

02  
2025

# KALI & STEINSALZ

Wertvolle Rohstoffe aus Deutschland



# Erste Zwischenbilanz

**Sehr geehrte Leserinnen und Leser,**

die neue Regierungskoalition aus Union und SPD hatte sich vorgenommen, dem ganzen Land bis zum Sommer neuen Optimismus einzuhauchen. Nach wenigen Wochen Schwarz-Rot ist es nun Zeit für eine erste Zwischenbilanz.

Wir alle erleben derzeit eine Vielzahl sich überlagernder Krisen: Russlands Angriffskrieg gegen die Ukraine, mit all seinen Folgen für Inflation und Energiesicherheit, den Krieg im Nahen Osten, die Unsicherheiten rund um die Administration Trump, die Flüchtlingsthematik und weitere Herausforderungen. Dies alles führt zur Verunsicherung in der Bevölkerung und zu Problemen in der Wirtschaft.

Die Stimmung im Land ist aktuell längst noch nicht gut – aber sie ist weniger schlecht als vor wenigen Monaten. Die Regierung wird (sicherlich mit Ausnahme der Wahl der Verfassungsrichter) als vergleichsweise geschlossen wahrgenommen. Gerade die Außenpolitik gibt ein konsistentes Bild ab. Auch in der Wirtschaftspolitik hat es erste Beschlüsse und Entscheidungen gegeben.

Die Verbände – allen voran die Spitzenverbände BDI (Bundesverband der Deutschen Industrie) und BDA (Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände) – arbeiten wieder gut und vertrauensvoll mit der Bundesregierung zusammen. Diese positive Entwicklung wurde auch am „Tag der Industrie“, 23. und 24. Juni auf dem EUREF-Campus in Berlin, und beim 631 Milliarden Euro umfassenden „Investitionsgipfel“ im Kanzleramt am 21. Juli öffentlich sichtbar. Ein dringend notwendiger Schulterschluss.

Auf operativer Ebene engagieren sich Verbände und viele andere Beteiligte, um konjunkturelle Impulse zu setzen und das Vertrauen in den Standort Deutschland zu stärken. So arbeitet der BDI – unter Beteiligung des VKS – in einem breit angelegten Projekt „Moderner Staat“ daran, Bürokratieabbau, Verfahrenseffizienz und Digitalisierung voranzubringen. (Kernforderungen: durchgängige Digitalisierung von Verwaltungsleistungen, drastische Reduktion bürokratischer Hürden und mehr Vertrauen, weniger Vorab-Kontrolle.)

Betrachtet man das Gesamtbild der Wirtschaftspolitik, kann man sagen, dass die eingeleiteten und geplanten Maßnahmen in die richtige Richtung zeigen (z. B. Entlastung bei Energiekosten, steuerliches Investitionssofortprogramm („Wachstumsbooster“ u. a.), schrittweise Senkung der Körperschaftsteuer ab 2028, Verbesserung der Forschungszulage, Sondervermögen für Infrastruktur und Klimaneutralität, Maßnahmen am Arbeitsmarkt).



Christoph Wehner

Darüber hinaus gilt es, geplante und angekündigte Maßnahmen im Blick zu behalten. Die Bundesregierung wird Mut und Durchsetzungsvermögen brauchen, um alle Maßnahmen zügig und konsequent umzusetzen.

Mindestens genauso wichtig ist aber, dass Deutschland gemeinsam mit anderen Industrienationen die EU-Regulierung angeht: Fast das gesamte materielle Ordnungsrecht – insbesondere die Umweltgesetzgebung – „trägt die Europafahne“. Auf dem zuvor erwähnten „Tag der Industrie“ sprach der neue BDI-Präsident Peter Leibinger von „einem Gefängnis aus Regeln, das Deutschland sich gebaut habe“.

Er betonte in diesem Kontext, dass wir uns durch die Vielzahl und Komplexität von Vorschriften, bürokratischen Prozessen und gesetzlichen Vorgaben selbst blockieren. Leibinger forderte einen systematischen Abbau bürokratischer Hürden und plädierte für eine neue Partnerschaft zwischen Politik und Industrie, bei der gegenseitiges Vertrauen als Grundlage für die notwendige digitale und strukturelle Transformation dient. Nur so könne die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft der deutschen Industrie langfristig erhalten bleiben.

Leibingers Einschätzung trifft im Kern auch auf unsere Branche zu. Die Veränderungen müssen – pointiert gesagt – dazu führen, Bergbau zu ermöglichen und nicht zu verhindern. Um ihrer herausgehobenen Bedeutung (z. B. im Bereich der Lieferketten) gerecht zu werden, ist die Rohstoffgewinnung als „überragendes öffentliches Interesse“ einzuordnen.

National und europäisch ist also entschlossenes Handeln gefragt, um unsere Probleme zu lösen und um den eingangs erwähnten „neuen Optimismus“ Wirklichkeit werden zu lassen.

