Abfallwirtschaftliche Betrachtung von Karbidabfällen in Höhlen

ZUSAMMENFASSUNG

Karbidabfälle aus der Frauenmauerhöhle (Hochschwab, Stmk.) wurden beprobt und chemisch untersucht um ihr Gefährdungspotential für die Umwelt beurteilen zu können und abfallwirtschaftliche Parameter zu ermitteln. Ein Vergleich mit den Deponieklassen ergibt, dass Karbidschlamm aufgrund des hohen pH-Wertes auf Massenabfalldeponien abzulagern ist. Das Gefährdungspotential für Umwelt und Höhle wird diskutiert.

ABSTRACT

Waste management consideration of carbide residues in caves

Carbide waste from Frauenmauerhöhle (Hochschwab, Styria) was sampled and analyzed chemically in order to evaluate potential environmental risks and parameters for waste management. A comparison with landfill category classes shows, that carbide waste has to be deposited on "Massenabfalldeponien" due to its high alkalinity. The potential risks for environment and caves are discussed.

Gernot Völkl
Schlingerweg 19b
8790 Eisenerz
g.voelkl@rmvg.at

EINLEITUNG

Calciumcarbid – chemisch CaC_2 – wird aus Kalk und Koks im elektrischen Ofen im Lichtbogen hergestellt:
$CaCO_3 + 3C \Rightarrow CaC_2 + CO + CO_2$.
Die Temperatur für diesen Prozess liegt zwischen 2200 und 2300 °C, das entstehende CaC_2 ist dünnflüssig und wird zum Abkühlen in eiserne Pfannen abgelassen und anschließend gebrochen und gesiebt (Seemann, 1986). Die chemische Reaktion mit Wasser erfolgt exotherm, wodurch Wärme entsteht:
$CaC_2 + 2H_2O \Rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$
Das Acetylengas (C_2H_2) ist eines der Produkte aus dieser chemischen Reaktion, welches verbrannt wird und beim Höhlenforschen als Lichtquelle dient bzw. diente. $Ca(OH)_2$ ist gelöschter Kalk, der als Abfallprodukt entsteht. Durch die Aufnahme von CO_2 aus der Umgebungsluft karbonatisiert dieser zu $CaCO_3$.
Der Artikel berichtet über chemische Untersuchungen an Karbidabfällen im *Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem* (1742/1; Pacher und Illek, 2013) und versucht, deren Gefährdungspotential für die Umwelt zu beurteilen. Die Proben wurden in einem chemischen Labor auf abfallwirtschaftliche Parameter untersucht und mit den Grenzwerten der gesetzlichen Verordnungen verglichen. Mit den gewonnenen Ergebnissen wurde anschließend eine Risikobewertung durchgeführt.

SIND KARBIDRÜCKSTÄNDE ABFALL?

Im Abfallwirtschaftsgesetz 2002 § 2 Abs. 1 (AWG 2002, BGBl I 2002/102) sind Abfälle wie folgt definiert:
Abfälle im subjektiven Sinn sind bewegliche Sachen, deren sich der Besitzer entledigen will oder entledigt hat.
Nach der Judikatur ist eine Entledigung dann gegeben, wenn ihre Weggabe in erster Linie darauf abzielt, sie los zu werden. *Abfälle im objektiven Sinn sind bewegliche Sachen, deren Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich ist, um die öffentlichen Interessen nach AWG 2002 § 1 Abs.3 nicht zu beeinträchtigen.*

Der Begriff „öffentliche Interessen" ist im Abfallwirtschaftsgesetz genau definiert:
Öffentliche Interessen werden beeinträchtigt, wenn andernfalls

1. *Gefährdung von Menschen oder unzumutbare Belästigung bewirkt werden können,*
2. *Gefahren für Wasser, Luft, Boden, Tiere oder Pflanzen oder deren natürliche Lebensbedingungen verursacht werden können,*
3. *die nachhaltige Nutzung von Wasser oder Boden beeinträchtigt werden kann,*

