

# **Durchführung von Laborversuchen zur Kennzeichnung der strömungstechnischen Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall**

Im Auftrag der: **K+S KALI GmbH**  
**Werra Standort Hattorf**  
Hattorfer Straße  
36267 Philippsthal

Bestellung-Nr.: 6701179812/0009/62M vom 09.10.2014

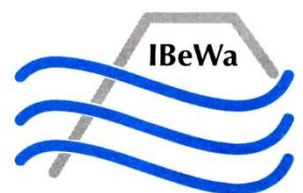
Ausgeführt durch: **Ingenieurpartnerschaft für Bergbau, Wasser und Deponietechnik, Wilsnack & Partner**  
Lessingstr. 46  
09599 Freiberg / Sachsen

Freiberg, 29. März 2018

**IBeWa** - Ingenieurpartnerschaft für Bergbau, Wasser und Deponietechnik, Wilsnack & Partner  
Meißner Ring 10 · 09599 Freiberg / Sachsen  
Tel.: +49 - 3731 – 20735-0 · Fax: +49 - 3731 – 20735-25 · Homepage: [www.ibewa.de](http://www.ibewa.de) · E-mail: [th.wilsnack@ibewa.de](mailto:th.wilsnack@ibewa.de)

---

***IBeWa - Ingenieurpartnerschaft  
für Bergbau, Wasser- und Deponietechnik  
Wilsnack & Partner***





**IBeWa - Ingenieurpartnerschaft für Bergbau, Wasser und Deponietechnik  
Wilsnack und Partner**

**Bearbeiter:** Frau A. Liedke<sup>1</sup>  
Herr R. Jentzsch  
Herr M. Schön  
Herr Th. Viertel  
Frau Dipl.-Min. D. Wilsnack  
Frau Dr. C. Clauß  
Herr Dr.-Ing. Th. Wilsnack

.....  
Dr.-Ing. Th. Wilsnack

Freiberg, 29. März 2018

---

<sup>1</sup> TU Bergakademie Freiberg, Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau

Bestellung: 6701179812/0009/62M vom 09.10.2014

## Durchführung von Laborversuchen zur Kennzeichnung der strömungstechnischen Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall

### Abschlussbericht

#### Inhalt

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Prozessvorstellungen – Grundlagen des Versuchsprogramms .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Versuchsprogramm.....</b>	<b>11</b>
3.1	Versuchsdurchführung.....	11
3.1.1	Probengewinnung .....	11
3.1.2	Effektive Porosität .....	11
3.1.3	Haftlösungsgehalt / Haftlösungssättigung.....	12
3.1.4	Porengrößenverteilung.....	12
3.1.5	Permeabilität .....	14
3.1.5.1	Effektive Gaspermeabilität der bergfeuchten Proben.....	14
3.1.5.2	Lösungspereabilität der aufgesättigten Kernproben.....	14
3.1.5.3	Druckregime der Permeabilitätsuntersuchungen .....	15
3.1.6	Herstellung der salzgesättigten Versuchslösung für die Ermittlung der Lösungspereabilität und Parametrisierung .....	16
3.2	Proben- und Versuchsübersicht .....	16
<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>22</b>
4.1	Einleitende Erläuterungen.....	22
4.2	Eigenschaften Versuchslösungen .....	24
4.3	Porengrößenverteilung .....	25
4.4	Effektive Porosität .....	30
4.5	Haftlösungsgehalt und –sättigung .....	32
4.6	Effektive Gaspermeabilität .....	38
4.7	Lösungspereabilität .....	41
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>Verzeichnisse.....</b>	<b>44</b>
6.1	Quellen/Literatur .....	44
6.2	Glossar .....	44
6.3	Abbildungen.....	47
6.4	Variablen .....	48
6.5	Indizes .....	48

## Anlagen

### Anlage 1

### Versuchsprotokolle

Anlage 1.1	P254-1/172_P8
Anlage 1.1.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.2	P254-2/172_P8
Anlage 1.2.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.2.2	Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe
Anlage 1.2.3	Gasentspannungsversuch
Anlage 1.3	P254-2/272_P8
Anlage 1.3.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.3.2	Trocknung
Anlage 1.4	P254-3/172_P18
Anlage 1.4.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.4.2	Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe
Anlage 1.4.3	Lösungspemeabilität
Anlage 1.4.4	Haftwassersättigung
Anlage 1.4.5	Gasentspannungsversuch
Anlage 1.5	P254-3/272_P18
Anlage 1.5.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.5.2	Trocknung
Anlage 1.6	P254-3/372_P18
Anlage 1.6.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.7	P254-3/472_P18
Anlage 1.7.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.8	P254-3/572_P18
Anlage 1.8.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.9	P254-3/672_P18
Anlage 1.9.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.9.2	Trocknung
Anlage 1.10	P254-3/772_P18
Anlage 1.10.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.11	P254-4/172_P18
Anlage 1.11.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.12	P254-5/172_P29
Anlage 1.12.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.12.2	Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe
Anlage 1.12.3	Lösungspemeabilität
Anlage 1.12.4	Haftwassersättigung
Anlage 1.12.5	Gasentspannungsversuch
Anlage 1.13	P254-5/272_P29
Anlage 1.13.1	Allgemeine Angaben

Anlage 1.13.2	Trocknung
Anlage 1.14	P254-5/372_P29
Anlage 1.14.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.15	P254-5/472_P29
Anlage 1.15.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.16	P254-5/572_P29
Anlage 1.16.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.17	P254-5/672_P29
Anlage 1.17.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.17.2	Trocknung
Anlage 1.18	P254-5/772_P29
Anlage 1.18.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.18.2	Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe
Anlage 1.18.3	Lösungspemeabilität
Anlage 1.18.4	Gasentspannungsversuch
Anlage 1.19	P254-5/872_P29
Anlage 1.19.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.19.2	Trocknung
Anlage 1.20	P254-5/972_P29
Anlage 1.20.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.21	P254-6/172_P29
Anlage 1.21.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.22	P254-7/172_P40
Anlage 1.22.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.22.2	Gasentspannungsversuch
Anlage 1.23	P254-7/272_P40
Anlage 1.23.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.23.2	Trocknung
Anlage 1.24	P254-8/172_P48
Anlage 1.24.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.24.2	Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe
Anlage 1.24.3	Lösungspemeabilität
Anlage 1.24.4	Haftwassersättigung
Anlage 1.24.5	Gasentspannungsversuch
Anlage 1.25	P254-8/272_P48
Anlage 1.25.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.25.2	Trocknung
Anlage 1.26	P254-8/372_P48
Anlage 1.26.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.26.2	Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe
Anlage 1.26.3	Lösungspemeabilität

Anlage 1.26.4	Haftwassersättigung
Anlage 1.27	P254-8/472_P48
Anlage 1.27.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.28	P254-8/572_P48
Anlage 1.28.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.29	P254-8/672_P48
Anlage 1.29.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.30	P254-8/772_P48
Anlage 1.30.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.30.2	Trocknung
Anlage 1.31	P254-8/872_P48
Anlage 1.31.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.32	P254-9/172_P70
Anlage 1.32.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.32.2	Gasentspannungsversuch
Anlage 1.33	P254-9/272_P70
Anlage 1.33.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.33.2	Trocknung
Anlage 1.34	P254-9/372_P70
Anlage 1.34.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.34.2	Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe
Anlage 1.34.3	Lösungspemeabilität
Anlage 1.34.4	Haftwassersättigung
Anlage 1.34.5	Gasentspannungsversuch
Anlage 1.35	P254-9/472_P70
Anlage 1.35.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.36	P254-9/572_P70
Anlage 1.36.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.37	P254-9/672_P70
Anlage 1.37.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.38	P254-9/772_P70
Anlage 1.38.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.39	P254-9/872_P70
Anlage 1.39.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.39.2	Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe
Anlage 1.39.3	Lösungspemeabilität
Anlage 1.39.4	Gasentspannungsversuch
Anlage 1.40	P254-9/972_P70
Anlage 1.40.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.40.2	Trocknung
Anlage 1.41	P254-9/1072_P70

Anlage 1.41.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.42	P254-10/172_P85
Anlage 1.42.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.43	P254-11/172_P85
Anlage 1.43.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.43.2	Gasentspannungsversuch
Anlage 1.44	P254-11/272_P85
Anlage 1.44.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.44.2	Trocknung
Anlage 1.45	P254-12/172_P100
Anlage 1.45.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.45.2	Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe
Anlage 1.45.3	Lösungspemeabilität
Anlage 1.45.4	Haftwassersättigung
Anlage 1.45.5	Gasentspannungsversuch
Anlage 1.46	P254-12/272_P100
Anlage 1.46.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.46.2	Trocknung
Anlage 1.47	P254-13/172_P115
Anlage 1.47.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.47.2	Gasentspannungsversuch
Anlage 1.48	P254-13/272_P115
Anlage 1.48.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.48.2	Trocknung
Anlage 1.49	P254-14/172_P122
Anlage 1.49.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.49.2	Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe
Anlage 1.49.3	Lösungspemeabilität
Anlage 1.49.4	Haftwassersättigung
Anlage 1.49.5	Gasentspannungsversuch
Anlage 1.50	P254-14/272_P122
Anlage 1.50.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.50.2	Trocknung
Anlage 1.51	P254-14/372_P122
Anlage 1.51.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.52	P254-14/472_P122
Anlage 1.52.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.53	P254-14/572_P122
Anlage 1.53.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.54	P254-14/672_P122
Anlage 1.54.1	Allgemeine Angaben



Anlage 1.54.2	Trocknung
Anlage 1.55	P254-14/772_P122
Anlage 1.55.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.55.2	Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe
Anlage 1.55.3	Lösungspemeabilität
Anlage 1.55.4	Gasentspannungsversuch
Anlage 1.56	P254-14/872_P122
Anlage 1.56.1	Allgemeine Angaben
Anlage 1.56.2	Trocknung
Anlage 1.57	P254-14/972_P122
Anlage 1.57.1	Allgemeine Angaben

**Anlage 2      Prozessvorstellungen zu den Strömungsprozessen im porösen Haldenmaterial - Zweiphasenströmung**

**Anlage 3      Chemische Zusammensetzung und Dichten der Gleichgewichtslösungen für die unterschiedliche Kernproben**



## 1 Aufgabenstellung

Im Zusammenhang mit der vorbereitenden Planung der Haldenerweiterung der Halde Wintershall wurde durch die K+S KALI GmbH die Horizontalbohrung B72/2014 WI zur Erkundung der bereits bestehenden Halde gestoßen. Zielstellungen dieser Bohrung sind die Ermittlung von Materialparametern zur Beschreibung des strömungstechnisch wirksamen Aufbaus, die Beurteilung strömungstechnischer Prozesse sowie die Ermittlung strömungstechnischer, geochemisch/mineralogischer und geotechnischer Parameter für den Haldenkörper. Im Gesamtkonzept der Planungsleistung stellen diese Daten und der Kenntniszuwachs einen wesentlichen Baustein für die Erstellung und Beurteilung des Wasserhaushalts der Halde und der Auswirkungen auf die Schutzgüter im Zusammenhang mit der geplanten Haldenerweiterung dar.

Ausgehend von diesen Zielstellungen wurden an Kernproben laborative Untersuchungen zu den nachfolgend genannten strömungstechnischen Eigenschaften durchgeführt:

- effektive Porosität der bergfeuchten Kernproben,
- effektive Gaspermeabilität der bergfeuchten Kernproben,
- Lösungsporeabilität der aufgesättigten Kernproben,
- Haftlösungsgehalt der Kernproben nach dem Versuch zur Ermittlung der Lösungsporeabilität,
- Quecksilberporosimetrie zur Ermittlung der Porengrößenverteilung und der Porosität.

Begleitend zu diesen Untersuchungen wurden folgende Untersuchungsschritte durchgeführt:

- Herstellung der salzgesättigten Versuchslösung für die Ermittlung der Lösungsporeabilität
- Parametrisierung der Versuchslösung:
  - dynamische Viskosität,
  - Dichte,
  - chemische Zusammensetzung.

Die zusammenfassende Darstellung der Vorgehensweise und Ergebnisse dieser Untersuchungen ist Gegenstand dieses Berichtes.

## 2 Prozessvorstellungen – Grundlagen des Versuchsprogramms

Die Strömungsprozesse in einem Haldenkörper werden bestimmt von der räumlichen und zeitlichen Veränderung der Trockenrohdichte sowie den chemisch/mineralogischen Prozessen (Lösung, Fällung, Kristallisation) und den daraus resultierenden bzw. davon bestimmten strömungstechnischen Eigenschaften Porosität und Permeabilität.

Die sich für ein Material einstellende absolute Permeabilität<sup>2</sup> wird von der Größe der totalen Porosität und der Porengrößenverteilung bestimmt. Neben diesem Zusammenhang werden die Strömungsprozesse von Fluiden durch den Flüssigkeitsgehalt bzw. die Flüssigkeitssättigung im Porenraum beeinflusst. Für Einbaulösungsgehalte der Rückstände in der Größenordnung von 4 - 6 % Feuchte bei Einbau ist für den Bereich der Trockenrohdichte bis ca. 2,0 t/m<sup>3</sup> davon auszugehen, dass der Porenraum des Rückstandes nicht vollständig mit Flüssigkeit (Haldenwasser) gefüllt ist. Für diese Ausgangssituation sind die Strömungsprozesse in einem Haldenkörper als Strömung in einem ungesättigten Porenraum und damit als Zweiphasenströmung der Fluide Gas und Flüssigkeit anzusehen. Sie gehorchen daher den Gesetzmäßigkeiten der Zweiphasenströmung in porösen Materialien. Dieser Strömungsprozess von zwei unterschiedlichen Fluiden in einem Porenraum wird bestimmt von der Porengrößenverteilung des Porenraumes und den daraus resultierenden Kapillarkräften, der Flüssigkeitssättigung im Porenraum und den sich effektiv einstellenden Permeabilitäten für die zwei Fluide. In Anlage 2 werden in einer kurzen Übersicht einzelne Schwerpunkte der Zweiphasenströmung zusammengefasst.

Die beschriebene Prozessvorstellung zu den Strömungsprozessen in einem Haldenkörper war Grundlage der Konzeption der Untersuchungen an den Kernproben aus der Halde Wintershall.

Die im Rahmen der hier dokumentierten Untersuchungen ermittelten strömungstechnischen Parameter werden nachfolgend kurz hinsichtlich ihres Aussagen- und Kenntnisgewinns für die Beurteilung der Strömungsprozesse dargestellt:

### effektive Porosität $n_{\text{eff}}$ der bergfeuchten Proben

Die effektive Porosität eines porösen Materials ist ein Maß für den im Strömungsprozess nutzbaren bzw. am Strömungsprozess beteiligten Porenraum entsprechend Gleichung ( 3) im Glossar (S. 44). Für die bergfeuchten Kernproben entspricht die effektive Porosität der Differenz von totaler Porosität  $n$  und der lösungsgefüllten Porosität  $n_{\text{HL}}$ .

Die effektive Porosität wird im Gasentspannungsversuch an den bergfeuchten Proben ermittelt. Das erforderliche Probenvolumen wird für zylindrische Probenkörper aus den Abmaßen der Probe berechnet.

### effektive Gaspermeabilität $k_{\text{G,eff}}$ der bergfeuchten Proben

Die effektive Gaspermeabilität beschreibt die Gaspermeabilität des Kernmaterials für den bergfeuchten Zustand der Proben im Zustand der Entnahme aus dem Kernmarsch. Sie ist charakteristisch für den Flüssigkeitssättigungszustand des Porenraumes der jeweiligen Probe und stellt damit einen Punkt der sättigungsabhängigen Gaspermeabilität laut Abbildung A 5-1 in Anlage 2 (S. 51) dar.

Die Ermittlung der effektiven Gaspermeabilität ermöglicht eine Beurteilung des Permeabilitätsniveaus des Materials für den initialen Sättigungszustand mit Lösung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Einfluss der Flüssigkeitssättigung mit abnehmender Porosität und Permeabilität steigt. Für Materialien mit höherer Porosität ist von einem reduzierten Einfluss der Sättigung auf die effektive Gaspermeabilität auszugehen. Über einen größeren Sättigungsbereich liegt die Gaspermeabilität dieser Materialien in der Größenordnung der absoluten Permeabilität.

Ein wesentlicher Vorteil der Versuchsdurchführung mit Gas besteht in den weitgehend auszuschließenden Wechselwirkungen zwischen dem strömenden Gas und dem Feststoff. Abgesehen

---

<sup>2</sup> Permeabilität des Materials bei vollständiger Sättigung des Strömungsraumes mit der strömenden fluiden Phase – Gas oder Flüssigkeit; entspricht theoretisch der maximalen Permeabilität des porösen Materials

von einer möglicherweise auftretenden geringfügigen Trocknung, kann Gas als inertes Strömungsfluid angesehen werden.

Die effektive Gaspermeabilität wird im Gasdurchströmungsversuch an triaxial eingespannten, bergfeuchten Kernproben ermittelt.

### **Lösungspermeabilität $k_L$**

Die Lösungspermeabilität des gesättigten Materials ist ein Maß für die maximale Durchlässigkeit des porösen Materials gegenüber einer strömenden Flüssigkeit. Theoretisch ist laut Grundverständnis des Permeabilitätsbegriffes und der physikalischen Grundlagen eine Differenzierung in Gas- und Lösungspermeabilität nicht erforderlich. Die vorliegenden Kenntnisse und Erfahrungen zum Permeabilitätsverhalten unterschiedlicher Materialien zeigen jedoch, dass für ausgewählte Materialien die absolute Gaspermeabilität eines trockenen Materials nicht mit der Flüssigkeitspermeabilität übereinstimmt. Dies wird oft, besonders für geringer permeable Materialien deutlich. Mögliche Ursachen und Einflussprozesse dafür sind:

- Wechselwirkungen des Fluides mit dem Feststoff: Luft – z. B. Karbonatisierungsprozesse; Flüssigkeit – z. B. Sekundärreaktionen, Hydratation, Lösungsprozesse, Quellen,
- verändertes Verformungsverhalten im Kontakt mit Flüssigkeit,
- Veränderung der Porenstruktur durch die Probenpräparation zur Einstellung des für die Versuchsdurchführung erforderlichen Probenzustandes: z.B. Trocknung, mechanische Einspannung in einem ein- oder triaxialen Druckregime
- Restgasgehalt im Porenraum mit Einfluss auf die effektive Flüssigkeitspermeabilität.

Auf Grund der an die Lösungsdurchströmung gebundenen Aufsättigung des durchströmbaren Porenraumes, wird die Flüssigkeitspermeabilität, wie auch die Gaspermeabilität an einer getrockneten Probe, als absolute Permeabilität eines porösen Materials angesehen.

Für die Beurteilung der Flüssigkeitsströmungsprozesse in einem Haldenkörper stellt die absolute Lösungspermeabilität die maximal mögliche Permeabilität dar. Sie bildet daher die Grundlage für konservative Abschätzungen des Zeitmaßstabs von Strömungsprozessen in einer Halde. Auf Grund des ebenfalls wirkenden Sättigungseinflusses auf die Lösungspermeabilität in den ungesättigten Haldenbereichen ist für den realen Prozess von einer langsameren Strömung auszugehen. Die Lösungspermeabilität wird im Lösungsdurchströmungsversuch an triaxial eingespannten, flüssigkeitsgesättigten Kernproben ermittelt.

Die erläuterten Parameter bestimmen die Fluidströmung und die Stofftransportprozesse im Haldenkörper. Sie sind unter anderem abhängig von der Zusammensetzung der aufgehaldeten Materialien (z.B. Hydratationsfähigkeit, Deliqueszenzfeuchte), den Einbaueigenschaften (z.B. Korngrößenverteilung, Feuchte, Temperatur), der Einbautechnologie, dem Schüttregime, der Haldegeometrie, den meteorologischen und thermodynamischen Randbedingungen sowie dem gebirgsmechanischen Verhalten des aufgehaldeten Materials. Für eine Beurteilung der Untersuchungsergebnisse sollten gegebenenfalls die vorliegenden Informationen zu den Eigenschaften der Materialien beim Einbau, zum angewendeten Schütttechnologie sowie zur Lagerungshistorie einbezogen werden.

### 3 Versuchsprogramm

#### 3.1 Versuchsdurchführung

##### 3.1.1 Probengewinnung

Das Proben- bzw. Kernmaterial für die Untersuchungen wurde durch den Auftraggeber per Kurier am 25.11.2014 angeliefert. Das Kernmaterial mit Kernstücklängen von ca. 1 m Länge, vereinzelt 0,5 m Länge, war in Holzkernkisten gelagert. Jeder Einzelkern war in einem Plasterrohr (KG-Rohr DN100) verpackt. Die Rohre waren zusätzlich in Schlauchfolie eingeschweißt. Abbildung 2-1 gibt am Beispiel von 2 Kernstücken einen Eindruck über das Probenmaterial im Anlieferungszustand. Bei der überwiegenden Anzahl der zur Verfügung gestellten Liner waren die Linerrohre mittels Trennschneider geöffnet. Aus den geöffneten Linerbereichen erfolgte bereits am Standort durch die K+S KALI GmbH eine Probennahme für die Dichte und Flüssigkeitsgehaltsuntersuchungen.



Abbildung 2-1 Kernmaterial im Anlieferungszustand (links: 72\_WMD8-D / P254-2, 8,0 – 9,0 m Teufe; rechts: 72\_WMD85-D / P254-11, 85,0 – 86,0 m Teufe)

Zu dem Kernmaterial wurde durch den Auftraggeber eine umfassende Probenübersicht mit Angabe der Teufenbereiche, der durchzuführenden Untersuchungen und einer Übersicht der bereits vorliegenden Materialparameter (Dichten und Flüssigkeitsgehalte) zur Verfügung gestellt [4]. Diese Daten sind Grundlage der Dokumentation der Versuche in Anlage 1 sowie der Proben- und Versuchsübersicht in Abschnitt 3.2.

Für die Probennahme wurden die Liner erneut geöffnet, geeignete Kernstücke mit einem möglichst kompakten Kern, glatter Oberfläche und homogenem Material ausgewählt und mit einer Kappsäge herausgeschnitten. Diese Kernproben wurden hinsichtlich Länge und Durchmesser vermessen und gewogen. Für die Untersuchungen wurden Kernproben mit einem Durchmesser von ca. 100 mm und einer Länge von ca. 100 mm gewonnen.

Alle Proben wurden nach der Probennahme in luftdichten, inerten Probenbehältern gelagert und mit einer internen Probennummer beschriftet. Das Probenmaterial wurde bei Raumtemperatur von ca. 20 – 23°C und einer konstanten Luftfeuchte vor und zwischen den Untersuchungen gelagert.

##### 3.1.2 Effektive Porosität

Die Ermittlung der effektiven Porosität wurde im Gasentspannungsversuch an bergfeuchten Probenkörpern durchgeführt. Dieser Versuch beruht auf der Erfassung des Druckausgleiches zwischen Behältern bekannten Volumens über den Kern. Das Versuchskonzept ist vergleichbar der Dichtebestimmung im Gaspyknometer.

Die effektive Porosität wurde an den zylindrischen Kernproben der Permeabilitätsuntersuchungen durchgeführt. Das für die Ermittlung der effektiven Porosität erforderliche Probenvolumen wurde für zylindrische Proben aus den Abmessungen (mindestens 10 Messungen je Durchmesser und Länge pro zylindrischer Probe) ermittelt.

### 3.1.3 Haftlösungsgehalt / Haftlösungssättigung

Der Haftlösungsgehalt ist ein Maß für den unter Luftdruckbedingungen gegen die Gravitation gehaltenen Wasseranteil in einem porösen Material. Ursache dieser Wassereinbindung in einer porösen Struktur sind die Kapillarkräfte, die sich in Abhängigkeit von der Porengrößenverteilung des Porensystems, den Benetzungseigenschaften der Flüssigkeit, den Druckbedingungen (Luftdruck, hydrostatischer Druck), der sich im Ergebnis der mineralogischen Zusammensetzung ergebenden Deliqueszenzfeuchte des Materials sowie der relativen Luftfeuchte im Porenraum in dem Phasensystem Gas-Flüssigkeit-Feststoff einstellen. Auf der Grundlage der totalen Porosität und der Trockenrohichte des Materials kann nach der Gleichung ( 9) für den Haftlösungsgehalt die Porenraumsättigung mit Flüssigkeit berechnet werden. Für die Beurteilung des Wasserhaushaltes eines Haldenkörpers wird der Haftlösungsgehalt als Einflussparameter und Bilanzgröße für die Beurteilung der zeitabhängigen Entwicklung des Wasserhaushaltes des Haldenkörpers und die Strömungsprozesse im Haldenkörper angesehen.

Die Untersuchungen zum Haftlösungsgehalt werden im Anschluss an die Lösungspermeabilitätsuntersuchungen durchgeführt. Die im Ergebnis der Lösungsdurchströmung eingestellte Porenraumsättigung mit Flüssigkeit ist der Ausgangszustand der Versuche zum Haftlösungsgehalt der Proben.

Grundkonzept des Versuches zur Ermittlung des Haftlösungsgehaltes ist die Einstellung von thermodynamischen Bedingungen, die vergleichbar zu den Lagerungsbedingungen im Haldenkörper sind. Die Einstellung des Haftlösungsgehaltes ist das Ergebnis der Gleichgewichtseinstellung zwischen der Gewichtskraft der Flüssigkeit und den Kapillarkräften im Porenraum unter den Luftdruck- und Luftfeuchtebedingungen in der Porenatmosphäre. Um diese Bedingungen im Versuch abzubilden, werden die Proben in einem gasdicht verschlossenen Exsikkator über der Gleichgewichtslösung des Materials gelagert und die Massenentwicklung zeitabhängig überwacht. Es wird davon ausgegangen, dass sich über der Gleichgewichtslösung des Feststoffes die sich auch natürlich im Haldenkörper ergebende Deliqueszenzfeuchte einstellt. Eine verfälschende Trocknung des Materials kann unter diesen Bedingungen weitgehend ausgeschlossen werden. Der Masseverlust der Proben und der sich damit ändernde Haftlösungsgehalt wird unter diesen Bedingungen maßgeblich auf den gravitativen Austrag von Porenlösung zurückgeführt. Abgesehen von der Umgebungstemperatur - die Versuche werden unter Laborbedingungen bei  $23\pm 3^{\circ}\text{C}$  durchgeführt - entsprechen die thermodynamischen Versuchsbedingungen in dem Exsikkator annähernd der Situation im Porenraum des Haldenmaterials.

Durch Wägung wird zeitabhängig die Masse der Probenkörper überwacht. Der Versuch endet mit dem Erreichen der Massenkonstanz der Probe.

Die im Versuch zur Ermittlung des Haftlösungsgehaltes untersuchten Proben wurden nach Abschluss des Versuches geteilt. Für die eine Probenhälfte wurde durch das K+S-Forschungsinstitut der Wassergehalt nach Karl-Fischer-Titration (Prüfverfahren K+S 0785.02), der Glühverlust bei  $550^{\circ}\text{C}$  (DIN EN 12879 (S3a)) und der Gesamtwassergehalt (DIN EN 12879 (S3)) ermittelt und zur Verfügung gestellt [6].

An Teilstücken der zweiten Probenhälfte wurde über Quecksilberporosimetrie die Porengrößenverteilung (s. Abschnitt 3.1.4) und die Porosität ermittelt.

### 3.1.4 Porengrößenverteilung

Mit Bezug auf die Erläuterungen im Abschnitt 2 bestimmt die Porengrößenverteilung eines porösen Materials die Kapillardruckeigenschaften und damit die Fähigkeit der Porenstruktur, durch Kapillarkräfte Haftlösung im Porenraum zu binden. Neben dieser, für die Mehrphasenströmung bestimmenden Eigenschaft, können aus der Porengrößenverteilung zusätzlich Informationen zur spezifischen Oberfläche, zur totalen Porosität und zum mittleren Porendurchmesser der einzelnen Porositätsfraktionen abgeleitet werden.

Im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchungen wurde die Porengrößenverteilung über Quecksilberporosimetrieversuche an feuchten Proben im Anschluss an die Untersuchungen zum Haftlösungsgehalt durchgeführt (s. Abschnitt 3.1.3).



Beim Quecksilberinjektionsversuch nach DIN 66133 wird im Ergebnis der Injektion von Quecksilber mit steigendem Injektionsdruck die Porosität einer Probe aus dem injizierten Quecksilbervolumen ermittelt. Aus der Kenntnis der Grenzflächenspannung und des Benetzungswinkels von Quecksilber für die angewendeten Druck- und Temperaturbedingungen, kann nach der Gleichung (1) aus dem Versuch zusätzlich eine Vorstellung über die Porengrößenverteilung abgeleitet werden.

$$p_{\text{cap}} = \frac{2 \cdot \sigma_{\text{Hg-Luft}} \cdot \cos \delta_{\text{Hg-Luft}}}{r} \quad (1)$$

$p_{\text{cap}}$ -	Kapillardruck	[Pa]
$r$ -	Porenradius	[m]
$\sigma$ -	Grenzflächenspannung ( $\sigma_{\text{Hg-Luft}}$ (25°C)= 480 mN/m)	[N/m]
$\delta$ -	Kontaktwinkel ( $\delta_{\text{Hg-Luft}}$ (25°C)= 140 °)	[°]

Die Quecksilberporosimetrie ermöglicht die Ermittlung der Porengrößenverteilung von Probenkörpern mit Kantenlängen von ca. 5 – 7 mm oder ca. 10 – 15 mm. Innerhalb dieser Probengröße sollte die Porenstruktur des Materials repräsentativ abgebildet sein. Anderenfalls kann durch Wiederholungsversuche und statistische Auswertungen der Ergebnisse der Quecksilberporosimetrie auch für Materialien mit relativ heterogenen Porositätsverteilungen über das Verfahren eine Beurteilung der Porenstruktur erreicht werden.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden Proben mit einer Partikelgröße  $\leq 7$  mm untersucht. Zu Absicherung der Ergebnisse für die Porenstruktur der untersuchten Proben wurden mindestens drei Proben je Probenkörper durchgeführt. Die Ergebnisse der Einzelversuche wurden ausgewertet und je Probenkörper eine mittlere Eigenschaftsverteilung ermittelt.

Abweichend von der generellen Versuchsmethodik wurde das Haldenmaterial im feuchten Zustand (keine vorherige Trocknung) am Ende der Haftlösungsgehaltsuntersuchungen untersucht. Ein Einfluss von trocknungsbedingten Ausfällungen aus der Porenlösung auf die Porosität wurde damit verhindert. Bei der Berechnung der Porosität<sup>3</sup> wurde der Lösungsgehalt entsprechend dem Ergebnis der Wassergehaltsuntersuchung über Karl-Fischer-Titration des K+S Forschungsinstitutes berücksichtigt [6].

Die maximal im Quecksilberporosimetrieversuch erreichte Porosität wird von den Benetzungseigenschaften des Quecksilbers und den angewendeten Druckbedingungen bestimmt. Für das hier angewendete Druckregime (bis 200 MPa) werden Poren bis zu einem Porenradius  $\geq 3,7$  nm erreicht. Dadurch verbleibt eine gewisse Unsicherheit, inwiefern bei höherem Druck zusätzlicher Porenraum angeschlossen werden kann. Die im Quecksilberinjektionsversuch ermittelte Porosität muss daher nicht der totalen Porosität des Materials, wie sie z.B. aus der Rein- und Trockenroh-dichte ermittelt werden kann, entsprechen. Um diese nicht auszuschließende Unschärfe zu berücksichtigen und die im Ergebnis der Quecksilberporosimetrie ermittelte Porosität von der totalen Porosität  $n_t$  zu unterscheiden, wird die im Ergebnis der Quecksilberporosimetrie ermittelte Porosität durch  $n_{\text{Hg}}$  gekennzeichnet.

Die Quecksilberporosimetrie wurde in Zusammenarbeit mit der TU Bergakademie Freiberg am Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau unter Verwendung eines Porosimeters PASCAL 140 240 440 der Firma Porotec GmbH durchgeführt.

<sup>3</sup> die ermittelte Porosität entspricht der mit Quecksilber injizierbaren Porosität

### **3.1.5 Permeabilität**

#### **3.1.5.1 Effektive Gaspermeabilität der bergfeuchten Proben**

Die effektive Gaspermeabilität der bergfeuchten Proben wurde im stationären Gasdurchströmungsversuch ermittelt. Für die Durchströmung wird die zylindrische Kernprobe in einer Triaxialzelle mit einem allseitig wirkenden Druck eingespannt und mit trockenem Gas bei unterschiedlichen Druckgradienten durchströmt. Über den Versuchsverlauf werden der Manteldruck, der Gasdruck, der Luftdruck, die Temperatur und der Volumenstrom des Gases erfasst.

In Abhängigkeit von der Porenstruktur, dem Permeabilitätsniveau und dem Druckregime des Versuches kann die ermittelte Gaspermeabilität durch strömungstechnische Effekte – turbulente Strömung (Turbulenz-Effekt) und „Gleitströmung“ (Klinkenberg-Effekt) – beeinflusst werden (s. Glossar, S. 44). Für die Gaspermeabilitätsuntersuchungen wurde, in Abhängigkeit vom Permeabilitätsniveau, der Klinkenberg-Effekt und der Einfluss der turbulenten Strömung durch Mehrfachbestimmungen bei unterschiedlichen Druckregimen mit erfasst und ausgewertet.

Die Höhe des Manteldruckes für die triaxiale Einspannung der Probenkörper wurde auf der Grundlage der im nachfolgenden Abschnitt 3.1.5.3 beschriebenen Abschätzung des petrostatischen Druckes in der Entnahmetiefe der jeweiligen Probe vorgegeben. Diese Vorgehensweise hatte zum Ziel, die Versuchsbedingungen an die in situ-Ablagerungsbedingungen des Rückstandes und das spezifische Verhalten des abgelagerten Rückstandes anzupassen. Vor dem Hintergrund der anzunehmenden geomechanischen Spannungssituation in den Probennahmebereichen, dem Kompaktionsverhalten des geschütteten Rückstandes und dem Kriechverhalten von Steinsalz würde eine Vernachlässigung der Einspannung des Materials zu einer Fehlbeurteilung der strömungstechnischen Situation durch die Ermittlung zu hoher Permeabilitäten führen.

Der Vorgehensweise liegt die Vorstellung zu Grunde, dass das Kernmaterial bei Entnahme aus der Bohrung mechanisch entspannt wird. Durch die Aufbringung des Manteldruckes wird im Versuch die in situ-Einspannung des Materials nachgebildet. Dieser Prozess ist in Abhängigkeit vom Material und der Einspannung zeitabhängig. Die Permeabilitätsuntersuchungen wurden daher in Wiederholungen über eine längere Einspannungsdauer durchgeführt. Als Ergebnis wurde in der Regel der Endwert angegeben.

Die Gaspermeabilität der Materialien wird bestimmt von der Flüssigkeitssättigung des Porenraums (s. Anlage 1). Unter dem Einfluss eines Gasdruckes ist von einer Bewegung der Feuchtigkeit in den Probenkörpern und einer Veränderung der Sättigungsbedingungen auszugehen. Um dies soweit wie möglich zu vermeiden und vor dem Hintergrund, dass die maximalen Strömungsprozesse für Gas an die Schwankungen des Luftdruckes gebunden sind, wurde für die Gasdurchströmung ein möglichst geringer Druck in der Größenordnung der mittleren Luftdruckschwankungen von 40 hPa [3] angesetzt.

Der Versuchsaufbau entspricht damit vom Grundkonzept der Durchströmung eines zylindrischen Probenkörpers zur Permeabilitätsbestimmung für Flüssigkeit nach DIN 18130 [5]. Die sonstigen Versuchsbedingungen wurden an die Besonderheiten des untersuchten, bergfeuchten Materials und die Gasströmung angepasst.

#### **3.1.5.2 Lösungspерmeabilität der aufgesättigten Kernproben**

Im zweiten Schritt wurden an den Kernproben der Gaspermeabilitätsuntersuchungen die Lösungspерmeabilität für die gesättigte Gleichgewichtslösung (s. Abschnitt 3.1.6) ermittelt.

Die Ermittlung der Permeabilität der Kernproben erfolgte im stationären Durchströmungsversuch an triaxial eingespannten Probenkörpern (vergleichbar den Gaspermeabilitätsuntersuchungen) von unten nach oben in Anlehnung an DIN 18130 [5].

Die Lösungspерmeabilitätsuntersuchungen wurden bei konstanten Flüssigkeitsdrücken bis ca. 12 kPa (entspricht einer Druckhöhe einer Flüssigkeitssäule von ca. 1,0 m) durchgeführt. Eine fachliche Begründung des Druckniveaus für die Flüssigkeitsströmung aus den Prozessvorstellungen zu den Strömungsprozessen im Haldenkörper ist nur begrenzt möglich. Die Erkundungsergebnisse der K+S KALI GmbH an den Kernproben [4] lassen darauf schließen, dass in den beprobten

Haldenbereichen der Porenraum des Feststoffes nicht mit Flüssigkeit gesättigt ist. Der Flüssigkeitsdruck stellt sich für diese Gegebenheiten in Abhängigkeit vom Kapillardruck des Porengefüges ein. Für die augenscheinlich überwiegend grobe Porenstruktur mit einem hohen Anteil an Makroporen wird von einem geringen Kapillardruck bzw. einer geringen kapillaren Steighöhe ausgegangen. Dazu liegen, wenn überhaupt, nur begrenzt Erfahrungen und Kenntnisse vor. Eine begründete und quantifizierbare Annahme von Flüssigkeitsdruckhöhen in einem Haldenkörper, die für die Durchführung der Laboruntersuchungen generalisiert werden könnte, liegt nach Kenntnis der Bearbeiter nicht vor.

Die Vorgabe des Manteldruckes für die triaxiale Einspannung der Proben erfolgte entsprechend den Erläuterungen zur Ermittlung der effektiven Gaspermeabilität im Abschnitt 3.1.5.1 auf der Grundlage der im Abschnitt 3.1.5.3 beschriebenen Abschätzung des petrostatischen Druckes in der Entnahmeteufe.

Für die Untersuchung der Kernproben wurden chemisch gegenüber dem Feststoff gesättigte Lösungen verwendet. Dieser Vorgehensweise liegt die Annahme zu Grunde, dass sich im Ergebnis des Strömungsprozesses von der Haldenoberfläche auf einem kurzen, vertikalen Strömungsweg das Niederschlagswasser durch Lösungsvorgänge gegenüber dem Feststoff aufsättigt. Für die zu untersuchenden Kernproben wird daher ein chemisches Gleichgewicht zwischen Porenlösung und Feststoff unterstellt. Die Gültigkeit dieser Annahme ist abhängig von der Permeabilität, der Zusammensetzung des Feststoffes, der Lösung und der Sickerwasserrate.

### **3.1.5.3 Druckregime der Permeabilitätsuntersuchungen**

Die Einspannung der Probenkörper durch einen Manteldruck hat zum Ziel, neben der versuchstechnischen Erfordernis, die in situ vorliegenden Einspannungsbedingungen des Materials nachzubilden (s. Abschnitt 3.1.5.1).

Ausgangspunkt der Abschätzung des petrostatischen Druckes bilden die für die vertikal auf der Halde Hattorf abgeteuften Bohrungen B97 und B98 teufenabhängig ermittelten Nassrohdichten. Abbildung 2-2 gibt eine Übersicht der Dichten beider Bohrungen und der daraus berechneten Druckverteilung in den Bohrungen. Für die Teufenbereiche, in denen keine Dichtemesswerte vorlagen, wurden die benachbarten Werte linear interpoliert. Für die horizontale Bohrung B72/2014 WI wurde der petrostatische Druck des überlagernden Haldenmaterials unter Verwendung der ermittelten Nassrohdichten [4] und der potentiellen Regression für die Druckverteilung in der Bohrung B97 und B98 (s. Abbildung 2-2) sowie die sich aus dem Böschungswinkel von  $26,5^\circ$  bis  $35,2^\circ$  (im Mittel  $32,6^\circ$ ) und dem Verlauf der Bohrung mit  $5^\circ$  Ansteigen ergebende Materialüberdeckung abgeschätzt. Die Böschungsneigung wurde aus einem Querschnitt durch den Haldenkörper in [2] abgegriffen. Die so abgeschätzte Druckverteilung für die Bohrung ist in Abbildung 2-3 dargestellt.



