

---

DR. PEER-L. GEHLKEN

DIPLOM-MINERALOGE

---

Von der Industrie- und Handelskammer Erfurt  
öffentlich bestellter und vereidigter  
Sachverständiger für Geochemie und Mineralogie  
anorganischer Rohstoffe und deren Produkte

# **Prüfbericht**

20003/21

über

**Tonmineralogische Untersuchung**

**nach GDA/BQS**

**Projekt 5479**

für

**GGU**

**Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik mbH**

**In den Ungleichen 3**

**39171 Osterweddingen**

27. August 2021

Umfang 7 Seiten

## **1. Vorgang**

Zur Bestimmung der tonmineralogischen Zusammensetzung erhielt ich von der Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik mbH, Osterweddingen, von dem Projekt 5479 insgesamt 5 Bodenproben mit den Bezeichnungen:

KB4	17.00 – 17.70
KB8	16.00 – 18.00
KB2	10.90 – 11.20
KB11	17.30 – 18.00
KB12	16.90 – 18.00.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden

- 5 tonmineralogische Phasenanalysen an den Gesamtproben mittels einer Methodenkombination aus Röntgendiffraktometrie (XRD) und Infrarotspektroskopie (FTIR) (gemäß GDA E 3-3 und BQS 2-1)

durchgeführt.

Das Probenmaterial wurde am 17.08.2021 auf dem Postweg zugestellt.

## **2. Methodik**

Die Bestimmung des semiquantitativen Mineralbestandes erfolgt an den Gesamtproben mit Hilfe einer Methodenkombination, bestehend aus röntgendiffraktometrischen (XRD) und infrarotspektroskopischen (FTIR) Arbeitsverfahren.

Vor Versuchsbeginn wird das Probenmaterial repräsentativ geteilt und schonend bei 40 °C getrocknet.

Im Zuge der Probenpräparation werden für die Röntgendiffraktometeraufnahmen (XRD) und für die Infrarotspektren (FTIR) folgende Spezialpräparate angefertigt:

1. Pulverpräparate
2. glyceringesättigte Pulverpräparate
3. Kaliumbromid-Tabletten gemäß der KBr-Preßmethode.

Die anschließenden XRD- und FTIR-Messungen werden dabei am Material der Gesamtproben (nicht fraktioniertes Probenmaterial) vorgenommen.

Die röntgendiffraktometrischen Analysen werden an einem BRUKER D2 PHASER Röntgendiffraktometer (Cu-Strahlung) und die Infrarot-Messungen an einem THERMO NICOLET NEXUS 470 FTIR-Spektrometer im Wellenzahlenbereich von 4000 - 400  $\text{cm}^{-1}$  ausgeführt. Bei den FTIR-Messungen werden 32 Scans unter Benutzung eines DTGS Detektors bei einer Auflösung von 4  $\text{cm}^{-1}$  gewählt.

Die Auswertung der Röntgendiffraktometer- und Infrarot-Diagramme erfolgt manuell nach mineralogischen Standardverfahren.

Aufgrund der Methodenkombination aus Röntgendiffraktometrie (XRD) und Infrarotspektroskopie (FTIR) lässt sich bei den Bestimmungen der einzelnen Mineralphasen ein relativer Fehler von kleiner 10 % einhalten.

### 3. Untersuchungsergebnisse

#### 3.1 Mineralbestand

In Tabelle 1 sind die mittels einer Methodenkombination aus röntgendiffraktometrischen (XRD) und infrarotspektroskopischen (FTIR) Arbeitsverfahren ermittelten mineralogischen Zusammensetzungen der Proben dargestellt.

