



## Abschätzung der Selbsterhitzung und Gasbildung von alkalischen Rückständen unter Deponiebedingungen

Assessment of self-heating and gas formation of alkaline residues under  
landfill conditions

Évaluation de l'auto-échauffement et la formation de gaz de résidus alcalins  
dans des conditions d'décharges

---

**Medieninhaber und Hersteller**

Austrian Standards International  
Standardisierung und Innovation  
Heinestraße 38, 1020 Wien

**Copyright © Austrian Standards International 2020**

**Alle Rechte vorbehalten** Nachdruck oder Vervielfältigung,  
Aufnahme auf oder in sonstige Medien oder Datenträger  
nur mit Zustimmung gestattet!

E-Mail: [service@austrian-standards.at](mailto:service@austrian-standards.at)

Internet: [www.austrian-standards.at/nutzungsrechte](http://www.austrian-standards.at/nutzungsrechte)

**Verkauf** von in- und ausländischen Normen und  
Regelwerken durch

Austrian Standards plus GmbH

Heinestraße 38, 1020 Wien

E-Mail: [service@austrian-standards.at](mailto:service@austrian-standards.at)

Internet: [www.austrian-standards.at](http://www.austrian-standards.at)

Webshop: [www.austrian-standards.at/webshop](http://www.austrian-standards.at/webshop)

Tel.: +43 1 213 00-300

Fax: +43 1 213 00-355

---

**ICS** 13.030.40

**Zuständig** Komitee 202  
Charakterisierung von Böden und  
Analyseverfahren für Böden, Abfälle und  
Schlämme

**ÖNORM S 2029:2020-11****Inhalt**

Seite

<b>Vorwort</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Normative Verweisungen</b> .....	<b>3</b>
<b>3 Begriffe</b> .....	<b>4</b>
<b>4 Grundlagen</b> .....	<b>4</b>
<b>5 Verfahren</b> .....	<b>4</b>
5.1 Kurzbeschreibung des Verfahrens .....	4
5.2 Probenahme.....	4
5.3 Probenaufbewahrung und Probenaufbereitung .....	4
5.4 Bestimmung der Selbsterhitzung .....	5
5.4.1 Geräte.....	5
5.4.2 Reagenzien.....	5
5.4.3 Herstellung der Prüfmischung.....	5
5.4.4 Durchführung.....	6
5.4.5 Auswertung .....	6
5.4.6 Prüfbericht.....	6
5.5 Bestimmung der Gasbildung bei Kontakt mit Wasser .....	7
<b>Anhang A (informativ) Protokoll des Temperaturverlaufs</b> .....	<b>8</b>
<b>Literaturhinweise</b> .....	<b>9</b>

## Vorwort

Gemäß Deponieverordnung 2008 ist zu bestätigen, dass bei der Ablagerung von stark alkalischen Rückständen aus thermischen Prozessen keine erheblich nachteiligen Reaktionen, insbesondere betreffend Temperaturentwicklung, Gasentwicklung und Auslaugverhalten unter Deponiebedingungen zu erwarten sind. Erhebliche Auswirkungen aufgrund von erhöhter Temperatur könnten beispielsweise die Verkürzung der Lebensdauer von Kunststoffdichtungen, die Austrocknung von mineralischen Dichtungsschichten, wie auch die Verformung von Kunststoffrohren zur Sammlung des Sickerwassers sein.

Unter <https://www.austrian-standards.at/info-oenormen> finden Sie allgemeine Informationen zur Erstellung von Standards, ihrer Anwendung sowie der Bedeutung einiger spezifischer Benennungen und Regeln, nach denen ihr Inhalt erstellt wird.

Personenbezogene Aussagen in dieser ÖNORM sind im Sinne der Gleichstellung für alle Geschlechter aufzufassen bzw. auszulegen.