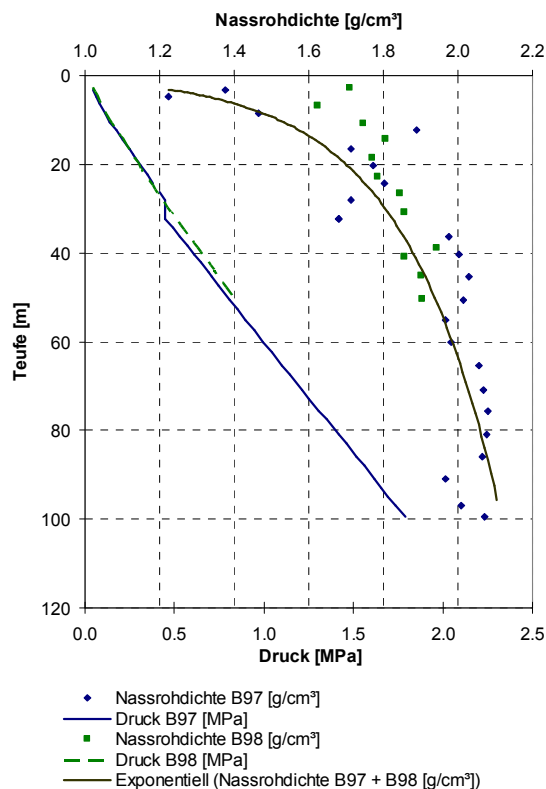


Abbildung 2-2 Nassrohdichte und abgeschätzte Druckverteilung in Abhängigkeit von der Tiefe für die Bohrungen B97 und B98 [4]

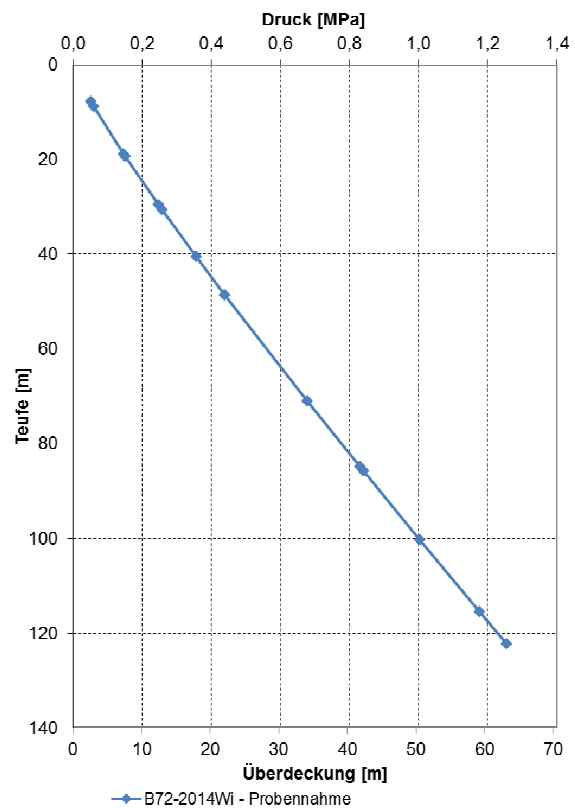


Abbildung 2-3 Abgeschätzte Druckverteilung für die Bohrung B72/2014 WI für einen mittleren Böschungswinkel von ca. 32,6° und die Tiefendruckregression laut Abbildung 2-2

### 3.1.6 Herstellung der salzgesättigten Versuchslösung für die Ermittlung der Lösungspermeabilität und Parametrisierung



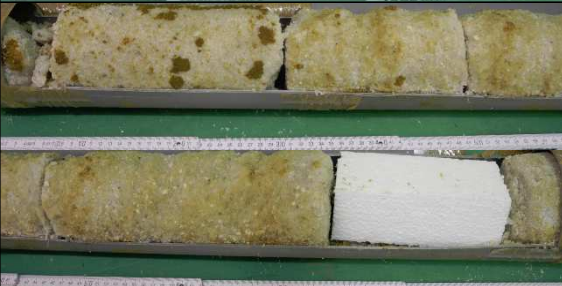
Für jede Kernprobe der Permeabilitätsuntersuchungen erfolgte die Herstellung einer Gleichgewichtslösung aus Kernmaterial aus der unmittelbaren Nähe zum untersuchten Probenkörper. Dazu wurde eine hinreichende Masse Kernmaterial aus der Umgebung des gewonnenen Kernstückes in warmem Leitungswasser gelöst und mit dem verbleibenden Bodensatz des nicht aufgelösten Salzes gelagert. Die Proben können daher als chemisch gesättigt gegenüber dem Feststoff der untersuchten Probe aus dem Kernbereich angesehen werden. Es wurden jeweils ca. 5 l Versuchslösung gewonnen.



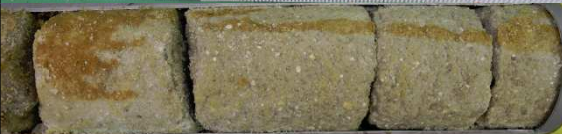



Für die Lösungen wurde gravimetrisch die Dichte und mit dem Kugelfallviskosimeter Lovis 2000 ME Microviscosimeter der Firma Anton Paar die dynamische Viskosität ermittelt.

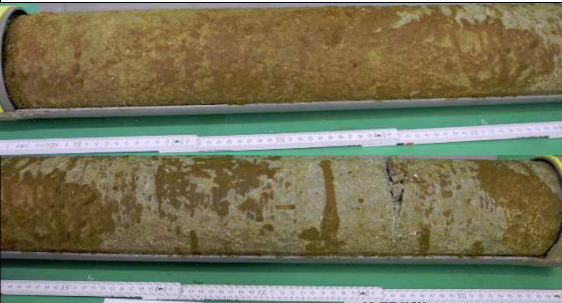





### 3.2 Proben- und Versuchsübersicht

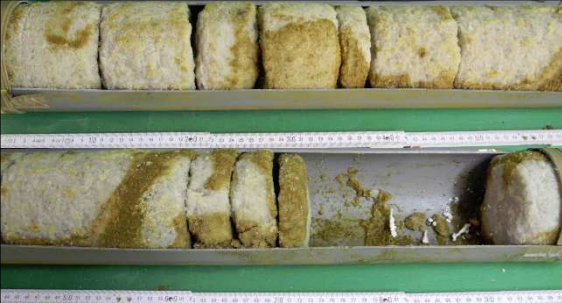



Eine Übersicht der untersuchten Probenkörper und der durchgeführten Versuche wird in der nachfolgenden Tabelle 1 gegeben.

Tabelle 1 Proben- und Versuchsübersicht



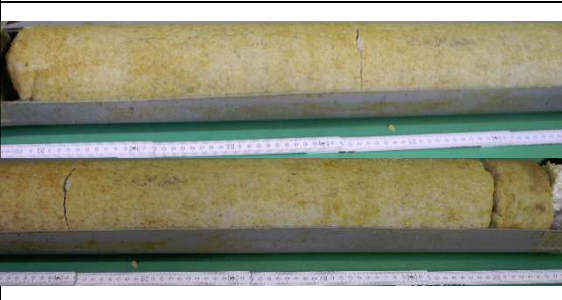

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
von .. bis	Probenname K+S KALI GmbH	Teufe von	Teufe bis	Mittlere Pro- benahme- teufe	IBeWa-Nr.	Teufe Kernab- schnitt	Teufe Probe	Foto Kern- marsch	Foto Probe	Salzlösungs- zusammen- setzung	Viskosität + Dichte Salzlösung	effektive Po- rosität $n_{eff.}$	$k_G$	$k_L$	Manteldruck
[m]		[m]	[m]	[m]		[m]	[m]								[bar]
8 - 9	72_WMD8-D	8,75	8,85	8,80	P254-1	7,5-8,0									
					P254-2	8,0-9,0	8,80 (8,37- 8,47)					x	x		0,6
18 - 19	72_WD18-D	18,80	18,90	18,85	P254-3	18,0-19,0	18,85 (18,63- 18,73)			x	x	x	x	x	1,5
					P254-4	19,0-19,5									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
von .. bis	Probenname K+S KALI GmbH	Teufe von	Teufe bis	Mittlere Pro- benahme- teufe	IBeWa-Nr.	Teufe Kernab- schnitt	Teufe Probe	Foto Kern- marsch	Foto Probe	Salzlösungs- zusammen- setzung	Viskosität + Dichte Salzlösung	effektive Po- rosität $n_{eff}$ .	$k_G$	$k_L$	Manteldruck
[m]		[m]	[m]	[m]		[m]	[m]								[bar]
29 - 30					P254-5	29,0-30,0	29,5 (29,70- 29,80)			x	x	x	x	x	2,5
							29,45 (29,40- 29,50)					x	x	x	
40 - 41	72_WD40-D	40,35	40,45	40,40	P254-7	40,0-40,5	40,40 (40,10- 40,20)					x			3,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
von .. bis	Probenname K+S KALI GmbH	Teufe von	Teufe bis	Mittlere Pro- benahme- teufe	IBeWa-Nr.	Teufe Kernab- schnitt	Teufe Probe	Foto Kern- marsch	Foto Probe	Salzlösungs- zusammen- setzung	Viskosität + Dichte Salzlösung	effektive Po- rosität $n_{eff}$	$k_G$	$k_L$	Manteldruck
[m]		[m]	[m]	[m]		[m]	[m]								[bar]
48 - 49					P254-8	48,0 - 49,0	48,5 (48,68- 48,78)			x	x	x	x	x	4,5
70 - 71	72_WMD70-D	70,90	71,00	70,95	P254-9	70,0 - 71,0	70,95 (70,22- 70,32)			x	x	x	x	x	6,9
							70,55 (70,50- 70,60)					x	x	x	
85	72	85,70	85,80	85,75	P254-10	84,5-85,0									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
von .. bis	Probenname K+S KALI GmbH	Teufe von	Teufe bis	Mittlere Pro- benahme- teufe	IBeWa-Nr.	Teufe Kernab- schnitt	Teufe Probe	Foto Kern- marsch	Foto Probe	Salzlösungs- zusammen- setzung	Viskosität + Dichte Salzlösung	effektive Po- rosität $n_{eff}$ .	$k_G$	$k_L$	Manteldruck
[m]		[m]	[m]	[m]		[m]	[m]								[bar]
					P254-11	85,0-86,0	85,75 (85,01- 85,09)					x			
100 - 101	72_WMD100-D	100,20	100,25	100,23	P254-12	100,0 - 101,0	100,23 (100,56- 100,66)			x	x	x	x	x	10,2



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
von .. bis	Probenname K+S KALI GmbH	Teufe von	Teufe bis	Mittlere Pro- benahme- teufe	IBeWa-Nr.	Teufe Kernab- schnitt	Teufe Probe	Foto Kern- marsch	Foto Probe	Salzlösungs- zusammen- setzung	Viskosität + Dichte Salzlösung	effektive Po- rosität neff.	k <sub>G</sub>	k <sub>L</sub>	Manteldruck
[m]		[m]	[m]	[m]		[m]	[m]								[bar]
115 – 116	72_WMD115-D	115,40	115,50	115,45	P254-13	115,0 - 116,0	115,45 (115,11- 115,17)					x			
122 – 123	72_W122	122,95	123,00	122,98	P254-14	122,0 - 123,0	122,20 (122,15- 122,25)			x	x	x	x	x	12,7

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Einleitende Erläuterungen**

Die Dichte und die strömungstechnischen Eigenschaften des aufgehaldeten Rückstandes einer Halde werden maßgeblich von der Auflast auf den Rückstand und damit von der überlagernden Mächtigkeit beeinflusst. Vor diesem Hintergrund erfolgt die Darstellung der Untersuchungsergebnisse sowohl in Abhängigkeit von der Bohrungsteufe als auch von der überlagernden Mächtigkeit des Haldenkörpers. Die Abschätzung der Auflast für die Entnahmeteufen der Kernproben erfolgte entsprechend den Erläuterungen im Abschnitt 3.1.5.3.

Die Ergebnisse der Durchströmungsversuche werden als Permeabilität  $k$  [ $\text{m}^2$ ] angegeben und in den funktionalen Zusammenhängen dargestellt. Zusätzlich erfolgt für die graphischen Darstellungen die Umrechnung der Permeabilität auf den im Grundwasserbereich gebräuchlichen Durchlässigkeitsbeiwert (hydraulische Leitfähigkeit)  $k_f$  [ $\text{m/s}$ ] (s. Glossar, S. 44).

In die Auswertung und Darstellung der Ergebnisse fließen teilweise Untersuchungsergebnisse der K+S KALI GmbH an Kernproben aus benachbarten Kernabschnitten mit ein. Dies betrifft in erster Linie korrigierte Rein- und Trockenrohdichten, Flüssigkeitsgehalte (Gesamtfeuchte, Flüssigkeitsgehalt aus Karl-Fischer-Titration). Die Parameter wurden aus [4] entnommen. Grundlage dieser Übertragung der Ergebnisse ist die Annahme, dass die Proben der Dichte- und Flüssigkeitsgehaltsuntersuchungen in gleicher Weise beprobt, behandelt und gelagert wurden.

Die den Parametern zu Grunde liegenden Bestimmungsmethoden und Berechnungsansätze wurden im Vorfeld der Untersuchungen abgestimmt.

Eine Übersicht der Versuchsergebnisse wird in Tabelle 2 gegeben.

Tabelle 2 Übersicht der Untersuchungsergebnisse, Ergebnisse K+S KALI GmbH aus [4]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Probenname K+S	Probenname IBeWa	OK Probe	UK Probe	Teufe Mittelpunkt Probe	petrostatischer Druck	korrigierte Trockenrohdichte - K+S	totale Porosität - K+S	effektive Porosität	Initialer Lösungsgehalt - Karl-Fischer-Titration - K+S	Wassergehalt nach Haftlösungsversuch - Karl-Fischer-Titration - K+S	Glühverlust nach Haftlösungsversuch - DIN EN 12879 - K+S	Gesamtwassergehalt nach Haftlösungsversuch - DIN EN 12879 - K+S	initiale Flüssigkeitssättigung - K+S	effektive Gaspermeabilität	Lösungspermeabilität	Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$	Haftlösungsgehalt aus Haftwasser-gehalt K+S; Lösungs-dichte und -mineralisation (IBeWa)	Haftlösungssättigung	Haftwasserporosität	um Lösungsgehalt korrigierte, maximale Porosität aus Hg-Porosimetrie IBeWa
		[m]	[m]	[m]	[MPa]	[g/cm <sup>3</sup> ]	[-]	[-]	[Ma.-%]	[Ma.-%]	[Ma.-%]	[Ma.-%]	[-]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[-]	[-]	[-]	[-]
72_WMD8-D	P254-1/1			0	0.05															
	P254-2/1	8.37	8.47	8.42	0.06	1.524	0.30	0.22	1.8				0.11	1.8E-11						
72_WD18-D	P254-3/1	18.63	18.73	18.68	0.15	1.662	0.23	0.15	4.9	7.3	8.9	9.7	0.43	5.0E-11	1.3E-11	9.8E-05	0.10	0.47	0.13	0.39
	P254-4/1				0.15															
72W30	P254-5/1	29.70	29.80	29.75	0.25	1.793	0.17	0.12	4.5	5.4	5.9	6.2	0.58	1.3E-10	1.4E-11	1.1E-04	0.07	0.53	0.11	0.31
	P254-5/7	29.40	29.50	29.45	0.25	1.793	0.17	0.03					0.58	5.8E-14	6.3E-14	4.7E-07				
	P254-6/1				0.26															
72_WD40-D	P254-7/1	40.10	40.20	40.15	0.36	1.805	0.16	0.14	3.9				0.51							
72W48	P254-8/1	48.68	48.78	48.73	0.44	1.967	0.09	0.05	1.7	3.5	5.6	6.0	0.43	1.8E-11	1.1E-11	8.3E-05	0.05	0.58	0.07	0.20
72W48	P254-8/3	48.68	48.78	48.73	0.44	1.967	0.09	0.15	1.7	3.5	5.6	6.0	0.43	2.2E-14	3.0E-16	2.3E-09	0.05	0.58	0.08	0.21
72_WMD70-D	P254-9/3	70.22	70.32	70.27	0.68	1.896	0.11	0.08	2.1				0.41	9.8E-11	1.1E-11	8.3E-05	0.00	0.00	0.00	0.08
	P254-9/8	70.50	70.60	70.55	0.68	1.896	0.11	0.05	2.1				0.41	3.4E-16	2.9E-16	2.2E-09				
72_WMD85-D	P254-10/1				0.83															
	P254-11/1	85.01	85.11	85.06	0.84	1.856	0.13	0.12	2.0				0.32							
72_WMD100-D	P254-12/1	100.56	100.66	100.61	1.00	1.819	0.16	0.18	2.5				0.34	1.7E-13	2.5E-14	1.9E-07	0.06	0.48	0.09	0.29
72_WMD115-D	P254-13/1	115.11	115.17	115.14	1.18	1.943	0.11	0.15	1.2				0.25							
72W122	P254-14/1	122.15	122.25	122.2	1.25	1.927	0.10	0.08	2.1	2.5	4.5	4.7	0.44	3.3E-10	1E-17	7.5E-11	0.03	0.55	0.06	0.16
	P254-14/7	122.70	122.80	122.75	1.25	1.927	0.10	0.03	2.1				0.44	2.6E-15	3E-20	2.3E-13				



## 4.2 Eigenschaften Versuchslösungen

In Tabelle 3 sind die wesentlichen strömungstechnisch relevanten Eigenschaften, der für die Lösungspermeabilitätsuntersuchungen hergestellten und parametrisierten Lösungen zusammengefasst. Vergleichend sind die durch die K+S begleitend zu den Packeruntersuchungen ermittelten Lösungsdichten in Spalte 3 mit erfasst. In Abbildung 4-1 sind die Lösungsdichten in Abhängigkeit von der Bohrungsteufe dargestellt.

Die Ergebnisse der Dichte- und Viskositätsuntersuchungen an den aus den Feststoffproben der Kernabschnitte gewonnenen Lösungsproben schwanken um die Größenordnung der Erfahrungswerte von gesättigter Steinlösung mit einer Dichte von ca. 1,207 g/cm<sup>3</sup> (20°C) und einer dynamischen Viskosität von ca. 2,0 mPas (20°C).

Die Auswertungen der Kenntnisse zu den gewonnen Kernproben durch die K+S ergeben deutlich höhere Lösungsdichten [4]. Auf Grund dieser Unterschiede wurden die ersten gravimetrischen Dichtemessungen nach DEV C9 durch Dichtemessungen über Biegeschwinger verifiziert. Die Wiederholungsmessungen bestätigen im Wesentlichen die ersten Messungen. Größere Abweichungen bestehen für die ersten zwei Messungen an den Proben bis zu einer Teufe von ca. 30 m. Diese Abweichungen sind geringer als die Unterschiede zu den Ergebnissen der Dichtemessungen von K+S.

Tabelle 3 Eigenschaften der hergestellten Versuchslösungen

1	2	3	4	5	6
Probenname K+S KALI GmbH	Teufe	Dichte K+S [4] <sup>1</sup>	Probenname IBeWa	Dichte (20°C) <sup>2</sup>	dyn. Viskosität (20°C) <sup>3</sup>
	[m]	[g/cm <sup>3</sup> ]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[mPas]
72_WMD8-D	7,50	1,250	P254-2		
72_WD18-D	18,63		P254-3	1,173 / 1,206	2,06 / 2,00
	29,70		P254-5	1,193 / 1,206	2,08 / 2,02
72_WD40-D	40,10	1,268	P254-7		
72_WD40-D	48,68		P254-8	1,208 / 1,209	2,10 / 2,12
72_WMD70-D	70,22		P254-9	1,204 / 1,214	2,18 / 2,11
72_WMD85-D	85,01	1,292	P254-11		
72_WMD100-D	100,56		P254-12	1,199 / 1,195	1,95 / 1,89
72_WMD115-D	115,11	1,275	P254-13		
72_W122	122,15		P254-14	1,201 / 1,190	1,95 / 1,86

<sup>1</sup> teufengewichteter Mittelwert aus den Dichten benachbarter Haldenwasserproben

<sup>2</sup> Aräometer – DEV C9 / Biegeschwinger - Lovis 2000 DMA Dichtemessgerät mit Lovismodul, Fa. Anton Paar

<sup>3</sup> Kugelfallviskosimeter, Lovis 2000 M/ME Mikroviskosimeter, Fa. Anton Paar / Rheometer MCR 302 von Anton Paar Zylindermesssystem

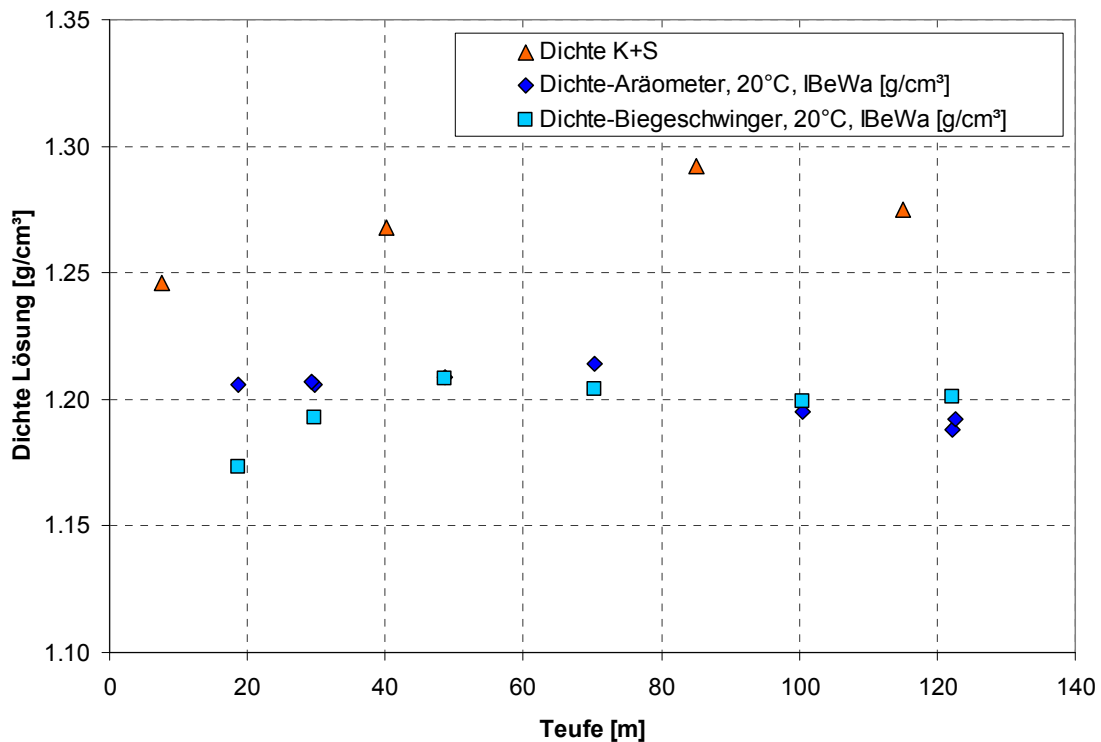


Abbildung 4-1 Vergleichende Gegenüberstellung der vorliegenden Lösungsdichten

Die im Ergebnis einer chemischen Analyse ermittelten Lösungszusammensetzungen der je Kernprobe aus angrenzenden Kernstücken hergestellten Gleichgewichtslösungen sind in Anlage 3 zusammengestellt. Die Analytik der An- und Kationen erfolgte über induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS, DIN EN ISO 17294-2 (E29)). Der Abdampfrückstand wurde nach DIN 38409-H1-2 ermittelt.

### 4.3 Porengrößenverteilung

Im Anschluss an die Untersuchungen zum Haftlösungsgehalt wurden die Probenkörper geteilt. Für einen Teil der Proben erfolgte die Ermittlung des Wassergehaltes über Karl-Fischer-Titration (Prüfverfahren K+S 0785.02) durch das K+S Forschungsinstitut [6]. Der zweite Probenanteil wurde für Quecksilberporosimetrieuntersuchungen zur Ermittlung der Porengrößenverteilung und der Porosität (s. Erläuterungen am Ende Abschnitt 4.6) verwendet. Je Probe wurden für die Quecksilberporosimetrie jeweils 3 Einzelproben untersucht. Dies ist der versuchsbedingt vergleichsweise geringen Probengröße mit einer Kantenlänge < 7 mm geschuldet. Für das augenscheinlich erkennbare heterogene Porensystem sollte durch die 3 Proben ein Eindruck über die Streubreite der Porengrößenverteilung ermittelt werden. In Abbildung 4-3 sind einmalig die Volumenanteile der Porenradialen aller Einzelmessungen dargestellt. In der nachfolgenden Ergebnisdiskussion werden alle Teilergebnisse dokumentiert und, wenn für vergleichende Interpretationen erforderlich, die Mittelwerte dargestellt und berücksichtigt.

Zur Vermeidung eines Einflusses von Trocknungsprozessen auf die Porenstruktur des Materials erfolgte, entgegen der eigentlich versuchsbedingt erforderlichen Trocknung, eine Untersuchung der Proben im feuchten Zustand am Ende der Haftlösungsgehaltsuntersuchungen. Auf der Grundlage der am Ende der Haftlösungsgehaltsuntersuchungen ermittelten Wassergehalte (s.o.) erfolgte die Korrektur der Porositätsergebnisse aus der Quecksilberporosimetrie um den Einfluss des Lösungsgehaltes bzw. des Lösungsvolumens.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind, zusammen mit den weiteren Porositätsergebnissen, in Tabelle 4 und in Abbildung 4-3 bis Abbildung 4-9 für unterschiedliche Abhängigkeiten zusammengestellt. In Auswertung der Quecksilberporosimetrieuntersuchungen können folgende Schlussfolgerungen formuliert werden:

- Die vergleichende Darstellung der Porengrößenverteilung der Einzelproben in Abbildung 4-3 und der gemittelten Parameter in Abbildung 4-4 bis Abbildung 4-6 zeigen eine Differenzierung der Porenstruktur für die unterschiedlichen Teufenbereiche. Mit zunehmender Teufe reduziert sich die Porosität ( $n_{Hg}$ ) und es erhöht sich erwartungsgemäß der Anteil an Meso- und Mikroporen.

Aus den Volumenanteilen und Porositäten in Abhängigkeit vom Porenradius in Abbildung 4-4 und Abbildung 4-5 wird deutlich, dass die Porosität des Haldenmaterials mit einem Volumenanteil von 0,34 bis 0,96 (entspricht einer Porosität von ca. 0,02 bis ca. 0,15) durch Makroporen mit einem Porenradius von  $> 1900$  nm gebildet wird. Der Porenvolumenanteil der Mikro- und Mesoporen, mit einem Porenradius von bis ca. 1900 nm, erreicht für einzelne Proben aus dem Bohrlochtiefsten bis zu 0,56 (entspricht einer Porosität von ca. 0,04).

- Der Kurvenverläufe in Abhängigkeit vom Porenradius kennzeichnen das konturnahe Haldenmaterial bis zu einer Teufe von ca. 20 m als dual porosity system mit einem veränderlichen Anteil an Mikro- und Makroporen. Mit steigender Bohrungsteufe deuten die ermittelten Porengrößenverteilungen auf eine zusätzliche Differenzierung in eine Meso-Porenfraktion hin (triple porosity system).

Als Kriterium der Differenzierung der Porenfraktionen in Mikro-, Meso- und Makroporen wurden entsprechend Abbildung 4-2 die Schnittpunkte der Regressionsgeraden an die Kurvenabschnitte verwendet [7].

Dieses Auswertungskonzept ermöglicht eine materialbezogene Unterscheidung von Porenräumen und hilft bei der Ableitung von Vorstellungen zu Strömungs- und Stofftransportprozessen. In einer vereinfachten Prozessvorstellung ist davon auszugehen, dass die Strömungsprozesse im Haldenmaterial mit großer Wahrscheinlichkeit an die Makroporosität gebunden sind, während in den Mikro- und Mesoporen maßgeblich die chemischen Wechselwirkungen zwischen der Flüssigkeit und Feststoff stattfinden.

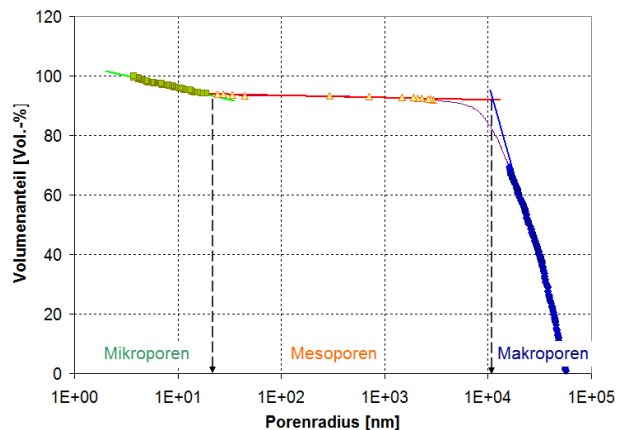


Abbildung 4-2 Beispiel für die Ermittlung der Anteile der Porenfraktionen

Die Spalten 12 bis 14 in Tabelle 4 und Abbildung 4-7 geben eine Übersicht der probenbezogen ermittelten Porenfraktionen. Bei der Beurteilung muss berücksichtigt werden, dass für die beschriebene Ermittlung der Porenfraktionen eine Korrektur bezüglich der im Porenraum vorhandenen Restlösung (entsprechend der Vorgehensweise für die aus der Quecksilberporosimetrie ermittelten Porosität - Tabelle 4, Spalte 6) nicht möglich ist. Es fehlt dafür ein geeignetes Kriterium für die Zuordnung des Lösungsvolumens bzw. von Teilen des Lösungsvolumens zu den Porenfraktionen.

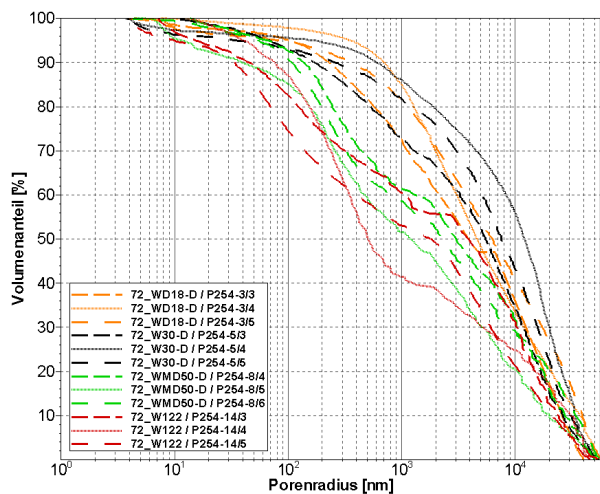


Abbildung 4-3 Porenvolumenanteil in Abhängigkeit vom Porenradius – alle Einzelergebnisse

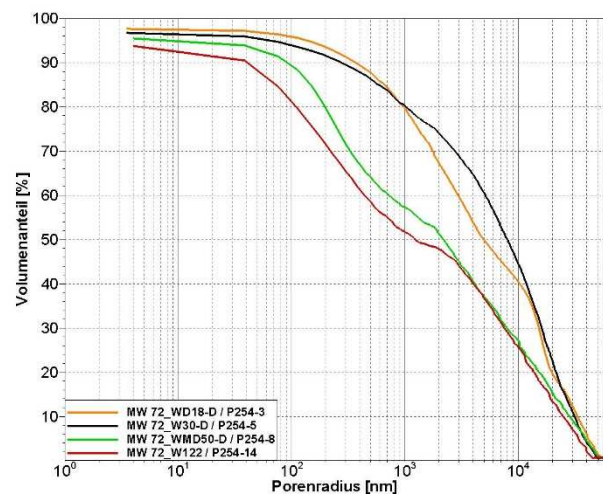


Abbildung 4-4 Porenvolumenanteil in Abhängigkeit vom Porenradius – mittlere Funktionen

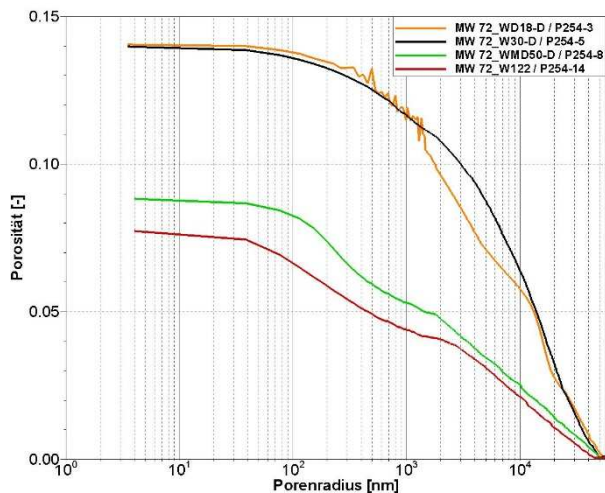


Abbildung 4-5 Porosität in Abhängigkeit vom Porenradius – mittlere Funktionen

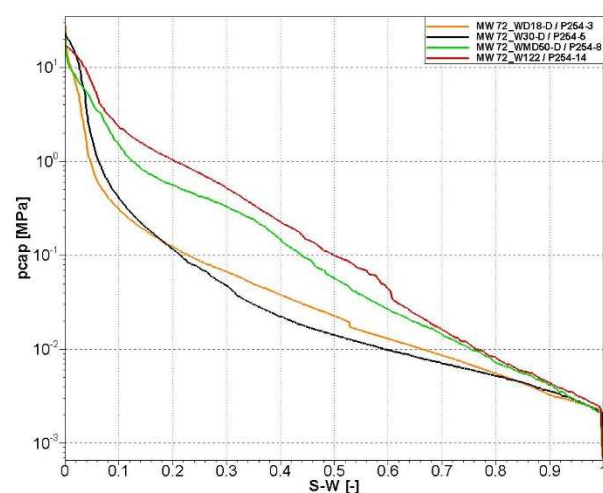


Abbildung 4-6 Abgeschätzter Kapillardruck in Abhängigkeit von der Flüssigkeitssättigung – mittlere Funktionen

- Die Auftragung der Porositäten der Porenfraktionen über den petrostatischen Druck in Abbildung 4-8 und Abbildung 4-9 bestätigt für die Makroporosität die Reduzierung der Porosität mit zunehmender Bohrungstiefe. Ein Trend für die Meso- und Mikroporosität kann nicht abgeleitet werden.

Tabelle 4 Ergebnisse Porositätsuntersuchungen und Quecksilberporosimetrie

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Probe (Name K+S / Name IBeWa)	Teufe Bohrung	petro- stati- scher Druck	totale Porosität (K+S, aus Dichten)	$n_{eff}$	Porosität $n_{Hg}$ (korrigiert für Lösungsgehalt)	minimaler Porendurch- messer ( $p_{max}=20$ MPa)	maximaler Poren- durch- messer	Durchmesser Mikroporen	Durchmesser Mesoporen	Durchmesser Makroporen	Porosität Mikroporen (unkorrigiert für Lösungsgehalt)	Porosität Mesoporen (unkorrigiert für Lösungsgehalt)	Porosität Makroporen (unkorrigiert für Lösungsgehalt)
		[MPa]	[-]	[-]	[-]	[nm]	[nm]	[nm]	[nm]	[nm]	[-]	[-]	[-]
72_WD18-D/P254-3/3	18,0 - 19,5	0,15	0,23	0,15	0,22	8	79420	$8 \leq d < 412$	-	$412 \leq d < 79420$	0,01	-	0,14
72_WD18-D/P254-3/4	18,0 - 19,5	0,15	0,23	0,15	0,23	9	109440	$9 \leq d < 552$	-	$552 \leq d < 109440$	0,01	-	0,15
72_WD18-D/P254-3/5	18,0 - 19,5	0,15	0,23	0,15	0,20	7	113140	$7 \leq d < 819$	-	$819 \leq d < 113140$	0,01	-	0,11
72_W30-D/P254-5/3	29,0 - 31,0	0,25	0,17	0,03	0,19	21	100200	$21 \leq d < 140$	$140 \leq d < 4350$	$4350 \leq d < 100200$	0,01	0,04	0,07
72_W30-D/P254-5/4	29,0 - 31,0	0,25	0,17	0,03	0,18	7	109200	$7 \leq d < 575$	$575 \leq d < 8180$	$8180 \leq d < 109200$	0,01	0,03	0,07
72_W30-D/P254-5/5	29,0 - 31,0	0,25	0,17	0,03	0,18	7	99580	$7 \leq d < 280$	$280 \leq d < 3260$	$3260 \leq d < 99580$	0,01	0,02	0,08
72_WMD50-D/P254-8/4	48,0 - 49,0	0,44	0,09	0,05	0,13	27	100740	$27 \leq d < 110$	-	$110 \leq d < 100740$	0,01	-	0,09
72_WMD50-D/P254-8/5	48,0 - 49,0	0,44	0,09	0,05	0,12	9	103360	$9 \leq d < 120$	$120 \leq d < 130$	$130 \leq d < 103360$	0,01	<0,01	0,08
72_WMD50-D/P254-8/6	48,0 - 49,0	0,44	0,09	0,05	0,11	8	108860	$8 \leq d < 95$	$95 \leq d < 100$	$100 \leq d < 108860$	0,01	<0,01	0,08
72_W122/P254-14/3	122,0 - 123,0	1,27	0,10	0,03	0,12	14	106900	$14 \leq d < 50$	$50 \leq d < 2730$	$2730 \leq d < 106900$	0,01	0,03	0,05
72_W122/P254-14/4	122,0 - 123,0	1,27	0,10	0,03	0,09	28	91760	$28 \leq d < 80$	$80 \leq d < 1950$	$1950 \leq d < 91760$	0,00	0,03	0,02
72_W122/P254-14/5	122,0 - 123,0	1,27	0,10	0,03	0,14	7	89460	$7 \leq d < 30$	$30 \leq d < 1900$	$1900 \leq d < 89460$	0,01	0,04	0,05

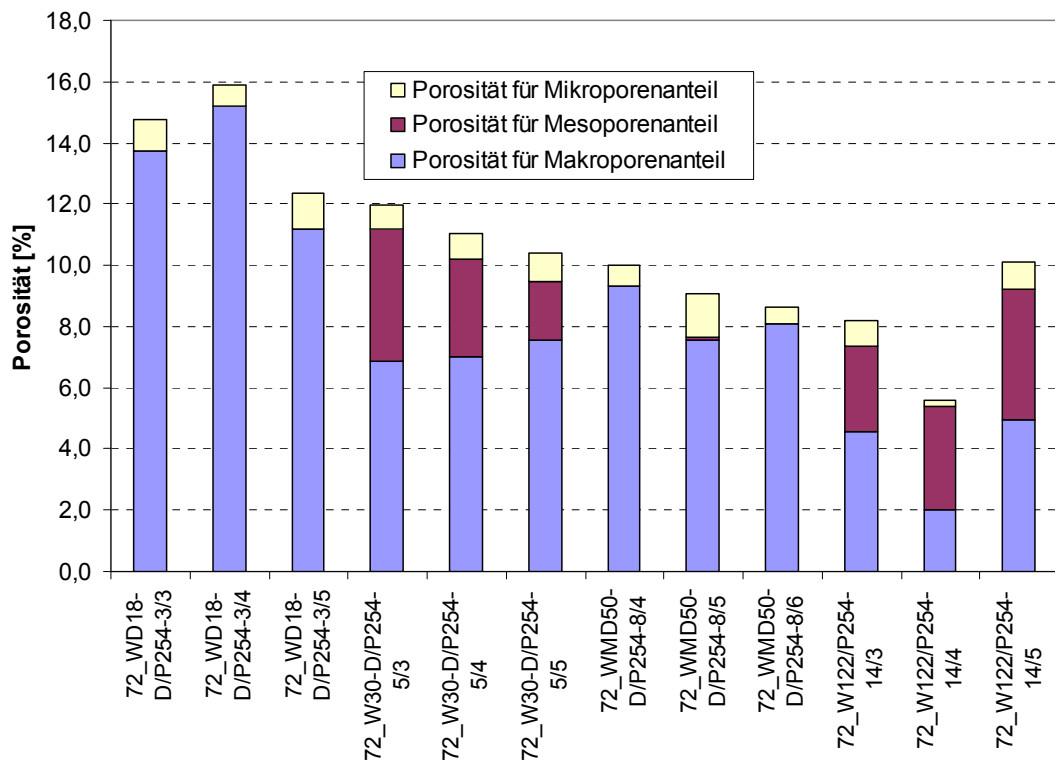


Abbildung 4-7 Porenfraktionen – Mikro-, Meso-, Makroporen

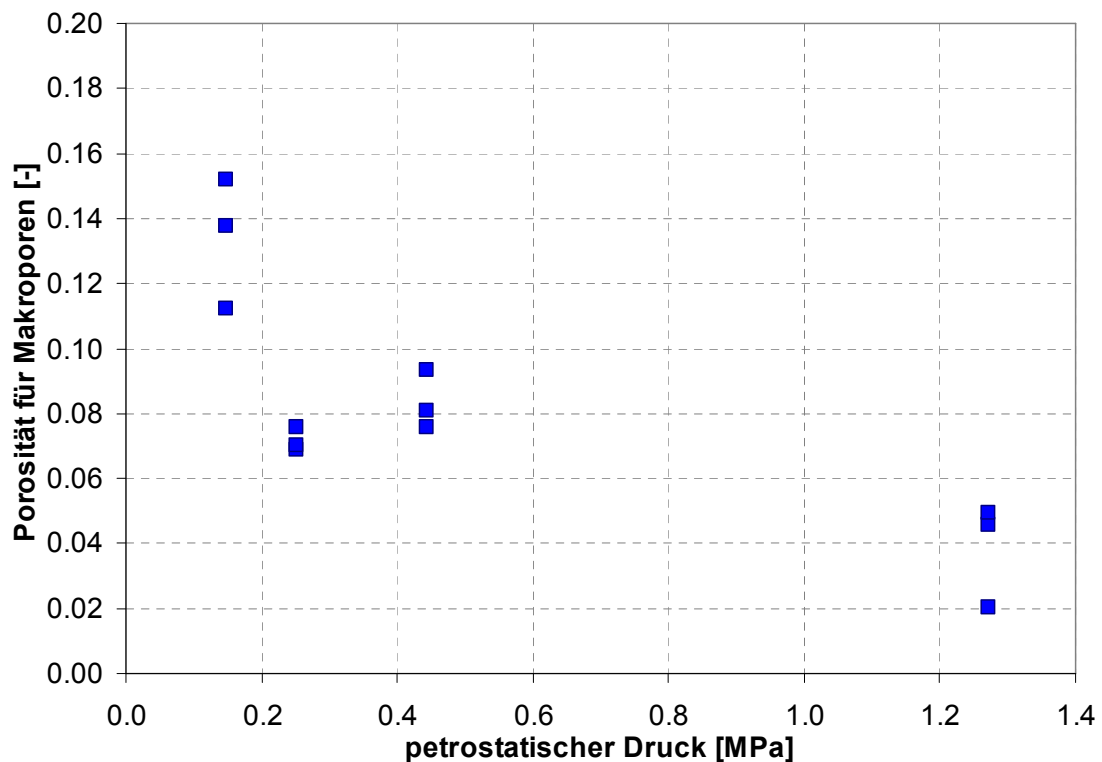


Abbildung 4-8 Porosität Makroporen in Abhängigkeit von der Bohrungsteufe

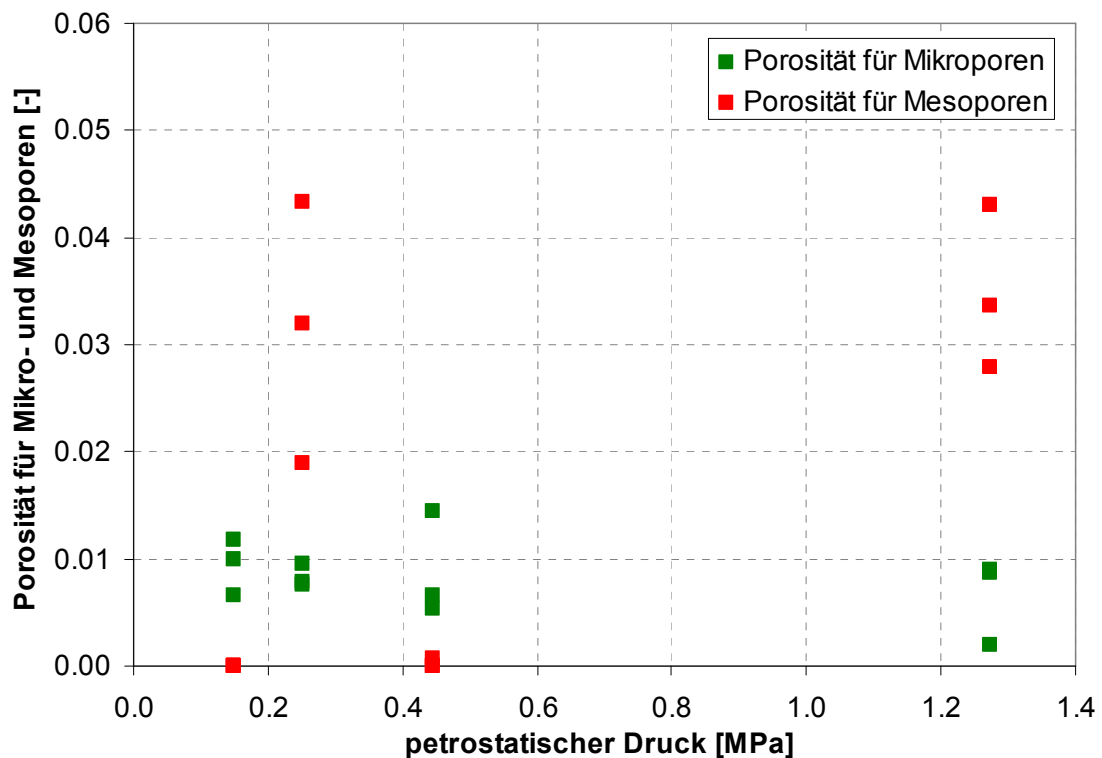


Abbildung 4-9 Porosität Mikro- und Mesoporen in Abhängigkeit von der Bohrungsteufe

#### 4.4 Effektive Porosität

Die Ergebnisse der im Gasentspannungsversuch (s. Abschnitt 3.1.1) ermittelten effektiven Porositäten sind in Tabelle 2, Spalte 9, zusammengestellt. Die Protokolle der Porositätsuntersuchungen sind in der probenbezogenen Dokumentation der durchgeführten Versuche in Anlage 1 zusammengefasst. Die effektiven Porositäten sind in Abhängigkeit von der Beprobungstiefe und dem abgeschätzten petrostatischen Druck in der Beprobungstiefe in Abbildung 4-10 den von der K+S ermittelten totalen Porositäten und den im Ergebnis der Quecksilberporosimetrie ermittelten Porositäten gegenübergestellt.



