

KALI & STEINSALZ

01
2018

Wertvolle Rohstoffe aus Deutschland

Midden

Energiemanagement bei K+S

Spaniol, Dötterl

Weiterer Baustein zur Abwasserreduzierung im hessisch-thüringischen Kalirevier: Neue KKF-Anlage in Betrieb

Elfferding, Triebel, Wachsmuth

Gasförmige Emissionen des Sprengstoffs ANDEX LD – Welche sind die tatsächlichen Werte in untertägigen Anwendungen?

Becker, Freyer, Pöttsch, Mischo

Gefügestabilisierter Salzgrusversatz für die Verfüllung untertägiger Auffahrungen im Salinar

06 Midden: Energy Management at K+S

The potash industry is a very energy intensive business. It requires an energy management system, which entails planning and execution of the following 3 main measures: Security of energy supply, minimization of environmental footprint, and lowest possible energy cost. Historically these measures were always important for K+S, especially because of the situation on global competition. The main competitors outside of Germany have different and less stringent regulatory frameworks to deal with. Furthermore their energy supplies come primarily from their own country's energy sources (e.g. natural gas and oil resources in Canada and Russia), which are by far cheaper than energy supply in Europe. These circumstances have permanently pushed K+S to continuously improve process efficiencies (e.g. electrostatic separation, which was invented by K+S). Also CHP applications (combined heat and power) with gas and steam turbines were introduced in the 1980's to boost energy efficiency. The environmental aspect, especially greenhouse gas emissions, has become more and more important since the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) started to report on global warming and supported the United Nations on creating a binding climate protection agreement (e.g. Kyoto Protocol 1997). The European Union then underlined their dominant role within the world by setting ambitious climate protection targets in the early 2000's. In the 21st century the world needs to transform their energy supply to mainly renewable resources to limit global warming below 2°C above pre-industrial levels (Paris Agreement 2015). Germany especially created a complex energy and climate regulatory framework to incentivize the generation and use of renewable energies and CHP applications. For K+S it is essential to orientate its future sustainability targets according to the global and European targets. To support the climate actions and to strengthen global competitiveness towards 2030, K+S will focus on increasing energy efficiency by implementing DIN ISO 50001 globally, increasing CHP applications, implementing renewable energies when economically viable (mainly wind and solar) and digitalization in production and energy management.

18 Spaniol, Dötterl: Further component for waste water reduction in the Hessian Thuringian potash district. New kainite crystallization and flotation plant (KKF) in operation.

In the Hessian-Thuringian potash district potassium chloride is predominantly extracted from the mined crude salt by the so called hot leaching process. Besides halite and sylvite, the ore also contains magnesium compounds. These magnesium compounds, especially the magnesium chloride bound in the mineral phase carnallite, are enriched in the circulating solutions during the wet processing steps. Thus, a certain amount of the so called hard salt solution continuously has to be removed from circulation. At the potash plant in Hattorf, one of the three Werra works, a manifold of different potassium sulphate containing specialties are produced from sylvite and kieserite concentrates. However, the synthesis of potassium sulphate is associated with the formation of further magnesium chloride, which is also enriched in the circulation solutions of the hot leaching process

and leads to an additional excess of hard salt solution. Reducing the amount of excess hard salt solution and thus the amount of saline waste water can only be achieved by evaporation. However, salable products from saline waste water can only be obtained by combining the evaporation step with a sorting process specially designed for the resulting mineral phases. Such a concept was realized in the kainite crystallization and floatation plant (KKF). The hard salt solutions of the potash plants in Hattorf and Unterbreizbach are evaporated in the KKF plant in three stages. This process leads to a volume reduction of about fifty percent in regard to the initial amount of hard salt solution. After a three stage crystallization step, the resulting crystallizate is subsequently processed by floatation. The processed valuable materials can be used as raw material in existing processing chains to produce about 260.000 tons of salable fertilizer products (potassium chloride, magnesium sulphate) from saline waste water. Simultaneously, the amount of saline waste water is reduced by 1,5 million cubic meters per year. Therefore, the KKF strongly contributes to the reduction of the amount of saline waste water in the Hessian-Thuringian potash district and extracts raw materials from saline waste water at the same time.

32 Elfferding, Triebel, Wachsmuth: Emissions of ANDEX LD Explosives – What is the true Value in Underground Mining Operations?

The above question arises in the context of recently released Occupational Exposure Limits (OELs) for nitrogen oxides in Germany (TRGS 900) especially with regard to the consequences for underground mining operations. The mining industry in Germany has succeeded in a 5-year transitional period for the application of the new OELs. K+S Aktiengesellschaft applies drilling and blasting as the main extraction method in underground mines. Therefore, the explosive ANDEX LD (brand name of ANFO blasting agent) is used, which is produced by MSW-CHEMIE GmbH, a 100 % K+S subsidiary. This article focusses on the transferability of small scale blasting test results for determination of gas emissions to underground blasting emissions conducted with ANDEX LD under real conditions. Often these test results are used to characterize and to compare the employed explosives. However, all ANFO explosives are considered as non-ideal explosives whose detonation behavior strongly depends on the specific conditions. This knowledge is well documented, nevertheless the quantitative influence on the emission of nitrogen oxides cannot be easily deduced from literature. Therefore, a series of investigations on the test conditions has been conducted at MSW-CHEMIE GmbH. This article shows the influence of varying test conditions – confinement and length of explosive column – on the resulting nitrogen oxides and carbon monoxide emissions. Based on the experimental results a standardized test set up is chosen and the blasting results of this small-scale steel tube test are compared to real underground measurements. Furthermore, test results of ANDEX 1 (ammonium nitrate diesel fuel explosive), ANDEX LD (low density), and a new low emission ANC explosive recently developed by MSW-CHEMIE GmbH are presented.

40 Becker, Freyer, Pöttsch, Mischo: Microstructural stabilized crushed rock salt backfill material for saliniferous rock formations

The microstructural stabilized crushed rock salt backfill material was developed for the purpose of backfilling underground mining openings in rock salt formations, both in producing mines as well as underground repositories. The aims are the stabilization of the surrounding rock, minimization of rock deformations and decreasing possible paths for gases and fluids. Today two main materials are used for this purpose. These are crushed rock salt and saliniferous composite backfill material. Crushed rock salt has the benefit that it is a natural occurring material in a rock salt formation,

easy manageable material and widely available. But the disadvantage is the settlements of the backfill due to its own weight and thus a late rock stabilization. In comparison, saliniferous composite backfill materials show no settlements of the backfill and thus fosters fast support of the surrounding rock. But the disadvantages are the high costs of the material, the labor-intensive handling and the high amount of liquids needed in the mixture. The newly developed microstructural stabilized crushed rock salt backfill material is a combination of the two conventional backfill materials and closes the gap of knowledge. The advantages of both backfill material are combined while the disadvantages are tried to be avoided.

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
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

Natalya Akhapkina, esco GmbH & Co. KG
Hartmut Behnsen, VKS e.V.
Uwe Handke, K+S KALI GmbH
Gerd Kübler, K+S Aktiengesellschaft
Dr. Franz X. Spachtholz, K+S Entsorgung GmbH
Dr. Frieder Tonn, K+S Aktiengesellschaft
Dr. Ludger Waldmann, K+S Aktiengesellschaft

Herstellung und Layout

Dirk Linnerz
Lausitzer Straße 31
10999 Berlin
Mobil: 0171-1448597
info@linnerz.com
www.linnerz.com

Hinweis zu Rechten an Bildern, Grafiken u. a.

Alle Bildrechte liegen bei den Autoren. Davon abweichende Ausnahmen werden mit einer Quellenangabe gekennzeichnet.

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.

02 Abstracts

05 Editorial

06 Midden

Energiemanagement bei K+S

18 Spaniol, Dötterl

Weiterer Baustein zur Abwasserreduzierung im hessisch-thüringischen Kalirevier: Neue KKF-Anlage in Betrieb

32 Elfferding, Triebel, Wachsmuth

Gasförmige Emissionen des Sprengstoffs ANDEX LD – Welche sind die tatsächlichen Werte in untertägigen Anwendungen?

42 Becker, Freyer, Pöttsch, Mischo

Gefügestabilisierter Salzgrusversatz für die Verfüllung untertägiger Auffahrungen im Salinar

48 Nachrichten aus den Unternehmen

03 Impressum

TITELBILD:

Blick in die neue KKF-Anlage am Standort Hattorf des Werkes Werra (K+S KALI GmbH). Zu sehen ist der Bereich der Umwälzpumpen der Zwangsumlaufverdampfer, die die Lösung zu den außenliegenden Wärmetauschern fördern.



Entscheidend für den Wirtschaftsstandort: Sicherer Zugang zu heimischen Bodenschätzen

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

vor rund einem Jahr habe ich im Editorial der Ausgabe 1/2017 einen Ausblick auf das Wahljahr 2017 gewagt und die Kernforderungen unserer deutschen Rohstoffwirtschaft an die Politik präsentiert. Aber kaum jemand hätte wohl erwartet, dass sich der Prozess der Regierungsbildung inhaltlich derart schwierig gestaltet und fast ein halbes Jahr dauert. Nun, für die Dauer der 19. Legislaturperiode wurde am 14. März 2018 der Koalitionsvertrag „Ein neuer Aufbruch für Europa / Eine neue Dynamik für Deutschland / Ein neuer Zusammenhalt für unser Land“ von den Partei- und Fraktionsspitzen der CDU/CSU und der SPD unterzeichnet. Und positiv anzumerken ist: Unsere „heimischen Rohstoffe“ finden sich im Koalitionsvertrag wieder. Unter „Erfolgreiche Wirtschaft für den Wohlstand von morgen“ hat die Rohstoffpolitik ein eigenes Kapitel erhalten, in dem die Bedeutung einer sicheren Rohstoffversorgung gut und breit verankert ist. Die drei Säulen der Rohstoffsicherung (heimische Rohstoffe, Importrohstoffe und Recycling) werden aufgeführt. Mit klaren Aussagen wie:

„Die Versorgung mit und der sichere Zugang zu Rohstoffen sind entscheidende Faktoren für den Wirtschaftsstandort.“

„Wir setzen uns dafür ein, dass heimische Bodenschätze in Deutschland weiterhin wirtschaftlich abgebaut werden können und die dafür notwendige langfristige Investitions- und Planungssicherheit bestehen bleibt.“

sehen wir eine gute Basis für die Fortsetzung unseres Dialoges mit der Politik und der Öffentlichkeit zum Erhalt angemessener Rahmenbedingungen auch für die Zukunft des Bergbaus in Deutschland.

Im Koalitionsvertrag werden auch diverse Aussagen zur beabsichtigten Klima- und Energiepolitik getroffen. Aber Deutschland allein wird mit nationalen Alleingängen die Welt vor der Klimaerwärmung nicht retten können, dafür bedarf es einer globalen und konsensualen Strategie, zu der „jeder“ beitragen muss. Wie sich das Energiemanagement der energieintensiven deutschen Kaliindustrie bei der

K+S-Gruppe entwickelt hat, erläutert Markus Midden in seinem Beitrag in dieser Ausgabe. Vielfach berichtet wurde in der Kali & Steinsalz über Maßnahmen zur Reduktion der Rückstände der Kaliproduktion. Mit der Inbetriebnahme der Kainitkristallisations- und Flotationsanlage (KKF) am Standort Hattorf (Philippsthal, Kreis Hersfeld-Rotenburg) wurde ein weiterer Meilenstein für den Gewässerschutz an der Werra erreicht.

Ausführlich vorgestellt wird die KKF von Heiko Spaniol und Dr. Matthias Dötterl. Die drastische Absenkung der Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) für Stickoxide erfordert für den untertägigen Bergbau eine Vielzahl von Maßnahmen.

Der Frage, welcher Anteil der NO- und NO₂-Emissionen aus der Anwendung ausgewählter Sprengstoffe resultiert, gehen die Herren Dr. Michael Elfferding, Dr. Uwe Wachsmuth und Dr. Rüdiger Triebel mit einem eigens entwickelten Stahlrohrtest nach.

Im Rahmen vom BMWi geförderter FuE-Vorhaben zur „Entsorgung radioaktiver Abfälle“ wurde seitens der TU Bergakademie Freiberg ein Gefügestabilisierter Salzgrusversatz entwickelt, der bei der Endlagerung von hochradioaktiven, wärmeerzeugenden Abfällen (HAW) in der Wirtsgesteinsformation Salzgestein die eingelagerten Abfälle vom Kontakt mit der Biosphäre abschirmen soll. Über die Entwicklungen der erfolgten labortechnischen sowie der geplanten In-situ-Phase gibt der Beitrag von Frau Dr. Daniela Freyer und der Herren Dr. Sebastian Becker, Dipl.-Ing. Stefan Pötzsch und Prof. Helmut Mischo Aufschluss.

Zahlreiche interessante Nachrichten aus den Mitgliedsunternehmen runden das Heft ab.

Viel Spaß beim Lesen. Mit herzlichem Glückauf,

Ihr

Hartmut Behnsen



MARKUS MIDDEN
 Bereichsleiter Technics/Energy,
 K+S Aktiengesellschaft, Kassel

ENERGIEMANAGEMENT BEI K+S

Die Kaliindustrie gilt als sehr energieintensiver Industriesektor. Etwa drei Viertel der Energie werden dabei als Wärme und ein Viertel als Strom genutzt. Der hohe Wärmebedarf ist einerseits zur Aufbereitung der Rohsalze mittels Flotations-, ESTA- oder Heißlöseverfahren durch Dampf und andererseits zur Trocknung der Salze nötig. Aufgrund dieses hohen und relativ konstanten Wärmebedarfes der Werke bieten sich zur Energieversorgung eigene Wärme- und auch Stromerzeugungsanlagen an. In der deutschen Kaliindustrie wurden seit etwa 100 Jahren Heizkraftwerke betrieben, die Wärme (Dampf oder Heißwasser) und Strom parallel in einem gemeinsamen thermodynamischen Prozess erzeugen. Der Vorteil einer Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) besteht dabei in der effizienteren Nutzung der Primärenergie im Vergleich zur getrennten Erzeugung. Bei der reinen Stromerzeugung in einem (Kondensations-)Kraftwerk entsteht eine hohe Menge an Abwärme, die ungenutzt entweicht. In einer KWK-Anlage steht diese Abwärme nahezu vollständig ohne zusätzlichen Primärenergieeinsatz und damit zusätzlichen Brennstoffkosten zur Verfügung.

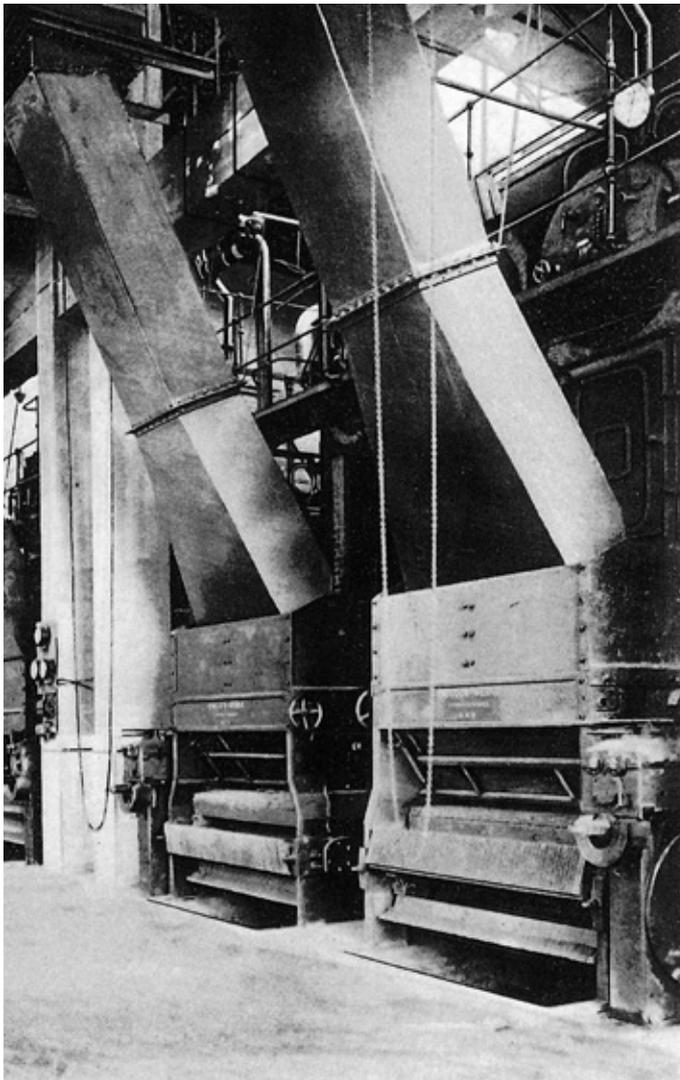
Energy Management at K+S *The potash industry is a very energy intensive business. It requires an energy management system, which entails planning and execution of the following 3 main measures: Security of energy supply, minimization of environmental footprint, and lowest possible energy cost. Historically these measures were always important for K+S, especially because of the situation on global competition. The main competitors outside of Germany have different and less stringent regulatory frameworks to deal with. Furthermore their energy supplies come primarily from their own country's energy sources (e.g. natural gas and oil resources in Canada and Russia), which are by far cheaper than energy supply in Europe. These circumstances have permanently pushed K+S to continuously improve process efficiencies (e.g. electrostatic separation, which was invented by K+S). Also CHP applications (combined heat and power) with gas and steam turbines were introduced in the 1980's to boost energy efficiency. The environmental aspect, especially greenhouse gas emissions, has become more and more important since the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) started to report on global warming and supported the United Nations on creating a binding climate protection agreement (e.g. Kyoto Protocol 1997). The European Union then underlined their dominant role within the world by setting ambitious climate protection targets in the early 2000's. In the 21st century the world needs to transform their energy supply to mainly renewable resources to limit global warming below 2°C above pre-industrial levels (Paris Agreement 2015). Germany especially created a complex energy and climate regulatory framework to incentivize the generation and use of renewable energies and CHP applications. For K+S it is essential to orientate its future sustainability targets according to the global and European targets. To support the climate actions and to strengthen global competitiveness towards 2030, K+S will focus on increasing energy efficiency by implementing DIN ISO 50001 globally, increasing CHP applications, implementing renewable energies when economically viable (mainly wind and solar) and digitalization in production and energy management.*

Energiemanagement

Die Rolle der Energieerzeugung bei K+S hat sich in den letzten hundert Jahren nicht verändert. Nach wie vor steht die hochverfügbare Versorgung der Produktion mit Strom und Wärme in den entsprechend geforderten Qualitäten an oberster Stelle. Der Druck durch Energiekosten und Umweltauflagen hat letztendlich die stetige Entwicklung in effizientere Technik und damit die Modernisierung der Anlagen vorangetrieben. Der Unterschied aus mehr als hundert Jahren ist auf den Fotos (Abbildungen 1 und 2) ersichtlich – die Anlagen von heute sind moderner, aber nicht grundlegend anders. Bei dem eingesetzten Primärenergieträger vollzog sich ein Wandel von Kohle zu Erdgas. Technische Innovationen, wie die Vorschaltung von Gasturbinen zur Stromerzeugung, deren Abwärme gleichzeitig in Kesselanlagen Wasser in Dampf umwandelt, kamen im Laufe der Entwicklung hinzu. Die Energieumwandlung und -verteilung folgt jedoch den gleichen grundlegenden

physikalischen Prozessen wie früher. Der Begriff Energiemanagement ist noch keine einhundert Jahre alt, auch wenn die Aufgaben, die sich unter diesem Begriff vereinen, immer noch die gleichen wie damals sind. Modernes Energiemanagement beinhaltet heute zusätzliche Elemente wie z.B. Nachhaltigkeit, Emissionshandel, Compliance, Arbeitssicherheit und andere. Häufig wird Energiemanagement jedoch mit einem unterschiedlichen Verständnis benutzt. In der Fachliteratur wird der Begriff wie folgt definiert [1]:

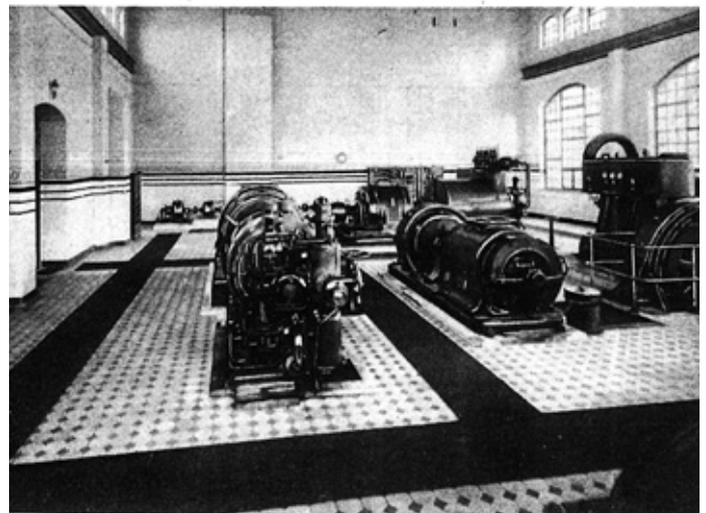
„Energiemanagement ist die Planung und Umsetzung aller erforderlichen Maßnahmen, um eine Organisation ausreichend und sicher mit Energie zu versorgen, den möglichst effizienten Einsatz der Energie zu gewährleisten und negative Umweltauswirkungen, die vom Energiebedarf herrühren, zu verringern sowie die Kosten für die Energieversorgung zu reduzieren und diese Kosten anforderungsgerecht zu erfassen und zu verrechnen.“



Baden, Kesselhausfeuerung.



Wittekind, elektrische Zentrale.

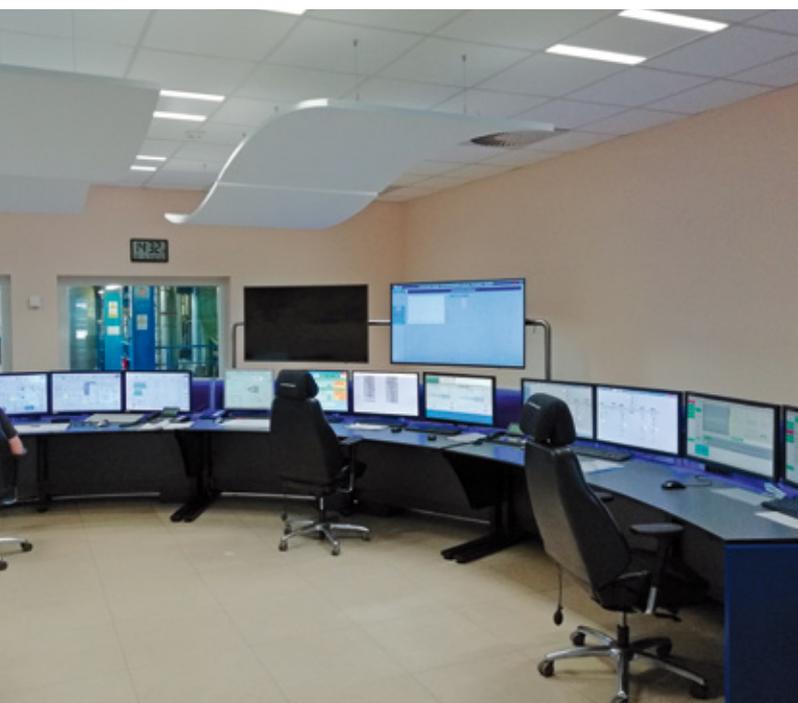


Niedersachsen, elektrische Zentrale.

Abbildungen 1: Kraftwerksanlagen der deutschen Kaliindustrie zu Beginn des 20. Jahrhunderts
Quelle: Geschichte des Burbach-Konzerns (Fabersche Buchdruckerei), 1928



Abbildungen 2: K+S KALI GmbH, Kraftwerk Zielitz (Dampfturbine, Leitwarte – unten links, Power to Heat Anlage – unten rechts)



Und genau so ist es auch. Jedoch wird der Begriff in vielen Fällen als Oberbegriff für eine Teilfunktion, z.B. für die Versorgungssicherheit, für die Energieplanung oder -einsparung verwendet. Bei K+S verstehen und handhaben wir diesen Begriff in seiner ganzheitlichen Bedeutung. Damit umfasst er alle Prozesse, die nötig sind, um der vorstehenden Definition gerecht zu werden. Die Abbildung 3 schafft eine Übersicht, aus der deutlich wird, welche Teilprozesse gemeint sind und wie sie untereinander verbunden sind.

Energiewende – Worum geht es?

Das Ziel der Energiewende besteht darin, den Klimawandel und die mit einer steigenden Temperatur verbundenen Umweltauswirkungen wie z.B. steigender Meeresspiegel oder Hungersnöte zu begrenzen. Unter anderem stellte der Weltklimarat, das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), fest, dass die durch den Menschen verursachten Treibhausgasemissionen einen entscheidenden Beitrag zum Klimawandel leisten. Daher ist das entscheidende Mittel eine Begrenzung der CO₂-Emissionen. Im EU-Emissionshandel spricht man in diesem Zusammenhang vom Cap & Trade System (ETS). Eine Obergrenze (Cap) legt fest, wie viele Treibhausgasemissionen von den emissionshandelspflichtigen Anlagen insgesamt ausgestoßen werden dürfen. Die Mitgliedstaaten geben eine entsprechende Menge an Emissionsberechtigungen an die Anlagen aus – teilweise kostenlos, teilweise über Versteigerungen (eine Berechtigung erlaubt den Ausstoß einer Tonne Kohlendioxid-Äquivalent, CO₂-Äq). Die Emissionsberechtigungen können auf dem Markt frei gehandelt werden (Trade).

Die Aufgabe der Politik besteht darin, geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen, die zur gesellschaftlichen Akzeptanz der Problemstellung führen und gesellschaftlich verbindliche Entscheidungen zur Erreichung definierter Mindestziele nach sich ziehen. Solange dies gegeben ist, kann sich eine Gesellschaft darauf einlassen und planen. Werden Rahmenbedingungen geändert, wirkt sich dies häufig ungünstig auf die Erreichung von Etappenzielen aus.

Die globale Aufgabe, Treibhausgase zu reduzieren, um damit die Klimaerwärmung zu stoppen, ist ein klares Ziel. Eine globale Energiepolitik, die verlässliche und faire Bedingungen zur Zielerreichung schafft, gibt es jedoch nicht. Immerhin existiert ein Abkommen, welches am 4. November 2016 offiziell in Kraft getreten ist, das „Paris Agreement“ [2]. Dieses Abkommen ist von 159 Staaten (Stand August 2017) ratifiziert worden. Das Pariser Abkommen schlägt die Brücke zwischen den derzeitigen politi-

schen Strategien und der vor dem Ende des Jahrhunderts zu erzielenden Klimaneutralität. Es obliegt nun den einzelnen Staaten und Staatengemeinschaften, den Rahmen so auszugestalten, dass die Zielerreichung gelingt.