Es grüßt Sie mit einem herzlichen Glückauf

Ihr

Christoph Wehner

# INHALT

## 02 Editorial

## 04 Impressum

## 05 Abstracts

## 06 Zirkler, Zeibig, Glasmacher

Untersuchungen zur Gasführung salinärer Gesteine des Werra-Kaligebietes sowie der strukturgeologischen Randbedingungen

## 18 Kraus

Materialstromüberwachung entlang der gesamten Prozesskette

## 24 Kießling, Engler

Einflussfaktoren für die Auswahl des am besten geeigneten Gewinnungsverfahrens im konventionellen untertägigen Abbau von Kali- und Steinsalzlagerstätten

Titelbild: @K+S AG

## IMPRESSUM

### Kali & Steinsalz

herausgegeben vom Verband der Kali- und Salzindustrie e. V. (VKS e. V.)

### VKS e. V.

Reinhardtstraße 18A, 10117 Berlin  
Tel. +49 (0)30 8471069 0  
info@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 8471069 13

### Redaktionsausschuss

Dr. Burkhard Dartsch,  
REKS GmbH & Co. KG  
Marcus Janz,  
K+S Aktiengesellschaft  
Dr. René Randaxhe,  
K+S Aktiengesellschaft  
Dr. Ludger Waldmann,  
K+S Aktiengesellschaft  
Christoph Wehner, VKS e. V.  
Prof. Dr. Silvio Zeibig,  
K+S Aktiengesellschaft

### Gestaltung

Alf Germanus Grafische Erzeugnisse  
Bonner Str. 58, 53332 Bornheim

### 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.



**06 Zirkler, Zeibig, Glasmacher:** Investigations on gas occurrences of saline rocks in the Werra-Potash salt deposit and their link to structural geology

This publication presents new findings on the regularities of CO<sub>2</sub> eruption events based on the determination of their magnitude, distribution, lithology of the Thuringia and Hesse potash seams and tectonic analysis of the overburden in the Werra potash deposit.

**18 Kraus:** Material Flow Monitoring along the Entire Process Chain

In modern bulk material processes, precise monitoring of material flow is essential – from extraction and processing to logistics. Sachtleben Technology GmbH (ST GmbH) is developing a modular platform (OWL EYE®) as a comprehensive solution for non-contact volume and mass flow measurement across the entire process chain – from stockpiles to conveyor belts, from mobile machines to silos. The system combines precise sensor technology with intelligent data analysis and condition monitoring.

**24 Kießling, Engler:** Factors Influencing the Selection of the Most Suitable Extraction Method for the Conventional Underground Mining of Potash and Rock Salt Deposits

The mining of underground potash and rock salt deposits is primarily carried out by cutting extraction using partial or full cutting methods, and less frequently by drilling and blasting or solution mining. This article discusses the factors influencing the feasibility and efficiency of drilling and blasting compared to cutting extraction. Using a model calculation for three different scenarios, the sensitivity of both extraction methods to various boundary conditions is quantitatively investigated.





**Dr. Axel Zirkler**  
Leiter Geologie  
Grubenbetrieb Neuhof-Ellers  
K+S Minerals and  
Agriculture GmbH



**Prof. Dr. rer. nat.  
Silvio Zeibig**  
Leiter Geologie  
K+S Aktiengesellschaft;  
Professor für Exploration  
und Kali- und Steinsalz-  
lagerstätten, Freiberg  
University of Mining and  
Technology



**Prof. Dr. Ulrich A.  
Glasmacher**  
Professor i.R.,  
Institut für  
Geowissenschaften,  
Universität Heidelberg

# Untersuchungen zur Gasführung salinarer Gesteine des Werra-Kaligebietes sowie der strukturgeologischen Randbedingungen

Seit Beginn des Bergbaus sind magmatische Gangzonen sowie eine partielle Gasführung der Salzabfolge im Werra-Fulda-Kaligebiet bekannt. Diese wurde bereits durch DIETZ (1928) erstmals durch Fluidaufstieg im Zusammenhang mit dem basischen Magmatismus erklärt. Ungeachtet der gewonnenen bergmännischen Erfahrungen im Umgang mit diesen vielfach durch Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) geprägten Gasvorkommen, kam es dennoch zu einigen großen CO<sub>2</sub>-Ausbruchereignissen, die zu Personen- und wirtschaftlichen Schäden führten. Bis heute können diese geogenen CO<sub>2</sub>-dominierten Gasvorkommen ein Risikopotential für die aktiven Standorte im Werra-Fulda-Kalirevier darstellen.

Basierend auf einer Aufarbeitung und Harmonisierung des dokumentierten Kenntnisstandes zum Gas- und Ausbruchsgeschehen des Werra-Kaligebietes, werden in der vorliegenden Arbeit insbesondere die geologischen Abhängigkeiten der strukturgeologischen Prägung des Arbeitsgebiets sowie der Gasimprägnation salinarer Gesteine betrachtet.

