

Kali und Steinsalz



Knudsen

Mengen-Lehre – Rahmenbedingungen des Vergaberechts bei der Beschaffung von Auftausalz

Balduf, Handke

Die Welt des weißen Goldes

Wilsnack, Rössel, Grafe

Kabellose Datenübertragung im Salinar

Alwast, Riemann, Schulte

Bewertung der mittel- bis langfristigen Perspektiven von UTV und UTD in Deutschland für die Entsorgung von Abgasreinigungsrückständen

Debelle

Salt use in the production of chlorine

Steinhage: European Innovation Partnership on Raw Materials and Resource Efficiency Platform

Within the raw materials- and resource policy, the European Commission has launched two initiatives to promote the security of supply of raw materials and the efficient use of natural resources:

- The European Innovation Partnership (EIP) on Raw Materials
- The European Resource Efficiency Platform (EREP)

The industry is asked to participate in and contribute to the process.

Knudsen: Set Theory

The procurement of deicing salt follows special rules. As there are the public authorities in charge of almost all the public streets on the one hand and a salt market on the other hand that works in a limited geographic area, due to the enormous masses and amounts to be delivered. Public procurement law limits the possibilities of counties and cities to shift weather risks all too far towards the contractor. The text deals with the history and principles of European tenders and latest legislative and court decisions in the deicing market.

Balduf, Handke: The World of White Gold

A chamber in which 220 tonnes of gold were once stored; a grotto in which rock salt crystals of up to one meter in length sparkle; a large bunker with the dimensions of the nave of a gothic church – the Merkers Show Mine creates quite an impression with a whole series of superlatives. Concerts, children's' birthdays, sports events and even an underground high-wire garden make the MSM an attraction and a very special experience. Over the

past 21 years, more than 1.4 million visitors have taken a trip down the mine to be fascinated by the "world of white gold." With this mine that is open to visitors, K+S has made a major contribution to enhancing the appeal of the Werra Valley as a tourist destination.

Wilsnack, Rössel, Grafe: Wireless Data transfer through Salt Rock

The measurement of processes up to the point of long-time monitoring of abandoned mines or mine parts is a need in salt mining and final waste disposal. Recent available measurement technology is often based on data transfer via cable connections and a power supply by an underground available power network. This is in contradiction to the commonly aspired fluidic pressure tightness of sealings and/or to the integrity of fluidic barriers as well as to the technical effort to keep the monitored mine excavations open. Using radio propagation through mainly dry salt rock a concept was developed for wireless data transfer. Successful tests were performed at different reference sites. The measuring concept allows the wireless transfer of data from different physical parameters in dry salt rock. Depending from the measuring problem (e.g. frequency of measurement) actually duration up to several decades seems to be possible.

Alwast, Riemann, Schulte: Outlook for Waste Management in Germany Underground for Flue-Gas cleaning Residues

The article recommends that flue-gas cleaning residues from thermal treatment plants (notably WTE plants, RDF power plants, hazardous waste incinerators and biomass

power plants for waste wood) be solely sent for management in underground mines, caverns or landfills. This is the best available technique to take adequate consideration of these residues' risk potential. The specific costs of underground stowage and landfilling compared with other methods of handling flue-gas cleaning residues and the significant benefits (above all, high emission avoidance potential and long-term safety) also support placing these residues underground. What is more, underground storage of flue-gas residues offers benefits compared with other waste management options in terms of resource, space and energy use and energy efficiency.

Debelle: Der Einsatz von Salz bei der Produktion von Chlor

Chlor ist eine Basischemikalie zu Herstellung zahlreicher Produkte des täglichen Bedarfs. In der Chloralkaliindustrie wird durch Elektrolyse einer Salzlösung Chlor und Alkalilauge, Natriumhydroxid oder Kaliumhydroxid, hergestellt. Die wichtigsten Technologien, die für die Chloralkaliproduktion in Elektrolysezellen zum Einsatz kommen, sind das Quecksilber- oder Amalgamverfahren, das Diaphragmaverfahren und das Membranverfahren, wobei als Ausgangsmaterial hauptsächlich Natriumchlorid (NaCl) oder zu einem geringeren Teil auch Kaliumchlorid (KCl) für die Erzeugung von Kaliumhydroxid eingesetzt werden. Der Membranprozess benötigt weniger Elektroenergie und kein Quecksilber, stellt aber höhere Anforderungen an die Reinheit des verwendeten Salzes.

Titelbild: Sportstätte Erlebnis Bergwerk Merkers: Hier wird der Kristall-Marathon ausgetragen.

Abstracts	Seite 3
Editorial	Seite 5
Steinhage Innovationspartnerschaft für Rohstoffe und Ressourceneffizienz-Plattform	Seite 6
Knudsen Mengen-Lehre – Rahmenbedingungen des Vergaberechts bei der Beschaffung von Auftausalz	Seite 10
Balduf, Handke Die Welt des weißen Goldes	Seite 15
Wilsnack, Rössel, Grafe Kabellose Datenübertragung im Salinar	Seite 26
Alwast, Riemann, Schulte Bewertung der mittel- bis langfristigen Perspektiven von UTV und UTD in Deutschland für die Entsorgung von Abgasreinigungsrückständen	Seite 34
Debelle Salt use in the production of chlorine	Seite 42
Nachrichten aus den Unternehmen	Seite 48
Impressum	Seite 9

Liebe Leserinnen und Leser,

ein Mangel, der aus dem Bewusstsein der Industrienationen fast verschwunden ist, macht derzeit Schlagzeilen: Mangel an Nahrungsmitteln. Der Regen, von dem die Menschheit trotz aller Bewässerungstechnik abhängig ist, bleibt aus. Das Wetter zeigt sich auf einigen Kontinenten derzeit von seiner wechselhaftesten Seite. Die anhaltende extreme Dürre in den USA und weiten Teilen Indiens lässt die Preise für Weizen, Mais und Soja auf den Weltmärkten in ungeahnte Höhen schnellen. Mangel kostet, denn knappe Güter werden teurer. Die rasante Entwicklung dieser Preise ist auch Indikator für die Aktualität des „Megathemas“ Ernährung für eine globalisierte Welt. Auch die Notierungen für Düngemittel folgen den zyklischen Bewegungen der globalen Rohstoffmärkte und entsprechend schwanken auch die Preise für Auftausalz je nach Nachfrage.

Der Markt für Auftausalz ist sicherlich einer, an den im Hochsommer nur Spezialisten denken. Wenn der Asphalt in der Sonne flimmert, ist es für die Winterdienstverantwortlichen an der Zeit, Salz – möglichst günstig – einzukaufen. Die Rahmenbedingungen, unter denen die Öffentliche Hand Auftausalz beschafft, nämlich die des Vergaberechts, werden von Dr. Björn Knudsen in seinem Übersichtsbeitrag ausführlich beschrieben.

Aus Brüssel berichtet Manfred Steinhage über aktuelle Entwicklungen, wie die Innovationspartnerschaft für Rohstoffe und eine Europäische Plattform für Ressourceneffizienz. Die Kommission will mit dieser Plattform Orientierungshilfen bieten, um die europäische Wirtschaft zu nachhaltigem Wachstum zu bringen. Ein ambitioniertes Unterfangen. Die Innovationspartnerschaft zielt vor allem auf die Förderung der Exploration, Gewinnung und Verarbeitung von Rohstoffen ab.

Mit dem Beitrag „Die Welt des weißen Goldes“ stellen Ivonne Balduf und Uwe Handke das Erlebnisbergwerk Merkers vor. Mit seinen 1,4 Millionen Besuchern in den vergangenen 20 Jahren ist es ein Beleg für die große Anziehungskraft der gebotenen Events und seiner spannenden Historie. Aus dem Bereich Forschung wird vom Projektteam um Dr. Thomas Wilsnack ein neuartiges Messkonzept vorgestellt, das die kabellose Übertragung von Messdaten unterschiedlicher Parameter im Salinar ermöglicht. Dieses Datenübertragungskonzept lässt sich individuell an die Standortbedingungen und die Messaufgaben anpassen. Die kabellose Datenübertragung kann vor allem zu Überwachung von Prozessen in unzugänglichen Räumen über eine lange Zeit eingesetzt werden.

In einer aktuellen Studie von PROGNOSE zu den mittel- bis langfristigen Perspektiven von UTV und UTD wird aufgezeigt, dass die untertägige Entsorgung zum Beispiel für Abgasreinigungsrückstände aus thermischen Anlagen die optimale Lösung darstellt. Die Ergebnisse dieser Studie werden detailliert von den beteiligten Experten Holger Alwast, Dr. Klaus-Axel Riemann und Jochen Schulte in ihrem Beitrag präsentiert. Schließlich erläutert Jean-Pol Debelle die wichtigsten Technologien, die für die Chloralkaliproduktion in Elektrolysezellen eingesetzt werden. Als Ausgangsmaterialien kommen hauptsächlich Natriumchlorid und in geringem Umfang auch Kaliumchlorid zur Anwendung.

Wir wünschen Ihnen mit der vorliegenden Themenauswahl eine anregende Lektüre.

Mit freundlichen Grüßen und Glückauf



Dr. Björn Knudsen
stellv. Geschäftsführer



Dieter Krüger
Leiter Öffentlichkeit

Innovationspartnerschaft für Rohstoffe und Ressourceneffizienz-Plattform

Sowohl die EU-Rohstoffinitiative als auch die Entwicklung einer zukünftigen europäischen Ressourcenpolitik bilden seit einigen Jahren wesentliche Arbeitsschwerpunkte der Europäischen Institutionen. Aus dem Bereich der Europäischen Kommission gibt es neue Entwicklungen, über die im Folgenden berichtet wird.



Manfred Steinhage,
Leiter des VKS-Büros in Brüssel

Sowohl die EU-Rohstoffinitiative als auch die Entwicklung einer zukünftigen europäischen Ressourcenpolitik bilden seit einigen Jahren wesentliche Arbeitsschwerpunkte der Europäischen Institutionen. Aus dem Bereich der Europäischen Kommission gibt es neue Entwicklungen, über die im Folgenden berichtet wird.

Innovationspartnerschaft für mineralische Rohstoffe

Die Europäische Kommission hat am 29. Februar 2012 mit der Veröffentlichung der Mitteilung „**Rohstoffe für das künftige Wohlergehen Europas nutzbar machen – Vorschlag für eine Europäische Innovationspart-**

nerschaft für Rohstoffe“ (KOM(2012) 82 endg.) einen Vorschlag zur Gründung einer neuen Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP) für Rohstoffe verabschiedet.

Hauptziel dieser Partnerschaft ist die Förderung der Exploration, Gewinnung und Verarbeitung von Rohstoffen. Erreicht werden soll dieses durch Zusammenführung von öffentlichen und privaten Akteuren (Public Private Partnerships) über Grenzen und Sektoren hinweg, die sich zu den Bereichen Innovation, Forschung und Entwicklung sowie nachfrageorientierte Maßnahmen austauschen. Das Ergebnis der Arbeit der Innovationspartnerschaft soll nach

Ansicht der Kommission darin bestehen, dass Europa 2020 einen großen Schritt in Bezug auf eine Verringerung seiner Abhängigkeit von Rohstoffeinfuhren vollzogen haben soll. Dieses soll durch eine Beschleunigung jener Innovationen erreicht werden, die eine sichere und nachhaltige Versorgung sowohl mit Primär- als auch mit Sekundärrohstoffen bewirken und die Verschwendung von Schlüsselrohstoffen während ihres gesamten Lebenszyklus vermeiden helfen. Gleichzeitig soll damit ein wesentlicher Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft, zur höheren Ressourceneffizienz in der EU und zur Entwicklung neuer Recyclingaktivitäten an Standorten in ganz Europa geleistet werden.

Die EIP für Rohstoffe zielt auf **nicht energetische und nicht landwirtschaftliche Rohstoffe** unter – nicht ausschließlicher – Berücksichtigung der EU-Liste der kritischen Rohstoffe ab.

(Über die Definition der 14 kritischen Rohstoffe in der EU wurde in Heft 2/2010 berichtet.)

Als **spezifische, konkrete Ziele**, die spätestens 2020 erreicht werden sollen, schlägt die Kommission u. a. vor:

- Europäische, standardisierte Statistikinstrumente zur Erfassung von Ressourcen und Reserven (Festland und Meer) und eine geologische 3D-Karte;
- ein dynamisches Modellierungssystem, das die Entwicklung von Angebot und Nachfrage mit

den wirtschaftlich abbaubaren Reserven und einer Analyse des vollen Lebenszyklus unter Einbeziehung einer Bewertung der ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen verschiedener Szenarien verknüpft;

- bis zu zehn innovative Pilotmaßnahmen (z. B. Demonstrationsanlagen) für Exploration, Förderung und Verarbeitung, Sammlung und Recycling;
- Ersatzlösungen für mindestens drei Schlüsselanwendungen von kritischen und knappen Rohstoffen;
- ein Netzwerk von Forschungs-, Bildungs- und Schulungszentren für nachhaltigen Bergbau und nachhaltige Materialwirtschaft unter gleichzeitiger Gewährleistung einer angemessenen Koordination mit dem möglichen Europäischen Innovations- und Technologieinstitut (EIT) – Wissens- und Innovationsgemeinschaft (KIC) in den Bereichen nachhaltige Exploration, Förderung, Verarbeitung und Recycling;
- höhere Effizienz bei Materialeinsatz und Vermeidung, Wiederverwendung und Recycling wertvoller Rohstoffe aus Abfallströmen mit einem besonderen Schwerpunkt auf potenziell umweltschädliche Stoffe;
- Identifizierung der Möglichkeiten und Entwicklung neuer Ideen für innovative Rohstoffe und Produkte mit Marktpotenzial;
- eine proaktive Strategie der EU in multilateralen Organisationen und in den bilateralen Beziehungen etwa mit den USA, Japan,

Australien auf den verschiedenen Gebieten, die unter die EIP fallen. Als **Arbeitspakete (AP)** für die EIP werden von der Kommission vorgeschlagen:

Technologiefokussierte Maßnahmenbereiche

- Entwicklung innovativer Technologien und Lösungen für eine nachhaltige und sichere Rohstoffversorgung; Förderung, Verarbeitung und Recycling (**AP 1**)
- Entwicklung innovativer und nachhaltiger Lösungen für die angemessene Substitution kritischer und knapper Materialien (**AP 2**).

Nicht technologiefokussierte Maßnahmenbereiche

- Verbesserung des EU-Regelungsrahmens für Rohstoffe, der Wissens- und Infrastrukturbasis (**AP3**). Dieses AP soll dazu dienen, geologische Daten zu erstellen und zu standardisieren sowie bewährte Praktiken für die Festlegung von Maßnahmen in den Bereichen mineralische Rohstoffe, Landplanung und deren Regelung in den Mitgliedstaaten zu ermitteln und auszutauschen. Es soll auch Maßnahmen zur Förderung der technischen Exzellenz und der in Europa benötigten Fähigkeiten unterstützen.
- Veränderung der gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Förderung der effizienten Gewinnung und Nutzung von primären und sekundären Rohstoffen sowie zur Förderung der Vermeidung, der Sammlung und des

Recyclings von Abfällen durch öffentliche (z. B. Beschaffung) und private Initiativen (**AP 4**).

Internationale Zusammenarbeit – horizontaler Ansatz

Darin wird die Rolle des „globalen Marktplatzes“ bei der Sicherung des Zugangs zu Rohstoffen und bei der Förderung des Einsatzes umweltfreundlicher Förder- und Verarbeitungstechnologien anerkannt. In dieser AP sollen auch Forschung und Innovation, die Verbesserung der geologischen Wissensbasis, die Handelspolitik sowie der Dialog über Grundsatzfragen mit internationalen Organisationen behandelt werden. Beispielhaft werden dafür Organisationen genannt, wie die Afrikanische Union, die OECD, die Weltbank und die G20-Staaten. Auch bilaterale Beziehungen und Partnerschaften sollen zur Zielerreichung beitragen können (**AP 5**).

In der aktuellen Phase sind „Interessierte“ aufgerufen, Entscheidungsträger und Experten für die geplanten Strukturen zu benennen und die Partnerschaft mit Leben zu erfüllen.

Zusammengefasst besteht die Bedeutung der EIP darin, dass sie eine Plattform mit dem Ziel bildet, Akteure auf der Ebene der Gemeinschaft zusammenzubringen, geeignete Maßnahmen zu entwickeln und zu koordinieren, um insbesondere für den Bereich der mineralischen Rohstoffe die Abhängigkeit von Importen zu verringern. Diese Entwicklung wird auch die Aufmerksamkeit der Politik stärker auf den Sektor der mineralischen Rohstoffe lenken. **Die EIP für Rohstoffe**

muss allerdings noch endgültig vom EU-Ministerrat genehmigt werden.

Die zypriotische Präsidentschaft strebt an, dass der Rat für Wettbewerbsfähigkeit darüber noch in diesem Jahr entscheiden wird. Die sachliche Notwendigkeit wird von vielen Mitgliedstaaten grundsätzlich befürwortet. Die in den Arbeitspaketen teilweise relativ allgemein formulierten Maßnahmen und Ziele bedürfen jedoch der weiteren Konkretisierung. Unklar ist zum heutigen Zeitpunkt auch die Finanzierung der Europäischen Innovationspartnerschaft. Es bleibt zu hoffen, dass die Mitgliedstaaten der EIP zustimmen, im Rahmen der EIP ausreichend Finanzmittel für rohstoffspezifische Projekte zur Verfügung gestellt und hinreichend gute und zukunftssträchtige Projekte beantragt werden.

Plattform für Ressourceneffizienz

Die **Europäische Plattform für Ressourceneffizienz** (EREP – „European Resource Efficiency Platform“) wurde am 5. Juni 2012 ins Leben gerufen. Die Hauptaufgabe der Plattform soll darin bestehen, der Europäischen Kommission, den regionalen und lokalen Behörden sowie den Marktteilnehmern nützliche Orientierungshilfen auf hohem Niveau bereitzustellen, um die europäische Wirtschaft zu einem intelligenten, nachhaltigen und integrativen Wachstum zu lenken. Die Plattform soll Vorschläge erarbeiten, wie die von der Europäischen Kommission in ihrem **Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa** (siehe Kali und Steinsalz, Heft 1/2012) festgelegten

Etappenziele und Visionen erreicht werden können. Dazu gehört auch das erklärte Ziel, Ressourcennutzung und Wirtschaftswachstum (absolut) zu entkoppeln.

Den Vorsitz der Plattform hat John Bruton, ehemaliger Premierminister Irlands und amtierender EU-Botschafter in den USA, inne. Die insgesamt 34 Mitglieder setzen sich aus fünf Europäischen Kommissaren, vier Abgeordneten des Europäischen Parlaments, neun führenden Unternehmern aus unterschiedlichen Sektoren, u. a. Rio Tinto, Siemens, vier nationalen Umweltministern, darunter Bundesumweltminister Peter Altmaier sowie Vertretern internationaler Organisationen wie OECD, UNIDO, Nichtregierungsorganisationen und der Wissenschaft zusammen.

Im Rahmen der Plattform wurden folgende drei **Arbeitsgruppen** eingerichtet:

- Kreislaufwirtschaft/Verwirklichung einer ökologischeren/nachhaltigeren („grünen“) Wirtschaft
- Festlegung von Zielen und Messung der Fortschritte bei der Ressourceneffizienz
- Rahmenbedingungen für Investitionen in Ressourceneffizienz

Die Plattform ist auf zwei Jahre angelegt. Die Ergebnisse der Arbeit der Arbeitsgruppen bzw. der Plattform sollen in Berichten – erste Empfehlungen Mitte 2013 und der Abschlussbericht Mitte 2014 – veröffentlicht werden. Die Europäische Kommission erwartet von der Plattform, Vorschläge für geeignete Indikatoren zur Messung der Ressourceneffizienz und für die Festlegung

von Ressourceneffizienzzielen (auf freiwilliger oder verpflichtender Basis) sowie Vorschläge für politische Maßnahmen zur Erreichung der gesetzten Ziele. Die Absicht der Kommission ist es, die EU 2020-Strategie im Sinne der Erzielung einer ressourceneffizienten und CO₂-ar-

men EU-Wirtschaft überarbeiten zu können.

Die Wirtschaft ist aufgerufen, sich an den Arbeiten zu beteiligen. Jeder, der sich an der Debatte beteiligen möchte, kann sich über eine Online-Plattform (http://ec.europa.eu/environment/resource_

efficiency/) einbringen, auf der in den kommenden Monaten eine Reihe von Diskussionen und Konsultationen stattfinden wird. Über die weitere Entwicklung werden wir Sie auf dem Laufenden halten.

Impressum

Kali und Steinsalz

herausgegeben vom VKS e.V.