Ziel ist die Abschwächung des Klimawandels durch Emissionsminderung. Zur Erreichung des Ziels einigten sich die Staaten u.a. auf folgendes:

- Die Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter auf deutlich unter 2°C zu begrenzen (mit Anstrengungen für eine Beschränkung auf 1,5°C, da dies die Risiken und Folgen des Klimawandels deutlich vermindern würde).
- Anstrengungen dahingehend, dass die weltweiten Emissionen möglichst bald ihren Gipfel überschreiten, wobei den Entwicklungsländern hierfür mehr Zeit eingeräumt wird.
- Rasche nachfolgende Emissionsenkungen auf Grundlage der besten verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse.
- Die Fähigkeit zur Anpassung an den Klimawandel soll gestärkt werden und wird neben der Minderung der Treibhausgasemissionen als gleichberechtigtes Ziel etabliert.
- Zudem sollen die Finanzmittelflüsse mit den Klimazielen in Einklang gebracht werden.

Energiepolitische Ziele in Deutschland

Abgeleitet aus den übergeordneten globalen und europäischen Klimazielen sind durch die Energiepolitik in Deutschland in den letzten Jahren große Veränderungen angestoßen worden, die alle Bürger und Unternehmen betreffen: Atomausstieg, Ausbau der erneuerbaren Energien, Steigerung der Energieeffizienz, Netzausbau und Fortschritte der Elektromobilität. All dies dient dem Umbau der Energieversorgung, den die deutsche Politik für die nächsten Jahrzehnte plant. Bis 2050 soll der Energieverbrauch Deutschlands nur noch halb so groß sein wie heute und der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung auf 80 bis 95 Prozent steigen. Damit soll gleichzeitig in Deutschland die Dekarbonisierung weitestgehend abgeschlossen sein.

Abbildung 4 zeigt zwei ambitionierte CO₂-Zielpfade, einmal für den ETS-Bereich, d.h. für alle emissionshandelspflichtigen Anlagen in der EU, sowie für den „Nicht-ETS-Bereich“, also für alle anderen Bereiche wie z.B. Verkehr, Gewerbe und Gebäude. Die gesamten THG-Emissionen (Treibhausgase) bis zur Einführung des Emissionshandelsystems 2005 verliefen nahezu seitwärts.

Das ETS ist ein Kernelement der EU-Politik zur Bekämpfung des Klimawandels und das wichtigste Instrument zur kostenwirksamen Verringerung der Treibhausgasemissionen. Es ist weltweit der erste bedeutende und bislang auch der größte Kohlenstoffmarkt. Seit Einführung des Emissionshandels ist eine stetige Verbesserung der ETS-Emissionen zu verzeichnen. Das von Deutschland selbst gesteckte Klima-Zwischenziel für das Jahr 2020 wurde jedoch aufgegeben, denn die Erreichung des Minderungsziels von 40 Prozent gegenüber 1990 ist nicht mehr realisierbar. Man wolle „Ergänzungen vornehmen, um die Handlungslücke zur Erreichung des Klimaziels 2020 so schnell wie möglich zu schließen“. So steht es im aktuellen Koalitionsvertrag (2018). Bei der Zielerreichung sind alle Interessenträger (u. a. Städte, Behörden auf regionaler und kommunaler Ebene und die private Wirtschaft) aufgerufen, ihre Anstrengungen zu verstärken und Maßnahmen zur Emissionsminderung zu unterstützen.

Energieversorgung langfristig bezahlbar, sicher und klimafreundlich zu gestalten, soll durch den Dreiklang aus Energieeffizienz, direkt genutzten erneuerbaren Energien und dem Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien erreicht werden.

1. In allen Bereichen muss der Energiebedarf deutlich und dauerhaft verringert werden („Efficiency First“). Dies begrenzt den Bedarf an Erzeugungsanlagen, Netzen, importierten Rohstoffen und Speicherung.
2. Erneuerbare Energien werden direkt genutzt, z. B. durch Solarthermie, Geothermie oder Biomasse.
3. Erneuerbarer Strom wird für Wärme, Verkehr und Industrie effizient eingesetzt (Sektorkopplung). Elektrifizierung der Gesellschaft, siehe Abbildung 5.

Staatliche Lenkung verzerrt den Markt

Politische und rechtliche Rahmenbedingungen beeinflussen entscheidend die Erreichung der Klimaziele. Gleichzeitig benötigt die Wirtschaft eine fortdauernd sichere Versorgung mit Energie, die klimaschonend und kostengünstig bereitgestellt werden muss. Scheinbar auf dem richtigen Weg durch Atomausstieg und Ausbau der erneuerbaren Energien, sieht die Wirklichkeit in Deutschland jedoch anders aus. Denn durch massive Subventionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen (< 25 Mrd. € in 2016) bei gleichzeitig massiv gestiegenen Kosten für Ausnahmeregelungen für das produzierende Gewerbe (ca. 17 Mrd. € in 2016) ist ein staatlich verursachtes Kostenproblem bei Strom entstanden. Ein Großteil dieser Kostenblöcke wird direkt von den übrigen Stromkunden getragen (z.B. Privathaushalte und Gewerbe). Ausnahmeregelungen dienen dem Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie. Denn gerade bei energieintensiven sowie international handelsintensiven Sektoren, wie z.B. der Salz- oder Kaliproduktion, besteht die Gefahr, dass gewollte oder ungewollte Verlagerung der Produktion ins außereuropäische Ausland dauerhaft die Produktion in Europa bzw. Deutschland verdrängt (sog. Carbon-Leakage). Dass natürlich der Umbau der Stromversorgungssysteme nicht kostenneutral geschieht, ist nur verständlich. Jedoch ist diese Aufgabe eine gesamtgesellschaftliche und sollte deshalb zumindest teilweise aus dem Bundeshaushalt finanziert werden, anstatt sie nur bestimmten Bereichen der Volkswirtschaft aufzubürden.

Letztendlich muss sich allerdings die Industrie aufständig neue Rahmenbedingungen einstellen. Genau das aber macht das Betreiben von Energieumwandlungsanlagen aus Sicht der Energiewirtschaft tendenziell unberechenbarer.

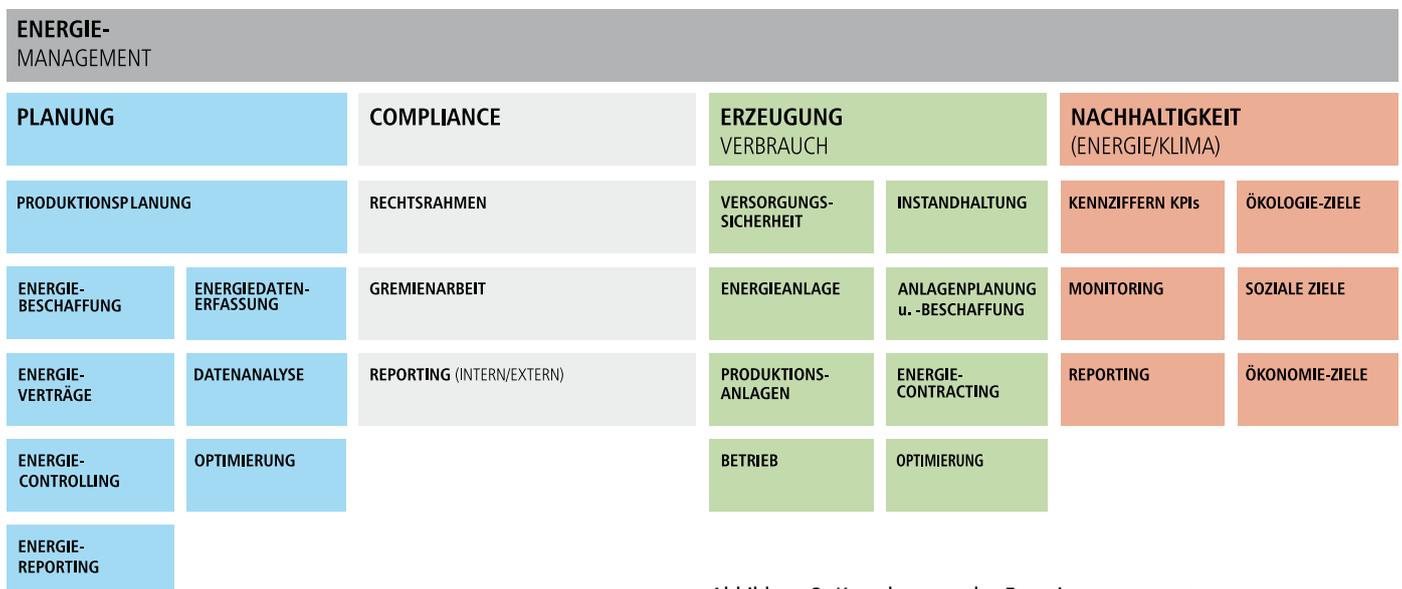


Abbildung 3: Kernelemente des Energiemanagements

Meilensteine der Energiewende

1991 Stromeinspeisungsgesetz in Kraft
erstmalsige Förderung von erneuerbaren Energien

1992 Entstehung Klimarahmenkonvention
(internationale, multilaterale Klimaschutzabkommen
der Vereinten Nationen)

1997 Kyoto Protokoll

1998 Liberalisierung des deutschen Energiemarktes

2005 Einführung EU-Emissionshandel

2011 Bundesregierung beschließt Atomausstieg

2016 Paris Abkommen

2016 Bundesregierung verabschiedet
Klimaschutzplan 2050

War das Abrechnungsverfahren für Energie (z.B. Abgaben, Umlagen, die steuerliche Behandlung oder die Förderlandschaft) vor zehn Jahren noch recht übersichtlich, so ist inzwischen ein Geflecht von komplexen regulatorischen Maßnahmen entstanden.

Energiesituation bei K+S

In den kommenden Jahren werden Verbrauch und Produktion von Kalidüngemitteln aufgrund des weltweiten Bevölkerungswachstums, veränderter Essgewohnheiten hin zu qualitativ hochwertigerer Ernährung (food upgrading), einer höheren Nachfrage nach Biokraftstoffen bei gleichzeitig schrumpfenden Ackerflächen voraussichtlich weiter ansteigen. Dadurch wird der mit dieser Produktion verbundene absolute Energieverbrauch weiter zunehmen. Eine quantitative Betrachtung der Energieeinsparungen gestaltet sich durch diesen überlagernden Effekt der Nachfragesteigerung recht schwierig.

Aber auch eine qualitative Bewertung kann Energieeinsparungen durch effizientere Energienutzung teils schwierig reflektieren, wie anhand der Kennzahlen Energieeffizienz und Energieintensität sichtbar wird.

Energieeffizienz

Die Energieeffizienz misst das Verhältnis erzeugter Waren bezogen auf den Energieeinsatz, d.h. je mehr Kaliprodukte bei gleichem Energieeinsatz produziert werden, desto effizienter wird diese Energie genutzt. Da die Entfernung zwischen Gewinnungsbereich und Schächten (Streckenförderung) durch die weitere Ausdehnung der Bergwerke für jede weitere Tonne Rohsalz jedoch stetig zunimmt, wird folglich auch der Energieverbrauch absolut anwachsen. Hinzu kommt, dass im Aufbereitungsbereich zusätzliche Faktoren zum Tragen kommen. Neben der aufwändigeren Produktion von Spezialitäten tragen auch Anlagen zur Abwasserbehandlung dazu bei, dass der Energieeinsatz pro Tonne Produkt weiter steigt.

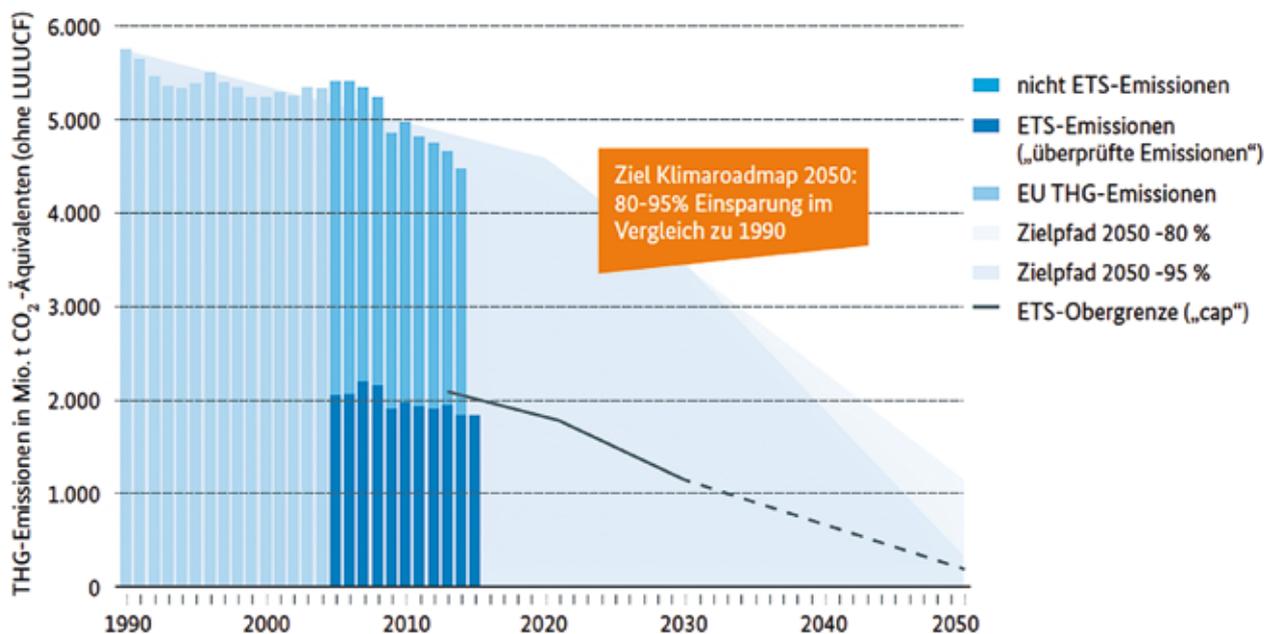
Auch wenn dieser höhere Energieverbrauch durch effizientere Technologien entlang der Wertschöpfungskette teilweise kompensiert wird, so wird er aber trotzdem per Saldo aufgrund der o.g. Faktoren wieder neu anwachsen. Des Weiteren können relative Energieeinsparungen durch Effizienzsteigerungen auch zu Rebound-Effekten führen, d.h. eine Effizienzsteigerung (z.B. eine effizientere Methode zur Verarbeitung von Rohsalzen oder zur Entsorgung von flüssigen, salzhaltigen Produktionsrückständen) kann so wirtschaftlich sein, dass dadurch die Produktion und der absolute Energieverbrauch zunehmen. Demgegenüber kann aber Energieeffizienz auf der Erzeugungsseite sehr gut als das Verhältnis eingesetzter Primärenergie (z.B. Gas, Öl) zur Erzeugung von Nutzenergie (Strom, Wärme) bewertet werden. Dabei gilt, dass ein höherer Wirkungsgrad eines Umwandlungsprozesses (z.B. im Kraftwerk) mit einem niedrigeren Primärenergieverbrauch einhergeht.

Energieintensität

Die Energieintensität stellt im Gegensatz dazu das Verhältnis zwischen Energiekosten und Umsatzerlösen dar, d.h. je höher die Energiekosten bei gleichen Umsatzerlösen liegen, desto energieintensiver ist die Produktion. Auch diese Kennzahl hat nur eine begrenzte Aussagekraft im zeitlichen und internationalen Vergleich, da z.B.

- die deutschen Industriestrompreise verglichen mit den relevanten internationalen Wettbewerbern deutlich am höchsten liegen [3]
- die Kalipreise erheblich schwanken können und
- der hohe Wärmeverbrauch durch Trocknung und Aufbereitung nicht durch günstige deutsche Gasvorkommen gedeckt werden kann.

Darüber hinaus haben selbst bei gleichen wirtschaftlichen und rechtlichen Voraussetzungen auch die unterschiedlichen klimatischen, geologischen und logistischen Gegebenheiten einen großen Einfluss auf den Energieeinsatz.



Quelle: EEA (2016a); EEA (2016b)

Abbildung 4: Treibhausgasemissionen der EU sowie die mit der Klimaroadmap 2050 verbundenen Reduktionsziele
 Quelle: BMUB Klimaschutz in Zahlen 2017, auf Basis von EEA (2016a) und EEA (2016b)

Dennoch ist die deutsche Kaliindustrie aus wettbewerblischer und ökologischer Sicht immer schon bestrebt, den Energieverbrauch durch effizientere Technologien beständig weiter zu senken.

Treiber von Energieeinsparungen in Deutschland

Schon seit die ursprüngliche Monopolstellung der deutschen Kaliindustrie nach dem 1. Weltkrieg und besonders in den 1930er Jahren durch aufkommende Konkurrenz aus Frankreich, den USA, der Sowjetunion sowie Spanien und Palästina (heute: Israel und Jordanien) fiel, sieht sich die Branche einem stetigen Wettbewerbsdruck ausgesetzt. Da in Nordamerika und auf dem Gebiet der ehemaligen Sowjetunion die größten und wirtschaftlich wettbewerbsfähigsten Kalireserven lagern (höhere Wertstoffgehalte), werden diese Regionen und die dortigen Produzenten den Preis und die Wettbewerbssituation auch künftig in großem Umfang bestimmen. Der daraus resultierende Kostendruck war und ist einer der Haupttreiber für Energieeinsparungen. Das zeigt auch die Vorreiterrolle von K+S bei der Entwicklung

und Einführung innovativer Technologien [4, p. 39]. So wurden zum Beispiel die abwasserfreie elektrostatische Aufbereitung (ESTA) erforscht und seit den 1970er Jahren großtechnisch genutzt und in den 1980er Jahren erstmalig Gasturbinentechnologie zur Effizienzsteigerung den Dampfturbinenkraftwerken vorgeschaltet.

Daneben ist der zweite wichtige Haupttreiber die Verringerung an CO₂-Emissionen zur Begrenzung der Erderwärmung. Diesem Ziel folgt die gesamte europäische und deutsche Energie- und Umweltpolitik, sodass eine Vielzahl an Gesetzen und Verordnungen zu beachten ist. Da sich diese regulatorischen Vorgaben aufgrund politischer und wirtschaftlicher Entwicklungen relativ schnell ändern, werden sie kontinuierlich neu bewertet, sodass sich die deutsche Kali- und Salzindustrie an die aktuellen energierechtlichen Anforderungen stetig anpassen muss.

Ein weiterer Treiber könnte der Aspekt der Nachhaltigkeit werden. Das Europäische Parlament und die Mitgliedstaaten der EU haben 2014 eine „Corporate Social Responsibility“-Richtlinie (CSR) zur Erweiterung der

Berichterstattung von großen kapitalmarktorientierten Unternehmen, Kreditinstituten, Finanzdienstleistungsinstituten und Versicherungsunternehmen verabschiedet. Ziel der Richtlinie ist es insbesondere, die Transparenz ökologischer und sozialer Aspekte von Unternehmen in der EU zu erhöhen. Dabei geht es um Informationen zu Umwelt-, Sozial- und Arbeitnehmerbelangen sowie die Achtung der Menschenrechte und die Bekämpfung von Korruption und Bestechung. Deutschland hat die Richtlinie in nationales Recht umgesetzt (CSR-Richtlinie-Umsetzungsgesetz). Das Gesetz ist auf Lageberichte ab dem Geschäftsjahr 2017 anwendbar. Für K+S stellt die neue Fokussierung auch eine Chance dar, denn die Schärfung, Konkretisierung und Umsetzung von Energie- und Klimazielen wird von Investoren positiv bewertet. Dabei spielt ebenso eine Rolle, dass Anleger weltweit ihre persönlichen Wertvorstellungen auch in ihrer Geldanlage wiederfinden wollen.

Und wie sieht es außerhalb Europas aus?

Für den Wettbewerb außerhalb Europas spielen energie- und umweltpolitische Treiber noch keine große Rolle. Russland beispielsweise hat noch nicht das Paris Agreement ratifiziert, steht also auch nicht hinter den konkreten Zielen der Weltgemeinschaft. Kanada hat zwar das Abkommen ratifiziert, wird jedoch von der UN für seine unzureichenden Klimaschutzziele und fehlenden Rahmenbedingungen kritisiert. Die USA haben das Abkommen ratifiziert, zwischenzeitlich aber unter Präsident Trump den Rückzug verkündet. Inzwischen können sie sich aber einen Verbleib unter bestimmten Bedingungen wieder vorstellen. Es ist also davon auszugehen, dass es ein langer Weg werden wird, bis wenigstens zwischen den entwickelten Industriestaaten vergleichbare Bedingungen herrschen. Genau das zeigt aber, dass gerade für die vom Abwandern bedrohten Industriesektoren Entlastungen zwingend notwendig sind.

Was fehlende Anreize oder verzerrte Rahmenbedingungen zwischen einzelnen Ländern bewirken können, ist für den energiewirtschaftlichen Experten in der Abbildung 6 zu erkennen. Man sieht im Kraftwerk des neuen K+S-Werkes Bethune in Kanada drei Dampfkessel und eine vergleichsweise kleine Gasturbinenanlage mit nachgeschaltetem Abhitzekegel ohne Zusatzfeuerung. In Deutschland hätte man die Verhältnisse genau umgekehrt realisiert und zwar: eine große Gasturbinenanlage mit Zusatzfeuerung und nachgeschalteter Dampfturbine und wenige kleine Dampferzeuger für den Notbetrieb, um den größtmöglichen Gesamtwirkungsgrad zu erzielen. Die Beweggründe für

EU-ETS

umfasst 31 Länder (alle 28 EU-Länder sowie Island, Liechtenstein und Norwegen);

begrenzt die Emissionen von mehr als 11.000 energieintensiven Anlagen (in der Stromerzeugungs- und verarbeitenden Industrie) sowie von Luftfahrzeugbetreibern, die Verkehrsdienste zwischen diesen Staaten anbieten;

deckt rund 45 % der Treibhausgasemissionen in der EU ab.

die in Kanada gewählte Kraftwerks-Konfiguration basieren auf einer rein ökonomischen Betrachtung unter Berücksichtigung der vorherrschenden Rahmenbedingungen.

In Deutschland versucht die Bundesregierung, mindestens 110 Terawattstunden auf KWK-Basis (Kraft-Wärme-Kopplung) bis zum Jahr 2020 durch Förderung in diese Technologie zu etablieren. Hinzu kommen als weitere Anreize für den Einsatz dieser Technologie steuerliche Vorteile sowie Entlastungen bei der EEG-Umlage (Erneuerbare-Energien-Gesetz) für bestimmte Anlagen. Dieser Ansatz zeigte Wirkung, und zwar schon seit Einführung des KWK-Gesetzes in 2002, denn das Ziel wurde bereits in 2016 erreicht. Leider gibt es auch Schattenseiten für die KWK. Die Politik hat die Anreize für industrielle KWK in 2016 deutlich reduziert. Die KWK-Erzeugung wird zudem in der Politik nur als Brückentechnologie für die zukünftige Energiewende angesehen, die voraussichtlich bis 2030 weiter ansteigt, aber mit zunehmender Dekarbonisierung tendenziell an Bedeutung verlieren soll. Die Höhe (maximaler Ausbau der KWK im Zeitverlauf) und Länge (Ende der Nutzung der KWK in nennenswertem Umfang) der Brücke „fossile KWK“ sind unsicher und hängen vom Dekarbonisierungsdruck ab. Hier muss die Industrie stärker als bisher aufzeigen, dass KWK keine Brückentechnologie ist. KWK und insbesondere dezentrale KWK-Systeme sind ein wichtiger Bestandteil der Energie- und Wärmewende sowie der Sektorenkopplung. Die industrielle KWK bietet auch heute schon wertvolle Backup-Kapazitäten für Netz und erneuerbare Erzeugung.

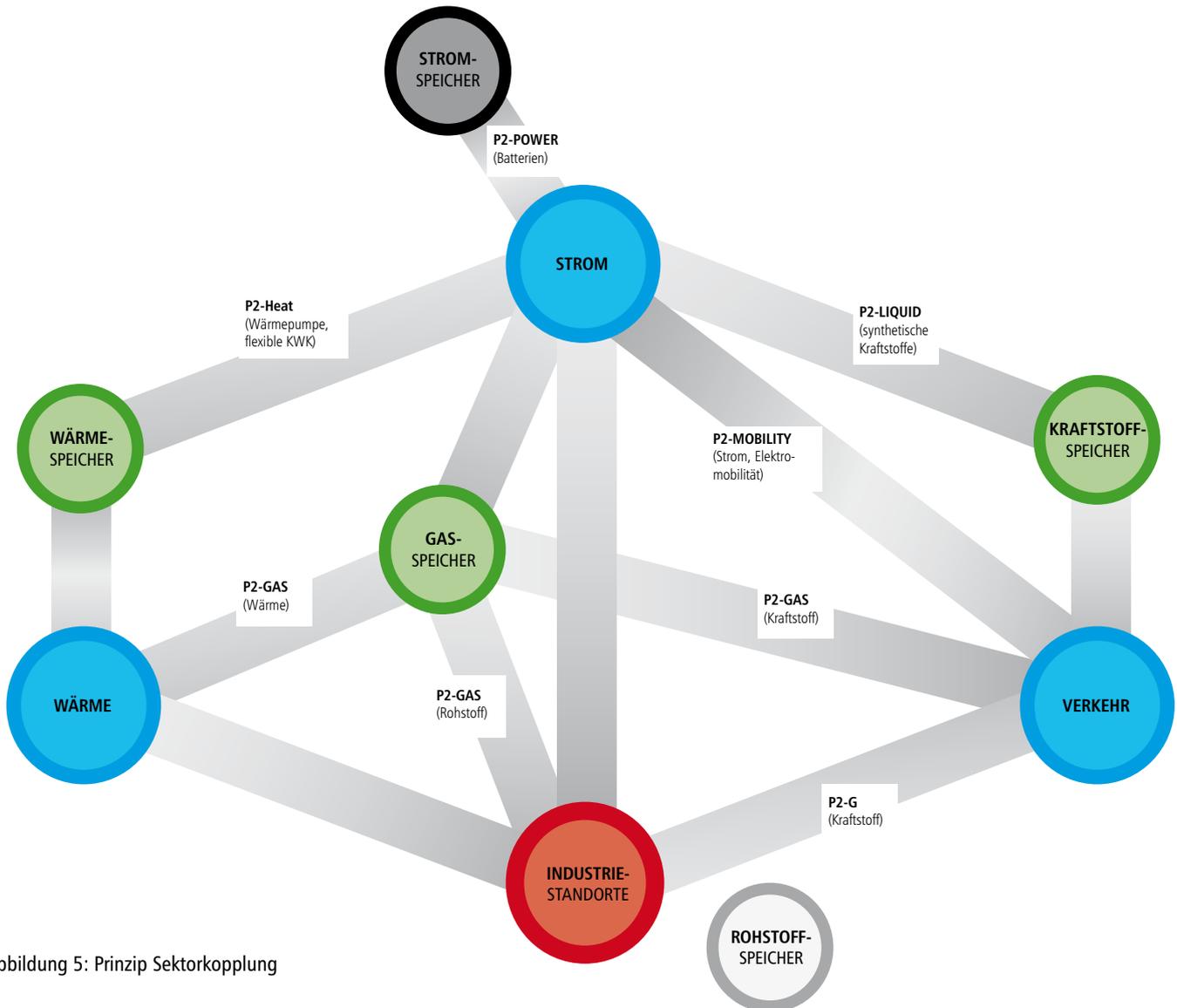


Abbildung 5: Prinzip Sektorkopplung

Die deutsche Kaliindustrie zwischen Wende und Millennium

1995/96 trat K+S (damals Kali und Salz GmbH) einer Selbstverpflichtungserklärung der deutschen Industrie zur Reduzierung der CO₂-Emissionen bei. Das erste Ziel einer Senkung der spezifischen CO₂-Emissionen um 66 % bis 2005 gegenüber 1990 konnte bereits im Jahr 1996 erreicht werden. Das zweite Ziel einer absoluten Senkung der CO₂-Emissionen um 78 % bis 2005 gegenüber 1990 konnte anfangs ebenfalls erreicht werden, war jedoch aufgrund von Produktionssteigerungen nicht mehr zu halten [5, p. 135]. Ursache für diese enormen Einsparungen waren die Werksschließungen in West- und Ostdeutschland (Kalifusion) und die Umstellung des Brennstoffes der ostdeutschen Werke von Braunkohle auf Erdgas, da die Emissionsfaktoren für Braunkohle bei ca. 0,104 t CO₂/GJ und für

Erdgas nur bei 0,056 t CO₂/GJ liegen [6]. Hinzu kam der Ausbau mit KWK-Anlagen an ausgewählten Standorten mit großer Wärmesenke. Als Konsequenz konnten die gesamten Emissionen der K+S Gruppe in Deutschland von 4,76 Mio. t CO₂ pro Jahr in 1990 innerhalb von 10 Jahren auf 0,99 Mio. t CO₂ pro Jahr fallen [5, p. 141]. Durch die stetige Weiterentwicklung der K+S Gruppe (z.B. Akquisition Morton Salt in 2009) hat sich auch der Energieverbrauch bis 2017 auf ca. 9 Terawattstunden pro Jahr (alle eingesetzten Energieträger) und die entsprechenden CO₂-Emissionen auf ca. 1,7 Mio. t pro Jahr erhöht.