## 1 Anwendungsbereich

Diese ÖNORM legt ein Verfahren für die Bestimmung der Selbsterhitzung von alkalischen Rückständen (insbesondere stark alkalische Rückstände) aus thermischen Prozessen sowie für die Abschätzung des Gasbildungspotenzials von Abfällen, die bei Kontakt mit Wasser zu Selbsterhitzung neigen, fest.

Diese ÖNORM ist nicht anzuwenden bei stark alkalischen Rückständen aus thermischen Prozessen, die einer Verfestigung, Stabilisierung oder Immobilisierung nach Deponieverordnung 2008 unterzogen wurden.

ANMERKUNG 1 Für sehr langsam reagierende Abfälle (hinsichtlich der Gasbildung und Selbsterhitzung) ist unter den gegebenen Versuchsbedingungen ein Rückschluss auf das langfristige Deponieverhalten nur eingeschränkt möglich.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen). Rechtsvorschriften sind immer in der jeweils geltenden Fassung anzuwenden.

ÖNORM B 6000, *Werkmäßig hergestellte Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – Produktarten, Leistungsanforderungen und Verwendungsbestimmungen*

ÖNORM EN 1008, *Zugabewasser von Beton – Festlegungen für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton*

ÖNORM EN 14346, *Charakterisierung von Abfällen – Berechnung der Trockenmasse durch Bestimmung des Trockenrückstandes oder des Wassergehaltes*

ÖNORM EN 15002, *Charakterisierung von Abfällen – Herstellung von Prüfmengen aus der Laborprobe*

ÖNORM EN ISO 3696, *Wasser für analytische Laborzwecke – Spezifikation und Prüfverfahren (ISO 3696:1987)*

ÖNORM S 2120, *Bestimmung der Entwicklung von entzündbaren Gasen in festen Abfällen bei Kontakt mit Wasser*

ÖNORM S 2127, *Grundlegende Charakterisierung von Abfallhaufen oder von festen Abfällen aus Behältnissen und Transportfahrzeugen*

BGBl. II Nr. 39/2008, *Deponieverordnung 2008 – DVO 2008*

## ÖNORM S 2029:2020-11

### 3 Begriffe

Es werden keine Begriffe in diesem Dokument angegeben.

### 4 Grundlagen

Diese ÖNORM darf für die Abschätzung nachteiliger Reaktionen im Deponiekörper gemäß Deponieverordnung 2008 herangezogen werden.

Diese ÖNORM darf auch für die Abschätzung des Verhaltens dieser Abfälle bei längerer Lagerung mit Wasserkontakt verwendet werden.

Alkalische Rückstände (insbesondere stark alkalische Rückstände aus thermischen Prozessen) können bei Kontakt mit Wasser brennbares Wasserstoffgas ( $H_2$ ) bilden, wenn diese metallisches Aluminium, Magnesium, Zink oder vergleichbare unedle Metalle enthalten. Infolge der beim Verbrennungsprozess gebildeten Mineralphasen (insbesondere  $CaO$ ) und infolge ihres Gehaltes an reaktiven Metallen (insbesondere  $Al$ ) können diese Rückstände bei Kontakt mit Wasser auch hohe Temperaturen (bis nahezu  $100\text{ °C}$ ) erreichen. Diese Temperaturerhöhung führt zu einem rapiden Anstieg der Gasbildung und damit erneut zur Freisetzung von Wärme (Rückkopplungseffekt, Selbsterhitzung).

Die in der ÖNORM S 2120 festgelegte Methode zur Bestimmung der Entwicklung von entzündbaren Gasen in festen Abfällen bei Kontakt mit Wasser legt eine Prüftemperatur von  $20\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$  fest. In der vorliegenden ÖNORM wird eine Prüftemperatur von  $40\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  festgelegt.