## ***Investigations on gas occurrences of saline rocks in the Werra-Potash salt deposit and their link to structural geology***

*This publication presents new findings on the regularities of CO<sub>2</sub> eruption events based on the determination of their magnitude, distribution, lithology of the Thuringia and Hesse potash seams and tectonic analysis of the overburden in the Werra potash deposit.*

## 1. Einleitung und Kenntnisstand

Seit Beginn der bergmännischen Erkundung stellt gebirgsgebundenes Gas, im Wesentlichen CO<sub>2</sub>, eine Herausforderung für die Gewinnung und Erschließung der Werra-Fulda-Kalisalzlagerstätte dar. Der erste CO<sub>2</sub>-Gasausbruch ereignete sich bereits bei der Erkundung der Werra-Kalilagerstätte am 23.03.1895 bei der Kalisuchbohrung VI zwischen Bad Salzungen und Stadtlengsfeld in 347 m Teufe (DUCHROW, 2001). DIETZ (1928) setzt das Gasgeschehen in ursächlichen Zusammenhang mit magmatischen Gangspalten innerhalb der Lagerstätte und beschreibt deren Assoziation mit Schlechten und CO<sub>2</sub>-Racheln. DIETZ (1928), BESSERT (1933), HARTWIG (1954) und HOPPE (1960) erkannten, dass die magmatischen Gangzonen weiterhin als Aufstiegsweg thermaler Wässer dienen, die wiederum zur Überprägung der Kaliflöze von wenigen Zentimetern bis in mehrere hundert Meter Eindringtiefe führten. In diesem Kontext beschreiben KOCH & VOGEL (1980) insbesondere eine systematische, keilförmig ausgeprägte Umbildung von Carnallit zu Sylvinit und Halit im Kaliflöz Thüringen sowie den carnallitischen Begleitflözen des Kaliflözes Hessen. Mit diesem Vorgang einher geht ein Volumenverlust durch Abfuhr MgCl<sub>2</sub> und KCl-haltiger Lösungen sowie die Ausbildung mit Kristallsalz verheilte Zerrklüfte im Hangenden der Kaliflöze.

Im Zuge der Exploration sowie den bergmännischen Auf-fahrungen wurde erkannt, dass das Gasgeschehen nicht allein mit magmatischen Gangspalten, sondern auch mit Schnitten und Schlechten assoziiert ist. Im Zuge der Auffahrung ist das auffälligste Resultat der Gasführung salinärer Gesteine die Bildung von sogenannten Racheln. Letztere werden im Bergmännischen als der durch einen Gas-Salz-Auswurf zurückbleibende, meist kugel- bis ellipsoidale geformte Ausbruchshohlraum bezeichnet. Nach GIMM et al. (1976) und HERRMANN (1988) sind die Gase hierbei im Salzgestein in zwei unterschiedlichen Bindungstypen fixiert. Zum einen können Gasgemische nahezu frei auf flächenhaften Bruchformen wie Schnitten, Schlechten oder Klüften eingeschlossen sein (schnittgebundene Gase); zum anderen treten Gase mineralgebunden auf, wobei hier zwischen der interkristallinen Fixierung auf Korngrenzen und Zwickeln und der intrakristallinen Gasbindung innerhalb eines Mineralkorns als Fluideinschluss unterschieden wird. Ca. 90% des mineralgebundenen

Gases der Werra-Fulda-Kalisalzlagerstätte sind nach HERRMANN (1988) interkristallin fixiert.

HERRMANN & KNIPPING (1993) beschreiben die Zusammensetzung des bevorzugt in den beiden Kaliflözen Hessen und Thüringen gespeicherten Gases als überwiegend CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub> dominiert mit geringfügigen Beimengungen von CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, Ar, He, CO und H<sub>2</sub>S. Im Allgemeinen weisen die Gasanalysen zumeist einen CO<sub>2</sub>-Anteil von > 98 Vol. % auf (z.B. STRAUCH et al., 2022). Zur Untersuchung der Herkunft des CO<sub>2</sub>-Gases wurden isotopische Untersuchungen durchgeführt. Der ermittelte δ<sup>13</sup>C-Wert des in den Zechstein-Evaporiten der Werra-Fulda-Kalisalzlagerstätte gebundenen CO<sub>2</sub> wurde mit ca. -7‰ bestimmt. ZIMMER et al. (2020) ermittelten beispielsweise ein Isotopensignal mit δ<sup>13</sup>C von -7,8‰ und -6,7‰. Die Autoren deuteten dies als Signatur des Erdmantels und folgern hieraus einen Gaseintrag durch die magmatische Aktivität des Känozoikums.

