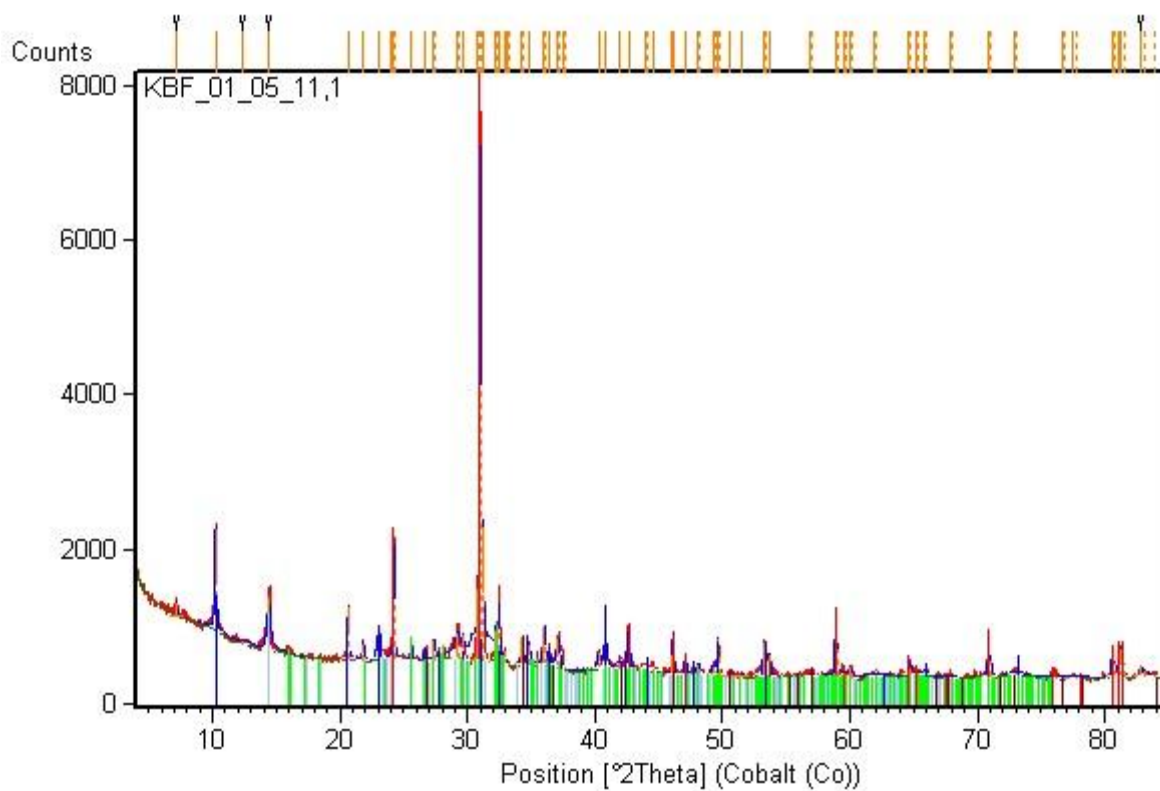
9. Anhang