4. *die Umwelt über das unvermeidliche Ausmaß hinaus verunreinigt werden kann,*
5. *Brand- oder Explosionsgefahren herbei geführt werden können,*
6. *übermäßige Geräusche und Lärm verursacht werden können,*
7. *Auftreten oder Vermehrung von Krankheitserregern begünstigt werden können,*
8. *die öffentliche Ordnung und Sicherheit gestört werden kann oder*
9. *Orts- und Landschaftsbild sowie Kulturgüter erheblich beeinträchtigt werden können.*

Beim Zurücklassen von Karbidrückständen kann von einem Entledigungswillen im subjektiven Sinn und von einer Beeinträchtigung des öffentlichen Interesses im objektiven Sinn ausgegangen werden. Somit kann man sie als Abfall bezeichnen, der den gesetzlichen Bestimmungen des österreichischen Abfallwirtschaftsgesetzes unterliegt. Um die unterschiedlichen Abfallarten genau zu klassifizieren, wurde in Österreich ein Abfallschlüsselnummernkatalog eingeführt (ÖNORM S2100 „Abfallkatalog“, 2005). Hier können Abfälle anhand ihres Entstehungsprozesses und deren stofflichen Eigenschaften eingeordnet und anschließend mit einem fünfstelligen Zifferncode versehen werden. Die Schlüsselnummer 31618 „Karbidschlamm“ kann für Rückstände aus Karbidlampen verwendet werden. Die Zuordnung der Gefährlichkeit oder Nichtgefährlichkeit von Abfällen erfolgt mit der ÖNORM S 2100 nach deren Herkunftsprozessen und deren Inhaltsstoffen. Karbidschlamm ist im Sinne der ÖNORM S2100 ein gefährlicher Abfall, da der Herstellungsprozess und die Inhaltsstoffe als gefährlich eingestuft werden.

Im Zuge eines Ausstufungsverfahren nach der Festsetzungsverordnung (FestsetzungsVO 1997, BGBl II 1997/277) kann die Nichtgefährlichkeit angezeigt werden. Werden die Grenzwerte nach Anlage 3 Abfallverzeichnisverordung (AbfallverzVO, BGBl II 2003/570) nicht überschritten, gilt der Abfall bis zum Ablauf einer gesetzlichen Frist als nicht gefährlich. Danach muss die Nichtgefährlichkeit erneut nachgewiesen werden. Die Grenzwerte der Anlage 3, Abfallverzeichnisverordnung, beschreiben die gefahrenrelevanten Eigenschaften von Abfällen. Die gefährlichen Eigenschaften werden als H-Kriterien bezeichnet (vom englischen Begriff *hazard*). Hierbei werden den relevanten Eigenschaften Nummern zugeordnet z.B. explosiv H1, brandfördernd H2, leicht entzündbar H3-A, reizend H4, teratogen H10 und mutagen H11. Die in der Anlage 3 der Abfallverzeichnisverordnung unter H13 angeführten chemischen Grenzwerte gelten bei dem Nachweis der Nichtgefährlichkeit im Zuge eines Ausstufungsverfahren als relevant und dürfen nicht überschritten werden, damit der Abfall als nicht gefährlich eingestuft werden kann.

Ausgestufte Abfälle werden mit einer zusätzlichen Nummernspezifizierung versehen. Karbidschlamm erhält nach dem Ausstufungsverfahren die Schlüsselnummer 31618 88 („Karbidschlamm ausgestuft“).

KARBIDRÜCKSTÄNDE IN HÖHLEN

Jeder Speläologe kennt sie, die Karbidhaufen oder -halden in diversen Höhlen Österreichs und im Ausland. Speziell sind sie in den Eingangsbereichen und in den tagfernen Biwaks anzutreffen. Sie wurden hier im Lauf vieler Höhlenbefahrungen aufgeschüttet. An eine mögliche Entsorgung wurde damals nicht gedacht. Diese punktuelle Verschmutzung von Höhlen wurde früher als unbedenklich empfunden.