### 5 Verfahren

#### 5.1 Kurzbeschreibung des Verfahrens

Abfallproben sind in definierten Flüssig-zu-Feststoff-Verhältnissen (L/S) und bei einer definierten Ausgangstemperatur mit Wasser zu mischen und in ein Prüfgefäß einzubringen. Danach ist die Temperatur im Abfall-Wasser-Gemisch in festgelegten Intervallen zu dokumentieren.

Weiters ist die Gasbildung bei einer Temperatur von  $40\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  zu ermitteln.

#### 5.2 Probenahme

Die stark alkalischen Rückstände aus thermischen Prozessen sind in jenem Zustand zu beproben, in dem diese auf der Deponie abgelagert oder zwischengelagert werden sollen. Die Probenahme ist gemäß ÖNORM S 2127 durchzuführen. Die Witterung und Auffälligkeiten, wie z. B. erhöhte Temperatur des Abfalls oder Gasentwicklung, sind im Probenahmeprotokoll zu vermerken.

Die erforderliche Probenmenge ergibt sich aus der Durchführung der Prüfungen in Abhängigkeit von den Volumina der Prüfgefäße und der Anzahl der Wiederholungen gemäß 5.4 und 5.5.

#### 5.3 Probenaufbewahrung und Probenaufbereitung

Die Proben sind in dicht verschlossenen Gefäßen und vor Feuchtigkeit geschützt ins Labor zu transportieren.

Wenn bereits während der Probenahme eine Temperaturerhöhung auftritt, ist die Prüfung gemäß 5.4 unverzüglich durchzuführen. Tritt keine spontane Temperaturerhöhung auf, so ist die Probenaufbewahrung in geschlossenen Gefäßen auch über längere Zeiträume möglich.

Die Proben sind grundsätzlich unverändert für die Bestimmung der Selbsterhitzung und der Gasbildung einzusetzen und dürfen nicht getrocknet werden.

Für die Bestimmung der Selbsterhitzung ist eine Aufbereitung gemäß ÖNORM EN 15002 durchzuführen, sofern der Masseanteil der Teilchen in der Fraktion über  $40\text{ mm}$   $5\%$  der Probenmasse übersteigt. Andernfalls ist nur die Fraktion unter  $40\text{ mm}$  zu verwenden und die Fraktion über  $40\text{ mm}$  zu verwerfen.

Die Probenaufbereitung für die Bestimmung der Gasbildung ist gemäß ÖNORM S 2120 durchzuführen.

Vor der Herstellung der Prüfmischung ist eine Teilprobe der Untersuchungsprobe zu entnehmen. Daraus ist der Wassergehalt nach ÖNORM EN 14346 zu bestimmen.

## **5.4 Bestimmung der Selbsterhitzung**

### **5.4.1 Geräte**

Folgende Geräte sind zu verwenden:

- a) Prüfgefäß, das an der Innenseite mit Kunststoffolie ausgekleidet sein muss (Schutz für die Wiederverwendung des Gefäßes);
  - 1) Dewargefäß, wobei der Innendurchmesser zumindest die dreifache Länge des Größtkorns des Abfalls aufweisen muss oder
  - 2) Polystyrol-Hartschaum-Würfel

Als Probekörper sind hohle Würfel mit einer Mindest-Innenkantenlänge von 200 mm, bestehend aus 100 mm dickem extrudierten Polystyrol-Hartschaum XPS-G nach ÖNORM B 6000 mit einem Nennwert der Wärmeleitfähigkeit von 0,033 W/(m · K) bis 0,035 W/(m · K) zu verwenden, die nach der Probenherstellung mit satt aufliegendem 100 mm dicken, extrudierten Polystyrol-Hartschaum XPS-G abgedeckt werden. Die Abdeckung muss bis zum äußeren Rand der Probekörperform reichen (diese Vorgabe entspricht der ONR 23303:2010, 9.16.2, Pkt. 1).
- b) Temperaturmessgerät mit einer Messunsicherheit von höchstens  $\pm 2$  °C: Thermometer mit visueller Ablesung oder Gerät mit in die Probekörper einbaubaren Messfühlern (beispielsweise ein Ni-CrNi-Thermofühler für eine automatische Aufzeichnung).