**Tabelle 1: Nachgewiesene Mineralphasen und organische Substanz (Gew. %)**

Probe	Σ TM/ Phyllos.	Il./Gl.	Smek- tit	Kaol.- D	Chlo- rit	Quarz	Na- Plag.	Kali- fsp.	Cal- cit	Dolo- mit	Hä- matit	Goe- thit	org. Subst.
<b>KB4</b> 17.00 – 17.70	7	3	1	1	2	79	4	2	5	1	<< 1	1	< 1
<b>KB8</b> 16.00 – 18.00	34	19	3	5	7	41	3	5	10	5	<< 1	< 1	< 1
<b>KB2</b> 10.90 – 11.20	25	12	5	3	5	49	4	8	10	2	<< 1	< 1	< 1
<b>KB11</b> 17.30 – 18.00	8	4	1	1	2	80	2	4	3	1	<< 1	1	< 1
<b>KB12</b> 16.90 – 18.00	19	11	1	3	4	64	5	4	5	1	<< 1	< 1	< 1

(Σ TM/Phyllos. Summe Tonminerale/Phyllosilikate; Il./Gl. Illit/dioctaedrischer Glimmer (Muskovit – Phengit); Kaol.-D Kaolinit-D; Na-Plag. natriumreicher Plagioklas; Kalifsp. Kalifeldspat; org. Subst. organische Substanz)

Wie die in Tabelle 1 zusammengestellten Untersuchungsergebnisse zeigen, wird in dem hier analysierten Probenmaterial einheitlich folgende Tonmineral/Phyllosilikat-Paragenese

Illit + Smektit + Kaolinit-D + Chlorit

nachgewiesen.

Der Begriff „Illit“ steht hier als Sammelbezeichnung für alle Illite und dioktaedrischen Glimmer, die in der Tonfraktion konventionell als „Illit“ bezeichnet werden.

Hinsichtlich der mengenmäßigen Verteilung der Tonminerale dominieren in den Gesamtproben die Illite/dioktaedrischen Glimmer (3 – 19 Gew. %) gegenüber den anderen Tonmineralen/Phyllosilikaten.

Die tonmineralogischen Eigenschaften der untersuchten Proben werden daher in erster Linie von den Illiten/dioktaedrischen Glimmern geprägt.

Illite/dioktaedrische Glimmer sind innerkristallin nicht quellfähige Dreischichtminerale.

In den Proben KB8 16.00 – 18.00 und KB2 10.90 – 11.20 üben auch die Smektite (3 – 5 Gew. %) signifikante Einflüsse auf die tonmineralogischen Eigenschaften der Proben aus. In den Proben KB4 17.00 – 17.70, KB11 17.30 – 18.00 und KB12 16.90 – 18.00 ist der Smektitgehalt (1 Gew. %) deutlich niedriger.

Bei Smektiten handelt es sich um innerkristallin quellfähige Dreischichtminerale.

Die innerkristalline Quellfähigkeit der Smektite ist durch Solvationstests mit Glycerin überprüft worden.

Auch die Chlorite haben in den Proben KB8 16.00 – 18.00, KB2 10.90 – 11.20 und KB12 16.90 – 18.00 (4 – 7 Gew. %) merkliche Einflüsse auf die tonmineralogischen Eigenschaften der Proben.

Die Proben KB4 17.00 – 17.70 und KB11 17.30 – 18.00 weisen deutlich weniger Chlorit (2 Gew. %) auf.

Bei Chloriten handelt es sich um innerkristallin nicht quellfähige Dreischichtminerale.

Die nach der kristallographischen b-Achse fehlgeordneten Kaolinite (Kaolinit-D), die als innerkristallin nicht quellfähige Zweischichtminerale klassifiziert werden, haben ebenfalls in den Proben KB8 16.00 – 18.00, KB2 10.90 – 11.20 und KB12 16.90 – 18.00 (3 – 5 Gew. %) signifikante Einflüsse auf die tonmineralogischen Eigenschaften der Proben.

Dr. rer. nat. Peer-L. Gehlken

Sachverständiger für Geochemie und Mineralogie anorganischer Rohstoffe und deren Produkte

In den Proben KB4 17.00 – 17.70 und KB11 17.30 – 18.00 ist der Kaolinitgehalt (1 Gew. %) gering.