Außer der Frage der Herkunft, Zusammensetzung und Platznahme des CO<sub>2</sub>, zu denen neueste Ergebnisse von ZIRKLER et al. (2023) beitragen, ist das Verständnis der Entstehung und des Ablaufs eines Gasausbruches von grundlegender Bedeutung hinsichtlich der Bergbausicherheit. Nach GIESEL et al. (1989) ist davon auszugehen, dass im unverritzten Gebirge gasimprägniertes Salz stabil ist und unter Gebirgsdruck (triaxialer Spannungszustand) ansteht. Durch Annäherung eines Abbauhohlraumes (Grubenbau) geht das Salz in einen uni- oder biaxialen Spannungszustand über und wird dadurch längs entstehender, oberflächenparalleler Klüfte zerstört. Das im Salz gebundene Gas kann unter dem nun geringeren Druck expandieren. Die freiwerdende Energie zerstört das umliegende Salzgestein, was bis zur Erreichung gasarmer Salzpartien zu einer fortschreitenden Kettenreaktion führt. Zurück bleiben das ausgeworfene Haufwerk sowie eine Gasrachel als Ausbruchshohlraum, deren Wandung zumeist eine konzentrische Schieferung als Relikt der fortschreitenden Ausbruchsfrent aufweist (Rachelschieferung). Die Vermeidung von Gasausbrüchen ist im elementaren Interesse des Bergbaus, da diese ein Sicherheitsrisiko sowohl für Menschen (Austritt nicht atembare Gase, Sauerstoffmangel, mechanische Verletzungen) aber auch Arbeitsmittel (Verschüttung, Zerstörung, Blockierung) darstellen, was zu Unfällen sowie Produktionsausfällen führt. Die CO<sub>2</sub>-Ausbrüche



Das in über 100 Jahren Bergbautätigkeit dokumentierte Gasgeschehen im Werra-Fulda-Kaligebiet wurde erstmals werks- und standortübergreifend harmonisiert, ausgewertet und einheitlich bewertet. Dies verbessert unser Prozessverständnis und trägt zur Verbesserung der Prognosegüte geologischer Risikoindikationen bei.

treten, basierend auf den bergbaulichen Sicherheitsmaßnahmen, im Ergebnis des Sprengens über Schichtwechsel auf. Wesentliche geowissenschaftliche sowie bergtechnische Beiträge zur Gasführung salinärer Gesteine sowie der assoziierten Bergbausicherheit im Werra-Kaligebiet

lieferten HARTWIG (1954), DUCHROW (1965 und 1988), KÄSTNER (1969), HÄFNER (1971), MARGGRAF & HÄFNER (1979), HERRMANN (1988), STÄUBERT & STÄUBERT (1989), GIESEL et al. (1989), WAGNER (2004), FRANK et al. (2020) sowie STRAUCH et al. (2022).

## 2. Räumliche Verteilung der CO<sub>2</sub>-Ausbrüche im Werra-Kaligebiet

Gasereignisse und Gasracheln sind in der überwiegenden Mehrzahl assoziiert mit vertikalen, meist um Nord-Süd streichenden Schnitten und oft parallel entlang der Schnittachsen angeordnet. Diese Schnitte wiederum stehen in Verbindung mit zumeist um Nord-Süd streichenden, mit dem miozänen Magmatismus verknüpften, Störungszonen (Abb. 1)

Eine Auswertung der räumlichen Lage und der Intensität dokumentierter Gasereignisse erfolgte auf Grundlage betrieblicher Unterlagen des Werkes Werra. Unter Annahme einer mittleren Dichte von 2200 kg/m<sup>3</sup> für das Salzgestein, wurde als Maß für die Größe eines Gasereignisses die Menge ausgeworfenes Haufwerks in Tonnen abgeschätzt. Insgesamt wurden ca. 36.000 Gasereignisse von REIFF (2021) und ZIRKLER (2023) getrennt für die Kaliflöze Hessen (K1H) und Thüringen (K1Th) räumlich erfasst und in fünf Kategorien nach Ausbruchstonnage klassifiziert (Abb. 2 und 3). Die Daten wurden hierbei erstmals standortübergreifend harmonisiert, ausgewertet und bewertet.

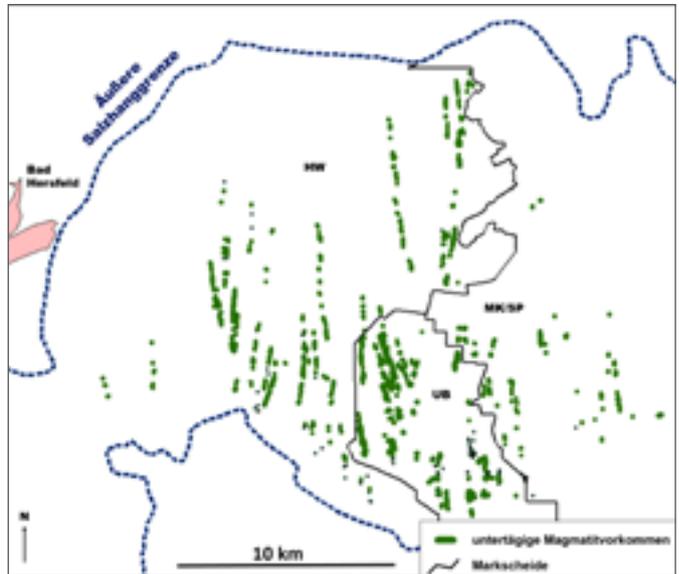


Abbildung 1: Untertägige Magmatitvorkommen in den Kaliflözen Hessen und Thüringen im Salinar der Werra-Kalilagerstätte. Zusätzlich dargestellt sind die Stadt Bad Hersfeld (blass rot) sowie die Äußere Salzhanggrenze der Werra-Fulda-Kalisalzlagerstätte (blau).