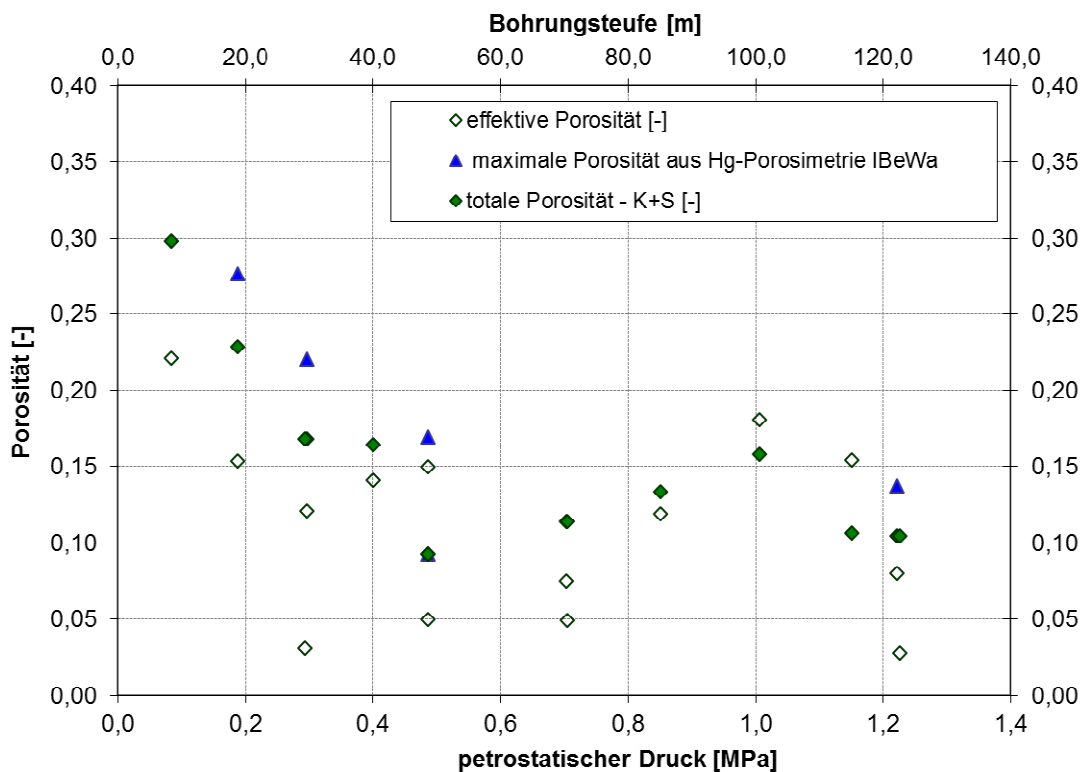


Abbildung 4-10 Totale und effektive Porosität sowie maximale Porosität aus der Quecksilberporosimetrie in Abhängigkeit von der Bohrungsteufe und dem petrostatischen Druck<sup>4</sup>

Die Darstellungen der effektiven Porosität und der Porosität aus der Quecksilberporosimetrie sowie der von der K+S KALI GmbH ermittelten totalen Porosität in Abhängigkeit von der Bohrungsteufe und dem petrostatischen Druck in Abbildung 4-10 deuten folgende Zusammenhänge an:

- Für die Bohrung ergibt sich für eine Erhöhung der Teufe bzw. des petrostatischen Druckes eine Reduzierung der effektiven und der totalen Porosität. Abgesehen von lokalen Ausreißern kommt es im Mittel zu einer Reduzierung der totalen Porosität von oberflächennah 0,30 auf 0,10 im Bohrlochtiefsten und der effektiven Porosität von oberflächennah ca. 0,22 auf ca. 0,03 im Bohrungstiefsten. Die Reduzierung mit zunehmendem petrostatischen Druck wird auf die Kompaktion des Porenraumes und darüber hinaus auf das Verschließen von Porenräumen durch Kristallisationsprozesse im Porenvolumen und an den Korngrenzen zurückgeführt.
- Bis zu einer Bohrungsteufe von ca. 45 m ergibt sich eine Reduzierung der totalen Porosität von ca. 0,30 auf ca. 0,10. Im weiteren Bohrungsverlauf steigt die Porosität scheinbar wieder auf ca. 0,15 an. Möglicherweise ist dieser veränderliche Verlauf der Porosität auf die geotechnischen und strömungstechnischen Auswirkungen der Schütt- und Lagerungshistorie im Bereich ehemaliger Böschungen zurückzuführen. Dies wird durch die Kernansprache bestätigt.
- Die effektive Porosität ist, mit Ausnahme der Proben aus den Teufen 100,6 m und 115,1 m, geringer als die von der K+S KALI GmbH ermittelte totale Porosität. Die 2 Proben aus den genannten Teufen weisen eine höhere effektive Porosität als totale Porosität nach. Dies ist nicht plausibel. Die im Gasentspannungsversuch strömungstechnisch erreichbare Porosität sollte immer geringer als die totale Porosität sein. Als mögliche Ursache für diese Abweichung wird die lokale Streuung der Parameter für die Proben aus unterschiedlichen Segmenten des jeweiligen Kernabschnittes aus der Bohrung gesehen. Diese Heterogenität wird durch die Streuung der Ergebnisse der Quecksilberporosimetrie (Abbildung 4-3) bestätigt. Ein Einfluss

<sup>4</sup> Bohrungsteufen gelten unter Berücksichtigung eines mittleren Anstiegens der Bohrung von ca. 6,1°



der mineralogischen Zusammensetzung und/oder der Trocknungsmethodik kann aus den vorliegenden Kenntnissen nicht beurteilt werden.

#### 4.5 Haftlösungsgehalt und –sättigung

Untersuchungen zum Haftlösungsgehalt der Haldenmaterialien, entsprechend dem im Abschnitt 3.1.1 beschriebenen Versuchskonzept, wurden nur an den Proben der Lösungsspermeabilitätsuntersuchungen durchgeführt.

Im Ergebnis der Lösungsspermeabilitätsuntersuchungen ist davon auszugehen, dass die Probenkörper im Bereich der strömungswirksamen Wegsamkeiten aufgesättigt sind. Die Darstellung der Sättigungsganglinien für die 4 abgeschlossenen Versuche in Abbildung 4-13 zeigt, dass die vollständige Sättigung des Porenraumes mit Flüssigkeit in den Lösungsspermeabilitätsuntersuchungen nicht erreicht wurde. Dies bestätigt die Vermutung, dass die Strömungsprozesse in dem Haldenmaterial entlang lokaler Bereiche und Wegsamkeiten erfolgt (siehe Erläuterungen im Abschnitt 4.7). Inwiefern eine weitere Aufsättigung der Proben im Permeabilitätsversuch möglich gewesen wäre, kann nicht beurteilt werden. Nach dem Erreichen eines stationären Strömungsvorgangs wurden die Versuche beendet. Die unvollständige Sättigung der Proben im Ausgangszustand hat für die nachfolgenden Untersuchungen und Auswertungen keine Auswirkungen, da für die Lösungsgehalte die Bezugszustände initialer Lösungsgehalt bei Anlieferung ( $w_{0L}$ ) und Haftlösungsgehalt ( $w_{HL}$ ) ausgewertet werden.

Die Ganglinien des sich zeitabhängig einstellenden Haftlösungsgehaltes und der daraus resultierenden Porenraumsättigung mit Flüssigkeit sind in Abbildung 4-12 und Abbildung 4-13 dargestellt. Die Berechnung der Parameter erfolgte auf der Grundlage der totalen Porosität<sup>5</sup> und der Haftlösungsgehalte. Die Ergebnisse der Haftlösungsgehaltsuntersuchungen sind in Tabelle 2, Spalten 18 bis 21, zusammengefasst.

Im Ergebnis der Untersuchungen zum Haftlösungsgehalt ergeben sich unter Berücksichtigung der weiteren Parameterkenntnis folgende Schlussfolgerungen:

- Für drei Proben wurde im Verlauf des Versuches zur Ermittlung des Haftlösungsgehaltes eine geringfügige Erhöhung der Probenmasse ermittelt (Proben in den nachfolgenden Graphiken Abbildung 4-14 bis Abbildung 4-16 durch farblich ausgefüllte Scatter gekennzeichnet). Als Ursache des Massenzuwachses wird die Hydratation von Mineralphasen (z.B. Kieserit, Anhydrit und/oder Natriumsulfathydrate) bei der Lagerung über der Gleichgewichtslösung des jeweiligen Haldenmaterials vermutet. Bei einem Hydratationsvermögen von z.B. Kieserit von ca.  $0,78 \text{ g}_{\text{Wasser}}/\text{g}_{\text{Kieserit}}$  könnte dies (oder eine ähnliche Hydratationsreaktion) als Ursache des Massenzuwachses angesehen werden. Gleichzeitig deutet dies darauf hin, dass die Proben im Ausgangszustand keine zusätzliche Feuchte, die zu einer Hydratation geführt hätte, enthalten haben. Woraus abgeleitet werden könnte, dass diese Proben im Ausgangszustand nicht im Kontakt zu Sickerlösungen standen bzw. nicht von diesen durchströmt wurden.
- Für vier Proben wurde eine Massenabnahme über die Versuchsdauer ermittelt (Proben in den nachfolgenden Graphiken Abbildung 4-14 bis Abbildung 4-16 durch farblich nicht ausgefüllte Scatter gekennzeichnet). Diese Massenreduzierung wird auf die gravitative Entwässerung des Materials zurückgeführt. Der sich einstellende Lösungsgehalt in den Proben beschreibt das Gleichgewicht zwischen der Gewichtskraft der Lösung im Porenraum und dem Kapillardruck der entwässerbaren Poren.
- In Abbildung 4-14 und Abbildung 4-15 sind die ermittelten Haftlösungsgehalte und Haftlösungs-sättigungen in Abhängigkeit von der Bohrungsteufe und der totalen Porosität dargestellt.

Aus Abbildung 4-14 deutet sich für die sieben Ergebnisse an, dass sich mit zunehmender Teufe der Haftlösungsgehalt reduziert. Dies ist unerwartet, da für die mit zunehmender Teufe abnehmenden Porositäten laut Abbildung 4-10 eine Reduzierung der Porengrößen und Erhöhung der

<sup>5</sup> ermittelt unter Verwendung der durch das K+S Forschungsinstitut über Karl-Fischer-Titration ermittelten Wassergehalte [6] und der an benachbarten Proben ermittelten Reindichten

daran gebundenen Kapillarkräfte und in der Folge ein höherer Haftlösungsgehalt zu erwarten wäre. Der sich parallel dazu ergebende Anstieg der Haftwassersättigung lässt darauf schließen, dass der Haftlösungsgehalt über die Teufe weniger abnimmt als die totale Porosität, was zu der Erhöhung der Sättigung führt. Dies würde der Erwartung von steigenden Kapillarkräften mit abnehmenden Porositäten bzw. einer Verschiebung der Anteile der Porenfraktionen von Makro- zu Meso- und Mikroporen (teilweise ersichtlich aus Abbildung 4-7) entsprechen.

Die Darstellung der Ergebnisse in Abhängigkeit von der Porosität der Proben in Abbildung 4-15 weist einen Zusammenhang zwischen Haftlösungsgehalt und totaler Porosität nach. Mit Bezug auf die Erläuterung im vorangegangenen Absatz wird damit deutlich, dass die Größe der Porosität vermutlich nur geringfügig mit der Porengrößenverteilung korrespondiert. Vielmehr zeigt sich lediglich der einfache Zusammenhang, dass ein größerer Porenraum mehr Lösung enthält. Die Graphik zeigt gleichzeitig, dass für den zunehmenden Haftlösungsgehalt bei größer werdender totaler Porosität die Sättigung abnimmt.

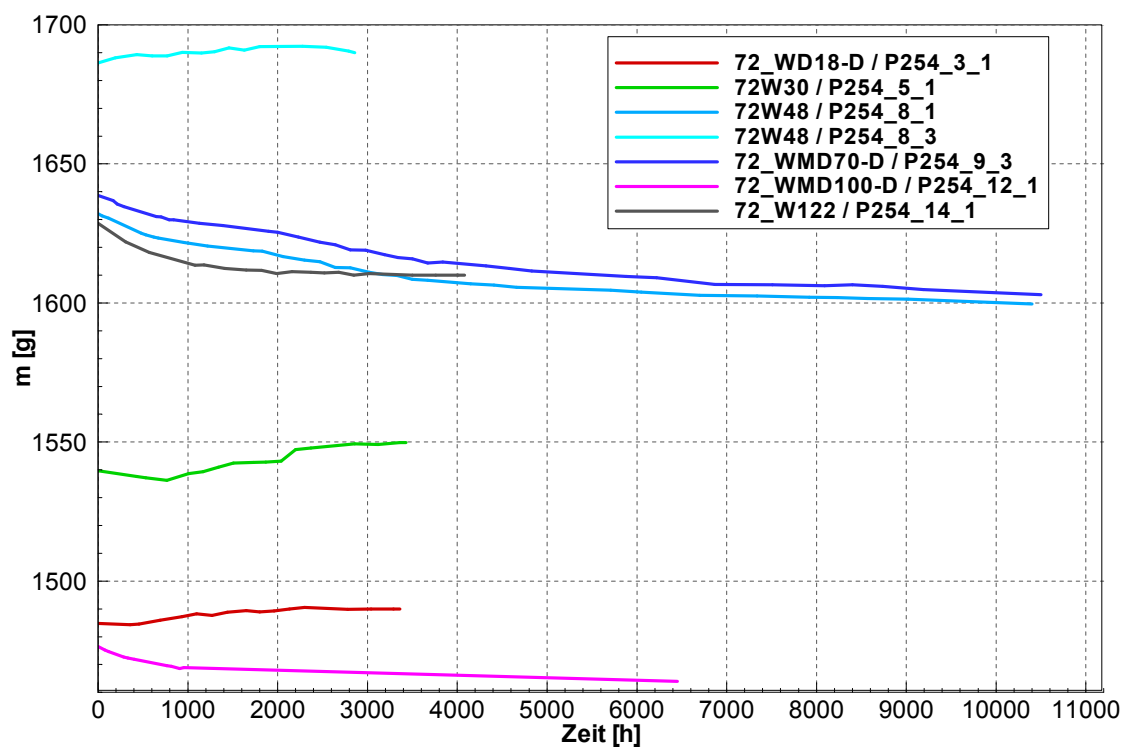


Abbildung 4-11 Ganglinien der Probenmassen

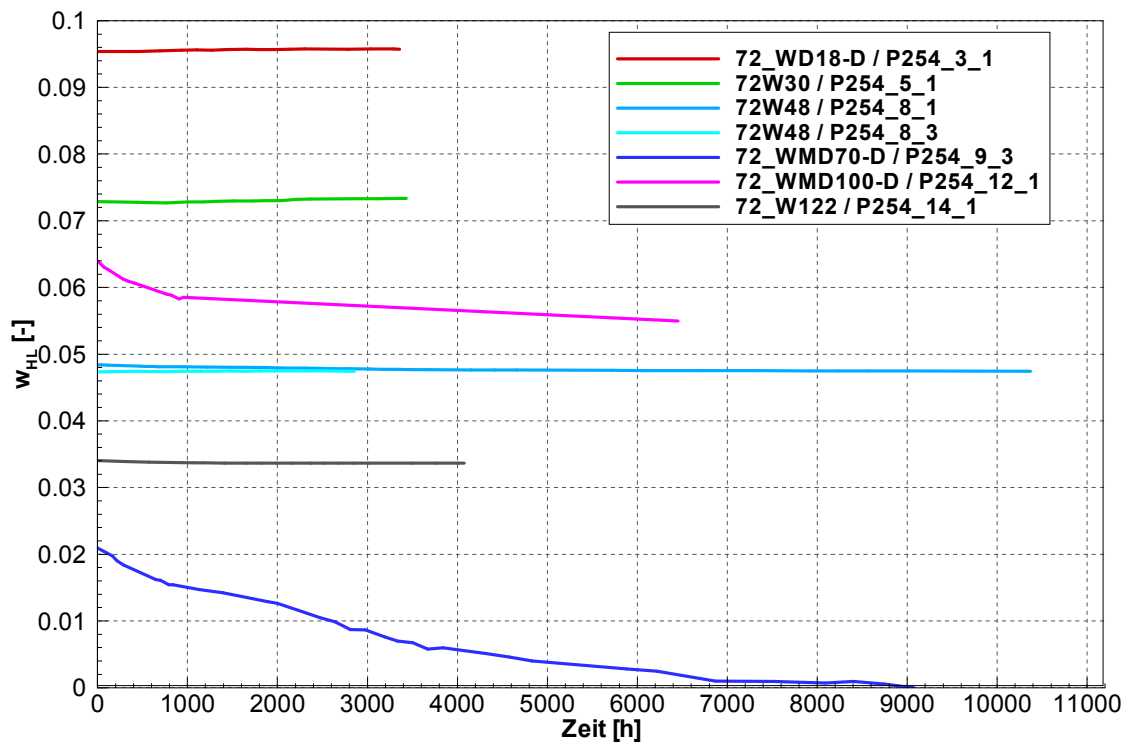


Abbildung 4-12 Ganglinien der Haftlösungsgehalte

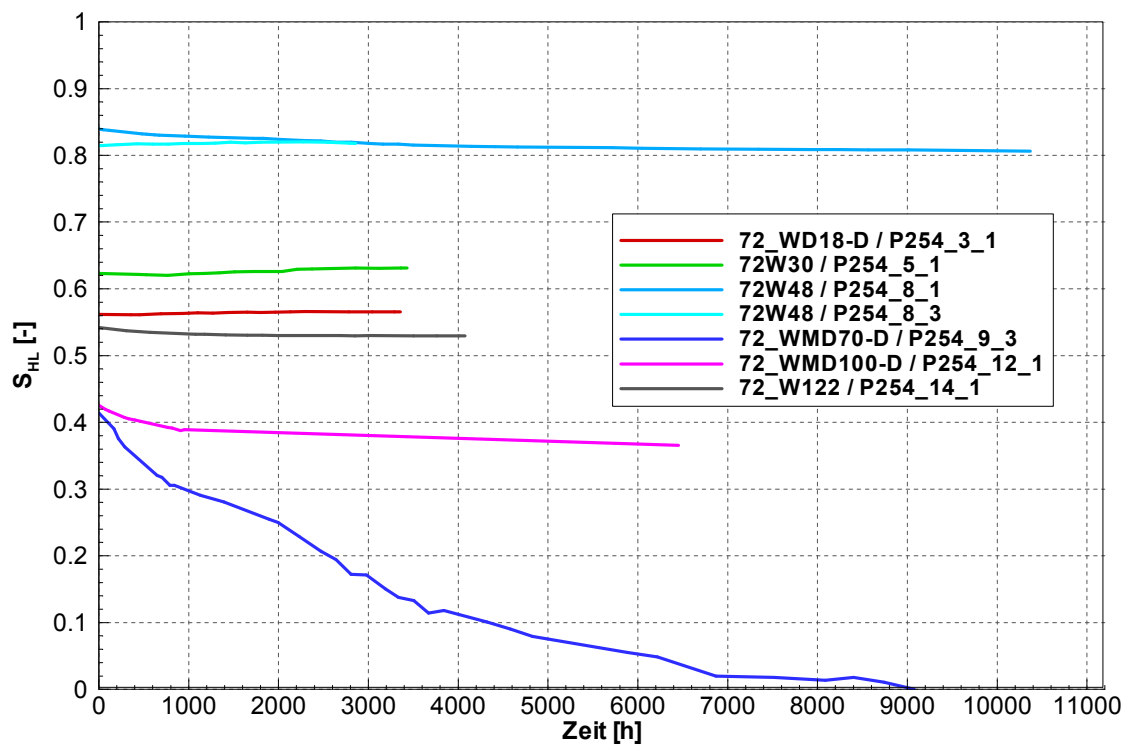


Abbildung 4-13 Ganglinien der Haftlösungssättigungen

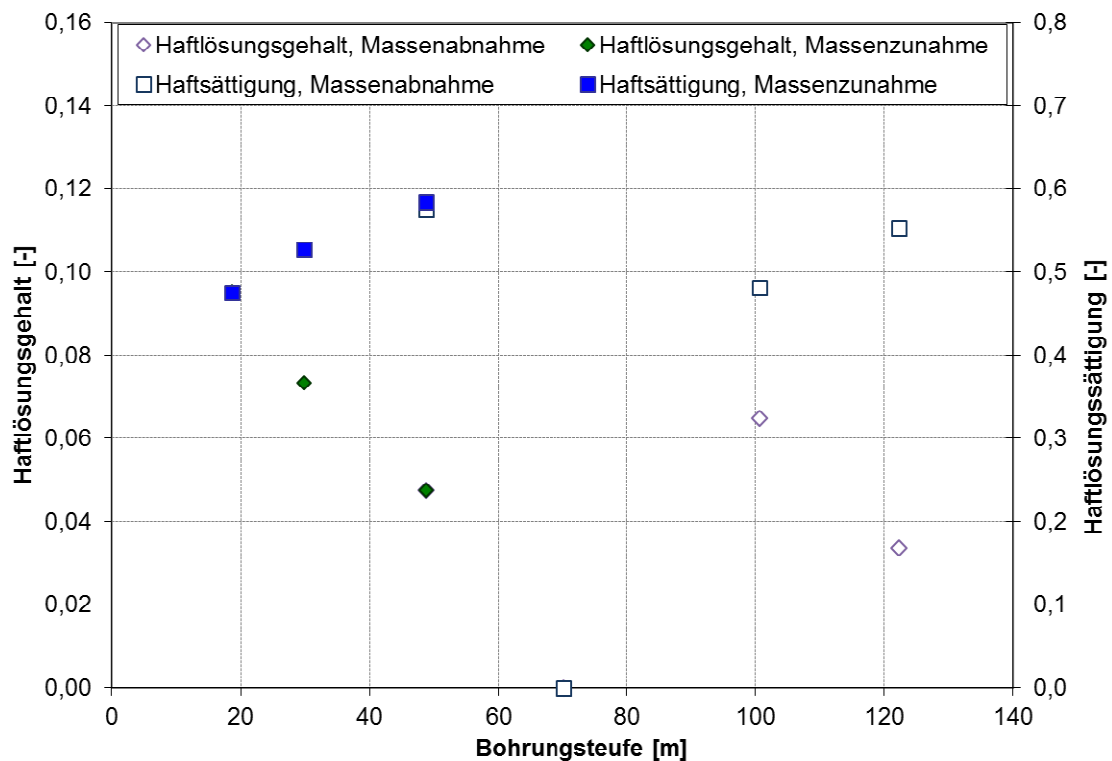


Abbildung 4-14 Haftlösungsgehalt und Haftlösungssättigung in Abhängigkeit von der Bohrungsteufe

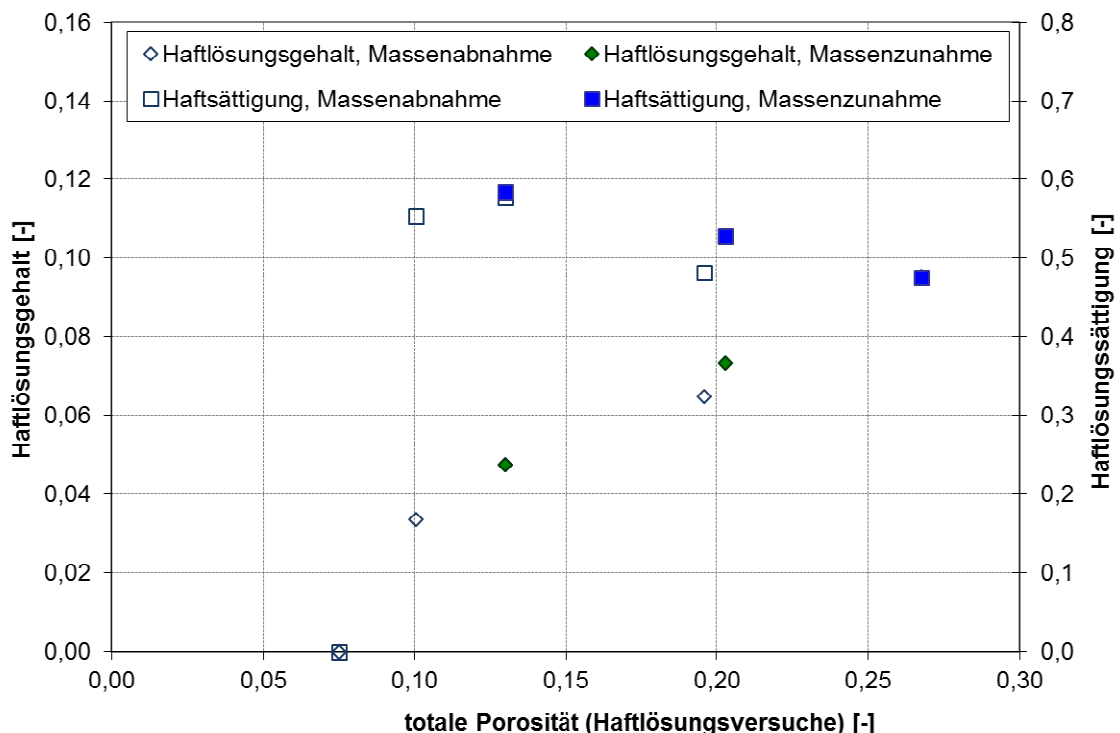


Abbildung 4-15 Haftlösungsgehalt und Haftlösungssättigung in Abhängigkeit von der totalen Porosität

- Für die Beurteilung der Retardationswirkung des Haldenmaterials gegenüber dem eindringenden Sickerwasser ist der Unterschied zwischen Haftlösungsgehalt und initialem Lösungsgehalt von Bedeutung. Diese Differenz wird bilanzwirksam für den Wasserhaushalt. Der initiale Lösungsgehalt wird mit  $w_{0L}$  der Haftlösungsgehalt mit  $w_{HL}$  bezeichnet. In Abbildung 4-16 ist das

Verhältnis von Haftlösungsgehalt<sup>6</sup> zum initialen Lösungsgehalt für die untersuchten Proben aufgetragen. Der initiale Lösungsgehalt wurde aus den Untersuchungsergebnissen der K+S als teufengewichteter Mittelwert der Lösungsgehalte (Karl-Fischer-Titration) an unmittelbar benachbarten Kernproben abgeschätzt. Für die Beurteilung der Graphik ergeben sich folgende generellen Interpretationen:

- $w_{HW}/w_{OL} > 1$ : – Im Ergebnis der Aufsättigung, des Lösungsspermeabilitätsversuches und des Haftlösungsversuches besitzt das Material einen höheren Lösungsgehalt. Dies lässt auf ein Speicher- bzw. Retardationsvermögen des Materials gegenüber einem Sickerprozess im Haldenkörper schließen.
- $w_{HL}/w_{OL} \approx 1$ : – Der Lösungsgehalt der Probenkörper ist im Ergebnis der Aufsättigung, des Lösungsspermeabilitätsversuches und des Haftlösungsversuches nahezu unverändert. Dies deutet darauf hin, dass die Proben im Ausgangszustand bereits einen Lösungsgehalt enthielten, der dem Haftlösungsgehalt entspricht. Die Haldenbereiche, aus denen die Proben gewonnen wurden, besitzen damit kein Speicher- bzw. Retardationsvermögen gegenüber einem Sickerwasserstrom. Es wird vermutet, dass es sich bei diesen Proben um höher permeable Bereiche handelt, die sich im Gleichgewicht zum Sickerwasserstrom befinden.
- $w_{HW}/w_{OL} < 1$ : – Nach Abschluss der Aufsättigung, des Lösungsspermeabilitätsversuches und des Haftlösungsversuches ist der Lösungsgehalt geringer als vor der Aufsättigung im Verlauf der Lösungsspermeabilitätsuntersuchungen. Dies deutet darauf hin, dass der Beprobungsbereich in der Halde stärker durchströmt wurde. Abgesehen von einem Einfluss von Niederschlagsereignissen auf oberflächennahe Proben kann dies auch ein Hinweis auf Probenkörper im Hangenden von gering permeablen und stauend wirkenden Schichten sein.
- Bei der Interpretation der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass die initialen Lösungsgehalte durch das K+S Forschungsinstitut an Kernproben nahe den hier untersuchten Proben ermittelt wurden. Die berechneten Verhältnisse unterliegen damit einer Unschärfe, die nicht quantifiziert werden kann. Trotz dieser Einschränkung werden die ermittelten Verhältnisse als wichtige Größe für die Beurteilung des Speichervermögens des Haldenmaterials und die Wasserhaushaltsbilanz angesehen und nachfolgend kurz diskutiert.
- Alle Proben zeigen im Ergebnis des Haftlösungsgehaltsversuches einen, im Vergleich zum initialen Lösungsgehalt, höheren Haftlösungsgehalt. Das Verhältnis liegt in einer Spannweite von ca. 0 – 2,7. Diese Spanne resultiert aus einer Vielzahl von Einflussgrößen von denen hier nur:
  - die Heterogenität des Materials in der Halde,
  - die mineralogische Zusammensetzung,
  - der Einfluss der Probennahme bzw. der Bohrung,
  - die Lage der Proben in dem Haldenkörper und
 die sich daraus ergebende Durchströmungssituation sowie die Spezifik der angewendeten Versuche genannt werden sollen.

Die untere Grenze (ca. 0) der Verhältniszahl wurde nur für die Probe 72\_WMD70-D / P254-9/3 ermittelt. Für alle anderen Proben ist das Verhältnis deutlich größer als 1, was auf ein Rückhaltevermögen des Porenraumes gegenüber einer Sickerlösung schließen lässt. Es wird vermutet, dass das abweichende Ergebnis für die einzelne Probe auf probenspezifische Besonderheiten zurückzuführen ist. Ein vollständiger Flüssigkeitsaustritt aus der Probe wäre

<sup>6</sup> Lösungsgehalt aus Karl-Fischer-Titration [6]

z.B. bei einem lokal beschränkten initialen Lösungsinventar in der Probe möglich, welches im Verlauf des Haftlösungsversuches vollständig abströmt.

Für diese Situation wurde von einer statistischen Analyse (Test auf Normalverteilung, Ausreißertest, Trendanalyse) als Grundlage einer Mittelwertbildung Abstand genommen.

- Die für die Proben ermittelte Erhöhung der Haftlösungsgehalte im Vergleich zum initialen Zustand lässt darauf schließen, dass die Proben im Ausgangszustand nicht durch den Sickerprozess im Haldenkörper beeinflusst wurden. Dies unterstützt die Prozessvorstellung, dass die Strömungsprozesse an räumlich diskrete Wegsamkeiten in dem Haldenkörper gebunden sind.

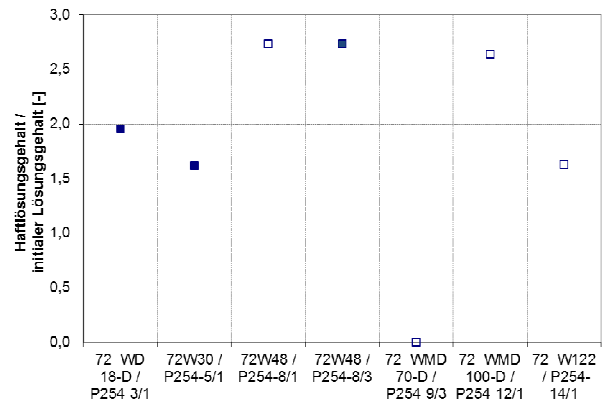


Abbildung 4-16 Verhältnis Haftlösungsgehalt zum initialen Lösungsgehalt

Die Darstellung der über Karl-Fischer-Titration für ermittelten Wassergehalte in Abbildung 4-17 [4] zeigt für Beprobungstiefen  $\geq 40$  m gleichbleibende Wassergehalte mit lokalen Schwankungen in der Größenordnung von 1 % und 3,5 %<sup>7</sup>. Im Bereich  $< 40$  m treten in räumlich diskreten Bereichen höhere Wassergehalte auf. Es wird vermutet, dass die geringen Wassergehalte den Wassergehalten der Materialien im Einbauzustand entsprechen, was die vorangegangene Vermutung unterstützen würde.

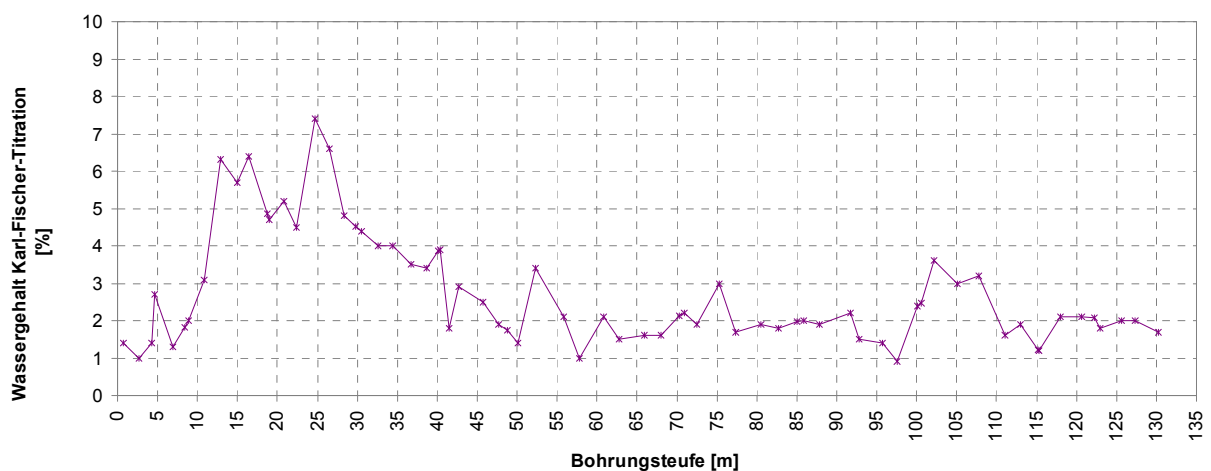


Abbildung 4-17 Wassergehalt aus Karl-Fischer-Titration in Abhängigkeit von der Beprobungstiefe für alle Bohrungen [4]

<sup>7</sup> bezogen auf die Feuchtmasse



#### 4.6 Effektive Gaspermeabilität

Die im Ergebnis der Gasdurchströmungsversuche an den bergfeuchten Proben (s. Abschnitt 3.1.5.1) ermittelten effektiven Permeabilitäten sind in Tabelle 2, Spalte 15, zusammengestellt. Die Protokolle der Permeabilitätsversuche sind in der probenbezogenen Dokumentation der durchgeführten Versuche in Anlage 1 enthalten. Die Ergebnisse der Gaspermeabilitätsuntersuchungen sind im Vergleich zu den ermittelten Lösungspereabilitäten probenbezogen in Abbildung 4-18 und als Funktion der Bohrungsteufe (petrostatischen Druck) in Abbildung 4-19 dargestellt. Da auch für die probenbezogene Darstellung in Abbildung 4-18 die Proben nach der Bohrungsteufe geordnet sind, zeigen beide Graphiken ein ähnliches Bild.

- Die Ergebnisse der effektiven Gaspermeabilität bestätigen die Beobachtungen an dem Kernmaterial und die Schlussfolgerungen aus den Porositätsuntersuchungen (Abbildung 4-3) bezüglich der räumlichen Heterogenität des Haldenmaterials über die Bohrungsteufe von ca. 120 m bei ca. 4 m bis ca. 65 m überlagernder Mächtigkeit des Haldenkörpers. Es ergibt sich ein Wertebereich der effektiven Gaspermeabilitäten von  $3,4\text{E-}16 \text{ m}^2$  bis  $3,3\text{E-}10 \text{ m}^2$ .
- Auf Grund der unerwartet hohen Permeabilitäten für die Proben 72W30 / P254-5/1, 72\_WMD70-D / P254-9/1 und 72\_W122 / P254-14/1 wurden für die Kernabschnitte zusätzliche Proben gewonnen und Gas- und Lösungspereabilitätsuntersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser zusätzlichen Untersuchungen weichen deutlich von den vorhergehenden Ergebnissen ab. Eine versuchstechnische Ursache für die Unterschiede kann weitgehend ausgeschlossen werden, da die Versuche nach der gleichen Versuchsmethodik mit der gleichen Versuchstechnik durchgeführt wurden. Die Ergebnisse werden als Bestätigung der Erfahrungen bezüglich des anisotropen, heterogenen Aufbaus des Haldenmaterials gesehen. Durch die Probenkörper werden vergleichsweise kleine Volumenelemente des Haldenmaterials mit einem Durchmesser von ca. 0,10 m und einer Länge von bis ca. 0,11 m abgebildet. Die vergleichend untersuchten Proben wurden aus Kernstücken mit einer Länge von ca. 1,0 m gewonnen. Innerhalb dieses Maßstabes kommt es im Haldenkörper offensichtlich zu den erfassten Permeabilitätsschwankungen. Für den Strömungsprozess im Haldenkörper ist die sich integral ergebende Permeabilität bestimmend. Sie ist abhängig von der lokalen Permeabilität, der räumlichen Ausdehnung der Bereiche gleicher Permeabilität und der Lage dieser Strömungsräume zueinander (z.B. vertikal geschichtet → Strömung senkrecht zur Schichtung, horizontal geschichtet → Strömung parallel zur Schichtung).
- Werden die unerwartet hohen Permeabilitätsergebnisse der Proben 72W30 / P254-5/1, 72\_WMD70-D / P254-9/1 und 72\_W122 / P254-14/1 entsprechend der Kennzeichnung in Abbildung 4-18 und Abbildung 4-19 als Ausreißer angesehen, so ergibt sich eine Reduzierung der Permeabilität mit zunehmender Teufe der Bohrung. Dies entspricht dem Prozessverständnis und den teufenabhängigen Porositätsergebnissen (Abbildung 4-10) bezüglich der sich unter dem Einfluss der Materialauflast erhöhenden Dichte und der sich reduzierenden Porosität und Permeabilität.