Der Tonmineral-/Phyllosilikatanteil der Gesamtproben beträgt:

KB4	17.00 – 17.70	$\Sigma$ TM/Phyllos. =	7 Gew. %
KB8	16.00 – 18.00	$\Sigma$ TM/Phyllos. =	34 Gew. %
KB2	10.90 – 11.20	$\Sigma$ TM/Phyllos. =	25 Gew. %
KB11	17.30 – 18.00	$\Sigma$ TM/Phyllos. =	8 Gew. %
KB12	16.90 – 18.00	$\Sigma$ TM/Phyllos. =	19 Gew. %

Neben den Tonmineralen/Phyllosilikaten kommen in den Gesamtproben vor allem das Oxid/Tektosilikat Quarz (41 – 80 Gew. %) und untergeordnet die Tektosilikate natriumreicher Plagioklas (2 – 5 Gew. %) und Kalifeldspat (2 – 8 Gew. %) vor.

Darüber hinaus ist in den hier analysierten Bodenproben ein Karbonatanteil, der in Form von Calcit (3 – 10 Gew. %) und Dolomit (1 – 5 Gew. %) auftritt, enthalten.

Der Karbonatanteil der Gesamtproben beträgt:

KB4	17.00 – 17.70	$\Sigma$ Calcit + Dolomit =	6 Gew. %
KB8	16.00 – 18.00	$\Sigma$ Calcit + Dolomit =	15 Gew. %
KB2	10.90 – 11.20	$\Sigma$ Calcit + Dolomit =	12 Gew. %
KB11	17.30 – 18.00	$\Sigma$ Calcit + Dolomit =	4 Gew. %
KB12	16.90 – 18.00	$\Sigma$ Calcit + Dolomit =	6 Gew. %

Der für den Karbonatanteil vorgegebene Richtwert (Deponieverordnung, bundeseinheitliche Qualitätsstandards) von  $\leq 15$  Gew. % wird von den analysierten Proben eingehalten.

Das Vorhandensein von Calcit und Dolomit lässt auf die Existenz eines wirksamen Karbonat-Puffersystems schließen, das sich unter anderem auch in einer „schwach alkalischen“ Reaktion der Proben widerspiegeln müsste.

Dr. rer. nat. Peer-L. Gehlken

Sachverständiger für Geochemie und Mineralogie anorganischer Rohstoffe und deren Produkte

Das Eisenoxid Hämatit (<< 1 Gew. %) und das Eisenoxidhydroxid Goethit (< 1 – 1 Gew. %) werden in den Bodenproben in geringen Gehalten diagnostiziert.

Infrarotspektroskopisch (FTIR) kann in den Proben ein sehr geringer Anteil an organischer Substanz (< 1 Gew. %) identifiziert werden.

Abschließend wird festgestellt, dass die hier analysierten Proben KB4 17.00 – 17.70, KB8 16.00 – 18.00, KB2 10.90 – 11.20, KB11 17.30 – 18.00 und KB12 16.90 – 18.00 gemäß GDA E 3-3 und BQS 2-1 aus tonmineralogischer Sicht für die Verwendung als Deponiebaustoff als geeignet einzustufen sind.

Ebergötzen, den 27. August 2021

(Dr. Peer-L. Gehlken)

---

DR. PEER-L. GEHLKEN

DIPLOM-MINERALOGE

---

Von der Industrie- und Handelskammer Erfurt  
öffentlich bestellter und vereidigter  
Sachverständiger für Geochemie und Mineralogie  
anorganischer Rohstoffe und deren Produkte

# **Prüfbericht**

20005/21

über

**Tonmineralogische Untersuchung**

**nach GDA/BQS**

**Projekt 5479**

für

**GGU**

**Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik mbH**

**In den Ungleichen 3**

**39171 Osterweddingen**

16. Dezember 2021

Umfang 6 Seiten

## **1. Vorgang**

Zur Bestimmung der tonmineralogischen Zusammensetzung erhielt ich von der Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik mbH, Osterweddingen, von dem Projekt 5479 insgesamt 2 Bodenproben mit den Bezeichnungen:

KB9 10.00 – 14.00

KB9 17.00 – 18.00.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden

- 2 tonmineralogische Phasenanalysen an den Gesamtproben mittels einer Methodenkombination aus Röntgendiffraktometrie (XRD) und Infrarotspektroskopie (FTIR) (gemäß GDA E 3-3 und BQS 2-1)

durchgeführt.