Ziele des Energiemanagements bei K+S

Die Herausforderungen im Klimaschutz bleiben groß. Der hierfür notwendige deutliche Wandel in Wirtschaft und In-



Abbildung 6: Kesselanlagen und Gasturbinenanlage am Standort Bethune, K+S Potash Canada

Deutschland nach 95% Treibhausgas-Reduktion

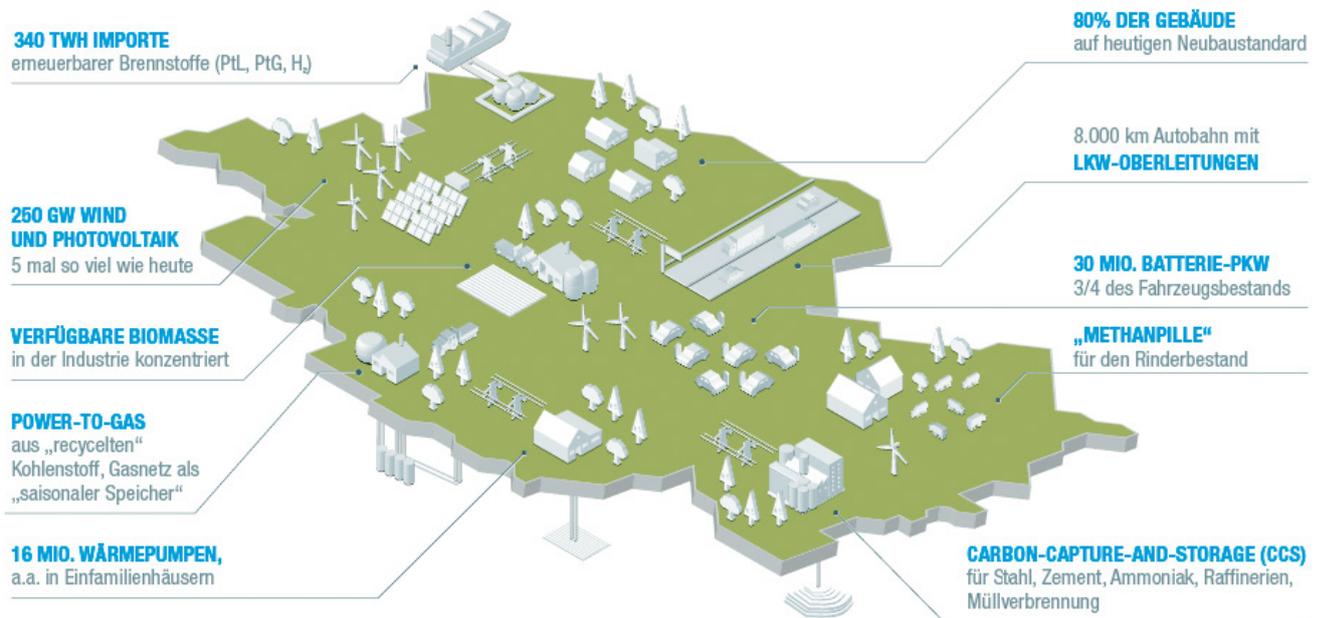


Abbildung 7: Energiesituation in Deutschland nach 95 % Treibhausgas-Reduktion | Quelle: https://bdi.eu/media/themenfelder/energie_klima/bilder/Klimapfade/infografik_slideshow/Klimapfade_Infografiken_Deutschland_nach_95__Treibhausgas-Reduktion.png

Infrastruktur beinhaltet erhebliche Herausforderungen, Risiken, aber auch Chancen. Die Bereitschaft, etwas mehr zu tun, ist aber in den letzten Jahren auf allen Seiten gewachsen. Dabei bleibt wichtig, dass das energiewirtschaftliche Zieldreieck aus Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit als Basis aller Aktivitäten zu Grunde gelegt wird und im Gleichgewicht steht. Nur dann werden die Entwicklungen langfristig tragfähig.

Zusammenfassend muss sich K+S langfristig an den nationalen und internationalen Klimaschutzzielen orientieren und gleichzeitig versuchen, das Wachstumspotential für die eigenen Geschäftsaktivitäten insbesondere innerhalb Europas zu erhalten. Orientierung kann auch die Abbildung 7 geben.

Zur Unterstützung des K+S-Nachhaltigkeitsziels für Energie und Klima „Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks und Verbesserung der Energieeffizienz zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit“ bedeutet dies konkret, dass

Aktivitäten in folgenden Bereichen auf globaler Ebene intensiviert werden:

- Steigerung der Energieeffizienz
- Erhöhung der Eigenstromerzeugung auf Basis von KWK zur Verdrängung CO₂-intensiven Fremdstroms
- Integration von erneuerbaren Energien, wenn energiewirtschaftliches Zieldreieck im Gleichgewicht ist
- Digitalisierung in der Produktion und der Energiewirtschaft
- Nutzung eines Energiemanagement-Systems (DIN ISO 50001)

Die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung sind geschaffen. Die Sensibilisierung auf allen Unternehmensebenen ist angestoßen und der stetige Dialog bleibt ein wichtiger Prozess, um das Ziel nicht aus den Augen zu verlieren. Konkrete Umsetzungspläne liegen teilweise schon vor. So soll z.B. das Energiemanagement-System DIN ISO 50001 an allen relevanten Produktionsstätten der

K+S Gruppe bis 2020 eingeführt werden. Ziel hierbei ist, dass mehr als 95 % des Gesamtenergieverbrauchs über das Management-System erfasst sind. Bei der K+S in Deutschland sind bereits alle Werke seit 2013 mit diesem System ausgestattet.

Weitere Potentiale sieht K+S bei der Erhöhung der Eigenstromerzeugung durch KWK, denn gerade in Nordamerika gibt es Wärmesenken in den Werken, die bei hohen Gas zu Strompreis-Differenzen wirtschaftliche Projekte vermuten lassen. Nachweislich ist der Standort Bethune (Kanada) interessant für zukünftige KWK-Aktivitäten.

Bei der Digitalisierung im Energiebereich gibt es ebenfalls Fortschritte. Ein Software-Tool wurde spezifiziert und ausgeschrieben, welches den Energieverbrauch, Leistungsbedarf und Anlagenzustand der Standorte nahezu in Echtzeit sichtbar machen soll. Es wird angestrebt, im ersten Schritt die größten Standorte und Verbraucher der K+S Gruppe zukünftig zentral zu erfassen, damit die Daten zur weiteren Verarbeitung für nachgelagerte Prozesse zur Verfügung stehen. Dabei können alle relevanten Anwender Zugang auf die Daten erhalten, und zwar von überall. Übergeordnete Ziele wie Sicherstellung von rechts- und revisionssicheren Betrieben sind ebenso von Bedeutung wie Monitoring von Kennziffern als Grundlage für Anlagenoptimierung und Steigerung der Energieeffizienz. Die Umsetzung soll noch in Q2/2018 gestartet werden und läuft global betrachtet über mehrere Jahre.

Am Ende die häufig gestellte Frage nach dem Einsatz von erneuerbaren Energien bei K+S: Der wirtschaftliche Einsatz von erneuerbaren Energien wird kontinuierlich geprüft. Bislang konnten jedoch noch keine Ideen im nennenswerten Umfang realisiert werden (mit Ausnahme einer kleinen PV-Anlage am Standort Grantsville, Utah, USA, der Morton Salt). Selbst mit regulativen Anreizen konnten Projektansätze die internen Renditeanforderungen bisher nicht erfüllen. Jedoch verbessern sich die spezifischen Investitionskosten für Solarmodule und Windkraftanlagen durch Technologiesprünge und Wettbewerb stetig. Daher ist es nur eine Frage der Zeit, bis auch diese Technologien Einzug in das K+S-Energieerzeugungs-Portfolio nehmen. Derzeitig werden an einem Standort der Morton Salt Windmessungen vorgenommen – zur weiteren Analyse einer eigenen Windstromproduktion.

Durch die Mitgestaltung der Energiewende, z.B. durch Gremienarbeit in Verbänden und Mitwirkung bei Forschungsaktivitäten im Bereich der Sektorkopplung oder der Batteriespeichertechnologie, wird K+S auch weiterhin

versuchen, die Systemeffizienz der Energieversorgung weiterzuentwickeln, um somit wettbewerbsfähig zu bleiben und einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

Literaturverzeichnis

- [1] P. Markus Hubbuch und P. D.-I. Stefan Jäschke Brühlhart, Energiemanagement, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2014.
- [2] United Nations, „Paris Agreement,“ Paris, 2015.
- [3] IK, „Standortrisiko Industriestrompreise – VIK-Umfrage zeigt: Deutsche Preise im weltweiten Vergleich am höchsten“, 15.10.2012. [Online]. Available: <http://vik.de/pressemitteilung/items/standortrisiko-industriestrompreise-vik-umfrage-zeigt-deutsche-preise-im-weltweiten-vegleich-am-hoechsten.html>.
- [4] H. Rauche, Die Kaliindustrie im 21. Jahrhundert, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2015.
- [5] W. Frenz, 10 Jahre Berg- und Umweltrecht: Habitatsschutz – Mineralische Abfälle – Emissionshandel, M. R. u. U. e. GDBM Gesellschaft für Bergbau, Hrsg., Clausthal-Zellerfeld, 2008.
- [6] K. Juhrich, „CO₂-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe“, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2016.

DIN EN ISO 5001

Mit einem Energiemanagementsystem werden die vorhandenen Potentiale zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Senkung von Kosten ermittelt und dokumentiert. Das Unternehmen tritt in einen andauernden PDCA-Zyklus (Plan, Do, Check, Act) ein.

Nur so ist eine kontinuierliche Optimierung möglich. Bei diesem dynamischen Modell sind die Ergebnisse eines Durchlaufs (1 Jahr) zugleich der Ausgangspunkt des nächsten Durchlaufs. So kann der aktuelle Energieverbrauch immer wieder überprüft und neu bewertet werden. Das ist die Basis, um die Energieeffizienz zu optimieren und die Kosten zu senken.

WEITERER BAUSTEIN ZUR ABWASSERREDUZIERUNG IM HESSISCH-THÜRINGISCHEN KALIREVIER: NEUE KKF-ANLAGE IN BETRIEB



HEIKO SPANIOL
Leiter übergreifende Funktionen
über Tage des Werkes Werra,
K+S KALI GmbH



DR. MATTHIAS DÖTTERL
Kommissarischer Leiter Planung
Produktion über Tage des
Werkes Werra, K+S KALI GmbH

Zur Herstellung von Kaliumchlorid aus bergmännisch gewonnenem Rohsalz wird im hessisch-thüringischen Kalirevier das Heißlöseverfahren angewendet. Die im Rohsalz enthaltenen Magnesiumverbindungen, insbesondere das im Carnallit gebundene Magnesiumchlorid, reichern sich dabei in den Kreislaufösungen an, so dass aus dem Kreislauf immer ein entsprechender Teil an sogenannter Hartsalzlösung ausgeführt werden muss. Am Standort Hattorf des Werkes Werra werden dabei über einen Aufbereitungsprozess aus den erzeugten Kaliumchlorid-Konzentraten und Kieserit unterschiedlichste, kaliumsulfathaltige Spezialprodukte erzeugt. Bei der Herstellung von Kaliumsulfat entsteht zusätzliches Magnesiumchlorid, das sich ebenfalls in der Kreislauflösung des Heißlöseprozesses anreichert, und somit zusätzlich aus dem Prozess ausgeführt werden muss. Eine Reduzierung der überschüssigen Hartsalzlösung und damit der Abwassermenge, kann durch Eindampfung erreicht werden. Wird die Eindampfung durch geeignete Sortierverfahren der dabei entstehenden Mineralphasen ergänzt, können dabei Wertstoffe

aus dem Abwasser gewonnen werden, die sonst nicht gewinnbar sind. Ein solches Verfahren ist die Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (kurz KKF). In der KKF werden die Hartsalzlösungen der Standorte Hattorf und Unterbreizbach in drei Stufen eingedampft, wodurch sich das Lösungsvolumen auf etwa die Hälfte reduzieren lässt. Das beim nachfolgenden dreistufigen Kristallisationsprozess entstandene Kristallisat wird durch eine nachgeschaltete Flotation aufbereitet. Die aufbereiteten Wertstoffe können als Rohstoff in bestehende Verarbeitungsprozesse geführt werden, um rund 260.000 Tonnen Verkaufsprodukte (Kaliumchlorid, Magnesiumsulfat) aus dem Abwasser herzustellen. Dabei wird der Abwasseranfall um 1,5 Mio. Kubikmeter pro Jahr reduziert. Die KKF leistet so einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung der Abwassermenge im hessisch-thüringischen Kalirevier bei gleichzeitiger Gewinnung von Wertstoffen aus Abwässern.

A large, horizontal, cylindrical industrial tank, likely made of stainless steel, is the central focus of the image. It is situated in a factory or industrial facility, with a complex network of pipes and structural beams visible in the background. The lighting is industrial, with some bright spots and shadows. The tank has several horizontal weld lines or joints. In the lower-left corner, there is a small sign with the text 'e-ebner VERDAMPFER V1110'.

Further component for waste water reduction in the Hessian Thuringian potash district. New kainite crystallization and floatation plant (KKF) in operation. In the Hessian-Thuringian potash district potassium chloride is predominantly extracted from the mined crude salt by the so called hot leaching process. Besides halite and sylvite, the ore also contains magnesium compounds. These magnesium compounds, especially the magnesium chloride bound in the mineral phase carnallite, are enriched in the circulating solutions during the wet processing steps. Thus, a certain amount of the so called hard salt solution continuously has to be removed from circulation. At the potash plant in Hattorf, one of the three Werra works, a manifold of different potassium sulphate containing specialties are produced from sylvite and kieserite concentrates. However, the synthesis of potassium sulphate is associated

with the formation of further magnesium chloride, which is also enriched in the circulation solutions of the hot leaching process and leads to an additional excess of hard salt solution. Reducing the amount of excess hard salt solution and thus the amount of saline waste water can only be achieved by evaporation. However, salable products from saline waste water can only be obtained by combining the evaporation step with a sorting process specially designed for the resulting mineral phases. Such a concept was realized in the kainite crystallization and floatation plant (KKF). The hard salt solutions of the potash plants in Hattorf and Unterbreizbach are evaporated in the KKF plant in three stages. This process leads to a volume reduction of about fifty percent in regard to the initial amount of hard salt solution. After a three stage crystallization step, the resulting crystallizate is subsequently

processed by floatation. The processed valuable materials can be used as raw material in existing processing chains to produce about 260.000 tons of salable fertilizer products (potassium chloride, magnesium sulphate) from saline waste water. Simultaneously, the amount of saline waste water is reduced by 1,5 million cubic meters per year. Therefore, the KKF strongly contributes to the reduction of the amount of saline waste water in the Hessian-Thuringian potash district and extracts raw materials from saline waste water at the same time.

Die Umweltsituation des Werkes Werra

K+S hat in den vergangenen Jahrzehnten große Anstrengungen unternommen, um die Umweltsituation an Werra und Weser zu verbessern. So wurde die Menge der Salzabwässer von 1997 bis 2015 um fast zwei Drittel auf sieben Millionen Kubikmeter/Jahr reduziert. Allein zwischen 2011 und 2015 wurden dafür – im Rahmen des „Maßnahmenpakets zum Gewässerschutz“ – rund 400 Millionen Euro in modernste technische Anlagen und Verfahren investiert. Beispiele sind die zusätzliche Eindampfanlage am Standort Wintershall und der Neubau einer ESTA-Anlage am Standort Hattorf. Dieses Trennverfahren (ESTA = ElektroSTatisches Trennverfahren) kommt ohne Salzabwassererzeugung aus; es ist eine Entwicklung von K+S. K+S will die Entsorgungsfragen an der Werra langfristig lösen und wird in den kommenden Jahren deshalb weitere 400 Millionen Euro in den Gewässerschutz investieren. Mit der kürzlich erfolgten Fertigstellung und Inbetriebnahme der Kainit-Kristallisations-Flotationsanlage (kurz KKF) wird das Salzabwasseraufkommen ab 2018 nochmals um gut 20 Prozent reduziert. Dies entspricht 1,5 Millionen Kubikmetern. Alleine hierfür wurden etwa

Abbildungen 1 und 2:
 Bau- und Montagephase der neuen KKF-Anlage. Links:
 Einheben des größten Apparates, ein Verdampfer, in
 den Rohbau der Anlage im Februar 2017; rechts: Montage
 eines 110 t schweren Rohrbündel-Wärmetauschers



180 Millionen Euro aufgewendet. Mit dem KKF-Verfahren lassen sich aus bisher nicht genutzten Salzlösungen, die bislang entsorgt werden mussten, zusätzliche Wertstoffe gewinnen. Aus ihnen können rund 260.000 Tonnen Verkaufsprodukte (Kaliumchlorid, Magnesiumsulfat) hergestellt werden, so dass auch hinsichtlich der Ressourcennutzung eine weitere Verbesserung erreicht wird. Damit dieses Großprojekt von K+S überhaupt realisiert werden konnte, mussten vorab über viele Jahre hinweg umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten (F&E) durchgeführt werden. Eine wichtige Rolle spielten hierbei das Analytik- und Forschungszentrum (AFZ) der K+S im thüringischen Unterbreizbach sowie F&E-Aktivitäten innerhalb des Werkes

Werra. Diese Aktivitäten mündeten in den Bau einer Pilotanlage EDA (Eindampfanlage) Kainit am Standort Wintershall in Heringen, deren Dauerbetrieb seit 2014 läuft. Mit den dort gewonnenen Betriebserfahrungen und in der Folge weiteren F&E-Aktivitäten war der Grundstein gelegt, die KKF-Anlage zu planen, zu bauen und in Betrieb zu nehmen.

Im Werk Werra fallen aktuell täglich gut 20.000 Kubikmeter an salzhaltigen Halden- und Produktionswässern an. Es gibt derzeit hauptsächlich zwei Wege der Salzabwasserentsorgung:

- die Versenkung in den Untergrund
- die Einleitung in den Fluss Werra

Versenkung: Zwischen dem 1. Januar 2017 und dem 31. Dezember 2021 darf K+S auf Grundlage einer am 23. Dezember 2016 erteilten Erlaubnis jährlich 1,5 Millionen Kubikmeter Prozessabwasser in den Plattendolomit versenken. Außerdem enthält diese Erlaubnis zur Fortführung der Versenkung eine Reihe von Nebenbestimmungen, die die Flexibilität des Abwassermanagements verringern. Zusätzlich zu diesen Nebenbestimmungen haben sich K+S und der BUND darauf verständigt, dass bei einer normalen Wasserführung der Werra K+S auf bis zu 1 Million Kubikmeter des genehmigten Versenkvolumens bis Ende 2021 verzichtet.

Einleitung: Der zweite und hauptsächlichliche Entsorgungsweg für Salzabwasser ist die Einleitung in den Fluss Werra. Wieviel zu welchem Zeitpunkt eingeleitet werden kann, wird durch die behördlich festgelegten Grenzwerte bestimmt. Bei niedriger Wasserführung der Werra kann deshalb weniger eingeleitet werden. Insbesondere in den trockenen Sommermonaten kann es so zu Engpässen in der Abwasserentsorgung kommen. Die Standorte Unterbreizbach und insbesondere Hattorf mussten 2016 zeitweise die Produktion einstellen. Das beeinträchtigte die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Standorte und des gesamten Werkes. Problematisch ist, dass die Wasserführung des Flusses seit Anfang der 1980er Jahre kontinuierlich abnimmt und zudem jahreszeitlich starken Schwankungen unterworfen ist. Diese Tatsachen sind eine große Herausforderung, weil man die Kaliproduktion operativ maßgeblich nach dem Wasserstand der Werra ausrichten muss.

Abbildung 3: Die neu errichtete KKF-Anlage am Standort Hattorf (Philippsthal) des Werkes Werra der K+S KALI GmbH



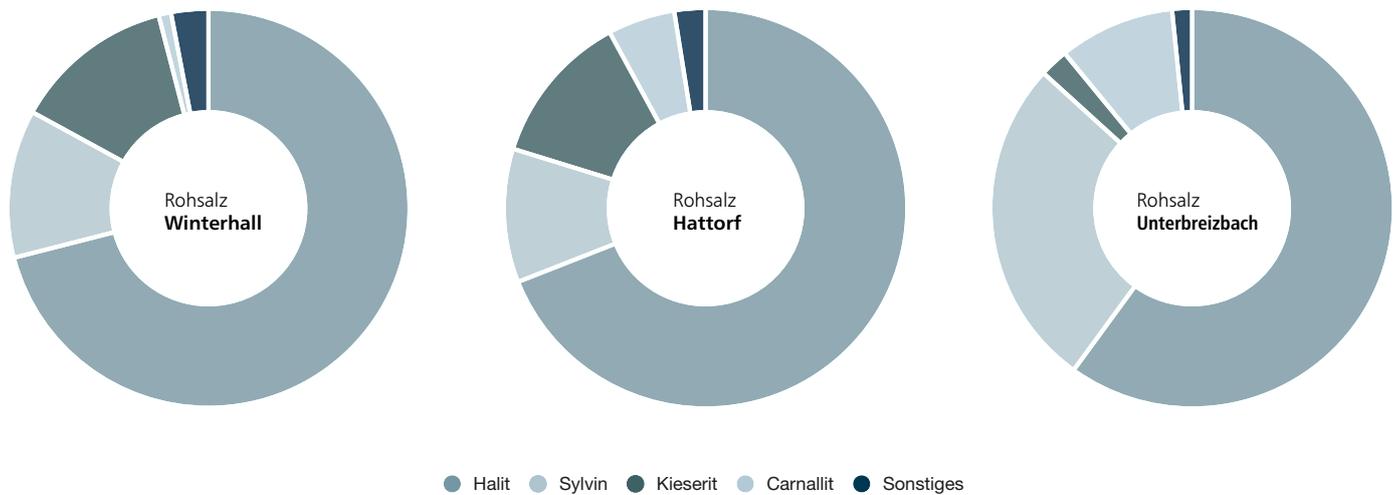


Abbildung 4: Typische Rohsalzzusammensetzung der Werra-Standorte

Vor diesem Hintergrund ist die im Januar 2018 begonnene Inbetriebnahme der KKF-Anlage ein wichtiger Meilenstein der Bemühungen des Unternehmens, die anfallenden Salzabwassermengen weiter zu senken und die Einleitung von Salzabwasser in den Untergrund im Jahr 2021 endgültig beenden zu können.

Übrigens: Weitere Einspareffekte bei flüssigen Produktionsrückständen aus der Kaliproduktion in der Größenordnung der KKF-Anlage (also ca. 1,5 Millionen Kubikmeter pro Jahr) sind perspektivisch nicht mehr in dieser Größenordnung zu erreichen. Dies ist darin begründet, dass in den letzten Jahren entsprechende Eindampfkapazitäten auf den Kaliwerken umgesetzt worden sind und die meisten noch verbleibenden Prozesswässer somit bereits eine sehr hohe Konzentration an $MgCl_2$ aufweisen.

Warum fallen bei der Kalisalzauflösung überschüssige (Hart-)Salzlösungen an?

Die bei der Kalidüngemittelproduktion zum Einsatz kommenden Methoden, Verfahren und Anlagen sind von den an den verschiedenen Standorten existierenden Randbedingungen abhängig. Diese sind die lagerstättengeologischen, die hydrogeologischen, die klimatischen sowie infrastrukturellen und logistischen Randbedingungen. Darauf weist die im Jahr 2015 erschienene Studie „Die Kaliindustrie im 21. Jahrhundert – Stand der Technik bei der Rohstoffgewinnung und Rohstoffaufbereitung sowie bei

der Entsorgung der dabei anfallenden Rückstände“ hin. Dort werden auch detailliert die Bedingungen im Werra-Kalirevier beschrieben.

So ermöglicht die besondere Zusammensetzung der Lagerstätte im Werra-Kalirevier es der K+S KALI GmbH, an den drei Standorten Hattorf (HA), Wintershall (WI) und Unterbreizbach (UB) neben Standardprodukten wie KCl (Kaliumchlorid) mit einem Gehalt von 60 % K_2O auch zahlreiche sulfathaltige Spezialitäten für den Weltmarkt herzustellen.

Ausgangsstoff für alle Produkte ist dabei das von unter Tage geförderte Rohsalz, dessen Zusammensetzung sich an allen drei Standorten grundsätzlich unterscheidet. Um optimale Prozessausbeuten und minimale Abwassermengen zu gewährleisten, gibt es an jedem Standort – entsprechend der vorhandenen Rohsalzzusammensetzungen – maßgeschneiderte Aufbereitungsprozesse.

Trotz der im Laufe von Jahrzehnten immer weiter optimierten Prozessführung ist der Anfall überschüssiger Salzlösungen bei der Rohsalzaufbereitung und der Herstellung von Spezialprodukten aufgrund von physikalischen Gesetzmäßigkeiten nicht gänzlich zu vermeiden. Da die KKF-Anlage zur Abwasserreduzierung durch Eindampfung von Überschusslösungen aus HA und UB, der sogenannten Hartsalzlösung, konzipiert wurde, wird nachfolgend zunächst auf die Ursachen der Entstehung von Überschusslösungen näher eingegangen.

Überschusslösung durch Heißverlösung magnesiumhaltiger Rohsalze

Das Hauptverfahren zur Gewinnung von reinen KCl-haltigen Zwischen- und Endprodukten aus dem Rohsalz an den Werra-Standorten ist die sogenannte Heißverlösung. Dabei wird das stark unterschiedliche, temperaturabhängige Lösevermögen der zu trennenden Salze NaCl („Halit“) und KCl („Sylvin“) gezielt ausgenutzt. Eine zunächst an beiden Verbindungen gesättigte Kreislauflösung wird stark erwärmt und mit dem Rohsalz vermischt. Da die KCl-Löslichkeit mit der Temperatur stark zunimmt, löst sich das im Rohsalz vorhandene KCl in der Lösung. Im Gegensatz zu KCl erhöht sich das Lösevermögen von NaCl mit steigender Temperatur nur sehr wenig.