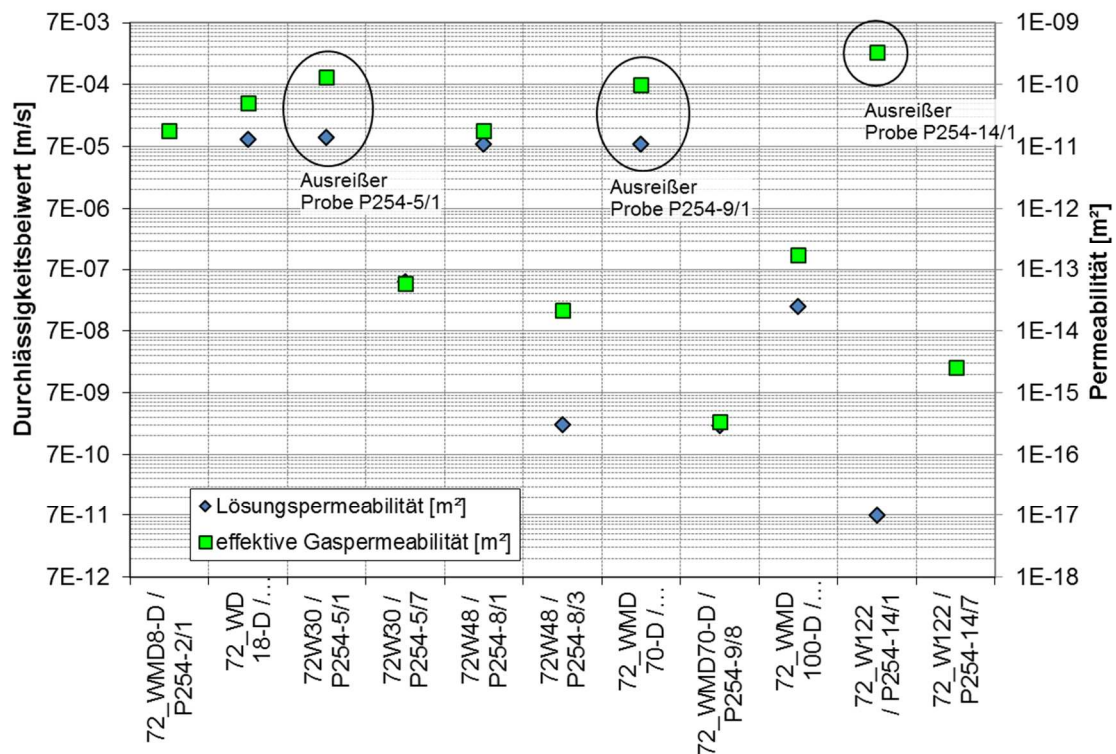


Abbildung 4-18 Probenbezogene Darstellung der effektiven Gaspermeabilität und Lösungspermeabilität

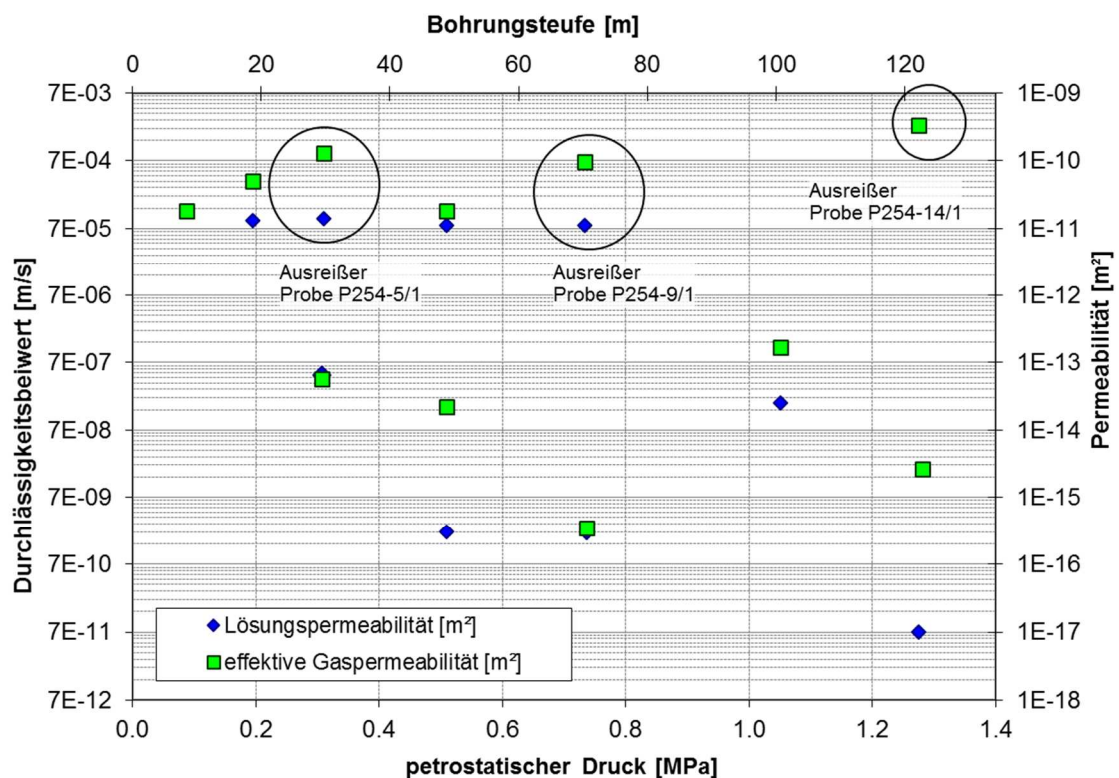


Abbildung 4-19 Effektive Gaspermeabilität und Lösungspermeabilität in Abhängigkeit von der Bohrungsteufe und dem petrostatischen Druck

- Mit Bezug auf die Erläuterungen zu den Prozessvorstellungen im Abschnitt 2 und die kurze Darstellung der Einflussprozesse und Zusammenhänge der Zweiphasenströmung in Anlage 1

muss die effektive Gaspermeabilität in Abhängigkeit von der Porenraumsättigung mit Flüssigkeit beurteilt werden. Dazu wurden die initialen Sättigungen der Probenkörper auf der Grundlage der totalen Porositäten und unter Verwendung der Feuchten aus der Karl-Fischer-Titration aus [4] abgeschätzt. Die Darstellung der effektiven Gaspermeabilität in Abhängigkeit von der totalen Porosität und der initialen Flüssigkeitssättigung im Porenraum in Abbildung 4-20 müssen, wie bereits oben das Permeabilitätsergebnis, differenziert beurteilt werden.

Die ermittelten effektiven Gaspermeabilitäten für die höher permeablen Proben 72\_WD18-D / P254-3/1, 72\_W30 / P254-5/1, 72\_WMD70-D / P254-9/1 und 72\_W122 / P254-14/1 können als aussagekräftig für das Permeabilitätsniveau in dem Haldenmaterial angesehen werden. Für diese ist ein Einfluss der Porosität und der Sättigung aus den Untersuchungsergebnissen nicht nachweisbar.

Die Regressionskurven in Abbildung 4-20 für die weiteren Ergebnisse bestätigen den aus dem Prozessverständnis erwarteten Verlauf.

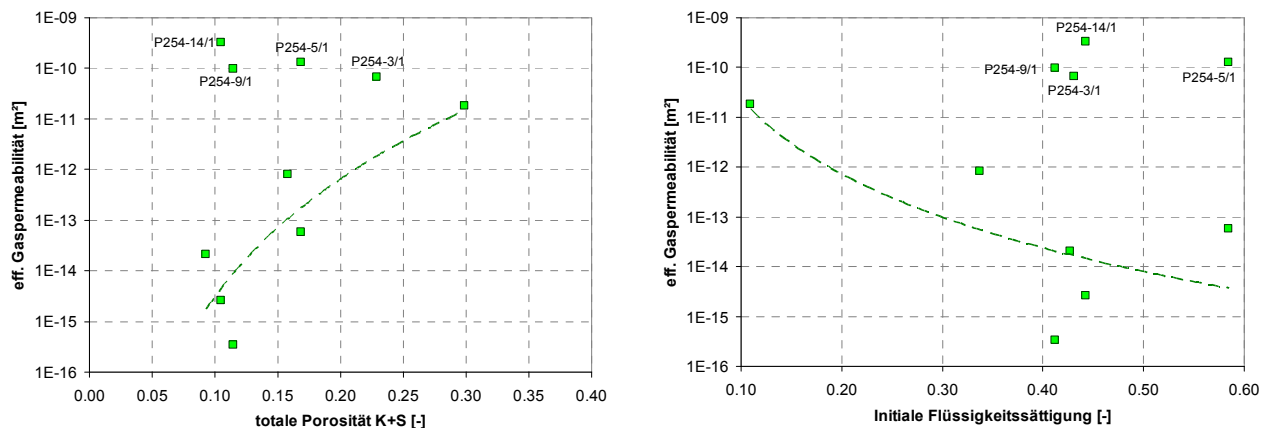


Abbildung 4-20 Effektive Gaspermeabilität in Abhängigkeit von der totalen Porosität (links) und der Flüssigkeitssättigung im Porenraum (rechts)

- Um die Besonderheiten der Porosität des Haldenmaterials zu verdeutlichen, wird in Abbildung 4-21 der Versuch unternommen, den Porenraum im Haldenmaterial einer Probe von der Halde Hattorf aus einer Teufe von ca. 8,5 m darzustellen. Zur Beurteilung der Porosität wurde die Probe mit Epoxidharz aufgesättigt und nach dem Abbinden der Salzanteil durch Lösung in warmem Leitungswasser herausgelöst. Das rechte Bild gibt einen Eindruck über die verbleibende Porenstruktur des Haldenmaterials mit einer totalen Porosität von ca. 0,36. Die sichtbare Porenstruktur gibt einen Eindruck zum Aufbau der Porenstruktur und die feine Vernetzung von sehr unterschiedlich großen Poren. Ein Strömungsprozess in einem solchen Material wird immer den verbundenen Größtporen folgen.

Die Folge eines solchen Strömungsprozesses in einem so porösen Material ist aus Abbildung 4-22 ersichtlich. Im Ergebnis der Lösungsdurchströmung hat sich im Zentrum der Probe 72\_WMD70-D / P254-9/2 aus einer Teufe von ca. 70 m ein zentraler Strömungsweg durch den Probenkörper gebildet, der abstromseitig am Rand der Probe austritt. Entsprechende Prozesse wurden auch an anderen Proben vom Standort Hattorf beobachtet. Offensichtlich kommt es, trotz der im Labormaßstab angestrebten vorherigen chemischen Aufsättigung der Lösung gegenüber dem Feststoff, zu einem sekundären Lösungsprozess und zur Ausbildung bevorzugter Wegsamkeiten, die die Strömungsprozesse bestimmen. Dies ist ebenfalls ein Hinweis auf eine heterogene Mineralzusammensetzung im Haldenmaterial und die daran gebundenen lokalen Lösungsprozesse. Diese schwer vorhersehbaren Wegsamkeiten, sowohl für die Flüssigkeitsströmung als auch für die Gasströmung (für diese können sie nicht so eindeutig identifiziert werden), führen dazu, dass eine Korrelation von Porosität und Permeabilität, wie sie sonst für poröse Materialien vielfach möglich ist, für die Haldenmaterialien nicht repräsentativ ist.



Die beschriebenen Beobachtungen und Schlussfolgerungen werden als wesentlich Ursache für die Streuung der Permeabilitäten und des teilweise scheinbar fehlenden sachlichen Zusammenhangs von Porosität und Permeabilität in Abbildung 4-19 und Abbildung 4-20 gesehen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Streuung der Parameter mit großer Wahrscheinlichkeit auf Heterogenitäten in Folge der Schütthistorie und der Offenlagerungszeiten einzelner Schüttstände des Haldenkörpers im Bereich der Bohrung zurückzuführen sind.

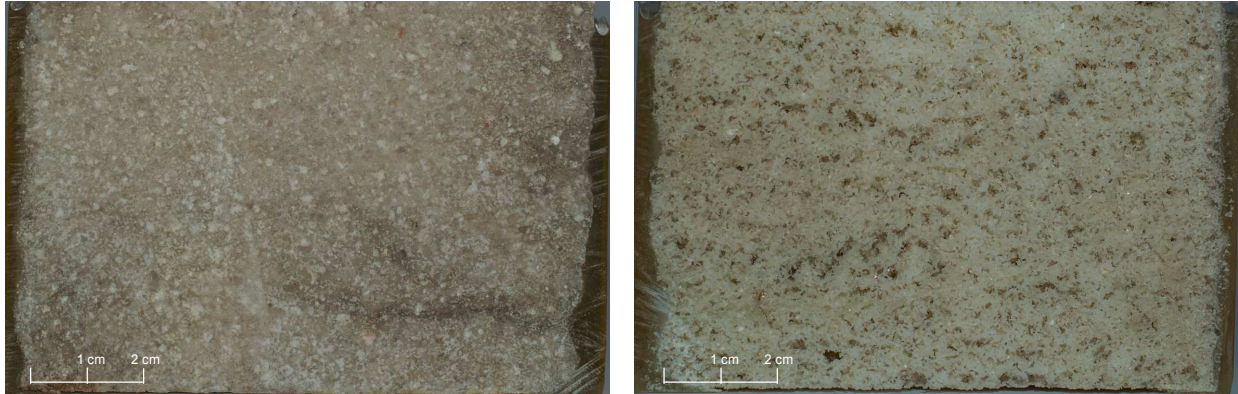


Abbildung 4-21 Porenraum Steinsalzrückstand, Halde Hattorf, Bohrung B97 (vertikal), Teufe 8,5 m, links: Steinsalzrückstand, Porenraum gefüllt mit Epoxidharz; rechts: Epoxidharz (Steinsalz mit heißem Wasser herausgelöst)



Abbildung 4-22 Probe 72\_WMD70-D / P254-9/2, links: Anstromfläche; rechts: Abstromfläche

#### 4.7 Lösungspemeabilität

Die Ergebnisse der Lösungspemeabilitätsversuche an den Kernproben (s. Abschnitt 3.1.5.2) sind in Tabelle 2, Spalte 16, zusammengestellt. Die Protokolle der Versuche sind in der probenbezogenen Dokumentation der durchgeführten Versuche in Anlage 1 enthalten. Die Ergebnisse der Lösungspemeabilitätsuntersuchungen sind im Vergleich zu den ermittelten Gaspermeabilitäten probenbezogen in Abbildung 4-18 und als Funktion der Bohrungsteufe und dem petrostatischen Druck in Abbildung 4-19 dargestellt.

In Auswertung der Lösungspemeabilitäten können für die untersuchten Kernproben folgende Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

- Die Ergebnisse zur Lösungspemeabilität - Abbildung 4-19 - zeigen eine Abnahme der Permeabilität mit zunehmendem petrostatischen Druck. Die Lösungspemeabilitäten sind, mit Ausnahme der Probe 72\_W122 / P254-14, mindestens eine Zehnerpotenz kleiner als die effektiven

Gaspermeabilitäten. Unter Berücksichtigung des Sättigungseinflusses auf die effektive Gaspermeabilität sollte die Lösungspermeabilität größer als die effektive Gaspermeabilität sein. Die wesentliche Ursache für das gegensätzliche Verhalten wird in der unvollständigen Sättigung der Proben mit Flüssigkeit entsprechend den Ergebnissen in Abbildung 4-13 und Abbildung 4-14 gesehen.

- Die Lösungspermeabilität der Probe 72\_W122 / P254-14 aus einer Teufe von ca. 122,2 m weist eine um ca. 7 Zehnerpotenzen geringere Permeabilität nach. Dies ist nicht plausibel. Eine Umströmung der Probe im Gaspermeabilitätsversuch kann für die Höhe des Manteldruckes ausgeschlossen werden. Eine versuchstechnische Ursache kann aus den Kenntnissen zum Versuch und den Beobachtungen im Verlauf des Versuches nicht abgeleitet werden. Eine reale Reduzierung der Permeabilität eines porösen Materials in der beobachteten Größenordnung setzt eine massive Verformung/Reduzierung des strömungswirksamen Porenraumes voraus. Unter Berücksichtigung der Hypothese, dass die Strömungsprozesse an einzelne lokale Wegsamkeiten gebunden sind (s. Abbildung 4-22 und zugehörige Erläuterung), könnte die Reduzierung der Permeabilität ein Hinweis auf das Verschließen einer solchen Wegsamkeit unter dem Einfluss des Lösungskontaktes und des Manteldruckes sein.  
Da es sich bei den Erklärungsversuchen um Vermutungen handelt, die nicht verifiziert werden können, sollte die ermittelte effektive Gaspermeabilität möglicherweise verworfen werden.
- Im Verlauf der Lösungspermeabilitätsuntersuchungen wurden, trotz der Verwendung von gegenüber dem Feststoff als Gleichgewichtslösung anzusehender Versuchslösung (s. Abschnitt 3.1.6), lokale Auflösungen an den Kernproben beobachtet.

## 5 Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit der Konzipierung und Planung der Haldenerweiterung für die Aufhaldung der Rückstände der Kaliaufbereitung der Grube des Standorts Wintershall wurde die Horizontalbohrung B72/2014 WI in den bestehenden Haldenkörper abgeteuft.

Im Ergebnis einer Prozessanalyse, bestätigt durch die Untersuchungen zur Porosität (Rein- und Trockenrohichte) und Porenraumsättigung (Lösungsgehalt) des Haldenmaterials durch die K+S KALI GmbH, kann für den Haldenkörper von ungesättigten Bedingungen ausgegangen werden. Die Strömungs- und Stofftransportprozesse unterliegen damit dem Einfluss und den Gesetzmäßigkeiten der Zweiphasenströmung.

An dem gewonnenen Kernmaterial wurden umfangreiche Untersuchungen zur Charakterisierung der geotechnischen Eigenschaften durch die K+S KALI GmbH durchgeführt. Zusätzlich wurden die strömungstechnischen Parameter effektive Porosität, effektive Gaspermeabilität der bergfeuchten Proben, Lösungsporeabilität sowie der Haftlösungsgehalt an den Kernproben ermittelt. Die Permeabilitätsuntersuchungen wurden für Einspannungsbedingungen, die sich aus der Teufe der Kernentnahmepunkte und der Auflast ergeben, durchgeführt. Für die Lösungsporeabilitätsuntersuchungen wurden für jeden Probenkörper Lösungen im Gleichgewicht zum Feststoff hergestellt und parametrisiert. Aus den Untersuchungen können folgende Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

### Effektive Porositäten

- Für die Kernproben wurde eine effektive Porosität im Bereich von mit 0,03 bis 0,22 ermittelt.
- Die im Gasentspannungsversuch ermittelte effektive Porosität der bergfeuchten Proben liegt in der Größenordnung der totalen Porosität. Die Unterschiede zwischen totaler Porosität und effektiver Porosität werden auf den Einfluss des nicht am Strömungsprozess beteiligten Porenraumes, des Porenlösungsgehaltes und die Abweichung zwischen den Probennahmepunkten, bevorzugter Wegsamkeiten, für die Ermittlung der totalen und effektiven Porosität zurückgeführt.

### Effektive Gaspermeabilitäten

- Die effektive Gaspermeabilität der untersuchten Haldenproben liegt im Bereich von  $3,4\text{E}-16\text{ m}^2$  bis  $3,3\text{E}-10\text{ m}^2$ .
- Die effektive Gaspermeabilität der untersuchten Kernproben nimmt mit zunehmender Bohrungstiefe bzw. Erhöhung des petrostatischen Einspannungszustandes ab. Einzelne Proben über den Bohrungsverlauf weisen deutlich erhöhte Permeabilitäten nach. Dies wird auf die anisotrope Heterogenität des Haldenmaterials im Ergebnis der wechselnden Materialeigenschaften sowie die Schütt- und Lagerungshistorie zurückgeführt.
- Im Ergebnis der von der K+S KALI GmbH vorliegenden Materialuntersuchungen ergibt sich eine initiale Lösungssättigung des Porenraumes der untersuchten Kernproben im Bereich von 0,11 bis 0,58. Für einzelne, hochpermeable Proben ist ein Einfluss der Porenraumsättigung mit Flüssigkeit auf die effektive Gaspermeabilität nicht nachweisbar. Für die geringer permeablen Proben nimmt die effektive Gaspermeabilität mit Zunahme der Porenraumsättigung erwartungsgemäß ab.

### Lösungsporeabilitätsuntersuchungen

- Die Lösungsporeabilität der untersuchten Haldenproben liegt im Bereich von  $<1\text{E}-17\text{ m}^2$  bis  $1,4\text{E}-11\text{ m}^2$  (entspricht einem Durchlässigkeitsbeiwert von  $<7,5\text{E}-11\text{ m/s}$  bis  $1,1\text{E}-04\text{ m/s}$ ).
- Bezüglich der Veränderung der effektiven Lösungsporeabilität über den Bohrungsverlauf gelten die im vorangegangenen Abschnitt gegebenen Erläuterungen zur effektiven Gaspermeabilität.
- Die Strömungsprozesse sind an lokale Wegsamkeiten in den untersuchten Probenkörpern gebunden.



## 6 Verzeichnisse

### 6.1 Quellen/Literatur

- [1] Luckner, L.; Schestakow, W.M. (1986): Migrationsprozesse im Boden- und Grundwasserbereich. Leipzig: Dt. Verl. für Grundstoffindustrie
- [2] K+S (2015): 150122\_200\_Längenschnitt B 72\_2014\_040315.pdf, K+S KALI GmbH, 04.03.2015
- [3] Säkularstation Potsdam (2014): [www.saekular.pik-potsdam.de](http://www.saekular.pik-potsdam.de), Klimadaten der Säkularstation Potsdam Telegrafenberg
- [4] K+S (2015): Ergebnisübersicht. Datei: B72WI\_B97-B104HA\_Daten K+S FI\_IBEWA-eff Por.xlsx, Mail Herr Ch. Artschwager, K+S KALI GmbH, 02.03.2015
- [5] DIN 18130-1 (1989): Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes. Deutsche Norm, 11/1989
- [6] K+S (2015): Prüfbericht Nr. 152692 / 90010562 / Haldenproben ex WI, übersendet von Fa. IBeWa am 29.10.2015. K+S-Forschungsinstitut, 16.11.2015
- [7] Arifin, Y. F. (2008): Thermo-Hydro-Mechanical Behavior of Compacted Bentonite-Sand Mixtures: An Experimental Study. Dissertation. Bauhaus-University Weimar.

### 6.2 Glossar

<i>Phase</i>	mit anderen Fluiden nicht mischbares Fluid – Wasser, Öl, Gas	
<i>totale Porosität</i> (Gesamtporosität)	lufteffüllter Porenraum in einer trockenen Porenstruktur	
		$n = \frac{V_P}{V_{ges}} = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \quad (2)$
	n - totale Porosität	[-]
	V <sub>P</sub> - Porenvolumen	[m³]
	V <sub>ges</sub> - Gesamtvolumen der trockenen Probe	[-]
	ρ <sub>d</sub> - Trockenrohddichte	[kg/m³]
	ρ <sub>s</sub> - Reindichte	[kg/m³]
<i>effektive Porosität</i> (durchströmbare Porosität)	am Strömungsprozess beteiligter Porenraum	
		$n_{eff} = n - n_x - n_{HL} \quad (3)$
	n <sub>eff</sub> - effektive Porosität	[-]
	n - totale Porosität	[-]
	n <sub>x</sub> - geschlossene Porosität („Tot“-Porosität)	[-]
	n <sub>HL</sub> - Haftlösungsporosität	[-]
<i>Feuchte</i>	mobile Lösung im Porenraum bewegliche Lösung (Synonyme: z.B. Sickerlösung, freie Lösung)	
	+	
	immobile Lösung im Porenraum fixierte Lösung (Synonyme: Haftlösung, gebundene Lösung, kapillar gebundene Lösung)	
	+	
	mineralisierte „Lösung“ → mineralisiertes Wasser im Kristallgefüge gebundenes Wasser (Synonyme: kristallines Wasser, freies Wasser)	
<i>Lösungsgehalt / Flüssigkeitsgehalt</i>	Masse Lösung in einem Feststoff ohne chemisch gebundenes Wasser; der Lösungsgehalt wird in der Praxis mit unterschiedlichen Bezugsmassen des Feststoffes angegeben:	
	1. Bezogen auf Trockenmasse nach Trocknungsversuch, ohne Korrektur der Trockenmasse bezüglich der aus der Porenlösung ausgefallenen Salze	
		$w_L = \frac{m_L}{m_{s,t}} \quad (4)$
	w <sub>L</sub> - Lösungsgehalt	[-]
	m <sub>L</sub> - Masse Lösung	[kg]
	m <sub>s,t</sub> - Trockenmasse Feststoff (nicht korrigiert)	[kg]

2. Bezogen auf die korrigierte Trockenmasse; Korrektur der Masse um den in der Porenlösung enthaltenen Salzgehalt

Bei der Ermittlung des Lösungsgehaltes sind die angewendete Trocknungsmethodik und die dabei auftretenden thermodynamischen Bedingungen zu berücksichtigen

$$w_L^* = \frac{m_L}{m_{s,t}^*} \quad (5)$$

$w_L^*$  - Lösungsgehalt (korrigiert) [-]  
 $m_L$  - Masse Lösung [kg]  
 $m_{s,t}^*$  - Trockenmasse Feststoff, korrigiert [kg]

Trockenmassekorrektur:

$$m_{st}^* = \frac{m_{st} \cdot \rho_L - m_{sf} \cdot C_L}{\rho_L - C_L} \quad (6)$$

$m_{st}^*$  - korrigierte Trockenmasse des Feststoffs [g]  
 $m_{st}$  - Trockenmasse des Feststoffs [g]  
 $m_{sf}$  - Feuchtmasse des Feststoffs [g]  
 $\rho_L$  - Lösungsdichte [g/cm<sup>3</sup>]  
 $C_L$  - Gesamtmineralisation der Lösung [g/cm<sup>3</sup>]

*Haftlösungsgehalt*

durch Kapillarkräfte im Porengefüge gebundener Gehalt an Porenlösung

$$w_{HL}^* = \frac{m_{HL}}{m_{s,t}^*} \quad (7)$$

$w_{HL}^*$  - Haftlösungsgehalt (korrigiert) [-]  
 $m_{HL}$  - Masse Haftlösung [kg]  
 $m_{s,t}^*$  - Trockenmasse Feststoff, korrigiert [kg]

*Feuchtegehalt*

durch Kapillarkräfte und chemische Fixierung im Porenraum gebundener Gesamtwassergehalt

$$w_w^* = \frac{m_w}{m_{s,t}^*} \quad (8)$$

$w_w^*$  - Feuchtegehalt (korrigiert) [-]  
 $m_w$  - Gesamtmasse Wasser [kg]  
 $m_{s,t}^*$  - Trockenmasse Feststoff, korrigiert [kg]

*initialer Feuchtegehalt*

Gesamtwassergehalt des Rückstandes im Einbauzustand

*Lösungssättigung /  
Flüssigkeitssättigung*

Volumen Porenflüssigkeit bezogen auf das Porenvolumen; für die Berechnung der Sättigung wird grundsätzlich der auf die korrigierte Trockenmasse bezogene Lösungsgehalt verwendet.

$$S_L = \frac{V_L}{V_P} = \frac{w_L^* \cdot m_{s,t}^*}{\rho_L \cdot V_P} \quad (9)$$

$S_L$  - Lösungssättigung [-]  
 $V_L$  - Lösungsvolumen [m<sup>3</sup>]  
 $V_P$  - Porenvolumen [m<sup>3</sup>]  
 $\rho_L$  - Lösungsdichte [kg/m<sup>3</sup>]

*initiale Lösungssättigung*

flüssigkeitsgefüllter Porenraum (Sättigung) für den initialen Haftlösungsgehalt

*Turbulenz-Korrektur*

Bei der Gasströmung im Porenraum kann es zum Übergang von laminarer zu turbulenter Strömung kommen. Dieser Prozess kann die ermittelte Gaspermeabilität beeinflussen. Eine Korrektur dieses Turbulenz-Einflusses erfolgt über folgende Geradengleichung:

$$\frac{1}{k_T} = \frac{1}{k} + \frac{\beta_T \rho_0}{\eta} \cdot u$$

$k_T$	-	scheinbare Gaspermeabilität	[m <sup>2</sup> ]
$k$	-	Gaspermeabilität nach Turbulenzkorrektur	[m <sup>2</sup> ]
$\beta$	-	Turbulenzfaktor (Stoffkonstante)	[1/m]
$\eta$	-	dynamische Viskosität	[Pas]
$u$	-	fiktive Geschwindigkeit (Darcy-Geschwindigkeit)	[m/s]
$\rho_G$	-	Gasdichte	[kg/m <sup>3</sup> ]

Die Turbulenzkorrektur erfolgt über die lineare Regression und Extrapolation des reziproken Wertes der ermittelten scheinbaren Gaspermeabilität  $k_T$  über der Strömungsgeschwindigkeit  $u$ . Der Schnittpunkt der Geraden der linearen Extrapolation auf die Ordinate ergibt die Turbulenz-korrigierte Gaspermeabilität  $k$ .

#### Klinkenberg-Korrektur

Der Klinkenberg-Effekt beschreibt einen Gleiteffekt eines strömenden Gases an der Porenwandung. Dieser tritt auf, wenn die mittlere freie Weglänge der BROWN'schen Molekularbewegung des Gases den Maßstab der strömungswirksamen Porendurchmesser erreicht. Die mittlere freie Weglänge wird bestimmt durch den Druck, die Temperatur und die Gasart. Durch die Wechselwirkungen zwischen Gas und Porenwandung wird ein Gleiten des Gases bewirkt, der als ein zusätzlicher treibender Impuls oder auch eine Reduzierung der Viskosität des strömenden Gases interpretiert werden kann. In der Folge wird eine erhöhte Gaspermeabilität ermittelt.

Eine Korrektur dieses Klinkenberg-Einflusses erfolgt über folgende Geradengleichung:

$$k_K = k \cdot \left( 1 + \frac{b}{\bar{p}} \right) \quad (10)$$

$k_K$	-	scheinbare Gaspermeabilität mit Klinkenberg-Einfluss	[m <sup>2</sup> ]
$k$	-	Gaspermeabilität nach Klinkenbergkorrektur	[m <sup>2</sup> ]
$b$	-	Klinkenbergfaktor	[Pa]
$\bar{p}$	-	mittlerer, absoluter Gasdruck in der Probe	[Pa]

Die Klinkenbergkorrektur erfolgt über eine lineare Regression und Extrapolation der Gaspermeabilität über dem Reziproken des mittleren Druckabfalls  $\bar{p}$  (mittlerer Absolutdruck).

$$\bar{p} = \frac{p_{i,abs} + p_a}{2} \quad (11)$$

$p_{i,abs}$	-	absoluter Eingangsdruck	Pa
$p_a$	-	Luftdruck	Pa

Die lineare Extrapolation auf die Ordinate erlaubt eine Abschätzung der Gaspermeabilität ohne die Beeinflussung durch den Klinkenberg-Effekt.

#### Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ [m/s] Permeabilität [m<sup>2</sup>]

Konvention aus dem Bereich der Grundwasserströmungsprozesse für die Angabe der Durchlässigkeit eines porösen Materials. Der Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  (auch hydraulische Leitfähigkeit) gilt für die Strömung von Wasser bei 10°C mit einer Dichte von 999,7 kg/m<sup>3</sup> und einer dynamischen Viskosität von  $1,3 \cdot 10^{-3}$  Pas.

Auf der Grundlage dieser Konvention ergibt sich die nachfolgende Vereinfachung des DARCY-Gesetzes für die Grundwasserströmung:

$$u = \frac{k \cdot \rho_F \cdot g \cdot \Delta H}{\eta \cdot \Delta L} = \frac{k_f \cdot \Delta H}{\Delta L} = k_f \cdot i \quad (12)$$

$u$	-	Darcy-Geschwindigkeit	[m/s]
$k$	-	Permeabilität	[m <sup>2</sup> ]
$\rho_F$	-	Dichte strömende Flüssigkeit	[kg/m <sup>3</sup> ]
$g$	-	Erdbeschleunigung 9,81 m/s <sup>2</sup>	[m/s <sup>2</sup> ]
$\Delta H$	-	hydraulisch wirksame Druckhöhe	[m]
$\eta$	-	dynamische Viskosität Flüssigkeit	[Pas]
$\Delta L$	-	Länge Strömungsweg	[m]
$k_f$	-	Durchlässigkeitsbeiwert	[m/s]
$i$	-	Druckgefälle	[-]

Die Umrechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes in eine Permeabilität ergibt sich damit aus:

$$k = \frac{k_f \cdot \eta_w}{\rho_w \cdot g} \quad (13)$$

	$\rho_w$ - Dichte Wasser: 999,7 kg/m <sup>3</sup> (10°C) [kg/m <sup>3</sup> ]
	$\eta_w$ - dynamische Viskosität Wasser: 1,3 · 10 <sup>-3</sup> Pas (10°C) [Pas]
<i>Nassrohdichte / Feuchtdichte</i>	Verhältnis von Feuchtmasse zu Volumen der gesamten, feuchten Probe (Probe im Rohzustand). Ermittelt durch Ausmessen und Wiegen der Probe oder Tauchwägung. Symbol $\rho$ , Angabe in [g/cm <sup>3</sup> ]. Synonyme: Feuchtdichte, Schüttdichte
<i>Gesamtwasser-gehalt</i>	Anteil des gesamten im Rückstand enthaltenen Wassers bezogen auf die Trockenmasse der Originalsubstanz [Angabe in Masse-%] ermittelt durch Ofentrocknung bei 550°C → Glühverlust, Bezug auf Trockenmasse. Gesamtwasser ist die Summe aus → Porenwasser und dem in die Kristallstruktur des Rückstands eingebundenen → Kristallwasser. Symbol $w_{ges}$ , Angabe in [Masse-%]
<i>Glühverlust (bei 550°C)</i>	Aus Ofentrocknung gemäß DIN EN 12879 ermittelter Trocknungsverlust bezogen auf die Feuchtmasse der Originalsubstanz. Symbol $v_{Tr550}$ , Angabe in [Masse-%]
<i>Rückstandsfeuchte</i>	Ermittelt durch Ofentrocknung bei 105°C. Die Rückstandsfeuchte umfasst das → Porenwasser sowie das → schwach gebundene Kristallwasser. In neueren Untersuchungen erfolgte eine Bestimmung der Rückstandsfeuchte bei 55°C oder 60°C, um Kristallwasserfreisetzung zu vermeiden. Auch durch Trocknung bei niedrigen Temperaturen gelingt dies jedoch nur teilweise. Synonym: Trocknungsverlust 105°C ( $v_{Tr105}$ ) bzw. Trocknungsverlust 55°C ( $v_{Tr55}$ ). Der Gehalt wird bezogen auf die Feuchtmasse / Ausgangsmasse der Probe angegeben.
<i>Trockenrohdichte</i>	Quotient aus der Trockenmasse einer Probe und ihrem Volumen (Symbol $\rho_d^*$ , Angabe in [g/cm <sup>3</sup> ]).

$$\rho_d^* = \frac{\rho}{1 + (w_L^*/100)} \quad (14)$$

Berechnet aus der gemessenen Nassrohdichte und dem Lösungsgehalt:

$\rho_d^*$ - korrigierte Trockenrohdichte	[g/cm <sup>3</sup> ]
$\rho$ - Nassrohdichte	[g/cm <sup>3</sup> ]
$w_L^*$ - Lösungsgehalt	[%]

### 6.3 Abbildungen

Abbildung 2-1	Kernmaterial im Anlieferungszustand (links: 72_WMD8-D / P254-2, 8,0 – 9,0 m Teufe; rechts: 72_WMD85-D / P254-11, 85,0 – 86,0 m Teufe).....	11
Abbildung 2-2	Nassrohdichte und abgeschätzte Druckverteilung in Abhängigkeit von der Teufe für die Bohrungen B97 und B98 [4].....	16
Abbildung 2-3	Abgeschätzte Druckverteilung für die Bohrung B72/2014 WI für einen mittleren Böschungswinkel von ca. 32,6° und die Teufendruckregression laut Abbildung 2-2 .....	16
Abbildung 4-1	Vergleichende Gegenüberstellung der vorliegenden Lösungsdichten .....	25
Abbildung 4-2	Beispiel für die Ermittlung der Anteile der Porenfraktionen .....	26
Abbildung 4-3	Porenvolumenanteil in Abhängigkeit vom Porenradius – alle Einzelergebnisse.....	27
Abbildung 4-4	Porenvolumenanteil in Abhängigkeit vom Porenradius – mittlere Funktionen .....	27
Abbildung 4-5	Porosität in Abhängigkeit vom Porenradius – mittlere Funktionen .....	27
Abbildung 4-6	Abgeschätzter Kapillardruck in Abhängigkeit von der Flüssigkeitssättigung – mittlere Funktionen .....	27
Abbildung 4-7	Porenfraktionen – Mikro-, Meso-, Makroporen .....	29
Abbildung 4-8	Porosität Makroporen in Abhängigkeit von der Bohrungsteufe .....	29
Abbildung 4-9	Porosität Mikro- und Mesoporen in Abhängigkeit von der Bohrungsteufe .....	30

Abbildung 4-10 Totale und effektive Porosität sowie maximale Porosität aus der Quecksilberporosimetrie in Abhängigkeit von der Bohrungsteufe und dem petrostatischen Druck .....	31
Abbildung 4-11 Ganglinien der Probenmassen .....	33
Abbildung 4-12 Ganglinien der Haftlösungsgehalte.....	34
Abbildung 4-13 Ganglinien der Haftlösungssättigungen.....	34
Abbildung 4-14 Haftlösungsgehalt und Haftlösungssättigung in Abhängigkeit von der Bohrungsteufe.....	35
Abbildung 4-15 Haftlösungsgehalt und Haftlösungssättigung in Abhängigkeit von der totalen Porosität .....	35
Abbildung 4-16 Verhältnis Haftlösungsgehalt zum initialen Lösungsgehalt .....	37
Abbildung 4-17 Wassergehalt aus Karl-Fischer-Titration in Abhängigkeit von der Beprobungstiefe für alle Bohrungen [4].....	37
Abbildung 4-18 Probenbezogene Darstellung der effektiven Gaspermeabilität und Lösungspermeabilität.....	39
Abbildung 4-19 Effektive Gaspermeabilität und Lösungspermeabilität in Abhängigkeit von der Bohrungsteufe und dem petrostatischen Druck .....	39
Abbildung 4-20 Effektive Gaspermeabilität in Abhängigkeit von der totalen Porosität (links) und der Flüssigkeitssättigung im Porenraum (rechts) .....	40
Abbildung 4-21 Porenraum Steinsalzrückstand, Halde Hattorf, Bohrung B97 (vertikal), Teufe 8,5 m, links: Steinsalzrückstand, Porenraum gefüllt mit Epoxidharz; rechts: Epoxidharz (Steinsalz mit heißem Wasser herausgelöst) .....	41
Abbildung 4-22 Probe 72_WMD70-D / P254-9/2, links: Anstromfläche; rechts: Abstromfläche .....	41
Abbildung A 5-1 Relative Permeabilität in Abhängigkeit von der Sättigung des Porenraumes mit Lösung (nach [1]) .....	51

## 6.4 Variablen

$\bar{p}$	- mittlerer Druck	[Pa]
$\rho$	- Dichte	[kg/m <sup>3</sup> ]
$b$	- Klinkenberg-Faktor	[Pa]
$C$	- Mineralisation	[kg/m <sup>3</sup> ]
$g$	- Erdbeschleunigung 9,81 m/s <sup>2</sup>	[m/s <sup>2</sup> ]
$i$	- Druckgefälle	[-]
$k$	- Permeabilität	[m <sup>2</sup> ]
$k_r$	- Durchlässigkeitsbeiwert	[m(s)]
$m$	- Masse	[kg]
$n$	- totale Porosität	[-]
$r$	- Porenradius	[m]
$S$	- Sättigung	[-]
$u$	- fiktive Geschwindigkeit (Darcy-Geschwindigkeit)	[m/s]
$V$	- Volumen	[m <sup>3</sup> ]
$w$	- Lösungsgehalt (Masse Flüssigkeit / Masse Feststoff)	[-]
$X$	- individuelle Bezeichnung eines Parameters	[variabel]
$\beta$	- Turbulenzfaktor (Stoffkonstante)	[1/m]
$\Delta H$	- hydraulisch wirksame Druckhöhe	[m]
$\Delta L$	- Länge Strömungsweg	[m]
$\eta$	- dynamische Viskosität Flüssigkeit	[Pas]
$\eta$	- dynamische Viskosität	[Pas]
$\sigma$	- Grenzflächenspannung	[N/m]
$\varphi$	- Benetzungswinkel	[°]

## 6.5 Indizes

*	- korrigiert bezüglich Masse der in der Porenflüssigkeit gelösten Komponenten
0	- initial
a	- Luft (air)
abs	- absolut



C	-	Komponenten
cap	-	Kapillar-
d	-	Roh-
eff	-	effektiv
f	-	feucht
F	-	Fluid
ges	-	gesamt
G	-	Gas
H	-	Haft-
Hg	-	Quecksilber
i	-	ein (in)
K	-	Klinkenberg
L	-	Porenflüssigkeit, Lösung
o	-	aus (out)
P	-	Poren
rel	-	relativ
S	-	Feststoff
s	-	Rein-
t	-	trocken
T	-	scheinbar im Zusammenhang mit Turbulenz-Korrektur
W	-	Wasser
x	-	geschlossen – im Zusammenhang mit Porosität Gleichung ( 3)



# Anlage 1    Versuchsprotokolle

## Anlage 1.1    P254-1/172\_P8

### Anlage 1.1.1 Allgemeine Angaben

#### Allgemeine Angaben

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P8
<b>Datum Probennahme</b>	09.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

#### Bohrung

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

#### Probekörper

<b>Probenname (AN)</b>	P254-1/1
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Kernstück	Kernstück	n.b.	n.b.