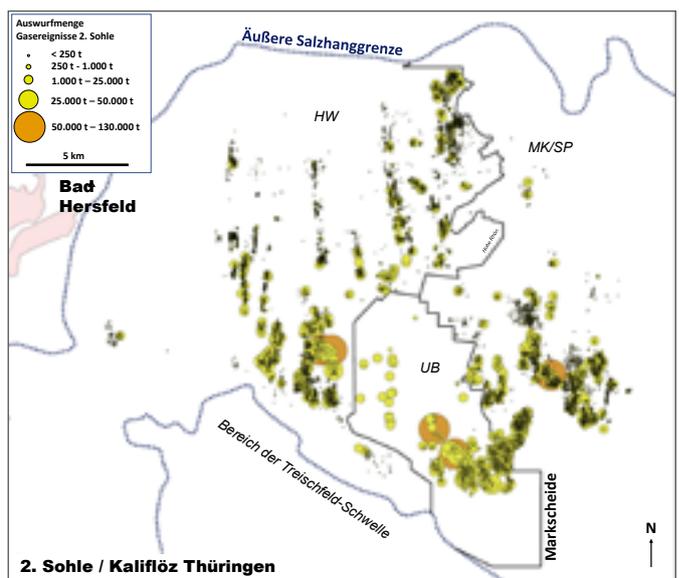
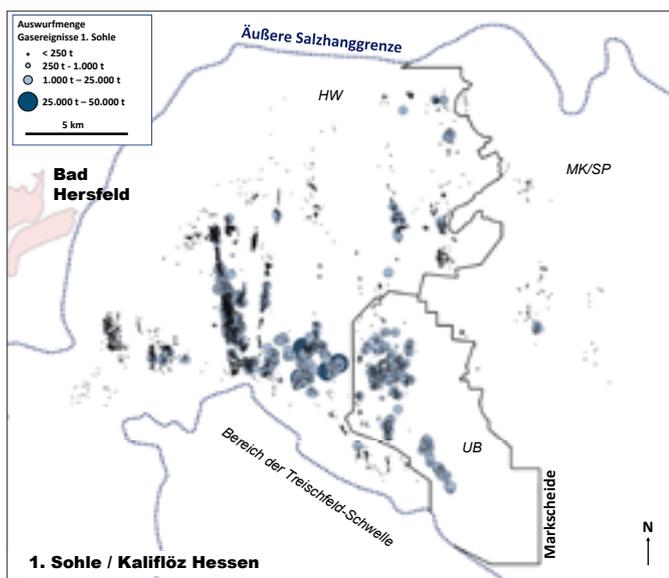


Abbildung 2 und 3: Gasereignisse im Niveau der Kaliflöze Hessen (links) und Thüringen (rechts). Zusätzlich dargestellt sind die Stadt Bad Hersfeld (blass rot) sowie die Äußere Salzhanggrenze der Werra-Fulda-Kalisalzlagerstätte (blau). Die Markscheide (schwarz) bildet die Grenze zwischen den Grubenfeldern Hattorf/Wintershall (HW), Merkers-Springen (MK/SP) sowie Unterbreizbach (UB).

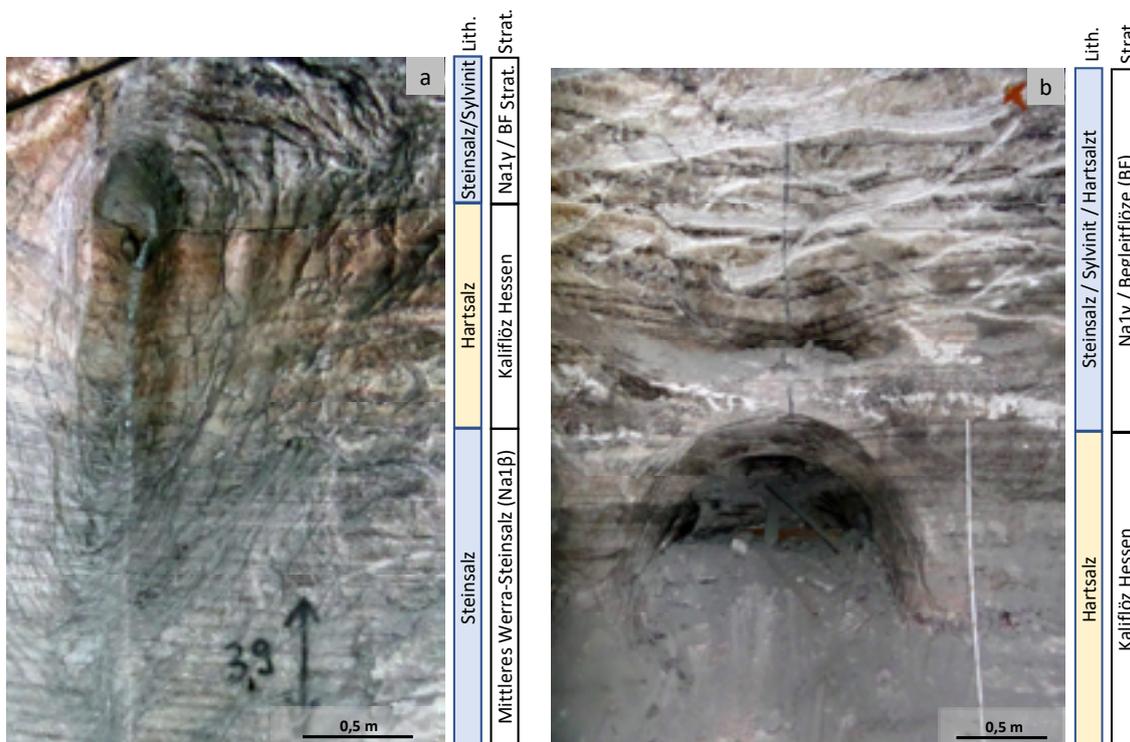
Es wird ersichtlich, dass für das Kaliflöz Hessen ein Schwerpunkt der Ausbruchstätigkeit im Süden des Grubenfeldes Hattorf-Wintershall sowie im Grubenfeld Unterbreizbach in einer Nordwest-Südost streichenden Zone vor dem südlichen Salzhang an der Treischfeld-Schwelle liegt. Gleichzeitig sind um Nord-Süd ausgerichtete, lineare Zonen erhöhter Gasaktivität erkennbar, die überwiegend von kleineren Gasausbrüchen < 1000 t Ausbruchsmenge dominiert werden. Diese um Nord-Süd ausgerichteten Gasausbruchszonen folgen den Gangzonen der magmatischen Aktivität (vgl. Abb. 1).