Die Abfallwirtschaft ist eine relativ junge Branche und auch das Bewusstsein für Umwelt- und Naturschutz wuchs in Österreich erst im Lauf der letzten Jahrzehnte. Eine rechtliche Grundlage für den Schutz von Höhlen gibt es jedoch bereits seit dem Jahr 1928 (Naturhöhlengesetz, BGBl. 169/1928). Dieses Gesetz trat mit dem BGBl. Nr. 786/1974 am 31. Dezember 1974 außer Kraft und wurde am 1. Jänner 1975 als Landesgesetz in den einzelnen Bundesländern übernommen. Die erlassenen Verordnungen zum Gesetz wurden auch von den Ländern mit übernommen, wobei je nach Bundesland geringe Anpassungen durchgeführt wurden. Das Thema Nachhaltigkeit und Vorsorge bezüglich Abfallaufkommen in Höhlen wurde in diesem Gesetz bzw. in den dazu erlassenen Verordnungen nicht verankert.

Auf verfassungsrechtlicher Ebene wurde 1984 mit dem Bundesverfassungsgesetz über den umfassenden Umweltschutz der Begriff des Umweltschutzes erstmals in die Verfassung eingeführt. In diesem Verfassungsgesetz bekennt sich die Republik Österreich zum umfassenden Umweltschutz und versteht darunter den Schutz des Bodens, des Wassers und der Luft, sowie die Vermeidung von übermäßigem Lärm.

Im Jahr 1990 folgte das erste Abfallwirtschaftgesetz. Dieses wurde mehrmals novelliert und mit dem Abfallwirtschaftsgesetz 2002 neu kundgemacht. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine rechtliche Grundlage für den Schutz von Höhlen seit dem

Jahr 1928 vorhanden ist, das Bewusstsein für Umweltschutz und dessen Vollzug aber erst im Laufe der letzten Jahrzehnte wuchs. Trotz zahlreicher Reinigungsaktionen in Höhlen tauchen immer wieder Abfälle auf, die einer geregelten und fachgerechten Entsorgung zugeführt werden müssen.

PROBENAHME UND ANALYSEVERFAHREN

Ein wesentlicher Bestandteil von Abfalluntersuchungen ist die Probennahme. Um möglichst repräsentative Messergebnisse zu erhalten, wurden zwei Stichproben zu einer Feldprobe vereint. Die Herstellung einer Feldprobe war erforderlich, um mögliche Ausreißer zu eliminieren und um eine repräsentative Probe zu erhalten. Die erstellte Feldprobe wurde anschließend zu einer Laborprobe verjüngt, die anschließend analysiert wurde.

Die Probennahme erfolgte in den Biwaks des *Frauenmauer-Langstein-Höhlensystems*. In zwei Biwaks (Abb. 1 und 2) wurden Stichproben von je ca. 2 kg gezogen und in luftdichten Kunststoffgebinden an die Oberfläche transportiert.

Bei der chemischen Untersuchung wurden die Stoffkonzentrationen im Eluat und die Gesamtgehalte der Feststoffe analysiert. Bei der Eluatherstellung wurden Abfälle im Verhältnis 1:10 mit Deionat, das über einen Ionentauscher aus Trinkwasser hergestellt wurde, vermischt und für 24 Stunden maschinell vermischt. Dieser Auslaugtest zeigt die Mobilität von organischen und anorganischen Stoffen. Hier wird quantitativ analysiert, welche Stoffe aus einem Feststoff, in diesem Fall Karbidabfall, gelöst werden können. Die Konzentration der anorganischen Inhaltsstoffe wurden mittels Atomabsorption (ICP-OES 4300 DV, Fa. Perkin Elmer) bestimmt. Der pH-Wert wurde mit einem potentiometrischen Verfahren gemessen.