Das Probenmaterial wurde am 03.12.2021 auf dem Postweg zugestellt.

## **2. Methodik**

Die Bestimmung des semiquantitativen Mineralbestandes erfolgt an den Gesamtproben mit Hilfe einer Methodenkombination, bestehend aus röntgendiffraktometrischen (XRD) und infrarotspektroskopischen (FTIR) Arbeitsverfahren.

Vor Versuchsbeginn wird das Probenmaterial repräsentativ geteilt und schonend bei 40 °C getrocknet.

Im Zuge der Probenpräparation werden für die Röntgendiffraktometraufnahmen (XRD) und für die Infrarotspektren (FTIR) folgende Spezialpräparate angefertigt:

1. Pulverpräparate
2. glyceringesättigte Pulverpräparate
3. Kaliumbromid-Tabletten gemäß der KBr-Preßmethode.

Die anschließenden XRD- und FTIR-Messungen werden dabei am Material der Gesamtproben (nicht fraktioniertes Probenmaterial) vorgenommen.

Die röntgendiffraktometrischen Analysen werden an einem BRUKER D2 PHASER Röntgendiffraktometer (Cu-Strahlung) und die Infrarot-Messungen an einem THERMO NICOLET NEXUS 470 FTIR-Spektrometer im Wellenzahlenbereich von 4000 - 400  $\text{cm}^{-1}$  ausgeführt. Bei den FTIR-Messungen werden 32 Scans unter Benutzung eines DTGS Detektors bei einer Auflösung von 4  $\text{cm}^{-1}$  gewählt.

Die Auswertung der Röntgendiffraktometer- und Infrarot-Diagramme erfolgt manuell nach mineralogischen Standardverfahren.

Aufgrund der Methodenkombination aus Röntgendiffraktometrie (XRD) und Infrarotspektroskopie (FTIR) lässt sich bei den Bestimmungen der einzelnen Mineralphasen ein relativer Fehler von kleiner 10 % einhalten.

### 3. Untersuchungsergebnisse

#### 3.1 Mineralbestand

In Tabelle 1 sind die mittels einer Methodenkombination aus röntgendiffraktometrischen (XRD) und infrarotspektroskopischen (FTIR) Arbeitsverfahren ermittelten mineralogischen Zusammensetzungen der Proben dargestellt.

**Tabelle 1: Nachgewiesene Mineralphasen und organische Substanz (Gew. %)**

Probe	Σ TM/ Phyllos.	Il./Gl.	Smek- tit	Kaol.- D	Chlo- rit	Quarz	Na- Plag.	Kali- fsp.	Cal- cit	Dolo- mit	Hä- matit	Goe- thit	org. Subst.
<b>KB9 10.00 – 14.00</b>	36	18	4	7	7	39	6	2	10	5	<< 1	1	< 1
<b>KB9 17.00 – 18.00</b>	37	18	5	7	7	41	4	3	9	4	<< 1	< 1	1

(Σ TM/Phyllos. Summe Tonminerale/Phyllosilikate; Il./Gl. Illit/dioctaedrischer Glimmer (Muskovit – Phengit); Kaol.-D Kaolinit-D; Na-Plag. natriumreicher Plagioklas; Kalifsp. Kalifeldspat; org. Subst. organische Substanz)

Wie die in Tabelle 1 zusammengestellten Untersuchungsergebnisse zeigen, wird in dem hier analysierten Probenmaterial einheitlich folgende Tonmineral/Phyllosilikat-Paragenese

Illit + Smektit + Kaolinit-D + Chlorit

nachgewiesen.

Der Begriff „Illit“ steht hier als Sammelbezeichnung für alle Illite und dioctaedrischen Glimmer, die in der Tonfraktion konventionell als „Illit“ bezeichnet werden.