Wird die heiße Lösung anschließend vom Rohsalz abgetrennt, befindet sich das ursprünglich im Rohsalz enthaltene KCl nahezu quantitativ in der Lösung, während das NaCl in fester Form als Löserückstand zurückbleibt. Eventuell zusätzlich vorhandene, MgSO_4 -haltige Salze (MgSO_4 = Magnesiumsulfat), wie z.B. Kieserit, verhalten sich unter den gewählten Bedingungen nahezu inert, verbleiben ebenfalls im Löserückstand und können anschließend z. B. durch flotative Verfahren gewonnen werden.

Nach der Abkühlung der heißen Lösung kristallisiert das enthaltene KCl wieder in konzentrierter Form aus. Da der Löslichkeitsunterschied beim NaCl zwar gering, aber nicht null ist, löst sich immer auch eine geringe NaCl-Menge mit auf und kristallisiert bei der anschließenden Kühlung wieder aus. Um die zur weiteren Verarbeitung erforderliche

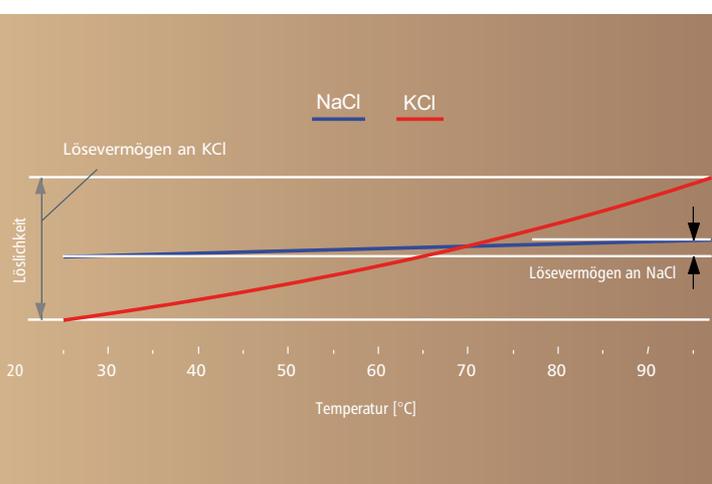


Abbildung 5: Schematische Darstellung des temperaturabhängigen Lösevermögens von KCl und NaCl.

Qualität von 60 % K_2O zu erreichen, muss das auskristallisierte NaCl mit Wasser herausgelöst werden. Diese nicht vermeidbare Deckwasserzugabe ist somit mit einer Zunahme der Lösungsmenge verbunden, so dass aus dem Kreislauf immer ein entsprechender Überschuss an sogenannter Hartsalzlösung ausgeführt werden muss.

Lösungsaustausch durch Magnesiumeinträge

Die zweite Ursache für die unvermeidbare Entstehung überschüssiger Hartsalzlösungen ist auf die Besonderheiten der magnesiumreichen Hartsalzlagerstätte im Werratal zurückzuführen.

Das Rohsalz der beiden Standorte UB und HA beinhaltet nennenswerte Mengen der Mineralphase „Carnallit“ ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Bei der Gewinnung von KCl aus carnallitischen Rohsalzen wird der Carnallit zersetzt, und das enthaltene, sehr gut wasserlösliche Magnesiumchlorid reichert sich immer weiter in der Kreislauflösung des Heißlöseprozesses an.

Mit zunehmendem Magnesium-Gehalt in der Kreislauflösung sinkt die Lösespanne bei der KCl-Gewinnung über die Heißverlösung, so dass der spezifische, thermische Energiebedarf stark zunimmt. Gleichzeitig verschiebt sich das temperaturabhängige Lösevermögen in der Art, dass bei der KCl-Kristallisation gleichzeitig mehr NaCl auskristallisiert, und somit spezifisch mehr Wasser eingesetzt werden muss. Zuletzt steigt die Gefahr, bei der Kristallisation neben KCl auch weitere, sulfathaltige Mineralphasen zu erhalten, was neben Ausbeuteverlusten zu apparativen Problemen führen kann.

Obwohl in allen Fällen KCl gewonnen wird, müssen bei den jeweils maßgeschneiderten Heißlöseprozessen der drei Standorte WI, HA und UB unterschiedliche Randbedingungen, wie z.B. Verweilzeiten, Temperaturbereiche oder Mg-Gehalte der Kreislaufösungen, möglichst genau eingehalten werden.

Da die Kreisläufe der Heißverlösung während des Betriebes einen quasistationären Zustand darstellen, muss zur Aufrechterhaltung konstanter Mg-Gehalte die z.B. über den Carnallit eingetragene MgCl_2 -Fracht durch Lösungsausschleusung wieder ausgetragen werden. Am Standort UB fällt somit durch die Verarbeitung eines carnallitischen Rohsalzes über das Heißlöseverfahren verfahrensbedingt überschüssige Hartsalzlösung an, die seit Anfang 2014 in der Eindampfanlage Kainit am Standort WI verwertet wird.

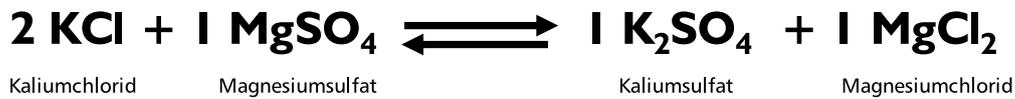


Abbildung 6: Umsetzungsgleichung für die Herstellung von Kaliumsulfat

Die besondere Zusammensetzung des Rohsalzes der Standorte HA und WI, das neben KCl mit Kieserit ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) auch eine Sulfatquelle enthält, ermöglicht eine Umsetzung der beiden Komponenten zu Kaliumsulfat (K_2SO_4 oder SOP). Die Herstellung unterschiedlicher K_2SO_4 -Spezialprodukte, wie z.B. SOP gran, SOP fein mit 0,5 % oder 1,0 % Chlorid oder grobkörnigem Hortisul[®] trug in den letzten Jahrzehnten entscheidend zur Wirtschaftlichkeit, und damit zur Sicherung des Standortes HA bei.

Die Kopplung der Kaliumsulfatproduktion mit der Erzeugung von 60er KCl über das Heißlöseverfahren ermöglicht dabei die Ausnutzung zahlreicher prozess- und verfahrenstechnischer Synergieeffekte, z.B. eine ausbeuteoptimierte Verwertung der bei der Herstellung von Kaliumsulfat anfallenden Prozesslösungen.

Stofflich geht die Erzeugung von K_2SO_4 zwangsläufig mit der Freisetzung stöchiometrischer Mengen an zusätzlichem MgCl_2 einher. Diese reichert sich neben dem carnallitischen MgCl_2 und dem in den Prozesslösungen der Sulfatherstellung verbleibenden MgSO_4 ebenfalls in den gekoppelten Lösungskreisläufen der Heißverlösung an. Aus den oben genannten Gründen führt die angekoppelte, wettbewerbssichernde Herstellung von Kaliumsulfat am Standort HA zwangsläufig zu einem höheren Überschuss an Hartsalzlösung, der vor Inbetriebnahme der KKF-Anlage direkt entsorgt werden musste.

Wie kann die Abwassermenge reduziert werden?

Aufgrund der unterschiedlichen Aufbereitungsverfahren unterscheiden sich die Zusammensetzungen der beiden Hartsalzlösungen UB und HA deutlich. Da am Standort UB kein Kaliumsulfat hergestellt wird und auch der Carnallitgehalt im Rohsalz in den vergangenen Jahren stetig gesunken ist, stellen sich inzwischen vergleichsweise geringe MgCl_2 -Gehalte (< 100 g/l) in der Kreislauf- und damit auch

in der Überschusslösung ein. Da das Rohsalz UB nur sehr geringe Anteile an Kieserit enthält, weist folglich auch die Hartsalzlösung nur geringe MgSO_4 -Gehalte auf. Die überschüssige Hartsalzlösung am Standort HA hingegen enthält mit ca. 150–200 g/l höhere MgCl_2 -Gehalte und aufgrund des größeren Kieseritanteils im Rohsalz sowie der angekoppelten Kaliumsulfatproduktion auch höhere MgSO_4 -Gehalte.

Eine weitere Abwasserreduzierung ist dabei durch weitere Aufkonzentrierung der überschüssigen Hartsalzlösungen möglich. Entzieht man den Lösungen z.B. in einer Eindampfanlage Wasser, so konzentrieren sich zunächst alle weiteren Hauptbestandteile auf (NaCl , KCl , MgSO_4 und MgCl_2). Bei Überschreiten von Sättigungsgrenzen kristallisieren je nach den gewählten Bedingungen unterschiedliche Mineralphasen aus. Während die Gehalte und in der Lösung enthaltenen Frachten der drei Komponenten NaCl , KCl , MgSO_4 durch eine Eindampfung und die Kristallisation unterschiedlicher Phasen sinken, reichert sich das am besten wasserlösliche MgCl_2 immer weiter an.

Wenn man z.B. einer Hartsalzlösung mit 150 g/l MgCl_2 etwa die Hälfte des enthaltenen Wassers entzieht, würde eine Lösung mit etwa dem halben Volumen und 300 g/l MgCl_2 resultieren. Die in der eingedampften Lösung enthaltene MgCl_2 -Fracht bliebe durch den Eindampfschritt unverändert. Das Ziel einer Eindampfung von Hartsalzlösungen ist, das Lösungsvolumen zu reduzieren und die dabei entstehenden kalium- und sulfathaltigen Komponenten möglichst optimal zu zusätzlichen Produkten zu verwerten. Die Eindampfung auf etwa 300 g/l MgCl_2 bildet dabei ein Optimum im Hinblick auf erzielbare Volumenreduzierung, Wertstoffgewinnung, Energie- und Anlagenaufwand sowie Weiterverwertung der Lösung. Während etwa drei Viertel der in der Hartsalzlösung enthaltenen Wertstoffe gewonnen werden, reduziert sich das Abwasservolumen um etwa die Hälfte.

Das Verfahren

Das Konzept der KKF-Anlage verfolgt dabei den beschriebenen Ansatz der Abwasserreduzierung durch Eindampfung der überschüssigen Hartsalzlösungen der beiden Standorte HA und UB bei gleichzeitigem Produktgewinn. Das Kürzel KKF steht dabei für Kainit-Eindampfung, Kühlkristallisation und Flotation.

Eindampfen der Salzabwässer

Die Eindampfung wurde dabei als sogenannte Gleichstromanlage mit drei Verdampferstufen ausgeführt. Dabei ist die Temperatur in der ersten Verdampferstufe mit ca. 90°C am größten und nimmt über die zweite Stufe (ca. 68°C) bis zur dritten Stufe (ca. 47°C) ab. Die einzudampfende Lösung wird zunächst vorgewärmt und in den ersten Verdampferkreislauf eingespeist. Um den Verdampfungsprozess im Vakuum aufrechtzuerhalten und die durch Wasserverdampfung entzogene Wärmeenergie auszugleichen, ist ein kontinuierlicher Wärmeeintrag erforderlich. Der Prozessdampf wird zu diesem Zweck im Industriekraftwerk HA aus Erdgas durch Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt. Bei

allen Verdampfern handelt es sich um Zwangs-Umlaufverdampfer. Mit Hilfe einer Umwälzpumpe wird die Lösung aus der Verdampferstufe kontinuierlich durch einen Rohrbündelwärmetauscher in die externe Heizkammer gefördert, dort durch Kondensation von Wasserdampf aufgewärmt und überhitzt wieder zurück in den Verdampfer geleitet. Um möglichst geringe Temperaturdifferenzen zu erzielen, werden die Lösungen bzw. Suspensionen in den Verdampfern mit jeweils 20.000 m³/h umgewälzt. Aufgrund des in der Heizkammer vorherrschenden hydrostatischen Druckes tritt die Verdampfung erst bei der Entspannung beim Wiedereintritt in den Verdampfer ein. Durch die hohe Temperatur und den zu Beginn noch geringen Eindampfgrad entstehen in der ersten Stufe noch keine nennenswerten Mengen an Kristallisat.

Sowohl die eingedampfte Lösung als auch das verdampfte Wasser („Brüden“) der ersten Stufe werden zur zweiten Stufe geleitet. Die Wärmezufuhr der zweiten Stufe erfolgt ebenfalls in einer externen Heizkammer durch Kondensation des Brüdens der ersten Stufe. Durch eine geschickte energetische Verschaltung zur optimalen Wärmerück-

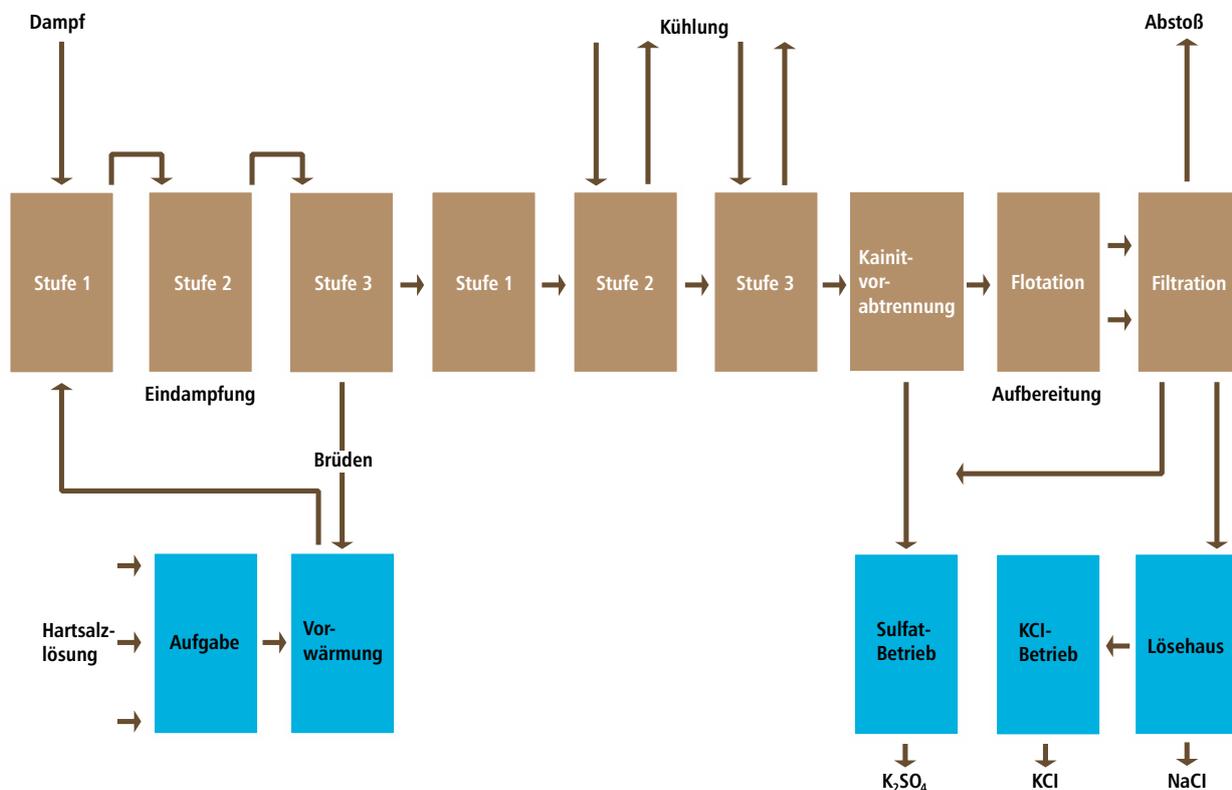


Abbildung 7: Blockfließbild KKF-Verfahren

Abbildung 8: Brüdenleitungen im Verdampfungsprozess



gewinnung wird bei der Eindampfung ein sehr niedriger spezifischer Wärmeenergiebedarf erreicht. Spezifisch muss sogar weniger als beim Kochen von Wasser im Haushalt eingesetzt werden, obwohl hochkonzentrierte Salzlösungen physikalisch bedingt einer Siedepunkterhöhung unterliegen. Durch den fortschreitenden Wasserentzug werden in der zweiten Stufe die Sättigungsgrenzen einiger Mineralphasen überschritten. Die Kristallisation von Halit, Sylvin und Kainit setzt ein.

Die entstandene Suspension wird anschließend zur dritten Verdampferstufe befördert, die den Abschluss des Eindampfprozesses darstellt. Die Wärmezufuhr der dritten Stufe wird durch den Brüden der zweiten Stufe abgedeckt.

Ein Teil des Brüdens der ersten und zweiten Stufe wird zudem genutzt, um die zunächst kalte, einzudampfende Lösung vor Einspeisung in die erste Verdampferstufe vorzuwärmen. Durch den Wasserentzug wird nach der dritten Stufe bereits nahezu der Zielgehalt von etwa 300 g/l MgCl_2 erreicht. Gleichzeitig schreitet die Kristallisation der drei Hauptkomponenten Halit, Sylvin und Kainit fort. Das in der kältesten Stufe ausgedampfte Wasser kondensiert erst bei Temperaturen um 30°C. Da für Wärme auf diesem Temperaturniveau keine sinnvolle Nutzungsmöglichkeit mehr besteht, stellt die letzte Stufe die Verluststufe dar. Der ausgedampfte Brüden wird mit Kühlwasser im Mischkondensator kondensiert.



Abbildung 9: Die in der neuen KKF-Anlage eingebauten Verdampfer

Das Zusammenspiel aus den sich in den Verdampfern einstellenden Konzentrationen und Temperaturen gibt vor, welche Mineralphasen während und nach dem Eindampfschritt entstehen. Entscheidend für eine erfolgreiche Gewinnung und Verwertung der entstehenden Kristallisate ist jedoch die Entwicklung eines maßgeschneiderten Aufbereitungskonzepts. Die Anlagenparameter wurden so gewählt, dass als sulfathaltige Phase das namensgebende Doppelsalz Kainit ($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 2,75\text{H}_2\text{O}$) entsteht. Da sich in den einzudampfenden Lösungen mehr KCl befindet, als zum MgSO_4 -Übersättigungsabbau in Form von Kainit erforderlich ist, kristallisieren neben NaCl auch entsprechende Mengen an KCl. Weiterhin muss darauf geachtet werden, keine zu hohen Eindampfgrade zu erreichen. Bei MgCl_2 -Gehalten deutlich oberhalb von 300 g/l besteht z.B. die Gefahr einer unerwünschten Carnallit-Kristallisation ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Kühlkristallisation

Obwohl mit 300 g/l der angestrebte MgCl_2 -Gehalt der Lösung nach der Eindampfung bereits weitestgehend erreicht wird, ist der Kristallisationsprozess noch nicht vollständig

abgeschlossen. Aufgrund der noch relativ hohen Temperatur und noch vorhandener Übersättigungen befindet sich immer noch eine signifikante Menge an Wertstoffen in der Lösung. Auf den letzten Eindampfschritt folgt daher ein Kühlkristallisationsprozess. Die eingedampfte Suspension wird in einem ersten Schritt in Rührreaktoren homogen durchmischt. Durch den verzögerten Übersättigungsabbau können sich die ursprünglich noch hohen MgSO_4 -Gehalte in der Lösung abbauen und in Form von weiterem Kainit abscheiden. Die Kainit-Kristallisation wird begleitet von Umkristallisation der weiteren Bestandteile KCl und NaCl. Die Suspension wird dabei von ca. 47°C auf ca. 25°C abgekühlt. In der zweiten Stufe, die als Vakuumkühlstufe mit Entspannungsverdampfung ausgeführt ist, wird weiter Wasser ausgedampft. Die darauf folgende dritte Stufe arbeitet mit Kühlmedien, die über Flüssigflüssig-Wärmetauscher die Abkühlung auf 25°C gewährleisten. Aufgrund der temperaturabhängigen Löslichkeiten kristallisieren beim Abkühlen zusätzlich KCl und wenig NaCl, während sich gleichzeitig ein sehr geringer Teil des bereits kristallisierten Kainits wieder in der gekühlten Lösung verlost.

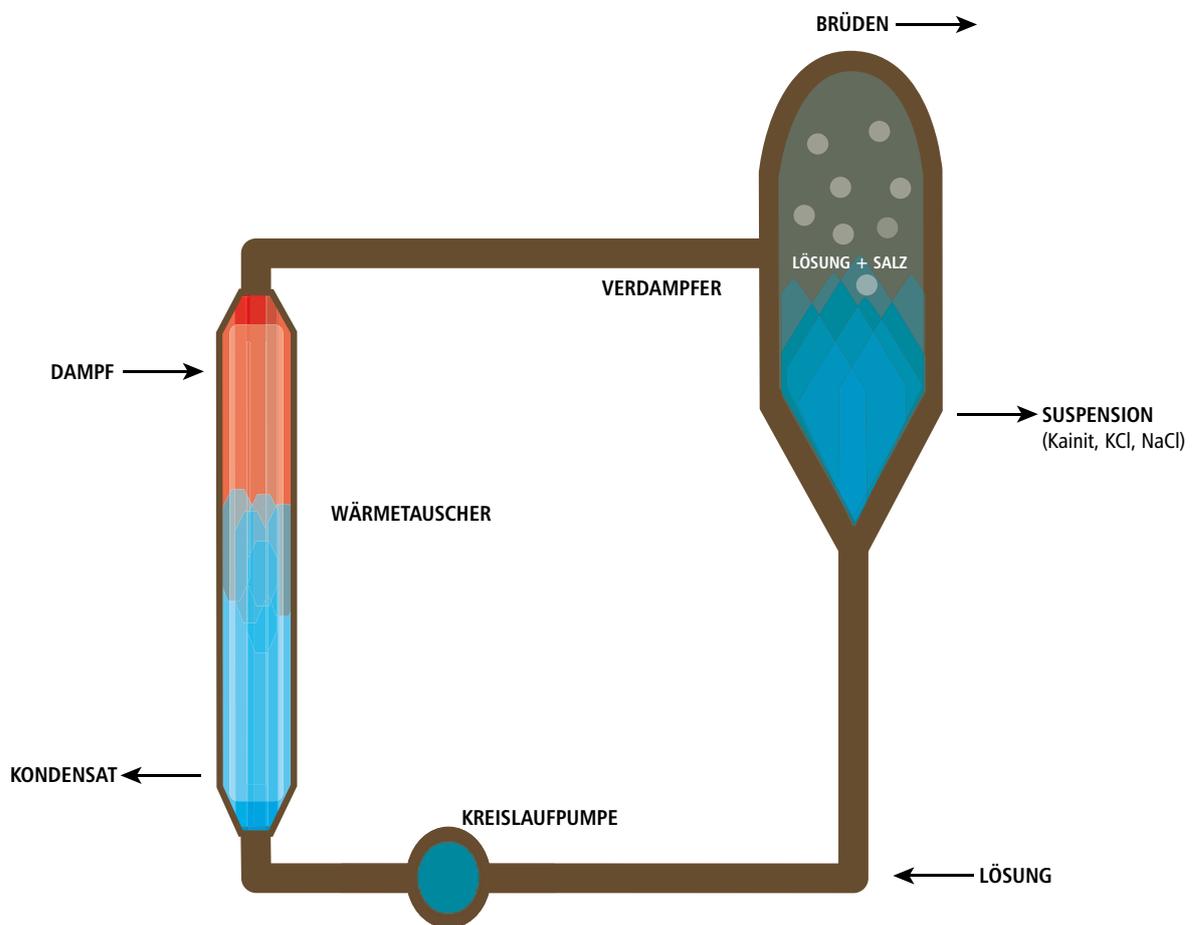


Abbildung 10: Schematische Darstellung des Eindampfprozesses [1]



Abbildung 11: Pneumatische Flotationszelle. Der entstandene Konzentrat-Schaum wird anschließend filtriert und zusammen mit dem vor der Flotation abgetrennten Kainit als Feuchtsalz zur Herstellung von Kaliumsulfat der Sulfatfabrik zugeführt.

Flotationsverfahren

Vor der eigentlichen Flotation wird ein Teil des Kainits durch ein Klassierverfahren abgetrennt und dem Sulfatbetrieb zugeführt. Die restliche Suspension wird anschließend einer Flotationsanlage zugeführt, um den nach dem Klassierverfahren noch enthaltenen Kainit zu gewinnen. Durch die Vorabtrennung des Kainits kann dabei die Menge an erforderlichem Flotationshilfsmittel deutlich reduziert werden.

Die Flotation nutzt die unterschiedliche Oberflächenbenetzbarkeit der verschiedenen Minerale aus. Das zugegebene, oberflächenaktive Flotationshilfsmittel wird selektiv von den Kainit-Kristallen adsorbiert und macht diese wasserabweisend (Hydrophobierung). Durch Zugabe von Luft in die Flotationssuspension entsteht ein Kristall-sat-Blase-Agglomerat, das eine spezifisch geringere Dichte aufweist als die umgebende Suspension. Dadurch steigen die mit Luftbläschen behafteten Kainit-Kristalle an die Oberfläche der Flotationszelle auf und werden als Schaum ausgetragen.

Der Rückstand der Kainit-Flotation beinhaltet neben Resten von Kainit und NaCl noch größere Anteile an KCl. Um auch das noch enthaltene Sylvin möglichst quantitativ zu gewinnen, werden die Suspension eingedickt und der Feststoff nach einem Filtrationsschritt dem Löseprozess zugeführt.

Zukünftige Aktivitäten zur Reduzierung der Salzabwässer

Zur nachhaltigen Entwicklung der Kaliproduktion an der Werra hat K+S nicht nur in den vergangenen Jahren große Fortschritte gemacht, sondern bereits die nächsten Ziele ins Visier genommen: Bis zum Ende des laufenden Jahres wird das mit der Flussgemeinschaft (FGG) Weser vereinbarte Prüfprogramm abgeschlossen, in dessen Mittelpunkt unter anderem neue Verfahren der Abwasserreduzierung und -entsorgung, zum Beispiel in alten Bergwerksfeldern, stehen. Aber auch langfristige Projekte werden bereits jetzt in Angriff genommen: Die zur Reduzierung der salzhaltigen Haldenwässer geplante Abdeckung der Rückstandshalden wird in mehrstufigen Erprobungen zur Betriebsreife



Abbildung 12: Konzentratabläufe der pneumatischen Flotationszellen



entwickelt, und es wird weiterhin – auch mit externen Fachleuten – an abwassersparenden Verfahren geforscht. Einer dieser Partner ist die K-UTEC Salt Technologies AG. Sie wurde mit der Erarbeitung eines technischen Konzeptes zur Verwertung der verbleibenden Wässer, z. B. beim Versatz, beauftragt.

Ziel von K+S ist es, die Produktion im Werratal bis zur voraussichtlichen Erschöpfung der Lagerstätten in den 2060er Jahren aufrechtzuerhalten und den Menschen in der Region verlässliche Perspektiven für noch mehr als vier Jahrzehnte Kalibergbau zu bieten. Denn das Werk ist ein zentraler Baustein für die wirtschaftliche und demographische Entwicklung der Region und zudem eine wesentliche Säule zur Stabilisierung der Bevölkerung in der Region. Und das Werk hat eindeutig positive und prägende Wirkungen für die Region Osthessen/Westthüringen. Dies belegt eine Studie, die die Rolle des Verbundwerkes als wichtigster Arbeitgeber, bedeutender Auftraggeber für den Mittelstand und unverzichtbarer Steuerzahler für die Kommunen klar aufzeigt.