Gleiches gilt für das Ausbruchsgeschehen im Kaliflöz Thüringen (Abb. 3). Auch hier ist neben den linear um Nord-Süd ausgerichteten Gaszonen eine erhöhte Ausbruchstätigkeit im Süden des Grubenfeldes Hattorf-Wintershall, in Unterbreizbach sowie den südlichen Bereichen des Grubenfeldes Merkers/Springen erkennbar. Tendenziell sind die Ausbrüche im Niveau des Kaliflöz Thüringen größer. Ein weiterer Bereich erhöhter Gas-Ausbruchsneigung ist zu-

dem im Nordosten des Grubenfeldes Hattorf-Wintershall in Annäherung an die Grube Merkers/Springen nachweisbar.

Innerhalb der Abbauhazone ist erkennbar, dass die vertikale Anordnung von Gasracheln entlang eines Schnittes sich zumeist auf Kalium- und Magnesium-haltige Horizonte der Kaliflöze Hessen und Thüringen sowie der zugehörigen Begleitflöze konzentriert (Abb. 4). Gasracheln im Kaliflöz Hessen treten dominant in den kieseritreichen Bereichen des Flockensalzes und der Wurmpartie auf. Im Kaliflöz Thüringen treten diese bevorzugt im oberen Flözabschnitt, dem sog. Faziesteil bzw. Zone 5-6 des Kaliflöz Thüringen auf.

Bei größeren Gasanreicherungen werden auch weitere Lagerhorizonte, wie die Begleitflöze und das umgebende Steinsalz in den Gas-Salz-Auswurfsgeschehen mit einbezogen (Abb. 5). Des Weiteren ist zu erkennen, dass Gasracheln häufig nach oben hin von einer lithologischen Trennfläche, zumeist Anhydrit- oder Tonlagen, begrenzt sind.



**Abbildung 4:** Schnittgebundene Gasracheln im Niveau des Kaliflöz Hessen, Grubenfeld Hattorf-Wintershall. (a) vertikale Schnittstruktur im Übergangsbereich des Mittleren Werra-Steinsalzes zum Kaliflöz Hessen (rotbräunliches Hartsalz in der oberen Bildhälfte) (b) Gasausbruch im Niveau des Kaliflöz Hessen. Ein vertikaler Schnitt ist an der dunkelgrauen, anhydritischen Füllung erkennbar. Gasracheln treten konzentrisch um den Schnitt, bevorzugt in kalium-führenden Salzpartien (Kaliflöz Hessen und Begleitflözhorizonte), auf.



### 3. Zusammenhang von Lithologie der Kaliflöze und Gasausbrüchen

Zur Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Salzgesteinsart und Ausbruchsaktivität wurden Karten der Salzgesteinsverbreitung, sogenannte Faziesrisse, flächenbezogen ausgewertet. Die grundflächenbezogene Auswertung der kartierten, lithofaziellen Ausprägungen der Kaliflöze Thüringen und Hessen zeigt Abbildung 6. Ersichtlich ist die dominant kieseritische Hartsalzausprägung des Kaliflözes Hessen mit 76 % Flächenanteil. Daneben treten untergeordnet Vertaubungszonen mit 9% und langbeinitisches Hartsalz sowie Trümmercarnallit über Hartsalz mit jeweils 4% Flächenanteil auf. Hingegen ist das Kaliflöz Thüringen von Hartsalz mit auflagerndem Trümmercarnallit mit 52% Flächenanteil dominiert, gefolgt von Sylvinit über Hartsalz mit je 14%.