VKS e.V.:

Reinhardtstraße 18A
10117 Berlin
Tel. +49 (0) 30.8 47 10 69.0
Fax +49 (0) 30.8 47 10 69.21
E-Mail: info.berlin@vks-kalisalz.de
www.vks-kalisalz.de

Erscheinungsweise:

dreimal jährlich in loser Folge

ISSN 1614-1210

Redaktionsleitung:

Dieter Krüger, VKS e.V.
Tel. +49 (0) 30. 8 47 10 69 13

Redaktionsausschuss:

Dr. Wolfgang Beer, K+S Aktiengesellschaft
Hartmut Behnsen, VKS e.V.
Holger Bekemeier, esco GmbH & Co. KG
Uwe Handke, K+S KALI GmbH
Frank Hunstock, K+S Aktiengesellschaft
Dr. Volker Lukas, K+S Entsorgung GmbH
Dr. Ludger Waldmann, K+S Aktiengesellschaft

Herstellung und Layout:

diepiloten
Dirk Linnerz
Lausitzer Straße 31
10999 Berlin
Tel. (0 30) 81 79 74 80
Fax (0 30) 81 79 74 81
E-Mail: dirk.linnerz@diepiloten.de
www.diepiloten.de

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Genehmigung des VKS e.V. unzulässig. Dies gilt auch für herkömmliche Vervielfältigungen (darunter Fotokopien, Nachdruck), Übersetzungen, Aufnahme in Mikrofilmarchive, elektronische Datenbanken und Mailboxes sowie für Vervielfältigungen auf CD-ROM oder anderen digitalen Datenträgern. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens zulässig hergestellte oder benutzte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG Wort, Abteilung Wissenschaft, Goethestr. 49, D-80336 München.

Mengen-Lehre

Rahmenbedingungen des Vergaberechts bei der Beschaffung von Auftausalz



Dr. Björn Knudsen,
Leiter Recht, VKS Berlin

Bits hin, Bytes her – Mobilität ist auch im 21. Jahrhundert körperlich. Das störungsfreie Funktionieren aller Verkehrswege ist ein vitales Erfordernis moderner Gesellschaften. In Breitengraden, die winterliche Wetterereignisse wie Schneefall, Hagel und überfrierende Nässe erleben, hat sich seit Jahrzehnten das Ausbringen von Auftausalz zur Sicherung des Straßenverkehrs etabliert, auf dass zwischen Reifen und Fahrbahn nichts zum Rutschen kommen möge.

Der jährliche Verbrauch an Auftausalz wird von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) mit starken

Schwankungen zwischen etwa einer und drei Millionen Tonnen für das Gebiet der Bundesrepublik angegeben. Bei extremen Wetterverhältnissen, wie etwa im Winter 2009/2010, können es über vier Millionen Tonnen sein. Das entspricht grob gerechnet 2.000 voll beladenen Güterzügen. Da das öffentliche Straßennetz in Deutschland fast vollständig durch den Staat unterhalten wird, läuft annähernd der gesamte Verbrauch über das Beschaffungswesen der Länder, Kreise und Kommunen. Es weist einige Besonderheiten tatsächlicher und rechtlicher Art auf, nicht zuletzt wesentlich bedingt durch das Vergaberecht.

Grundzüge des Vergaberechts

Staatliches Handeln, so die klassische Lehre, zeichnet sich durch die Gestaltung eines Über-Unterordnungsverhältnisses aus. Typischerweise geschieht dies durch einen Verwaltungsakt, der konkrete Rechte und Pflichten („Genehmigung mit Auflagen“) des Bürgers oder Unternehmens beschreibt – hoheitliche Maßnahmen ohne Verhandlungsspielraum. Demgegenüber sieht die typische Handlungsform des Zivilrechts, der Vertrag, gerade die Wahlfreiheit bei Abschluss und Ausgestaltung als Kernelement vor. Das bedeutet, man darf sich seinen Vertragspartner nach Belieben aus-

suchen und kann, solange man auf dem Boden der Rechtsordnung bleibt, vereinbaren was immer man möchte.

Wenn die Öffentliche Hand „Einkaufen geht“, agiert sie in erster Linie „wie ein Privater“. Aus diesem Grund war man lange Zeit der Auffassung, eine Behörde könne im Wesentlichen frei entscheiden, wem sie welche Aufträge erteilt. Objektive Vorgaben leitete man allenfalls aus dem Haushaltsrecht im Sinne einer sparsamen Mittelverwendung ab und als Anfang des 20. Jahrhunderts erste „Verdingungsordnungen“ geschaffen wurden, maß man ihnen nicht die Qualität einer Rechtsnorm bei. Erst seit Ende des letzten Jahrhunderts setzte sich auch beim Gesetzgeber allmählich die Einsicht durch, dass die Beschaffung der Öffentlichen Hand nicht ausschließlich unter zivilrechtlichen Vorgaben betrachtet werden kann. Nach modernem Verständnis eines demokratischen Staatswesens mit Gewaltenteilung, muss eine Behörde auch beim „Einkauf“ objektive einklagbare (gesetzliche) Regeln befolgen. Man kann solche Regeln daher auch als einen Zwitter zwischen öffentlichem Recht und Zivilrecht begreifen.

Die öffentliche Hand vergibt in der Bundesrepublik pro Jahr Aufträge im Volumen von grob

250 Milliarden Euro. Die übergroße Mehrheit der dieser Vorgänge dürften, soweit sie eine festgelegte finanzielle Schwelle überschreiten dem Regime des Vergaberechts unterliegen, welches dadurch eine erhebliche wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Für das Jahr 2006 schätzte die Europäische Union die Vergabe bei der Beschaffung von Dienstleistungen (einschließlich Bauarbeiten) und Gütern auf etwa 1,9 Billionen Euro. Der Regelfall der Vergabe ist das so genannte offene Verfahren, also die öffentliche Ausschreibung, die europaweit bekannt gemacht werden muss, im Sonderteil des Amtsblatts und auf der Internetseite TED – Tenders Electronic Daily (ted.europa.eu).

Der relativen „Jugend“ dieses Rechtssystems entspricht eine erhebliche Dynamik der nationalen und europäischen Veränderungen auf Gesetzes- und Rechtsprechungsebene. Als Geburtsjahr des modernen Vergaberechts kann man auf nationaler Ebene das Jahr 1999 ansehen, als zum ersten Januar ein neuer vierter Teil ins Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) eingeführt wurde. Pate standen dazu verschiedene Übereinkommen auf internationaler beziehungsweise europäischer Ebene, wesentlich angestoßen durch die Europäische Kommission mit dem unter Jacques Delors veröffentlichten Weißbuch zum Binnenmarkt. Seither wurden die Normen auf allen Ebenen mehrfach geändert, zuletzt die Verdingungsordnungen den europäischen Vorgaben angepasst und nun als Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen (VOL/A 2009) bezeichnet.

Einige Zielsetzungen bei der Regulierung öffentlicher Vergabe liegen auf der Hand. Die Verwendung öffentlicher Mittel soll nicht nur möglichst ökonomisch zur Optimierung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses erfolgen, sondern dieser Bereich der öffentlichen Verwaltung soll auch besonders transparent sein. Ausdrücklich verweisen die einschlägigen Gesetzesbegründungen denn auch auf die besondere Anfälligkeit dieses Bereichs für Korruption. Ein weiterer Grundsatz der einschlägigen Regelungen ist zudem die Chancengleichheit der Bieter beziehungsweise Auftragnehmer. Sie soll durch ein transparentes und insbesondere förmliches Verfahren sichergestellt werden. Dem entspricht ein ausdifferenziertes Rechtsschutzsystem vor speziellen Vergabekammern und spezialisierten gerichtlichen Senaten. Die (potentiellen) Teilnehmer eines Vergabeverfahrens haben inzwischen ein einklagbares Recht auf Einhaltung der einschlägigen Vorschriften.

Vergabe im Markt für Auftausalz

Der Beschaffungsmarkt für Auftausalz zeichnet sich durch einige Besonderheiten aus. Während die Nachfrage fast ausschließlich durch die Behörden für den Unterhalt der Straßen erfolgt, existiert auf Seiten der Anbieter eine überschaubare Anzahl an Produzenten. Dies vor allem dann, wenn man berücksichtigt, dass ein wesentlicher Faktor die zu überbrückende Distanz zwischen Hersteller und Abnehmer ist. Denn angesichts der großen Mengen und Massen,

um die es sich handelt, spielen die Transportkosten eine kaum zu überschätzende Rolle. Die europaweite Ausschreibung, die in diesem Beschaffungsmarkt aufgrund der Auftragswerte zu erfolgen hat, wird daher faktisch auf die geografisch naheliegenden Anbieter begrenzt.

Dr. Horst Hanke, Vorsitzender des Arbeitsausschusses Winterdienst der FGSV, weist darauf hin, dass es praktisch keine nennenswerten Möglichkeiten gebe, Salz in marktrelevanten Mengen zu importieren (Hanke: Salzmen-Management, in: Straße und Autobahn, 2012, 241 ff.). Da die zuständigen Behörden im Sinne einer sparsamen Haushaltsführung gehalten sind, möglichst wenig Kapital zu binden und keine großen Vorräte anzulegen, wird die flächendeckende Versorgung der Straßenmeistereien im Falle plötzlicher „Wintereinbrüche“ zur logistischen Herausforderung par excellence. Zudem ist wegen der großen Volumina auch die Möglichkeit zur Vorratshaltung auf Seiten der Hersteller wie auf Seiten der Verwender begrenzt.

Da der Staat nach einschlägigen vergaberechtlichen Regelungen nicht vollkommen frei im Markt agieren kann, muss er bei der Verteilung von vertraglichen Risiken besondere Vorsicht walten lassen. Bei der Beschaffung von Auftausalz besteht das vertragliche Risiko fast vollständig aus einem besonders unberechenbaren Faktor: dem Wetter. Und da langfristige Wetterprognosen auf die Voraussage hinauslaufen, „wenn der Hahn kräht auf dem Mist, ändert sich das Wetter

oder es bleibt wie es ist“, geht es bei den einleitenden Vertragsverhandlungen (alias Ausschreibungen) letztlich um die Frage, wer das Wetter-Risiko trägt. In einer „milden“ Wintersaison kommt eine Region möglicherweise ganz ohne Auftausalz aus. Auch zwei oder drei Winter nacheinander kann der Bedarf null sein. Aus Sicht einer Straßenmeisterei liegt es nahe, einen Liefervertrag abzuschließen, der insoweit regelt, dass der Lieferant die zur Tausalz-Versorgung der Straßen notwendige Menge im Bedarfsfall kurzfristig liefert – und falls der Bedarf ausbleibt nicht liefert und auch nichts berechnet.

Während eine solche „alles oder nichts“-Strategie im Geschäftsverkehr zwischen privaten Unternehmen zulässig wäre – eingeschlossen das Risiko keinen Lieferanten zu finden –, ist dem öffentlichen Auftraggeber dieser Weg kraft seiner besonderen Position im Markt verwehrt. Er könnte quasi umgekehrt vorgehen, das Wetter-Risiko vollständig selbst übernehmen. Das würde bedeuten, frühzeitig große Mengen anzukaufen und so große Reserven anzulegen, dass alle Unbilden der Witterung ausgeglichen werden können. Ein Weg der sich aus haushälterischer Sicht und Aspekten der Mittel- und Personalsparsamkeit nicht unbedingt aufdrängt.

Um einen gangbaren „Mittelweg“ zwischen den Extrempositionen wurde insbesondere nach den strengen Wintern zwischen 2009 und 2011 auch vor Gericht gerungen. Entsprechend den Besonderheiten des Vergaberechts ist auch das Rechtsschutz-Verfahren speziell

geregelt. Die Überprüfung der Rüge eines Verfahrensbeteiligten obliegt zunächst den Vergabekammern der Bundesländer. Sie sind formal kein Zweig der Justiz, sondern Verwaltungsbehörden, wobei jedoch das Verfahren weitgehend dem gerichtlichen Verfahren entspricht. Vor Anrufung der Vergabekammern muss der Antragsteller jedoch die vermuteten Verstöße bei der ausschreibenden Behörde gerügt haben und damit der Vergabestelle die Möglichkeit eröffnet haben, Abhilfe zu schaffen. Rechtsmittel gegen die Entscheidung der Vergabekammer können beim zuständigen Vergabesenat des Oberlandesgerichts nachgesucht werden.

Die Suche nach einer fairen Risikoverteilung

Verhandelt wurden in mehreren Verfahren vor den Vergabekammern und Oberlandesgerichten Einzelfragen der Risikoverteilung. Kann etwa der Auftraggeber eine Gesamtmenge zu liefernden Materials vorgeben, ohne eine eigene Pflicht zur Abnahme einzugehen? Welchen Anteil an der Gesamtliefermenge kann eine so genannte Bedarfsposition, also Ware, die nur im Bedarf abgerufen wird, ausmachen? Können zusätzliche Mengen, gegebenenfalls in einer vorab gesetzten Frist von wenigen Tagen, ohne eine preisliche Staffellung verlangt werden?

In einem zivilrechtlichen Vertrag kann grundsätzlich jedwede Abrede getroffen werden und damit auch jede Art von Risiko von dem einen oder anderen Vertragspartner übernommen werden. Es stellt einen immanenten Aspekt der Ver-

tragsfreiheit dar, sich gegebenenfalls bestimmte Unwägbarkeiten vergüten zu lassen, sie abweichend zu verhandeln, oder eben auf den Abschluss des Vertrags zu verzichten. Grundsätzlich widerspricht dem auch nicht, dass nach den Grundsätzen des Kaufrechts der Käufer das Risiko der Verwendung des Kaufgegenstands trägt: Wer würde es als angemessen empfinden, einen Hauskauf rückgängig zu machen, weil der Käufer im nachhinein feststellt, dass es ihm doch zu groß ist und das Nachbarhaus viel geeigneter wäre.

Die Grundsätze des Vergaberechts stehen jedoch einer sehr weitgehenden Risikoverlagerung entgegen. Die VOL/A sprach bis vor kurzem anschaulich von Verbot der Überwälzung eines *ungewöhnlichen Wagnisses* (§ 8 Abs. 1 VOL/A 2006). Die Neuregelung der Vergabe- und Vertragsordnung von 2009 stellt dieses Kriterium formal nicht mehr auf. Die Rechtsprechung hat jedoch inzwischen mehrfach bestätigt, dass der Grundsatz sinngemäß auch unter dem neuen Rechtsregime anzuwenden ist. Denn, so unter anderem das OLG Dresden, „dem Bieter allein Umstände und Ereignisse zuzurechnen, auf die er keinerlei Einfluss hat und deren Einwirkungen auf Preise und Fristen er nicht abschätzen kann“, verbiete unter anderem bereits die allgemeinen Grundsätze auf Transparenz und Gleichbehandlung aus § 97 Abs. 2 GWB (OLG DD, Urteil vom 02.08.2011, Az. Verg 004/11).

Die ausschreibende Behörde hatte für einen definierten Zeitraum 18.000 t Auftausalz ausgeschrieben, von denen jeweils mindestens 125 t

innerhalb von 48 Stunden abrufbar sein sollten. Eine Mindestmenge, die jedenfalls abgenommen werden würde, war nicht vorgesehen. Man hatte im Verfahren argumentiert, dass man zur Erfüllung der Verkehrssicherungspflichten auf eine garantierte Lieferung angewiesen sei und wetterbedingte Schwankungen zum branchenüblichen Risiko des Anbieters zählen würden. Das Gericht widersprach dem und sprach den Anbietern ein Mindestmaß an Planungssicherheit zu, die von der Behörde auch deshalb gewährleistet werden könne, da man über belastbare Erfahrungswerte aus vergangenen Streuperioden verfüge.

In einem vergleichbaren Fall wurde vor der Vergabekammer Münster verhandelt, welcher Anteil der Gesamtmenge mindestens abgenommen werden muss und welcher als Bedarfsposition ausgeschrieben werden kann. Dabei entschied die Kammer, dass es keine eindeutige und erschöpfende Leistungsbeschreibung im Sinne des § 8 Abs. 1 EG VOL/A darstelle, wenn die Behörde sich vorbehalte, weniger als die Hälfte der ausgeschriebenen Menge auch wirklich abzunehmen (Vergabekammer Bezirksregierung Münster, Beschluss vom 21.10.2011, Az. VK 17/11). Die Vergabestelle müsse einen Teil des aufgrund der Vorjahre errechneten Risikos ausbleibenden Bedarfs selbst und auf eigene Kosten tragen. Eine Schwankung von plus minus 20 % um einen errechneten „Mittelkorridor“ wird diskutiert, letztlich aber nicht endgültig in die eine oder andere Richtung entschieden. Nach derzeitigem Stand der Recht-

sprechung darf man als Anbieter von Auftausalz davon ausgehen, dass die Vergabestelle eine möglichst umfassende Kalkulation des Bedarfs aufgrund der Vorjahre erstellt und zumindest eine Mindest- und Höchstmenge festlegt, die in jedem Falle abgenommen wird (vgl. u. a. Vergabekammer Baden-Württemberg, Beschluss vom 03.06.2011, 1 VK 25/11). Inwieweit Unter- bzw. Obergrenzen vom angepeilten mittleren „Zielwert“ abweichen können, dazu gibt es bislang von der Rechtsprechung keine genauen Hinweise. Möglich ist es, angemessene Fristen auszusprechen, zu denen Nachlieferungen erfolgen müssen, soweit es sich um realisierbare Mengen handelt.

Eine Patentlösung für die hier geschilderten Ausschreibungsverfahren wird es kaum geben. Die Rechtsprechung hat einige Leitplanken gelegt, innerhalb derer die Vertragsparteien Vereinbarungen entwickeln müssen. Eine gerichtliche Vorgabe, wie genau im Einzelfall eine Ausschreibung auszusehen hat, kann es schon aufgrund der Vielfalt der Beschaffungsmodalitäten nicht geben. Denn, wie so oft, liegt das Dilemma zwischen den Faktoren ausreichender Planungssicherheit einerseits und möglichst großer Flexibilität andererseits. Außerhalb des Vergaberechts werden daher technische und organisatorische Maßnahmen helfen müssen, der Straßenglätte beizukommen. Der Mensch mag mit einer gewissen Demut etwas Beruhigendes darin sehen, dass Prognosen gerade beim Wetter besonders dann unsicher sind, wenn sie die Zukunft betreffen.

§ 97 Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB)

(1) Öffentliche Auftraggeber beschaffen Waren, Bau- und Dienstleistungen nach Maßgabe der folgenden Vorschriften im Wettbewerb und im Wege transparenter Vergabeverfahren.

(2) Die Teilnehmer an einem Vergabeverfahren sind gleich zu behandeln, es sei denn, eine Benachteiligung ist auf Grund dieses Gesetzes ausdrücklich geboten oder gestattet. [...]

(5) Der Zuschlag wird auf das wirtschaftlichste Angebot erteilt. [...]

(7) Die Unternehmen haben Anspruch darauf, dass der Auftraggeber die Bestimmungen über das Vergabeverfahren einhält.

§ 8 EG VOL/A

(1) Die Leistung ist eindeutig und erschöpfend zu beschreiben, so dass alle Bewerber die Beschreibung im gleichen Sinne verstehen müssen und dass miteinander vergleichbare Angebote zu erwarten sind.

Die Welt des weißen Goldes



Ivonne Balduf, Referentin
Externe Kommunikation,
K+S KALI GmbH, Werk Werra,
Philippssthal



Uwe Handke, Referent
Interne Kommunikation,
K+S KALI GmbH,
Unternehmenskommunikation,
Kassel

Ein Raum, in dem einst 220 Tonnen Gold gelagert wurden; eine Grotte, in der Steinsalzkristalle mit einer Kantenlänge bis zu einem Meter funkeln; ein Großbunker mit den Ausmaßen eines gotischen Kirchenschiffes – das Erlebnis Bergwerk Merkers (EBW) überzeugt mit einer ganzen Reihe von Superlativen. Konzerte, Kindergeburtstage, Sportveranstaltungen und sogar ein untertägiger Hochseilgarten machen das EBW zu einer Attraktion und einem ganz besonderen Erlebnis. Über 1,4 Millionen Besucher sind in den vergangenen 21 Jahren eingefahren und haben sich von der „Welt des weißen Goldes“ faszinieren lassen. Mit seinem Besucherbergwerk leistet K+S einen großen Beitrag zur touristischen Attraktivität des Werratal.



Das im Jahr 2003 eingeweihte Besucherzentrum auf dem Betriebsgelände des Standortes Merkers des Werkes Werra der K+S KALI GmbH / The visitor centre, which was opened in 2003, on the grounds of the Merkers site of the K+S KALI GmbH Werra plant



Wer sich dem kleinen Thüringer Werra-Dorf Merkers nähert, sieht schon von weitem die beiden markanten Fördergerüste, die an die aktive Zeit des Kalibergbaus erinnern. 1925 war in Merkers die zu dieser Zeit größte Chlorkaliumfabrik der Welt angesiedelt. Der Kalibergbau fand 1993 durch die Schließung des Werkes Merkers ein Ende, aber er ist noch immer spürbar. Denn: Bereits zwei Jahre zuvor hatte das „Erlebnis Bergwerk Merkers“ (EBW) seine Türen geöffnet. Absicht war, bei den Menschen in der Region um Vertrauen für den Bergbau zu werben, der von der DDR stets als Staatsgeheimnis behandelt worden war. Mehr als 1,4 Millionen Menschen haben seit der Eröffnung diese einmalige



Weithin sichtbar für alle Autofahrer – das Hinweisschild an der Autobahn A 4 in Fahrtrichtung Eisenach: hier bei der Enthüllung / Visible from afar for all drivers – the sign on the A 4 highway in the direction of Eisenach: here being unveiled



Einrichtung besucht und wurden mit dem Förderkorb in nur 90 Sekunden 500 Meter in die Tiefe gebracht. Geführt von erfahrenen Bergleuten, bekommen die Besucher in der „Welt des weißen Goldes“ Einblicke in die wechselvolle Geschichte des Kalibergbaus in der Region und in die Arbeitswelt der Bergleute. Das EBW hat sich im Verlauf seiner mittlerweile mehr als 20-jährigen Geschichte zu einem Besuchermagnet und kulturellen Aushängeschild im Werratal entwickelt. Das wissen auch Mandatsträger aus der Region zu schätzen. „Das Erlebnis Bergwerk Merkers spielt in der

Liga der besucherstarken Attraktionen Thüringens und des Wartburgkreises“, bilanzierte Andreas Kaufmann, Beigeordneter des Wartburgkreises, anlässlich des 20-jährigen EBW-Bestehens im Jahr 2011. „Als Bürgermeisterin der Einheitsgemeinde Merkers-Kieselbach erfüllt es mich mit Stolz, dass es in unserem kleinen Ort Merkers eine solche Attraktion gibt, die auch Menschen von weit weg gerne besuchen wollen“, sagte Inka Sollmann.