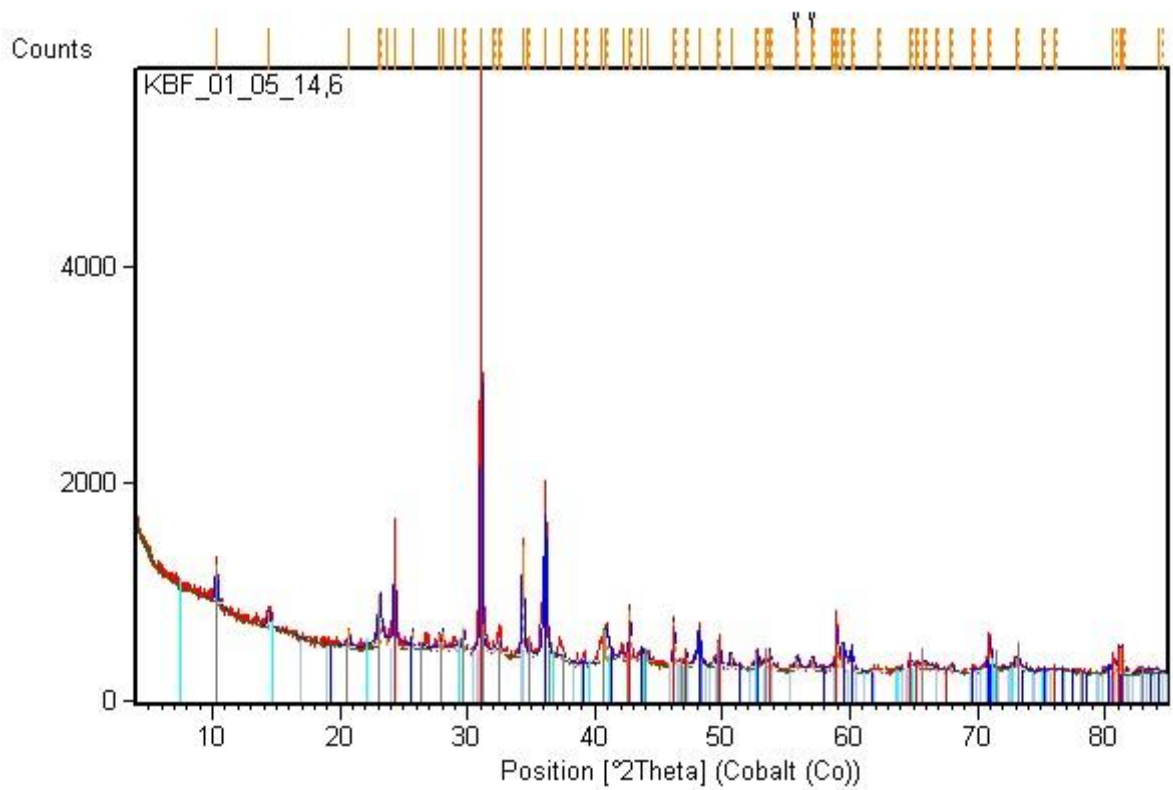
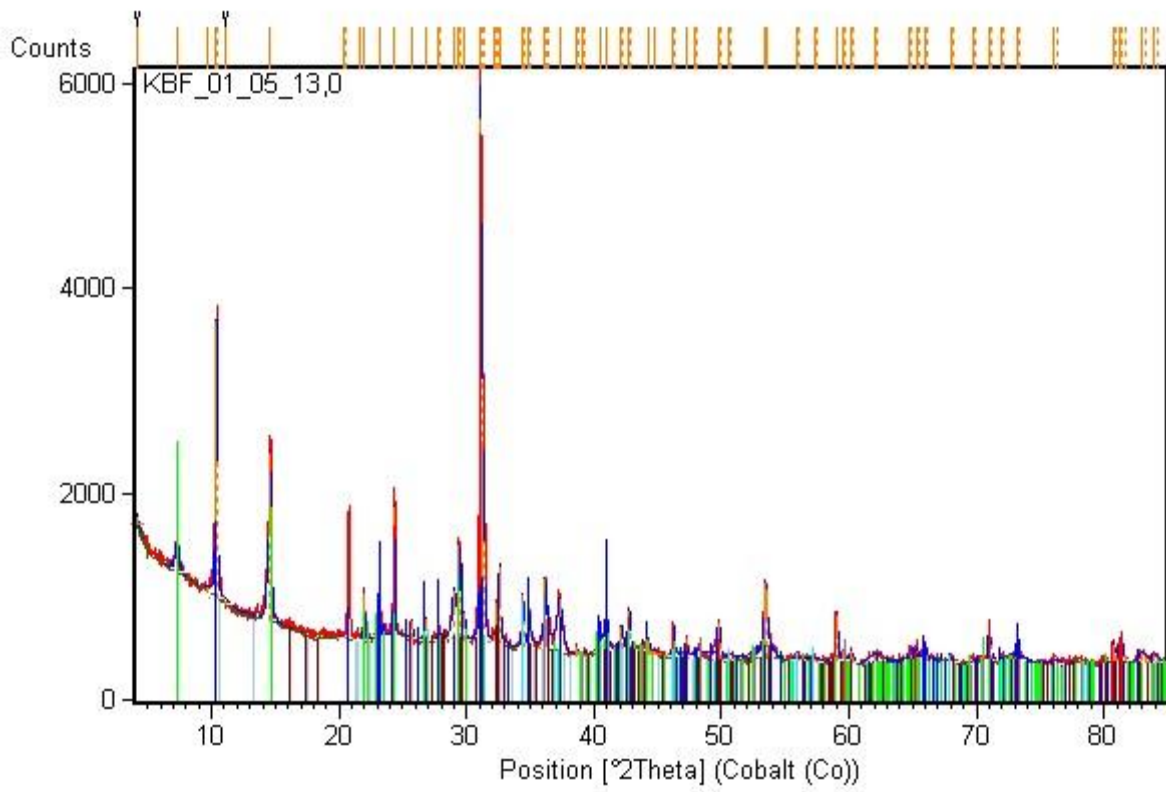