Hinsichtlich der mengenmäßigen Verteilung der Tonminerale dominieren in den Gesamtproben die Illite/dioctaedrischen Glimmer (18 Gew. %) gegenüber den anderen Tonmineralen/Phyllosilikaten.

Die tonmineralogischen Eigenschaften der untersuchten Proben werden daher in erster Linie von den Illiten/dioctaedrischen Glimmern geprägt.

Illite/dioctaedrische Glimmer sind innerkristallin nicht quellfähige Dreischichtminerale.

In den Proben KB9 10.00 – 14.00 und KB9 17.00 – 18.00 üben auch die Smektite (4 – 5 Gew. %) signifikante Einflüsse auf die tonmineralogischen Eigenschaften der Proben aus.

Bei Smektiten handelt es sich um innerkristallin quellfähige Dreischichtminerale.

Die innerkristalline Quellfähigkeit der Smektite ist durch Solvationstests mit Glycerin überprüft worden.

Auch die nach der kristallographischen b-Achse fehlgeordneten Kaolinite (Kaolinit-D) (7 Gew. %), die als innerkristallin nicht quellfähige Zweischichtminerale klassifiziert werden, und die Chlorite (7 Gew. %) haben merkliche Einflüsse auf die tonmineralogischen Eigenschaften der Proben.

Bei Chloriten handelt es sich um innerkristallin nicht quellfähige Dreischichtminerale.

Der Tonmineral-/Phyllosilikatanteil der Gesamtproben beträgt:

KB9	10.00 – 14.00	$\Sigma$ TM/Phyllos.	= 36 Gew. %
KB9	17.00 – 18.00	$\Sigma$ TM/Phyllos.	= 37 Gew. %.

Neben den Tonmineralen/Phyllosilikaten kommen in den Gesamtproben vor allem das Oxid/Tektosilikat Quarz (39 – 41 Gew. %) und untergeordnet die Tektosilikate natriumreicher Plagioklas (4 – 6 Gew. %) und Kalifeldspat (2 – 3 Gew. %) vor.

Darüber hinaus ist in den hier analysierten Bodenproben ein Karbonatanteil, der in Form von Calcit (9 – 10 Gew. %) und Dolomit (4 – 5 Gew. %) auftritt, enthalten.

Dr. rer. nat. Peer-L. Gehlken

Sachverständiger für Geochemie und Mineralogie anorganischer Rohstoffe und deren Produkte

Der Karbonatanteil der Gesamtproben beträgt:

KB9	10.00 – 14.00	$\Sigma$ Calcit + Dolomit = 15 Gew. %
KB9	17.00 – 18.00	$\Sigma$ Calcit + Dolomit = 13 Gew. %.

Der für den Karbonatanteil vorgegebene Richtwert (Deponieverordnung, bundeseinheitliche Qualitätsstandards) von  $\leq 15$  Gew. % wird von den analysierten Proben eingehalten.

Das Vorhandensein von Calcit und Dolomit lässt auf die Existenz eines wirksamen Karbonat-Puffersystems schließen, das sich unter anderem auch in einer „schwach alkalischen“ Reaktion der Proben widerspiegeln müsste.

Das Eisenoxid Hämatit ( $\ll 1$  Gew. %) und das Eisenoxidhydroxid Goethit ( $< 1 - 1$  Gew. %) werden in den Bodenproben in geringen Gehalten diagnostiziert.

Infrarotspektroskopisch (FTIR) kann in den Proben ein geringer Anteil an organischer Substanz ( $< 1 - 1$  Gew. %) identifiziert werden.

Abschließend wird festgestellt, dass die hier analysierten Proben KB9 10.00 – 14.00 und KB9 17.00 – 18.00 gemäß GDA E 3-3 und BQS 2-1 aus tonmineralogischer Sicht für die Verwendung als Deponiebaustoff als geeignet einzustufen sind.

Ebergötzen, den 16. Dezember 2021

(Dr. Peer-L. Gehlken)