Zwei Mal am Tag – von Dienstag bis Sonntag – werden die Besucher mit auf eine spannende, 25 Kilometer lange Reise durch das rund 140 Quadratkilometer große Grubenfeld genommen. Ausgestattet mit Kittel, Helm und einer Grubenlampe, erwartet die Besucher eine angenehm temperierte Umgebung. Denn unter Tage ist die Luft mit 20 bis maximal 28 Grad Celsius angenehm warm und die Luftfeuchtigkeit beträgt nur 30 Prozent.

Mit dem Förderkorb in 500 Meter Tiefe

Für die Besucher ist die Fahrt mit dem Förderkorb („Seilfahrt“) ein erstes eindrucksvolles Erlebnis, das sie auf die anschließende Tour durch die Tiefen des Bergwerks einstimmt. 72 Personen finden auf den drei Etagen des Förderkorbes Platz. Mit einer Geschwindigkeit von acht Metern pro Sekunde „fährt“ der Förderkorb

Engagierter Partner für den Tourismus im Werra-Revier

Er ist allgegenwärtig im Werratal, sorgt für Arbeit und Wohlstand, beeinflusst Kultur und Lebensweise: der Bergbau. Seit mehr als 100 Jahren hat er Menschen und Traditionen, sogar die Landschaft geprägt und besitzt eine Strahlkraft weit über die Region hinaus. „Wachstum erleben“ heißt das Motto von K+S. Das Unternehmen fördert in der mittlerweile fünften Generation heimische Bodenschätze in der Region. Mit ihren Bergwerken in Thüringen und Hessen schafft die K+S KALI GmbH – eine 100-prozentige Tochter der K+S Aktiengesellschaft (Kassel), die auch Bergwerksstandorte in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt besitzt – dieses Wachstum und leistet damit auch einen wichtigen Beitrag zur Förderung des Tourismus in der Region. Eine gute Ergänzung zum EBW ist übrigens das Werra-Kalibergbau-Museum der Stadt Heringen, das seit 1994 Geschichte und Technik dieses Bergbauzweiges erklärt und anschaulich vorstellt und im Sommerhalbjahr die beliebten Bergtouren auf den Monte Kali anbietet, der Halde am Standort Wintershall.



Nach der eindrucksvollen Seilfahrt geht es für die Besucher auf offenen Pritschenwagen zu den einzelnen Besichtigungspunkten | After the impressive ride in the shaft elevator, visitors continue on open flat trucks to individual visiting points





in die Tiefe. Unter Tage angekommen, geht es auf offenen Pritschenwagen auf die Reise. Das Faszinierende dabei: Jedem Besucher kommt es vor, als ob der Wagen mit großer Geschwindigkeit fahren würde, denn die Tour durch die dunklen, teilweise engen Strecken zu den einzelnen Besichtigungspunkten erzeugt den berühmten Tunneleffekt. Tatsächlich sind maximal 35 Stundenkilometer erlaubt.

Die Besucher erwartet im untertägigen Bergbaumuseum Technik zum Anfassen. Von den ersten Handbohrmaschinen bis hin zum modernen Ladetransportfahrzeug wird die Entwicklung der im Bergbau eingesetzten Gerätetechnik zur Schau gestellt. So erfährt man, dass das Haufwerk, also das herausgesprengte Kalisalz, in den Anfangsjahren des Kalibergbaus vor rund 100 Jahren mit Muskelkraft in Förderwagen geschaufelt wurde – Prozesse, die heute vollautomatisch von modernen Großgeräten erledigt werden. Für die Kinder bietet dieser Bereich Technik zum Anfassen: So können sie im Fahrerstand einer Großmaschine Platz nehmen und sich wie ein richtiger Bergmann fühlen.

Konzerte und Veranstaltungen unter Tage

Eine weitere Station unter Tage ist der frühere Großbunker, in dem einstmalig Rohsalz zwischengelagert wurde. Mit einer Länge von 250 Metern, einer Breite von 22 Metern und einer Höhe bis zu 17 Metern besitzt dieser Bunker die Dimensionen eines gotischen Kirchenschiffs. Im Rahmen der Erlebnistour können die Besucher hier eine einmalige Lasershow genießen. Durch seine hervorragende Akustik eignet er sich auch für Konzerte und ist damit der größte untertägige Konzertsaal der Welt. Gleichzeitig bietet sich der Großbunker für weitere Veranstaltungen wie Kunstausstellungen, Tagungen und Kundenevents an.

Gewaltige Ausmaße: Der Großbunker bietet sich für Konzerte, Kundenevents und viele andere Veranstaltungen an: die 3 Tenöre oder Rodger Hodgson sind hier schon aufgetreten. Im Rahmen der Erlebnistour bekommen die Gäste eine beeindruckende Lasershow geboten / Enormous dimensions: The large bunker is ideal for concerts, customer events and many others: the Three Tenors and Roger Hodgson have already appeared here. As part of the experience tour, guests have the opportunity to enjoy an impressive laser show

Geschichte hautnah

Im zweiten Weltkrieg mit Einsetzen alliierter Bombenangriffe auf deutsche Städte wurden Salzbergwerke vielfach zur Einlagerung von Kunstschätzen, wertvollem Archivmaterial sowie Geld und Gold genutzt. Der Grund: die in großer Tiefe gelegenen Abbaukammern galten damals als absolut bombensicher. Im so genannten Goldraum des EBW lagerten bis zum Frühjahr 1945 rund 220 Tonnen Gold in Barren, Banknoten sowie Münzen in Millionenwerten – die Gold- und Devisenbestände der Deutschen Reichsbank in Berlin. US-amerikanische Truppen haben diesen Schatz bei ihrem Vordringen in Thüringen im April 1945 entdeckt und geborgen. Der Oberbefehlshaber der alliierten Streitkräfte in Europa, Dwight D. Eisenhower, war mit seinen Generälen selbst vor Ort gewesen und hat den einmaligen Fund begutachtet.



Ein GI der amerikanischen Truppen mit Banknoten im Goldraum | An American GI with banknotes in the gold room



Dwight D. Eisenhower mit seinen Generälen nimmt den Goldraum persönlich in Augenschein | Dwight D. Eisenhower inspects the gold room personally along with his generals

Funkelnde Kristalle

Höhepunkt der Grubenfahrt und des Besuches in der Untertagewelt des EBW ist die in 800 Meter Tiefe gelegene Kristallgrotte. Der rund 60 Meter lange Hohlraum mit seinen funkelnden Salzquadern wurde erst 1981 entdeckt. Besondere geologische Bedingungen, gewissermaßen eine „Laune der Natur“, ließen hier die riesigen Steinsalzkristalle mit Kantenlängen bis zu einem Meter entstehen, die Wände und Decke des Hohlraums funkeln und erstrahlen lassen. Dieser Effekt wird durch eine vor einigen Jahren installierte Licht- und Musik-Animation verstärkt. Die Kristallgrotte trägt mittlerweile das Prädikat „Nationales Geotop“ und findet sich auf einer Liste mit den Kreidefelsen auf Rügen und Deutschlands einziger Hochseeinsel Helgoland.



Eine „Laune der Natur“: die Kristallgrotte ist der Höhepunkt der Grubenfahrt | A „whim of nature“ - the crystal grotto is the highlight of the mine ride.

Verantwortung für die Region

K+S ist in der Region an Werra und Ulster – im Werra-Kalirevier – ein sehr bedeutender Arbeitgeber. Das Werk Werra der K+S KALI GmbH beschäftigt fast 4.400 Mitarbeiter, darunter 300 Auszubildende, auf seinen vier Standorten in Hessen (Standorte Hattorf/Philippsthal und Wintershall/Heringen) und Thüringen (Standorte Unterbreizbach und Merkers). Damit erzielt das Unternehmen eine hohe Wertschöpfung in der Region, wovon die Menschen und Betriebe im Standortumfeld besonders profitieren. Denn die Mitarbeiter von K+S kaufen hier ein, nehmen Dienstleistungen in Anspruch und sorgen so für eine stabile Wirtschaftsstruktur. Der Bergbau lockt auch Arbeitskräfte außerhalb des Werrareviers an und schafft die Grundlagen für ein kulturell und sozial attraktives Umfeld: Als „Partner der Region“ unterstützt K+S KALI GmbH die Bad Hersfelder Festspiele, außerdem den Jugendsport und die regionale Vereinsarbeit im Städtedreieck zwischen Bad Hersfeld, Eisenach und Bad Salzungen.



Im Goldraum können die Besucher etwas über die wechselvolle Geschichte des Bergwerkes erfahren | In the gold room, visitors can learn something about the eventful history of the mine



Beliebte und außergewöhnliche Sportstätte: Hier werden der Kristall-Marathon und Mountainbike-Touren ausgetragen / Popular and unusual sports facility: This is where the crystal marathon and mountain bike tours take place

Informationen über K+S

Mit dem Besuch der Kristallgrotte endet die Tour durch die Welt des weißen Goldes; der Förderkorb bringt die Besucher anschließend wieder zur Tagesoberfläche zurück.



Im vor knapp zehn Jahren gebauten Informations- und Besucherzentrum können sich die Gäste anschließend noch über die K+S Gruppe informieren, Souvenirs kaufen und sich im Restaurant „Kristall“ stärken.

Das Erlebnis Bergwerk Merkers wurde im Jahr 2006 in das Netzwerk Europäische Industriekultur (ERIH: European Route of Industrial Heritage) aufgenommen. Das Netzwerk umfasst mehr als 70 Stand-

orte, so genannte Ankerpunkte, in vielen europäischen Ländern. Ziel ist, die europäische Industriegeschichte erlebbar zu machen und ausgewählte Einrichtungen mit besonderer industrieller Bedeutung auch im Rahmen touristischer Konzepte zu entwickeln. Merkers befindet sich dabei in prominenter Umgebung: denn zu ERIH gehören unter anderem der Rammelsberg in Goslar, die Zeche Zollverein oder auch die Völklinger Hütte.

Diese Kulisse ist Gold wert: Für ein Fotoshooting waren die Olympiagewinner 2012 im Beachvolleyball Jonas Recker (links) und Julius Brink im EBW / This setting is worth its weight in gold: 2012 Olympic champions in beach volleyball, Jonas Recker (left) and Julius Brink were in the Merkers Adventure Mine for a photo shoot

Sportliche Herausforderungen unter Tage

Das EBW hat sich seit der Eröffnung vor 21 Jahren zu einer festen touristischen Größe in der Region zwischen Eisenach in Thüringen und Bad Hersfeld in Hessen entwickelt. Im Verlauf der vergangenen Jahre wurde das Veranstaltungsangebot konsequent erweitert. Neben einem abwechslungsreichen Konzertprogramm erfreuen sich seit einigen Jahren auch Sportveranstaltungen großer Beliebtheit. Ob zu Fuß beim Kristall-Marathon oder auf zwei Rädern mit dem Mountainbike – das Erlebnis Bergwerk Merkers ist für Anfänger ebenso wie für erfahrene Sportler eine Herausforderung.

Wer schwindelfrei ist und sich im Klettersport versuchen will – für denjenigen gibt es seit einiger Zeit eine weitere Attraktion unter Tage. Im Hochseilgarten „Down Under“ können sich Wagemutige in luftiger Höhe durch einen anspruchsvollen Kletterparcours im Bereich des untertägigen Großbunkers bewegen.

Ja-Wort in 800 Meter Tiefe

Und wer den Bund für's Leben eingehen will, dem bietet das EBW seit 2009 einen besonderen Rahmen. In der Kristallgrotte werden zu festen Terminen Trauungen durchgeführt. Dann verwandelt sich die in 800 Meter Tiefe gelegene Besucherattraktion für kurze Zeit in ein Standesamt. Anschließend erwartet die frisch Vermählten und Hochzeitsgäste ein attraktives Rahmenprogramm.

Und wer für den eigenen Nachwuchs (ab zehn Jahren) einen besonderen Kindergeburtstag plant, der kommt im EBW ebenfalls auf seine Kosten. Geburtstagskinder und ihre jungen Gäste können gemeinsam einen spannenden Tag erleben, zu dessen Höhepunkten die Sprengsimulation gehört. Dabei können die Kinder – ähnlich einem echten Bergmann – eine simulierte Sprengung mit Licht- und Toneffekten auslösen und werden anschließend zum „Jungspengmeister“ ernannt.

Das EBW) bietet von Dienstag bis Sonntag Besucherführungen an – jeweils um 9:30



Ja-Wort in 800 Meter / Tying the knot in special surroundings – marriage ceremony in the crystal grotto

und um 13:30 Uhr (1. April bis 30. November); zwischen dem 1. Dezember und dem 31. März finden Besucherführungen von Dienstag bis Samstag zu beiden Uhrzeiten statt; sonntags gibt es nur um 13:30 Uhr eine Führung. Es wird empfohlen, im Voraus telefonisch einen Termin für eine Grubenfahrt zu vereinbaren (+ 49 (0) 3695 61 4101). Weitere Informationen hierzu sowie zu den Eintrittspreisen und Sonderveranstaltungen (Konzerte, Mountainbike-Touren) gibt es im Internet unter www.erlebnisbergwerk.de



Alles andere als ein „normaler“ Hochseilgarten: Einen Kletterparcours und viele andere Attraktionen gibt es „Down Under“ / Totally different from a „normal“ high-rope garden: There is a climbing course and many other attractions „Down Under“

Kabellose Datenübertragung im Salinar



Dr.-Ing. Th. Wilsnack,
IBeWa-Ingenieur-
partnerschaft, Freiberg



Dipl. Ing. A. Rössel,
RCS-Technik,
Freiberg



Dr. rer. nat. F. Grafe,
IBeWa-Ingenieur-
partnerschaft, Freiberg

Die messtechnische Überwachung von Prozessen bis hin zum langfristigen Monitoring in verwahrten Gruben bzw. Grubenbereichen ist ein Erfordernis im Salzbergbau und der Endlagerung. Die derzeit verfügbare Messtechnik beruht vielfach auf einem Datenübertragungskonzept, welches über Kabelverbindungen realisiert wird, und oftmals auch eine Stromversorgung über ein untertägig vorhandenes Stromnetz voraussetzt. Dies steht im Widerspruch zu einer häufig angestrebten strömungstechnischen Dichtheit von Bauwerken bzw. der Integrität von strömungstechnischen Barrieren sowie dem bergtechnischen Aufwand zur Offenhaltung von zu überwachenden Grubenräumen. Unter Ausnutzung der Funkwellenausbreitung im weitgehend trockenen Salinargebirge wurde ein Konzept für die kabellose Datenübertragung entwickelt und erfolgreich an verschiedenen Referenzstandorten getestet. Das Messkonzept ermöglicht eine Übertragung von Messdaten unterschiedlicher physikalischer Parameter im trockenen Salinargebirge. In Abhängigkeit von der Messaufgabe (z.B. Messtaktfrequenz) sind aktuell Messeinsätze von Jahrzehnten denkbar.

1. Motivation

Die Nutzung von elektromagnetischen Wellen zur Erkundung geologischer Strukturen in salinaren Gesteinsformationen ist seit vielen Jahrzehnten Stand der Technik (z.B. Georadar). Die Ausnutzung des physikalischen Prozesses der Wellenausbreitung für die Datenübertragung wird definiert durch die elektromagnetischen Eigenschaften des Gesteinskörpers, seines Porengefüges und den darin enthaltenen Fluiden.

Im Salzbergbau ist die messtechnische Überwachung von Prozessen (Monitoring) eine wesentliche Grundlage für die Bergbauplanung, Optimierung und das langfristige Folgemonitoring. Für die Bedingungen im untertägigen und übertägigen Bergbau stellt die Installation der dafür erforderlichen messtechnischen Infrastruktur eine wichtige Komponente dar. Die messtechnische Überwachung von strömungstechnisch abzudichtenden Räumen schließt in der Regel eine kabelgebundene Datenübertragung aus, da diese eine potentielle hydraulische Verbindung darstellt. In dieser Situation sind Messkonzepte, die eine kabellose Datenübertragung nutzen, eine wichtige Alternative.

Für die kabellose Übertragung von Daten in Salinarformationen wurde im Rahmen des Projektes Zerstörungsfreie in situ-Permeabilitätsmessung [1] ein Konzept für die Datenübertragung entwickelt und erfolgreich getestet.

Eine kurze Vorstellung des physikalischen Grundprinzips, einschließlich der Anwendung für die

Datenübertragung sowie die Darstellung der Konzeptumsetzung und Nutzungsmöglichkeiten sind Gegenstand dieser Publikation.

2. Grundlagen

Die Anforderungen an die kabellose Datenübertragung werden durch die Messaufgabe bestimmt und sind damit erfahrungsgemäß vielfältig. Dies beginnt bei der Variabilität der Eingangssignale der Messsensoren, ihrem Stromverbrauch, der Mess- und Übertragungsfrequenz, der Variabilität der Mess- und Sendefrequenz sowie den Erfordernissen der externen Steuerung des Messprozesses und gegebenenfalls der Einbindung von Regelprozessen. Für eine Erläuterung der erforderlichen Bausteine kann der vollständige Mess- und Übertragungszyklus unterteilt werden in die Übertragung des Messregimes (Programmierung des Sensors), die eigentliche messtechnische Erfassung der physikalischen Größen (z.B. Druck, Spannung, Temperatur, Feuchte), die Sendung der Daten und den Empfang einschließlich der Signalverarbeitung und Datenspeicherung. Für den eigentlichen Messprozess der physikalischen Parameter stehen eine Vielzahl unterschiedlicher Messkonzepte und Sensoren zur Verfügung. Diese sind in der Regel hinsichtlich ihrer elektrischen und datentechnischen Eigenschaften detailliert dokumentiert.

Die Nutzung kabelloser Datenübertragung ist in erster Linie für das Monitoring von Prozessen in unzugänglichen Räumen über lange Zeiträume konzipiert. Dies

führt dazu, dass die verwendete Sensortechnik für entsprechende Messaufgaben geeignet sein und diesbezüglich ausgewählt werden muss. Dies gilt im Besonderen für Kenntnisse zur zeitabhängigen Veränderung des Messsignals (Langzeitstabilität) und die Beeinflussung durch die thermodynamischen Randbedingungen (z.B. Temperaturkompensation, Batteriealterung). Die genannten Sachverhalte fließen bereits in die Konzipierung der Messung und Übertragung ein. Im Ergebnis der Messung liegt ein analoges Signal vor, das über einen Analog-Digitalwandler in eine digitale Datenstruktur mit einer Auflösung von 16 Bit gewandelt wird. Diese Daten werden im Frequenzband 433 MHz (ISM-Band) in kurzen Impulsen versendet. Das ISM-Band beinhaltet einen Frequenzbereich von 433,05 MHz bis 434,79 MHz. Die Nutzung von ISM-Frequenzbändern wird weltweit durch die Artikel 5138 und 5150 der VO-Funk geregelt. Das ISM-Band bei 433 MHz ist als SRD für die Region 1 (u.a. Europa, Afrika, Russland, Teile Asiens) für industrielle, wissenschaftliche, medizinische und private Datenübertragungsanwendungen freigegeben. Die Freigabe und Nutzung ist dabei maßgeblich auf die übertägige Anwendung ausgerichtet. Für die Anwendung im Untertagebereich ist eine Störung oder Überlagerung mit anderen Übertragungsvorgängen im Sinne der VO-Funk auf Grund der begrenzten Reichweite wenig bzw. gar nicht relevant. Im Grubenfunk können laut Allgemeinzuteilung von Frequenzen

zur Nutzung unter Tage (Grubenfunk) [5] u.a. auch Frequenzen in den Bereichen von 410 MHz bis 470 MHz (Grubensprechfunk und -alarmfunk) bzw. von 433 MHz bis 470 MHz (Grubenfernwerkfunk) verwendet werden. Um eine funktentechnische Beeinflussung von vorn herein auszuschließen, sind daher die verwendeten Funkparameter standortbezogen mit dem Verantwortlichen für den Grubenfunk abzustimmen.