**Anlage 1.2 P254-2/172\_P8****Anlage 1.2.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P8
<b>Datum Probennahme</b>	09.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-2/1
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	8.37 - 8.47 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	100.75 ± 0.41	101.32 ± 0.15	1370.300 ± 0.002	1.696 ± 0.014

## Anlage 1.2.2 Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe (stationäre Messung)

Probennummer **P254-2/1**

Testfluid	Luft		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 25 °C	1.184E+00	vor Versuch	100.75 ± 0.41	101.32 ± 0.15	1370.3 ± 0.002	1.696 ± 0.014
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	1.85E-05	nach Versuch	100.75 ± 0.41	101.32 ± 0.15	1367.5 ± 0.002	1.693 ± 0.014

Bemerkungen	-
-------------	---

k (Klinkenberg korrigiert) [m²]	kein Einfluss
k (Turbulenz korrigiert) [m²]	1.8E-11

Nr.	Datum	Uhrzeit	S	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
-	-	-	%	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
3	21.01.2015	09:40	8.9	24.7	0.11	2.26E-04	973.50	626.59	1.0E-11±< 0.001
1	21.01.2015	10:00	8.9	24.7	0.11	9.81E-05	973.60	352.60	1.4E-11±< 0.001
4	21.01.2015	10:45	8.9	24.7	0.11	2.26E-04	973.50	624.10	1.0E-11±< 0.001
2	21.01.2015	11:00	8.9	24.6	0.11	1.08E-04	973.70	343.40	1.2E-11±< 0.001
5	21.01.2015	12:00	8.9	24.7	0.11	3.24E-04	973.50	800.45	9.6E-12±< 0.001

## Anlage 1. 2. 3 Gasentspannungsversuch

Probennummer **P254-2/1**

Datum	07.01.2015
Masse [g]	1368.6
V1 [ml]	1050.38
V2 [ml]	2868.72
Volumen Probe [cm <sup>3</sup> ]	807.33
mittlere Porosität [-]	<b>0.221±0.013</b>
Bemerkung	-

### Messprotokoll

Uhrzeit	Temperatur	Luftdruck	pEingang	pAusgleich	V1:V_P	V_Poren	Porosität
	°C	mbar	bar	bar	ml	ml	-
10:56	25.15	988.3	2.531	0.815	2211.598	150.208	0.186
11:06	25.08	988.3	2.464	0.787	2238.230	176.840	0.219
11:16	24.89	988.3	2.567	0.819	2241.837	180.447	0.224
11:38	24.9	988.4	2.110	0.673	2242.788	181.398	0.225
11:46	24.87	988.4	2.115	0.674	2245.694	184.304	0.228
11:50	24.89	988.4	2.103	0.671	2241.646	180.256	0.223
12:09	25	988.3	2.203	0.703	2241.209	179.819	0.223
12:33	25.36	988.4	2.030	0.648	2240.162	178.772	0.221
13:48	25.57	988.7	1.737	0.553	2248.915	187.525	0.232
13:58	25.47	988.8	1.726	0.550	2245.903	184.513	0.229

**Anlage 1.3 P254-2/272\_P8****Anlage 1.3.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P8
<b>Datum Probennahme</b>	09.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-2/2
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Daniela Wilsnack
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	8.37 - 8.47 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS nahe des Kernes 2/1

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	65.833 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.3.2 Trocknung**Probennummer **P254-2/2**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
65.833	NaCl-Lösung	1.246	0.288

**Bemerkung**

--

**Ergebnisse**

Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.022 ± < 0.0001	64.431
60	0.022 ± < 0.0001	64.440
105	0.022 ± < 0.0001	64.431

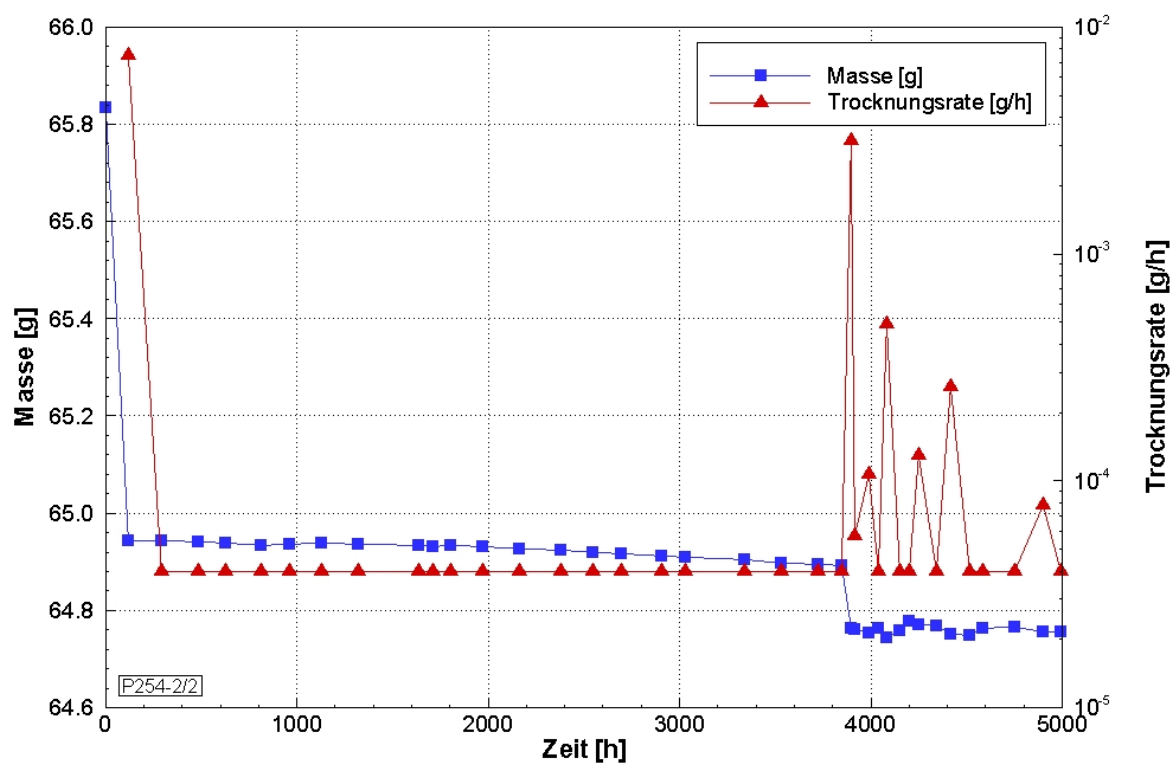
**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	07.01.2015	09:45	12.01.2015	09:00	64.944
40	12.01.2015	10:15	19.01.2015	09:00	64.942
40	19.01.2015	12:20	27.01.2015	15:00	64.941
40	27.01.2015	15:30	02.02.2015	12:00	64.939
40	02.02.2015	14:30	10.02.2015	09:15	64.934
40	10.02.2015	09:35	16.02.2015	11:00	64.937
60	16.02.2015	11:45	23.02.2015	09:00	64.938
60	23.02.2015	09:45	03.03.2015	11:00	64.935
60	03.03.2015	12:30	16.03.2015	11:45	64.934
60	16.03.2015	16:30	19.03.2015	10:00	64.932
60	19.03.2015	15:30	23.03.2015	10:15	64.933
60	23.03.2015	12:10	30.03.2015	08:00	64.931
60	30.03.2015	15:45	07.04.2015	10:15	64.925
60	07.04.2015	15:30	16.04.2015	09:30	64.923
60	16.04.2015	15:00	23.04.2015	08:15	64.919
60	23.04.2015	12:00	29.04.2015	09:15	64.917
60	29.04.2015	16:00	08.05.2015	08:30	64.911
60	08.05.2015	12:15	13.05.2015	09:00	64.910
60	13.05.2015	15:45	26.05.2015	08:30	64.903
60	26.05.2015	15:30	03.06.2015	09:15	64.897
60	03.06.2015	15:40	11.06.2015	11:00	64.895
60	11.06.2015	15:30	16.06.2015	10:10	64.892
60	16.06.2015	15:55	18.06.2015	09:20	64.762
105	18.06.2015	16:00	19.06.2015	09:35	64.761



**Probennummer**      **P254-2/2**

Trocknungs- temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
105	19.06.2015	14:10	22.06.2015	08:00	64.754
105	22.06.2015	16:30	24.06.2015	10:00	64.763
105	24.06.2015	16:45	26.06.2015	07:45	64.744
105	26.06.2015	10:45	29.06.2015	08:15	64.757
105	29.06.2015	11:30	01.07.2015	08:30	64.777
105	01.07.2015	11:00	03.07.2015	09:15	64.771
105	03.07.2015	11:50	07.07.2015	08:30	64.769
105	07.07.2015	11:30	10.07.2015	09:00	64.751
105	10.07.2015	11:30	14.07.2015	09:15	64.749
105	14.07.2015	11:30	17.07.2015	08:30	64.764
105	17.07.2015	11:00	24.07.2015	08:45	64.766
105	24.07.2015	11:45	30.07.2015	08:30	64.755
105	30.07.2015	11:30	03.08.2015	10:00	64.755



Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit

**Anlage 1.4 P254-3/172\_P18****Anlage 1.4.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P18
<b>Datum Probennahme</b>	09.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-3/1
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	18.63 - 18.73 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	97.03 ± 3.48	106.49 ± 0.43	1424.900 ± 0.002	1.810 ± 0.130

## Anlage 1.4.2 Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe (stationäre Messung)

Probennummer **P254-3/1**

Testfluid	Luft		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 25 °C	1.184E+00	vor Versuch	97.03 ± 3.48	106.49 ± 0.43	1424.9 ± 0.002	1.810 ± 0.130
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	1.85E-05	nach Versuch	97.03 ± 3.48	106.49 ± 0.43	1424.9 ± 0.002	1.810 ± 0.130

Bemerkungen	-
-------------	---

k (Klinkenberg korrigiert) [m²]	kein Einfluss
k (Turbulenz korrigiert) [m²]	4.9E-11

Nr.	Datum	Uhrzeit	S	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
-	-	-	%	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
2	27.01.2015	09:30	64.4	26.0	1.75	2.35E-04	974.80	1018.33	1.9E-11±< 0.001
3	27.01.2015	09:40	64.4	26.0	1.75	2.35E-04	974.20	1170.50	2.2E-11±< 0.001
4	27.01.2015	10:30	64.4	25.7	1.75	2.35E-04	974.53	1179.53	2.2E-11±< 0.001
1	27.01.2015	11:15	64.4	25.6	1.75	9.81E-05	974.50	685.27	3.1E-11±< 0.001
5	27.01.2015	14:00	64.4	26.1	1.75	3.92E-04	974.90	1573.44	1.7E-11±< 0.001
6	27.01.2015	15:00	64.4	25.5	1.75	4.12E-04	974.90	1634.13	1.7E-11±< 0.001

### Anlage 1.4.3 Lösungsporeabilität (stationäre Messung)

Probennummer **P254-3/1**

Testfluid	Lösung P254-3		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 20 °C	1.189E+00	vor Versuch	97.03 ± 3.48	106.49 ± 0.43	1422.2 ± 0.002	1.680 ± 0.039
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	2.06E-03	nach Versuch	100.46 ± 1.11	106.77 ± 0.82	1484.8 ± 0.002	1.754 ± 0.041

Bemerkungen	Probe im Autoklav aufgesättigt; Dichte Fluid: Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten
-------------	--

Versuchs- schritt	Datum	Uhrzeit	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
	-	-	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
2	02.06.2015	13:30	27.4	1.56	5.0000000E-04	977.4		
3	03.06.2015	09:05	26.4	1.53	1.0000000E-03	979.1		
4	03.06.2015	11:31	26.9	1.55	5.0000000E-04	979.8		
5	03.06.2015	12:20	27.3	1.55	5.0000000E-04	980.0	1.520E+01	1.5E-11±< 0.001

**Anlage 1.4.4 Bestimmung Haftwassersättigung**Probennummer **P254-3/1**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid	Temperatur
g		g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	°C
1484.8	Lösung P254-3	1.189	0.263116	20

**Bemerkung**

Dichte Porenfluid : Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten

Beginn Trocknung		Masse
Datum	Uhrzeit	g
04.06.2015	14:15	1484.80
19.06.2015	10:00	1484.30
23.06.2015	15:20	1484.50
03.07.2015	09:30	1486.00
13.07.2015	10:45	1487.20
20.07.2015	10:50	1488.20
27.07.2015	10:45	1487.70
03.08.2015	11:35	1488.80
12.08.2015	10:15	1489.40
18.08.2015	09:45	1488.90
25.08.2015	09:45	1489.30
01.09.2015	08:30	1489.90
08.09.2015	09:30	1490.60
28.09.2015	12:15	1489.85
09.10.2015	09:15	1489.95
19.10.2015	14:17	1490.00
22.10.2015	11:31	1489.90

## Anlage 1. 4. 5 Gasentspannungsversuch

Probennummer **P254-3/1**

Datum	07.01.2015
Masse [g]	1424
V1 [ml]	1050.38
V2 [ml]	2868.72
Volumen Probe [cm³]	787.03
mittlere Porosität [-]	<b>0.154±0.005</b>
Bemerkung	-

### Messprotokoll

Uhrzeit	Temperatur	Luftdruck	pEingang	pAusgleich	V1:V_P	V_Poren	Porosität
	°C	mbar	bar	bar	ml	ml	-
14:24	25.32	989.1	1.354	0.436	2211.580	129.890	0.165
14:31	25.18	989.2	1.647	0.532	2201.454	119.764	0.152
14:41	24.96	989.3	1.604	0.518	2202.148	120.458	0.153
14:47	24.97	989.4	2.095	0.676	2204.866	123.176	0.157
14:56	24.93	989.4	2.061	0.666	2200.120	118.430	0.150
15:03	24.96	989.4	2.061	0.666	2200.120	118.430	0.150
15:09	25.09	989.5	2.379	0.769	2199.105	117.415	0.149
15:14	25.11	989.5	2.491	0.804	2203.969	122.279	0.155
15:21	25.21	989.6	2.502	0.808	2202.158	120.468	0.153



**Anlage 1.5 P254-3/272\_P18****Anlage 1.5.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P18
<b>Datum Probennahme</b>	09.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-3/2
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Daniela Wilsnack
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	18.63 - 18.73 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS nahe des Kernes 3/1

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	101.027 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.5.2 Trocknung**Probennummer **P254-3/2**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
101.027	NaCl-Lösung	1.189	0.263

**Bemerkung**

--

**Ergebnisse**

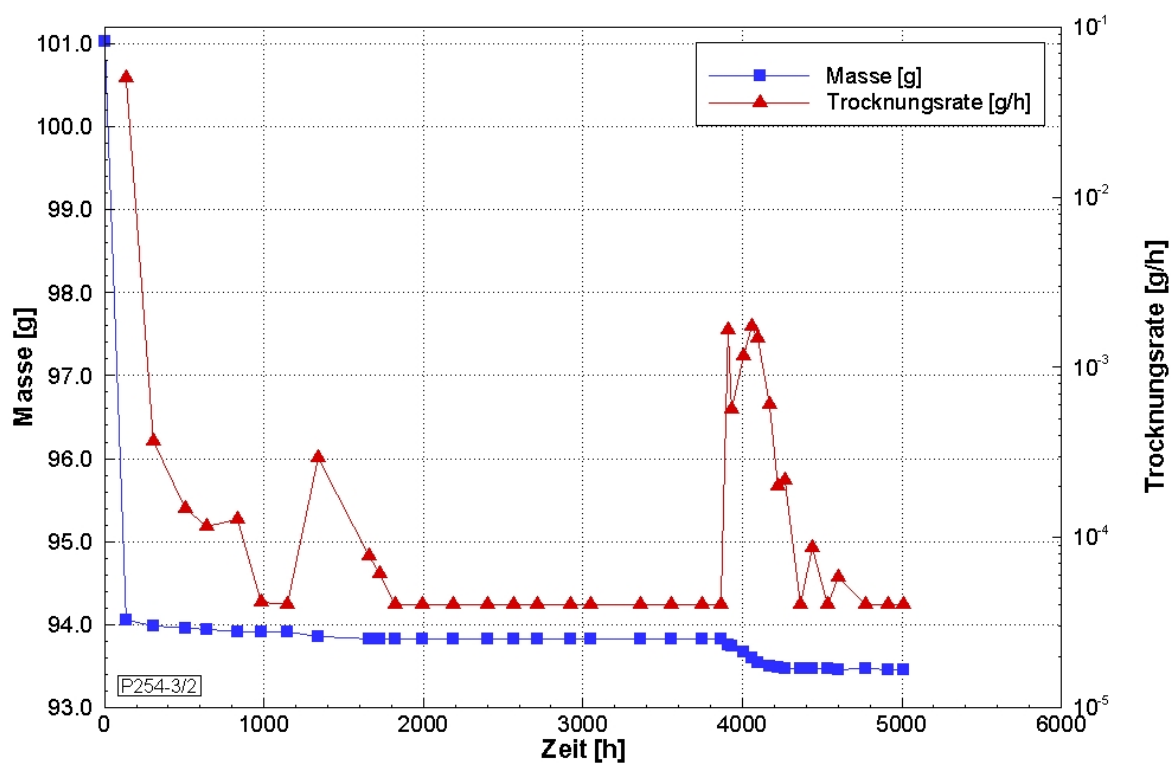
Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.10 ± < 0.0001	91.928
60	0.10 ± < 0.0001	91.722
105	0.11 ± < 0.0001	91.348

**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	06.01.2015	14:30	12.01.2015	09:00	94.049
40	12.01.2015	10:15	19.01.2015	09:00	93.988
40	19.01.2015	11:20	27.01.2015	15:00	93.959
40	27.01.2015	16:00	02.02.2015	11:00	93.943
40	02.02.2015	12:00	10.02.2015	09:15	93.919
40	10.02.2015	09:35	16.02.2015	11:00	93.913
60	16.02.2015	11:45	23.02.2015	09:00	93.911
60	23.02.2015	09:50	03.03.2015	11:00	93.854
60	03.03.2015	12:30	16.03.2015	11:45	93.830
60	16.03.2015	16:30	19.03.2015	10:00	93.826
60	19.03.2015	15:30	23.03.2015	10:15	93.824
60	23.03.2015	12:10	30.03.2015	08:00	93.823
60	30.03.2015	15:45	07.04.2015	10:15	93.823
60	07.04.2015	15:30	16.04.2015	09:30	93.823
60	16.04.2015	15:00	23.04.2015	08:15	93.821
60	23.04.2015	12:00	29.04.2015	09:15	93.821
60	29.04.2015	16:00	08.05.2015	08:30	93.821
60	08.05.2015	12:15	13.05.2015	09:00	93.820
60	13.05.2015	15:45	26.05.2015	08:30	93.820
60	26.05.2015	15:30	03.06.2015	09:15	93.820
60	03.06.2015	15:40	11.06.2015	11:00	93.820
60	11.06.2015	15:30	16.06.2015	10:10	93.820
60	16.06.2015	15:55	18.06.2015	09:20	93.752
105	18.06.2015	16:00	19.06.2015	09:35	93.742

**Probennummer**      **P254-3/2**

Trocknungs- temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
105	19.06.2015	14:10	22.06.2015	08:00	93.665
105	22.06.2015	16:30	24.06.2015	10:00	93.593
105	24.06.2015	16:45	26.06.2015	07:45	93.535
105	26.06.2015	10:45	29.06.2015	08:15	93.493
105	29.06.2015	11:30	01.07.2015	08:30	93.484
105	01.07.2015	11:00	03.07.2015	09:15	93.474
105	03.07.2015	11:50	07.07.2015	08:30	93.472
105	07.07.2015	11:30	10.07.2015	09:00	93.466
105	10.07.2015	11:30	14.07.2015	09:15	93.466
105	14.07.2015	11:30	17.07.2015	08:30	93.462
105	17.07.2015	11:00	24.07.2015	08:45	93.465
105	24.07.2015	11:45	30.07.2015	08:30	93.461
105	30.07.2015	11:30	03.08.2015	10:00	93.460


 Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit

**Anlage 1.6 P254-3/372\_P18****Anlage 1.6.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P18
<b>Datum Probennahme</b>	09.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-3/3
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	18.63 - 18.73 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 3/1 nach dem Abtropfversuch für Bestimmung Hg-Porosimetrie

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	1.431 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.7 P254-3/472\_P18****Anlage 1.7.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P18
<b>Datum Probennahme</b>	09.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-3/4
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	18.63 - 18.73 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 3/1 nach dem Abtropfversuch für Bestimmung Hg-Porosimetrie

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	2.093 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.8 P254-3/572\_P18****Anlage 1.8.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P18
<b>Datum Probennahme</b>	09.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-3/5
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	18.63 - 18.73 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 3/1 nach dem Abtropfversuch für Bestimmung Hg-Porosimetrie

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	1.275 ± 0.001	n.b.



**Anlage 1.9 P254-3/672\_P18****Anlage 1.9.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P18
<b>Datum Probennahme</b>	09.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-3/6
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	18.63 - 18.73 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 3/1 nach dem Abtropfversuch

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	269.639 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.9.2 Trocknung**Probennummer **P254-3/6**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
269.639	NaCl-Lösung	1.189	0.263

**Bemerkung**

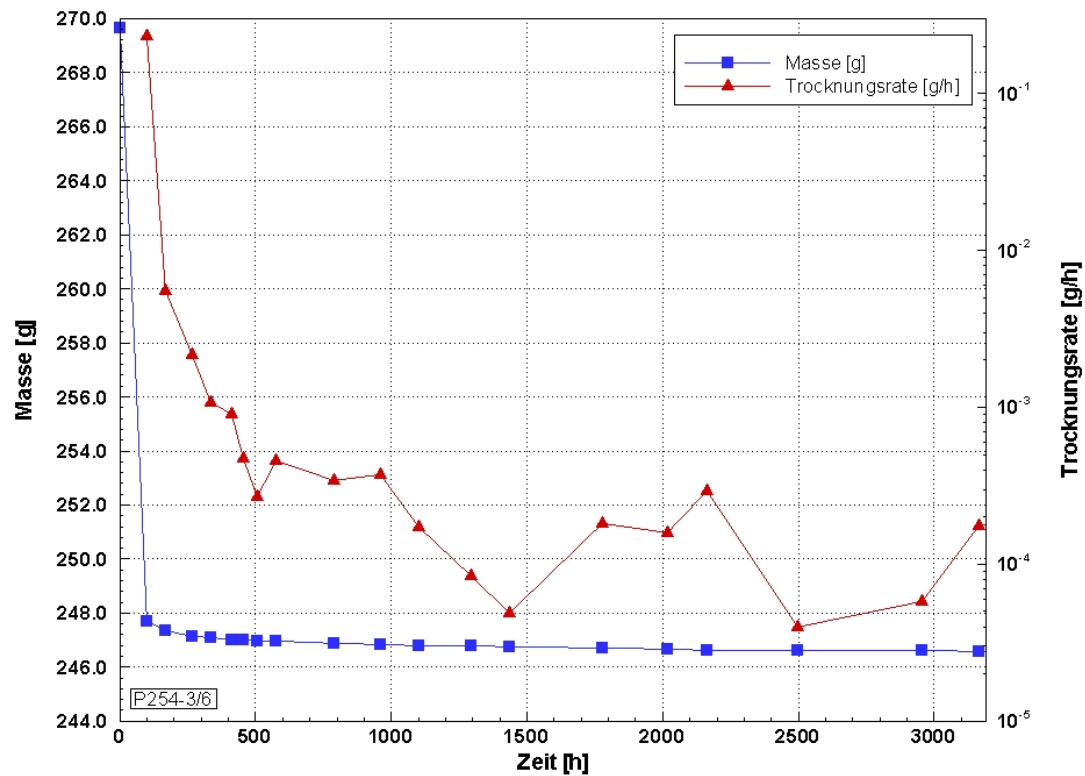
--

**Ergebnisse**

Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.12 ± 0.0001	239.977

**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	23.10.2015	12:25	27.10.2015	10:30	247.693
40	27.10.2015	17:30	30.10.2015	09:30	247.338
40	30.10.2015	12:15	03.11.2015	09:00	247.139
40	03.11.2015	17:15	06.11.2015	08:00	247.072
40	06.11.2015	12:00	09.11.2015	10:15	247.009
40	09.11.2015	17:45	11.11.2015	08:00	246.991
40	11.11.2015	12:00	13.11.2015	08:30	246.979
40	13.11.2015	14:00	16.11.2015	08:00	246.949
40	16.11.2015	11:15	25.11.2015	10:00	246.876
40	25.11.2015	11:15	02.12.2015	10:45	246.814
40	02.12.2015	14:00	08.12.2015	09:15	246.790
40	08.12.2015	11:30	16.12.2015	09:00	246.774
40	16.12.2015	10:30	22.12.2015	09:00	246.767
40	22.12.2015	10:00	05.01.2016	09:00	246.706
40	05.01.2016	15:15	15.01.2016	10:30	246.669
40	15.01.2016	15:40	21.01.2016	08:00	246.629
40	21.01.2016	15:35	04.02.2016	11:30	246.624
40	04.02.2016	15:45	23.02.2016	11:50	246.598
40	23.02.2016	16:00	02.03.2016	16:30	246.564
40	03.03.2016	09:00	08.03.2016	12:15	246.541

Probennummer **P254-3/6**Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit

## Anlage 1.10 P254-3/772\_P18

### Anlage 1.10.1 Allgemeine Angaben

#### Allgemeine Angaben

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P18
<b>Datum Probennahme</b>	09.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

#### Bohrung

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

#### Probekörper

<b>Probenname (AN)</b>	P254-3/7
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	18.63 - 18.73 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 3/1 nach dem Abtropfversuch für Karl-Fischer- Titration

Eigenschaften Probe	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	n.b.	n.b.

## Anlage 1.11 P254-4/172\_P18

### Anlage 1.11.1 Allgemeine Angaben

#### Allgemeine Angaben

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P18
<b>Datum Probennahme</b>	09.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

#### Bohrung

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

#### Probekörper

<b>Probenname (AN)</b>	P254-4/1
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

Eigenschaften Probe	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Kernstück	Kernstück	n.b.	n.b.

**Anlage 1.12 P254-5/172\_P29****Anlage 1.12.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P29
<b>Datum Probennahme</b>	10.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-5/1
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	29.7 - 29.8 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	100.20 ± 0.71	101.40 ± 0.28	1502.300 ± 0.002	1.879 ± 0.027



## Anlage 1.12.2 Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe (stationäre Messung)

Probennummer **P254-5/1**

Testfluid	Luft		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 25 °C	1.184E+00	vor Versuch	100.20 ± 0.71	101.40 ± 0.28	1502.3 ± 0.002	1.879 ± 0.027
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	1.85E-05	nach Versuch	100.20 ± 0.71	101.40 ± 0.28	1494.8 ± 0.002	1.870 ± 0.027

Bemerkungen	-
-------------	---

k (Klinkenberg korrigiert) [m²]	kein Einfluss
k (Turbulenz korrigiert) [m²]	1.3E-10

Nr.	Datum	Uhrzeit	S	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
-	-	-	%	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
1	03.02.2015	09:40	55.5	25.5	0.46	7.85E-05	960.40	468.60	2.3E-11±< 0.001
5	03.02.2015	10:33	55.5	25.5	0.46	5.30E-04	960.90	1285.67	9.6E-12±< 0.001
2	03.02.2015	10:40	55.5	25.5	0.46	2.06E-04	960.95	790.96	1.5E-11±< 0.001
3	03.02.2015	11:03	55.5	25.6	0.46	2.75E-04	961.00	914.10	1.3E-11±< 0.001
4	03.02.2015	11:25	55.5	26.0	0.46	4.12E-04	961.20	1154.86	1.1E-11±< 0.001

### Anlage 1.12.3 Lösungsp permeabilität (stationäre Messung)

Probennummer **P254-5/1**

Testfluid	Lösung P254-5		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 20 °C	1.199E+00	vor Versuch	100.20 ± 0.71	101.40 ± 0.28	1494.8 ± 0.002	1.870 ± 0.027
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	2.08E-03	nach Versuch	101.83 ± 0.38	101.98 ± 0.89	1539.7 ± 0.002	1.854 ± 0.021

Bemerkungen	Probe im Autoklav aufgesättigt; Dichte Fluid: Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten
-------------	--

Versuchs- schritt	Datum	Uhrzeit	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
	-	-	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
1	07.05.2015	15:21	25.7	2.67	2.0000000E-03	992.1		
2	11.05.2015	08:26	25.9	2.70	5.0000000E-04	1002.7		
3	28.05.2015	13:50	24.0	2.75	1.0000000E-03	979.4		
4	28.05.2015	14:30	24.1	2.78	1.0000000E-03	979.2		
5	28.05.2015	15:14	24.1	2.41	1.0000000E-03	978.8	3.840E+01	1.7E-11±< 0.001

**Anlage 1.12.4 Bestimmung Haftwassersättigung**Probennummer **P254-5/1**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid	Temperatur
g		g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	°C
1539.7	Lösung P254-5	1.199	0.299914	20

**Bemerkung**

Dichte Porenfluid : Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten

Beginn Trocknung		Masse
Datum	Uhrzeit	g
01.06.2015	12:00	1539.70
19.06.2015	10:00	1537.60
23.06.2015	15:30	1537.10
03.07.2015	09:30	1536.30
13.07.2015	10:45	1538.70
20.07.2015	10:50	1539.30
27.07.2015	10:45	1540.90
03.08.2015	11:35	1542.40
12.08.2015	10:15	1542.70
18.08.2015	09:45	1542.80
25.08.2015	09:45	1543.20
01.09.2015	08:30	1547.30
08.09.2015	09:30	1547.90
28.09.2015	12:15	1549.35
09.10.2015	09:15	1549.20
19.10.2015	14:20	1549.85
22.10.2015	11:34	1549.80

**Anlage 1. 12. 5 Gasentspannungsversuch**
**Probennummer**                **P254-5/1**

<b>Datum</b>	12.01.2015
<b>Masse [g]</b>	1500.89
<b>V1 [ml]</b>	1050.38
<b>V2 [ml]</b>	2868.72
<b>Volumen Probe [cm³]</b>	799.14
<b>mittlere Porosität [-]</b>	<b>0.121±0.012</b>
<b>Bemerkung</b>	-

**Messprotokoll**

Uhrzeit	Temperatur	Luftdruck	pEingang	pAusgleich	V1:V_P	V_Poren	Porosität
	°C	mbar	bar	bar	ml	ml	-
09:36	24.72	980.4	1.520	0.496	2168.526	98.946	0.124
09:46	24.84	980.2	1.497	0.488	2171.790	102.210	0.128
09:54	24.94	980	1.995	0.651	2168.526	98.946	0.124
10:01	24.86	980	1.997	0.652	2166.812	97.232	0.122
10:09	24.75	980	2.027	0.661	2170.679	101.099	0.127
10:20	24.66	980	2.495	0.814	2169.151	99.571	0.125
10:33	24.65	980.1	2.492	0.813	2169.235	99.655	0.125
10:48	24.5	979.9	2.440	0.796	2169.378	99.798	0.125
09:23	24.23	980.6	1.530	0.504	2138.274	68.694	0.086
09:27	24.37	980.4	1.655	0.540	2168.840	99.260	0.124

**Anlage 1.13 P254-5/272\_P29****Anlage 1.13.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P29
<b>Datum Probennahme</b>	10.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-5/2
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Daniela Wilsnack
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	29.7 - 29.8 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS nahe des Kernes 5/1

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	119.727 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.13.2 Trocknung**Probennummer **P254-5/2**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
119.727	NaCl-Lösung	1.199	0.300

**Bemerkung**

--

**Ergebnisse**

Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.06 ± < 0.0001	112.946
60	0.06 ± < 0.0001	112.846
105	0.06 ± < 0.0001	112.627

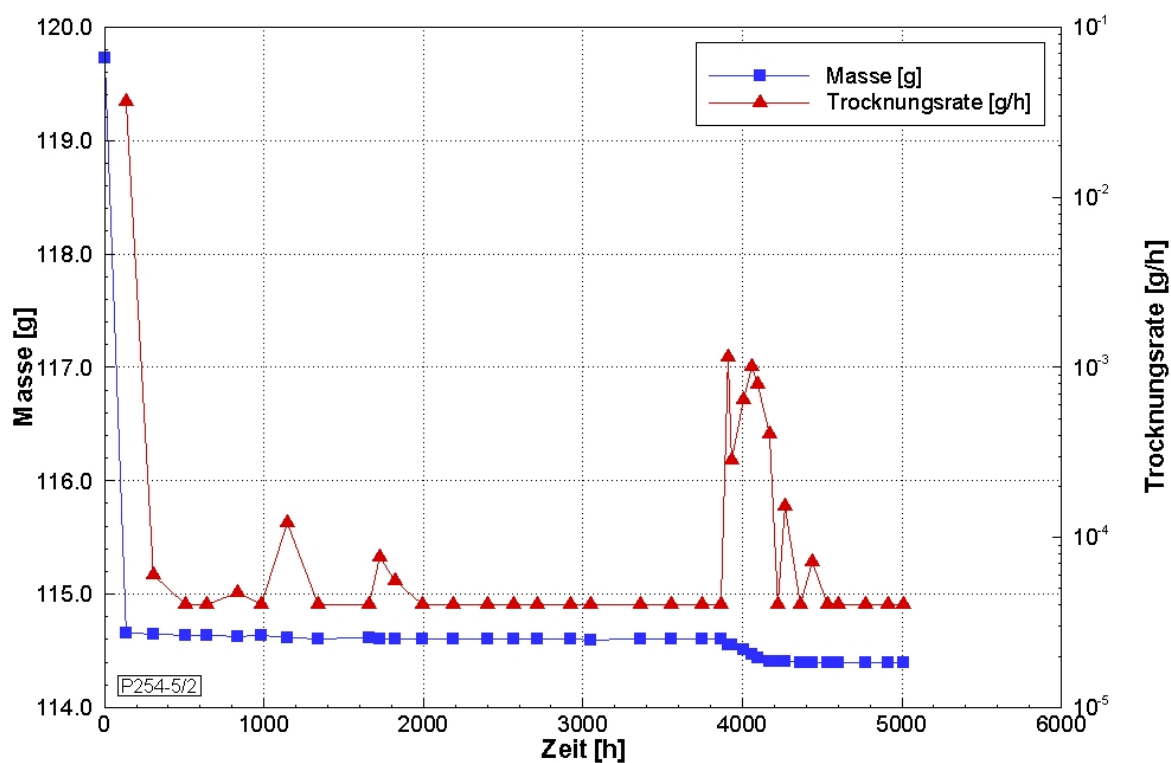
**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	06.01.2015	14:30	12.01.2015	09:00	114.655
40	12.01.2015	10:15	19.01.2015	09:00	114.645
40	19.01.2015	11:20	27.01.2015	15:00	114.641
40	27.01.2015	16:00	02.02.2015	11:00	114.637
40	02.02.2015	12:00	10.02.2015	09:15	114.628
40	10.02.2015	09:35	16.02.2015	11:00	114.632
60	16.02.2015	11:45	23.02.2015	09:00	114.612
60	23.02.2015	09:50	03.03.2015	11:00	114.609
60	03.03.2015	12:30	16.03.2015	11:45	114.611
60	16.03.2015	16:30	19.03.2015	10:00	114.606
60	19.03.2015	15:30	23.03.2015	10:15	114.601
60	23.03.2015	12:10	30.03.2015	08:00	114.606
60	30.03.2015	15:45	07.04.2015	10:15	114.602
60	07.04.2015	15:30	16.04.2015	09:30	114.602
60	16.04.2015	15:00	23.04.2015	08:15	114.601
60	23.04.2015	12:00	29.04.2015	09:15	114.601
60	29.04.2015	16:00	08.05.2015	08:30	114.601
60	08.05.2015	12:15	13.05.2015	09:00	114.599
60	13.05.2015	15:45	26.05.2015	08:30	114.602
60	26.05.2015	15:30	03.06.2015	09:15	114.602
60	03.06.2015	15:40	11.06.2015	11:00	114.602
60	11.06.2015	15:30	16.06.2015	10:10	114.604
60	16.06.2015	15:55	18.06.2015	09:20	114.557
105	18.06.2015	16:00	19.06.2015	09:35	114.552



**Probennummer**      **P254-5/2**

Trocknungs- temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
105	19.06.2015	14:10	22.06.2015	08:00	114.510
105	22.06.2015	16:30	24.06.2015	10:00	114.468
105	24.06.2015	16:45	26.06.2015	07:45	114.437
105	26.06.2015	10:45	29.06.2015	08:15	114.409
105	29.06.2015	11:30	01.07.2015	08:30	114.409
105	01.07.2015	11:00	03.07.2015	09:15	114.402
105	03.07.2015	11:50	07.07.2015	08:30	114.401
105	07.07.2015	11:30	10.07.2015	09:00	114.396
105	10.07.2015	11:30	14.07.2015	09:15	114.394
105	14.07.2015	11:30	17.07.2015	08:30	114.395
105	17.07.2015	11:00	24.07.2015	08:45	114.398
105	24.07.2015	11:45	30.07.2015	08:30	114.393
105	30.07.2015	11:30	03.08.2015	10:00	114.393


 Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit

**Anlage 1.14 P254-5/372\_P29****Anlage 1.14.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P29
<b>Datum Probennahme</b>	10.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-5/3
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	29.7 - 29.8 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 5/1 nach dem Abtropfversuch für Bestimmung Hg-Porosimetrie

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	1.201 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.15 P254-5/472\_P29****Anlage 1.15.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P29
<b>Datum Probennahme</b>	10.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-5/4
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	29.7 - 29.8 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 5/1 nach dem Abtropfversuch für Bestimmung Hg-Porosimetrie

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	1.796 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.16 P254-5/572\_P29****Anlage 1.16.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P29
<b>Datum Probennahme</b>	10.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-5/5
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	29.7 - 29.8 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 5/1 nach dem Abtropfversuch für Bestimmung Hg-Porosimetrie

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	1.432 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.17 P254-5/672\_P29****Anlage 1.17.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P29
<b>Datum Probennahme</b>	10.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-5/6
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	29.7 - 29.8 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 5/1 nach dem Abtropfversuch

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	254.813 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.17.2 Trocknung**Probennummer **P254-5/6**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
254.813	NaCl-Lösung	1.199	0.300

**Bemerkung**

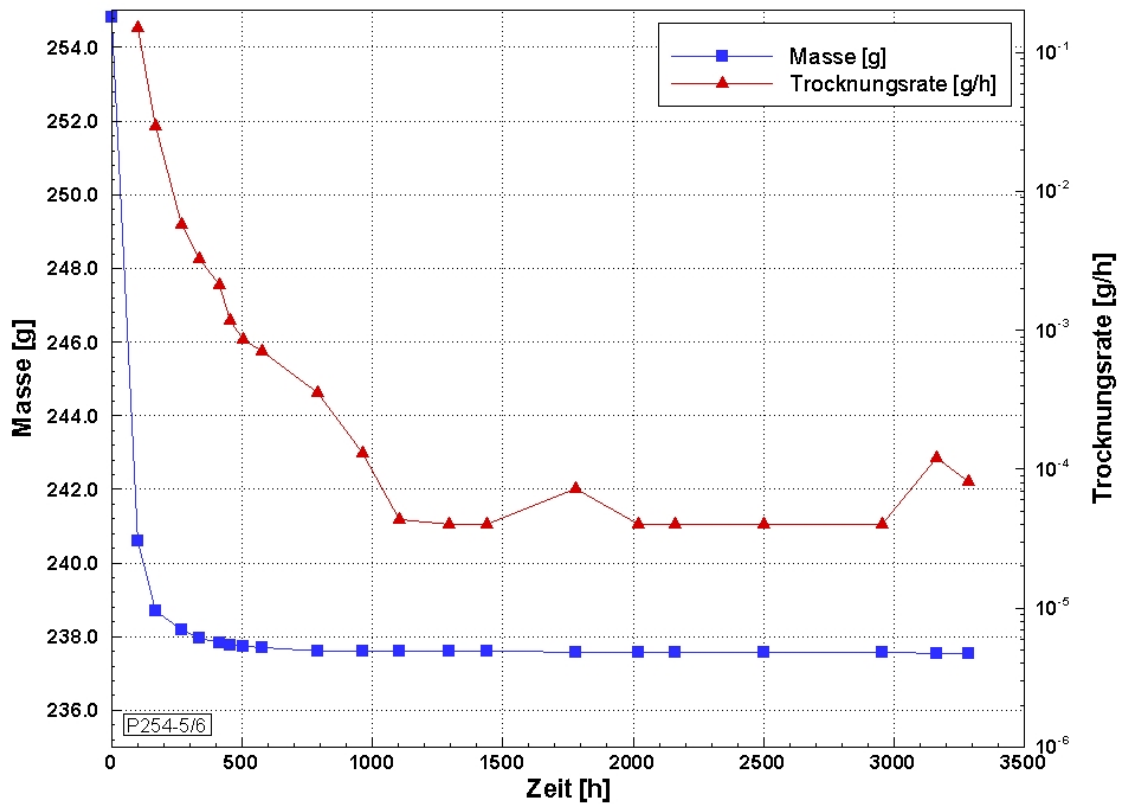
--

**Ergebnisse**

Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.10 ± 0.0001	231.766

**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	23.10.2015	12:25	27.10.2015	10:30	240.606
40	27.10.2015	17:30	30.10.2015	09:30	238.714
40	30.10.2015	12:15	03.11.2015	09:00	238.180
40	03.11.2015	17:15	06.11.2015	08:00	237.975
40	06.11.2015	12:00	09.11.2015	10:15	237.827
40	09.11.2015	17:45	11.11.2015	08:00	237.782
40	11.11.2015	12:00	13.11.2015	08:30	237.744
40	13.11.2015	14:00	16.11.2015	08:00	237.697
40	16.11.2015	11:15	25.11.2015	10:00	237.621
40	25.11.2015	11:15	02.12.2015	10:45	237.599
40	02.12.2015	14:00	08.12.2015	09:15	237.593
40	08.12.2015	11:30	16.12.2015	09:00	237.603
40	16.12.2015	10:30	22.12.2015	09:00	237.607
40	22.12.2015	10:00	05.01.2016	09:00	237.583
40	05.01.2016	15:15	15.01.2016	10:30	237.575
40	15.01.2016	15:40	21.01.2016	08:00	237.572
40	21.01.2016	15:35	04.02.2016	11:30	237.569
40	04.02.2016	15:45	23.02.2016	11:50	237.564
40	23.02.2016	16:00	02.03.2016	16:30	237.541
40	03.03.2016	09:00	08.03.2016	12:15	237.531

**Probennummer**      **P254-5/6**
Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit



**Anlage 1.18 P254-5/772\_P29****Anlage 1.18.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P29
<b>Datum Probennahme</b>	10.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-5/7
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Ronny Jentzsch
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	29.7 - 29.8 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	99.89 ± 0.78	82.56 ± 0.65	1152.550 ± 0.002	1.781 ± 0.031

## Anlage 1.18.2 Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe (stationäre Messung)

 Probennummer **P254-5/7**

Testfluid	Luft		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 25 °C	1.184E+00	vor Versuch	99.89 ± 0.78	82.56 ± 0.65	1152.550 ± 0.002	1.781 ± 0.031
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	1.85E-05	nach Versuch	99.89 ± 0.78	82.56 ± 0.65	1152.550 ± 0.002	1.781 ± 0.031

Bemerkungen	-
-------------	---

k (Klinkenberg korrigiert) [m²]	kein Einfluss
k (Turbulenz korrigiert) [m²]	kein Einfluss

Nr.	Datum	Uhrzeit	S	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
-	-	-	%	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
1	01.12.2015	11:40	84.2	24.5	0.46	1.58E-03	984.40	21.07	5.1E-14±< 0.001
2	01.12.2015	11:45	84.2	24.7	0.46	1.34E-03	985.50	16.36	4.7E-14±< 0.001
3	01.12.2015	11:55	84.2	24.7	0.46	1.02E-03	985.50	12.33	4.7E-14±< 0.001
4	01.12.2015	12:05	84.2	24.7	0.46	1.09E-03	984.60	13.05	4.6E-14±< 0.001
5	01.12.2015	12:15	84.2	24.7	0.46	2.39E-03	984.60	58.04	9.4E-14±< 0.001
6	01.12.2015	12:25	84.2	25.0	0.46	2.11E-03	984.60	41.45	7.6E-14±< 0.001

### Anlage 1.18.3 Lösungsp permeabilität (stationäre Messung)

Probennummer **P254-5/7**

Testfluid	Lösung P254-5		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 20 °C	1.199E+00	vor Versuch	99.89 ± 0.78	82.56 ± 0.65	1152.550 ± 0.002	1.782 ± 0.031
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	2.08E-03	nach Versuch	101.22 ± 0.77	82.95 ± 0.58	1247.6 ± 0.002	1.869 ± 0.031

Bemerkungen	Probe im Autoklav aufgesättigt; Dichte Fluid: Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten
-------------	--

Versuchs- schritt	Datum	Uhrzeit	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
	-	-	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
1	07.12.2015	14:19	25.9	4.60	2.0500000E-03	1006.7		
2	08.12.2015	10:15	26.1	4.70	2.5000000E-03	1006.3	5.300E-01	7.7E-14±< 0.001

**Anlage 1. 18. 4 Gasentspannungsversuch**Probennummer **P254-5/7**

Datum	03.11.2015
Masse [g]	1150.5
V1 [ml]	1050.38
V2 [ml]	2988.72
Volumen Probe [cm³]	652.53
mittlere Porosität [-]	<b>0.031±0.005</b>
Bemerkung	-

**Messprotokoll**

Uhrzeit	Temperatur	Luftdruck	pEingang	pAusgleich	V1:V_P	V_Poren	Porosität
	°C	mbar	bar	bar	ml	ml	-
11:56	25.32	984.4	2.481	0.766	2351.699	15.509	0.024
12:07	25.26	984.3	2.530	0.780	2356.622	20.432	0.031
09:12	24.87	985.9	1.515	0.467	2357.170	20.980	0.032
09:26	24.83	986	1.496	0.461	2358.228	22.038	0.034
10:45	25.14	985.8	1.501	0.463	2354.848	18.658	0.029
11:10	25.28	985.3	2.022	0.623	2358.718	22.528	0.035
11:22	25.38	985	2.063	0.636	2356.749	20.559	0.032
11:36	25.55	984.9	2.014	0.620	2361.661	25.471	0.039
11:45	25.48	984.7	2.485	0.767	2352.742	16.552	0.025

**Anlage 1.19 P254-5/872\_P29****Anlage 1.19.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P29
<b>Datum Probennahme</b>	10.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-5/8
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	29.7 - 29.8 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS nahe des Kernes 5/7

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	250.899 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.19.2 Trocknung**Probennummer **P254-5/8**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
250.899	NaCl-Lösung	1.199	0.300

**Bemerkung**

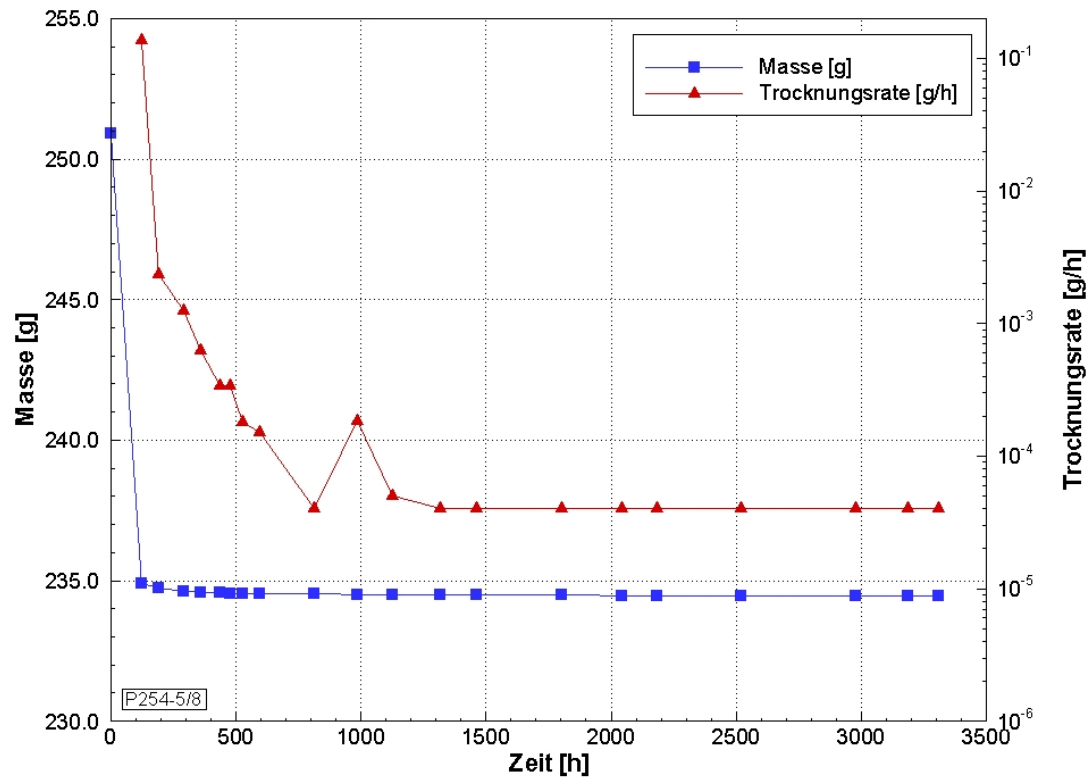
--

**Ergebnisse**

Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.10 ± < 0.0001	228.982

**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	22.10.2015	14:12	27.10.2015	10:30	234.895
40	27.10.2015	17:30	30.10.2015	09:30	234.746
40	30.10.2015	12:15	03.11.2015	09:00	234.630
40	03.11.2015	17:15	06.11.2015	08:00	234.591
40	06.11.2015	12:00	09.11.2015	10:15	234.567
40	09.11.2015	17:45	11.11.2015	08:00	234.554
40	11.11.2015	12:00	13.11.2015	08:30	234.546
40	13.11.2015	14:00	16.11.2015	08:00	234.536
40	16.11.2015	11:15	25.11.2015	10:00	234.532
40	25.11.2015	11:15	02.12.2015	10:45	234.501
40	02.12.2015	14:00	08.12.2015	09:15	234.494
40	08.12.2015	11:30	16.12.2015	09:00	234.493
40	16.12.2015	10:30	22.12.2015	09:00	234.488
40	22.12.2015	10:00	05.01.2016	09:00	234.482
40	05.01.2016	15:15	15.01.2016	10:30	234.475
40	15.01.2016	15:40	21.01.2016	08:00	234.474
40	21.01.2016	15:35	04.02.2016	11:30	234.474
40	04.02.2016	15:45	23.02.2016	11:50	234.469
40	23.02.2016	16:00	02.03.2016	16:30	234.468
40	03.03.2016	09:00	08.03.2016	12:15	234.464

Probennummer **P254-5/8**Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit



**Anlage 1.20 P254-5/972\_P29****Anlage 1.20.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P29
<b>Datum Probennahme</b>	10.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-5/9
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	29.7 - 29.8 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 5/1 nach dem Abtropfversuch für Karl-Fischer-Titration

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	n.b.	n.b.