Literaturverzeichnis

Heiko Spaniol, Martin Voigt, „Reduzierung der Salzabwässer aus der Aufbereitung von Kalisalzen“ in Zeitschrift „Wasser und Abfall“ Ausgabe 03/2018, (Hrsg.) Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Henry Rauche, „Die Kaliindustrie im 21. Jahrhundert – Stand der Technik bei der Rohstoffgewinnung und der Rohstoffaufbereitung sowie bei der Entsorgung der dabei anfallenden Rückstände“, Berlin, Heidelberg 2015

I. Stahl, W. Beer, K.-R. Wambach-Sommerhoff, R. Keidel, Produkte der Kaliindustrie, in: Winnacker-Küchler (Hrsg.), Chemische Technik – Prozesse und Produkte, Band 8 – Ernährung, Gesundheit, Konsumgüter, Weinheim 2005

Ulrich Eisenbach, Akos Paulinyi (Hrsg.), Die Kaliindustrie an Werra und Fulda – Geschichte eines landschaftsprägenden Industriezweigs, Schriften zur Hessischen Wirtschafts- und Unternehmensgeschichte, Bd. 3, Darmstadt 1999

1856 bis 2006: Wachstum erleben – die Geschichte der K+S Gruppe, K+S AG (Hrsg.), Kassel 2006

Alle Fotos und Grafiken: K+S

GASFÖRMIGE EMISSIONEN DES SPRENGSTOFFS ANDEX LD WELCHE SIND DIE TATSÄCHLICHEN WERTE IN UNTERTÄGIGEN ANWENDUNGEN?



DR. MICHAEL ELFFERDING
Senior Expert Solution Mining,
K+S Aktiengesellschaft, Kassel



DR. RÜDIGER TRIEBEL
Geschäftsführer,
MSW-CHEMIE GmbH,
Langelsheim

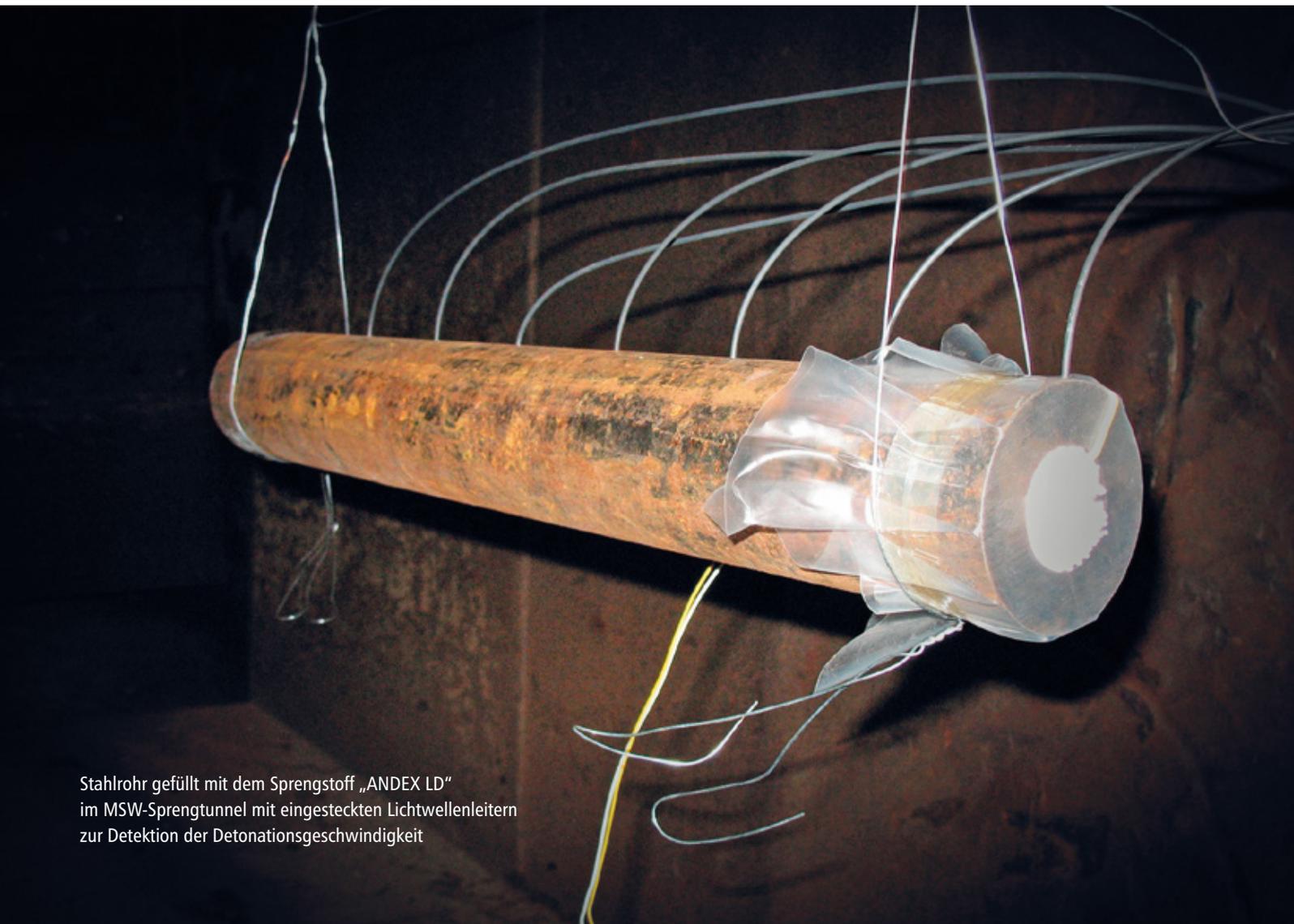


DR. UWE WACHSMUTH
Manager Sorting Technology
K+S Analytik- und Forschungs-
zentrum, Unterbreizbach

Die oben genannte Frage stellt sich im Kontext der kürzlich erlassenen Arbeitsplatzgrenzwerte für Stickoxide in Deutschland (TRGS 900), insbesondere für den untertägigen Bergbau. Die Bergbauindustrie in Deutschland hat eine 5-jährige Übergangsfrist erwirkt, bevor die neuen Grenzwerte auch unter Tage gelten werden. Im untertägigen Kali- und Steinsalzbergbau der K+S Gruppe erfolgt das Lösen der Wertminerale und Gesteine überwiegend mit Bohr- und Sprengtechnik. Hierfür wird der Sprengstoff ANDEX LD genutzt, der von MSW-CHEMIE GmbH, einer 100%igen Tochtergesellschaft der K+S Aktiengesellschaft, produziert wird. Dieser Artikel behandelt die Übertragbarkeit von Messwerten der Gasemissionen aus Versuchssprengungen mit ANDEX LD im Sprengtunnel auf die Gas-

emissionen bei der realen sprengtechnischen Anwendung im Kali- und Steinsalzbergbau unter Tage. Meist werden Ergebnisse von Versuchssprengungen unter standardisierten Bedingungen genutzt, um Sprengstoffe zu charakterisieren und miteinander zu vergleichen. Tatsächlich werden ANC-Sprengstoffe (ANC = Ammoniumnitrat-Kohlenstoff, im englischen Sprachgebrauch ANFO = Ammonium Nitrate Fuel Oil), wie ANDEX LD der MSW-CHEMIE GmbH, in der Literatur üblicherweise als nicht ideale Sprengstoffe bezeichnet, deren Detonationsverhalten stark von den spezifischen Bedingungen bei der Sprengung abhängt. Dieses Wissen ist in der Literatur gut dokumentiert, dennoch ist es nicht möglich, von diesen Daten quantitativ auf die Gasemissionen von ANDEX LD

in der Anwendung unter Tage zu schließen. Daher wurde eine Testserie mit variierenden Testbedingungen bei MSW-CHEMIE GmbH durchgeführt. Es wurden der Einfluss der Einschlussbedingungen sowie der Einfluss der Länge der Ladesäule auf die entstehenden Konzentrationen an Stickoxiden und Kohlenstoffmonoxid untersucht. Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen wurden Testbedingungen ausgewählt, die der untertägigen Anwendung entsprechen sollten, und diese Ergebnisse mit realen Messungen unter Tage verglichen. Ferner werden Testergebnisse für ANDEX 1, ANDEX LD und einen bei MSW neu entwickelten Sprengstoff unter diesen standardisierten Testbedingungen verglichen.



Stahlrohr gefüllt mit dem Sprengstoff „ANDEX LD“ im MSW-Sprengtunnel mit eingesteckten Lichtwellenleitern zur Detektion der Detonationsgeschwindigkeit

Emissions of ANDEX LD Explosives – What is the true Value in Underground Mining Operations?

The above question arises in the context of recently released Occupational Exposure Limits (OELs) for nitrogen oxides in Germany (TRGS 900) especially with regard to the consequences for underground mining operations. The mining industry in Germany has succeeded in a 5-year transitional period for the application of the new OELs. K+S Aktiengesellschaft applies drilling and blasting as the main extraction method in underground mines. Therefore, the explosive ANDEX LD (brand name of ANFO blasting agent) is used, which is produced by MSW-CHEMIE GmbH, a 100 % K+S

subsidiary. This article focusses on the transferability of small scale blasting test results for determination of gas emissions to underground blasting emissions conducted with ANDEX LD under real conditions. Often these test results are used to characterize and to compare the employed explosives. However, all ANFO explosives are considered as non-ideal explosives whose detonation behavior strongly depends on the specific conditions. This knowledge is well documented, nevertheless the quantitative influence on the emission of nitrogen oxides cannot be easily deduced from literature. Therefore, a series of investigations on the test conditions has been conducted at MSW-CHEMIE

GmbH. This article shows the influence of varying test conditions – confinement and length of explosive column – on the resulting nitrogen oxides and carbon monoxide emissions. Based on the experimental results a standardized test set up is chosen and the blasting results of this small-scale steel tube test are compared to real underground measurements. Furthermore, test results of ANDEX 1 (ammonium nitrate diesel fuel explosive), ANDEX LD (low density), and a new low emission ANC explosive recently developed by MSW-CHEMIE GmbH are presented.

Stahlrohrsplitter nach den Test-Sprengungen



Einleitung

Die Frage nach den wahren Schwadenemissionen von ANDEX LD (Ammoniumnitrat-Öl-Mischung) wird im Zusammenhang mit den kürzlich stark reduzierten Arbeitsplatzgrenzwerten (AGW) für Stickoxide in Deutschland (TRGS 900 [1], 30.11.2017) relevant. Für Stickstoffmonoxid (NO) wurde der Grenzwert von 25 auf 2 ppm und für Stickstoffdioxid (NO₂) von 5 auf 0,5 ppm gesenkt. Eine Absenkung

des CO-Grenzwertes ist auf europäischer Ebene derzeit in Diskussion. Diese Grenzwertsenkungen haben signifikante Einflüsse auf den Bergbaubetrieb unter Tage [2]. Für die Bergbauindustrie in Deutschland gilt eine Übergangsfrist für die Anwendung der neuen Grenzwerte von fünf Jahren. In Deutschland betreibt die K+S Gruppe sieben untertägige Bergbaubetriebe, in denen das Lösen der Wertminerale und Gesteine überwiegend mit der

Bohr- und Sprengtechnik erfolgt. Für die Vortriebs- und Gewinnungsarbeiten, die Förderung und den Personentransport kommen dieselgetriebene mobile Maschinen zum Einsatz. Die neuen für NO und NO₂ festgelegten AGWs können (als Schichtmittelwerte) derzeit nicht eingehalten werden. K+S ist bestrebt, die Einhaltung dieser Werte in Zukunft zu erreichen (siehe auch G. Kübler, R. Triebel und M. Knappe in Kali und Steinsalz 02/2016 [2]).

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, welcher Anteil der NO- und NO₂-Emissionen durch den Betrieb der dieselgetriebenen Maschinen und welcher Anteil auf die Anwendung des Sprengstoffes ANDEX LD zurückzuführen ist. Dieser Artikel beschäftigt sich ausschließlich mit der Frage, ob der Eintrag von Stickoxiden und Kohlenstoffmonoxid durch den Einsatz von gering emittierenden Sprengstoffen reduziert werden kann und welche Datensätze zum Vergleich herangezogen werden können. Der Standard-Sprengstoff bei K+S ist ANDEX LD, der aus 94 % Ammoniumnitrat und 6 % Öl

besteht. MSW-CHEMIE GmbH, eine Tochtergesellschaft der K+S Aktiengesellschaft, produziert ANDEX LD für die deutschen K+S-Bergbaubetriebe, die Steinsalzindustrie und weitere Kunden. In der Diskussion um die neuen Grenzwerte stellt sich die Frage, inwieweit in kleinteiligen Sprengstofftests ermittelte Konzentrationen an NO, NO₂ und CO in den Schwaden genutzt werden können, um Vorhersagen über reale Emissionen und Expositionen unter Tage zu liefern.

Allerdings werden alle ANC-Explosivstoffe (engl. ANFO) als nicht ideale Sprengstoffe angesehen, bei denen das Detonationsverhalten stark von den

spezifischen Bedingungen abhängt. Diese Tatsache ist in der Literatur [3–12] gut dokumentiert, dennoch kann aus den Daten nicht quantitativ auf die Emissionen unter Tage geschlossen werden. Daher wurden bei MSW Untersuchungen zum Einfluss der Testbedingungen auf den Gehalt an NO, NO₂ und CO in den Schwaden durchgeführt. Die Einschlussbedingungen wurden durch die Verwendung von unterschiedlich dicken Stahlrohren (3,6 mm bis 17,5 mm Wanddicke) simuliert, und die Länge der verwendeten Stahlrohre wurde von 500 bis 1500 mm Sprengstoffladesäule variiert. Zum Vergleich

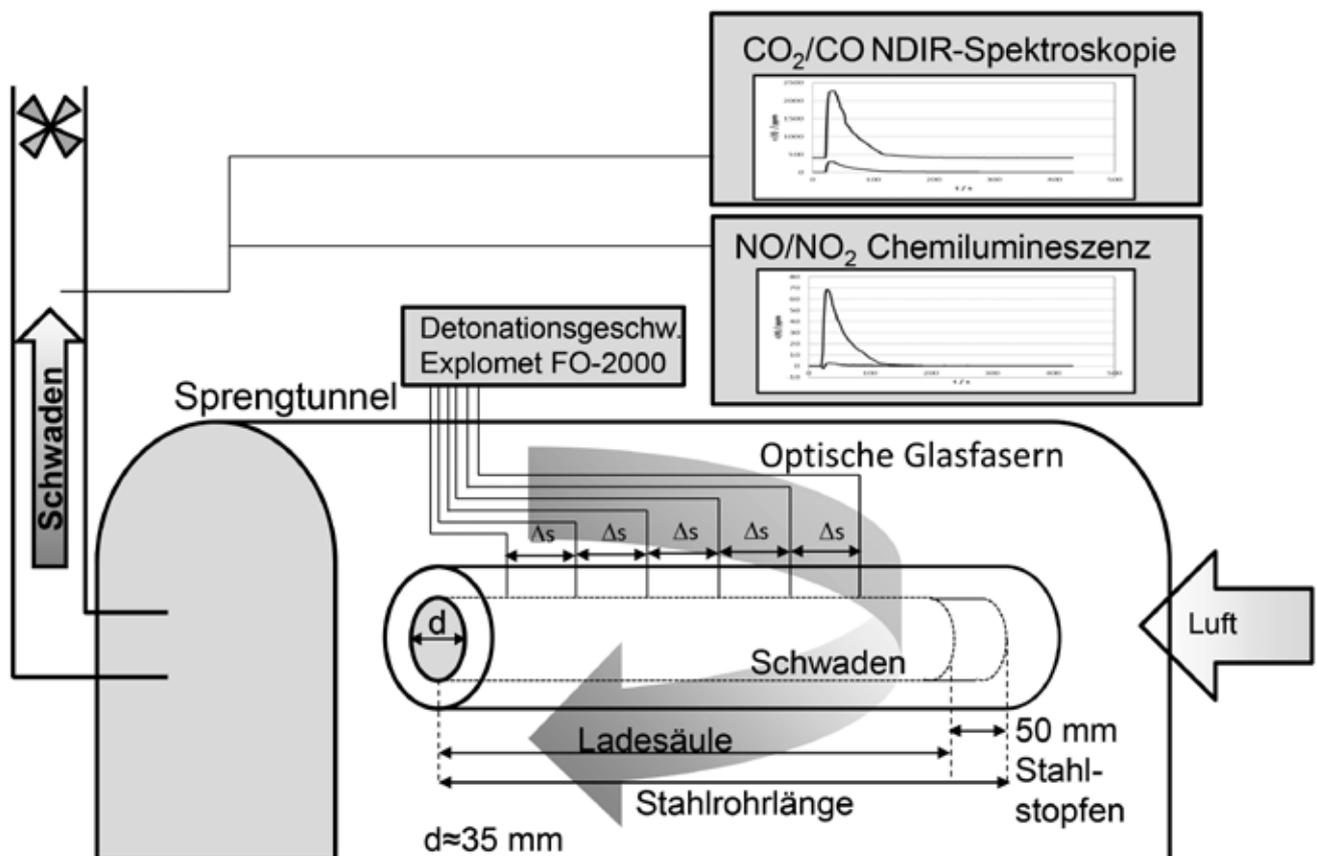


Abbildung 1: Skizze des MSW-Sprengtunnels

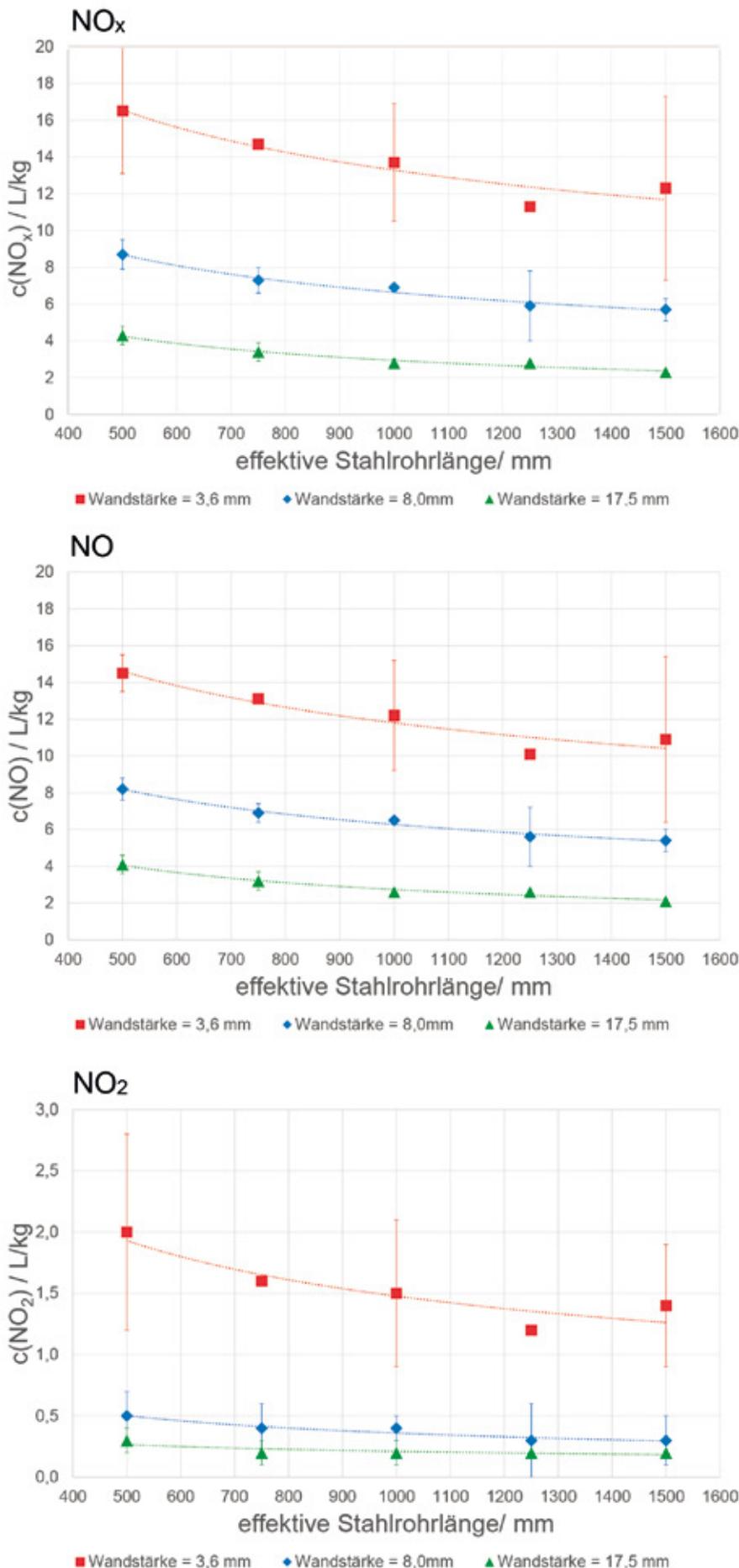


Abbildung 2: Spezifische Gasvolumina der verschiedenen Stickoxide in Abhängigkeit der Stahlrohrlänge für verschiedene Stahlrohrwandstärken

– in den K+S Bergbaubetrieben werden 7 m lange horizontale Bohrlöcher und vertikale Bohrlöcher mit 20 m Länge und mehr für die Bohr- und Sprengarbeiten verwendet. Der Durchmesser der Stahlrohre wurde bei 35 bzw. 35,2 mm konstant gehalten, womit dieser etwa dem unter Tage verwendeten Durchmesser von 38 mm entspricht. Zur Initiierung der Detonation wurde jeweils ein Sprengzünder der Zeitstufe 0 am geschlossenen Ende des Stahlrohres platziert.

Sprengversuchstunnel bei MSW-CHEMIE GmbH

Für die Bestimmung der toxischen Schwadenbestandteile von Explosivstoffen kann die europäische Norm EN 13631-16 [13] Anwendung finden. Diese gilt allgemein für Explosivstoffe. Für lose Sprengstoffe, wie ANDEX LD, schreibt die Norm lediglich eine minimale Länge ($\geq 7 \times$ Durchmesser der Sprengstoffladesäule oder 700 mm) vor; für die Einschlussbedingungen nennt die Norm keinerlei präzise Vorgaben. Ein Glas- oder Aluminium-Rohr mit „genügendem“ Einschluss bei dem spezifizierten minimalen Durchmesser soll in einem Mörser angeordnet werden. Vorgeschrieben ist weiterhin eine abgeschlossene Sprengkammer, bei der nach der Sprengung ein Druckanstieg entsteht, während bei realen Sprengungen ein sofortiger Druckausgleich stattfindet.

Der Testaufbau bei MSW hingegen hat zum Ziel, die realen Bedingungen unter Tage möglichst zutreffend nachzubilden. In einem beidseitig offenen Tunnel mit Zwangslüftung ohne Druck- und Temperaturerhöhung nach der Stoßwelle wird das gefüllte Stahlrohr im freien Querschnitt angeordnet. Abbildung 1 zeigt eine schematische Skizze des Versuchsaufbaus.

Die bei der Sprengung emittierten Schwaden werden vollständig über eine Lutte abgesaugt, in der über eine kontinuierliche Probenahmeleitung die Gase den Messgeräten für CO/CO₂ (nichtdispersive IR-Spektroskopie, NDIR) und für NO_x/NO/NO₂ (Chemilumineszenz-Messgerät) zugeführt werden. Der zeitabhängig aufgezeichnete Volumenanteil $c(t)$ wird über die Zeit t integriert und dann mit dem in der Lutte gemessenen Volumenstrom \dot{V} multipliziert, um das emittierte Gasvolumen zu berechnen. Dieser Wert wird anschließend durch die im Experiment eingesetzte Sprengstoffmasse m in kg dividiert, so dass sich das spezifische Gasvolumen pro Kilogramm Sprengstoff ergibt:

$$c = \frac{\int_0^t c(t) dt}{m} \dot{V} \quad (1)$$

Ferner wird das spezifische Gasvolumen c noch auf Normbedingungen korrigiert. Die Detonationsgeschwindigkeit wird über optische Glasfaserkabel detektiert, indem die Zeit bestimmt wird, bei welcher der Detonationsblitz an bestimmten Positionen im Stahlrohr vorbeiläuft, so dass die Detonationsgeschwindigkeit für mehrere Teilstrecken (Δs) bestimmt werden kann.

Für die hier beschriebenen Untersuchungen wurde der Durchmesser der Stahlrohre zwischen 35 und 35,2 mm konstant gehalten. Die Wanddicke der Stahlrohre wurde zwischen 3,6, 8,0 und 17,5 mm und die effektive Stahlrohrlänge (=Ladesäule) wurde zwischen 500, 750, 1000, 1250 und 1500 mm variiert. Generell wurden für jeden Parametersatz in der Regel je drei Stahlrohrtest durchgeführt und daraus die 95 % Konfidenzintervalle berechnet.