AUSWERTUNG DER CHEMISCHEN ANALYSE

Die Analyse der Probe erfolgte am 22.10.2012 im Labor der Firma Water&Waste GmbH in Wiener Neustadt. In Tabelle 1 sind die wesentlichen Parameter dargestellt. Anorganische Verbindungen, deren Gehalt unter der analytischen Nachweisgrenze lag, wurden darin nicht berücksichtigt (Mangan, Bor, Antimon, Beryllium, Molybdän, Selen, Silber, Thallium, Vanadium, Zinn). In Tabelle 1 werden die Messergebnisse mit den Grenzwerten der jeweiligen Deponieklassen verglichen. Die organische und anorganische Belastung von Abfällen entscheidet, auf welcher Art von Deponie die Abfälle endgelagert werden. Gering kontaminierte Abfälle können auf Inertabfalldeponien (IN) abgelagert werden, hochbelastete auf Massenabfalldeponien (MA). Wird das H13-Kriterium überschritten, ist keine oberirdische Ablagerung ohne ein geeignetes Behandlungsverfahren mehr möglich. Keines der Schwermetalle erreicht annähernd den Grenzwert einer Deponieklasse. Der Karbidschlamm überschreitet den pH-Grenzwert der Reststoffdeponie (RS) im Eluat. Die Ab-

Abb. 1: Probenahmestelle Biwak 1 im Frauenmauer-Langsteinhöhlensystem im Jahr 2012.
Fig. 1: Sampling site Biwak 1 in Frauenmauer-Langsteinhöhlensystem in 2012. Foto: Gernot Völkl

Abb. 2: Probenahmestelle Biwak 4 im Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem im Jahr 2012.
Fig. 2: Sampling site Biwak 4 in Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem in 2012. Foto: Gernot Völkl

lagerung muss somit auf einer Massenabfalldeponie erfolgen. Der geringe Anteil von Schwermetallen im Eluat zeigt, dass keine wesentlichen Extraktionsvorgänge stattfinden. Das heißt, dass beim vorhanden pH-Wert der Abfall als stabil zu beurteilen ist und die Umwelt nicht beeinträchtigt wird.

ERKLÄRUNG DEPONIEKLASSEN

Nach der Deponieverordnung 2008 § 4 (DeponieVO 2008, BGBl II 2008/39) werden Deponien wie folgt eingeteilt:

1. Bodenaushubdeponie (BA)
2. Inertabfalldeponie (IN)
3. **Deponie für nicht gefährliche Abfälle:**
   a. Baurestmassendeponie (BA)
   b. Reststoffdeponie (RS)
   c. Massenabfalldeponie (MA)
4. **Deponie für gefährliche Abfälle (nur als Untertagedeponie)**

Die Zuordnung der Abfälle zu den Deponieklassen erfolgt nach Grenzwerten, die in der Deponieverordnung festgelegt sind. Die Grenzwerte steigen mit den Deponieklassen. Reiner Erdaushub, der z.B. beim Hausbau anfällt, kann auf einer Bodenaushubdeponie deponiert werden. Die Inertabfalldeponie und die Baurestmassendeponie sind gleichwertig. Die Inertabfalldeponie musste in Österreich in die Judikatur eingepflegt werden, da auf EU-Ebene die Abfallrahmenrichtlinie eine Inertabfalldeponie vorsieht. In Österreich sind seit 2008 nur zwei Inertabfalldeponien in Betrieb. Diese befinden sich in Niederösterreich und in Tirol. Mineralische Baurestmassen vom Hausabbruch können auf Inertabfall- bzw. Baurestmassendeponien abgelagert werden. Abfälle von der Industrie und von Abfallverbrennungsanlagen werden auf Reststoff- bzw. Massenabfalldeponien abgelagert. Die Auswertung der Gesamtgehalte zeigt, dass der Abfall zu 94,1 Gew.-% aus Calciumcarbonat besteht (Abb. 3). Ersichtlich ist, dass auch ein geringer Anteil an anorganischen Stoffen vorhanden ist.