**Anlage 1.21 P254-6/172\_P29****Anlage 1.21.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P29
<b>Datum Probennahme</b>	10.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-6/1
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Kernstück	Kernstück	n.b.	n.b.

**Anlage 1.22 P254-7/172\_P40****Anlage 1.22.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P40
<b>Datum Probennahme</b>	10.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-7/1
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	40.1 - 40.2 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	96.68 ± 0.99	101.53 ± 0.30	1357.200 ± 0.002	1.821 ± 0.038

**Anlage 1. 22. 2 Gasentspannungsversuch**Probennummer **P254-7/1**

Datum	12.01.2015
Masse [g]	1354.5
V1 [ml]	1050.38
V2 [ml]	2868.72
Volumen Probe [cm <sup>3</sup> ]	745.01
mittlere Porosität [-]	<b>0.141±0.005</b>
Bemerkung	-

**Messprotokoll**

Uhrzeit	Temperatur	Luftdruck	pEingang	pAusgleich	V1:V_P	V_Poren	Porosität
	°C	mbar	bar	bar	ml	ml	-
11:14	25.11	980	1.504	0.482	2227.154	103.444	0.139
11:27	25.69	978	1.713	0.548	2233.016	109.306	0.147
11:38	25.65	977.2	1.500	0.480	2232.058	108.348	0.145
11:47	25.47	976.6	1.998	0.640	2228.775	105.065	0.141
11:56	25.36	976.2	2.018	0.646	2230.838	107.128	0.144
12:10	25.25	975.8	2.000	0.640	2232.058	108.348	0.145
12:30	25.19	975.7	2.498	0.800	2229.432	105.722	0.142
12:36	25.14	975.7	2.499	0.801	2226.648	102.938	0.138
12:46	25.12	975.5	2.498	0.802	2221.252	97.542	0.131

## Anlage 1.23 P254-7/272\_P40

### Anlage 1.23.1 Allgemeine Angaben

#### Allgemeine Angaben

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P40
<b>Datum Probennahme</b>	10.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

#### Bohrung

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

#### Probekörper

<b>Probenname (AN)</b>	P254-7/2
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Daniela Wilsnack
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	40.1 - 40.2 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS nahe des Kernes 7/1

Eigenschaften Probe	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	111.610 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.23.2 Trocknung**Probennummer **P254-7/2**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
111.610	NaCl-Lösung	1.268	0.373

**Bemerkung**

--

**Ergebnisse**

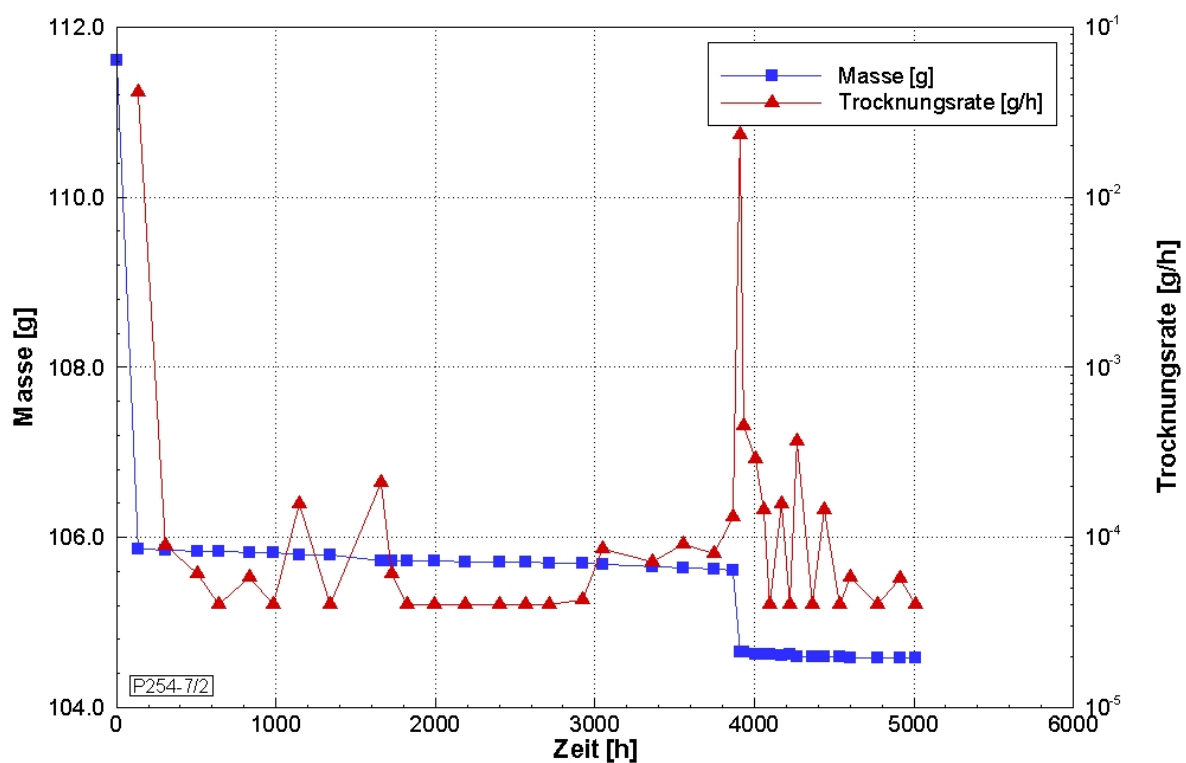
Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.07 ± < 0.0001	104.149
60	0.09 ± < 0.0001	102.644
105	0.09 ± < 0.0001	102.539

**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	06.01.2015	14:30	12.01.2015	09:00	105.867
40	12.01.2015	10:15	19.01.2015	09:00	105.852
40	19.01.2015	11:20	27.01.2015	15:00	105.840
40	27.01.2015	16:00	02.02.2015	11:00	105.835
40	02.02.2015	12:00	10.02.2015	09:15	105.824
40	10.02.2015	09:35	16.02.2015	11:00	105.826
60	16.02.2015	11:45	23.02.2015	09:00	105.800
60	23.02.2015	09:50	03.03.2015	11:00	105.793
60	03.03.2015	12:30	16.03.2015	11:45	105.728
60	16.03.2015	16:30	19.03.2015	10:00	105.724
60	19.03.2015	15:30	23.03.2015	10:15	105.723
60	23.03.2015	12:10	30.03.2015	08:00	105.720
60	30.03.2015	15:45	07.04.2015	10:15	105.715
60	07.04.2015	15:30	16.04.2015	09:30	105.712
60	16.04.2015	15:00	23.04.2015	08:15	105.707
60	23.04.2015	12:00	29.04.2015	09:15	105.702
60	29.04.2015	16:00	08.05.2015	08:30	105.693
60	08.05.2015	12:15	13.05.2015	09:00	105.683
60	13.05.2015	15:45	26.05.2015	08:30	105.661
60	26.05.2015	15:30	03.06.2015	09:15	105.644
60	03.06.2015	15:40	11.06.2015	11:00	105.629
60	11.06.2015	15:30	16.06.2015	10:10	105.614
60	16.06.2015	15:55	18.06.2015	09:20	104.659
105	18.06.2015	16:00	19.06.2015	09:35	104.651

**Probennummer** *P254-7/2*

Trocknungs- temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
105	19.06.2015	14:10	22.06.2015	08:00	104.632
105	22.06.2015	16:30	24.06.2015	10:00	104.626
105	24.06.2015	16:45	26.06.2015	07:45	104.625
105	26.06.2015	10:45	29.06.2015	08:15	104.614
105	29.06.2015	11:30	01.07.2015	08:30	104.620
105	01.07.2015	11:00	03.07.2015	09:15	104.603
105	03.07.2015	11:50	07.07.2015	08:30	104.603
105	07.07.2015	11:30	10.07.2015	09:00	104.593
105	10.07.2015	11:30	14.07.2015	09:15	104.594
105	14.07.2015	11:30	17.07.2015	08:30	104.590
105	17.07.2015	11:00	24.07.2015	08:45	104.587
105	24.07.2015	11:45	30.07.2015	08:30	104.579
105	30.07.2015	11:30	03.08.2015	10:00	104.578

Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit



## Anlage 1.24 P254-8/172\_P48

### Anlage 1.24.1 Allgemeine Angaben

#### Allgemeine Angaben

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P48
<b>Datum Probennahme</b>	27.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

#### Bohrung

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

#### Probekörper

<b>Probenname (AN)</b>	P254-8/1
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	48.68 - 48.78 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

Eigenschaften Probe	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	101.41 ± 0.53	100.10 ± 0.19	1648.200 ± 0.002	2.039 ± 0.022

## Anlage 1.24.2 Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe (stationäre Messung)

Probennummer **P254-8/1**

Testfluid	Luft		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 25 °C	1.184E+00	vor Versuch	101.41 ± 0.53	100.10 ± 0.19	1648.2 ± 0.002	2.039 ± 0.022
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	1.85E-05	nach Versuch	101.41 ± 0.53	100.10 ± 0.19	1642.5 ± 0.002	2.032 ± 0.022

Bemerkungen	-
-------------	---

k (Klinkenberg korrigiert) [m²]	5.1-13±4E-10
k (Turbulenz korrigiert) [m²]	1.8E-11

Nr.	Datum	Uhrzeit	S	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
-	-	-	%	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
4	29.01.2015	09:18	89.5	25.1	0.80	2.80E-04	954.60	699.86	9.6E-12±< 0.001
2	29.01.2015	10:14	89.5	26.1	0.80	1.20E-04	954.23	646.94	2.0E-11±< 0.001
5	29.01.2015	10:47	89.5	25.9	0.80	3.90E-04	954.14	1209.89	1.1E-11±< 0.001
3	29.01.2015	15:30	89.5	26.0	0.80	2.10E-04	964.70	600.29	1.0E-11±< 0.001
1	29.01.2015	16:05	89.5	25.6	0.80	6.00E-05	964.80	293.01	1.8E-11±< 0.001

### Anlage 1.24.3 Lösungsporosität (stationäre Messung)

Probennummer **P254-8/1**

Testfluid	Lösung P254-8		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 20 °C	1.208E+00	vor Versuch	101.41 ± 0.53	100.10 ± 0.19	1642.5 ± 0.002	2.032 ± 0.022
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	2.08E-03	nach Versuch	101.13 ± 0.35	99.68 ± 0.18	1632.1 ± 0.002	2.019 ± 0.021

Bemerkungen	Probe im Autoklav aufgesättigt; Dichte Fluid: Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten
-------------	--

Versuchs- schritt	Datum	Uhrzeit	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
	-	-	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
1	01.04.2015	14:00	25.8	4.32	1.0000000E-03	984.2		
2	02.04.2015	09:00	25.9	4.80	5.0000000E-04	979.1	1.570E+01	1.3E-11±< 0.001

**Anlage 1.24.4 Bestimmung Haftwassersättigung**Probennummer **P254-8/1**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid	Temperatur
g		g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	°C
1632.1	Lösung P254-8	1.208	0.305899	20

**Bemerkung**

Dichte Porenfluid : Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten

Beginn Trocknung		Masse
Datum	Uhrzeit	g
08.04.2015	11:55	1632.10
10.04.2015	09:26	1631.30
13.04.2015	09:39	1630.50
28.04.2015	11:45	1625.10
30.04.2015	14:50	1624.50
04.05.2015	09:56	1623.70
06.05.2015	10:00	1623.30
18.05.2015	10:41	1621.80
29.05.2015	09:08	1620.50
19.06.2015	10:00	1618.80
23.06.2015	15:25	1618.60
03.07.2015	09:30	1616.70
13.07.2015	10:45	1615.40
20.07.2015	10:50	1614.90
27.07.2015	10:45	1612.80
03.08.2015	10:35	1612.70
12.08.2015	10:15	1611.10
18.08.2015	09:15	1610.30
25.08.2015	09:45	1609.90
01.09.2015	08:30	1608.50
08.09.2015	09:30	1608.15
28.09.2015	12:15	1606.95
09.10.2015	09:15	1606.40
19.10.2015	14:24	1605.60
02.12.2015	12:15	1604.60
16.12.2015	10:30	1603.90
12.01.2016	14:45	1602.80
08.02.2016	11:30	1602.50
03.03.2016	10:30	1602.05
16.03.2016	11:00	1602.00
30.03.2016	10:30	1601.65
18.04.2016	10:15	1601.40
13.06.2016	12:30	1599.60

**Anlage 1. 24. 5 Gasentspannungsversuch**Probennummer **P254-8/1**

Datum	12.01.2015
Masse [g]	1647.2
V1 [ml]	1050.38
V2 [ml]	2868.72
Volumen Probe [cm <sup>3</sup> ]	808.1
mittlere Porosität [-]	<b>0.050±0.003</b>
Bemerkung	-

**Messprotokoll**

Uhrzeit	Temperatur	Luftdruck	pEingang	pAusgleich	V1:V_P	V_Poren	Porosität
	°C	mbar	bar	bar	ml	ml	-
14:04	25.15	974.9	1.499	0.499	2104.970	44.350	0.055
14:21	25.11	975.1	1.499	0.499	2104.970	44.350	0.055
14:39	25	975.1	1.506	0.502	2100.760	40.140	0.050
14:43	24.93	972.2	2.026	0.675	2102.316	41.696	0.052
14:54	24.93	975.4	1.968	0.656	2100.760	40.140	0.050
15:02	25.12	975.3	1.962	0.654	2100.760	40.140	0.050
15:14	25.39	975.6	2.499	0.833	2100.760	40.140	0.050
15:24	25.34	975.3	2.458	0.820	2098.198	37.578	0.047
15:32	25.22	975.2	2.494	0.832	2098.235	37.615	0.047

**Anlage 1.25 P254-8/272\_P48****Anlage 1.25.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P48
<b>Datum Probennahme</b>	27.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-8/2
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Daniela Wilsnack
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	48.68 - 48.78 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS nahe des Kernes 8/1

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	198.674 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.25.2 Trocknung**Probennummer **P254-8/2**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
198.674	NaCl-Lösung	1.208	0.306

**Bemerkung**

--

**Ergebnisse**

Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.034 ± < 0.0001	192.110
60	0.044 ± < 0.0001	190.265
105	0.049 ± < 0.0001	189.371

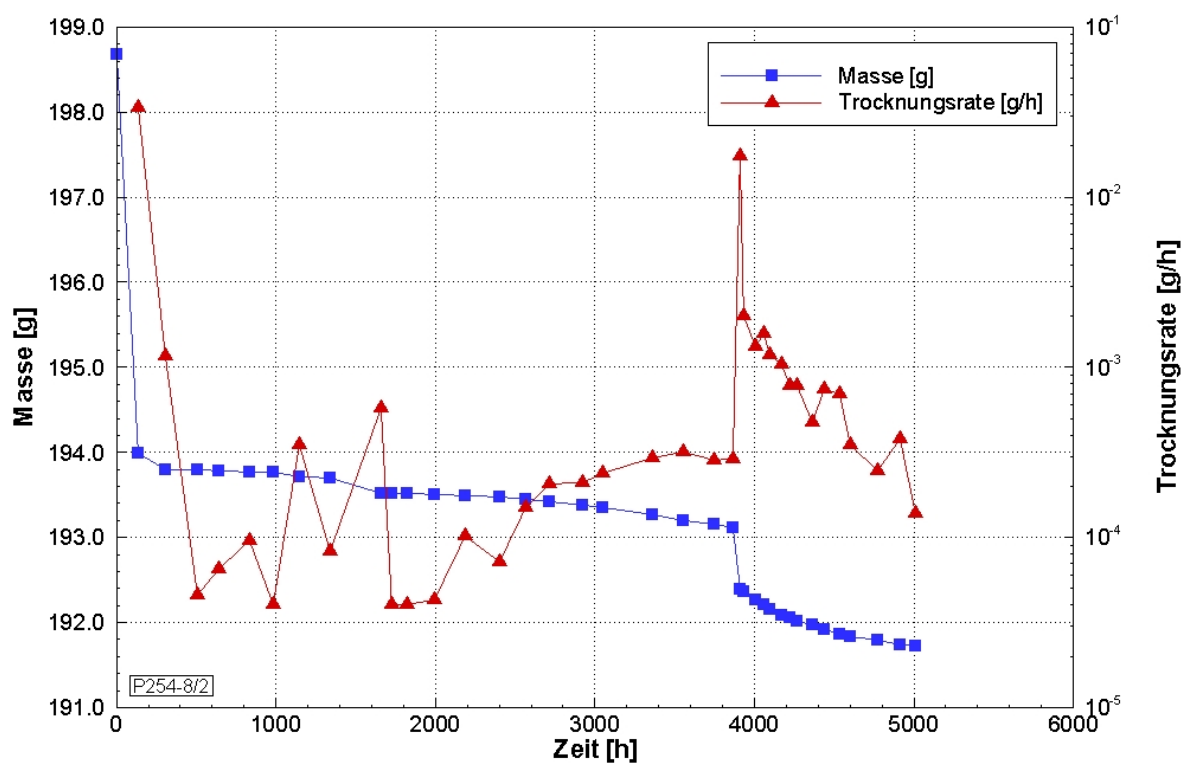
**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	06.01.2015	14:30	12.01.2015	09:00	193.997
40	12.01.2015	10:15	19.01.2015	09:00	193.802
40	19.01.2015	11:20	27.01.2015	15:00	193.793
40	27.01.2015	16:00	02.02.2015	11:00	193.784
40	02.02.2015	12:00	10.02.2015	09:15	193.766
40	10.02.2015	09:35	16.02.2015	11:00	193.771
60	16.02.2015	11:45	23.02.2015	09:00	193.713
60	23.02.2015	09:50	03.03.2015	11:00	193.697
60	03.03.2015	12:30	16.03.2015	11:45	193.519
60	16.03.2015	16:30	19.03.2015	10:00	193.518
60	19.03.2015	15:30	23.03.2015	10:15	193.517
60	23.03.2015	12:10	30.03.2015	08:00	193.510
60	30.03.2015	15:45	07.04.2015	10:15	193.491
60	07.04.2015	15:30	16.04.2015	09:30	193.476
60	16.04.2015	15:00	23.04.2015	08:15	193.452
60	23.04.2015	12:00	29.04.2015	09:15	193.423
60	29.04.2015	16:00	08.05.2015	08:30	193.379
60	08.05.2015	12:15	13.05.2015	09:00	193.351
60	13.05.2015	15:45	26.05.2015	08:30	193.261
60	26.05.2015	15:30	03.06.2015	09:15	193.202
60	03.06.2015	15:40	11.06.2015	11:00	193.149
60	11.06.2015	15:30	16.06.2015	10:10	193.116
60	16.06.2015	15:55	18.06.2015	09:20	192.393
105	18.06.2015	16:00	19.06.2015	09:35	192.358



**Probennummer**      **P254-8/2**

Trocknungs- temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
105	19.06.2015	14:10	22.06.2015	08:00	192.271
105	22.06.2015	16:30	24.06.2015	10:00	192.206
105	24.06.2015	16:45	26.06.2015	07:45	192.160
105	26.06.2015	10:45	29.06.2015	08:15	192.088
105	29.06.2015	11:30	01.07.2015	08:30	192.053
105	01.07.2015	11:00	03.07.2015	09:15	192.017
105	03.07.2015	11:50	07.07.2015	08:30	191.973
105	07.07.2015	11:30	10.07.2015	09:00	191.921
105	10.07.2015	11:30	14.07.2015	09:15	191.856
105	14.07.2015	11:30	17.07.2015	08:30	191.832
105	17.07.2015	11:00	24.07.2015	08:45	191.791
105	24.07.2015	11:45	30.07.2015	08:30	191.738
105	30.07.2015	11:30	03.08.2015	10:00	191.725


 Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit

**Anlage 1.26 P254-8/372\_P48****Anlage 1.26.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P48
<b>Datum Probennahme</b>	27.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-8/3
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	48.68 - 48.78 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	101.40 ± 0.46	101.03 ± 0.35	1662.600 ± 0.002	2.038 ± 0.020

## Anlage 1.26.2 Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe (stationäre Messung)

Probennummer **P254-8/3**

Testfluid	Luft		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 25 °C	1.184E+00	vor Versuch	101.40 ± 0.46	101.03 ± 0.35	1662.6 ± 0.002	2.038 ± 0.020
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	1.85E-05	nach Versuch	101.40 ± 0.46	101.03 ± 0.35	1662.6 ± 0.002	2.038 ± 0.020

Bemerkungen	-
-------------	---

k (Klinkenberg korrigiert) [m²]	kein Einfluss
k (Turbulenz korrigiert) [m²]	kein Einfluss

Nr.	Datum	Uhrzeit	S	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
-	-	-	%	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
1	12.06.2015	10:05	88.9	25.7	0.80	1.58E-03	975.70	8.85	<b>2.1E-14±5E-16</b>
2	12.06.2015	10:32	88.9	25.7	0.80	1.75E-03	975.70	9.83	<b>2.1E-14±5E-16</b>
3	12.06.2015	11:12	88.9	25.7	0.80	1.91E-03	975.70	10.75	<b>2.1E-14±5E-16</b>
4	12.06.2015	11:47	88.9	25.7	0.80	2.10E-03	975.70	11.86	<b>2.1E-14±5E-16</b>
5	12.06.2015	12:08	88.9	25.7	0.80	2.33E-03	975.70	13.41	<b>2.1E-14±5E-16</b>

**Anlage 1.26.3 Lösungspemeabilität (instationäre Messung)****Probennummer**      **P254-8/3****Versuchsbedingungen Permeabilität**

<b>Druckautoklav</b>	IBeWa L3
<b>Testfluid</b>	Lösung P254-8/3
<b>Dichte Fluid [g/cm³] bei 20 °C</b>	1.208
<b>Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C</b>	2.08E-03
<b>Bemerkungen</b>	Probe im Autoklav aufgesättigt; Dichte Fluid: Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten

<b>Gaseindringdruck [MPa]</b>	n.b.
-------------------------------	------

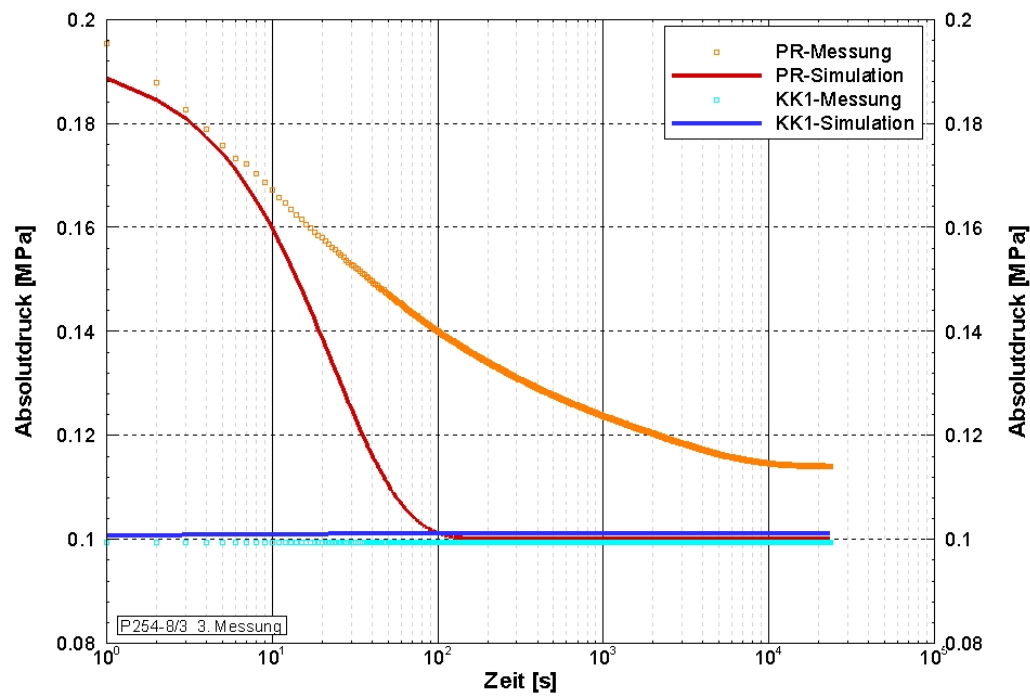
**Aufsättigung**

<b>Verfahren</b>	im Autoklav
<b>Beginn Aufsättigung</b>	18.06.2015
<b>Ende Aufsättigung</b>	18.06.2015
<b>Masse vor Aufsättigung [g]</b>	1662.6 ± 0.002
<b>Masse nach Aufsättigung [g]</b>	1686.3 ± 0.002

	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>vor Versuch</b>	101.40 ± 0.46	101.03 ± 0.35	1662.6 ± 0.002	2.039 ± 0.020
<b>nach Versuch</b>	102.63 ± 0.34	100.82 ± 0.32	1686.3 ± 0.002	2.023 ± 0.015

Fluiddrücke sind Relativwerte.

Beginn								Ende							k (operativ)	Versuchs- konfigu- ration
Nr.	Datum	Uhr- zeit	Tem- peratur	pMantel	pEin- gang	pAus- gang	pLuft	Datum	Uhr- zeit	Tem- peratur	pMantel	pEin- gang	pAus- gang	pLuft		
-	-	-	[°C]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mbar]	-	-	[°C]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mbar]		
1	18.06.2015	09:29	25.9	0.46	0.03	0.00	974.9	18.06.2015	10:14	25.3	0.45	0.01	0.00	974.7		
2	18.06.2015	11:15	26.0	0.45	0.07	0.00	974.2	18.06.2015	14:04	26.0	0.46	0.01	0.00	973.7		
3	18.06.2015	15:54	26.5	0.46	0.09	0.00	972.9	19.06.2015	07:42	25.2	0.33	0.01	0.00	975.1	3e-16	
4	19.06.2015	09:32	25.1	0.45	0.16	0.00	975.7	22.06.2015	10:34	25.9	0.30	0.01	0.00	972.0		



Druckverlauf in Abhängigkeit von der Zeit - gemessen und angepasst

**Anlage 1.26.4 Bestimmung Haftwassersättigung**Probennummer **P254-8/3**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid	Temperatur
g		g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	°C
1686.3	Lösung P254-8	1.208	0.305899	20

**Bemerkung**

Dichte Porenfluid : Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten

Beginn Trocknung		Masse
Datum	Uhrzeit	g
25.06.2015	09:50	1686.30
03.07.2015	09:30	1688.10
13.07.2015	10:45	1689.30
20.07.2015	10:50	1688.90
27.07.2015	10:45	1688.90
03.08.2015	11:35	1690.10
12.08.2015	10:15	1689.90
18.08.2015	09:45	1690.30
25.08.2015	09:45	1691.70
01.09.2015	08:30	1690.90
08.09.2015	09:30	1692.20
28.09.2015	12:15	1692.30
09.10.2015	09:15	1691.90
19.10.2015	14:27	1690.55
22.10.2015	11:36	1689.95

## Anlage 1.27 P254-8/472\_P48

### Anlage 1.27.1 Allgemeine Angaben

#### Allgemeine Angaben

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P48
<b>Datum Probennahme</b>	27.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

#### Bohrung

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

#### Probekörper

<b>Probenname (AN)</b>	P254-8/4
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	48.68 - 48.78 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 8/3 nach dem Abtropfversuch für Bestimmung Hg-Porosimetrie

Eigenschaften Probe	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	0.724 ± 0.001	n.b.



**Anlage 1.28 P254-8/572\_P48****Anlage 1.28.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P48
<b>Datum Probennahme</b>	27.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-8/5
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	48.68 - 48.78 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 8/3 nach dem Abtropfversuch für Bestimmung Hg-Porosimetrie

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	0.700 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.29 P254-8/672\_P48****Anlage 1.29.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P48
<b>Datum Probennahme</b>	27.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-8/6
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	48.68 - 48.78 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 8/3 nach dem Abtropfversuch für Bestimmung Hg-Porosimetrie

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	1.126 ± 0.001	n.b.

## Anlage 1.30 P254-8/772\_P48

### Anlage 1.30.1 Allgemeine Angaben

#### Allgemeine Angaben

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P48
<b>Datum Probennahme</b>	27.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

#### Bohrung

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

#### Probekörper

<b>Probenname (AN)</b>	P254-8/7
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	48.68 - 48.78 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 8/3 nach dem Abtropfversuch

Eigenschaften Probe	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	236.935 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.30.2 Trocknung**Probennummer **P254-8/7**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
236.935	NaCl-Lösung	1.208	0.306

**Bemerkung**

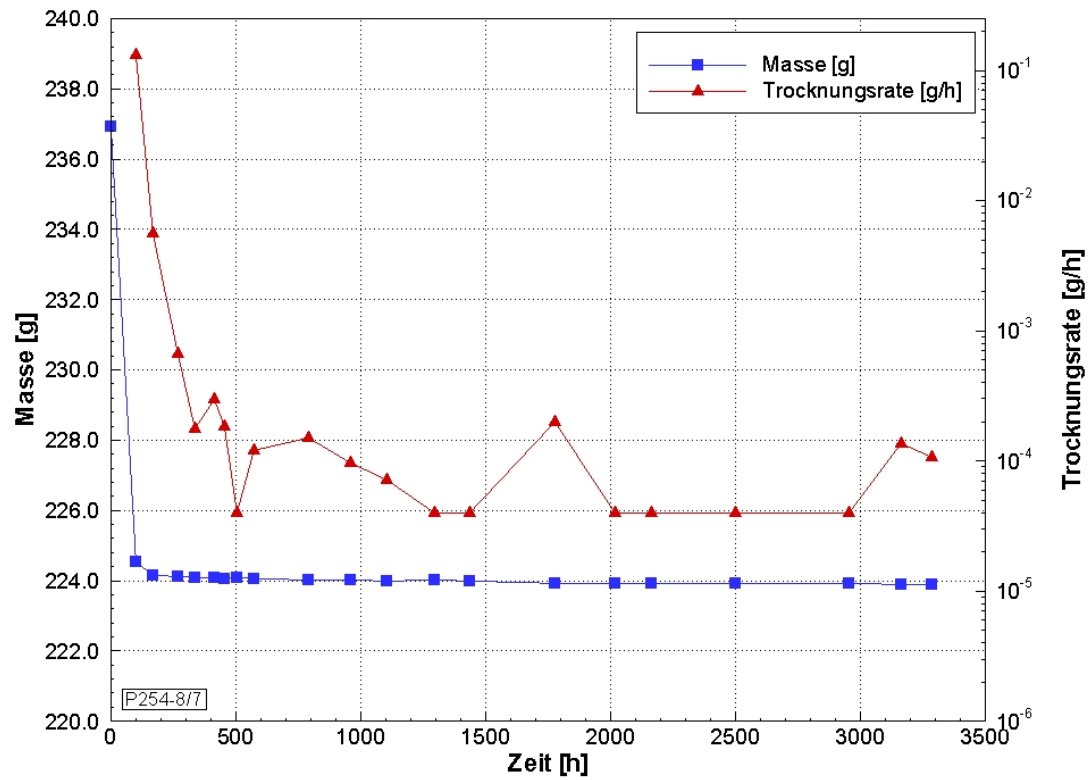
--

**Ergebnisse**

Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.08 ± < 0.0001	219.444

**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	23.10.2015	12:25	27.10.2015	10:30	224.519
40	27.10.2015	17:30	30.10.2015	09:30	224.161
40	30.10.2015	12:15	03.11.2015	09:00	224.100
40	03.11.2015	17:15	06.11.2015	08:00	224.089
40	06.11.2015	12:00	09.11.2015	10:15	224.068
40	09.11.2015	17:45	11.11.2015	08:00	224.061
40	11.11.2015	12:00	13.11.2015	08:30	224.067
40	13.11.2015	14:00	16.11.2015	08:00	224.059
40	16.11.2015	11:15	25.11.2015	10:00	224.027
40	25.11.2015	11:15	02.12.2015	10:45	224.011
40	02.12.2015	14:00	08.12.2015	09:15	224.001
40	08.12.2015	11:30	16.12.2015	09:00	224.004
40	16.12.2015	10:30	22.12.2015	09:00	223.999
40	22.12.2015	10:00	05.01.2016	09:00	223.933
40	05.01.2016	15:15	15.01.2016	10:30	223.926
40	15.01.2016	15:40	21.01.2016	08:00	223.925
40	21.01.2016	15:35	04.02.2016	11:30	223.925
40	04.02.2016	15:45	23.02.2016	11:50	223.912
40	23.02.2016	16:00	02.03.2016	16:30	223.886
40	03.03.2016	09:00	08.03.2016	12:15	223.873

**Probennummer**      **P254-8/7**
Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit

## Anlage 1.31 P254-8/872\_P48

### Anlage 1.31.1 Allgemeine Angaben

#### Allgemeine Angaben

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P48
<b>Datum Probennahme</b>	27.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

#### Bohrung

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

#### Probekörper

<b>Probenname (AN)</b>	P254-8/8
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	48.68 - 48.78 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 8/3 nach dem Abtropfversuch für Karl-Fischer- Titration

Eigenschaften Probe	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	n.b.	n.b.