9. Anhang



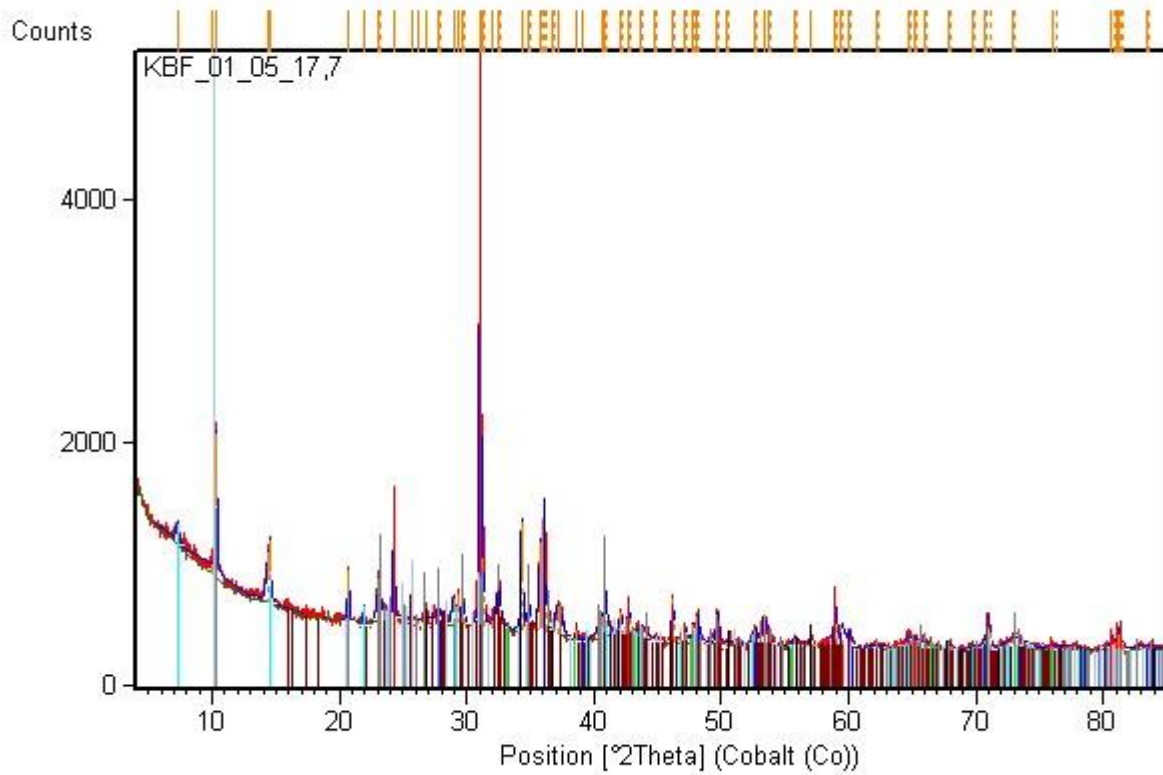