Für den Sendevorgang des kabellosen Sensors kommt in der Regel eine Stabantenne mit angepasster Länge zum Einsatz. Die Wellenausbreitung wird bestimmt von geoelektrischen Eigenschaften des Gebirges. In einem Gestein, bestehend aus Korngerüst (Minerale/Kristalle) und gefülltem Porenraum (Fluid, z.B. Gas und/oder Flüssigkeit), ist die Ausbreitung der Wellen das Ergebnis der dielektrischen Leitfähigkeit der einzelnen Bestandteile sowie der Polarisations- und Reflektionseffekte an den Grenzflächen zwischen den einzelnen Phasen. Die Reichweite der Datenübertragung wird bestimmt von der Frequenz, der Sendeleistung, der Abstrahlungscharakteristik der Antenne (Antennengewinn), der Dielektrizitätskonstante (Permittivität bzw. dielektrische Leitfähigkeit des Gesteins bzw. der Gesteinszusammensetzung), dem daraus resultierenden, standort- und gesteinsabhängigen Dämpfungsfaktor sowie der Informationsbandbreite (bit/s). Im Zusammenhang mit den im Abschnitt 4 vorgestellten Beispielmessungen wird auf die genannten Einflussprozesse und ihre standortbezogene Ermittlung und Relevanz nochmals eingegangen. Da

die Sendefrequenz im ISM-Band festgelegt und die Steigerung der elektrischen Sendeleistung mit dem Ziel der Minimierung des Stromverbrauchs begrenzt ist, steht für die Optimierung des Übertragungsprozesses in erster Linie die Verbesserung der Antennenleistung (Antennengewinn) für die Sende- und Empfangsantenne zur Verfügung.

Bezüglich der geoelektrischen Eigenschaften der Gesteine kann generell davon ausgegangen werden, dass die Ausbreitung der Funkwellen sich mit zunehmender elektrischer Leitfähigkeit und zunehmendem Flüssigkeitsgehalt im Porenraum reduziert. Für kompakte, trockene Salzgesteine mit Wassergehalten in der Größenordnung von $\leq 0,02$ Ma % [2] und Dämpfungskonstanten in der Größenordnung von z. B. 0,7–2,4 dB/m (Steinsalz Südharz-Kalirevier) [4] bestehen damit gute Bedingungen für die Wellenausbreitung. Für eine Vielzahl von Salinargesteinen liegen einzelne Erfahrungswerte bzw. Messwerte zu den Dämpfungskonstanten vor. Die Erfahrungen in den bisherigen Anwendungen haben gezeigt, dass eine Messung der standortbezogenen Übertragungsbedingungen im Vorfeld eine detaillierte Planung der Mess- und Übertragungseinrichtung ermöglicht.

Der Empfang der auf unterschiedlichen Kanälen sendenden Sensoren erfolgt in Abhängigkeit von den Standort- und Empfangsbedingungen mit Stab- oder Richtantennen. Zur bidirektionalen Kommunikation gehört zu jedem kabellosen Funksensor eine von einem Mikrocontroller gesteuerte Empfangsstation. Der Sende- und

Empfangsprozess sind so organisiert, dass ein Datenverlust im Sendeprozess ausgeschlossen ist. Kann zeitweilig kein Kontakt zwischen Sensor und Empfangsstation hergestellt werden, erfolgt eine Zwischenspeicherung in einem persistenten Speicher. Dadurch ist es möglich, autarke Messungen (Monitoring) durch die Sensoren ohne ständigen Kontakt zu Empfangsstationen zu realisieren. Das Auslesen erfolgt dann zu einem späteren Zeitpunkt.

Nach dem protokollgesicherten Empfang der Daten werden diese seriell über ein RS485-Bussystem zu einem Datenspeichergerät geleitet. Damit können mehrere Funksensoren gleichzeitig angesteuert werden. Am Datenspeichergerät können die Messdaten per USB- oder über eine kabellose Schnittstelle ausgelesen werden.

3. Hardware

In Abbildung 1 wird eine Übersicht der für die bisherigen Untersuchungen genutzten kabellosen Sensoren gegeben. Die unterschiedlichen Bauformen zeigen die Möglichkeit und die Notwendigkeit der erforderlichen konstruktiven Anpassung der Gehäuse der kabellosen Sensoren an die Mess- und Standortbedingungen. Die Größe der kabellosen Sensoren wird dabei wesentlich von der erforderlichen Stromversorgung (Batterieleistung) in Abhängigkeit von dem Stromverbrauch der Messsensoren und der Sendehäufigkeit bestimmt.

Bedingt durch den bisherigen Einsatz der kabellosen Sensoren in Bohrungen mit einem Durchmesser von 70 mm wurden die Empfangs- und Sendeantennen als Stabantennen ausgeführt. In

Abhängigkeit von den Platzbedingungen und den Möglichkeiten der Positionierung der Empfangseinheit ist auch der Einsatz von Richtantennen denkbar.

Das elektronische Innenleben des kabellosen Sensors besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten: Sensoreinheit, Mikrocontroller, hochwertige Wandler-, Verstärker- und Speichereinheit, Funkmodul, Stromversorgungseinheit. Sowohl die elektronischen Bauteile als auch die Sende-/Empfangsroutine wurden energieoptimiert, um lange Einsatzzeiten zu erreichen.

Angepasst an die jeweiligen Messaufgaben können die Gehäuse der Sensoren und Antennen korrosions- und druckstabil sowie wasserdicht ausgeführt werden. In den bisherigen Tests und Anwendungen wurden Gehäuse aus Edelstahl und korrosionsbeständigem Kunststoff verwendet. Die im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens entwickelten kabellosen Funksensoren sowie die kabellose Datenübertragung durch trockene Feststoffe (z.B. Salinar) sind im Sinne des deutschen Patentrechtes geschützt.

4. Testung und Einsatz

Mit den in Abbildung 1 dargestellten Sensoren wurden Funktions- und Reichweitentests für unterschiedliche Gesteine und Einbaubedingungen durchgeführt. Neben der Testung in unterschiedlichen Salinargebieten erfolgten ebenfalls Übertragungsversuche in Locker- und Festgesteinsformationen mit höheren Flüssigkeitsgehalten.

Die Ergebnisse der Reichweitentests in Tabelle 1 machen schnell den dämpfenden Einfluss von

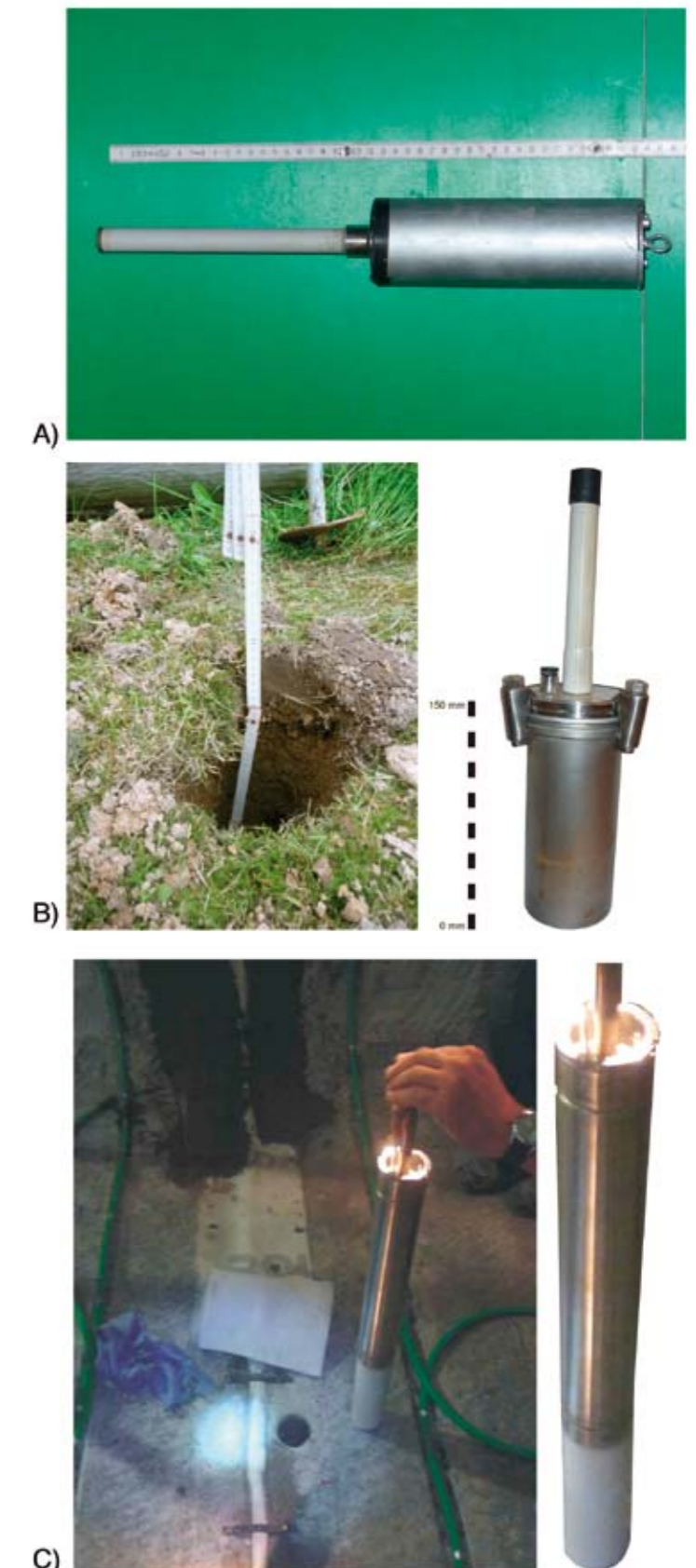


Abb. 1: Verschiedene Bauformen der bisher getesteten Funksensoren / *different designs of tested radio sensors*

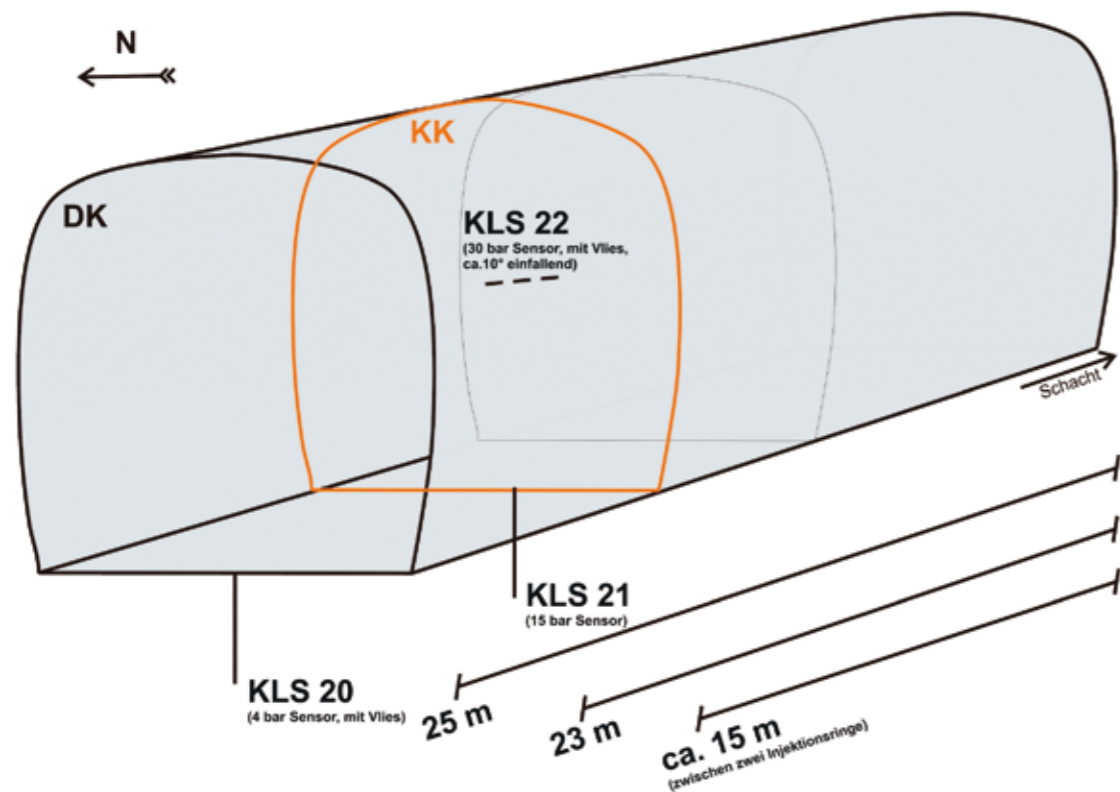


Abb. 2: Lage der Funksensoren im Verschlussbauwerk aus Beton / position of radio sensors within the concrete gallery sealing

Feuchtigkeit im Porenraum auf die Wellenausbreitung deutlich. Der Wassergehalt im Freiberger Gneis und im gewachsenen Boden dämpfen erwartungsgemäß die Funkwellen auf eine Reichweite von m bis wenigen dm. Im Steinsalz mit Lösungsgehalten in der Größenordnung von $\leq 0,02 \text{ Ma} \%$ [2] und im Carnallitgebirge werden Reichweiten von bis zu 200 m nachgewiesen. Um die Beschränkung der kabellosen Datenübertragung auf trockenes Gebirge zu überwinden, wird gegenwärtig die Kopplung des Übertragungskonzeptes mit einem weiteren Verfahren, welches die Übertragung über feuchtes Gebirge ermöglicht, geprüft.

Ausgehend von diesen Funktionstests wurden im Steinsalz drei kabellose Sensoren für ein Monitoring von Prozessparametern in einem Verschlussbauwerk aus hyd-

raulisch abbindendem Material, welches näher in [3] beschrieben wird, eingesetzt. Abbildung 2 zeigt schematisch die Anordnung der kabellosen Sensoren in der Kontur des Standortes. Um Temperatureffekte auf die Lebensdauer der verwendeten Lithium-Primärbatterien auf ein Minimum zu reduzieren und die Antennenlage zu optimieren, wurden die kabellosen Sensoren in Bohrungen radial zum Bauwerkstandort eingebaut.

Abbildung 1C zeigt beispielhaft einen der Sensoren unmittelbar vor dem Einbau. Die Messsensoren sind direkt im Kontaktbereich Baustoff/Gebirge positioniert. Alle drei Sensoren messen und übertragen seit dem Einbau im November 2010 beschreibende Prozessparameter des Versuchsverlaufs und der Bauwerkstestung mit Gas und Flüssigkeit. Die Abbildung 2 zeigt die

Lage der Sensoren in Bezug auf das Bauwerk. Die Sensoren 20 und 21 sind in der Sohle, der Sensor 22 in dem südlichen Stoß des Bauwerkes positioniert.

Die Messfrequenz der Sensoren wurde in diesem Zeitraum mehrfach zwischen 1 Hz bis $1,2 \cdot 10^{-5}$ Hz geändert. Die Abbildung 3 gibt eine Übersicht der kontinuierlich erfassten Messwerte (ca. 160000 Einzelmesswerte bei ca. 8000 Übertragungen je KLS). Über den Zeitraum der Messungen von aktuell ca. 600 d ergibt sich ein Energieverbräuche von ca. 10 Wh. Bei den Batteriekapazitäten der verschiedenen, getesteten KLS ergibt sich aktuell ein relativer Energieverbrauch von ca. 8 % (KLS21 und KLS22) bis ca. 12 % (KLS20). Vorausgesetzt das Messregime (Häufigkeit der Messungen) bleibt erhalten, können theoretisch noch ca. 18 a (KLS21 und KLS22)

bzw. ca. 11 a (KLS20) weiter Daten erfasst werden. Alterungsprozesse der Batterien durch häufige und große Temperaturschwankungen können auf Grund der Standortbedingungen weitgehend ausgeschlossen werden. Das Langzeitverhalten der verwendeten Batterien kann auf Grund der aktuellen Erfahrungen noch nicht abschließend beurteilt werden.

Zur Beurteilung der die Wellenausbreitung im Gebirge bestimmenden Dämpfungseigenschaften des Bauwerkes und des Gebirges wurden am Standort Messungen zur Feldstärke/Strahlungsleistung der einzelnen Sensoren durchgeführt und das Dämpfungsmaß ermittelt. Abbildung 4 zeigt beispielhaft die Messungen der Feldstärke/Strahlungsleistung für den KLS20.

Die zu mehreren Bauzuständen durchgeführten Messungen weisen einen deutlichen Einfluss sowohl der Feuchtigkeitsverteilung auf das Dämpfungsmaß als auch der Orientierung der Sendeantennen

Gebirge	Versuchsort	Ergebnis
Werra-Steinsalz (Na1)	Grube Merkers	Distanzen bis 200 m
Kaliflöz-Staßfurt (K2)	Grube Teutschenthal	Distanzen bis 100 m
tonig, grusiger Boden	Freiberg	Distanzen bis 15 m
Freiberger Kerngneis (PR3F)	Grube Reiche Zeche, Freiberg	Distanzen bis 3 m

Tab. 1: Ergebnisse von Reichweitentests in unterschiedlichen Gesteinen / results of range tests within different lithologies

in Bezug auf den feuchten Baustoff nach. Die Messungen ermöglichen damit eine nachträgliche, standortbezogene Beurteilung der Wellenausbreitung im Gebirge, die Ermittlung der gesteinsbezogenen Dämpfungskonstante und Schlussfolgerungen für die Positionierung der Empfangsantenne. Für künftige Anwendungen schafft die vorlaufende Durchführung entsprechender Leistungsmessungen die Möglichkeit einer Optimierung

und Dimensionierung der Sensorpositionierung und Konfigurierung der erforderlichen Sendeantennen und Sendeleistung.

Ausgehend von einer homogenen geologischen Situation und der unterschiedlichen Lage der Messpunkte zu den kabellosen Sensoren wird die Signaldämpfung maßgeblich von dem Verschlussbauwerk beeinflusst.

5. Leistungsoptionen kabellose Sensoren im Salinar

Die aktuell erreichte Funktionalität und das Leistungsspektrum des Übertragungssystems lassen sich in folgender Weise zusammenfassen:

- bidirektionale Kommunikation zwischen Sender und Empfänger mit Steuerungsmöglichkeiten für Messtakt- und Übertragungsfrequenz,
- operative Anbindung von Messsensoren mit Spannung oder Stromstärke als Ausgangssignal für individuelle Messaufgaben (ggf. Anpassung möglich) → Anwendungsoptionen: Überwachung Grubenwetter (Luftfeuchte, Temperatur, CO₂-Ge-

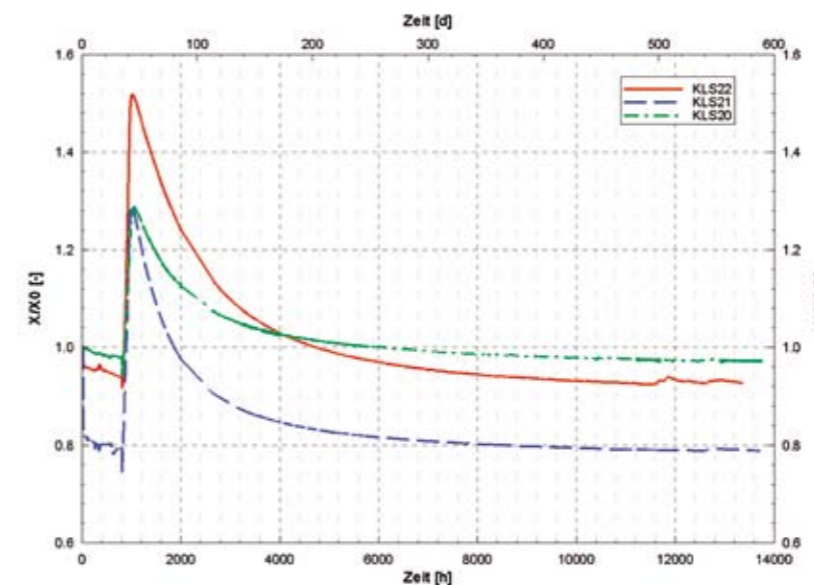


Abb. 3: Normierte Parametereganglinien der kabellosen Sensoren / normalised load curve of a parameter measured by the radio sensors

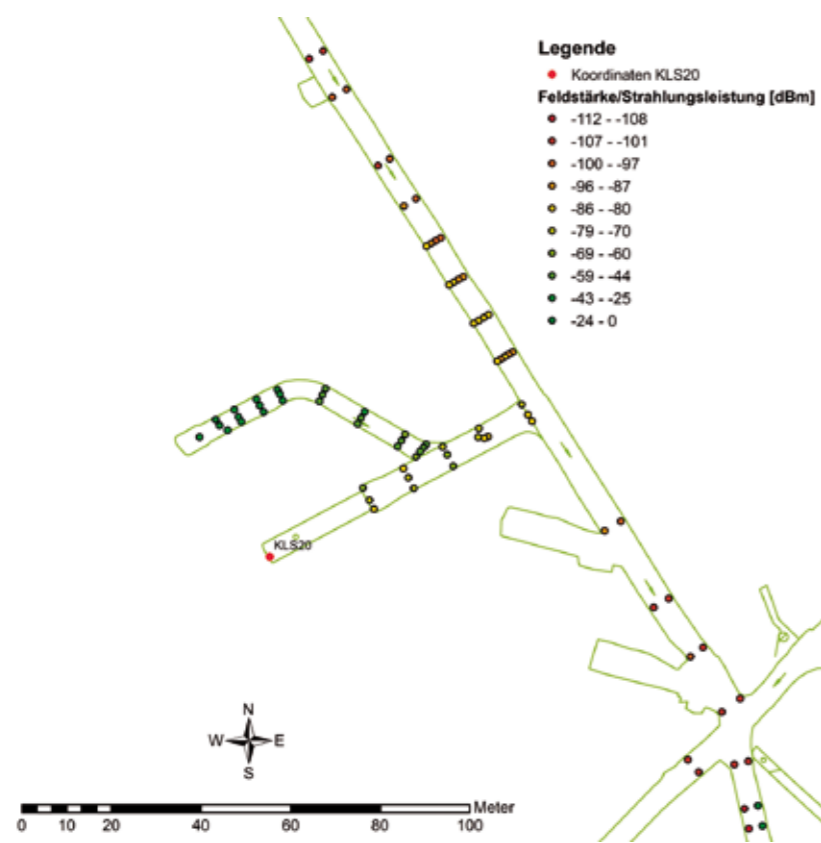


Abb. 4: Messungen der Feldstärke/Strahlungsleistung am Standort für KLS20 / measurement of transmitter field intensity for sensor KLS20 at the test site

- halt); Monitoring Konvergenz und mechanische Einspannung durch Gebirgs-/Versatzkonvergenz; Monitoring Fluiddruck, Materialfeuchte, Kapillardruck)
- Reichweite gebirgs- und geologieabhängig; im Steinsalz werden Reichweiten bis ca. 200 m erreicht,
- Erweiterung der Reichweite der Datenübertragung möglich (z.B. durch Einsatz von Relaisstationen),
- Sendedauer wird bestimmt von den Standortgegebenheiten, den Messparametern bzw. dem Stromverbrauch der dafür erforderlichen Sensoren sowie von Messtakt und Datenübertragungsfrequenz,

- Einbindung der Messwerte über GSM-Modem in Online-Datenbank und kontinuierliche Visualisierung möglich,
- Kopplung mit anderen Konzepten zur kabellosen Datenübertragung individuell möglich.