Bringt man die Anzahl signifikanter Gasausbrüche  $\geq 100$  t in Einklang mit der lithofaziellen Ausbildung der jeweiligen Kaliflöze zeigt sich in absoluten Zahlen die nach REIFF (2021) beschriebene Dominanz der Hartsalz-Lithofazies für das Ausbruchsgeschehen (siehe Legende Abb. 6). Es folgen die halitischen Vertaubungen und Hartsalz mit auflagerndem Sylvinit im Kaliflöz Hessen (Abb. 7 – oben). Normiert man die Anzahl der dokumentierten Gasereignisse  $\geq 100$  t auf einen Quadratkilometer aufgefahrener Salzgesteinsart, so zeigt sich eine Dominanz der Ausbruchsaktivität in den lithofaziellen Ausprägungen des Sylvinit-Carnallitits über Hartsalz (rechnerisch 69 Ausbrüche  $\geq 100$  t je aufgefahrenem  $\text{km}^2$  Salzgestein) sowie dem reinen Sylvinit über Hartsalz (rechnerisch 24 Ausbrüche  $\geq 100$  t je aufgefahrenem  $\text{km}^2$  Salzgestein). Die reine Hartsalz-Lithofazies sowie die carnallitische Lithofazies (Carnallitit über Hartsalz) treten mit je sechs bzw. fünf Ausbrüchen je  $\text{km}^2$  aufgefahrener Salzgesteinsart in den Hintergrund (Abb. 7 – unten).