### **5.4.2 Reagenzien**

Folgende Reagenzien sind zu verwenden:

- Zugabewasser gemäß ÖNORM EN 1008 oder
- Wasser der Qualität 3 nach ÖNORM EN ISO 3696 oder
- Trinkwasser.

### **5.4.3 Herstellung der Prüfmischung**

Die Temperatur des Ausgangsmaterials ist unmittelbar vor der Mischung mit Wasser zu bestimmen und gemäß 5.4.6 zu dokumentieren.

Die Prüfmenge ist unabhängig von der Ausgangsfeuchte in einem geeigneten Behältnis mit Zugabewasser von  $(10 \pm 0,3)$  % der Masse möglichst gleichmäßig zu versetzen. Das Zugabewasser muss davor auf  $20 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$  temperiert werden.

Die Masse sowie die Temperatur der Prüfmenge und des zugesetzten Zugabewassers sind gemäß 5.4.6 zu dokumentieren.

Danach ist die Prüfmischung maschinell oder manuell zu homogenisieren. Besonderheiten, die beim Mischen auftreten (wie z. B. die Bildung von 2 Phasen), sind zu dokumentieren.

Sofern die Prüfmenge mit dieser Menge an Zugabewasser nicht vollständig befeuchtet ist (trockene Stellen sichtbar), darf in einem erneuten Versuchsansatz die Wassermenge bis maximal  $(30 \pm 0,3)$  % der Masse erhöht werden. In diesem Fall ist die Menge an Zugabewasser zu dokumentieren und im Prüfbericht anzugeben.

## ÖNORM S 2029:2020-11

### 5.4.4 Durchführung

Die Prüfung ist bei Raumtemperatur durchzuführen.

Für die Bestimmung sind aus der gemäß 5.4.3 hergestellten Mischung mindestens 2 Prüfansätze durchzuführen.

Die Prüfmischung ist in die vorbereiteten Prüfgefäße gemäß 5.4.1 einzufüllen und manuell zu verdichten, sodass das Prüfgefäß mit Probe ausgefüllt ist. Die Massen der eingesetzten Prüfmischungen sind je Prüfgefäß bei Versuchsbeginn aufzuzeichnen. In das Zentrum der Probe ist jeweils das Temperaturmessgerät einzubauen. Unmittelbar danach ist das Prüfgefäß mit dem Deckel zu verschließen.

Die Raumtemperatur ist bei Prüfbeginn und bei Prüfende zu messen und zu dokumentieren.

Die Temperatur der Prüfmischung ist ab Fertigstellung der Prüfanordnung bis mindestens 6 Stunden nach Erreichen der Höchsttemperatur alle  $(15 \pm 5)$  Minuten zu messen und zu dokumentieren. Sofern zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Temperaturanstieg beobachtet werden konnte, ist die Versuchsdauer auf mindestens 4 Tage auszudehnen. Ein signifikanter Temperaturanstieg liegt jedenfalls dann vor, wenn dieser mehr als  $1^\circ\text{C}$  innerhalb von 2 Stunden beträgt.

Die maximale Versuchsdauer ist auf 5 Tage zu begrenzen. Wenn am Ende der Versuchsdurchführung weiterhin ein signifikanter Temperaturanstieg beobachtet werden kann, ist dies im Bericht zu vermerken.

### 5.4.5 Auswertung

Der Verlauf der Temperatur als Funktion der Zeit ist aufzuzeichnen. Ein Beispielprotokoll ist in [Anhang A](#) dargestellt. Eine grafische Darstellung ist ebenfalls zulässig.

Als Maximaltemperatur dieser Bestimmung gilt das arithmetische Mittel der Maximaltemperaturen aller durchgeführten Prüfansätze.