Die bisherigen Erfahrungen aus der Testung und Anwendung des Messkonzeptes haben gezeigt, dass, in Abhängigkeit von der Messaufgabe und den Standortbedingungen, eine individuelle Anpassung der verwendeten Sensortechnik sowie der Sende- und Empfangskomponenten erforderlich ist. Dies macht im Vorfeld eine Konzipierung, Planung, gegebenenfalls Testmessung am Standort sowie fachliche

Koordinierung erforderlich. Die im Ergebnis mögliche kabellose Übertragung von Daten über lange Zeiträume rechtfertigt diesen vorbereitenden Aufwand.

6. Zusammenfassung

Im Salzbergbau stellt die messtechnische Überwachung von Prozessen in langfristig nicht mehr oder nur sehr begrenzt zugängigen Grubenbereichen auf Grund der erforderlichen mess- und installationstechnischen Schwierigkeiten eine Herausforderung dar. Vielfach steht die Datenübertragung über Messkabel im Widerspruch zu einer angestrebten strömungstechnischen Dichtheit von Bauwerken. Vor diesem Hintergrund wurde ein Konzept für die kabellose Datenübertragung in Salinarformationen entwickelt und erfolgreich über einen Zeitraum von derzeit ca. 600 d (knapp 1 ¾ a) für drei kabellose Sensoren getestet.

Das Datenübertragungskonzept beruht auf der Nutzung des ISM-Frequenzbandes für die bidirektionale Kommunikation zwischen individuell konfigurierbaren, kabellosen Sensoren und der kombinierten Empfangs- und Messwerterfassungseinrichtung. In Abhängigkeit von der Messaufgabe und den Standortbedingungen ist das Datenübertragungskonzept individuell anpassbar und auf der Basis von standortbezogenen Messungen dimensionierbar. Testmessungen an unterschiedlichen Standorten für unterschiedliche Gebirgsbedingungen haben Reichweiten bis ca. 200 m nachgewiesen. Die Erfahrungen aus der Testung und Anwendung des Datenübertragungskonzeptes zeigen die Notwendigkeit einer individuellen

Anpassung des Übertragungskonzeptes an die Messaufgabe und die Standortbedingungen. Dies resultiert im Wesentlichen aus der Prozessvielfalt und der daraus resultierenden Sensorik sowie den geoelektrischen Eigenschaften und Standortgegebenheiten der unterschiedlichen Gesteinsformationen.

Für eine Erweiterung des Einsatzspektrums wird gegenwärtig die Kombination der vorgestellten Funkdatenübertragung mit einem Datenübertragungssystem für feuchtes Gebirge untersucht.

Danksagung

Das der Entwicklung des Messkonzeptes zu Grunde liegende Forschungsvorhaben wurde mit öffentlichen Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (Förderkennzeichen: 02E10447) gefördert. Für diese wichtige Unterstützung sowie die gute administrative und fachliche Begleitung des Vorhabens danken wir den Mitarbeitern des Projektträgers Wassertechnologie und Entsorgung am Karlsruher Institut für Technologie.

Die Durchführung der in situ-Referenzanwendungen an unterschiedlichen Standorten war nur mit Unterstützung des Bundesamtes für Strahlenschutz, der DBE GmbH, GTS GmbH & Co KG, der TU-Bergakademie Freiberg und der KALI GmbH möglich. Für die Bereitschaft und unkomplizierte Hilfe bei der Realisierung der Messungen möchten wir allen Beteiligten auf diesem Weg danken.

7. Quellen

[1] IBeWa-1 (2012): Zerstörungsfreie in situ-Permeabilitätsmessung. IBeWa-Ingenieurpartnerschaft geför-

dert durch Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, FKZ: 02E10447, laufendes Vorhaben [2] Keller, S. (2007): Langzeitsicherheitsanalyse für ein HAW-Endlager im Salz – Geologisches Referenzmodell für einen HAW-Endlagerstandort im Salz. Technischer Bericht (Beitrag für das Projekt ISIBEL), Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe, Hannover, 79 S.

[3] Mauke, R.; Stahlmann, J.; Mohlfeld, M. (2012): In situ-Verification of a Drift Seal System in Rock Salt – Operating Experience and Preliminary Results. SaltMech7, 16th–19th April 2012, Paris, France, Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

[4] Mehlhorn, H. (1983): Dämpfungskonstante für elektromagnetische Wellen im Salzgestein. KDT-Richtlinie, Juli 1983

[5] RegTP (2004): Allgemeinverteilung von Frequenzen zur Nutzung unter Tage (Grubenfunk). Amtsblatt 7, Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, Bonn, 31.03.2004

8. Abkürzungen

DK: Druckkammer
ISM: industrial, scientific and medical band
K2: Kaliflöz-Staßfurt
KK: Kontrollkammer
KLS: kabelloser Sensor
Na1: Werra-Steinsalz
PR3F: Freiburger Kerngneis
SRD: short range devices
VO: Vollzugsordnung

Bewertung der mittel- bis langfristigen Perspektiven von UTV und UTD in Deutschland für die Entsorgung von Abgasreinigungsrückständen



Holger Alwast,
Prognos AG



Dr. Klaus-Axel Riemann,
RSP Riemann, Sonnenschein &
Partner GmbH



Dipl.-Ing. Jochen Schulte

Einführung

Die Entwicklungen der Abfallwirtschaft in Deutschland und Europa seit den 1980er Jahren sind rasant. Sie haben zuletzt mit der neuen EU-Abfallrahmenrichtlinie erfolgreich die bekannte Hierarchie der sinnvollen Nachnutzung von Abfällen etabliert. In diesem Zusammenhang spielen die Abfallverwertung und -beseitigung eine große Rolle, zu der auch der weniger bekannte Untertageversatz (UTV) als Verwertung und die Untertagedeponie (UTD) als Beseitigung zählen.

Die Entwicklungen der Abfallwirtschaft in Deutschland und Europa seit den 1980er Jahren sind rasant. Sie haben zuletzt mit der neuen EU-Abfallrahmenrichtlinie erfolgreich die bekannte Hierarchie der sinnvollen Nachnutzung von Abfällen etabliert. In diesem Zusammenhang spielen die Abfallverwertung und -beseitigung eine große Rolle,

zu der auch der weniger bekannte Untertageversatz (UTV) als Verwertung und die Untertagedeponie (UTD) als Beseitigung zählen.

Oftmals lassen relevante Studien und Gutachten zur Abwägung von Abfallentsorgungswegen die Möglichkeiten der UTV und UTD unerwähnt. Vielfach unterschätzen sie deren Beitrag für eine

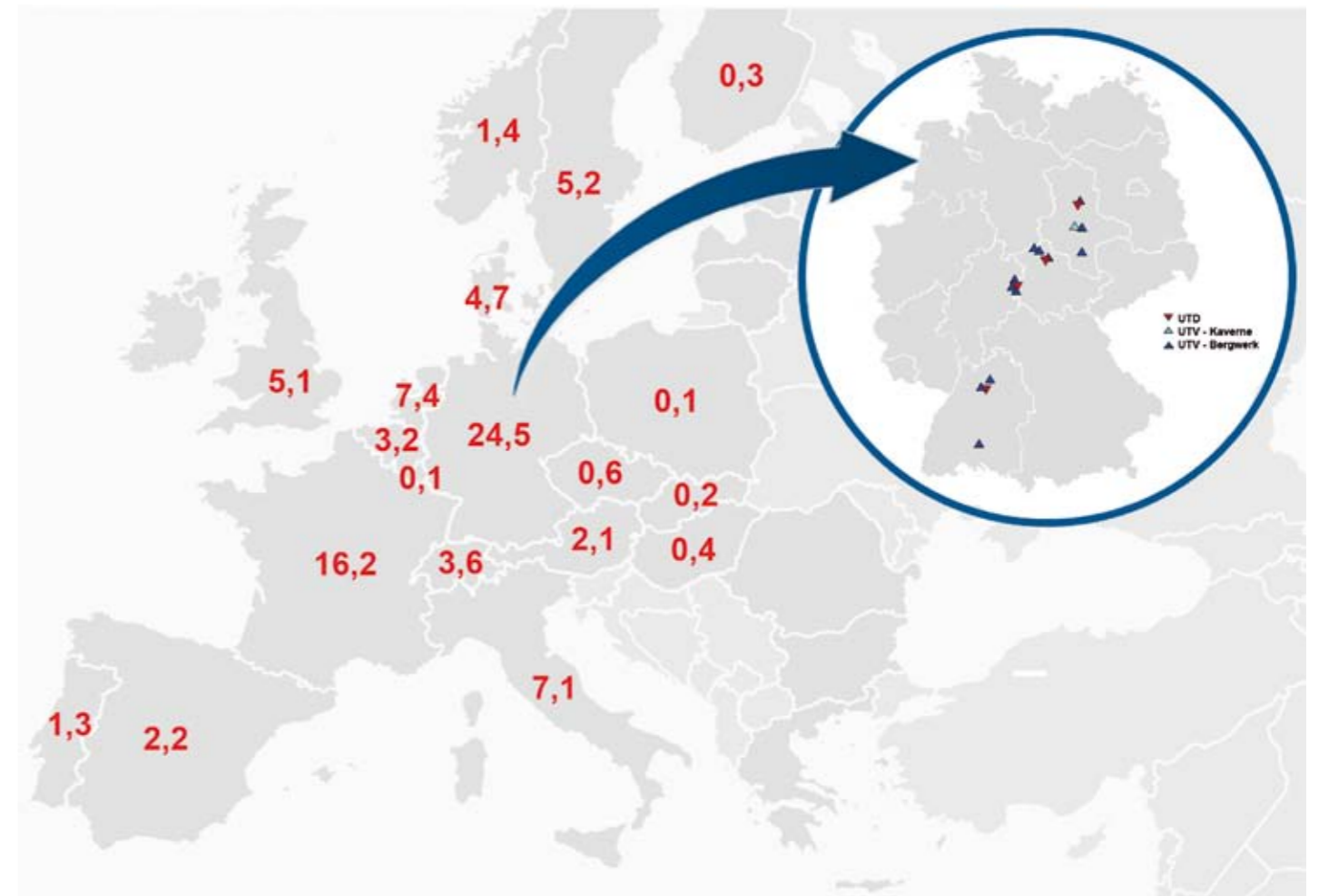


Abb. 1: Thermische Anlagen (MVA und EBS-Kraftwerke) in den EU-Mitgliedstaaten (+Schweiz und Norwegen) nach Kapazitäten (zusammen rd. 85 Mio. Mg in 2010) sowie Standorte von UTV-Bergwerken, UTV-Kavernen und UTD-Deponien in Deutschland / Thermal plants (WTE plants and RDF power plants) in EU member states (plus Norway and Switzerland) by capacity (total: approx. 85 million Mg in 2010) as well as locations of underground mines, caverns and landfills in Germany

sichere Entsorgung schadstoffbelasteter und salzhaltiger Rückstände aus Abgasreinigungsanlagen thermischer Behandlungsanlagen

- Müllverbrennungsanlagen für Siedlungs- und Gewerbeabfälle (MVA),
- Verbrennungsanlagen für gefährliche Abfälle (vorwiegend Drehrohrofenanlagen – SAV),
- Biomasseheizkraftwerke (BM(H) KW)

Im Rahmen der gesamten Abfall-

entsorgungskette zu sorgen. Zu Unrecht, denn diese Entsorgungswege haben sich inzwischen aufgrund ihrer überzeugenden Vorteile und klaren Rechtmäßigkeit fest etabliert und sollten für eine moderne Abfallwirtschaft in Europa weiter genutzt und ausgebaut werden.

Im Rahmen eines Gutachtens im Auftrag der beiden Verbände

- VKS – Verband der Kali- und Salzindustrie e.V. sowie

- VBGU – Verband Bergbau, Geologie und Umwelt e.V.

wird eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den skizzierten Themen durchgeführt. Hierauf aufbauend wird eine **Bewertung der mittel- bis langfristigen Perspektiven von UTV und UTD in Deutschland für die Entsorgung von Abgasreinigungsrückständen** aus den dargestellten thermischen Behandlungsanlagen vorgenommen.

Das Gutachten wurde von der

Prognos AG (Basel, Berlin) gemeinsam mit RSP - Riemann, Sonnenschein & Partner GmbH (Herne) und Dipl.-Ing. Jochen Schulte (Ilse) zwischen Mai 2011 und Februar 2012 erarbeitet.

Abfallwirtschaftlicher Rahmen in Europa

Im Zusammenspiel von Klima- und Ressourcenschutz richten Wirtschaft und Politik ihren Blick verstärkt auf die **Abfallwirtschaft**, die insbesondere durch die oberirdische Deponierung von Abfällen und den damit verbundenen Methanemissionen immer noch einen bedeutenden Verursacher von klimaschädlichen Emissionen darstellt. Ein klares Hauptziel der bereits 1999 verabschiedeten **EU-Deponierichtlinie** ist daher die Reduzierung der Methanemissionen und sonstiger negativer Umweltauswirkungen, die durch die oberirdische Deponierung von Abfällen entstehen. Die Richtlinie verlangt die gestaffelte aber deutliche Reduzierung der Ablagerung von biologisch abbaubaren Abfällen auf einen maximal verbleibenden Anteil von 35 % in allen EU Mitgliedsstaaten (bei den meisten EU-Staaten bezogen auf das Basisjahr 1995) bis spätestens zum Jahr 2020.

Auf der anderen Seite geht durch die Deponierung ein enormes Rohstoff- und Energiepotenzial ungenutzt verloren. Zunehmend setzt sich die Erkenntnis durch, dass wir es uns nicht mehr leisten können, Abfälle undifferenziert als „Reste“ des zivilisatorischen Verbrauchs zu sehen und entsprechend ineffizient zu entsorgen oder zu beseitigen. Im Dezember 2008 ist hierzu die **EU-Abfallrahmenrichtlinie** veröffentlicht

worden. Sie stellt den Umwelt- und Ressourcenschutz innerhalb der Abfallwirtschaft der europäischen Union mit der fünfstufigen Abfallhierarchie von

1. Vermeidung,
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung,
3. Recycling,
4. sonstige (z.B. energetische) Verwertung,
5. Beseitigung

deutlich stärker in den Mittelpunkt. Der Untertageversatz (UTV) in Salzbergwerken und Salzkaavernen wird hierin als sonstige Verwertung eingestuft. Die untertägige Deponierung (UTD) ist der Hierarchiestufe Beseitigung zugeordnet.

Lediglich acht der 27 EU Mitgliedsstaaten (Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Luxemburg, Niederlande, Österreich und Schweden) sowie Norwegen und die Schweiz haben ihre Siedlungsabfallwirtschaft bereits vorrangig auf Recycling und die thermische Abfallbehandlung ausgerichtet. In den verbleibenden Mitgliedsstaaten beträgt der Anteil der deponierten Siedlungsabfälle zum überwiegenden Teil noch immer mehr als 50%, teilweise noch bis zu mehr als 90%. Für diese EU-Staaten besteht ein Entwicklungspotenzial nicht nur für das Recycling in ganz Europa, sondern auch für die thermische Behandlung von Siedlungs- und Gewerbeabfällen sowie von gefährlichen Abfällen und von Biomasse (v.a. Altholz), um den Zielen eines optimalen Klima- und Ressourcenschutzes genügen zu können.

Dies ist nicht nur durch die direkte thermische Behandlung gemischter Siedlungs- und Gewer-

beabfälle in den Müllverbrennungsanlagen (MVA), sondern auch durch die energetische Nutzung der mittel- und hochkalorischen Fraktionen aus der mechanischen bzw. mechanisch-biologischen Vorbehandlung gemischter Siedlungsabfälle in den industriellen Ersatzbrennstoffkraftwerken (EBS-Kraftwerke) möglich.

Es muss erwartet werden, dass sich bis zum Jahr 2020 die thermischen Behandlungskapazitäten in MVA und EBS-Kraftwerken von derzeit rund 85 Mio. Mg (vergl. Abbildung 1) europaweit um mindestens 25 % auf 107 Mio. Mg im „Unteren Trendszenario“ sowie bis 116 Mio. Mg im „Oberen Trendszenario“ erhöhen werden.

Als Folge des Ausbaus der energetischen Verwertung und der thermischen Behandlung von Siedlungs- und Gewerbeabfällen kommt der umweltgerechten und langzeitsicheren Entsorgung der bei der Emissionsminderung der thermischen Anlagen entstehenden schadstoff- und salzhaltigen Abgasreinigungsabfälle eine hohe Bedeutung zu.

UTV und UTD zur Entsorgung der Abgasreinigungsrückstände/-abfälle aus thermischen Anlagen

Die Entsorgung von Abgasreinigungsabfällen erfolgt in Deutschland in 12 UTV-Bergwerken und in einer UTV-Kavernenanlage im Salzgestein zum Zwecke des Versatzes, die als sonstige Verwertung gilt sowie in vier untertägigen Deponien (UTD). Die Entsorgungskapazität der UTV-Bergwerke/-Kavernen zur Verwertung von Abfällen und der Untertagedeponien (UTD) zur Beseitigung von

Abfällen betragen in Deutschland zusammen rund 2,5 Mio. Mg/a. Hiervon entfallen auf die vier Untertagedeponien (UTD) eine Kapazität von rund 360.000 Mg/a, dies sind rund 14,5 % der Gesamtkapazitäten.

Insgesamt sind die in diesen UTV-Bergwerken und UTV-Kavernen verwerteten Abgasreinigungsabfälle aus dem Inland zwischen 2008 mit 842.000 Mg auf 1.051.000 Mg in 2010 und damit um 25 % gestiegen, da im gleichen Zeitraum auch die Anlagenkapazitäten der thermischen Behandlungsanlagen in Deutschland um knapp 20 % zugenommen haben. Die verwerteten Abgasreinigungsabfälle aus dem Ausland sind zwischen 2008 mit 245.000 Mg auf 344.000 Mg in 2010 und damit um 40 % sogar stärker als die verwerteten Abgasreinigungsabfälle aus dem Inland gestiegen. Die Anlieferungen stammen v.a. aus den Niederlanden, Belgien, Frankreich, Österreich und Italien.

Die in Untertagedeponien beseitigten Abgasreinigungsabfälle aus dem Inland sind zwischen 2008 mit 7.000 Mg auf 25.000 Mg in 2010 und damit um rund 280 % gestiegen. Zusätzlich wurden von den Anlagenbetreibern Abgasreinigungsabfälle aus dem Ausland zur Entsorgung in den deutschen UTD importiert. Insgesamt sind die entsorgten Abgasreinigungsabfälle aus dem Ausland zwischen 2008 mit 40.000 Mg auf 33.000 Mg in 2010 rückläufig gewesen. Die Abgasreinigungsabfälle werden ausschließlich aus der Schweiz und aus Österreich angeliefert. Im Jahr 2010 kamen 84 % der Abfälle aus der Schweiz und 16 % aus Österreich.

Abgasreinigungsverfahren thermischer Anlagen in Europa

Die einzelnen thermischen Behandlungsanlagen in Europa unterscheiden sich in Bezug auf die jeweiligen technischen Komponenten der Abgasreinigung und deren Betriebsweise deutlich voneinander. Das hat Einfluss auf die jeweils anfallenden Mengen und Zusammensetzung der Abgasreinigungsabfälle. Für 2008 wurde ein Aufkommen an festen Rückständen aus der Abgasreinigung in einer Bandbreite von 3,5 bis 4,6 Mio. Mg in Europa (EU 27, Norwegen, Schweiz) ermittelt. Auf der Grundlage der vorab diskutierten Kapazitätsentwicklungen wird mit einem Anstieg an festen Rückständen aus der Abgasreinigung bis 2020 auf etwa 4,8 bis 6,2 Mio. Mg gerechnet.