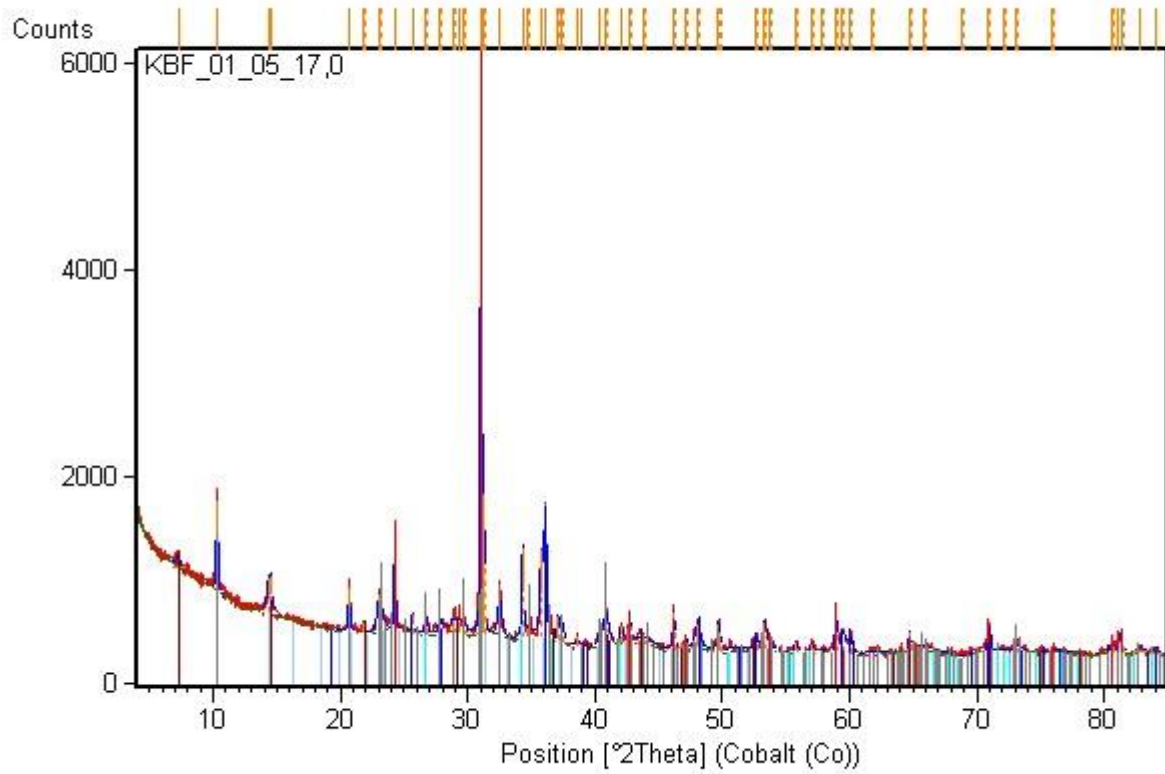
9. Anhang



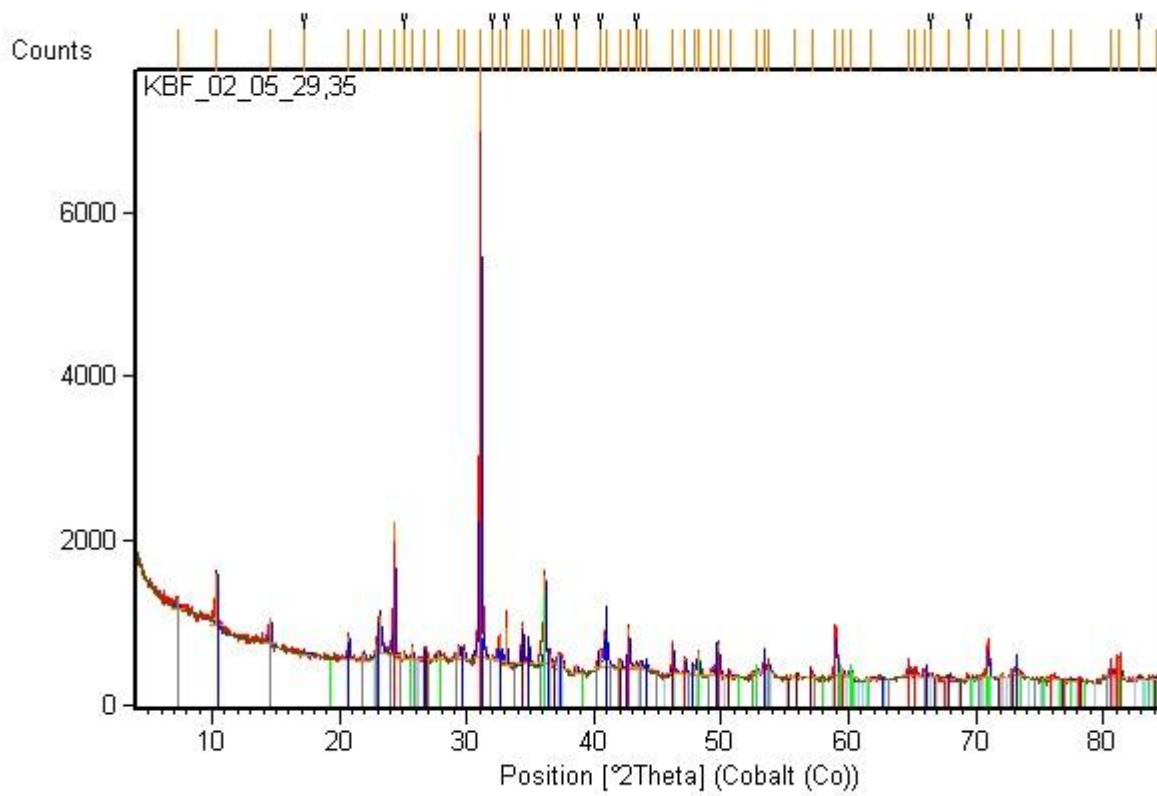