**Anlage 1.32 P254-9/172\_P70****Anlage 1.32.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P70
<b>Datum Probennahme</b>	30.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-9/1
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	70.22 - 70.32 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	101.37 ± 0.31	101.34 ± 0.10	1679.900 ± 0.002	2.054 ± 0.013

**Anlage 1. 32. 2 Gasentspannungsversuch**
**Probennummer**                **P254-9/1**

<b>Datum</b>	13.01.2015
<b>Masse [g]</b>	1679.9
<b>V1 [ml]</b>	1050.38
<b>V2 [ml]</b>	2868.72
<b>Volumen Probe [cm³]</b>	817.43
<b>mittlere Porosität [-]</b>	<b>0.078±0.001</b>
<b>Bemerkung</b>	-

**Messprotokoll**

Uhrzeit	Temperatur	Luftdruck	pEingang	pAusgleich	V1:V_P	V_Poren	Porosität
	°C	mbar	bar	bar	ml	ml	-
10:55	25.54	972.6	1.498	0.497	2115.554	64.264	0.079
11:06	25.62	972.5	1.548	0.514	2113.021	61.731	0.076
11:11	25.61	972.3	2.004	0.665	2114.976	63.686	0.078
11:23	25.61	972.2	1.506	0.500	2113.365	62.075	0.076
11:34	25.59	971.9	1.999	0.663	2116.603	65.313	0.080
11:53	25.98	971.7	2.010	0.667	2114.933	63.643	0.078
12:05	25.96	971.6	2.486	0.825	2114.765	63.475	0.078
12:16	25.91	971.4	2.444	0.811	2115.007	63.717	0.078
12:22	25.8	971.3	2.501	0.830	2114.681	63.391	0.078



**Anlage 1.33 P254-9/272\_P70****Anlage 1.33.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P70
<b>Datum Probennahme</b>	30.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-9/2
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Daniela Wilsnack
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	70.22 - 70.32 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS nahe des Kernes 9/1

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	153.966 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.33.2 Trocknung**Probennummer **P254-9/2**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
153.966	NaCl-Lösung	1.209	0.297

**Bemerkung**

--

**Ergebnisse**

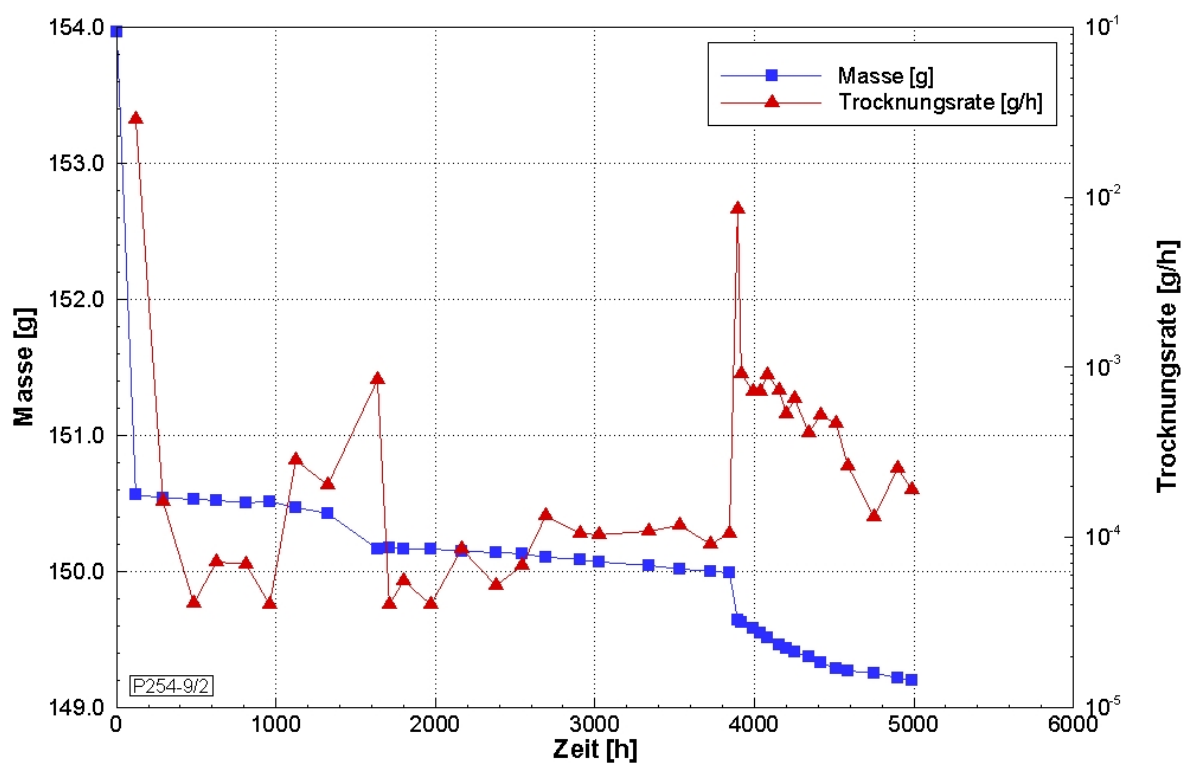
Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.031 ± < 0.0001	149.394
60	0.039 ± < 0.0001	148.241
105	0.043 ± < 0.0001	147.652

**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	07.01.2015	09:45	12.01.2015	09:00	150.566
40	12.01.2015	10:15	19.01.2015	09:00	150.539
40	19.01.2015	12:20	27.01.2015	15:00	150.531
40	27.01.2015	15:30	02.02.2015	12:00	150.521
40	02.02.2015	14:30	10.02.2015	09:15	150.508
40	10.02.2015	09:35	16.02.2015	11:00	150.512
60	16.02.2015	11:45	23.02.2015	09:00	150.465
60	23.02.2015	09:45	03.03.2015	11:00	150.426
60	03.03.2015	12:30	16.03.2015	11:45	150.165
60	16.03.2015	16:30	19.03.2015	10:00	150.171
60	19.03.2015	15:30	23.03.2015	10:15	150.166
60	23.03.2015	12:10	30.03.2015	08:00	150.164
60	30.03.2015	15:45	07.04.2015	10:15	150.148
60	07.04.2015	15:30	16.04.2015	09:30	150.137
60	16.04.2015	15:00	23.04.2015	08:15	150.126
60	23.04.2015	12:00	29.04.2015	09:15	150.107
60	29.04.2015	16:00	08.05.2015	08:30	150.085
60	08.05.2015	12:15	13.05.2015	09:00	150.073
60	13.05.2015	15:45	26.05.2015	08:30	150.040
60	26.05.2015	15:30	03.06.2015	09:15	150.018
60	03.06.2015	15:40	11.06.2015	11:00	150.001
60	11.06.2015	15:30	16.06.2015	10:10	149.989
60	16.06.2015	15:55	18.06.2015	09:20	149.641
105	18.06.2015	16:00	19.06.2015	09:35	149.625

**Probennummer**      **P254-9/2**

Trocknungs- temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
105	19.06.2015	14:10	22.06.2015	08:00	149.578
105	22.06.2015	16:30	24.06.2015	10:00	149.548
105	24.06.2015	16:45	26.06.2015	07:45	149.513
105	26.06.2015	10:45	29.06.2015	08:15	149.462
105	29.06.2015	11:30	01.07.2015	08:30	149.438
105	01.07.2015	11:00	03.07.2015	09:15	149.408
105	03.07.2015	11:50	07.07.2015	08:30	149.370
105	07.07.2015	11:30	10.07.2015	09:00	149.334
105	10.07.2015	11:30	14.07.2015	09:15	149.290
105	14.07.2015	11:30	17.07.2015	08:30	149.272
105	17.07.2015	11:00	24.07.2015	08:45	149.250
105	24.07.2015	11:45	30.07.2015	08:30	149.214
105	30.07.2015	11:30	03.08.2015	10:00	149.196


 Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit

**Anlage 1.34 P254-9/372\_P70****Anlage 1.34.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P70
<b>Datum Probennahme</b>	30.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-9/3
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Thomas Viertel
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	70.22 - 70.32 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	101.99 ± 0.43	99.80 ± 0.37	1655.200 ± 0.002	2.030 ± 0.019

**Anlage 1.34.2 Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe (stationäre Messung)**Probennummer **P254-9/3**

Testfluid	Luft		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 25 °C	1.184E+00	vor Versuch	101.99 ± 0.43	99.80 ± 0.37	1655.2 ± 0.002	2.030 ± 0.019
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	1.85E-05	nach Versuch	101.99 ± 0.43	99.80 ± 0.37	1652.7 ± 0.002	2.027 ± 0.019

Bemerkungen	-
-------------	---

k (Klinkenberg korrigiert) [m²]	kein Einfluss
k (Turbulenz korrigiert) [m²]	9.8E-11

Nr.	Datum	Uhrzeit	S	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
-	-	-	%	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
4	10.02.2014	11:22	61.0	24.8	1.20	3.24E-04	986.60	1009.00	1.2E-11±< 0.001
2	10.02.2015	09:55	61.0	24.7	1.20	2.16E-04	986.50	825.70	1.4E-11±< 0.001
1	10.02.2015	10:42	61.0	24.7	1.20	1.47E-04	986.50	662.00	1.7E-11±< 0.001
3	10.02.2015	11:17	61.0	24.7	1.20	1.96E-04	986.60	756.30	1.4E-11±< 0.001
5	10.02.2015	11:28	61.0	24.8	1.20	3.04E-04	986.40	965.60	1.2E-11±< 0.001
6	10.02.2015	11:48	61.0	24.7	1.20	3.63E-04	986.50	1077.00	1.1E-11±< 0.001
7	10.02.2015	12:05	61.0	24.7	1.20	4.31E-04	986.40	1173.00	1.0E-11±< 0.001

## Anlage 1.34.3 Lösungsspermeabilität (stationäre Messung)

Probennummer **P254-9/3**

Testfluid	Lösung P254-9		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 20 °C	1.209E+00	vor Versuch	101.99 ± 0.43	99.80 ± 0.37	1653.1 ± 0.002	2.039 ± 0.015
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	2.18E-03	nach Versuch	101.73 ± 0.36	99.75 ± 0.22	1638.7 ± 0.002	2.010 ± 0.018

Bemerkungen	Probe im Autoklav aufgesättigt; Dichte Fluid: Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten
-------------	--

Versuchs- schritt	Datum	Uhrzeit	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
	-	-	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
1	30.03.2015	08:15	24.1	7.20	2.0000000E-03	968.5		
2	30.03.2015	09:40	24.9	7.50	6.0000000E-03	968.5		
3	30.03.2015	11:45	25.0	7.74	7.0000000E-03	971.4		
4	30.03.2015	12:45	25.0	7.13	2.0000000E-03	972.6	6.380E+01	1.4E-11±< 0.001

**Anlage 1.34.4 Bestimmung Haftwassersättigung**Probennummer **P254-9/3**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid	Temperatur
g		g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	°C
1638.7	Lösung P254-9	1.209	0.296872	20

**Bemerkung**

Dichte Porenfluid : Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten

Beginn Trocknung		Masse
Datum	Uhrzeit	g
01.04.2015	09:45	1638.70
08.04.2015	09:43	1636.80
10.04.2015	09:17	1635.60
13.04.2015	09:35	1634.60
28.04.2015	11:45	1631.10
30.04.2015	14:48	1630.90
04.05.2015	09:55	1629.90
06.05.2015	10:00	1629.90
18.05.2015	10:38	1628.70
29.05.2015	09:12	1627.90
19.06.2015	10:00	1625.80
23.06.2015	15:25	1625.40
03.07.2015	09:30	1623.70
13.07.2015	10:45	1621.90
20.07.2015	10:50	1620.90
27.07.2015	10:45	1619.10
03.08.2015	10:35	1619.00
12.08.2015	10:15	1617.30
18.08.2015	09:45	1616.30
25.08.2015	09:45	1615.90
01.09.2015	08:30	1614.40
08.09.2015	09:30	1614.70
28.09.2015	12:15	1613.30
09.10.2015	09:15	1612.45
19.10.2015	14:30	1611.55
02.12.2015	12:15	1609.60
16.12.2015	10:30	1609.05
12.01.2016	14:45	1606.70
08.02.2016	11:30	1606.55
03.03.2016	10:30	1606.20
16.03.2016	11:00	1606.55
30.03.2016	13:30	1605.95
18.04.2016	10:15	1604.80
13.06.2016	12:30	1603.00

**Anlage 1. 34. 5 Gasentspannungsversuch**Probennummer **P254-9/3**

Datum	12.02.2015
Masse [g]	1652.6
V1 [ml]	1050.38
V2 [ml]	2868.72
Volumen Probe [cm <sup>3</sup> ]	814.87
mittlere Porosität [-]	<b>0.083±0.002</b>
Bemerkung	-

**Messprotokoll**

Uhrzeit	Temperatur	Luftdruck	pEingang	pAusgleich	V1:V_P	V_Poren	Porosität
	°C	mbar	bar	bar	ml	ml	-
09:20	25.68	981.9	1.536	0.509	2119.333	65.483	0.080
09:30	25.68	982.1	1.491	0.494	2119.896	66.046	0.081
09:41	25.73	982.1	1.504	0.498	2121.852	68.002	0.083
09:51	25.82	982.1	1.942	0.643	2121.996	68.146	0.084
10:17	25.68	982.1	2.049	0.678	2123.998	70.148	0.086
10:33	25.78	982.2	1.920	0.636	2120.578	66.728	0.082
10:51	25.72	982.2	2.425	0.803	2121.689	67.839	0.083
11:05	25.82	982.2	2.401	0.796	2117.914	64.064	0.079
11:15	25.71	982.2	2.351	0.778	2123.712	69.862	0.086



**Anlage 1.35 P254-9/472\_P70****Anlage 1.35.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P70
<b>Datum Probennahme</b>	30.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-9/4
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	70.22 - 70.32 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 9/3 nach dem Abtropfversuch

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	n.b.	n.b.

**Anlage 1.36 P254-9/572\_P70****Anlage 1.36.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P70
<b>Datum Probennahme</b>	30.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-9/5
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	70.22 - 70.32 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 9/3 nach dem Abtropfversuch

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	n.b.	n.b.

**Anlage 1.37 P254-9/672\_P70****Anlage 1.37.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P70
<b>Datum Probennahme</b>	30.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-9/6
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	70.22 - 70.32 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 9/3 nach dem Abtropfversuch

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	n.b.	n.b.

**Anlage 1.38 P254-9/772\_P70****Anlage 1.38.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P70
<b>Datum Probennahme</b>	30.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-9/7
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	70.22 - 70.32 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 9/3 nach dem Abtropfversuch

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	n.b.	1.954 ± 0.012

**Anlage 1.39 P254-9/872\_P70****Anlage 1.39.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P70
<b>Datum Probennahme</b>	30.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-9/8
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Ronny Jentzsch
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	70.22 - 70.32 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	101.00 ± 0.32	102.59 ± 0.28	1631.500 ± 0.002	1.985 ± 0.014

## Anlage 1.39.2 Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe (stationäre Messung)

 Probennummer **P254-9/8**

Testfluid	Luft		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 25 °C	1.184E+00	vor Versuch	101.00 ± 0.32	102.59 ± 0.28	1631.5 ± 0.002	1.985 ± 0.014
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	1.85E-05	nach Versuch	101.00 ± 0.32	102.59 ± 0.28	1631.5 ± 0.002	1.985 ± 0.014

Bemerkungen	stationäre Messung war mit Flowmeter VP3 nicht mehr möglich, daher Messung mit Sensor
-------------	---

k (Klinkenberg korrigiert) [m²]	kein Einfluss
k (Turbulenz korrigiert) [m²]	kein Einfluss

Nr.	Datum	Uhrzeit	S	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
-	-	-	%	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
1	11.11.2015	15:33	69.7	25.9	1.21	2.02E-02	1000.20	2.00	<b>3.4E-16±8E-18</b>

### Anlage 1.39.3 Lösungsspermeabilität (stationäre Messung)

Probennummer **P254-9/8**

Testfluid	Lösung P254-9		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 20 °C	1.209E+00	vor Versuch	101.00 ± 0.32	102.59 ± 0.28	1631.5 ± 0.002	1.985 ± 0.014
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	2.18E-03	nach Versuch	101.39 ± 0.23	100.59 ± 0.28	1597.150 ± 0.002	1.967 ± 0.011

Bemerkungen	Probe im Autoklav aufgesättigt; Dichte Fluid: Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten
-------------	--

Versuchs- schritt	Datum	Uhrzeit	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
	-	-	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
1	20.11.2015	09:00	26.7	11.90	9.6300000E-02	981.5		
2	23.11.2015	10:25	25.6	11.80	1.1975000E-02	988.7	1.000E-02	3.7E-16±9E-18

**Anlage 1. 39. 4 Gasentspannungsversuch**
**Probennummer**                **P254-9/8**

<b>Datum</b>	02.11.2015
<b>Masse [g]</b>	1631.25
<b>V1 [ml]</b>	1050.38
<b>V2 [ml]</b>	2988.72
<b>Volumen Probe [cm³]</b>	840.52
<b>mittlere Porosität [-]</b>	<b>0.049±0.002</b>
<b>Bemerkung</b>	-

**Messprotokoll**

Uhrzeit	Temperatur	Luftdruck	pEingang	pAusgleich	V1:V_P	V_Poren	Porosität
	°C	mbar	bar	bar	ml	ml	-
12:40	25.39	991.2	3.026	0.981	2189.630	41.430	0.049
11:23	25.75	991.5	1.511	0.490	2188.649	40.449	0.048
11:32	25.78	991.4	1.523	0.494	2187.937	39.737	0.047
11:43	25.76	991.4	1.511	0.490	2188.649	40.449	0.048
11:53	25.78	991.4	2.050	0.665	2187.634	39.434	0.047
12:02	25.68	991.4	2.029	0.658	2188.558	40.358	0.048
12:11	25.62	991.4	2.091	0.678	2189.066	40.866	0.049
12:20	25.53	991.4	3.019	0.978	2192.051	43.851	0.052
12:31	25.48	991.2	3.020	0.978	2193.125	44.925	0.053



**Anlage 1.40 P254-9/972\_P70****Anlage 1.40.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P70
<b>Datum Probennahme</b>	30.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-9/9
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	70.22 - 70.32 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS nahe des Kernes 9/8

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	287.338 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.40.2 Trocknung**Probennummer **P254-9/9**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
287.338	NaCl-Lösung	1.209	0.297

**Bemerkung**

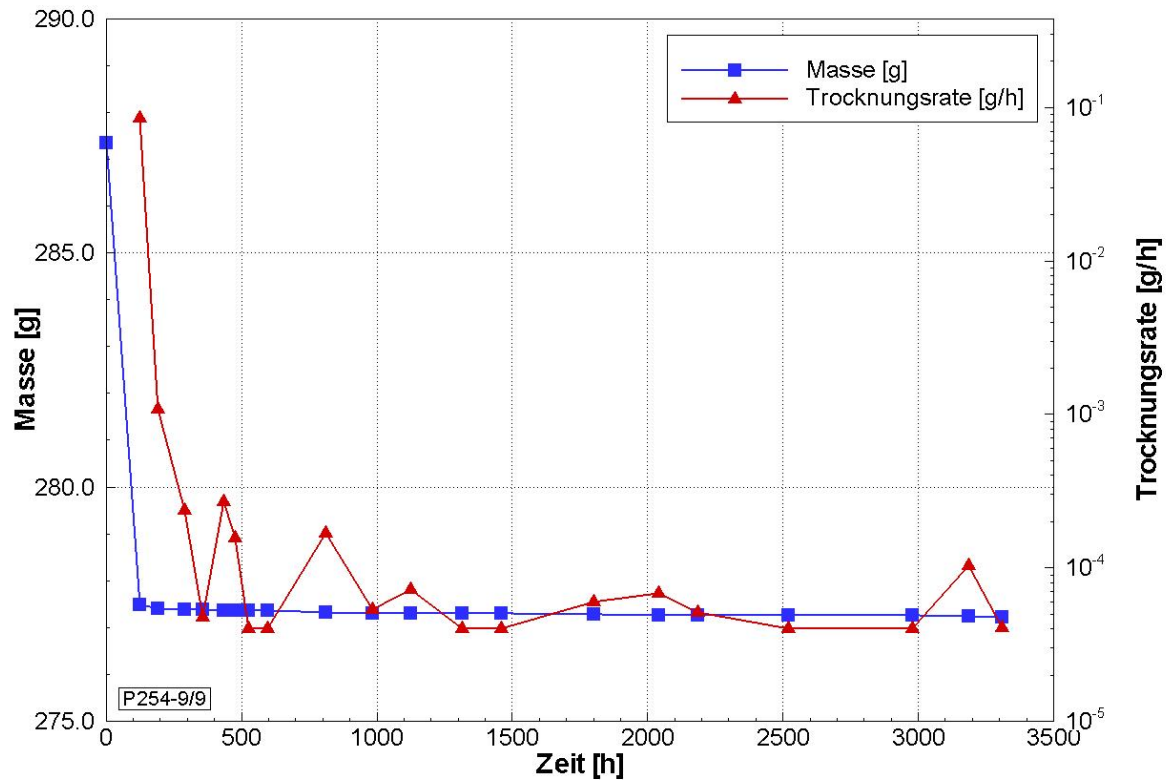
--

**Ergebnisse**

Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.049 ± < 0.0001	273.940

**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	22.10.2015	14:12	27.10.2015	10:30	277.475
40	27.10.2015	17:30	30.10.2015	09:30	277.406
40	30.10.2015	12:15	03.11.2015	09:00	277.384
40	03.11.2015	17:15	06.11.2015	08:00	277.381
40	06.11.2015	12:00	09.11.2015	10:15	277.362
40	09.11.2015	17:45	11.11.2015	08:00	277.356
40	11.11.2015	12:00	13.11.2015	08:30	277.356
40	13.11.2015	14:00	16.11.2015	08:00	277.355
40	16.11.2015	11:15	25.11.2015	10:00	277.319
40	25.11.2015	11:15	02.12.2015	10:45	277.310
40	02.12.2015	14:00	08.12.2015	09:15	277.300
40	08.12.2015	11:30	16.12.2015	09:00	277.304
40	16.12.2015	10:30	22.12.2015	09:00	277.302
40	22.12.2015	10:00	05.01.2016	09:00	277.282
40	05.01.2016	15:15	15.01.2016	10:30	277.266
40	15.01.2016	15:40	21.01.2016	08:00	277.259
40	21.01.2016	15:35	04.02.2016	11:30	277.259
40	04.02.2016	15:45	23.02.2016	11:50	277.255
40	23.02.2016	16:00	02.03.2016	16:30	277.235
40	03.03.2016	09:00	08.03.2016	12:15	277.230

**Probennummer**      **P254-9/9**
Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit

## Anlage 1.41 P254-9/1072\_P70

### Anlage 1.41.1 Allgemeine Angaben

#### Allgemeine Angaben

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P70
<b>Datum Probennahme</b>	30.10.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

#### Bohrung

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

#### Probekörper

<b>Probenname (AN)</b>	P254-9/10
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	70.22 - 70.32 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 9/3 nach dem Abtropfversuch für Karl-Fischer- Titration

Eigenschaften Probe	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	n.b.	n.b.

## Anlage 1.42 P254-10/172\_P85

### Anlage 1.42.1 Allgemeine Angaben

#### Allgemeine Angaben

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P85
<b>Datum Probennahme</b>	06.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

#### Bohrung

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

#### Probekörper

<b>Probenname (AN)</b>	P254-10/1
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

Eigenschaften Probe	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Kernstück	Kernstück	n.b.	n.b.

## Anlage 1.43 P254-11/172\_P85

### Anlage 1.43.1 Allgemeine Angaben

#### Allgemeine Angaben

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P85
<b>Datum Probennahme</b>	06.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

#### Bohrung

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

#### Probekörper

<b>Probenname (AN)</b>	P254-11/1
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	85.01 - 85.09 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

Eigenschaften Probe	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	102.09 ± 0.40	79.68 ± 0.50	1266.400 ± 0.002	1.941 ± 0.019

**Anlage 1. 43. 2 Gasentspannungsversuch**Probennummer **P254-11/1**

Datum	13.01.2015
Masse [g]	1263.9
V1 [ml]	1050.38
V2 [ml]	2868.72
Volumen Probe [cm <sup>3</sup> ]	651.96
mittlere Porosität [-]	<b>0.119±0.002</b>
Bemerkung	-

**Messprotokoll**

Uhrzeit	Temperatur	Luftdruck	pEingang	pAusgleich	V1:V_P	V_Poren	Porosität
	°C	mbar	bar	bar	ml	ml	-
12:38	25.71	970.8	2.491	0.783	2291.250	74.490	0.114
13:24	25.64	970.3	1.491	0.468	2296.023	79.263	0.122
13:43	25.69	970.2	1.506	0.473	2293.959	77.199	0.118
13:51	25.8	970	1.528	0.480	2293.330	76.570	0.117
14:00	26.04	970	2.035	0.639	2294.727	77.967	0.120
14:07	26.09	969.8	2.055	0.645	2296.180	79.420	0.122
14:14	26.03	969.6	2.003	0.629	2294.471	77.711	0.119
14:24	25.98	969.7	2.477	0.778	2293.825	77.065	0.118
14:32	25.94	969.5	2.503	0.786	2294.532	77.772	0.119

## Anlage 1.44 P254-11/272\_P85

### Anlage 1.44.1 Allgemeine Angaben

#### Allgemeine Angaben

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P85
<b>Datum Probennahme</b>	06.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

#### Bohrung

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

#### Probekörper

<b>Probenname (AN)</b>	P254-11/2
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Daniela Wilsnack
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	85.01 - 85.09 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS nahe des Kernes 11/1

Eigenschaften Probe	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	150.551 ± 0.001	n.b.



**Anlage 1.44.2 Trocknung**Probennummer **P254-11/2**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
150.551	NaCl-Lösung	1.292	0.398

**Bemerkung**

--

**Ergebnisse**

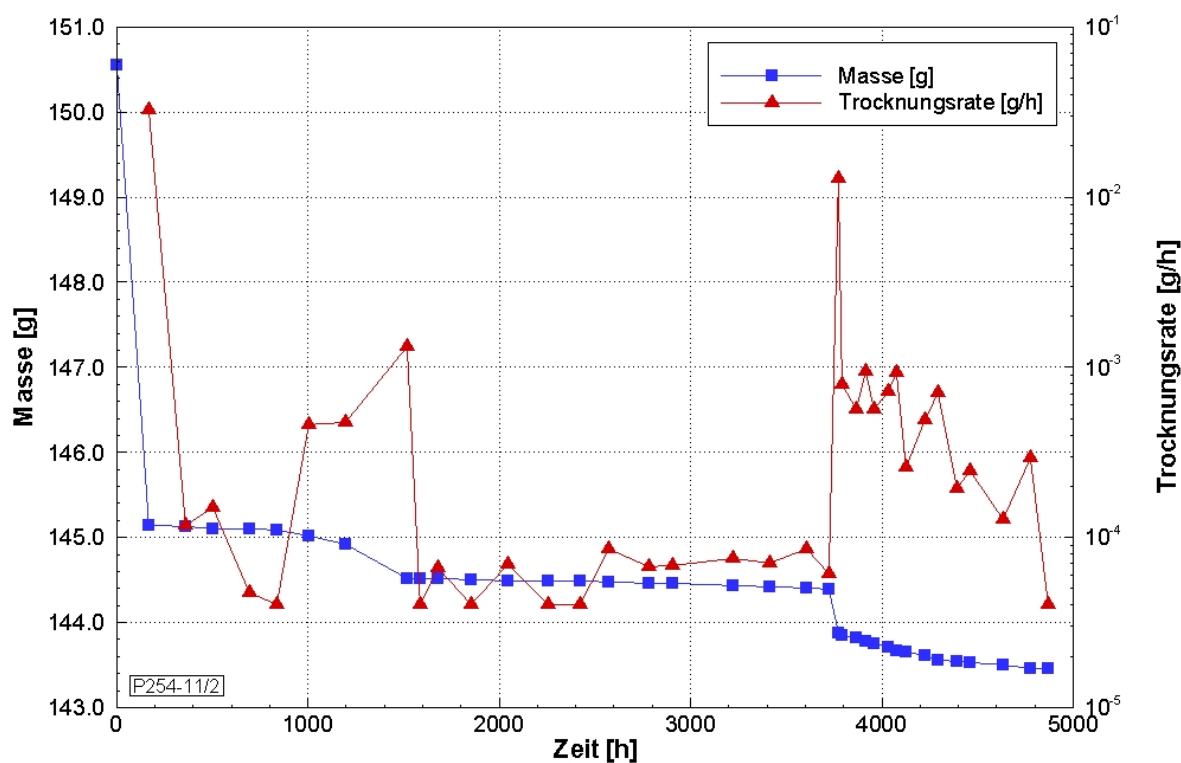
Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.049 ± < 0.0001	143.565
60	0.06 ± < 0.0001	142.003
105	0.06 ± < 0.0001	141.482

**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	12.01.2015	12:00	19.01.2015	09:00	145.146
40	19.01.2015	12:30	27.01.2015	15:00	145.123
40	27.01.2015	15:30	02.02.2015	11:00	145.102
40	02.02.2015	12:00	10.02.2015	09:15	145.093
40	10.02.2015	09:35	16.02.2015	11:00	145.090
60	16.02.2015	11:45	23.02.2015	09:00	145.014
60	23.02.2015	09:50	03.03.2015	11:00	144.923
60	03.03.2015	12:30	16.03.2015	11:45	144.511
60	16.03.2015	16:30	19.03.2015	10:00	144.515
60	19.03.2015	15:30	23.03.2015	10:15	144.509
60	23.03.2015	12:10	30.03.2015	08:00	144.506
60	30.03.2015	15:45	07.04.2015	10:15	144.493
60	07.04.2015	15:30	16.04.2015	09:30	144.493
60	16.04.2015	15:00	23.04.2015	08:15	144.490
60	23.04.2015	12:00	29.04.2015	09:15	144.478
60	29.04.2015	16:00	08.05.2015	08:30	144.464
60	08.05.2015	12:15	13.05.2015	09:00	144.456
60	13.05.2015	15:45	26.05.2015	08:30	144.433
60	26.05.2015	15:30	03.06.2015	09:15	144.420
60	03.06.2015	15:40	11.06.2015	11:00	144.404
60	11.06.2015	15:30	16.06.2015	10:10	144.397
60	16.06.2015	15:55	18.06.2015	09:20	143.869
105	18.06.2015	16:00	19.06.2015	09:35	143.855
105	19.06.2015	14:10	22.06.2015	08:00	143.818

**Probennummer**      **P254-11/2**

Trocknungs- temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
105	19.06.2015	14:10	22.06.2015	08:00	143.818
105	22.06.2015	16:30	24.06.2015	10:00	143.779
105	24.06.2015	16:45	26.06.2015	07:45	143.757
105	26.06.2015	10:45	29.06.2015	08:15	143.707
105	29.06.2015	11:30	01.07.2015	08:30	143.665
105	01.07.2015	11:00	03.07.2015	09:15	143.653
105	03.07.2015	11:50	07.07.2015	08:30	143.608
105	07.07.2015	11:30	10.07.2015	09:00	143.559
105	10.07.2015	11:30	14.07.2015	09:15	143.541
105	14.07.2015	11:30	17.07.2015	08:30	143.524
105	17.07.2015	11:00	24.07.2015	08:45	143.503
105	24.07.2015	11:45	30.07.2015	08:30	143.462
105	30.07.2015	11:30	03.08.2015	10:00	143.461



Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit

**Anlage 1.45 P254-12/172\_P100****Anlage 1.45.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P100
<b>Datum Probennahme</b>	10.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-12/1
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	100.56 - 100.66 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	99.76 ± 0.68	100.43 ± 0.21	1442.400 ± 0.002	1.837 ± 0.025

## Anlage 1.45.2 Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe (stationäre Messung)

 Probennummer **P254-12/1**

Testfluid	Luft		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 25 °C	1.184E+00	vor Versuch	99.76 ± 0.68	100.43 ± 0.21	1442.4 ± 0.002	1.837 ± 0.025
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	1.85E-05	nach Versuch	99.76 ± 0.68	100.43 ± 0.21	1436.0 ± 0.002	1.829 ± 0.026

Bemerkungen	-
-------------	---

k (Klinkenberg korrigiert) [m²]	kein Einfluss
k (Turbulenz korrigiert) [m²]	kein Einfluss

Nr.	Datum	Uhrzeit	S	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
-	-	-	%	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
1	04.02.2015	09:38	46.3	26.2	1.75	1.27E-04	969.20	644.40	1.9E-13±< 0.001
4	04.02.2015	09:38	46.3	26.2	1.75	1.96E-04	969.20	814.53	1.6E-13±< 0.001
5	04.02.2015	09:58	46.3	25.9	1.75	2.65E-04	969.40	966.66	1.4E-13±< 0.001
2	04.02.2015	10:07	46.3	26.0	1.75	1.77E-04	969.40	780.35	1.7E-13±< 0.001
3	04.02.2015	10:33	46.3	25.6	1.75	2.45E-04	969.70	935.60	1.5E-13±< 0.001
6	04.02.2015	10:43	46.3	25.6	1.75	5.10E-04	969.70	1313.25	1.0E-13±< 0.001
7	04.02.2015	11:00	46.3	25.8	1.75	5.79E-04	970.00	1394.25	9.4E-14±< 0.001

### Anlage 1.45.3 Lösungsp permeabilität (stationäre Messung)

Probennummer **P254-12/1**

Testfluid	Lösung P254-12		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 20 °C	1.197E+00	vor Versuch	99.76 ± 0.68	100.43 ± 0.21	1437.6 ± 0.002	1.799 ± 0.030
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	1.90E-03	nach Versuch	100.74 ± 0.80	100.25 ± 0.24	1476.5 ± 0.002	1.848 ± 0.030

Bemerkungen	Probe im Autoklav aufgesättigt; Dichte Fluid: Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten
-------------	--

Versuchs- schritt	Datum	Uhrzeit	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
	-	-	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
1	26.03.2015	10:25	25.5	12.50	2.0000000E-03	981.6		
2	26.03.2015	10:45	25.5	11.80	4.0000000E-03	981.6		
3	26.03.2015	11:00	25.5	11.50	7.0000000E-03	981.6		
4	26.03.2015	11:29	25.5	11.19	7.0000000E-03	981.6	4.900E-01	2.8E-14±7E-16

**Anlage 1.45.4 Bestimmung Haftwassersättigung**Probennummer **P254-12/1**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid	Temperatur
g		g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	°C
1476.5	Lösung P254-12	1.197	0.295695	20

**Bemerkung**

Dichte Porenfluid : Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten

Beginn Trocknung		Masse
Datum	Uhrzeit	g
27.03.2015	14:00	1476.50
30.03.2015	15:30	1475.20
01.04.2015	09:45	1474.70
08.04.2015	09:42	1472.70
10.04.2015	09:11	1472.30
13.04.2015	09:30	1471.90
28.04.2015	11:45	1469.60
30.04.2015	14:47	1469.40
04.05.2015	09:53	1468.60
06.05.2015	10:00	1468.90
21.12.2015	09:05	1464.00
12.01.2016	14:45	1470.05
08.02.2016	11:30	1472.55
03.03.2016	10:30	1474.30
16.03.2016	11:00	1474.65
30.03.2016	10:30	1474.85
18.04.2016	10:15	1476.40
13.06.2016	12:30	1477.75

**Anlage 1. 45. 5 Gasentspannungsversuch**Probennummer **P254-12/1**

Datum	14.01.2015
Masse [g]	1438.3
V1 [ml]	1050.38
V2 [ml]	2868.72
Volumen Probe [cm <sup>3</sup> ]	784.61
mittlere Porosität [-]	<b>0.181±0.004</b>
Bemerkung	-

**Messprotokoll**

Uhrzeit	Temperatur	Luftdruck	pEingang	pAusgleich	V1:V_P	V_Poren	Porosität
	°C	mbar	bar	bar	ml	ml	-
09:15	25.46	969	1.516	0.486	2226.114	142.004	0.181
09:26	25.53	969.4	1.505	0.482	2229.333	145.223	0.185
09:33	25.58	969.7	1.500	0.480	2232.058	147.948	0.189
09:42	25.64	969.6	2.018	0.647	2225.767	141.657	0.181
09:49	25.54	969.7	2.007	0.643	2228.178	144.068	0.184
09:56	25.57	970.1	1.992	0.639	2224.044	139.934	0.178
10:03	25.57	970.1	2.502	0.803	2222.410	138.300	0.176
10:13	25.55	970.1	2.438	0.782	2224.334	140.224	0.179
10:20	25.59	970.2	2.449	0.786	2222.369	138.259	0.176

**Anlage 1.46 P254-12/272\_P100****Anlage 1.46.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P100
<b>Datum Probennahme</b>	10.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-12/2
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Daniela Wilsnack
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	100.56 - 100.66 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS nahe des Kernes 12/1

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	136.285 ± 0.001	n.b.



**Anlage 1.46.2 Trocknung**Probennummer **P254-12/2**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
136.285	NaCl-Lösung	1.197	0.296

**Bemerkung**

--

**Ergebnisse**

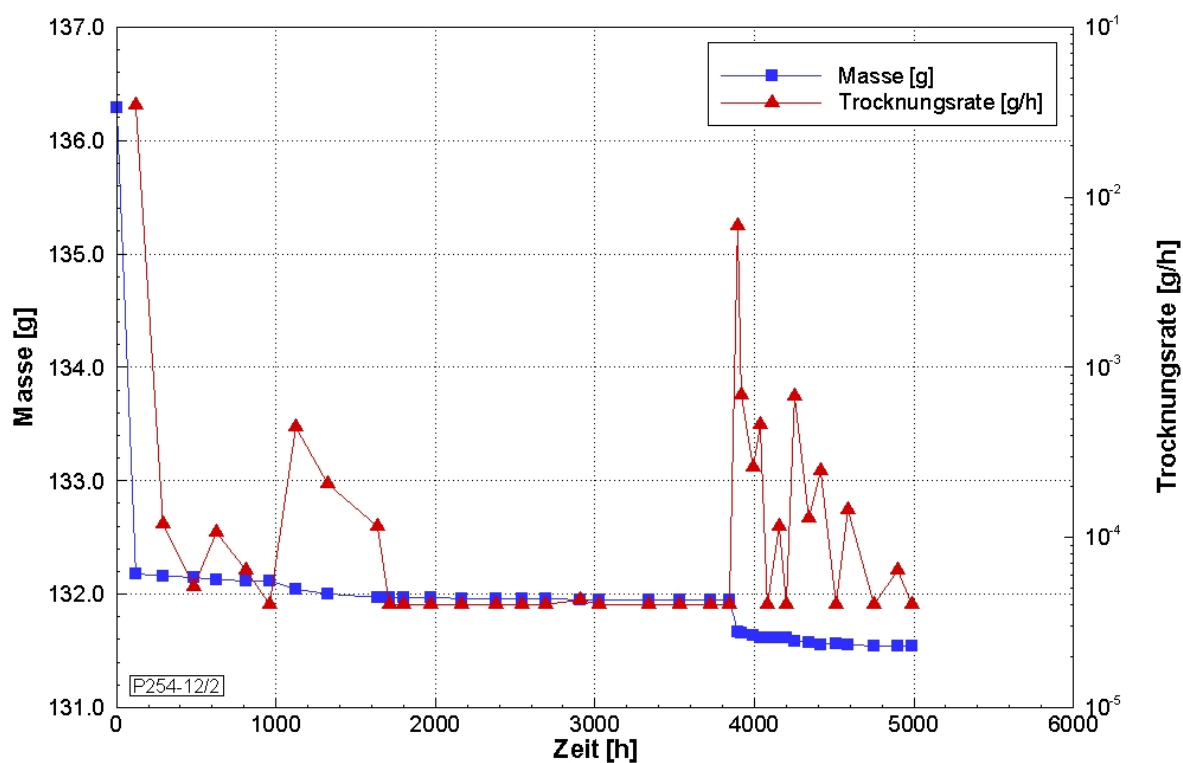
Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.043 ± < 0.0001	130.724
60	0.047 ± < 0.0001	130.122
105	0.049 ± < 0.0001	129.951

**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	07.01.2015	09:45	12.01.2015	09:00	132.174
40	12.01.2015	10:15	19.01.2015	09:00	132.154
40	19.01.2015	12:20	27.01.2015	15:00	132.144
40	27.01.2015	15:30	02.02.2015	12:00	132.129
40	02.02.2015	14:30	10.02.2015	09:15	132.117
40	10.02.2015	09:35	16.02.2015	11:00	132.116
60	16.02.2015	11:45	23.02.2015	09:00	132.042
60	23.02.2015	09:45	03.03.2015	11:00	132.002
60	03.03.2015	12:30	16.03.2015	11:45	131.966
60	16.03.2015	16:30	19.03.2015	10:00	131.965
60	19.03.2015	15:30	23.03.2015	10:15	131.966
60	23.03.2015	12:10	30.03.2015	08:00	131.965
60	30.03.2015	15:45	07.04.2015	10:15	131.958
60	07.04.2015	15:30	16.04.2015	09:30	131.957
60	16.04.2015	15:00	23.04.2015	08:15	131.957
60	23.04.2015	12:00	29.04.2015	09:15	131.957
60	29.04.2015	16:00	08.05.2015	08:30	131.948
60	08.05.2015	12:15	13.05.2015	09:00	131.949
60	13.05.2015	15:45	26.05.2015	08:30	131.947
60	26.05.2015	15:30	03.06.2015	09:15	131.947
60	03.06.2015	15:40	11.06.2015	11:00	131.947
60	11.06.2015	15:30	16.06.2015	10:10	131.947
60	16.06.2015	15:55	18.06.2015	09:20	131.665
105	18.06.2015	16:00	19.06.2015	09:35	131.653

**Probennummer**      **P254-12/2**

Trocknungs- temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
105	19.06.2015	14:10	22.06.2015	08:00	131.636
105	22.06.2015	16:30	24.06.2015	10:00	131.617
105	24.06.2015	16:45	26.06.2015	07:45	131.620
105	26.06.2015	10:45	29.06.2015	08:15	131.612
105	29.06.2015	11:30	01.07.2015	08:30	131.616
105	01.07.2015	11:00	03.07.2015	09:15	131.585
105	03.07.2015	11:50	07.07.2015	08:30	131.573
105	07.07.2015	11:30	10.07.2015	09:00	131.556
105	10.07.2015	11:30	14.07.2015	09:15	131.558
105	14.07.2015	11:30	17.07.2015	08:30	131.548
105	17.07.2015	11:00	24.07.2015	08:45	131.546
105	24.07.2015	11:45	30.07.2015	08:30	131.537
105	30.07.2015	11:30	03.08.2015	10:00	131.537


 Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit

**Anlage 1.47 P254-13/172\_P115****Anlage 1.47.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P115
<b>Datum Probennahme</b>	13.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-13/1
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	115.11 - 115.17 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	101.35 ± 0.27	60.97 ± 0.35	949.500 ± 0.002	1.930 ± 0.015

**Anlage 1. 47. 2 Gasentspannungsversuch**Probennummer **P254-13/1**

Datum	14.01.2015
Masse [g]	947.1
V1 [ml]	1050.38
V2 [ml]	2868.72
Volumen Probe [cm <sup>3</sup> ]	491.65
mittlere Porosität [-]	<b>0.154±0.005</b>
Bemerkung	-

**Messprotokoll**

Uhrzeit	Temperatur	Luftdruck	pEingang	pAusgleich	V1:V_P	V_Poren	Porosität
	°C	mbar	bar	bar	ml	ml	-
10:46	25.82	970.4	1.499	0.449	2456.345	79.275	0.161
10:53	25.82	970.3	1.495	0.448	2454.794	77.724	0.158
11:27	25.86	970.7	1.507	0.452	2451.661	74.591	0.152
11:32	25.75	970.6	2.073	0.622	2450.324	73.254	0.149
11:40	25.62	970.4	2.005	0.601	2453.800	76.730	0.156
11:48	25.54	970.3	1.996	0.598	2455.571	78.501	0.160
12:02	25.53	970.2	2.483	0.745	2450.417	73.347	0.149
12:14	25.54	970.3	2.504	0.751	2451.819	74.749	0.152
12:24	25.53	970.5	2.500	0.750	2450.887	73.817	0.150

**Anlage 1.48 P254-13/272\_P115****Anlage 1.48.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P115
<b>Datum Probennahme</b>	13.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-13/2
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Daniela Wilsnack
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	115.11 - 115.17 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS nahe des Kernes 13/1

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	131.184 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.48.2 Trocknung**Probennummer **P254-13/2**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
131.184	NaCl-Lösung	1.275	0.380