Ergebnisse der Parameteruntersuchungen

Die Ergebnisse dieser Parameterstudie sind in den folgenden Abbildungen zusammengefasst: Abbildung 2 zeigt die Abhängigkeit der emittierten spezifischen Stickoxidvolumina (NO_x, NO und NO₂) in Abhängigkeit von

der Stahlrohrlänge für verschiedene Stahlrohrwanddicken. Auffällig ist der generelle Trend, dass die Ergebnisse abhängig von der Stahlrohrlänge sind, für zunehmende Stahlrohrlängen werden die spezifischen Stickoxidvolumina geringer. Der zweite eindeutige Trend ist, dass die Wand-

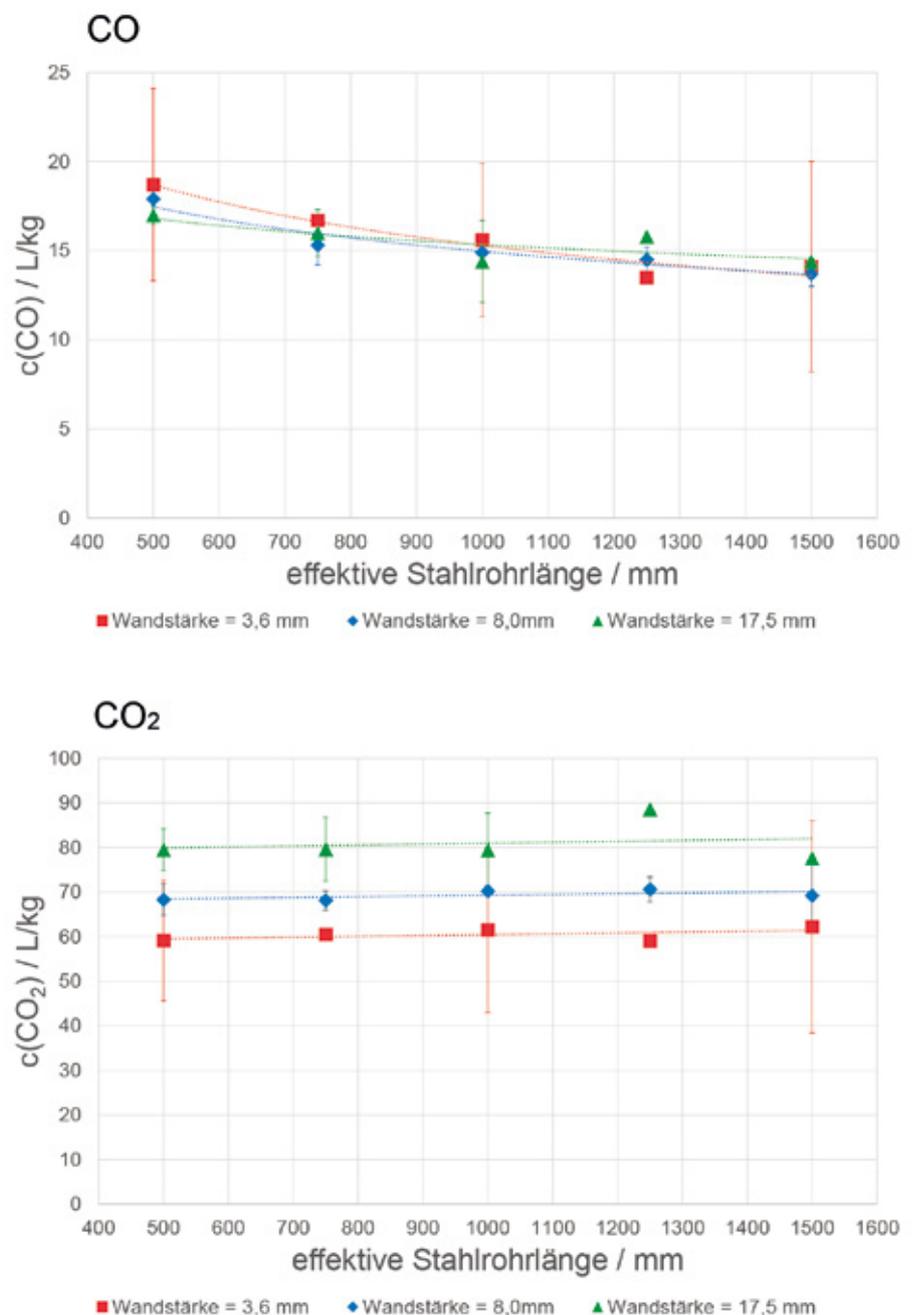


Abbildung 3: Spezifische Gasvolumina der verschiedenen Kohlenstoffoxide in Abhängigkeit der Stahlrohrlänge für verschiedene Stahlrohrwandstärken

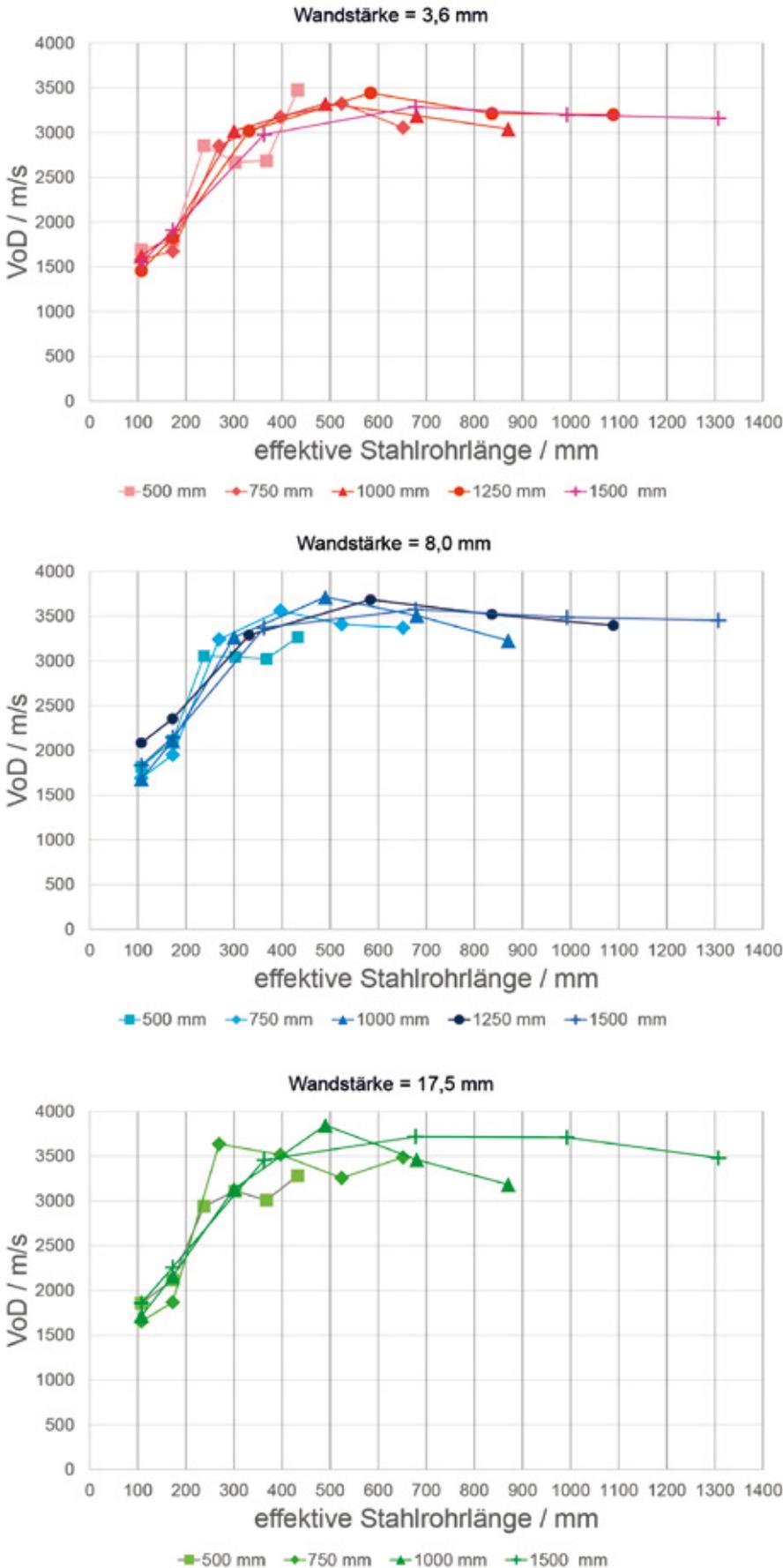


Abbildung 4: Detonationsgeschwindigkeiten (Velocity of Detonation = VOD) in Abhängigkeit der Stahlrohrlänge für verschiedene Stahlrohrwandstärken

dicke der Stahlrohre – also der Einschluss – einen starken Einfluss auf die Stickoxidemissionen hat. Je größer die Wanddicke, desto geringer sind die emittierten Stickoxidvolumina.

Im Gegensatz hierzu zeigen sich bei den Kohlenstoffoxiden (Abbildung 3) ganz andere Trends. Für CO ist ebenfalls eine Abnahme der emittierten Gasvolumina mit steigender Stahlrohrlänge zu beobachten, während die Wanddicke der Stahlrohre keinen messbaren Einfluss auf die Ergebnisse hat. Die CO₂-Volumina werden hingegen nicht von der Stahlrohrlänge beeinflusst, sondern sind von der Wanddicke der Stahlrohre abhängig: Je dickwandiger das Stahlrohr, desto größer ist das bei der Sprengung freierwerdende CO₂-Volumen, unabhängig von der verwendeten Stahlrohrlänge. Die Daten zeigen also eindeutig, dass das Verhalten der Stickoxide gleichgerichtet ist, während die Kohlenstoffoxide von diesem Verhalten abweichen und sich auch nicht untereinander gleichen.

Um dieses Verhalten in Ansätzen zu verstehen, ist es sinnvoll, die aufgezeichneten Detonationsgeschwindigkeiten der Abbildung 4 näher zu betrachten. Alle aufgezeichneten Detonationsgeschwindigkeiten zeigen einen schnellen Anstieg bis ca. 300 mm Stahlrohrlänge, bevor die Detonationsgeschwindigkeit nicht mehr weiter ansteigt und einen in etwa konstanten Wert annimmt. Dieses „Anlaufverhalten“ von ANDEX LD ist zunächst unabhängig von den verschiedenen Wandstärken und von der Stahlrohrlänge. Somit wird auch klar, dass bei kurzen Rohrlängen

die Anlaufstrecke einen größeren Einfluss auf die entstehenden Gasvolumina ausübt als bei langen Rohren, bei denen die relativ konstante Endgeschwindigkeit der Detonation über einen größeren Abschnitt auftritt. Weiterhin fällt auf, dass die Detonationsendgeschwindigkeit keine Stoffkonstante ist, sondern von der Wanddicke der Stahlrohre abhängt, wie das Abbildung 5 für 1500 mm lange Stahlrohre bei verschiedenen Wanddicken verdeutlicht. Je dickwandiger die Stahlrohre sind, desto höher sind die gemessenen Detonationsendgeschwindigkeiten, was als Indiz für eine eher vollständige und bessere chemische Reaktion gewertet werden kann.

Es stellt sich die Frage, was diese Beobachtungen für die Anwendung der Norm EN 13631-16 bedeuten. Da die Norm weder genaue Vorgaben bezüglich der Länge der zu verwendenden Rohre noch des zu verwendenden Materials oder dessen Dicke macht, können die damit gemessenen Ergebnisse untereinander nicht übertragbar sein, denn die ermittelten Größen sind nicht rein stoffspezifisch, sondern sie hängen entscheidend von diesen gewählten Bedingungen ab.

In Deutschland wird die EN 13631-16 hauptsächlich von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) im Rahmen der Zulassung von Sprengstoffen verwendet. Hierbei sind die möglichen Einsatzbedingungen nicht näher spezifiziert. Die ermittelten Schwadenwerte sind jedoch nicht zulassungsrelevant. Der Anwender hat dafür Sorge zu tragen, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten werden, z. B. durch entsprechende Warte- und Auswetterzeiten nach dem Sprengen. Für eine Risikobetrachtung im Rahmen einer Zulassung ist es daher wahrschein-

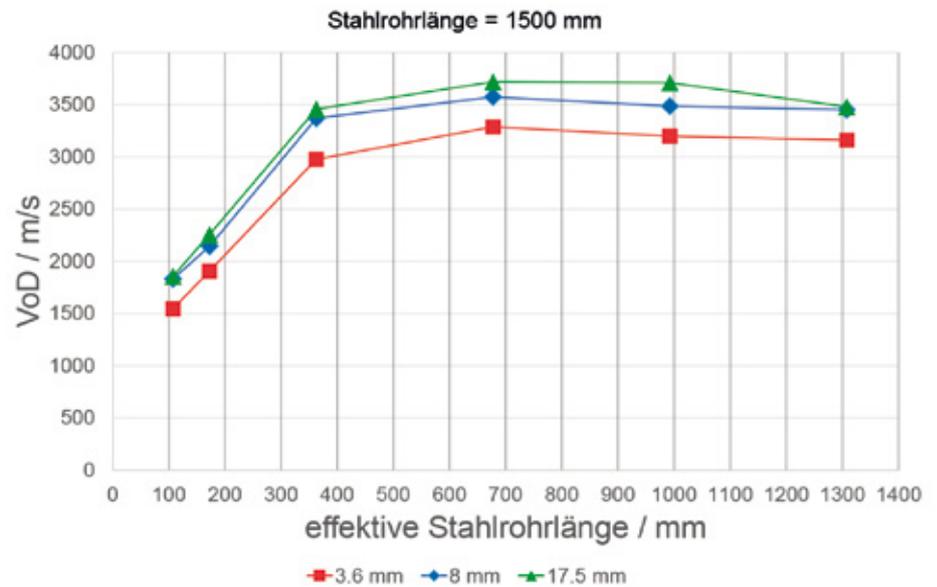


Abbildung 5: Detonationsgeschwindigkeiten in 1500 mm langen Stahlrohren bei drei unterschiedlichen Stahlrohrwanddicken.

lich notwendig, beispielsweise den Einschluss (=Wandstärke) möglichst gering zu wählen (Vorgabe der EN 13631-16: Glas oder Aluminiumrohre bei „genügendem“ Einschluss). Schließlich wird unter ungünstigen Bedingungen, also bei geringem Einschluss, erheblich mehr Gasvolumen an NO_x emittiert als unter massivem Einschluss, beispielsweise in dickwandigen Stahlrohren. Allerdings sind die erhobenen Daten keine Stoffkonstanten, da, wie gezeigt, sie von den Einsatzbedingungen abhängen.

Was heißt dies für Sprengungen unter Tage?

Mit dem Wissen um diese Abhängigkeiten ist es machbar, die Testbedingungen so zu wählen, dass diese möglichst gut den Bedingungen unter Tage entsprechen. Für die flache Lagerung der K+S-Bergwerke sind beispielsweise Bohrlochdurchmesser von 38 mm bei einer Abschlagslänge von 7 m üblich. Als Testbedingungen bei MSW wurde, daher ein Stahlrohr-

durchmesser von 35 mm bei einer effektiven Stahlrohrlänge von 950 mm festgelegt. Die Verwendung längerer Stahlrohre wäre wünschenswert, würde jedoch auf Dauer große Schäden am Sprengtunnel verursachen. Ferner wurde die Wanddicke der Stahlrohre auf 17,5 mm festgelegt, weil unter Tage die Bohrlöcher in das Salzgestein gebohrt werden, wobei die sprengtechnische Vorgabe $> 0,9$ m beträgt und somit ebenfalls ein fester Einschluss gegeben ist. Abbildung 6 vergleicht die Ergebnisse aus dem MSW-Stahlrohrtest (35 mm Stahlrohrdurchmesser bei 17,5 mm Wanddicke und 950 mm effektiver Stahlrohrlänge) mit Messungen sprengtechnischer Abschläge unter Tage des K+S-Standortes Neuhoof-Ellers. Die grundsätzliche Übereinstimmung der NO_x - und CO -Emissionen ist gegeben, wenn auch die Fehlerbalken der untertägigen Messungen naturgemäß etwas größer sind als bei Sprengungen unter standardisierten Testbedingungen. Der NO_2 -Messwert scheint

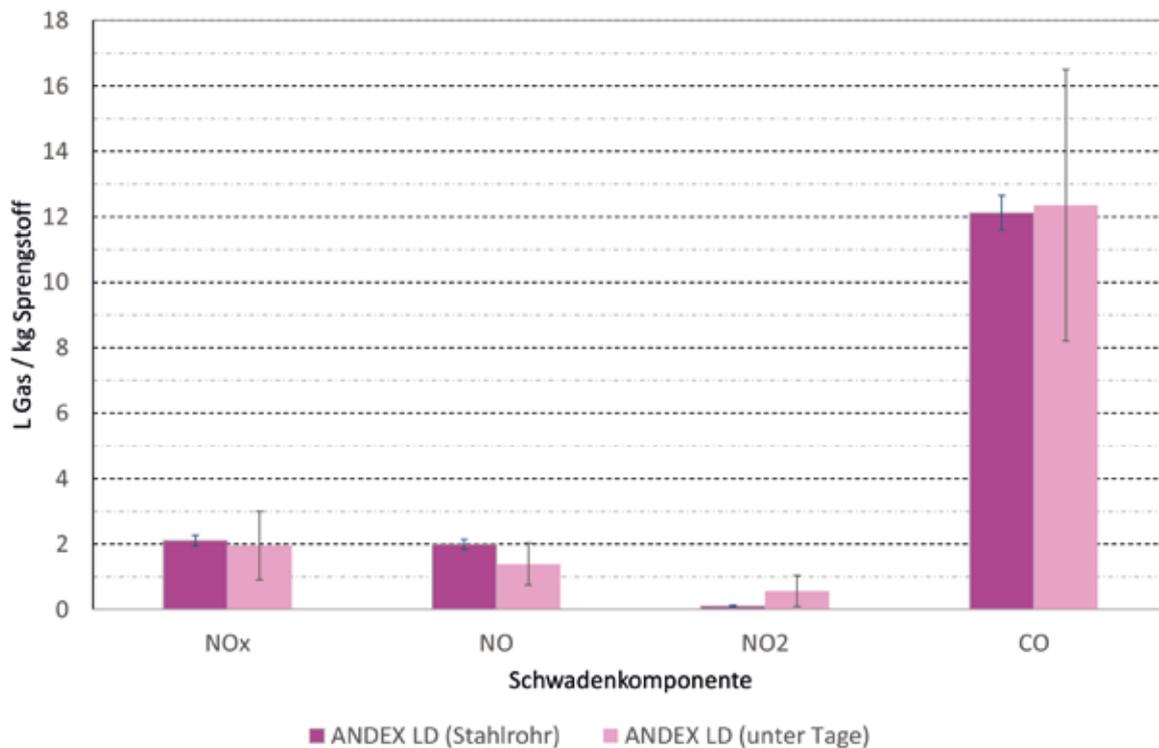


Abbildung 6: Vergleich der Emissionen für ANDEX LD im Stahlrohrtest und realer Sprengung unter Tage

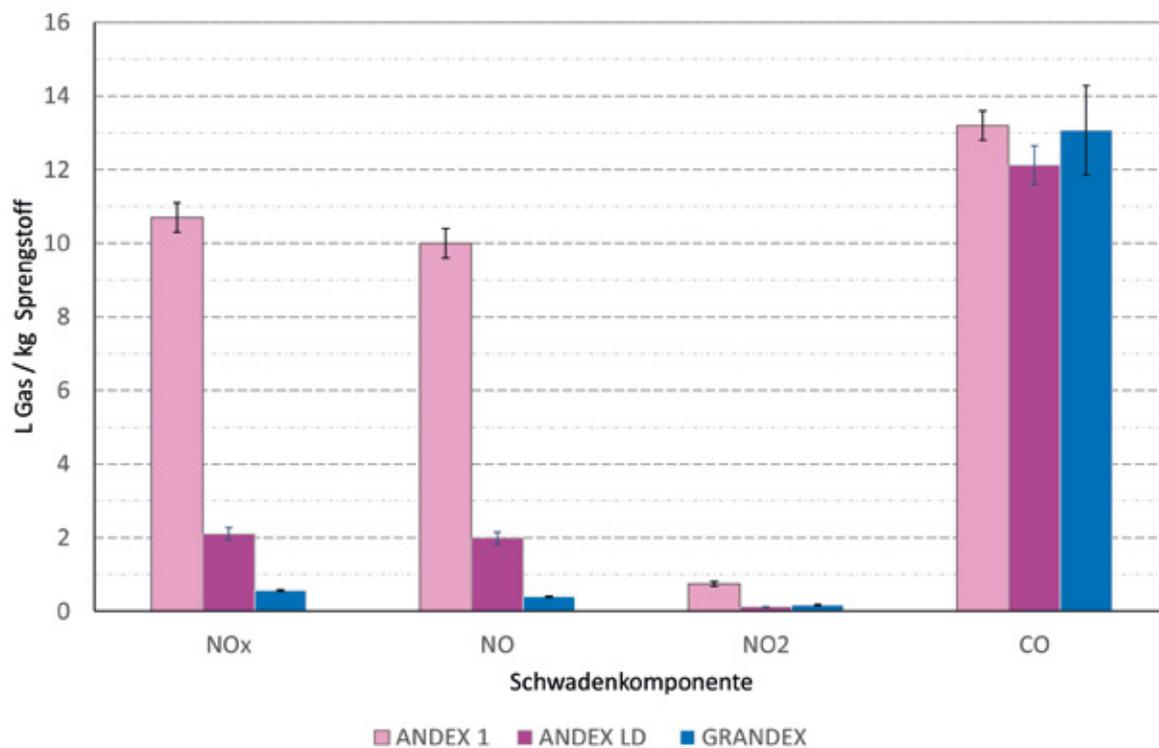


Abbildung 7: Emissionswerte verschiedener Entwicklungsstadien von ANC-Sprengstoffen der MSW-CHEMIE GmbH

unter Tage etwas höher als im Sprengtunnel zu liegen, dennoch ist eine gute Übereinstimmung festzustellen. Die Bedingungen des standardisierten Stahlrohrtests bei MSW bilden die Verhältnisse unter Tage somit gut ab, um aus den Testergebnissen hinreichend auf die Emissionswerte unter Tage schließen zu können.

Sprengstoffentwicklung bei MSW-CHEMIE GmbH

MSW-CHEMIE GmbH hat den ANC-Sprengstoff kontinuierlich weiterentwickelt. Ende der 90er Jahre führte MSW-CHEMIE GmbH neben dem Standardprodukt ANDEX 1 den dichte-reduzierten ANDEX 2000 ein. Dieser Sprengstoff zeichnete sich bereits durch niedrigere Emissionen an NO_x , NO und NO_2 aus. Die Entwicklung mündete 2004 in der Markteinführung von ANDEX LD (LD für low density), der ANDEX 2000 ablöste. ANDEX 1 wurde nur noch für spezielle Anwendungen (vornehmlich Tagebaue) bis 2016 weiterproduziert, schließlich wurde die Produktion vollständig auf ANDEX LD umgestellt. Eine gänzlich neue Entwicklung wurde aufgrund der Diskussion zu den neuen Arbeitsplatzgrenzwerten, wie in der Einleitung erläutert (siehe TRGS 900), bei MSW angestoßen. Ein neuartiger, rieselfähiger Sprengstoff, bei dem auf den Einsatz von Öl völlig verzichtet wird und der ANDEX LD in seiner Einsatzform grundsätzlich gleicht, wurde unter dem Pilotnamen GRANDEX zum Patent [14] angemeldet. Abbildung 7 stellt die sprengstoffspezifischen Emissionsvolumina an NO_x , NO , NO_2 und CO im zuvor beschriebenen standardisierten MSW-Stahlrohrtest für ANDEX 1, ANDEX LD und GRANDEX gegenüber. Es ist eindeutig zu sehen, wie erheblich die Reduktion der Stickoxidvolumina durch diese

Entwicklungsschritte ist, während die Emission an CO für alle drei Sprengstoffe im Rahmen der Messgenauigkeit als quasi identisch zu betrachten ist.

Fazit

MSW-CHEMIE hat für die Sprengstoffentwicklung einen standardisierten Stahlrohrtest entwickelt, dessen Bedingungen so ausgewählt sind, dass er hinreichend genau die Emissionswerte von realen Tests unter Tage wiedergibt. Die Anwendung der europäischen Norm EN 13631-16 [13] erscheint für diese Zwecke mangels genügenden Einschlusses des nicht idealen Sprengstoffes weniger geeignet. Weiterhin hat MSW-CHEMIE GmbH einen ANC-Sprengstoff entwickelt, der den NO_x -Gehalt im Vergleich zum Stand der Technik (ANDEX LD) nochmals drastisch reduziert. Allerdings kann dieser Sprengstoff derzeit nur in kleinen Mengen produziert werden. Die Herausforderung besteht nun darin, das bisherige Laborkonzept in eine Pilotanlage und bei hinreichendem Potential in eine Großproduktion umzusetzen.

Literatur

[1] Technische Regeln für Gefahrstoffe, Arbeitsplatzgrenzwerte, TRGS 900, Ausgabe: Januar 2006, BArBl Heft 1/2006 S. 41–55, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2017 S. 919–922 v. 30.11.2017 [Nr. 50].
 [2] G. Kübler, R. Triebel, M. Knappe, Neue Anforderungen aus der Grenzwertdiskussion zu Stickoxiden NO_x , Kali und Steinsalz (02) 2016, 7–17.
 [3] G.B. Clark, Basic Properties of Ammonium Nitrate Fuel Oil Explosives (ANFO), 76, 1981.
 [4] E.G. Mahadevan, Ammonium Nitrate Explosives for Civil Applications: Slurries, Emulsions and Ammonium Nitra-

te Fuel Oils, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Germany, 2013.

[5] J.H. Rowland, R.J. Mainiero, Proc 27th Ann Conf Explos Blasting Tech. Vol. II. (28–31 Jan 2001, Cleveland, OH), International Society of Explosives Engineers, 133–141, 2001.

[6] A. Miyake, T. Ogawa, Influence of physical properties of ammonium nitrate on the detonation velocities of ANFO, Proceedings of the 24th International Pyrotechnics Seminar, 383–390, Monterey, USA, 1998.

[7] N. Kinoshita, S. Kubota, T. Saburi, Y. Ogata, A. Miyake, Influence of charge diameter on detonation velocity and reaction zone of ANFO explosive contained in a steel tube, Sci Tech. Energetic materials, Vol.72, No.1, 2011.

[8] A.C. van der Stehen, H.H. Kodde, A. Miyake, Detonation velocities of the non-ideal explosive ammonium nitrate, Propellants, Explosives, Pyrotechnics 15, 58–61, 1990.

[9] M.S. Wieland, Work principle model for predicting toxic fumes of nonideal explosives, Propellants, Explosives, Pyrotechnics 29 (4), 236–243, 2004.

[10] G. Persson, P.-A. Persson, Estimation of toxic fume characteristics of explosives from steel tube blasting, Propellants and Explosives 5, 75–78, 1980.

[11] B. Zygmunt, D. Buczkowski, Influence of ammonium nitrate prills' properties on detonation velocity of ANFO, Propellants, Explosives, Pyrotechnics 32, 1–5, 2007.

[12] C.V.B. Cunningham, The energy of detonation: A fresh look at pressure in the balsthole, Fragblast, Vol 6, No 2, 137–150, 2002.

[13] DIN EN 13631-16, Explosives for civil uses, High explosives, Part 16: Detection and measurement of toxic gases.

[14] U. Wachsmuth, M. Liebermann, P. Beier, Verfahren zur Herstellung von festem, granuliertem Ammoniumnitrat-sprengstoff, WO 2017/162225 A1.



Von links:

Dr.-Ing. Sebastian Becker, K+S Aktiengesellschaft, Kassel

Dr. Daniela Freyer, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Anorganische Chemie, Freiberg

Dipl.-Ing. Stefan Pötzsch, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Bergbau und Spezialtiefbau, Freiberg

Prof. Dr.-Ing. Helmut Mischo, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Bergbau und Spezialtiefbau, Freiberg

GEFÜGESTABILISIERTER SALZGRUSVERSATZ FÜR DIE VERFÜLLUNG UNTERTÄGIGER AUFFAHRUNGEN IM SALINAR

Die Zielstellung des Forschungsvorhabens „Gefügestabilisierter Salzgrusversatz“ (GESAV) ist die Entwicklung eines neuartigen Versatzmaterials für untertägige Auffahrungen im salinaren Gebirge. Das Versatzmaterial stellt ein Bindeglied zwischen herkömmlichem Salzgrusversatz sowie salinaren Baustoffen dar. Durch das neuartige Versatzmaterial soll eine frühzeitige Gebirgsstabilisation und eine optimierte hydraulische Dichtheit bei technisch einfachem Einbau und langzeitbeständigen Materialeigenschaften erreicht werden. Die Rezepturenentwicklung sowie labortechnische Materialuntersuchungen wurden in der Laborphase „GESAV-Phase I“ (FKZ: 02E11092) durchgeführt. In einer anschließenden In-situ-Phase (GESAV-Phase II) werden die Materialeigenschaften insitu in Abhängigkeit von unterschiedlichen Einbautechnologien untersucht sowie die untersuchten Einbautechnologien optimiert. Dieser Artikel umfasst die grundlegenden Erkenntnisse der Laborphase sowie die Planungen der In-situ-Phase.