Die je nach Verfahren in unterschiedlicher Menge und Qualität anfallenden Abfälle der Abgasreinigung (Filterstäube und/ oder AGR-Reaktionsprodukte) werden

in Deutschland und in einigen anderen Mitgliedsstaaten heute in der Regel unter Tage entsorgt oder z.T. auch noch nach einer Vorbehandlung oberirdisch deponiert. Wiederkehrend werden jedoch Forderungen nach Minimierung sowie nach Aufbereitung der Abfälle aus der Abgasreinigung zu Produkten erhoben.

Zur Beurteilung dieser Forderungen erfolgt im Gutachten eine bewertende wirtschaftliche und technische Betrachtung der folgenden, in der EU eingesetzten Abgasreinigungsverfahren für thermische Abfallbehandlungsanlagen

- trocken (mit Kalk),
- trocken (mit Natriumhydrogencarbonat),
- quasi-trocken (Kalk),
- nass – ohne Produktgewinnung sowie
- nass – mit Produktgewinnung.

Anhand einer Modellanlage mit einem Durchsatz von 200.000 Mg/a

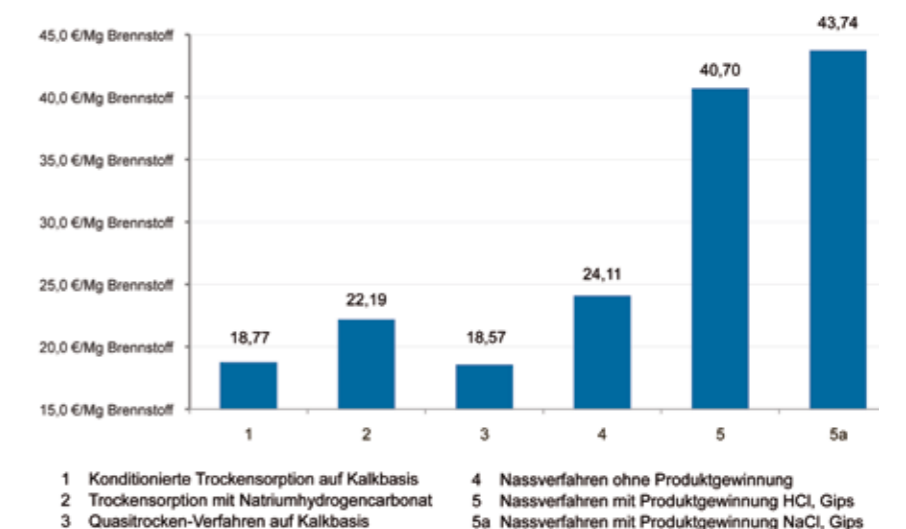


Abb. 2: Spezifische Kosten der betrachteten Abgasreinigungsvarianten (€/Mg Brennstoff) im Vergleich / A comparison of the specific costs of flue-gas cleaning options (€/Mg of fuel)

(Input) werden die Auslegungsdaten für die untersuchten Abgasreinigungssysteme ermittelt, die sich als Mittelwert über die folgenden Anlagentypen bilden:

- Müllverbrennungsanlagen,
- Ersatzbrennstoff-Kraftwerke,
- Verbrennungsanlagen für gefährliche Abfälle sowie
- Biomasse(heiz)kraftwerke.

Auf Grundlage der technischen Auslegungen sowie Recherchen zu Preisen und Kosten erfolgen statistische Betriebskostenrechnungen für die untersuchten Verfahren.

Die ermittelten Jahreskosten der einzelnen Abgasreinigungssysteme sind in Abbildung 2 gegenüber gestellt. Der Vergleich zeigt, dass die spezifischen Betriebskosten für die Abgasreinigung je nach Verfahren zwischen knapp 19 € bis knapp 44 € pro Mg Brennstoffinput (Abfall, Ersatzbrennstoffe, gefährliche Abfälle, Biomasse) liegen.

Die derzeit bei der thermischen Abfallbehandlung mehrheitlich eingesetzten trockenen bzw. quasitrockenen Abgasreinigungssysteme (1–3) erzeugen im Vergleich mit den komplexeren Verfahren mit Nasswäsche bzw. mit Nasswäsche und Produktgewinnung (4–5a) durch höheren Betriebsmitteleinsatz die größten Mengen an Abgasreinigungsabfällen pro behandelter Abfallmenge. Die partiell höheren Betriebskosten für den Betriebsmitteleinsatz führen jedoch aufgrund der direkten Verwertungswege in den Untertageversatz zu keinem Nachteil, da in der Gesamtbilanz durch den einfachen und robusten Aufbau der Abgasreinigungssysteme eine optimale ökonomische und ökolo-

gische Gesamtlösung erzielt wird.

In der nassen Abgaswäsche ohne Produktgewinnung werden zwar bessere Abscheideraten und dadurch spezifisch geringere Abfallmengen erzielt, durch die komplexe Abfolge der Verfahrensstufen führen diese jedoch zu einem Anstieg der Kosten für die Investition, für Wartung und Unterhalt sowie für den erhöhten Strombedarf, die den Vorteil in der Summe verbrauchen und hierdurch sogar das Betriebsergebnis verschlechtern.

Die beiden nassen AGR-Verfahren mit Produktgewinnung (5, 5a) schneiden wirtschaftlich deutlich schlechter ab als die trockenen Verfahren (1–3) und das nasse Verfahren (ohne Produktrückgewinnung, 4). Die sehr hohen Kapitalkosten sowie der zugehörige Betriebs- und Instandhaltungsaufwand können nicht durch einen Verkaufserlös der Produkte (HCl NaCl oder Gips) kompensiert werden, da die mit hohem Aufwand hergestellten Produkte keine Akzeptanz am Markt besitzen. Dies führt dazu, dass diese etwa 2 bis 2,5-fach so kostenintensiv wie die einfachen Abgasreinigungsverfahren sind.

In einer ökologischen Betrachtung liefert die Energiebilanz, die den Eigenstrombedarf und auch den Dampfheizbedarf als Äquivalent dazu berücksichtigt, ein stark differenziertes Ergebnis. Die aufwändigen nassen Verfahren mit Produktgewinnung haben einen 7-fachen und die nassen Verfahren ohne Produktgewinnung immerhin noch einen 2,5-fachen Energiebedarf gegenüber den einfachen trockenen und quasitrockenen Verfahren. Dies ist auf Basis der

aktuellen Diskussion um einen nachhaltigen Klima- und Ressourcenschutz ökologisch nicht vertretbar, zumal die Verfahren mit Produktgewinnung heute nur eine in der Menge unbedeutende Substitution von anderen Ressourcen bei der Herstellung von Industriechemikalien ermöglichen.

Entsorgungswege der Abgasreinigungsabfälle

Für die umweltgerechte und langzeitsichere Entsorgung dieser Rückstände existieren aufgrund der in ihnen enthaltenen Schadstoffe (Schwermetalle, organische Schadstoffe, u.a. Dioxine und Furane) und v.a. aufgrund der enthaltenen hohen Anteile an salzhaltigen, wasserlöslichen Bestandteilen nur sehr eingeschränkte Entsorgungsmöglichkeiten durch

- untertägigen Versatz (UTV) oder untertägige Deponierung (UTD),
- sonstige Verfahren mit nachfolgender oberirdischer Ablagerung oder Verwertung,
- Schmelzverfahren zur Verglasung der Reststoffe aus der Abgasreinigung sowie
- Wiederaufarbeitungs-/Recyclingverfahren für spezielle Rückstände aus der Abgasreinigung.

Für gefährliche Abfälle, bei denen die Parametergrenzwerte der Deponieverordnung (DepV) der Deponieklasse DK III überschritten werden, ist in Deutschland die umweltverträgliche **Untertageverwertung** oder **-beseitigung** gesetzlich vorgeschrieben. In beiden Fällen darf dies nur in Bergwerken bzw. Kavernen im Salzgestein erfolgen, für die durch einen **Langzeitsicherheitsnachweis** belegt ist, dass

der vollständige Abschluss der Abfälle von der Biosphäre langfristig, über viele Generationen, gewährleistet ist.

Unterschiede bei untertägiger Verwertung oder Deponierung der Abgasreinigungsabfälle zu deren oberirdigen Ablagerung (mit und ohne Vorbehandlung)

Die Untertagedeponierung bzw. -verwertung hat in Hohlräumen im Salzgestein zu erfolgen. Diese Vorgabe basiert auf der geologisch belegten Erkenntnis, dass Salzgestein nach menschlichen Maßstäben gemessen unbegrenzt dicht gegenüber Gasen und Flüssigkeiten ist. Bei richtiger Dimensionierung der Salzbarriere ist somit eine Einwirkung der Biosphäre auf die verbrachten Abfälle und umgekehrt der Abfälle auf die Biosphäre auszuschließen.

Anders als bei der Beseitigung von Abfällen auf oberirdischen Deponien, sind bei der untertägigen Beseitigung und Verwertung von Abfällen im Salzgestein keine Obergrenzen für die einzelnen Schadstoffparameter vorgegeben. Allerdings sind die in § 7, Abs. 2 der Deponieverordnung genannten Ausschlusskriterien zu berücksichtigen.

Für die Genehmigung einer Untertagedeponie oder eines Untertageversatz-Bergwerkes ist Voraussetzung, dass die in der Deponieverordnung bzw. der Versatzverordnung aufgeführten Anforderungen an den Standort und die geologische Barriere sowie zur standortbezogenen Sicherheitsbeurteilung für die Untertageanlage eingehalten werden. Als maßgeblicher Schritt im Rahmen der standortbezogenen Sicherheitsbeurteilung

ist ein Langzeitsicherheitsnachweis zu führen, der im Wesentlichen auf dem geotechnischen Standsicherheitsnachweis und dem Sicherheitsnachweis für die Ablagerungs- und Stilllegungsphase basiert.

Insbesondere dem geotechnischen Standsicherheitsnachweis kommt zur Beurteilung der langfristigen Wirksamkeit und Integrität der Salzbarriere die entscheidende Bedeutung zu. Im geotechnischen Standsicherheitsnachweis werden die besonderen Eigenschaften von Salzgesteinen berücksichtigt, die darin bestehen, dass sich Salzgestein unter bestimmten Beanspruchungszuständen wie eine ganz zähe Flüssigkeit verhält, also Formänderungen ohne Bruchflächen und merklichen Dichtigkeitsverlust ablaufen, bei anderen Beanspruchungszuständen jedoch ein bruchhaftes Verhalten zeigt. Die Grenze zwischen dem fließenden und dem bruchhaften Verhalten ist abhängig von

- der Verformungsgeschwindigkeit,
- dem Spannungszustand an dem jeweils betrachten Punkt der Salzgesteinsbarriere und
- der Beanspruchungsdauer (sogenanntes **Dilatanz-Kriterium**).

Von Bedeutung ist darüber hinaus, dass die Minimalspannung im Salzgestein größer als ein von außen wirkender Fluidruck ist (**Minimalspannungskriterium**). Ergeben die Untersuchungen, dass beide Kriterien eingehalten werden, ist der Nachweis der Langzeitsicherheit erbracht.

Durch das Hereinfließen des Salzgebirges in noch vorhandene Hohlräume, die sogenannte Konver-

genz, werden die Abfälle vollständig vom Salzgestein eingeschlossen. Die Salzbarriere ist nur dem Gebirgsdruck der überlagernden Bodenschichten ausgesetzt, wenn von sehr langfristigen Einflüssen, wie Subrosion, abgesehen wird. Die Konvergenz läuft solange ab, bis ein gebirgsmechanisches Gleichgewicht zwischen der Salzlagerstätte und dem Deponat eingetreten ist. Bei diesem Vorgang verringert sich gleichzeitig die Durchlässigkeit der in der Betriebsphase unvermeidlich an der Salzkontur zum Grubengebäude entstehenden Auflockerungszone, womit langfristig eine weitere Verbesserung der Salzbarriere einher geht. Eine dauerhafte Überwachung der Untertagedeponien bzw. Verwertungsbergwerke ist nicht erforderlich.

Neben der üblichen Verbringung Untertage werden in der politischen Diskussion der letzten Jahre in Deutschland sowie in der Praxis in anderen Staaten Europas verstärkt auch andere Behandlungsverfahren oder -wege aufgezeigt, die für die hier betrachteten Abgasreinigungsabfälle thermischer Abfallbehandlungsanlagen anstelle der Untertageverbringung geeignet sein könnten. Insbesondere bezieht sich die Diskussion auf

- Behandlungsverfahren mittels Verfestigung, vollständiger Stabilisierung (als deutsche Besonderheit) oder Neutralisation zur anschließenden oberirdischen Ablagerung oder Verwertung,
- Schmelzverfahren zur Verglasung der Abfälle aus der Abgasreinigung sowie
- Wiederaufarbeitungs-/Recyclingverfahren für spezielle Abfälle aus der Abgasreinigung.

Verfahrensart/ Entsorgungsweg	Referenzanlagen	spezifische Kosten	Emissionsverhinderungspotenzial *	Ressourcenschutz (Flächen- und Rohstoffeinsatz)	Energieeinsatz und -effizienz	Langzeitsicherheit *	Gesamtbewertung im Hinblick auf BREF-Kriterien
Verbringung unter Tage **	++	0 ***	++	+	+	++	++
Verfestigung	++	0/-	0/-	-	+	-	0/-
Stabilisierung	-	+ / 0	0/-	-	+	-	0/-
Neutralisation	+	+	-	-	0	--	-
Schmelzverfahren	++	--	++	0	--	+	+ / 0
Saure Flugaschenwäsche	++	-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Aufbereitung von natriumhaltigen Reaktionsprodukten aus d. Trockensorption	+	-	0/-	0/-	0	-	0/-

* Einzelbewertung führt zur Gesamtbewertung bzw. -aufwertung
 ** Bewertung auf Grundlage des Gutachtens "Beste Verfügbare Techniken für den Versatz von Abfällen (Untertageverwertung) in Kali- und Salzbergwerken" [46]
 *** Die in Kapitel 3 angenommenen spezifischen Kosten für die Verbringung unter Tage werden als Vergleichsmaßstab genommen.

Legende/ Erläuterungen:

Bewertung	Referenzanlagen	spezifische Kosten	Emissionsverhinderung	Ressourcenschutz	Energieeinsatz	Langzeitsicherheit	Gesamtbewertung
++	mehr als drei Referenzanlagen	wesentlich günstiger als Verbringung unter Tage	sehr gute Verhinderung von Emissionen in Wasser, Boden, Luft	sehr gute Substitution von Rohstoffen sowie Schonung natürlicher Ressourcen	kein Einsatz von Fremdenergie notwendig	Langzeitsicherheit gegeben	besonders empfehlenswert
+	eine oder zwei Referenzanlagen	günstiger als Verbringung unter Tage	gute Verhinderung von Emissionen in Wasser, Boden, Luft	gute Substitution von Rohstoffen sowie Schonung natürlicher Ressourcen	effizienter Energieeinsatz gegeben	Langzeitsicherheit eingeschränkt	empfehlenswert
0	keine bzw. keine gesicherte Referenzanlage	teurer als Verbringung unter Tage	Verhinderung von Emissionen in Wasser, Boden, Luft (ggf. Zusatzmaßnahmen notwendig)	Substitution von Rohstoffen sowie Schonung natürlicher Ressourcen möglich	neutral oder keine seriöse Bewertung möglich	Langzeitsicherheit hängt von nachträglicher Behandlung ab	neutral
-	keine bzw. keine gesicherte Referenzanlage	teurer als Verbringung unter Tage	Verhinderung von Emissionen in Wasser, Boden, Luft selbst durch Zusatzmaßnahmen schwierig	Rohstoffsubstitution/ Schonung natürlicher Ressourcen nur mit Zusatzaufwand möglich	geringe Energieeffizienz / hoher Energieeinsatz notwendig	keine Gewähr für Langzeitsicherheit	eher nicht empfehlenswert
--	keine Referenzanlagen	wesentlich teurer als Verbringung unter Tage	keine Verhinderung von Emissionen in Wasser, Boden, Luft	Substitution von Rohstoffen sowie Schonung natürlicher Ressourcen nicht möglich	sehr hoher Energieeinsatz notwendig	Langzeitsicherheit nicht gegeben	gar nicht empfehlenswert

Abb. 3: Bewertung der Verbringung unter Tage (UTV und UTD) im Vergleich zu anderen Entsorgungsverfahren / An analysis of underground stowage and landfilling compared with other waste management processes

Gesamtbewertung von UTV und UTD im Vergleich zu anderen Entsorgungsverfahren

In Abbildung 3 ist die Gesamtbewertung der Verbringung von Abgasreinigungsrückständen unter Tage im Vergleich zu den analysierten anderen Entsorgungswegen dargestellt. Hierbei ist nach Kriterien bewertet worden, die sich an der Festlegung der besten verfügbaren Techniken, gemäß Anhang IV der IVU-Richtlinie orientieren:

- vorhandene Referenzanlagen,
- spezifische Kosten der Entsorgungswegen,
- Emissionsverhinderungspotenzial,
- Ressourcenschutz (Flächen- und Rohstoffeinsatz),
- Energieeinsatz und -effizienz sowie

- Langzeitsicherheit der Entsorgungswege.

Im Ergebnis erhält man hierdurch eine vergleichende Bewertung der Entsorgungsverfahren für Abgasreinigungsrückstände:

- untertägige Verbringung (UTV und UTD in Salzgestein),
- Verfestigung,
- Stabilisierung,
- Neutralisation,
- Schmelzverfahren,
- saure Flugaschenwäsche sowie
- Aufbereitung von natriumhaltigen Reaktionsprodukten.

Die Bewertung der untertägigen Verbringung erfolgte in Anlehnung an das Gutachten von Versteyl, Langefeld „Beste Verfügbare Techniken für den Versatz von Abfällen (Untertageverwertung) in Kali- und Salzbergwerken“. Im Rahmen der

Gesamtbewertung der sechs BREF-Kriterien kommt dem **Emissionsverhinderungspotenzial** sowie der **Langzeitsicherheit** eine hervorgehobene Präferenz zu, da die Entsorgungswege für Abgasreinigungsrückstände sich als geeignete Senke für die in den Rückständen enthaltenen Schadstoffe (Schwermetalle, organische Schadstoffe, u.a. Dioxine und Furan) und v.a. für die enthaltenen hohen Anteile an salzhaltigen, wasserlöslichen Bestandteilen darstellen müssen.

In der Gesamtbewertung schneidet die **Verbringung der Abgasreinigungsrückstände unter Tage (UTV und UTD im Salzgestein)** eindeutig am besten ab („++“ oder „besonders empfehlenswert“).

Die **oxidierenden Schmelzverfahren** kommen auf eine Gesamtbewer-

tung im Bereich „empfehlenswert bis neutral“ („+0“). Hier führen der sehr hohe benötigte Energieeinsatz sowie die sehr hohen Kosten zu einer deutlich schlechteren Bewertung im Vergleich zur Verbringung der Abgasreinigungsrückstände unter Tage. Die Langzeitsicherheit der mit oxidierenden Schmelzverfahren behandelten Abgasreinigungsrückstände ist bei oberirdischer Ablagerung mit „+“ ebenfalls leicht schlechter einzustufen als die Verbringung unter Tage.

Alle anderen Verfahren/ Entsorgungswege kommen nicht über eine neutrale Bewertung („0“) bis „eher nicht empfehlenswert“ („-“) hinaus. Dies beruht auf einer deutlich schlechteren Bewertung der Langzeitsicherheit und auch des Emissionsverhinderungspotenzials im Vergleich zur Verbringung unter Tage und auch zu den oxidierenden Schmelzverfahren.

Somit ergibt sich als Gesamtfazit der Bewertung im Hinblick auf die sechs BREF-Kriterien, dass neben der Verbringung von Abgasreinigungsrückständen unter Tage in UTV-Bergwerken oder UTV-Kavernen sowie in UTD-Bergwerken kein anderes Verfahren bzw. kein anderer Entsorgungsweg als gleichwertig und damit genauso empfehlenswert anzusehen ist.

Die Bewertungen führen zu dem Ergebnis, dass keines der betrachteten Verfahren eine wirkliche Alternative zur derzeit üblichen Verbringung von Abgasreinigungsrückständen unter Tage darstellt.

Fazit

Für Abgasreinigungsrückstände aus thermischen Anlagen (v.a. aus MVA, EBS-Kraftwerken, SAV und

BM(H)KW - Altholz) ist als Fazit des Gutachtens zu empfehlen, diese ausschließlich einer Entsorgung unter Tage in UTV-Bergwerken oder UTV-Kavernen sowie in UTD-Bergwerken zuzuführen. Hierbei handelt es sich um die Beste Verfügbare Technik, um dem Gefahrenpotenzial dieser Abfälle hinreichend genug Rechnung tragen zu können. Eine Verbringung unter Tage bedeutet dabei keinen grundsätzlichen Ausschluss für Recycling, da sowohl vor der Einlagerung Aufbereitungsmöglichkeiten zur Wiederverwertung einzelner Stoffe (z.B. Metalle) bestehen, als auch die eingelagerten Abfälle zum Zwecke einer Rückgewinnung von Inhaltsstoffen, je nach Einbauverfahren, prinzipiell rückholbar sind.