Weichen die Maximaltemperaturen der Prüfansätze um mehr als  $10^\circ\text{C}$  voneinander ab, ist eine Wiederholung der Bestimmung erforderlich.

### 5.4.6 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss zumindest die folgenden Angaben enthalten:

- Verweis auf diese ÖNORM,
- Probenbezeichnung,
- Datum des Versuchsbeginns,
- Trockensubstanz des Ausgangsmaterials,
- Temperaturprotokoll (tabellarisch in Anlehnung an [Anhang A](#) oder grafisch),
- Maximaltemperaturen der einzelnen Ansätze und des Mittelwerts,
- falls zutreffend: verbale Beschreibung allfällig aufgetretener Besonderheiten beim Mischen und der Versuchsdurchführung,
- Datum und Unterschrift des für die Prüfung Verantwortlichen.

Zusätzlich sind die folgenden Angaben zu dokumentieren:

- Beschreibung der Probenaufbereitung (z. B. Sieben),
- Art des Prüfgefäßes (inklusive Datenblatt des gegebenenfalls verwendeten XPS-G),
- Masse des Ausgangsmaterials,

- Temperatur des Ausgangsmaterials unmittelbar vor Herstellung der Prüfmischung,
- Temperatur des Zugabewassers unmittelbar vor Herstellung der Prüfmischung,
- Art der Herstellung der Prüfmischung: maschinell oder manuell.

Für die Abschätzung nachteiliger Reaktionen im Deponiekörper gemäß Deponieverordnung 2008 und für die Abschätzung des Verhaltens dieser Abfälle bei längerer Lagerung mit Wasserkontakt sind auch zusätzlich folgende Angaben zu berücksichtigen:

- Art und Herkunft der alkalischen Rückstände,
- Ort und Datum der Probenahme.

### **5.5 Bestimmung der Gasbildung bei Kontakt mit Wasser**

Die Bestimmung der Gasbildung ist gemäß ÖNORM S 2120 mit folgenden Änderungen durchzuführen:

- Das Wasserbad ist für die Messung auf  $40\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  zu temperieren.
- Das Zugabewasser ist auf  $40\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$  vorzutemperieren.

Da die Gasbildungsrate temperaturabhängig ist, kann in begründeten Fällen eine zusätzliche Untersuchung bei von  $40\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  abweichenden Temperaturen zweckmäßig sein. In diesen Fällen ist zu prüfen, ob eine Wasserdampfbildung zu berücksichtigen ist.

Die Auswertung ist gemäß ÖNORM S 2120 durchzuführen und zu protokollieren.

## Anhang A (informativ)

### Protokoll des Temperaturverlaufs

Tabelle A.1 stellt ein Beispielformular für die Dokumentation des Temperaturverlaufs in der Prüfmischung dar.

**Tabelle A.1 — Protokoll des Temperaturverlaufs**

<b>Probenbezeichnung:</b>	<b>Datum der Versuchsdurchführung:</b>		
<b>Versuchsdauer</b>	<b>Probe 1</b>	<b>Probe 2</b>	<b>Besonderheiten</b>
	°C		
<i>t</i> = 0 (Versuchsbeginn)			
<i>t</i> = 15 min			
<i>t</i> = 30 min			
<i>t</i> = 45 min			
<i>t</i> = 60 min = 1 h			
<i>t</i> = 1 h 15 min			
<i>t</i> = 1 h 30 min			
<i>t</i> = 1 h 45 min			
<i>t</i> = 2 h			
<i>t</i> = 2 h 15 min			
<i>t</i> = 2 h 30 min			
<i>t</i> = 2 h 45 min			
<i>t</i> = 3 h			
<i>t</i> = 3 h 15 min			
<i>t</i> = 3 h 30 min			
<i>t</i> = 3 h 45 min			
<i>t</i> = 4 h			
<i>t</i> = 4 h 15 min			
<i>t</i> = 4 h 30 min			
<i>t</i> = 4 h 45 min			
<i>t</i> = 5 h			
<i>t</i> = 5 h 15 min			
<i>t</i> = 5 h 30 min			
<i>t</i> = 5 h 45 min			
<i>t</i> = 6 h			
<i>t</i> = 6 h 15 min			
<i>t</i> = 6 h 30 min			
..			
..			
<i>t</i> = 5 Tage			