Microstructural stabilized crushed rock salt backfill material for saliniferous rock formations *The microstructural stabilized crushed rock salt backfill material was developed for the purpose of backfilling underground mining openings in rock salt formations, both in producing mines as well as underground repositories . The aims are the stabilization of the surrounding rock, minimization of rock deformations and decreasing possible paths for gases and fluids. Today two main materials are used for this purpose. These are crushed rock salt and saliniferous composite backfill material. Crushed rock salt has the benefit that it is a natural occurring material in a rock salt formation, easy manageable material and widely available. But the disadvantage is the settlements of the backfill due to its own weight and thus a late rock stabilization. In comparison, saliniferous composite backfill materials show no settlements of the backfill and thus fosters fast support of the surrounding rock. But the disadvantages are the high costs of the material, the labor-intensive handling and the high amount of liquids needed in the mixture. The newly developed microstructural stabilized crushed rock salt backfill material is a combination of the two conventional backfill materials and closes the gap of knowledge. The advantages of both backfill material are combined while the disadvantages are tried to be avoided.*

Einleitung

Durch die bergmännische Auffahrung untertägiger Hohlräume im salinaren Gebirge wird der lithostatisch-isotrope Spannungszustand im Gebirge geändert. Dies bewirkt Spannungsumlagerungen um die geschaffene Hohlraumkontur herum. Das saline Gebirge reagiert mit visko-plastischen Verformungen auf diese Spannungsänderung. Dieses Materialverhalten wird als „Kriechen“ bezeichnet. Durch das Kriechen des umgebenden Gebirges werden die aufgefahrenen Hohlräume über lange Zeiträume wieder verschlossen. Dies geht mit der Deformation des umgebenden Gebirgskörpers einher. Um das Gebirge zu stabilisieren und Deformationen zu minimieren, kann das Volumen der untertägigen Auffahrungen durch z.B. das Einbringen von Versatz verringert werden.

Die für eine Verfüllung von untertägigen Auffahrungen im Salinar zur Verfügung stehenden Versatzmaterialien können in zwei Haupttypen unterschieden werden. Dies sind herkömmliche Salzgrusversatzmaterialien sowie Baustoffe. Salzgrus entsteht bei der bergmännischen Gewinnung von Steinsalzformationen und wird als Schüttgut untertägig eingebaut. Baustoffe bestehen aus einer Bindemittelmatrix und ggf. Salzgrus als Zuschlagstoff. Beim untertägigen Einbau von Baustoffen werden Widerlager und Schalungen notwendig.

Die Vorteile von herkömmlichem Salzgrusversatz ist der technisch einfache Einbau, die hohe Verfügbarkeit des Materials sowie das Angleichen der Materialparameter an das umgebende Gebirge durch die langfristige Kompaktion. Allerdings zeigt herkömmlicher Salzgrusversatz eine Eigenkompaktion nach dem Einbringen, eine technisch nicht zu erreichende Vollverfüllung der untertägigen Hohlräume, eine hohe Permeabilität und Porosität nach

dem Einbau und ermöglicht somit eine zeitlich verzögerte Stabilisation des Gebirgskörpers. Baustoffe erreichen eine frühzeitige Gebirgsstabilisation und hydraulische Dichtigkeit nach dem Einbau aufgrund des Aushärtens der Bindemittelmatrix. Allerdings stellt sich der technische Einbau aufgrund von Schalungen und/oder Widerlager als aufwendiger dar und die Materialmenge ist begrenzt. Aus diesem Grund wurde sich mit dem Forschungsvorhaben „Gefügestabilisierter Salzgrusversatz“ für die Entwicklung eines neuartigen Versatzmaterials entschieden, das ein Bindeglied zwischen den zwei Haupttypen darstellt. Als Ergebnis soll ein Versatzmaterial generiert werden, das die Vorteile der herkömmlichen Salzgruskornmische mit denen von Baustoffen vereint und die jeweiligen Nachteile abschwächt.

Entwicklung eines geeigneten Rezepturansatzes für den gefügestabilisierten Salzgrusversatz

Die Wirkungsweise der Gefügestabilisierung von Salzgrus basiert auf der

Erhöhung der Haftkräfte zwischen den Salzgruskörnern durch Salzmineralneubildungen an den Kornkontaktpunkten. Abbildung 1 stellt den entstehenden Verbund schematisch dar. Die neugebildeten Salzminerale zwischen den Salzgruskörnungen bilden eine Möglichkeit der Kraftübertragung und erhöhen somit die für eine Relativbewegung der Einzelkörner notwendige Kraft. Die notwendige Kraft für eine Deformation des Korngefüges wird somit erhöht.

Um die Materialeigenschaften des gefügestabilisierten Salzgrusversatzmaterials auch über geologische Zeiträume zu gewährleisten, muss es sich bei den Salzneubildungen um Gleichgewichtsphasen im ozeanischen Salzsystem handeln. Als geeignetes Mineral wurde aus diesem Grund der Polyhalit ($K_2SO_4MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$) erachtet. Zur möglichen Kristallisation des Polyhalits müssen primär die Salzkomponenten, aus welchen der Polyhalit besteht, in der umzusetzenden Rezeptur des gefügestabilisierten Salzgrusversatzes enthalten sein. Dies

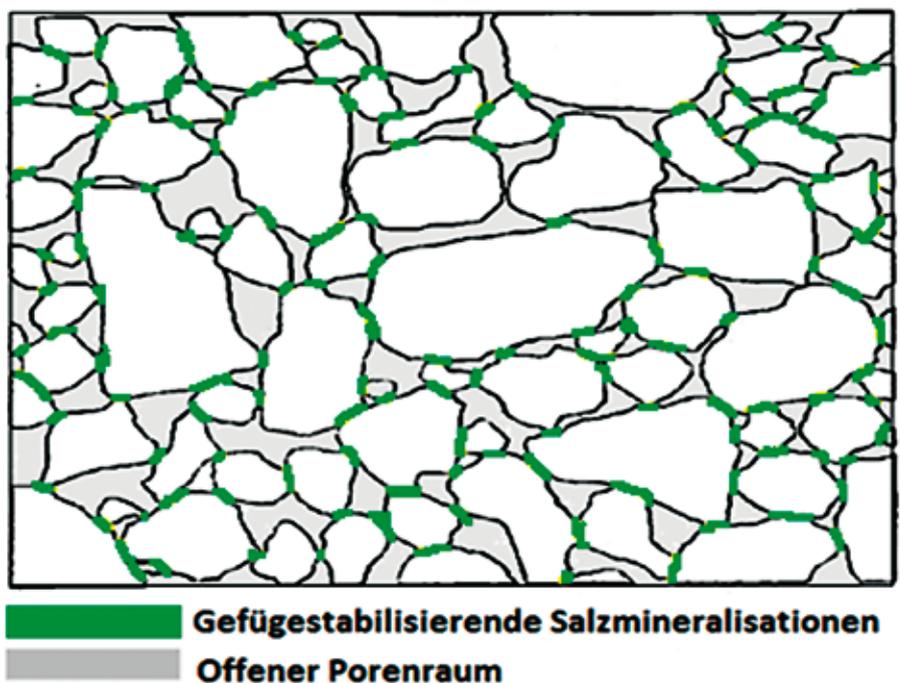


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Wirkungsweise der Gefügestabilisierung von Salzgrus durch Salzmineralneubildungen [1]

erfordert eine Kalium-, Calcium- und Magnesiumkomponente. Eine geringe Lösungskomponente ist für die Hydratphasenbildung erforderlich. Aus zahlreichen Voruntersuchungen resultierte eine sogenannte Salzbinderrezeptur (Polyhalittrockenmischung + Lösung), welche dem Salzgrus zugemischt wird. Diese bewirkt die Polyhalitbildung, die Salzgruskörner über Korngrenzen hinweg verbindet. Der gefügestabilisierte Salzgrusversatz setzt sich gesamtheitlich wie folgt zusammen:

- 85 M.-% optimiertes Steinsalzgruskornmisch
- 15 M.-% Salzbinder bestehend aus 75 M.-% Kaliumsulfat (Arkanit), Magnesiumsulfatmonohydrat (Kieserit), Calciumsulfathalhydrat 25 M.-% einer 5-molalen Magnesiumchloridlösung

Als Salzgruskornmisch wurde ein optimiertes Kornmisch anhand auf dem Markt verfügbarer Kornmische entwickelt. Bei dem optimierten Kornmisch wurde die Sieblinie an die eines Schnittsalzes angeglichen, um eine hohe Ungleichförmigkeit sowie ein

breites Kornband zu erreichen. Der entwickelte Salzbinder besteht aus den für die Bildung des Polyhalits benötigten Komponenten sowie einer 5-molalen $MgCl_2$ -Lösung. Das Komponentenverhältnis zueinander wurde so eingestellt, dass es der stöchiometrischen Polyhalitbildung entspricht.

Für den vorgestellten gefügestabilisierten Salzgrusversatz wurde beim Deutschen Patent- und Markenamt ein Patent unter der Nummer 10 2015 005 288 erteilt.

Labortechnische Untersuchung des Rezepturansatzes

Die labortechnischen Materialuntersuchungen in GESAV-Phase I legten den Schwerpunkt auf die Untersuchung der folgenden Materialeigenschaften:

- Zeitabhängige Phasen-Gefüge-Entwicklung
- Scherfestigkeit
- Porositäts-Permeabilitätsbeziehung
- Kompaktionsverhalten
- Kriechverhalten
- Materialverhalten im Einbau

Die Untersuchungen wurden an der TU Bergakademie Freiberg am Institut für Bergbau und Spezialtiefbau und dem Institut für Anorganische Chemie

sowie am Institut für Gebirgsmechanik GmbH in Leipzig (IfG) durchgeführt.

Im Ergebnis der Untersuchung zur zeitabhängigen Phasen- und Gefügeentwicklung zeigte sich, dass die Kristallisation des Polyhalits bei Umgebungstemperaturen nicht primär, sondern sekundär erfolgt. Primär wird die Bildung von Syngenit ($K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$) und Kainit ($MgSO_4 \cdot KCl \cdot 2,75H_2O$) beobachtet, wie der Diffraktogrammausschnitt in Abb. 2 nach 81 Tagen zeigt. Diese Zwischenphasen bilden sich bereits innerhalb der ersten Tage nach dem Anmischen des Versatzmaterials an den Oberflächen der Steinsalzgruskörnungen. Über den Zeitraum von ca. einem Monat wachsen die neugebildeten Minerale über die Kornkontaktstellen der Steinsalzgruskörnungen zusammen, während die Sekundärkristallisation des Polyhalits aus den beiden Primärkristalliten beginnt. Die Polyhalitbildung zeigt sich als ein langanhaltender Prozess, der erst nach Monaten unter vollständigem Verbrauch der Primärphasen Syngenit und Kainit (Abb. 2 oberes Diffraktogramm nach 29 Monaten) abgeschlossen ist. Die REM-Aufnahme (Abbildung 3) zeigt, dass die Gefügestabilisierung wie in Abbildung 1 schematisiert stattfindet.

Um eine im Versatzkörper gleichbleibende Gefügestabilisierung zu ermöglichen, ist eine homogene Lösungsverteilung während des Einbaus und in der anschließenden Phase der Salzmineralneubildung zu gewährleisten. Aus diesem Grund wurde ein Aussaigerversuch durchgeführt, der die Lösungsverteilung innerhalb einer vier Meter hohen Versatzsäule über einen Monat darstellt. Abbildung 4 stellt den Aufbau des Aussaigerversuchs dar.

Im Ergebnis hat sich gezeigt, dass eine Verschiebung des Lösungsgehal-

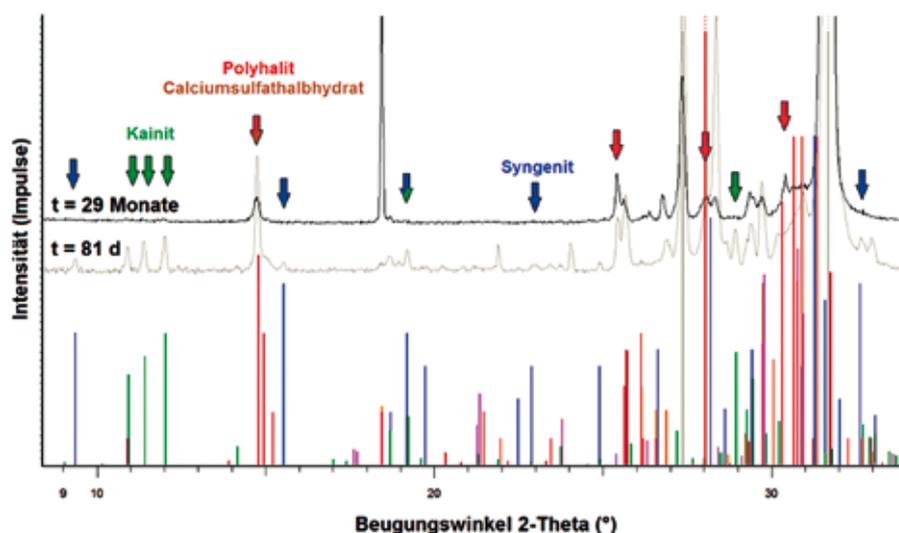


Abbildung 2: P-XRD-Diffraktogramm einer 81 Tage alten Probe (unten) im Vergleich zu einer > 2 Jahre alten Probe (oben)

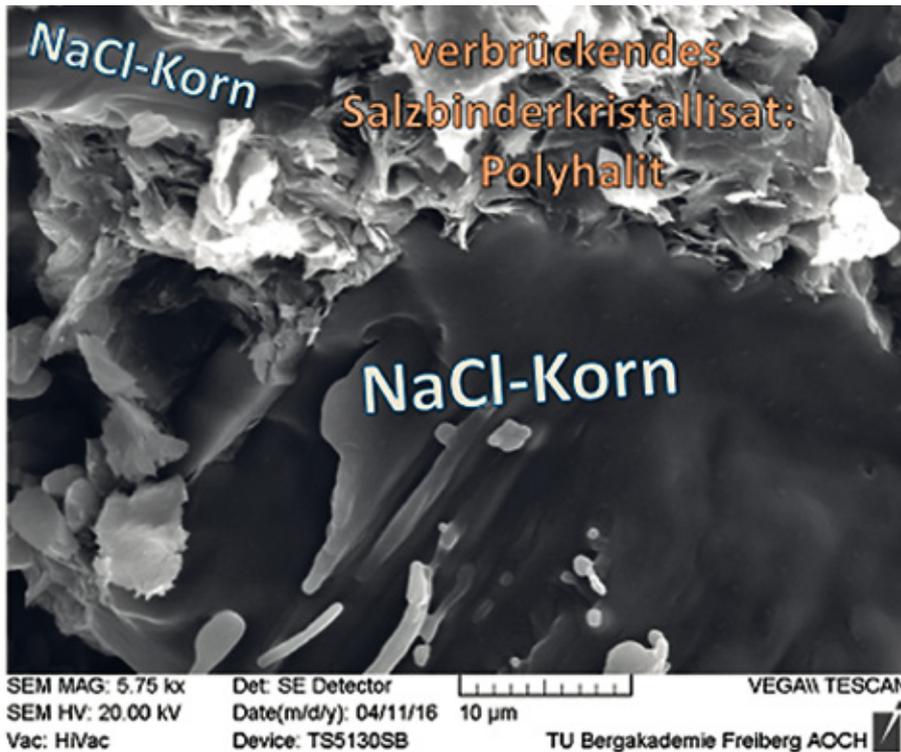


Abbildung 3: REM-Aufnahme des Korngefüges nach der Gefügestabilisierung durch Salzmineralneubildungen

tes im Versatzmaterial von oben nach unten in der Versatzsäule in einem geringen Wertebereich auftritt. Vom durchschnittlichen Lösungsgehalt (3,9 Masse-%) des Versatzmaterials weicht der Lösungsgehalt im Versuch maximal um 7 % ab. Dabei ist zu beachten, dass diese Abweichung durch die Versuchsführung beeinflusst sein kann, da der untere Bereich mit $MgCl_2$ -Lösung geflutet wurde, um Toträume zu füllen. Durch Kapillarkräfte kann eine Lösungsbewegung von unten nach oben nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Die Untersuchung der Porositäts-Permeabilitätsbeziehung zeigte, dass der gefügestabilisierte Salzgrusversatz über die für herkömmlichen Salzgrus typische Porosität und Permeabilität im Einbauzustand verfügt. Die Porosität und Permeabilität im Einbauzustand hängen unmittelbar vom verwendeten Salzgruskornmisch ab. Jedoch zeigte sich, dass bei einer Kompaktion die Porosität und Permeabilität deutlich stärker abnehmen als bei herkömmlichen Salzgrusmaterialien. Dieses Materialverhalten zeigte sich unabhängig vom verwendeten Kornmisch. In der Abbildung 5 ist in blau ein gefügestabilisierter Salzgrusversatz mit geringem Feinkorngehalt und in rot mit hohem Feinkorngehalt dargestellt. Beide gefügestabilisierte Salzgrusversatzmaterialien weisen eine vergleichbare Permeabilitätsabnahme auf. Dies zeigt eine positive Versatzzeitungscharakteristik bezüglich der hydraulischen Dichtigkeit.

Die Scherfestigkeitsuntersuchungen zeigen, dass eine Zunahme der Scherfestigkeit in Abhängigkeit von den Faktoren Zeit, Einbaudichte und spezifischer Oberfläche des Kornmisches stattfindet. Eine Zunahme dieser Faktoren bewirkt einen Anstieg der Scherfestigkeit. Bereits nach wenigen Tagen bis Wochen wird eine deut-

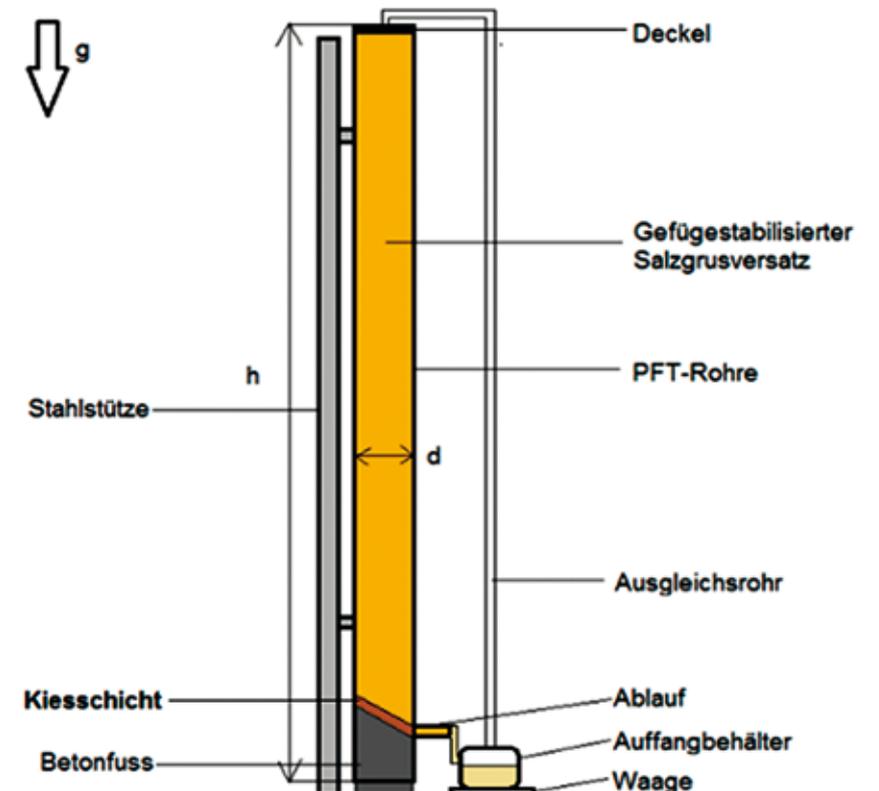


Abbildung 4: Versuchsaufbau zur Untersuchung der Lösungsstabilität nach [2]

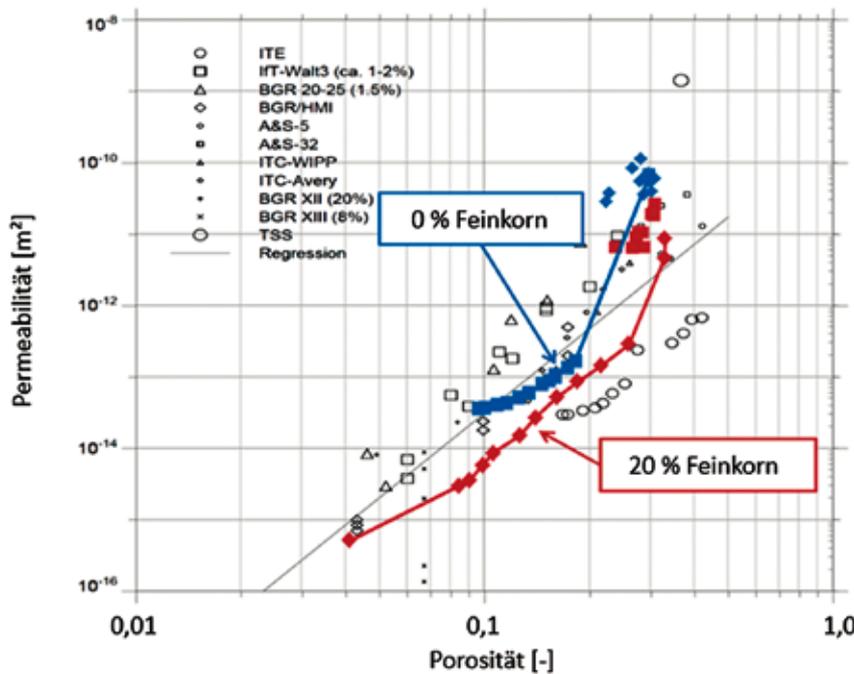


Abbildung 5: Porositäts-Permeabilitätsbeziehung des gefügestabilisierten Salzgrusversatzes mit einem Korngemisch mit hoher (rot) und geringer spez. Kornoberfläche (blau) [3]

liche Festigkeitszunahme registriert. Diese kann nach kurzer Zeit zu einer selbsttragenden Festigkeit führen, die Setzungen, bedingt aus dem Eigengewicht des Versatzmaterials, unterbindet. Über längere Zeiträume findet eine weitere Zunahme der Scherfestigkeit statt, die auf die langandauernde Polyhalitkristallisation über die zwischenzeitliche Syngenit- und Kainitbildung zurückzuführen ist.

Die Ergebnisse des Kompaktionsversuches des gefügestabilisierten Salzgrusversatzes zeigten, dass eine beschleunigte Abnahme der Porosität auftritt als im Vergleich zu herkömmlichen Salzgruskornmischungen. Diese Abnahme tritt zu Beginn der Belastung verzögert ein. Es kann hierbei von einem durch die Gefügestabilisierung (Salzgruskornverwachsungen durch die Polyhalitkristallisation) bewirkten Versatzwiderstand gegen die Kompaktion ausgegangen werden. Die Langzeitkriechversuche zeigten, dass eine Abnahme der Porosität (von ca. 30 %) bis auf sehr geringe Werteberei-

che (< 5 %) stattfindet. Auch bei den Langzeitkriechversuchen wurde zu Beginn ein verzögertes Eintreten der Kriechprozesse festgestellt, das ebenso auf einen Versatzwiderstand durch die Gefügestabilisierung zurückzuführen ist. Dieses Materialverhalten ist für die Verfüllung untertägiger Hohlräume im Salinar von Vorteil, da dem umgebenden salinaren Gebirge somit ausreichend Zeit gegeben wird, auf das Versatzmaterial aufzukriechen.

Ein Ausblick auf die derzeitige In-situ-Phase GESAV – Phase II

Im Anschlussvorhaben „Gefügestabilisierter Salzgrusversatz (GESAV) – Phase II“ (FKZ: 02E11557) werden derzeit Versatzverfahren erprobt und weiterentwickelt. Das Ziel ist die Identifizierung optimaler Versatztechnologien für den untertägigen Einbau des gefügestabilisierten Salzgrusversatzes. Hierfür werden in der Grube Sondershausen vier In-situ-Versuche mit unterschiedlichen Versatztechnologien getestet. Um einen Vergleich der In-situ-Ergebnisse mit

denen in der Laborphase zu ermöglichen, ist es notwendig, ein geeignetes Mischverfahren für die Großversuche zu identifizieren, das die Erstellung einer homogenen Versatzmasse ermöglicht. Pro In-situ-Versuch sollen ca. 50 t Material eingebracht werden. Die Bestandteile des entwickelten Materials lassen sich aus Sicht des Mischens in drei Gruppen einteilen:

- Salzgrusfraktionen: vier Salzgruskornmischungen mit abgestuften Korngrößen
- Polyhalittrockengemisch: Arkanit, Kieserit, Calciumsulfathalhydrat
- Lösung: 5-molare Magnesiumchloridlösung

Die Rezeptur des gefügestabilisierten Salzgrusversatzmaterials stellt vielfältige Anforderungen an die Versuchsdurchführung in situ. Dies ist vor allem bei der Materialherstellung zu beobachten. Um ein homogenes Versatzmaterial in den untertägigen In-situ-Versuchen zu generieren, wird, basierend auf den Erfahrungen aus den Laborversuchen, zurzeit ein Mischvorgang forciert, der einen lagenweisen Aufbau der Einzelkomponenten übereinander erfordert. Zu Beginn ist geplant, das Material lagenweise auf der Sohle aufzuschütten. In der untersten Lage befindet sich das Feinkorn, danach folgen die größeren Salzgruskornfraktionen. In der obersten Lage wird das Grobkorn aufgetragen. Nach Herstellung des lagenweisen Aufbaus des Salzgruses wird die Magnesiumchloridlösung aufgegeben. Ziel ist eine vollständige Benetzung des Überkorns. Anschließend wird das separat angemischte Polyhalittrockengemisch als fünfte Lage aufgebracht. Durch ein nachfolgendes Übereinanderschlagen der Lagen wird eine Homogenisierung der Versatzmasse erreicht.

Für das Einbringen von Salzgrus als Versatzmaterial sind mechanische

und pneumatische Verfahren geeignet. Zur Untersuchung und Weiterentwicklung in Bezug auf gefügestabilisierten Salzgrus ist ein zweistufiges Untersuchungsprogramm geplant. Im ersten Schritt dazu sollen konventionelle Verfahren untersucht werden. Basierend auf den Ergebnissen werden im nächsten Schritt optimierte Verfahren entwickelt. Tabelle 2 gibt einen Überblick über das Versuchsprogramm.

Stand der Technik beim Einbringen von Salzgrus ist die Nutzung von adaptierten Schneefräsen. Diese Maschinenteknik wird bei der Erstellung eines gefügestabilisierten Salzgrusversatzkörpers verwendet. Dabei wird das Versatzmaterial auf der Sohle aufgehäuft, mit der Fräswalze aufgenommen und durch das Schleuderrad über den Schleuderkamin in den Hohlraum eingeschleudert. Ein unerwünschter Effekt ist die Separierung von Kornklassen während des Schleudervorgangs, was einem homogenen Versatzkörperaufbau entgegensteht.