**Bemerkung**

--

**Ergebnisse**

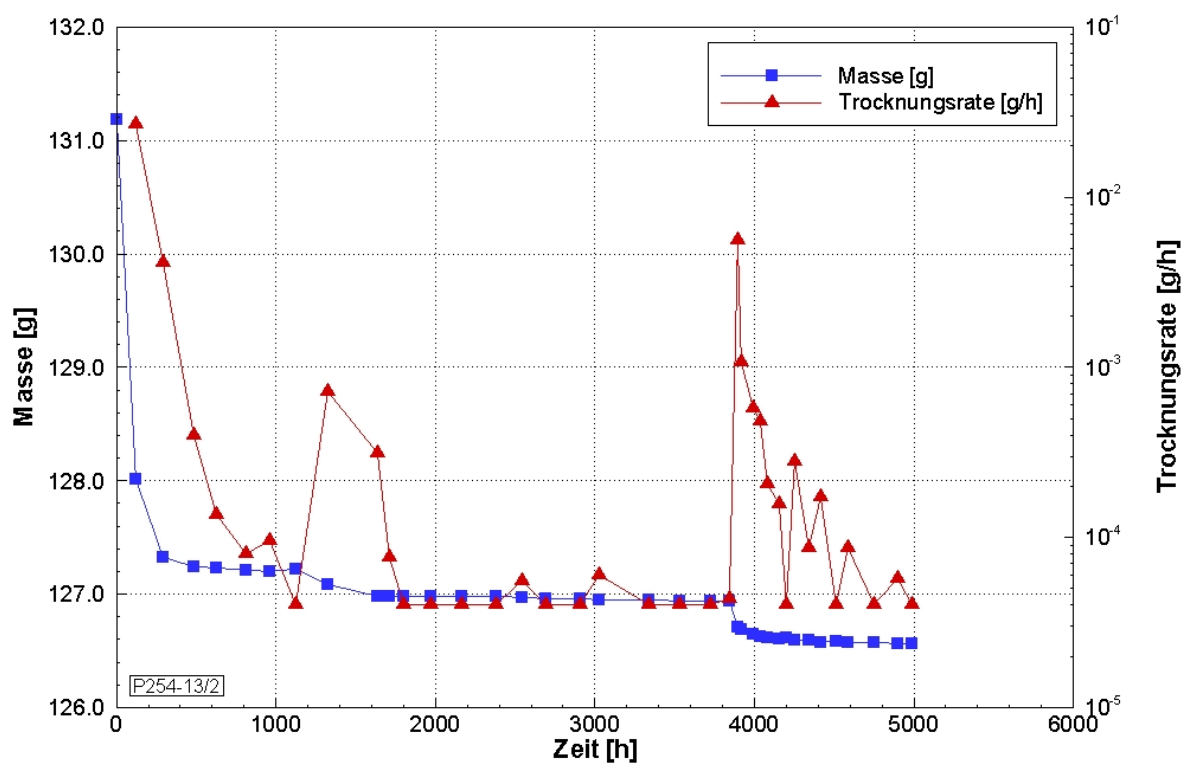
Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.041 ± < 0.0001	126.055
60	0.046 ± < 0.0001	125.420
105	0.047 ± < 0.0001	125.238

**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	07.01.2015	09:45	12.01.2015	09:00	128.010
40	12.01.2015	10:15	19.01.2015	09:00	127.323
40	19.01.2015	12:20	27.01.2015	15:00	127.246
40	27.01.2015	15:30	02.02.2015	12:00	127.227
40	02.02.2015	14:30	10.02.2015	09:15	127.212
40	10.02.2015	09:35	16.02.2015	11:00	127.198
60	16.02.2015	11:45	23.02.2015	09:00	127.218
60	23.02.2015	09:45	03.03.2015	11:00	127.080
60	03.03.2015	12:30	16.03.2015	11:45	126.982
60	16.03.2015	16:30	19.03.2015	10:00	126.977
60	19.03.2015	15:30	23.03.2015	10:15	126.977
60	23.03.2015	12:10	30.03.2015	08:00	126.977
60	30.03.2015	15:45	07.04.2015	10:15	126.976
60	07.04.2015	15:30	16.04.2015	09:30	126.976
60	16.04.2015	15:00	23.04.2015	08:15	126.967
60	23.04.2015	12:00	29.04.2015	09:15	126.963
60	29.04.2015	16:00	08.05.2015	08:30	126.960
60	08.05.2015	12:15	13.05.2015	09:00	126.953
60	13.05.2015	15:45	26.05.2015	08:30	126.945
60	26.05.2015	15:30	03.06.2015	09:15	126.941
60	03.06.2015	15:40	11.06.2015	11:00	126.939
60	11.06.2015	15:30	16.06.2015	10:10	126.934
60	16.06.2015	15:55	18.06.2015	09:20	126.704
105	18.06.2015	16:00	19.06.2015	09:35	126.685

**Probennummer**      **P254-13/2**

Trocknungs- temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
105	19.06.2015	14:10	22.06.2015	08:00	126.647
105	22.06.2015	16:30	24.06.2015	10:00	126.627
105	24.06.2015	16:45	26.06.2015	07:45	126.619
105	26.06.2015	10:45	29.06.2015	08:15	126.608
105	29.06.2015	11:30	01.07.2015	08:30	126.611
105	01.07.2015	11:00	03.07.2015	09:15	126.598
105	03.07.2015	11:50	07.07.2015	08:30	126.590
105	07.07.2015	11:30	10.07.2015	09:00	126.578
105	10.07.2015	11:30	14.07.2015	09:15	126.581
105	14.07.2015	11:30	17.07.2015	08:30	126.575
105	17.07.2015	11:00	24.07.2015	08:45	126.571
105	24.07.2015	11:45	30.07.2015	08:30	126.563
105	30.07.2015	11:30	03.08.2015	10:00	126.563



Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit

**Anlage 1.49 P254-14/172\_P122****Anlage 1.49.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P122
<b>Datum Probennahme</b>	13.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-14/1
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Martin Schön
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	122.15 - 122.25 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	101.00 ± 0.15	100.84 ± 0.53	1656.900 ± 0.002	2.051 ± 0.012



## Anlage 1.49.2 Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe (stationäre Messung)

Probennummer **P254-14/1**

Testfluid	Luft		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 25 °C	1.184E+00	vor Versuch	101.00 ± 0.15	100.84 ± 0.53	1656.9 ± 0.002	2.051 ± 0.012
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	1.85E-05	nach Versuch	101.00 ± 0.15	100.84 ± 0.53	1655.3 ± 0.002	2.049 ± 0.012

Bemerkungen	-
-------------	---

k (Klinkenberg korrigiert) [m²]	kein Einfluss
k (Turbulenz korrigiert) [m²]	3.2E-10

Nr.	Datum	Uhrzeit	S	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
-	-	-	%	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
1	09.02.2015	14:17	56.1	25.5	2.18	1.18E-04	979.10	604.00	1.9E-11±< 0.001
2	09.02.2015	14:17	56.1	25.5	2.18	2.06E-04	978.90	806.93	1.5E-11±< 0.001
3	09.02.2015	14:58	56.1	25.4	2.18	3.38E-04	979.00	1040.00	1.1E-11±< 0.001
5	09.02.2015	15:12	56.1	25.4	2.18	3.73E-04	979.10	1088.60	1.1E-11±< 0.001
4	09.02.2015	15:48	56.1	25.5	2.18	2.94E-04	979.67	974.63	1.2E-11±< 0.001

**Anlage 1.49.3 Lösungspemeabilität (instationäre Messung)**Probennummer **P254-14/1**

Versuchsbedingungen Permeabilität

Druckautoklav	IBeWa L3
Testfluid	Lösung P254-14
Dichte Fluid [g/cm³] bei 20 °C	1.194
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	1.95E-03
Bemerkungen	Probe im Autoklav aufgesättigt; Dichte Fluid: Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten

Gaseindringdruck [MPa]	n.b.
------------------------	------

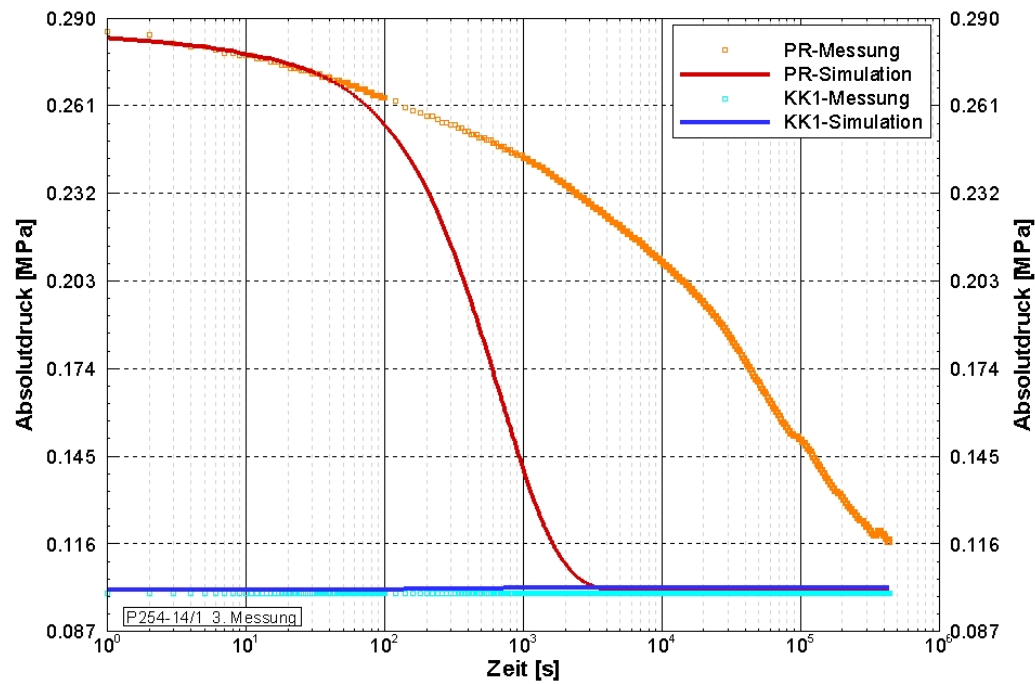
**Aufsättigung**

Verfahren	im Autoklav
Beginn Aufsättigung	22.04.2015
Ende Aufsättigung	22.04.2015
Masse vor Aufsättigung [g]	1655.3 ± 0
Masse nach Aufsättigung [g]	1628.7 ± 0

	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
vor Versuch	101.00 ± 0.15	100.84 ± 0.53	1655.3 ± 0.002	2.049 ± 0.012
nach Versuch	100.53 ± 0.26	99.92 ± 0.33	1628.7 ± 0.002	2.053 ± 0.013

Fluiddrücke sind Relativwerte.

Beginn								Ende								k (operativ)	Versuchs- konfigu- ration
Nr.	Datum	Uhr- zeit	Tem- peratur	pMantel	pEin- gang	pAus- gang	pLuft	Datum	Uhr- zeit	Tem- peratur	pMantel	pEin- gang	pAus- gang	pLuft			
-	-	-	[°C]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mbar]	-	-	[°C]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mbar]			
1	22.04.2015	12:06	27.3	1.31	0.02	0.00	983.7	22.04.2015	15:26	27.8	1.23	0.02	0.00	983.7	00		
2	22.04.2015	15:32	27.4	1.29	0.10	0.00	983.6	23.04.2015	09:13	26.5	0.73	0.04	0.00	980.2	00		
3	23.04.2015	09:38	26.8	1.29	0.18	0.00	980.1	28.04.2015	11:41	27.6	0.73	0.01	0.00	972.0	1e-17		



Druckverlauf in Abhängigkeit von der Zeit - gemessen und angepasst

**Anlage 1.49.4 Bestimmung Haftwassersättigung**Probennummer **P254-14/1**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid	Temperatur
g		g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	°C
1628.7	Lösung P254-14	1.194	0.299198	20

**Bemerkung**

Dichte Porenfluid : Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten

Beginn Trocknung		Masse
Datum	Uhrzeit	g
05.05.2015	14:30	1628.70
18.05.2015	10:35	1622.00
29.05.2015	09:14	1618.20
19.06.2015	10:00	1613.60
23.06.2015	15:30	1613.70
03.07.2015	09:30	1612.40
13.07.2015	10:45	1611.90
20.07.2015	10:50	1611.80
27.07.2015	10:45	1610.60
03.08.2015	10:35	1611.30
12.08.2015	10:15	1611.10
18.08.2015	09:45	1610.80
25.08.2015	09:45	1611.00
01.09.2015	08:30	1610.00
08.09.2015	09:30	1610.60
28.09.2015	12:15	1610.00
09.10.2015	09:15	1610.05
19.10.2015	14:34	1610.05
22.10.2015	11:38	1610.00

**Anlage 1. 49. 5 Gasentspannungsversuch**Probennummer **P254-14/1**

Datum	14.01.2015
Masse [g]	1656.6
V1 [ml]	1050.38
V2 [ml]	2868.72
Volumen Probe [cm <sup>3</sup> ]	807.51
mittlere Porosität [-]	<b>0.074±0.004</b>
Bemerkung	-

**Messprotokoll**

Uhrzeit	Temperatur	Luftdruck	pEingang	pAusgleich	V1:V_P	V_Poren	Porosität
	°C	mbar	bar	bar	ml	ml	-
13:46	25.86	970.5	1.504	0.498	2121.852	60.642	0.075
13:55	25.89	970.6	1.500	0.496	2126.172	64.962	0.080
14:06	25.9	970.6	1.506	0.498	2126.070	64.860	0.080
14:13	25.89	970.8	2.007	0.665	2119.714	58.504	0.072
14:24	25.9	970.6	1.960	0.650	2116.920	55.710	0.069
14:35	25.84	970.7	1.987	0.658	2121.512	60.302	0.075
14:46	25.87	970.7	2.500	0.828	2121.057	59.847	0.074
14:54	25.96	970.6	2.504	0.830	2118.477	57.267	0.071
15:02	26.08	970.5	2.498	0.828	2118.520	57.310	0.071

**Anlage 1.50 P254-14/272\_P122****Anlage 1.50.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P122
<b>Datum Probennahme</b>	13.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-14/2
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Daniela Wilsnack
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	122.15 - 122.25 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS nahe des Kernes 14/1

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	109.330 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.50.2 Trocknung**Probennummer **P254-14/2**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
109.330	NaCl-Lösung	1.194	0.299

**Bemerkung**

--

**Ergebnisse**

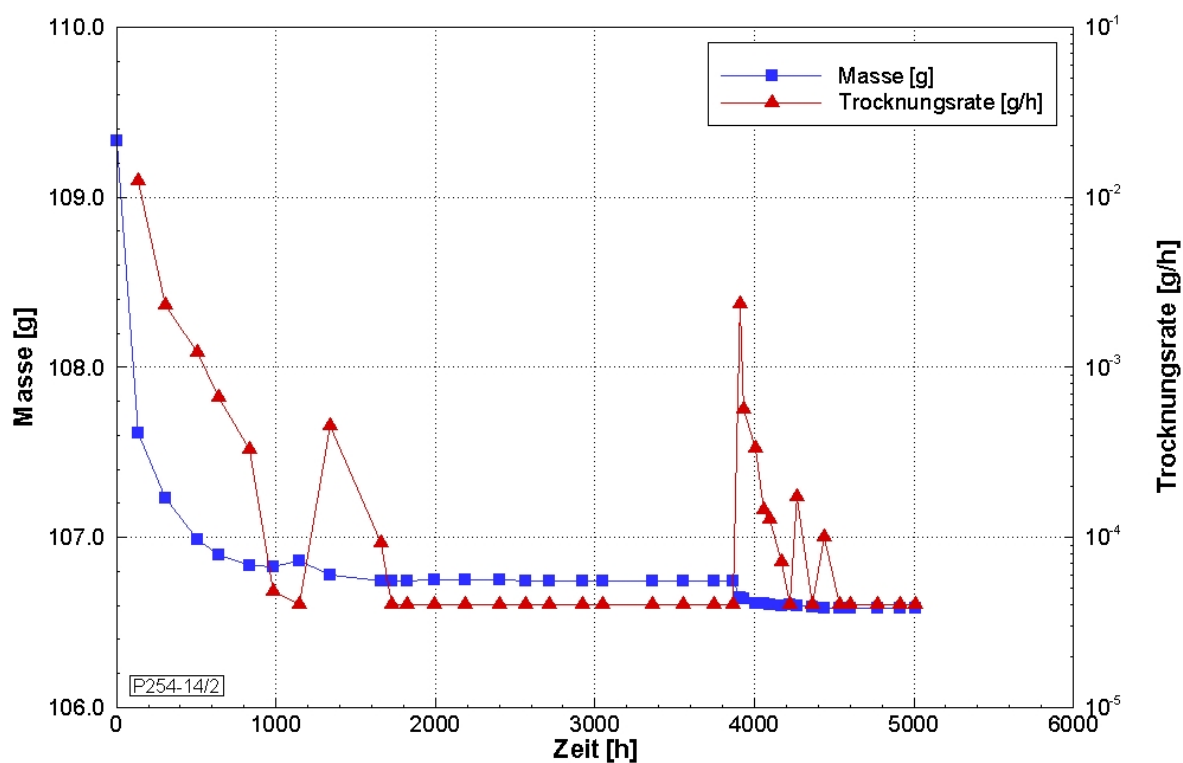
Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.032 ± < 0.0001	105.987
60	0.034 ± < 0.0001	105.744
105	0.035 ± < 0.0001	105.657

**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	06.01.2015	14:30	12.01.2015	09:00	107.611
40	12.01.2015	10:15	19.01.2015	09:00	107.228
40	19.01.2015	11:20	27.01.2015	15:00	106.990
40	27.01.2015	16:00	02.02.2015	11:00	106.898
40	02.02.2015	12:00	10.02.2015	09:15	106.836
40	10.02.2015	09:35	16.02.2015	11:00	106.829
60	16.02.2015	11:45	23.02.2015	09:00	106.863
60	23.02.2015	09:50	03.03.2015	11:00	106.776
60	03.03.2015	12:30	16.03.2015	11:45	106.747
60	16.03.2015	16:30	19.03.2015	10:00	106.747
60	19.03.2015	15:30	23.03.2015	10:15	106.747
60	23.03.2015	12:10	30.03.2015	08:00	106.748
60	30.03.2015	15:45	07.04.2015	10:15	106.748
60	07.04.2015	15:30	16.04.2015	09:30	106.748
60	16.04.2015	15:00	23.04.2015	08:15	106.744
60	23.04.2015	12:00	29.04.2015	09:15	106.744
60	29.04.2015	16:00	08.05.2015	08:30	106.742
60	08.05.2015	12:15	13.05.2015	09:00	106.743
60	13.05.2015	15:45	26.05.2015	08:30	106.743
60	26.05.2015	15:30	03.06.2015	09:15	106.743
60	03.06.2015	15:40	11.06.2015	11:00	106.743
60	11.06.2015	15:30	16.06.2015	10:10	106.744
60	16.06.2015	15:55	18.06.2015	09:20	106.647
105	18.06.2015	16:00	19.06.2015	09:35	106.637

**Probennummer**      **P254-14/2**

Trocknungs- temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
105	19.06.2015	14:10	22.06.2015	08:00	106.615
105	22.06.2015	16:30	24.06.2015	10:00	106.609
105	24.06.2015	16:45	26.06.2015	07:45	106.604
105	26.06.2015	10:45	29.06.2015	08:15	106.599
105	29.06.2015	11:30	01.07.2015	08:30	106.603
105	01.07.2015	11:00	03.07.2015	09:15	106.595
105	03.07.2015	11:50	07.07.2015	08:30	106.594
105	07.07.2015	11:30	10.07.2015	09:00	106.587
105	10.07.2015	11:30	14.07.2015	09:15	106.586
105	14.07.2015	11:30	17.07.2015	08:30	106.586
105	17.07.2015	11:00	24.07.2015	08:45	106.586
105	24.07.2015	11:45	30.07.2015	08:30	106.582
105	30.07.2015	11:30	03.08.2015	10:00	106.582


 Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit



**Anlage 1.51 P254-14/372\_P122****Anlage 1.51.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P122
<b>Datum Probennahme</b>	13.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-14/3
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	122.15 - 122.25 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 14/1 nach dem Abtropfversuch für Bestimmung Hg-Porosimetrie

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	0.906 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.52 P254-14/472\_P122****Anlage 1.52.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P122
<b>Datum Probennahme</b>	13.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-14/4
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	122.15 - 122.25 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 14/1 nach dem Abtropfversuch für Bestimmung Hg-Porosimetrie

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	0.993 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.53 P254-14/572\_P122****Anlage 1.53.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P122
<b>Datum Probennahme</b>	13.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-14/5
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	122.15 - 122.25 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 14/1 nach dem Abtropfversuch für Bestimmung Hg-Porosimetrie

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	1.083 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.54 P254-14/672\_P122****Anlage 1.54.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P122
<b>Datum Probennahme</b>	13.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-14/6
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	122.15 - 122.25 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 14/1 nach dem Abtropfversuch

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	311.714 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.54.2 Trocknung**Probennummer **P254-14/6**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
g		g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>
311.714	NaCl-Lösung	1.194	0.299

**Bemerkung**

--

**Ergebnisse**

Trocknungs- temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.049 ± < 0.0001	297.276

**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs- temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	23.10.2015	12:25	27.10.2015	10:30	304.234
40	27.10.2015	17:30	30.10.2015	09:30	302.938
40	30.10.2015	12:15	03.11.2015	09:00	301.892
40	03.11.2015	17:15	06.11.2015	08:00	301.461
40	06.11.2015	12:00	09.11.2015	10:15	301.162
40	09.11.2015	17:45	11.11.2015	08:00	301.058
40	11.11.2015	12:00	13.11.2015	08:30	300.998
40	13.11.2015	14:00	16.11.2015	08:00	300.968
40	16.11.2015	11:15	25.11.2015	10:00	300.943
40	25.11.2015	11:15	02.12.2015	10:45	300.935
40	02.12.2015	14:00	08.12.2015	09:15	300.930
40	08.12.2015	11:30	16.12.2015	09:00	300.931
40	16.12.2015	10:30	22.12.2015	09:00	300.928
40	22.12.2015	10:00	05.01.2016	09:00	300.918
40	05.01.2016	15:15	15.01.2016	10:30	300.912
40	15.01.2016	15:40	21.01.2016	08:00	300.907
40	21.01.2016	15:35	04.02.2016	11:30	300.907
40	04.02.2016	15:45	23.02.2016	11:50	300.908
40	23.02.2016	16:00	02.03.2016	16:30	300.899
40	03.03.2016	09:00	08.03.2016	12:15	300.894

**Anlage 1.55 P254-14/772\_P122****Anlage 1.55.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P122
<b>Datum Probennahme</b>	13.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-14/7
<b>Bearbeiter Probe</b>	Herr Ronny Jentzsch
<b>Art der Bearbeitung</b>	sägen
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	122.15 - 122.25 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	101.11 ± 0.11	101.56 ± 0.20	1678.600 ± 0.002	2.058 ± 0.006

## Anlage 1.55.2 Gaspermeabilität der bergfeuchten Probe (stationäre Messung)

Probennummer **P254-14/7**

Testfluid	Luft		Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]
Dichte Fluid [g/cm³] bei 25 °C	1.184E+00	vor Versuch	101.11 ± 0.11	101.56 ± 0.20	1678.6 ± 0.002	2.058 ± 0.006
Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C	1.85E-05	nach Versuch	101.11 ± 0.11	101.56 ± 0.20	1678.050 ± 0.002	2.058 ± 0.006

Bemerkungen	-
-------------	---

k (Klinkenberg korrigiert) [m²]	kein Einfluss
k (Turbulenz korrigiert) [m²]	kein Einfluss

Nr.	Datum	Uhrzeit	S	T	pMantel	pEingang	pLuft	Volumenstrom	k
-	-	-	%	°C	MPa	MPa	mbar	ml/min	m²
1	23.11.2015	10:45	55.6	26.2	2.23	2.99E-03	992.10	2.00	<b>2.5E-15±6E-17</b>

**Anlage 1.55.3 Lösungspemeabilität (instationäre Messung)****Probennummer**      **P254-14/7****Versuchsbedingungen Permeabilität**

<b>Druckautoklav</b>	IBeWa L3
<b>Testfluid</b>	Lösung P254-14
<b>Dichte Fluid [g/cm³] bei 20 °C</b>	1.194
<b>Viskosität Fluid [Pa s] bei 20 °C</b>	1.95E-03
<b>Bemerkungen</b>	Probe im Autoklav aufgesättigt; Dichte Fluid: Mittelwert der durch Dichte-Aräometer und einen Dichte-Biegeschwinger bestimmter Dichten

<b>Gaseindringdruck [MPa]</b>	n.b.
-------------------------------	------

**Aufsättigung**

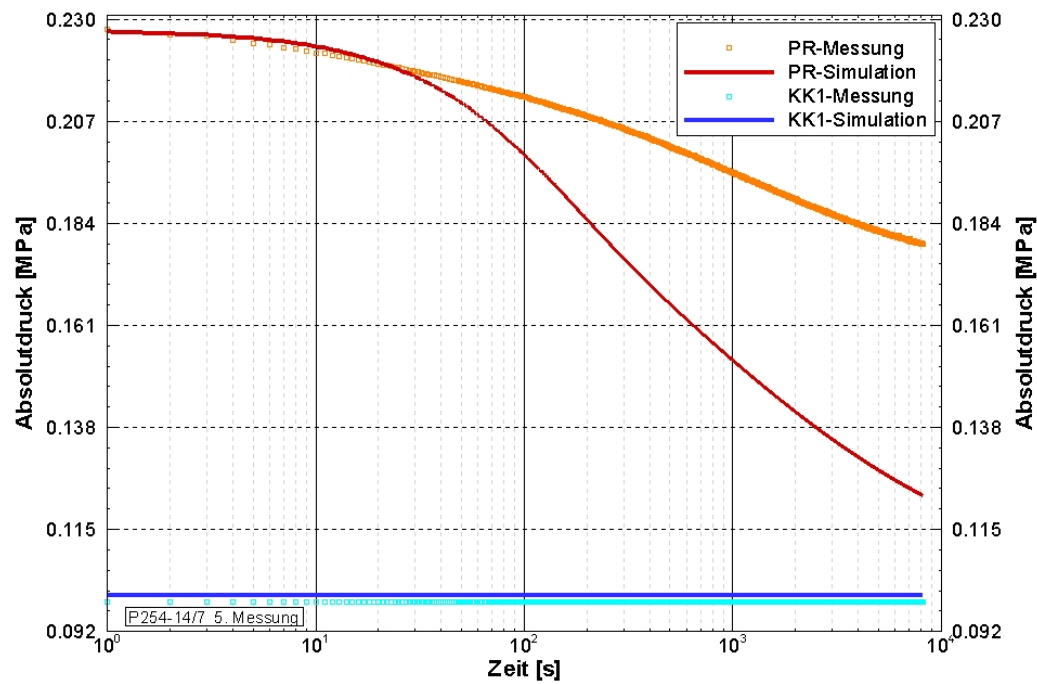
<b>Verfahren</b>	im Autoklav
<b>Beginn Aufsättigung</b>	14.12.2015
<b>Ende Aufsättigung</b>	14.12.2015
<b>Masse vor Aufsättigung [g]</b>	1678.6 ± 0
<b>Masse nach Aufsättigung [g]</b>	1680.7 ± 0

	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>vor Versuch</b>	101.11 ± 0.11	101.56 ± 0.20	1678.6 ± 0.002	2.058 ± 0.006
<b>nach Versuch</b>	100.31 ± 0.17	100.92 ± 0.19	1680.7 ± 0.002	2.107 ± 0.008

Fluiddrücke sind Relativwerte.

Beginn								Ende								k (operativ)	Versuchs- konfigu- ration
Nr.	Datum	Uhr- zeit	Tem- peratur	pMantel	pEin- gang	pAus- gang	pLuft	Datum	Uhr- zeit	Tem- peratur	pMantel	pEin- gang	pAus- gang	pLuft			
-	-	-	[°C]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mbar]	-	-	[°C]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mbar]	[m²]		
1	14.12.2015	12:01	24.9	22.00	0.16	0.00	986.4	14.12.2015	17:01	25.8	23.20	0.08	0.00	997.0	3E-20		
2	14.12.2015	17:19	25.6	21.40	0.17	0.00	997.1	15.12.2015	08:00	23.8	19.50	0.08	0.00	986.8	2.5E-20		
3	15.12.2015	11:44	25.4	20.20	0.20	0.00	987.2	15.12.2015	15:00	25.5	21.50	0.09	0.00	987.3	4E-20		
4	15.12.2015	15:34	25.6	21.70	0.14	0.00	987.5	16.12.2015	07:44	24.1	20.00	0.08	0.00	990.4	2.5E-20		
5	16.12.2015	10:26	25.4	20.20	0.19	0.00	1001.3	17.12.2015	07:39	24.2	20.70	0.08	0.00	988.5	2.2E-20		
6	17.12.2015	10:09	25.6	20.60	0.13	0.00	989.0	17.12.2015	12:21	26.0	21.40	0.08	0.00	987.5	2.2E-20		
7	17.12.2015	14:00	26.0	22.10	0.39	0.00	986.9	22.12.2015	11:25	26.1	21.60	0.10	0.00	984.1			





Druckverlauf in Abhängigkeit von der Zeit - gemessen und angepasst

**Anlage 1. 55. 4 Gasentspannungsversuch**Probennummer **P254-14/7**

Datum	30.10.2015
Masse [g]	1678.5
V1 [ml]	1050.38
V2 [ml]	2988.72
Volumen Probe [cm³]	814.9
mittlere Porosität [-]	<b>0.028±0.003</b>
Bemerkung	-

**Messprotokoll**

Uhrzeit	Temperatur	Luftdruck	pEingang	pAusgleich	V1:V_P	V_Poren	Porosität
	°C	mbar	bar	bar	ml	ml	-
11:02	25.4	991.2	1.567	0.507	2196.061	22.241	0.027
11:12	25.37	991.3	1.506	0.487	2197.818	23.998	0.029
11:21	25.28	991.3	1.512	0.489	2197.421	23.601	0.029
11:31	25.26	991.4	2.052	0.664	2195.674	21.854	0.027
11:43	25.08	991.6	2.097	0.678	2198.362	24.542	0.030
11:53	25.15	991.5	2.080	0.673	2195.965	22.145	0.027
12:02	25.36	991.5	3.118	1.010	2192.278	18.458	0.023
12:14	25.37	991.6	3.032	0.980	2199.367	25.547	0.031
12:24	25.53	991.4	3.095	1.002	2194.057	20.237	0.025

**Anlage 1.56 P254-14/872\_P122****Anlage 1.56.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P122
<b>Datum Probennahme</b>	13.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-14/8
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	122.15 - 122.25 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS nahe des Kernes 14/7

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	270.324 ± 0.001	n.b.

**Anlage 1.56.2 Trocknung**Probennummer **P254-14/8**

Ausgangsmasse	Porenfluid	Dichte Porenfluid	Mineralisation Porenfluid
[g]		[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]
270.324	NaCl-Lösung	1.194	0.299

**Bemerkung**

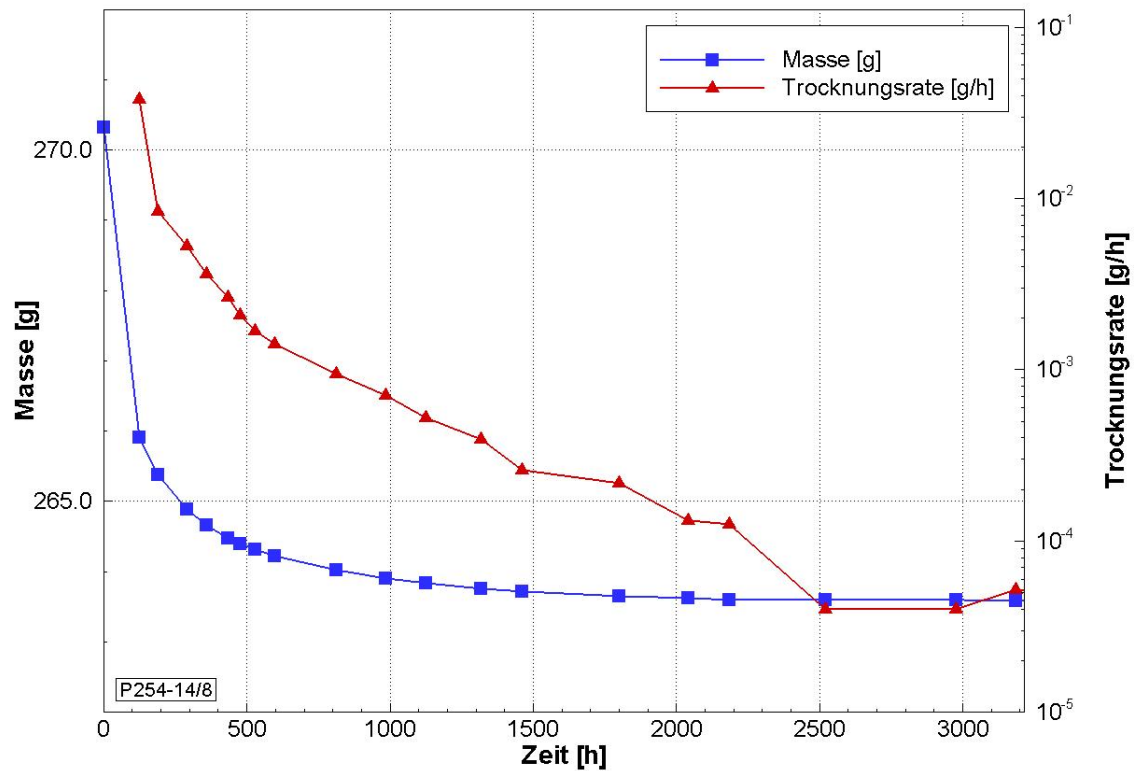
--

**Ergebnisse**

Trocknungs-temperatur	korrigierter Lösungsgehalt	korrigierte Trockenmasse
[°C]	[-]	[g]
40	0.034 ± < 0.0001	261.321

**Trocknungsprotokoll**

Trocknungs-temperatur	Beginn Trocknung		Ende Trocknung		Masse
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	
[°C]					[g]
40	22.10.2015	14:12	27.10.2015	10:30	265.916
40	27.10.2015	17:30	30.10.2015	09:30	265.376
40	30.10.2015	12:15	03.11.2015	09:00	264.887
40	03.11.2015	17:15	06.11.2015	08:00	264.661
40	06.11.2015	12:00	09.11.2015	10:15	264.475
40	09.11.2015	17:45	11.11.2015	08:00	264.395
40	11.11.2015	12:00	13.11.2015	08:30	264.320
40	13.11.2015	14:00	16.11.2015	08:00	264.227
40	16.11.2015	11:15	25.11.2015	10:00	264.025
40	25.11.2015	11:15	02.12.2015	10:45	263.906
40	02.12.2015	14:00	08.12.2015	09:15	263.833
40	08.12.2015	11:30	16.12.2015	09:00	263.759
40	16.12.2015	10:30	22.12.2015	09:00	263.722
40	22.12.2015	10:00	05.01.2016	09:00	263.649
40	05.01.2016	15:15	15.01.2016	10:30	263.618
40	15.01.2016	15:40	21.01.2016	08:00	263.601
40	21.01.2016	15:35	04.02.2016	11:30	263.599
40	04.02.2016	15:45	23.02.2016	11:50	263.593
40	23.02.2016	16:00	02.03.2016	16:30	263.583
40	03.03.2016	09:00	08.03.2016	12:15	263.577

Probennummer **P254-14/8**Massekonstanz bei Trocknungsrate (TR)  $\leq 0.00004$  g/h

Probenmasse und Trocknungsrate in Abhängigkeit von der Zeit

**Anlage 1.57 P254-14/972\_P122****Anlage 1.57.1 Allgemeine Angaben****Allgemeine Angaben**

<b>Projekt</b>	Laborversuche zur Kennzeichnung der strömungstechn. Eigenschaften von Kernproben aus einer Haldenkörperbohrung an der Halde IV, Werk Werra, Standort Wintershall		
<b>Auftraggeber (AG)</b>	K+S KALI GmbH		
<b>Bestellung</b>	6701179812/0009/62M vom 09.10.2014		
<b>Standort</b>	Halde Wintershall der K+S-KALI GmbH		
<b>Probenart/Proben-gewinnung</b>	Trockenbohrverfahren; Kernmaterial in Linern geliefert in Kernkisten; Stirnseite durch Deckel verschlossen und verklebt; eingeschweißt in Schlauchfolie		
<b>Material</b>	Rückstand Kali / Wintershall	<b>Probenname AG</b>	72_P122
<b>Datum Probennahme</b>	13.11.2014	<b>Datum Probenlieferung</b>	26.11.2014

**Bohrung**

<b>Bezeichnung Bohrung</b>	B72/2014 WI
<b>RW Ansatz</b>	
<b>HW Ansatz</b>	
<b>Höhe Ansatz [mNN]</b>	373.18
<b>RW Tiefstes</b>	
<b>HW Tiefstes</b>	
<b>Höhe Tiefstes [mNN]</b>	387.08
<b>Endteufe [m]</b>	
<b>Neigung [°]</b>	
<b>Durchmesser Bohrg. [mm]</b>	
<b>Kernentnahmebereich [m]</b>	
<b>Länge Kern [mm]</b>	
<b>Durchmesser Kern [mm]</b>	
<b>Bemerkung Bohrung</b>	luftgespülte Kernbohrung

**Probekörper**

<b>Probenname (AN)</b>	P254-14/9
<b>Bearbeiter Probe</b>	Frau Constance Schrickel
<b>Art der Bearbeitung</b>	mit Hammer und Meißel
<b>Herstellungsdatum</b>	
<b>Reindichte (AG) [g/cm³]</b>	k.A.
<b>Bemerkungen</b>	122.15 - 122.25 m; Probennehmer: Frau Poppitz, Herr Artschwager; BS des Kernes 14/1 nach dem Abtropfversuch für Karl-Fischer- Titration

<b>Eigenschaften Probe</b>	<b>Durchmesser [mm]</b>	<b>Länge [mm]</b>	<b>Masse [g]</b>	<b>Dichte [g/cm³]</b>
<b>Anlieferung</b>	ca. 100	ca. 1000	n.b.	n.b.
<b>nach Bearbeitung</b>	Bruchstück	Bruchstück	n.b.	n.b.

## Anlage 2 Prozessvorstellungen zu den Strömungsprozessen im porösen Haldenmaterial - Zweiphasenströmung

Die Strömung einer flüssigen und einer gasförmigen Phase in einer ungesättigten Porenstruktur wird bestimmt durch die Phasenverteilung im Porenraum. Der Prozess gehorcht den Gesetzmäßigkeiten der Zweiphasenströmung. Diese werden maßgeblich bestimmt durch die effektive Phasenpermeabilität in Abhängigkeit von der Porenraumsättigung mit Flüssigkeit. Das Permeabilitätsverhalten wird durch das Konzept der relativen Phasenpermeabilität laut Gleichung (15) beschrieben.

$$k_{\text{rel,Phase}} = \left( \frac{k_{\text{eff,Phase}}}{k_{\text{abs}}} \right) \quad (15)$$

$k_{\text{rel, Phase}}$  - relative Phasenpermeabilität [-]

$k_{\text{eff,Phase}}$  - effektive Phasenpermeabilität; in der Regel in Abhängigkeit von der Porenraumsättigung der flüssigen Phase  $S_L$  [m<sup>2</sup>]

$k_{\text{abs}}$  - absolute Permeabilität [m<sup>2</sup>]

Entsprechend Gleichung (15) beruht das Konzept der relativen Permeabilität auf der Normierung der effektiven Phasenpermeabilität bei verschiedenen Porenraumsättigungen der flüssigen Phase auf die absolute Permeabilität des Materials. Abbildung A 5-1 gibt eine schematische Übersicht dieses Zusammenhangs. Dieser wird bestimmt von der Porengrößenverteilung, dem Porengefüge (Porenform, Porenverbindungen, Tortuosität), den Benetzungseigenschaften der strömenden Fluide (Grenzflächenspannung, Benetzungswinkel) und dem daraus resultierenden Kapillardruck.

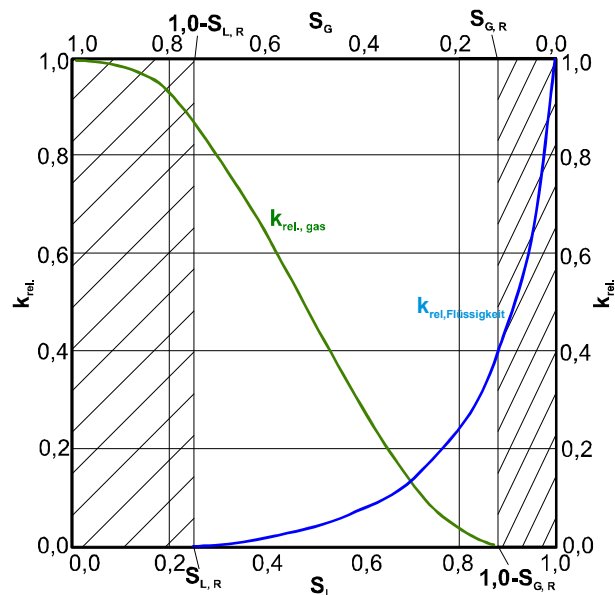


Abbildung A 5-1 Relative Permeabilität in Abhängigkeit von der Sättigung des Porenraumes mit Lösung (nach [1])

$S_L$	- Flüssigkeitssättigung	[-]
$S_{L,R}$	- Restflüssigkeitssättigung	[-]
$S_G$	- Gassättigung	[-]
$S_{G,R}$	- Restgassättigung	[-]

### Anlage 3 Chemische Zusammensetzung und Dichten der Gleichgewichtslösungen für die unterschiedliche Kernproben

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Probenname K+S	Proben- name IBeWa		Konzentrationen						
		Dichte	Chlorid	Sulfat	Bromid	Natrium	Calcium	Magnesium	Kalium
		[g/cm³]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
72_WMD8-D	P254-1								
	P254-2								
72_WD18-D	P254-3	1,173	146500	7960	<100	106800	601	485	670
	P254-4								
	P254-5	1,193	168200	7500	<100	120600	913	731	1870
	P254-6								
72_WD40-D	P254-7								
	P254-8	1,208	154500	19680	<100	121200	409	3440	6570
72_WMD70-D	P254-9	1,204	150500	18410	<100	117200	492	3660	6510
72_WMD85-D	P254-10								
	P254-11								
72_WMD100-D	P254-12	1,199	158900	9160	<100	120700	735	1980	4120
72_WMD115-D	P254-13								
72_W122	P254-14	1,201	159700	9580	<100	123500	708	1620	3990

Parameter	Bestimmungsgrenze	Methode
Chlorid	0,6 mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) <sup>a</sup>
Sulfat	0,5 mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) <sup>a</sup>
Bromid	0,5 mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) <sup>a</sup>
Natrium	0,1 mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) <sup>a</sup>
Calcium	0,1 mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) <sup>a</sup>
Magnesium	0,1 mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) <sup>a</sup>
Kalium	0,1 mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) <sup>a</sup>
Dichte	g/mL	DEV C9 <sup>a</sup>

Die mit <sup>a</sup> gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen können matrixbedingt variieren.