## Literaturhinweise

- [1] *ÖNORMEN 196-9, Prüfverfahren für Zement – Teil 9: Hydratationswärme – Teiladiabatisches Verfahren*
- [2] *ÖNORMEN 12457-4, Charakterisierung von Abfällen – Auslaugung – Übereinstimmungsuntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen – Teil 4: Einstufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 10 l/kg für Materialien mit einer Korngröße unter 10 mm (ohne oder mit Korngrößenreduzierung)*
- [3] *ONR 23303, Prüfverfahren Beton (PVB) – Nationale Anwendung der Prüfnormen für Beton und seiner Ausgangsstoffe*



## Wichtige Informationen für Anwender von ÖNORMEN

### Standards/Normen

Standards sind von Fachleuten erarbeitete Empfehlungen. Sie dienen dem Wohl und der Sicherheit aller und machen das Leben einfacher. Standards, wie z. B. ÖNORMEN, stehen für Qualität und damit für Vertrauen in Produkte und Leistungen.

Sie werden in Dialog und Konsens aller Betroffenen und Interessierten entwickelt, legen Anforderungen an Produkte, Dienstleistungen, Systeme und Qualifikationen fest und definieren Kriterien für deren Überprüfung.

### Aktualität des Normenwerks/Wissen um Veränderungen

Analog zur technischen und wirtschaftlichen Weiterentwicklung unterliegen Standards/Normen einem kontinuierlichen Wandel. Sie werden vom zuständigen Komitee regelmäßig auf Aktualität, Notwendigkeit sowie Zweckmäßigkeit überprüft und bei Bedarf überarbeitet. Für den Anwender von Standards/Normen ist es daher wichtig, immer Zugriff auf die jeweils gültigen Fassungen zu haben, um sicherzustellen, dass Produkte und Produktionsverfahren bzw. Dienstleistungen und Prozesse den aktuellen Markterfordernissen entsprechen.

Austrian Standards International bietet kundenspezifische Lösungen für ein professionelles Standards-Management.

Informationen über die Angebote von Austrian Standards finden Sie hier:

**[http://www.austrian-standards.at/produkte-leistungen/  
standards-professionell-managen/](http://www.austrian-standards.at/produkte-leistungen/standards-professionell-managen/)**

### Internationale und ausländische Standards

Bei Austrian Standards können Sie auch Internationale Normen (ISO) beziehen, ebenso nationale Normen und Regelwerke aus anderen Ländern und Dokumente anderer in- und ausländischer Organisationen, die Regeln veröffentlichen.

### Weiterbildung und Know-how-Transfer

Austrian Standards bietet zahlreiche Informations- und Weiterbildungsmöglichkeiten rund um Standards: Fachliteratur zu einzelnen Standards, Seminare, Lehrgänge oder Fachkongresse. Autorinnen/Autoren und Vortragende wirken oft selbst an der Entwicklung der Standards mit und vermitteln Informationen und Know-how aus erster Hand. Mehr dazu auf:

**<http://www.austrian-standards.at/fachliteratur>  
<http://www.austrian-standards.at/seminare>**

---

#### Kontakt

##### Customer Service

Tel.: +43 1 213 00-300

Fax: +43 1 213 00-355

E-Mail: [service@austrian-standards.at](mailto:service@austrian-standards.at)

##### Austrian Standards

Heinestraße 38

1020 Wien

Österreich

[www.austrian-standards.at](http://www.austrian-standards.at)

##### ISO 9001:2015

[www.ris.bka.gv.at](http://www.ris.bka.gv.at)