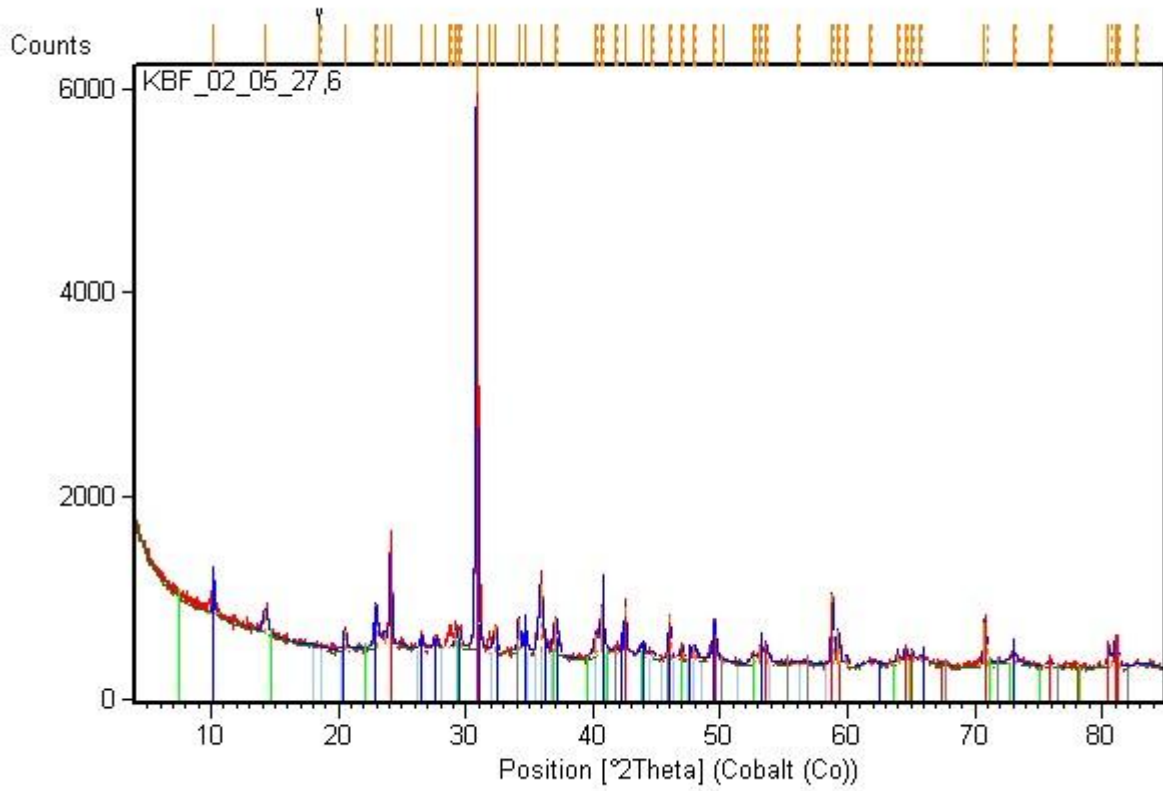
9. Anhang