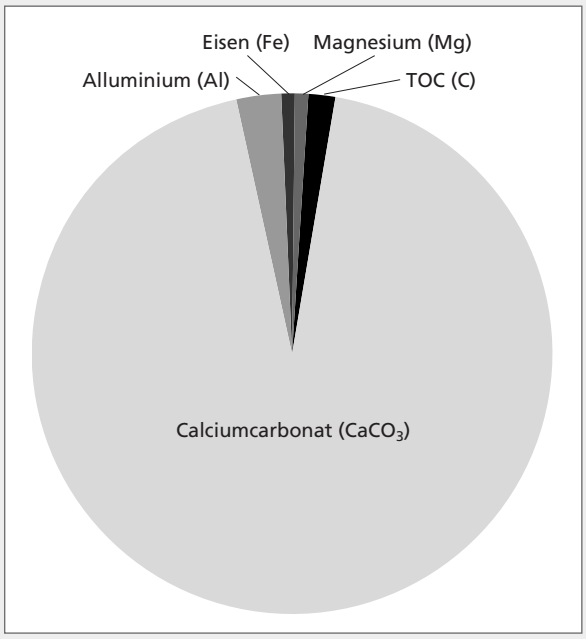

Abb. 3: Zusammensetzung Karbidschlamm.
Fig. 3: Composition of carbide residue.

Tabelle 1: Messergebnisse der Analysen am Karbidschlamm.
Table 1: Chemical composition of carbide mud.
S: Trockensubstanz IN: Inertabfall BRM: Baurestmasse RS: Reststoff MA: Massenabfall BA: Bodenaushub

Feststoff	Norm	Einheit	Ergebnis	Deponieklassen				
				IN	BRM	RS	MA	H13
Kohlenwasserstoff-Index	DIN ISO 16703[a]	mg/kg TS	137	500	1.000	5.000	20.000	20.000
Kalkgehalt (als C)	DIN ISO 10693 (mod.)	% als $CaCO_3$	94,07					
TIC totaler anorg. Kohlenstoff	ÖNORM 13137	mg/kg TS	112,90					
TOC (als C)	ÖN EN 13137[a]	mg/kg TS	1,90	30.000	30.000	50.000	50.000	
Arsen (als As)	ÖN EN ISO 11885[a]	mg/kg TS	1,62	200	200	5000	500	5.000
Blei (als Pb)	ÖN EN ISO 11885[a]	mg/kg TS	7,72	500	500		5.000	
Cadmium (als Cd)	ÖN EN ISO 11885[a]	mg/kg TS	<0,37	4	10	5000	30	5.000
Chrom ges. (als Cr)	ÖN EN ISO 11885[a]	mg/kg TS	3,74	500	500		8.000	
Chrom VI (als Cr)	EN15192mod.	mg/kg TS	<1,49					
Cobalt (als Co)	ÖN 11885[a]	mg/kg TS	<1,25	50	100		500	
Kupfer (als Cu)	ÖN 11885[a]	mg/kg TS	<1,25	500	500		5.000	
Nickel (als Ni)	ÖN 11885[a]	mg/kg TS	5,85	500	500		2.000	
Quecksilber (als Hg)	ÖN 1483[a]	mg/kg TS	<0,20	2	3	20	20	20