Aus diesem Grund wird das Schleuderstrahlverfahren, welches in den 1980er Jahren an der RWTH Aachen entwickelt wurde, untersucht. Diese Technologie stellt eine Weiterentwicklung des Schleuderversatzverfahrens dar. Die Schleuderstrahltechnologie

ermöglicht eine Fokussierung des Versatzstrahles, was einer Kornseparation im Flug entgegenwirkt und eine höhere Einbaudichte bewirkt. Ein zweiter Versatzkörper soll unter Anwendung dieser Versatztechnologie erstellt werden.

Pneumatische Verfahren sind Standardverfahren im Bergbau. Typische Anwendungen sind hierbei der Blaszversatz und das Spritzbeton-Trockenspritzen. Das Trockenspritzverfahren als Standardverfahren im Bergbau wird für einen weiteren Test zur Versatzkörperherstellung angewendet. Dabei stellt der Flüssigkeitsanteil des GESAV-Materials von ca. 4 Masse-% eine Herausforderung dar, da Trockenspritzmaschinen i. d. R. für quasi-trockene Stoffe (Zement, Zuschlag) verwendet werden.

Zur Optimierung des Verfahrens wird am Institut für Bergbau und Spezialtiefbau eine neuartige Form der Flüssigkeitszugabe beim Trockenspritzverfahren entwickelt, welche bei der Erstellung eines weiteren Versatzkörpers angewendet werden soll.

Literaturverzeichnis

[1] Lingen, P.; Theelen, J.: Versickerungssystem, Patentanmeldung EP1252393; Eingetragen 2. Februar 2001

[2] Schreiter, F., S. Noll, und H. Mischo. „Institutsinterne Planung eines Aus-saigerversuchsstands für Salzgrusversatzstoffe.“ – unveröffentlicht. Institut für Bergbau und Spezialtiefbau, TU Bergakademie Freiberg, 2016

[3] Popp, T., und Rölke, C.: Ermittlung von mechanischen Parametern an gefügestabilisiertem Salzgrusversatz (GESAV). Vorläufiges labortechnisches Gutachten des in GESAV Phase I entwickelten Versatzmaterials, Leipzig: Institut für Gebirgsmechanik GmbH Leipzig, 2015

[4] Becker, S.; Mischo, H.; Pötzsch, S.: „Entwicklung und labortechnische Prüfung eines gefügestabilisierten Salzgrusversatzmaterials“; Beiträge zum 3. Internationalen Freiburger Fachkolloquium „Baustoffe und Versatz“ (S. 47–53), Technische Universität Bergakademie Freiberg, 05.–06. Oktober 2017; ISBN 978-3-86012-5601

[5] Becker, S.: „Untersuchungen zur Entwicklung und labortechnischen Prüfung eines gefügestabilisierten Salzgrusversatzmaterials für HAW-Endlager im Salinar“; Berichte der Professur für Rohstoffabbau und Spezialverfahren unter Tage (Band1); Dissertation an der TU Bergakademie Freiberg 2017, ISBN 978-3-86012-555-7

		Konventionelle Verfahren	Optimierte Verfahren	
Mechanisch	Versuch 1	Schleuderversatz mit Schneefräse	Versuch 3	Schleuderstrahlverfahren
		Schneefräse Supra 3000 UT (GSES mbH)		Erstkonstruktion einer Schleuderstrahlmaschine für GESAV-Material (TUBAF)
Pneumatisch	Versuch 2	Spritzbeton-Trockenspritzen	Versuch 4	Trockenspritzen mit optimierter Flüssigkeitszugabe
		Standard-Trockenspritzmaschine		Trockenspritzmaschine mit neu entwickelter Lösungszugabeeinheit

Tabelle 1: Überblick über die In-situ-Versuche im FuE-Vorhaben GESAV II

K+S Gruppe

WEICHEN AUF WACHSTUM GESTELLT

Die K+S Gruppe hat sich in allen maßgeblichen Kennzahlen des Geschäftsjahres 2017 verbessert: Der Umsatz wuchs auf 3,6 Milliarden € (Vorjahr: 3,5 Mrd. €), das operative Ergebnis EBIT I stieg auf 271 Millionen € (Vorjahr: 229 Mio. €), und das Ergebnis vor Zinsen, Steuern und Abschreibungen (EBITDA) wurde auf 577 Millionen € gesteigert (Vorjahr: 519 Mio. €). „Obwohl 2017 ein vom Übergang geprägtes Jahr war, haben wir unsere Ziele erreicht und damit eine belastbare Grundlage für die Zukunft geschaffen“, sagt Dr. Burkhard Lohr, Vorstandsvorsitzender der K+S AG. Vorstand und Aufsichtsrat beabsichtigen, der Hauptversammlung am 15. Mai 2018 eine Dividende in Höhe von 0,35 € je Aktie (Vorjahr: 0,30 € je Aktie) vorzuschlagen; dies entspricht einer Ausschüttungsquote von 46 % (Vorjahr: 44 %) des bereinigten Konzernergebnisses nach Steuern.

Im abgelaufenen Geschäftsjahr wirkten sich im Geschäftsbereich Kali- und Magnesiumprodukte eine höhere Produktverfügbarkeit – insbesondere im Bereich der Düngemittelspezialitäten – am Standort Werra sowie erste Absatzmengen aus dem neuen Werk in Kanada positiv auf die Umsatzentwicklung aus. Dem standen nachteilige Währungsentwicklungen in beiden Geschäftsbereichen gegenüber. Der Geschäftsbereich Salz war erneut der umsatzstärkste der K+S Gruppe. Erfreulich war vor allem die positive Entwicklung bei den Gewerbe- und Industriesalzen. Der Umsatz mit Auftausalz lag auf einem stabilen Niveau.

Das im Mai 2017 in Betrieb genommene Kalibergwerk im kanadischen Bethune machte sich bereits positiv bemerkbar: Bis zum Ende des

Geschäftsjahres wurden rund 500.000 Tonnen Kali produziert.

Positiv wirkt sich auch das verstärkte Umwelt-Engagement der K+S Gruppe aus: Mit der zu Beginn dieses Jahres in Betrieb genommenen Kainitkristallisations- und Flotationsanlage (KKF) am Standort Hattorf können zusätzliche Wertstoffe gewonnen werden. Gleichzeitig wird die Abwassermenge des Werks Werra jährlich um rund 20 Prozent reduziert. Mit einem Investitionsvolumen von 180 Millionen € ist die KKF-Anlage das bisher größte Einzelprojekt der K+S Gruppe im Gewässerschutz.

Zudem wurden durch die Einigung mit der Naturschutzorganisation BUND und der Gemeinde Gerstungen hinsichtlich der Versenkung und des Pufferspeichers Gerstunger Mulde Rechtsstreitigkeiten ausgeräumt.

Für das Geschäftsjahr 2018 erwartet die K+S Gruppe, dass der Umsatz spürbar und das Ergebnis vor Zinsen, Steuern und Abschreibungen (EBITDA) deutlich über den Werten des Vorjahres liegen werden. Bei den Kali- und Magnesiumprodukten wird sich die Steigerung der Produktionsmenge im kanadischen Bethune positiv niederschlagen. Auch im Werk Werra wird die Produktion, durch den Wegfall abwasserbedingter Unterbrechungen, wieder steigen – was ebenfalls zur weiteren Ergebnissteigerung beiträgt. Im Geschäftsbereich Salz ist aufgrund steigender Absatzmengen sowie einer weiteren Verbesserung der Profitabilität von einem spürbaren EBITDA-Anstieg auszugehen.

INVESTITION IN NEUES SOLFELD IN DEN NIEDERLANDEN

Im März 2018 hat der Vorstand der K+S Aktiengesellschaft die Erschließung eines neuen Offshore-Solfelds beschlossen. Dazu wird der Konzern eine neue Kaverne für seine niederlän-

dische Produktionsstätte Frisia Zout B.V. in Harlingen bohren. K+S setzt damit die Konzernstrategie Shaping 2030 weiter um (siehe Ausgabe 3-2017; Kali & Steinsalz). Frisia Zout ist das größte Siedesalzwerk der K+S Gruppe, das die Elektrolyseanlagen der chemischen Industrie in Europa beliefert und ein umfangreiches Produktsortiment von hochreinen Sortensalzen für eine Vielzahl industrieller Anwendungen herstellt. Auf der Grundlage einer neuen Gewinnungsgenehmigung der zuständigen Bergbaubehörden in den Niederlanden wird K+S ein neues Offshore-Solfeld tief unter dem Wattenmeer in der Nähe des Werks erschließen. Die erste neue Kaverne soll Ende 2020 in Betrieb gehen und die Produktion des Werks Frisia Zout um rund 25 Prozent auf zirka 1,2 Millionen Tonnen jährlich steigern. Weitere Ausbauten sind möglich.

WARUM SALAT UND FISCH GUT ZUSAMMEN PASSEN

Die K+S Aktiengesellschaft hat am 5. März 2018 in Kassel einen neuen Forschungscontainer zu Aquaponic vorgestellt. Im Beisein von Christian Geselle, Oberbürgermeister der Stadt Kassel, erklärten der Vorstandsvorsitzende der K+S, Dr. Burkhard Lohr, sowie die Geschäftsführerin der K+S KALI GmbH, Alexa Hergenröther, auf einer Pressekonferenz das Verfahren der Aquaponic und warum Forschung und Innovation so wichtig für das Unternehmen sind. „Im Rahmen unserer Strategieentwicklung ‚Shaping 2030‘ haben wir uns intensiv mit den Megatrends auseinandergesetzt. Die Weltbevölkerung wird wachsen und die zur Verfügung stehende Ackerfläche abnehmen. Natürlich müssen wir uns als Unternehmen, das Düngemittel anbietet, fragen, wie das unser Geschäft beeinflusst. Es geht uns um neue Denkansätze“, erklärt Lohr.

Aquaponic bezeichnet ein Zusammenspiel der Aufzucht von Fischen in Aquakulturen und der Kultivierung von Nutzpflanzen in Hydrokulturen, zum Beispiel Gemüse und Kräuter. Fische und Pflanzen nutzen sich bei dem System gegenseitig: Was die Fische ausscheiden, wird durch Bakterien aufbereitet und dient dann als Dünger für die Pflanzen. Die Pflanzen reinigen im Gegenzug das Wasser der Fische. Der Wasserverbrauch ist in diesem System deutlich geringer als bei herkömmlichen Feldern und die Pflanzen reifen schneller.

K+S-VORSTANDSCHEF DR. LOHR TRIFFT MINISTERPRÄSIDENT RUGUNDA

Im Rahmen einer mehrtägigen Reise durch Uganda traf der K+S-Vorstandsvorsitzende Dr. Burkhard Lohr im Dezember 2017 den Ministerpräsidenten Ugandas, Dr. Ruhakana Rugunda. In dem rund einstündigen Gespräch ging es unter anderem um die wirtschaftlichen Möglichkeiten in dem ostafrikanischen Land sowie die Aktivitäten von K+S vor Ort. K+S plant, in Uganda eine Handelsplattform für die Landwirtschaft aufzubauen. Diese soll Kleinbauern dabei helfen, unter anderem dringend benötigte Düngemittel auch in geringeren Mengen beziehen zu können. Dazu traf Lohr auch lokale Unternehmen, die für eine Zusammenarbeit in Frage kommen. Die Maßnahme ist eine von zahlreichen Wachstumsoptionen, die K+S im Zuge der Anfang Oktober vorgestellten, neuen Gruppenstrategie „Shaping 2030“ identifiziert hat. K+S verfügt bereits seit vielen Jahren über Erfahrung in der Landwirtschaft Ugandas.

DURCHSUCHUNGEN UND BESCHLAGNAHMEN WAREN RECHTSWIDRIG

Das Oberlandesgericht (OLG) Jena hat mit einem am 19. Februar 2018 übermittelten Beschluss abschließend

festgestellt, dass die von der Staatsanwaltschaft Meiningen im September 2015 in Geschäfts- und Privaträumen im Zusammenhang mit der Versenkung in der Gerstunger Mulde durchgeführten Durchsuchungen und Beschlagnahmen rechtswidrig waren. Mit dieser Entscheidung sind das Unternehmen und die beschuldigten Personen, darunter der damalige Aufsichtsratsvorsitzende Dr. Ralf Bethke und der ehemalige Vorstandsvorsitzende Norbert Steiner, in vollem Umfang rehabilitiert worden. Der Beschluss bestätigt erneut, dass sämtliche Vorwürfe von Anfang an unbegründet und die erteilten wasserrechtlichen Erlaubnisse rechtmäßig waren. Das Verfahren ist damit endgültig abgeschlossen. Bereits im Mai 2017 hatte das OLG die Entscheidung des Landgerichts Meiningen bestätigt, ein Hauptverfahren wegen angeblicher Straftaten bei der Versenkung von Salzabwässern in der Gerstunger Mulde in den Jahren 1999 bis 2007 nicht zu eröffnen. Dabei hatte das Gericht auch mit deutlichen Worten die Arbeit des ermittelnden Staatsanwalts kritisiert. Die Kosten des Verfahrens sowie die Auslagen der zu Unrecht Beschuldigten wurden dem Freistaat Thüringen auferlegt.

K+S-AUFTRAG ERÖFFNET PERSPEKTIVEN FÜR 300 ARBEITSPLÄTZE

Mit dem Abschluss eines Vertrages über den Bau von 160 Schüttgut-Waggons hat K+S die weitere Arbeit von WBN Waggonbau Niesky GmbH zunächst gesichert. WBN hatte Ende Dezember 2017 Insolvenz angemeldet. Durch sie sind rund 300 Arbeitsplätze im Landkreis Görlitz (Sachsen) gefährdet.

K+S hatte gemeinsam mit WBN einen innovativen Schüttgut-Waggon entwickelt, mit dem Düngemittel-Kunden in Europa beliefert werden sollen. Mit dem nun erteilten Auftrag, der bis Ende 2018 erfüllt werden soll, wird

ein wesentlicher Teil des Auftragsvolumens bei WBN durch K+S abgedeckt. Der Dank des K+S-Engagements mögliche Weiterbetrieb von WBN verbessert die Perspektive für den Arbeitsmarkt in der Oberlausitz und hilft auch bei der Suche nach einem neuen Investor, der den Betrieb weiterführt. K+S investiert in den Bau der Waggons einen niedrigen zweistelligen Millionenbetrag.

K+S UND GERSTUNGEN EINIGEN SICH AUF VERGLEICH

Die thüringische Gemeinde Gerstungen und K+S haben die im Juli 2017 begonnen Gespräche erfolgreich beendet und ihre jahrelangen Auseinandersetzungen beigelegt. Zur Sicherung der Trinkwasserversorgung der Gemeinde wurde eine langfristige Vereinbarung getroffen. Sie soll auch den Fortbestand der Kaliproduktion im hessisch-thüringischen Kalirevier, von der als prägender regionaler Industrie weit mehr als 4.000 Arbeitsplätze abhängen, bis zur Einstellung der Versenkung von Salzabwasser und darüber hinaus langfristig sichern. Dazu verpflichtet sich K+S, die Gemeinde bei der Umsetzung eines Handlungskonzeptes zur Optimierung ihrer kommunalen Trinkwasserversorgung zu unterstützen. Die dafür vom Unternehmen zu übernehmenden Verpflichtungen bewegen sich insgesamt im einstelligen Millionenbereich. Die Gemeinde Gerstungen hat sich verpflichtet, die von ihr angestregten Klage- und Eilverfahren gegen wasserrechtliche Erlaubnisse im Zusammenhang mit der Salzabwasserversenkung sowie dem bereits seit 2007 nicht mehr betriebenen Pufferspeicher Gerstunger Mulde zu beenden und sich für eine einvernehmliche Beilegung der Verfahren gegen die Einleitung von Salzabwasser in die Werra einzusetzen. Die Vereinbarung zwischen K+S und der Gemeinde Gerstungen hat eine Laufzeit von 30 Jahren. Auch über diesen Zeitraum

hinaus haben sich die Vertragspartner verpflichtet, sich bei etwaigen Meinungsverschiedenheiten um einvernehmliche Lösungen zu bemühen.

Personalien

Ingolf Thom hat zum 1. April 2018 als Chief HR Officer in der K+S Aktiengesellschaft die Leitung der globalen Personalarbeit in der K+S Gruppe übernommen. Zuletzt bekleidete er die Funktion des Senior HR Director bei The Dow Chemical Company in Midland, Michigan, USA.

Frauke Riva (46) hat die Leitung des Bereichs Corporate Communications der K+S Aktiengesellschaft übernommen. Der Bereich Public Affairs bleibt Bestandteil von Corporate Communications und wird künftig von **Oliver Morgenthal** (50), dem bisherigen Leiter von Corporate Communications, verantwortet.

esco – european salt company GmbH & Co. KG

SALZPROJEKT IN AUSTRALIEN ERREICHT WEITEREN MEILENSTEIN

Das in der Genehmigungsphase befindliche Ashburton Salt Projekt hat einen weiteren Meilenstein erreicht: Die westaustralische Umweltbehörde EPA hat am 25. Januar 2018 nach rund fünfmonatiger Prüfung das sogenannte Scoping-Dokument zur Umweltverträglichkeitsprüfung genehmigt. Dieses enthält ausführliche Angaben zu Umweltstudien, die zur Untersuchung und Minimierung möglicher Umweltauswirkungen des Projekts erforderlich sind. Es wurde vom Projektteam unter der Leitung von Gerrit Gödecke, Geschäftsführer von K+S Salt Australia, nach intensivem Austausch mit Umweltverbänden, Anwohnern in der Region, Unternehmen und Trägern öffentlicher Belange

erstellt. Die Umweltstudien werden einen Zeitraum von schätzungsweise zwei bis drei Jahren in Anspruch nehmen. Nach ersten Schätzungen veranschlagt K+S für die vollständige Entwicklung des Projektes bis zum möglichen Produktionsstart ein voraussichtliches Investitionsvolumen in Höhe von rund 350 Mio. australische Dollar (ca. 242 Mio. Euro). Die veranschlagte jährliche Kapazität wird mit 3,5 Millionen Tonnen Solarsalz angenommen. Das Projekt befindet sich ungefähr 40 km südwestlich von Onslow in Westaustralien.

BRAUNSCHWEIG-LÜNEBURG IST GEWINNER DER HEILIGEN BARBARA

Das Salzbergwerk Braunschweig-Lüneburg hat für das Jahr 2017 den Arbeitssicherheitswettbewerb und damit den Wanderpreis „Heilige Barbara“ gewonnen. Am 27. März 2018 hatten K+S-Vorstandsmitglied Dr. Thomas Nöcker und Dr. Ralf Mertens, Leiter der Arbeitssicherheit (HSE), den Wanderpreis an Werksleiter Dr. Markus Cieslik übergeben. Weitere Gewinner des Sicherheitswettbewerbes 2017 waren auf den Plätzen 2, 3 und 4 die K+S Transport GmbH, die Einheit Inaktive Werke sowie das K+S Analytik- und Forschungszentrum. Das Werk Braunschweig-Lüneburg ist bereits zum 10. Mal Gewinner des Sicherheitswettbewerbs.

Personalien

Dorothee Telaar, bisher Leiterin KCl- und Kieserit-Betrieb (Werk Sigmundshall), übernahm zum 1. März 2018 die Funktion als Leiterin Produktion und Technik über Tage (Werk Braunschweig-Lüneburg).

Martin Hanewinkel, bisher Leiter Labor (Werk Bernburg), übernahm zum 1. April 2018 die Funktion als Leiter Produktion und Technik über Tage (Werk Bernburg).

K+S KALI GmbH

„SICHER MIT SYSTEM“: GÜTESIEGEL DER BG RCI FÜR DAS WERK WERRA

Das Werk Werra hat sein Arbeitsschutzmanagementsystem (AMS) und sein Betriebliches Gesundheitsmanagement (BGM) von der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) zertifizieren lassen. Die Prüfung wurde erfolgreich bestanden, so dass das Werk das begehrte Gütesiegel „Sicher mit System“ erhalten hat. Im Rahmen einer Feierstunde im Dezember 2017 im Erlebnis Bergwerk Merkers übergab Helmut Ehnes, Leiter Prävention der BG RCI, die Urkunde und einen Pokal an die beiden Werksleiter Christoph Wehner und Roland Keidel. Vorausgegangen war eine umfassende Prüfung des AMS sowie des BGM durch die BG RCI.

REKAL-ANLAGE IM WERK SIGMUNDSHALL: ANTRAG FÜR WEITERBETRIEB VORGELEGT

Die seit 1995 im Verbund mit der Kaliproduktion betriebene REKAL-Anlage (REcycling KALi) soll nach der Stilllegung des Werkes Sigmundshall, die für Ende 2018 festgelegt wurde, bis zum Abschluss der Haldenabdeckung im bisherigen Umfang weiter betrieben werden. Damit können für mindestens 15 Jahre rund 50 Arbeitsplätze erhalten werden. Das bergrechtliche Planfeststellungsverfahren ist auf Grund der gesetzlichen Regelungen vorgeschrieben und umfasst auch einen Antrag nach dem Bundes Immissionschutz Gesetz sowie eine Umweltverträglichkeitsprüfung. Das LBEG wird die Öffentlichkeit am Verfahren beteiligen. Die Auslegung der Antragsunterlagen wird gesondert bekannt gegeben. In der REKAL-Anlage werden neben Aluminiumgranulat und Eisenschrott in der Anlage auch

das in den Schlacken enthaltene Kaliumchlorid zurückgewonnen, das zu einem Verkaufsprodukt weiterverarbeitet wird. Zusätzlich entsteht im Recyclingprozess Ammoniumsulfat, das als Düngemittel Verwendung findet. Der verbleibende REKAL-Rückstand wird zu einem Substrat gemischt, mit dem die Rückstandshalde abgedeckt wird.

AUSZEICHNUNG FÜR ZWEI KALIKUMPEL AUS ZIELITZ

Zwei Mitarbeiter des Kaliwerkes in Zielitz haben einen ganz besonderen Verbesserungsvorschlag eingereicht. Es ist der 100.000ste umgesetzte Vorschlag seit Einführung des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) im Jahre 2001 in der K+S. In 16 Jahren KVP (Stand Ende 2017) konnte allein durch berechenbare Verbesserungsvorschläge, beispielsweise durch die Einsparung von Energie oder die Optimierung von Produktions- und Instandhaltungsabläufen, ein Gesamtnutzen von rund 90 Millionen Euro erzielt werden.

Personalien

Zum 1. April 2018 wechselte **Hans Uli Bödicker**, bisher CFO sowie Bereichsleiter für das Project Legacy bei K+S Potash Canada GP in Saskatoon, zum Werk Werra, um dort ab 1. Juli nach dem Ausscheiden der derzeitigen Werksleiter **Christoph Wehner** und **Kurt Lindhof** die Werksleiterfunktion Umwelt und Kaufmännische Funktionen zu übernehmen.

Dirk Uthoff, bisher Leiter Produktion und Technik über Tage (Werk Neuhof-Ellers), übernahm am 19. Februar 2018 die Funktion als Leiter Fabrikbetriebe (Werk Werra).

Johannes Zapp, bisher Leiter Produktion und Technik unter Tage (Werk Werra, Grube Hattorf-Wintershall), übernahm am 1. April 2018 die Funktion als Leiter Grubenbetriebe (Werk Werra).

Ende März 2018 wurde der langjährige Leiter des Grubenbetriebs Unterbreizbach/Merkers, **Hartmuth Baumert**, in den Ruhestand verabschiedet. Seine Nachfolge hat **Lothar Armbrust**, bisher Leiter Technik u.T. der Grube Unterbreizbach/Merkers, angetreten.

Robert Heß, bisher Leiter Mobile Maschinen (Werk Werra, Grube Unterbreizbach/Merkers), übernahm am 1. April 2018 die Funktion als Leiter Technik unter Tage (Grube Unterbreizbach/Merkers).

Dr. Gilles Noel, bisher Leiter Produktion und Technik über Tage (Werk Werra, Hattorf) übernahm am 1. Februar 2018 die Funktion als Leiter Produktion und Technik über Tage (Werk Neuhof-Ellers).

Norbert Raschka, bisher Leiter Verfahrenstechnik (Werk Werra, Hattorf), übernahm am 1. Februar 2018 die Funktion als Leiter Produktion und Technik über Tage (Werk Werra, Hattorf). Seine Nachfolge übernahm **Dr. Rolf Neidhart**, bisher Leiter Produktion und Technik über Tage (Werk Werra, Wintershall).

Thomas Städler, bisher Leiter Technik über Tage (Werk Neuhof-Ellers), übernahm am 1. Februar 2018 die Funktion als Leiter Produktion und Technik über Tage (Werk Werra, Wintershall).

Andreas Meyer, bisher Leiter Technik über Tage (Werk Werra, Hattorf), übernahm am 1. Februar 2018 die Funktion als Leiter Technik über Tage (Werk Neuhof-Ellers). **Ulf Kallenbach**, bisher Leiter Technische Dienste, Standort Hattorf (Zentrale Technik, Bad Hersfeld) übernahm zum 1. Februar 2018 die Funktion als Leiter Technik über Tage (Werk Werra, Hattorf).

Dr. Sascha Ahlert, bisher Leiter Labor, Verladung, Versand und Gefahrstoffbeauftragter (Werk Sigmundshall), übernahm am 1. März 2018 die Funktion als Leiter Produktion über Tage (Werk Sigmundshall).

Dr. Frank Bock, bisher Leiter Siedesalzbetriebe (Werk Bernburg), übernahm am 1. April 2018 die Funktion als Leiter Produktion und Technik über Tage (Werk Werra, Unterbreizbach).

Dr. Burkhard Dartsch, bisher Leiter Produktion und Technik unter Tage (Werk Zielitz), übernimmt zum 1. Juli 2018 die Funktion als Leiter Technik und Betrieb (K+S Entsorgung GmbH). Seine Nachfolge wird **Heiko Jahnke**, bisher Leiter Grubentechnologie (Werk Zielitz), übernehmen.

Ulrich Pausch, Werksleiter des Werkes Bergmannsseggen-Hugo und Leiter kaufmännische Funktionen des Werkes Sigmundshall, tritt am 31. Mai 2018 nach über 40 Jahren in den Ruhestand. Die Leitung des Werkes Bergmannsseggen-Hugo wird zum gleichen Zeitpunkt kommissarisch auf **Herbert Bleier** übertragen, der diese Funktion zusätzlich zu seinen Aufgaben als Leiter Produktion über Tage wahrnehmen wird.

Wacker Chemie AG

Personalien

Mit Wirkung vom 16.03.2018 ist Herr **Wilhelm Storfinger**, Leiter Ingenieurtechnik, in den Vorruhestand eingetreten. Herr Storfinger war insgesamt zehn Jahre für die Leitung der Ingenieurtechnik im Salzbergwerk Stetten zuständig.

Mit Wirkung vom 01.06.2018 wird Herr **Ronald Eulenberger** die Standortleitung des Salzbergwerks Stetten übernehmen, welche seit 01.06.2017 unter der Leitung von Herrn **Dr. Dieter Gilles**, Leiter Zentralbereich Werk Burghausen, interimswise durch Herrn **Michael Schulz**, Leiter Gesamtbetriebsführung, und Herrn **Frank Joppen**, Kaufmännischer Leiter, geführt wurde.



Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.

Herausgeber
Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.
Reinhardtstraße 18A
10117 Berlin
Tel. (030) 8 47 10 69.0
Fax (030) 8 47 10 69.21
E-Mail: info.berlin@vks-kalisalz.de
www.vks-kalisalz.de