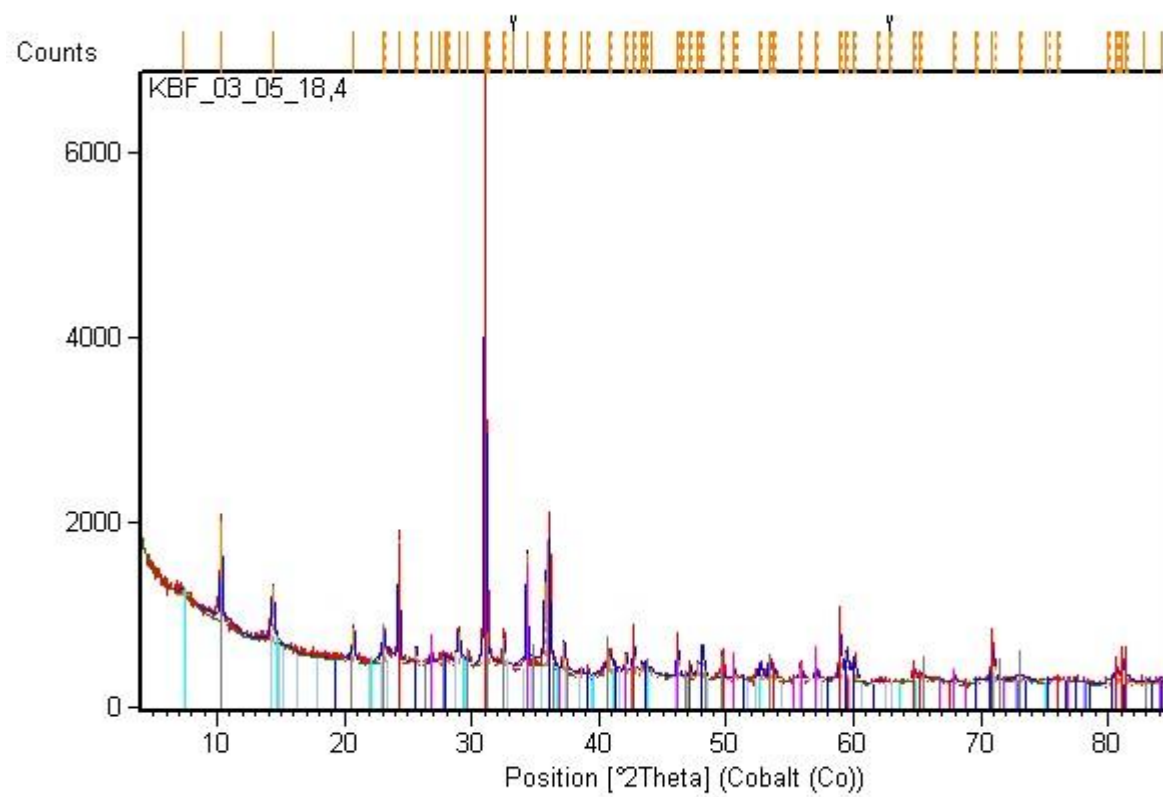
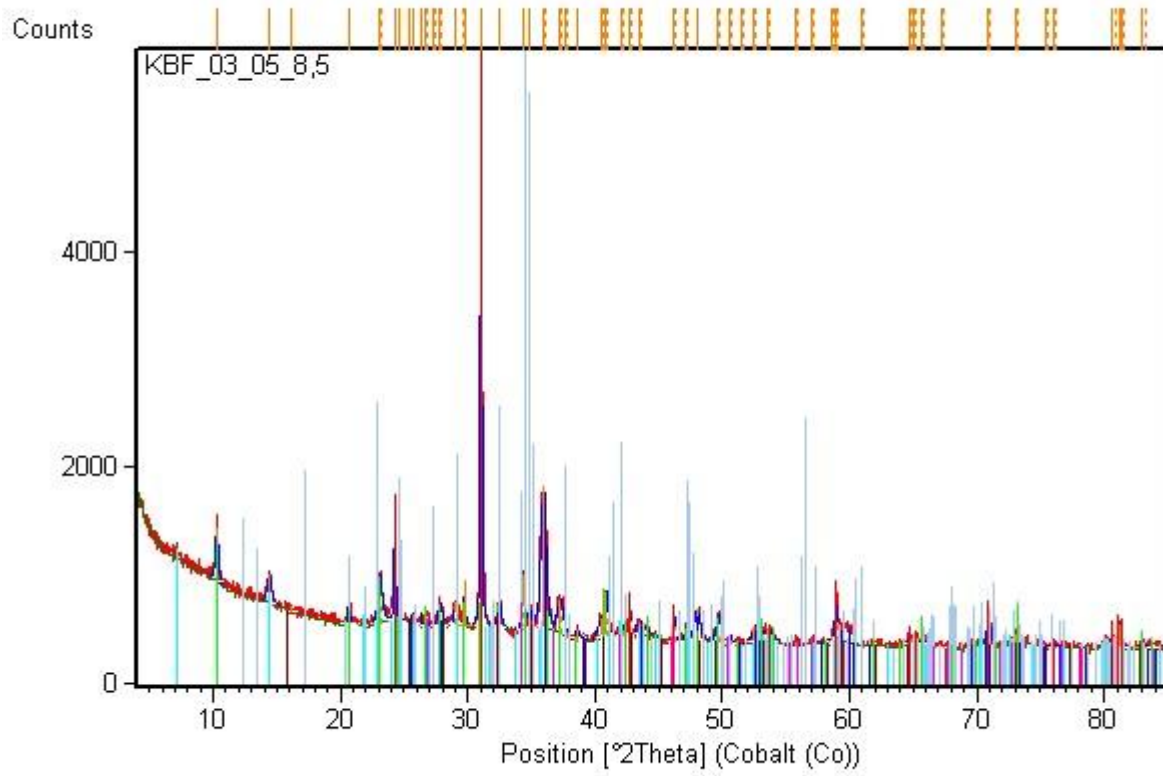
9. Anhang



9. Anhang



9. Anhang



9. Anhang