Eisen (als Fe)	ÖN 11885[a]	mg/kg TS	1,221					
Magnesium (als Mg)	ÖN 11885	mg/kg TS	1,073					
Aluminium (als Al)	ÖN 11885[a]	mg/kg TS	4,186					
Zink (als Zn)	ÖN 11885[a]	mg/kg TS	<24,91	1.000	1.500		5.000	
Barium (als Ba)	ISO 11885[a]	mg/kg TS	54,81				10.000	
Silber (als Ag)	ÖN 11885[a]	mg/kg TS	<24,91				100	
Eluat:								
Trockensubstanz	DIN EN 12880[a]	%	80,2					
pH-Wert	DIN 38404 T5[a]		**12,4**	6,5–12	6–13	6–12	6–13	6–13
Leitfähigkeit	DIN EN 27888[a]	mS/m	**354**	**150**	**300**			
Abdampfrückstand	DIN 38409-1[a]	mg/kg TS	13,527		25.000	60.000	100.000	
Ammonium (als NH4-N)	ISO 7150	mg/kg TS	**121**	**8,00**	**40,00**	300	10.000	7.765
Sulfid (als S)	ÖN M6615	mg/kg TS	<1,25					200
Fluorid (als F)	EN ISO 10304-1[a]	mg/kg TS	2,41	10	50	150	500	500
Chlorid (als Cl)	EN ISO 10304-1[a]	mg/kg TS	55,35	800	5.000			
Nitrit (als NO2-N)	EN ISO 10304-1[a]	mg/kg TS	**2,10**	**2**	10	15	1.000	304
Phosphat (als PO4-P)	EN ISO 10304-1[a]	mg/kg TS	<3,00	5	50	50		
Sulfat (als SO4)	EN ISO 10304-1a	mg/kg TS	20,82	1.000	6.000		25.000	

INTERPRETATION UND RISIKOABSCHÄTZUNG

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Karbidabfälle in den tagfernen Teilen von Höhlensystemen in vielen Fällen nicht wieder an die Oberfläche gelangen werden. Die hierfür erforderlichen Aufwendungen wären zu zeitintensiv. Die genauen in der Höhle befindlichen Abfallmengen sind nicht bekannt und nur sehr schwer zu ermitteln.

Karbidschlamm kann technisch verwertet werden, z.B. als Substitutionsrohstoff in der Zementindustrie. Die Verwertungsmöglichkeiten von Karbidabfällen aus Höhlen sind jedoch ob deren geringer Gesamtmenge gering.

Bei den hinterlassenen Karbidabfällen ist nahezu kein Gefährdungspotential für die Umwelt gegeben, da Höhlensysteme als stabil angesehen werden können. Der Verdacht, dass Karbidschlamm gefährliche Eigenschaften aufweist, kann anhand der Untersuchungsergebnisse nicht bestätigt werden. Aus Gründen des Höhlenschutzes sollte Karbidschlamm trotzdem nach Möglichkeit entfernt und korrekt entsorgt werden. Die in der Höhle verteilten Karbidsammelplätze sind aufgrund der Mengen nicht umweltgefährdend, solange sie sich nicht neben Bachläufen befinden und möglicherweise in Trinkwassersysteme verschleppt werden.

LITERATUR

AbfallverzeichnisVO (2003): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über ein Abfallverzeichnis. – Abfallverzeichnisverordnung 2003, BGBl II 2003/570.

AWG 2002 (2002): Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft. – Abfallwirtschaftsgesetz 2002, BGBl 2002/102.

DeponieVO (2008): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien. – Deponieverordnung 2008, BGBl II 2008/39.

FestsetzungsVO 1997 (1997): Verordnung des Bundesministers für Umwelt und Familie über die Festsetzung von gefährlichen Abfällen und Problemstoffen. – Festsetzungsverordnung 1997, BGBl II 1997/227.

Naturhöhlengesetz (1928): Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Naturhöhlengesetz 1928, BGBl. 169/1928.

ÖNORM S 2100 (2005): Abfallkatalog. – Ausgabe 1.10.2015.

Pacher, G. & Illek, G. (2013): Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem (Hochschwab): Ergebnisse der Forschungen von 2008 bis 2012. – Die Höhle, 64: 119–124.

Seemann, R. (1986): Einiges über Karbid. – Höhlenkundl. Mitt., Wien, 42 (6): 129–131.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Die Höhle

Jahr/Year: 2015

Band/Volume: 66

Autor(en)/Author(s): Völkl Gernot

Artikel/Article: Abfallwirtschaftliche Betrachtung von Karbidabfällen in Höhlen 141-145