Auch die spezifischen Kosten für die Verfahren UTV und UTD sprechen im Vergleich zu den anderen Entsorgungswegen für die Abgasreinigungsrückstände und unter Berücksichtigung des hohen Nutzens (v.a. hohes Emissionsverhinderungspotenzial, Langzeitsicherheit gegeben) für die Verbringung dieser Abfälle unter Tage. Im Hinblick auf die langfristigen Veränderungen der technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sollte jedoch eine periodische Überprüfung der vorgelegten Einschätzungen vorgenommen werden.

Aufgrund dieser hervorzuhebenden Marktposition und der eindeutigen Festlegung auf die vorhandene Beste Verfügbare Technik zur Entsorgung von Abgasreinigungsrückständen erscheint es auch nicht geboten, mittel- bis langfristig von einer Versatzpflicht als zwingende Voraussetzung zur Einbringung von Abgasreinigungsrückständen in

UTV-Bergwerke und UTV-Kavernen auszugehen. Auch ohne eine Versatzpflicht als Voraussetzung für die Verwertung der Abgasreinigungsrückstände in UTV-Bergwerken und -Kavernen hat dieser Entsorgungsweg den eindeutig größten Nutzen, da er eine besonders langzeitsichere und mit dem höchsten Emissionsverhinderungspotenzial versehene Entsorgungsalternative für diese Abfälle darstellt.

Zudem bestehen im Vergleich zu den sonstigen Entsorgungswegen günstige Voraussetzungen der Verbringung von Abgasreinigungsrückständen unter Tage auch im Bereich des Ressourcen-/Flächen- und Energieeinsatzes bzw. der Energieeffizienz und bei den, v.a. gemessen am hohen Nutzen der Verfahren, sehr akzeptablen Entsorgungskosten. Diese präferieren die Entsorgung von Abgasreinigungsrückständen in UTV-Bergwerken und UTV-Kavernen auch ohne dass eine Versatzpflicht für die entsprechenden Bergwerke oder Kavernen vorliegen müsste.

Hierdurch ließen sich zudem die nutzbaren Kapazitäten unter Tage zur Verbringung dieser Abfälle aus den thermischen Prozessen in UTV-Bergwerken und -Kavernen langfristig noch erhöhen. Europaweit sollten diese Hohlräume unter Tage für die künftige Ausgestaltung der Entsorgungskonzepte und Wertschöpfungsstrategien eingebunden werden, die auf eine oberirdische Deponierung biologisch abbaubarer Abfälle und von wertvollen Rohstoffen verzichten will, daher aber nicht ohne thermische Prozesse, die salz- und schadstoffhaltige Abgasreinigungsrückstände erzeugen, auskommen kann.

Salt use in the production of chlorine

1. Chlorine

Chlorine is a basic very reactive gaseous chemical that is widely used in a lot of downstream production, ranging from different types of plastics (PVC, polyurethane, polycarbonate) – each having their particular fields of application – to solvents, agrochemicals (crop protection), silicon wafers for solar panels, ... and pharmaceuticals (more than 85 % of which are based on chlorine chemistry).



Jean-Pol Debelle
Technical Director Euro Chlor,
Brussels

2. Chlorine production

Chlorine is mainly produced by electrolysis of an aqueous solution saturated with common salt (sodium chloride, NaCl) called brine: basically, direct current is passed through this brine, liberating chlorine on one electrode (anode) and, depending on the process, caustic soda or sodium amalgam on the other one (cathode). Additionally, hydrogen is usually co-produced in the process.

In some cases potassium chloride (KCl) brine is used, giving caustic

potash as main product and chlorine as co-product.

The three main components (chlorine, caustic and hydrogen) are produced in a fixed ratio given by the chemistry (1 atom of chlorine for 1 atom of sodium – or potassium – and 1 atom of hydrogen).

Note: there is also a process for the production of sodium metal using the electrolysis of molten salt (producing chlorine as co-product).

If, in theory, only 1.648 tonnes of NaCl are required to produce 1 tonne of chlorine (and associated

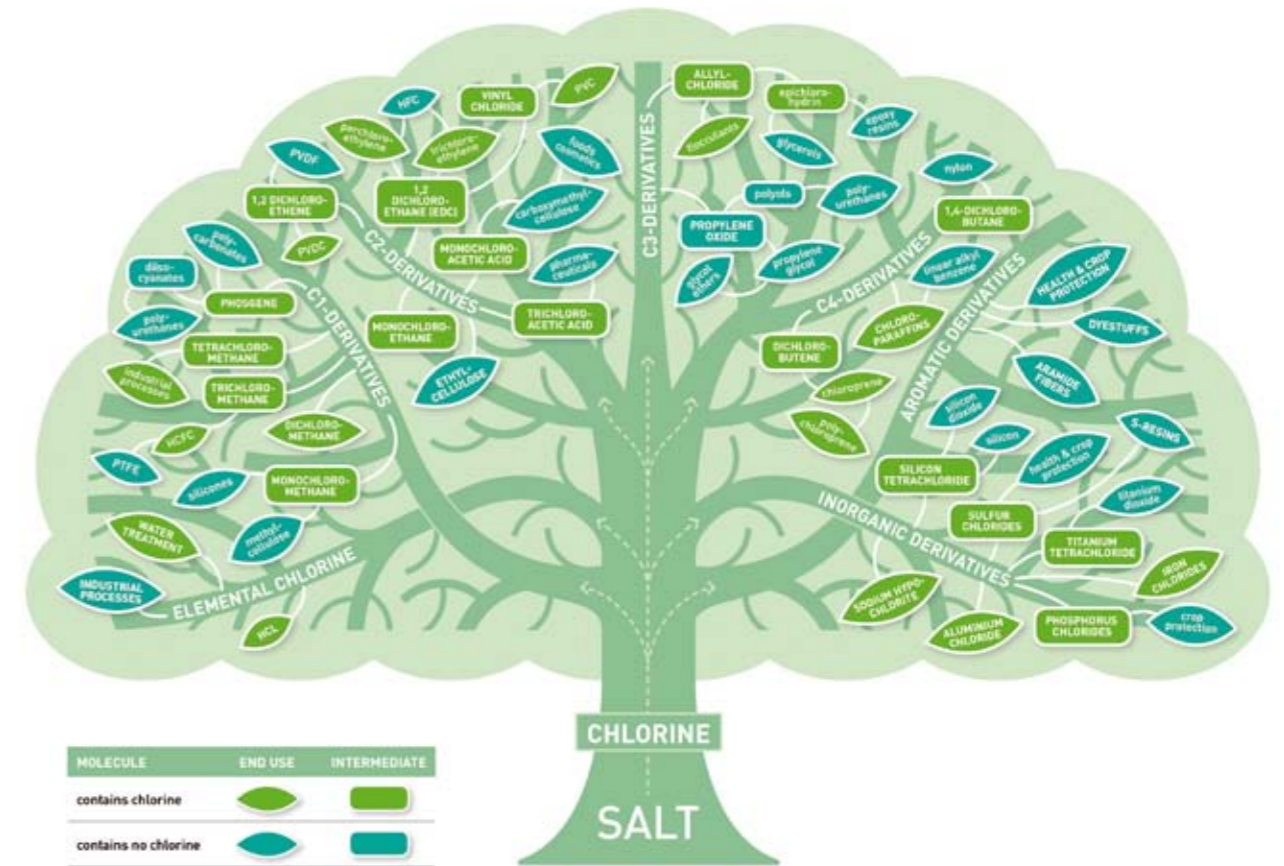


Fig.1: products derived from the chlorine chemistry | Produkte auf Basis der Chlorchemie

co-products), the practical average consumption is around 1.7 tonnes due to some losses. Considering the world chlorine production capacity, this leads to a potential consumption of approx. 100 million tonnes NaCl per year; nevertheless, we must consider that about 80 to 85 % of this capacity are used.

3. Electrolysis of brine

The electrolysis of brine can be realised using different techniques, each characterised by the way the produced chlorine is separated from the other co-products with which it could react strongly.

Historically, the diaphragm technique was developed almost together with the mercury technique during the last years of the 19th century. These two techniques shared the production of chlorine

until the seventies, when the membrane technology was developed.

3.1 Mercury technology

In the mercury technology, the chlorine gas is liberated at the anode and the sodium forms an amalgam (a 'mixture' of two metals) with the mercury at the cathode. The amalgam reacts with the water in a separate reactor called a decomposer where hydrogen gas and caustic soda solution at 50 % in weight are produced. The mercury is then recycled in the electrolyser.

As the brine is usually recirculated, solid salt is required to maintain the saturation of the salt water. The brine is first dechlorinated and, after saturation, purified by a precipitation-filtration process. The products are extremely pure. The chlorine, along with a little oxy-

gen, can generally be used without further purification.

Of the three processes, the mercury process uses the most electricity, but no steam is required to concentrate the caustic solution to the international commercial concentration (50 %).

Due to their contact with mercury, the hydrogen and the caustic soda have to be purified when leaving the decomposer. This process is always accompanied by some mercury emissions, although they have been reduced significantly by process/procedures improvements in the last decades. Nevertheless no new plants using this technology have been built for many years, and there is a clear trend to phase it out by converting to a more environmentally- friendly process (membrane technology – see below);



Fig.2: location of chlorine production sites in Europe / Lage von Produktionsanlagen für Chlor in Europa

this has been formalised by the European industry in a commitment to phase out by 2020 the chlor-alkali production via the mercury process.

3.2 Diaphragm technology

In the diaphragm process, the electrolyser is separated into two parts by a permeable diaphragm which allows the brine to pass from the anodic compartment, where the chlorine is produced, to the cathodic compartment where caustic soda and hydrogen are produced. The diaphragm was initially composed of an asbestos fibre felt that has been deposited on the cathode;

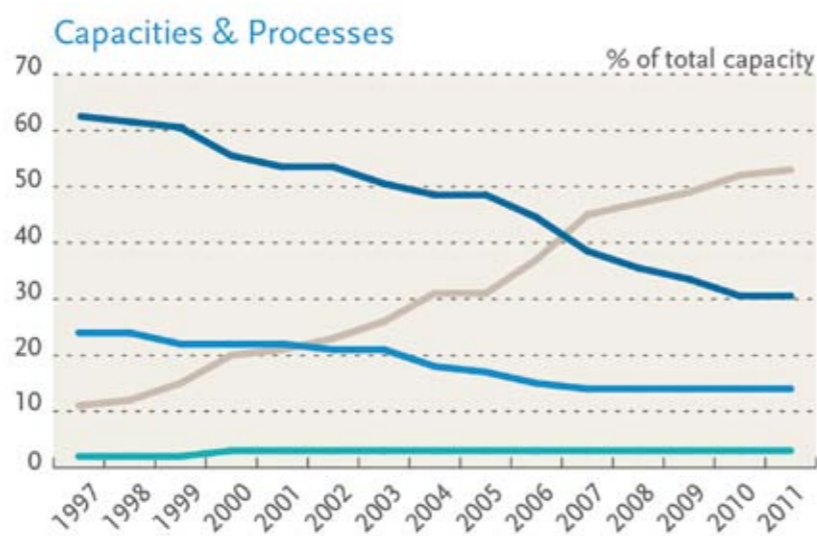


Fig. 3: evolution of the relative chlorine production capacity by process type / Relative Entwicklung der Chlorproduktion nach Produktionsverfahren

today there is a tendency to replace the asbestos by polyethylene fibres.

Diluted caustic brine leaves the cell. On some sites, it can be used as such because of a site-specific process integration, technology and management of the energy balance. The caustic soda can also be concentrated to 50 % and solid salt removed. This is often by using an evaporative process with about three tonnes of steam consumed per tonne of caustic brine.

The solid salt recovered from the caustic concentration can be used to saturate diluted brine in another electrolysis unit.

The chlorine contains oxygen and must often be purified by liquefaction and evaporation.

This technology is not widely used in Europe but much more in other regions of the world.

3.3 Membrane technology

In the membrane cell process, the anodic and cathodic compartments are separated by an ion exchange membrane through which only sodium ions and some water are allowed to pass.

As in the mercury technique, the depleted brine is concentrated again with solid salt and recirculated after the necessary treatments.

To allow for a sufficient velocity/homogenisation in the electrolyser, the caustic is recycled with a high flow; a small feed of water is added to compensate the purge of the caustic produced (about 32 % concentration), which usually necessitates a concentration treatment (with steam) to reach 50 %.

The brine is dechlorinated and recirculated. Solid salt is usually needed to resaturate the brine. After purification by precipitation-

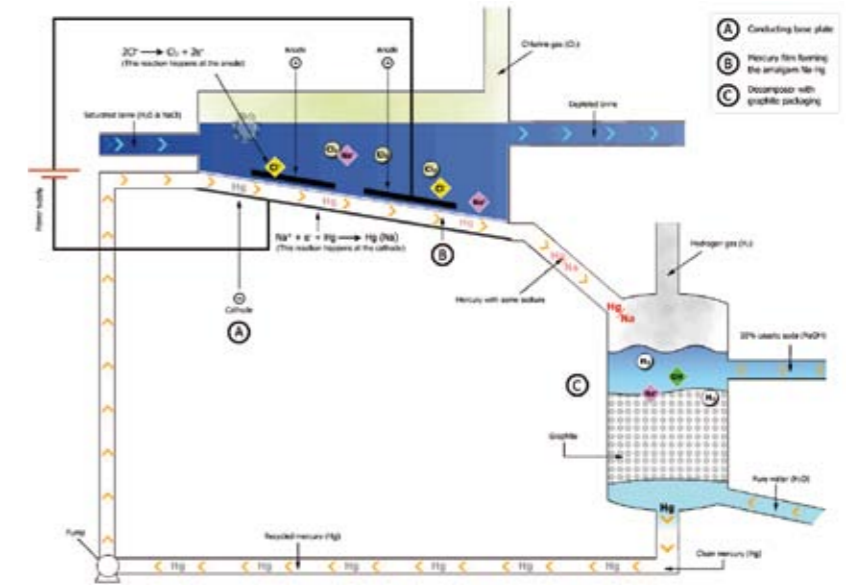


Fig.4: principle of a mercury technology cell to produce chlorine / Prinzip der Quecksilbertechnologie in Elektrolysezellen bei der Chlorproduktion

filtration, the brine is further purified with an ion exchanger.

3.4 Peripheral circuits

In all cases the chlorine, hydrogen and caustic produced need cooling and some additional treatments (removal of impurities) before being sold.

In the mercury and membrane

technologies, the depleted brine leaving the cell is saturated again and recycled after treatment (depending on the technology and the type of salt used). In the diaphragm technology, there is no brine recycling with accumulation of impurities but the fresh feed to the cells has also to be preliminarily purified. It must be mentioned

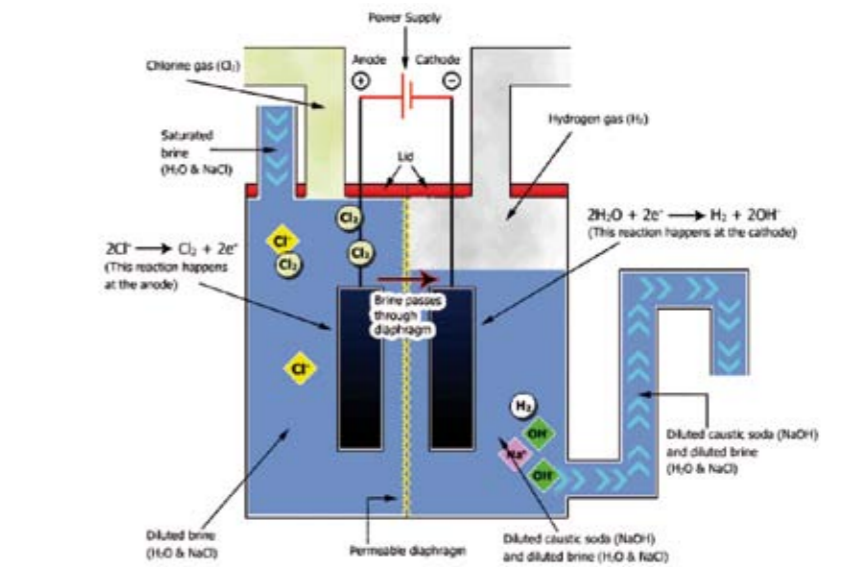


Fig.5: principle of a diaphragm cell to produce chlorine / Prinzip der Diaphragma-technologie in Elektrolysezellen bei der Chlorproduktion

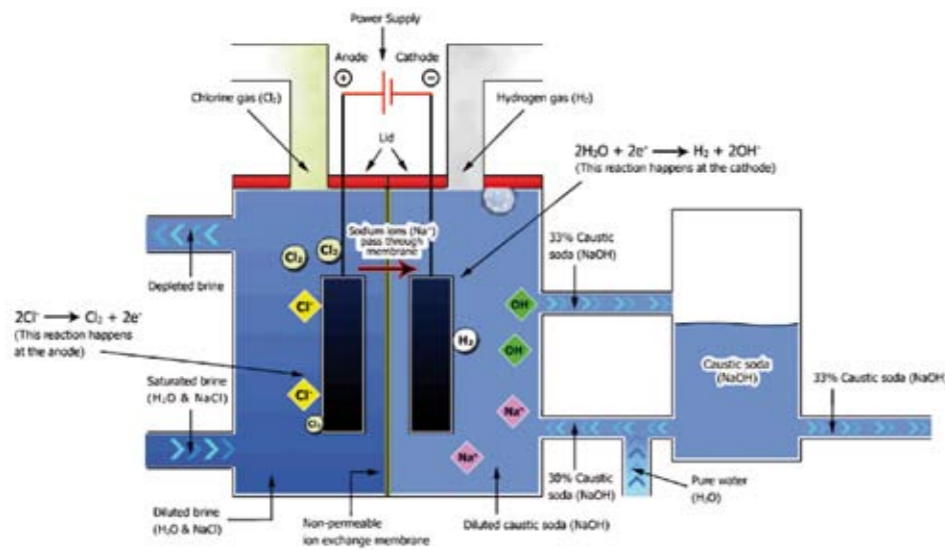


Fig.6: principle of a membrane technology cell to produce chlorine / Prinzip der Membrantechnologie in Elektrolysezellen bei der Chlorproduktion

anyway that a few mercury and membrane plants use an open brine circuit: they are located near the sea and fed by solution mining (see below); the depleted brine leaving the electrolyzers is treated to remove the pollutants and then released to the sea. This leads to a larger salt consumption per tonne of chlorine produced (approx. 3.5 tonnes);

4. Types of salt used

Different types of salts can be used to produce chlorine.

Originally, the salt is present in sea water (solubilised and removed from rocks by rain and rivers) and can be extracted by natural evaporation (solar salt) where the climate allows.

There are also huge deposits of salt underground – residues from ancient seas that evaporated in geological times. This salt can be extracted in two main ways: traditional “dry” mining, especially where the layer thickness is large enough; solution mining, injecting water into the ground to saturate it and extract brine.

All salts contain different impurities in variable proportions (depending on the origin) and the brine needs to be purified before entering the electrolysis cells.

A large number of electrolysis units use “vacuum salt”. This is usually produced by vacuum crystallisation of a brine that is purified prior to processing, mainly to reduce the contents of calcium, magnesium and sulphate. This pure salt allows for a simplification of the brine treatment in the electrolysis unit.

5. Treatment of brine in chlorine production units

Depending on the electrolysis technique used and the concentration of impurities, the brine has to be more or less purified.

Some impurities have to be removed as they can lead to contamination of the products when concentrating in the brine circuit, while others can have a negative impact on the process/equipment. The membrane technology is very sensitive to special impurities and requires a very pure brine.

To understand the risk caused by several impurities, it is important to note that the diaphragm and membrane are separating an acidic compartment from an alkaline one, leading to a strong pH gradient along the thickness of this separator, with the risk of damaging by precipitated compounds.

In the case of the use of vacuum salt (high purity), only a part of the brine flow needs to be treated, except for the secondary purification required for the membrane technology.

It must be noted that in several cases, the acceptable concentration of an impurity depends on the concentration of another one, due to synergy effects: for example barium and iodine or silica and aluminium.

5.1 Calcium and magnesium

Calcium and magnesium compounds (e.g. hydroxides) can precipitate inside the cathode side of the diaphragm or membrane, damaging it. These impurities are usually precipitated in the brine as CaCO_3 by addition of sodium carbonate, and $\text{Mg}(\text{OH})_2$ by addition of caustic soda. The precipitates are removed by decantation followed by filtration (sand, pre-coat or candle filters ...).

An additive is usually applied to facilitate the decantation, but a good ratio of calcium/magnesium facilitates the precipitation (formation of hybrid particles). Most of the heavy metals that are present in trace amounts are also precipitated as hydroxides under these alkaline conditions.

The chemical precipitations lower the calcium and magnesium concentration to a few mg/kg in the

brine, which is sufficient for the mercury and diaphragm technologies. The membrane technology requires a reduction of calcium and magnesium to a few micro-g/kg ... Therefore a secondary purification step is necessary, using ion exchange resins. These resins also remove strontium that could also precipitate in the membrane.

The resins are periodically treated with a strong acid to remove the calcium and magnesium load. Then they are regenerated with caustic soda.

5.2 Sulphate

The sulphate accumulates in the brine circuit and it has a negative effect on the anodes coating (titanium with ruthenium and titanium oxides painting) if it reaches too high a concentration. Sulphate removal is usually unnecessary in a once-through brine system, including the diaphragm technology.

When done, sulphate is often eliminated from the brine circuit by a purge of the depleted brine (leading to losses of salt) or by addition of barium compounds (usually chloride) to precipitate BaSO_4 that is decanted and/or filtered from the brine. This latter technique can be an issue for the membrane technology as barium, in the presence of iodine or silica, can precipitate inside the membrane and damage it (or at least reduce its performances).

The possibility also exists – even if much less used – of crystallising and precipitating sodium sulphate by cooling the brine.

Finally, a more recent technology allows extracting sulphate from the brine by nano-filtration through membranes (concentric

cylinders through which the brine is passed). The brine with reduced sulphate concentration is recycled in the electrolysis unit, while the brine enriched with sulphate can then be purged or treated in a separate unit.

5.3 Iodide

Iodide can be oxidised in the cells and precipitated as iodate in the membranes.

A technique is available to remove it from the brine by a first oxidation into iodine and removing this one using anionic exchange resins with halogenated groups. As for the secondary purification, the resins have to be cleaned periodically and regenerated, with the effluent rich in iodide purged.

5.4 Bromide

Bromide is often present in the salt and is not a problem for the electrolysis process itself. It leaves the installation as bromine with the chlorine and can pose quality problems to some downstream users.

The bromine can be separated either by distillation from the chlorine or after oxidation of bromide with chlorine and stripping from the brine.

Some salt qualities (e.g. some kinds of vacuum salt) have reduced bromine levels and avoid bromine separation steps in the chlor-alkali process.

5.5 Nitrogen compounds

Salt processing and transportation as well as brine preparation can bring traces of nitrogen compounds. These are not a problem for the electrolysis itself, but can lead to the formation of nitrogen trichloride traces that will leave

the cells with the chlorine. Nitrogen trichloride is very unstable and strongly explosive; it can concentrate to dangerous level when chlorine is liquefied and then vaporised.

The nitrogen compounds can come from explosives used in salt mines, from the ferrocyanide used as anticaking agent, from residual impurities in the trucks transporting the salt, from the water used to dissolve the salt or in the reagents added to the brine. The nitrogen trichloride can be extracted from the gaseous chlorine or destroyed in the gas. Nitrogen compounds can also be removed from the brine by oxidation to nitrogen in alkaline environment, using active chlorine; the nitrogen is then stripped off the brine.

6. Conclusions

Chlorine is a basic chemical allowing the manufacture of many products indispensable in our daily life, for preserving our health and insuring modern comfort.

It is produced by electrolysis of an aqueous solution of common salt (sodium chloride) which is an almost inexhaustible natural resource!

Three main electrolysis processes are applied, the diaphragm one is marginal in Europe and the membrane process is progressively replacing the older one using mercury as cathode.

The membrane process is characterised by a lower electricity consumption and the absence of toxic mercury, but necessitates a higher purity of the salt solution and some additional steam consumption to concentrate the caustic produced to the usual commercial grade (50 %).

K+S Gruppe

Firmennachrichten

K+S-Vorstandsvorsitzender Norbert Steiner und der Minister für Rohstoffe der Provinz Saskatchewan, Tim McMillan, haben am 19. Juni 2012 gemeinsam mit einem offiziellen Spatenstich das Startsignal für die umfangreichen Bauarbeiten des neuen Kalistandorts im Süden der kanadischen Provinz Saskatchewan gegeben. „Das **Legacy Projekt** ist für uns von höchster Wichtigkeit“, sagte Norbert Steiner in seiner Rede auf der Veranstaltung, an der rund 300 Gäste teilnahmen. „Wir sind überzeugt, dass Legacy für die gesamte K+S Gruppe ein entscheidender strategischer Schritt nach vorn ist und im Zusammenspiel mit unseren inländischen Kalibergwerken die internationale Wettbewerbsfähigkeit von K+S deutlich stärken wird“, so Steiner weiter. Minister McMillan begrüßte im Namen der Landesregierung die Investitionen von K+S in seiner Provinz und betonte, „dies ist ein großartiger Tag für die Menschen in Saskatchewan! Erstmals seit mehr als vierzig Jahren wird in unserer Provinz wieder ein neues Kaliwerk errichtet. Die dadurch entstehende Wertschöpfung mit zahlreichen neuen Arbeitsplätzen wird sehr positiv zum weiteren Wirtschaftswachstum von Saskatchewan beitragen.“

Mit der Spatenstichzeremonie geht K+S einen weiteren wichtigen Schritt im Projekt zur Erschließung des neuen Kalistandorts in Kanada voran. Die bereits seit 2011 laufenden vorbereitenden Arbeiten zum Aufbau der Infrastruktur und der ersten Stufe des Abbaubetriebs stehen unmittelbar vor dem Abschluss.

Die K+S Aktiengesellschaft und EuroChem haben am 2. Juli 2012 den Verkauf der **K+S Nitrogen** an EuroChem erfolgreich abgeschlossen. Die EU-Kartellbehörde hatte am 25. Juni 2012 die Freigabe der Transaktion erteilt.

„Wir freuen uns, mit EuroChem einen sehr geeigneten neuen Eigentümer für K+S Nitrogen gefunden zu haben. Vor dem Hintergrund der kürzlich erfolgten Veräußerung der Düngemittel-Aktivitäten der BASF in Antwerpen ist der Verkauf an EuroChem aus Sicht von K+S, aber auch aus Sicht der Belegschaft von K+S Nitrogen die beste Option“, sagt Norbert Steiner, Vorsitzender des Vorstands der K+S Aktiengesellschaft.

„Der Kauf von K+S Nitrogen ist ein weiterer Schritt in der Expansionsstrategie von EuroChem. Wir gelangen damit näher an unsere Endkunden und verstärken unsere Produktpalette“, kommentiert Valery Rogalskiy, Vertriebsleiter von EuroChem.

Der führende Dienstleister auf dem Gebiet des Ideen- und Innovationsmanagements, das Zentrum Ideenmanagement (ZI), verlieh der K+S Gruppe während seiner Jahreskonferenz im März 2012 in Köln den Preis „Bestes Ideenmanagement 2012“ in der Kategorie 7.500 bis 15.000 Mitarbeiter und Branche Chemie/Kautschuk. ZI-Geschäftsführerin Christiane Kersting übergab den Award gemeinsam mit Dr. Thomas Nöcker, Personalvorstand bei K+S und seit März 2012 Präsident des ZI und Schirmherr der Aktion „Ideen machen Zukunft“, an Markus Bock, Leiter Wissensmanagement/Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP) der K+S Gruppe.

Personalien

Der Aufsichtsrat der K+S Aktiengesellschaft hat am 8. Mai 2012 **Mark Roberts** (48) mit Wirkung zum 1. Oktober 2012 zum Mitglied des Vorstands der Gesellschaft bestellt. Er wird die Verantwortung für den Geschäftsbereich Salz übernehmen, der bisher vom Vorsitzenden des Vorstands, Norbert Steiner, betreut wird. Roberts leitet zurzeit als Chief Executive Officer (CEO) die amerikanische K+S-Tochter Morton Salt. Roberts verfügt über 20 Jahre Erfahrung im Düngemittel- und Salzgeschäft in der K+S Gruppe. Vor seiner Berufung zum CEO von Morton Salt war er unter anderem als Geschäftsführer der K+S-Tochtergesellschaften International Salt Company (ISCO) sowie der Potash Import & Chemical Corporation (PICC) tätig.

APEP, der Verband der europäischen Kaliproduzenten („Association des Producteurs Européens de Potasse“) hat im August 2012 das neue Board of Directors (der neue Vorstand) gewählt. Er besteht aus dem Chairman, dem Vice-Chairman sowie dem Treasurer. Als Chairman – für einen Zeitraum von drei Jahren – wurde mit Wirkung vom 4. August **Norbert Steiner**, Vorstandsvorsitzender der K+S Aktiengesellschaft, gewählt. Steiner tritt damit die Nachfolge von Joachim Felker an, der seit März 2007 diese Funktion wahrgenommen hatte. Im Amt bestätigt wurden als Vice-Chairman Kees Langeveld (ICL Fertilizers Europe), als Treasurer Rechtsanwalt Michael-Jürgen Werner. APEP vertritt die Interessen der Mitglieder des Verbandes auf europäischer Ebene.

esco – european salt company GmbH & Co. KG

Firmennachrichten

Ein Jahrhundert nach dem Teufbeginn für die Schächte Bernburg und Gröna feiert das **Salzwerk Bernburg** im Juli das 100-jährige Werksjubiläum. Heute ist das Bernburger Werk eines von drei deutschen Salzbergwerken des führenden europäischen Salzproduzenten esco – european salt company. Nachdem 1911 die Bergbau-Unternehmen („Gewerkschaften“) „Bernburger Kaliwerke“ und „Gröna“ gegründet worden waren, schlug 1912 mit dem Beginn der Teufarbeiten für die Schächte Bernburg (März 1912) und Gröna (April 1912) die eigentliche Geburtsstunde des Werkes, das zunächst ausschließlich auf die Gewinnung von Kalisalzen ausgerichtet war. Bereits 1913 begann die Förderung des begehrten Rohstoffes und die Kalifabrik nahm ihren Betrieb auf. Im Jahr 1921 wurde zusätzlich auch mit der Förderung von Steinsalz begonnen, von dem in der Bernburger Lagerstätte große Vorräte in besonders reiner Qualität vorhanden sind.

Die Bergwerksfelder des Bernburger Werkes erstrecken sich über eine Fläche von rund 40 Quadratkilometern. Die Bergleute gewinnen ein Steinsalz, das wegen seiner reinweißen Farbe und seiner grobkristallinen Struktur als Kristallsalz bezeichnet wird. Sein Reinheitsgrad liegt im Durchschnitt bei 99 Prozent Natriumchlorid (NaCl). Die besten Lagerpartien erreichen sogar 99,8 Prozent NaCl.

Zwei Drittel der Jahresproduktion an Steinsalz entfällt auf Auftausalz. Darüber hinaus werden spezielle Speise-, Gewerbe- und Futtermittelsalze sowie Wasserent-

härtungsprodukte hergestellt. Die Steinsalzproduktion wird ergänzt durch eine moderne Siedesalzherstellung, die im Jahre 1996 im Zuge der groß angelegten Modernisierung des Werks für umgerechnet rund 60 Mio. Euro errichtet worden ist.

Bei einer technischen Produktionskapazität von rund drei Millionen Tonnen im Jahr kann der Betrieb bis zu 2.000 Tonnen pro Tag an verpackter und bis zu 18.000 Tonnen an loser Ware bereitstellen. Besonders wichtig ist diese leistungsfähige Logistik im Winter, wenn die Nachfrage nach Auftausalz sprunghaft steigt. Dann können aus drei Lagerhallen sowie fünf weiteren Verladestellen jeden Tag bis zu 400 LKW und 250 Bahnwaggons beladen werden.

Die günstigen Voraussetzungen der Bernburger Salzlagerstätte werden seit 1965 auch zur Gewinnung gesättigter Salzsole im Solfeld Gnetsch genutzt. Die dabei entstehenden Kavernen bieten ideale Bedingungen für die sichere Lagerung von Erd- und Flüssiggas. Das Salzwerk selbst hat in zwei Kavernen einen Flüssiggasspeicher mit einer dazugehörigen Umschlaganlage errichtet, der mit einem Fassungsvermögen von 80.000 Tonnen zu den größten seiner Art gehört und einen weiten regionalen Einzugsbereich versorgen kann.

Für den Bernburger Raum ist das Salzwerk als einer der bedeutendsten Industriebetriebe ein wichtiger Wirtschaftsfaktor und Arbeitgeber, der 440 Mitarbeiter beschäftigt. Außerdem befinden sich derzeit 40 junge Leute in Ausbildung.

Das **Salzwerk Borth** hat sich zu einer nachhaltigen Effizienzverbesserung beim Einsatz von Energie verpflichtet. Dazu wurde ein

Energiemanagementsystem nach der erst im April 2012 neu in Kraft getretenen DIN EN ISO 50001 Norm eingeführt. Ziel ist, mit der wertvollen Ressource Energie noch sparsamer umzugehen, um den steigenden Kosten aller Energieträger entgegenzuwirken. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung, um auch künftig in einem wettbewerbsstarken Umfeld kostengünstige Steinsalz-, Siedesalz- und Soleprodukte an Kunden im In- und Ausland liefern zu können. Die dauerhaft angelegten Bemühungen zu Effizienzverbesserungen der Produktionsprozesse wurden am 3. Mai 2012 durch den erfolgreichen Abschluss eines Zertifizierungsaudits durch den TÜV Thüringen bestätigt. Das Werk Borth ist die erste Produktionsstätte in der K+S Gruppe, die diese Zertifizierung erhält. Bei weiteren Standorten läuft die Einführung eines Energiemanagementsystems oder ist in Vorbereitung.

K+S KALI GmbH

Firmennachrichten

Am 25. Juni 2012 hat das Regierungspräsidium Kassel den Bau und Betrieb der **Salzwasserleitung** von Neuhof nach Philippsthal genehmigt. Nach Angaben der Geschäftsführung der K+S KALI GmbH ist dies ein wichtiger Schritt für das Kaliwerk Neuhof-Ellers. Dadurch können die bisher erforderlichen LKW- und Bahntransporte in absehbarer Zeit beendet und die damit verbundenen Belastungen der Anwohner und der Umwelt im Umfeld des Standorts deutlich zurückgeführt werden. Zur Entsorgung des insbesondere durch Niederschlag an der Rückstands-

halde Neuhoof anfallenden Salzabwassers sind derzeit noch bis zu 90 LKW- und Bahntransporte täglich vom Werk Neuhoof-Ellers zum Verbundwerk Werra notwendig. Die Arbeiten zum Bau der rund 63 km langen Leitung hatten im Juli im Bereich der Gemeinden Hohenroda und Philippsthal begonnen und werden aus heutiger Sicht bis zum Frühjahr 2013 andauern. Beim Bau der Leitung wird K+S Vorkehrungen zum Schutz besonders sensibler Landschaftsteile treffen. So werden unter anderem Ersatzbiotope und Schutzzäune für Amphibien und Insekten geschaffen. Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens wurden die umfangreichen Antragsunterlagen in allen Kommunen entlang der Werra und Weser bis zur Nordsee ausgelegt. Der Termin zur Erörterung aller Einwendungen und Stellungnahmen fand Ende vergangenen Jahres statt.

Nachdem die technischen, betriebswirtschaftlichen und marktseitigen Aspekte einer möglichen Wiedereröffnung des Reservebergwerks **Siegfried-Giesen** in einer umfangreichen Machbarkeitsstudie untersucht worden waren, ist dessen Gesamtergebnis von den Entscheidungsgremien des Unternehmens grundsätzlich als aussichtsreich bewertet worden.

Im nächsten Schritt wird nun die Genehmigungsfähigkeit des Projekts geprüft. Dazu werden zunächst von einer dafür eingerichteten Projektgruppe die für ein Raumordnungsverfahren und ein anschließendes Planfeststellungsverfahren erforderlichen Untersuchungen angestellt und Unterlagen erarbeitet. Anschließend werden die entsprechenden Anträge für

diese Verfahren gestellt.

Die beiden Verwaltungsverfahren, für die der Landkreis Hildesheim bzw. das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie federführend sind, werden insgesamt mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Nach Vorliegen der Ergebnisse dieser Verfahren kann auf der Basis der dann abschließend zu überprüfenden wirtschaftlichen und marktseitigen Rahmenbedingungen eine Investitionsentscheidung getroffen werden.

Hessens Ministerpräsident Volker Bouffier besuchte am 5. Juli auf Einladung des K+S-Vorstandsvorsitzenden Norbert Steiner das **Kaliwerk Werra**. Im Mittelpunkt des Besuchs stand die Gewinnung und Verarbeitung heimischer Rohstoffe, die eine wichtige Basis für unsere moderne Industriegesellschaft darstellen. Im Rahmen der gemeinsamen Grubenfahrt informierte sich Bouffier über die untertägige Förderung von Kalirohsalzen. Der Ministerpräsident zeigte sich von den Dimensionen unter Tage, den hohen Sicherheitsstandards und der engagierten Arbeit der Mitarbeiter beeindruckt.

Ministerpräsident Bouffier erklärte: „Mit rund 5.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in unserem Land ist K+S ein Unternehmen, das beispielhaft für die Leistungsfähigkeit der hessischen Industrie steht. Über 300 Auszubildende lernen in dem Unternehmen und erhalten hier die unterschiedlichsten Zukunftsperspektiven, die sich bei einem DAX-gelisteten Konzern mit Weltruf eröffnen. Die Fortsetzung der Kaliproduktion und die Sicherung der damit verbundenen Arbeitsplätze sind für unser Land und seine wirtschaftliche Stärke

von großer Bedeutung“, so Bouffier.

Steiner hob hervor, dass für K+S wirtschaftlich verantwortungsvolles Handeln, die Schonung der natürlichen Lebensgrundlagen und soziale Verantwortung untrennbar zusammengehören. „Wir werden auch weiterhin intensiv daran arbeiten, die unvermeidbaren Eingriffe in die Natur so gering wie möglich zu halten. Aber wir erwarten auch, dass Andere ihrer Verantwortung zur Sicherung einer nachhaltigen Produktion im hessisch-thüringischen Kalirevier gerecht werden“, so Steiner weiter.

Der Leiter des **Kaliwerkes Neuhoof-Ellers**, Dieter Friedrich, und der Landwirt Willi Meeßen aus Haunetal haben im Frühjahr 2012 eine langfristige Vereinbarung zur Umwandlung einer landwirtschaftlichen Fläche, auf der zukünftig auf 11 Hektar extensive Weidewirtschaft und eine Renaturierung des Haune-Ufers vorgesehen sind, unterzeichnet. Dort sollen neue Lebensräume für gefährdete Tier- und Pflanzenarten entstehen. Das Kaliwerk Neuhoof-Ellers benötigt im Zusammenhang mit der Westerweiterung der Rückstandshalde zusätzliche Flächen, um die mit dem Planfeststellungsbescheid verbundenen Auflagen zur Durchführung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen erfüllen zu können. Für die genehmigte Erweiterungsfläche von 46 Hektar muss das Werk entsprechend der Inanspruchnahme von Teilflächen sukzessive Ausgleichsmaßnahmen realisieren. Ziel der naturschutzrechtlichen Maßnahme in Haunetal ist es nun, eine so genannte „halbruderale, extensive Weidelandschaft“ mit Vernässung der Haune-Aue und der Anlage von Sonderbiotopen für

seltene und gefährdete Tier- und Pflanzenarten zu entwickeln.

Personalien

Am 5. Mai 2012 ist **Peter Euler**, Werksleiter des Werkes Werra der K+S KALI GmbH, im Alter von 51 Jahren an den Folgen einer schweren Erkrankung verstorben. Der gebürtige Kasseler trat im Oktober 1987 nach seinem Studium der Wirtschaftswissenschaften in die Revisionsabteilung der Wintershall AG ein. Zwei Jahre später wurde die

gesamte Revisionsabteilung mit allen Mitarbeitern in die K+S integriert. 1994 übernahm Peter Euler die Leitung der Abteilung Revision der Kali und Salz Beteiligungs AG. Nach einer Station als Leiter der kaufmännischen Funktionen im Werk Zielitz ging er anschließend als Werksleiter zum Werk Bergmannsseggen-Hugo in Sehnde/Lehrte. 2007 übernahm er die Funktion des Werksleiters des Werkes Werra. Seit 2010 gehörte er auch dem Aufsichtsrat der K+S KALI GmbH an.

Hans-Jörg Glener, Leiter Produktion und Technik über Tage des Kaliwerkes Zielitz, ist zum 31. Mai 2012 in den Ruhestand getreten.

Dr. Frank Schrumpf, Leiter Produktion und Technik über Tage des Kaliwerkes Sigmundshall, hat zum 1. April 2012 die Funktion als Leiter Produktion und Technik über Tage des Kaliwerkes Neuhoof-Ellers an Stelle von **Dr. Günter Ciernioch** übernommen, der in gleicher Funktion zum 1. April zum Kaliwerk Sig.

Wacker Chemie AG: Salzbergwerk Stetten

Im Salzbergwerk Stetten der Wacker Chemie AG wird derzeit eine neue Salzverladung gebaut. In Stetten werden im langjährigen Durchschnitt 500.000 t Salz pro Jahr produziert. Der größte Teil davon wird als Auftausalz für den Straßenwinterdienst verkauft, auf LKWs verladen und abtransportiert. Die wesentlichen Gründe

für den Bau einer neuen Salz-Verladeanlage auf einem Grundstück, welches die Wacker Chemie AG zu diesem Zweck bereits 2005 von der Stadt Haigerloch erworben hat, sind die Verbesserung der Verkehrssicherheit und die Entflechtung der Versatz- und Salzlogistik.

Wesentlicher Bestandteil der neuen Verladeanlage ist ein Holz-Si-

lo der Firma Blumer-Lehmann aus der Schweiz mit einem Fassungsvermögen von 750 m³.

Die Baumaßnahmen gehen planmäßig voran, so dass trotz verspäteten Baubeginns derzeit noch davon ausgegangen werden kann, dass die neue Anlage bereits für die Wintersaison 2012/13 zur Verfügung steht.