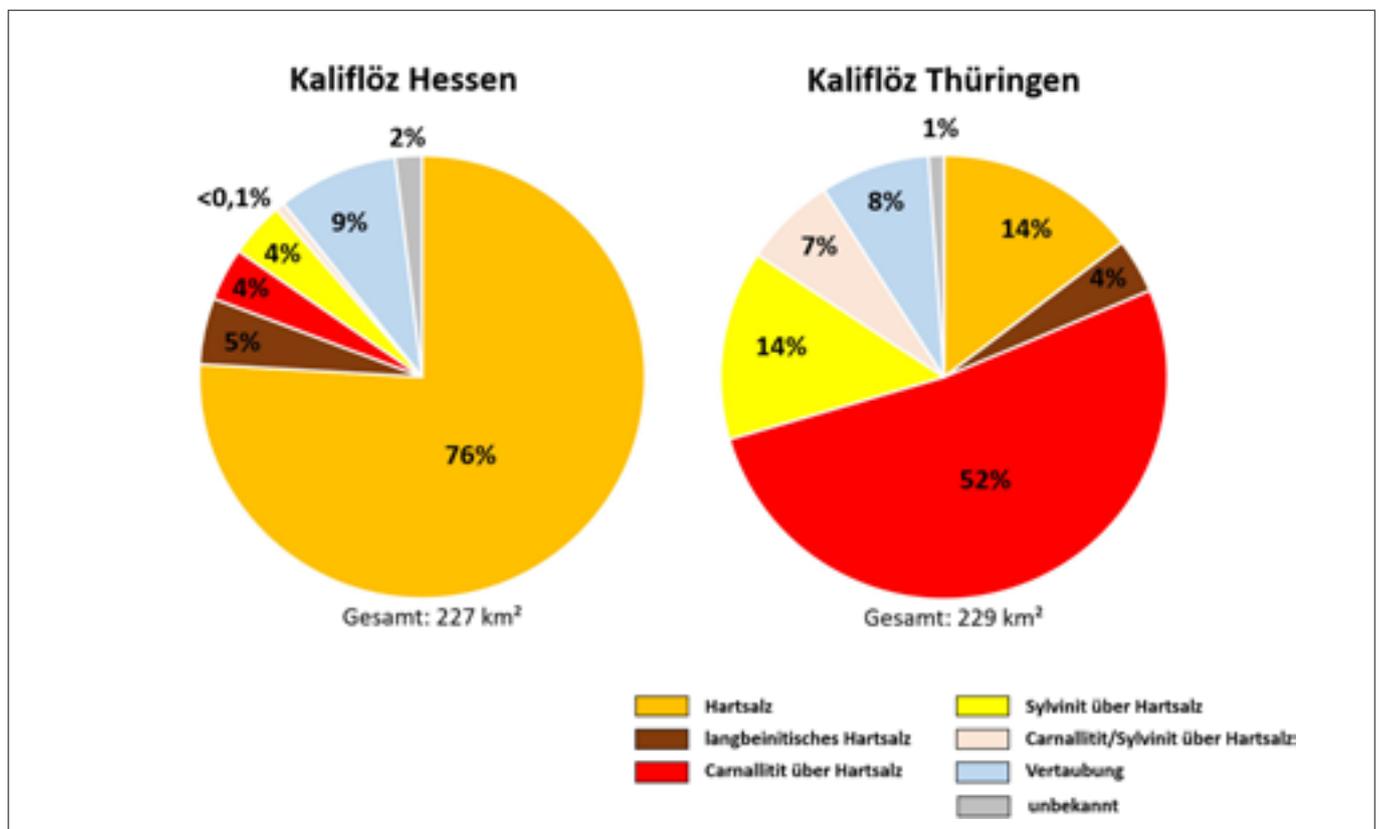
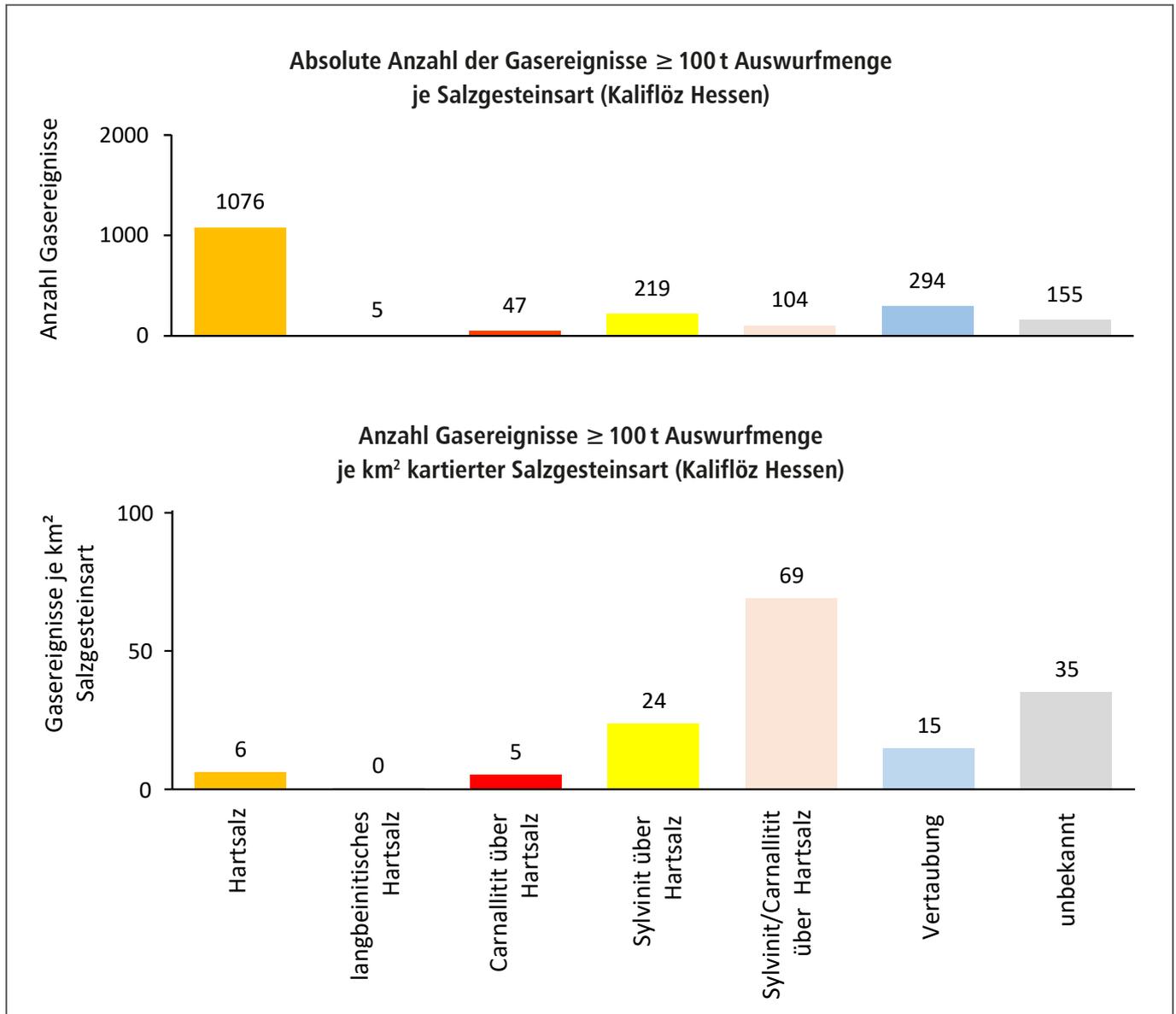


Abbildung 6: Prozentuale Auswertung der Flächenanteile kartierter Bereiche gleicher lithofazieller Ausprägungen der Kaliflöze Hessen und Thüringen im Werra-Kaligebiet.



**Abbildung 7:** Auswertung des dokumentierten Gasgeschehens bezogen auf die lithofazielle Ausprägung des Kaliflözes Hessen, Werk Werra nach REIFF (2021.) **Oben:** Absolute Anzahl von Gasereignissen  $\geq 100$  t Auswurfmenge je Salzgesteinsart. **Unten:** Anzahl dokumentierter Gasereignisse  $\geq 100$  t Auswurfmenge normiert je km² kartierter Salzgesteinsart.

Für das Kaliflöz Thüringen zeigt die Filterung des Datensatzes auf signifikante Ausbrüche mit  $\geq 100$  t Auswurfmaterial eine Dominanz der sylvinitischen und carnallitisch-sylvinitischen Lagerausprägung im Hinblick auf das Gasgeschehen (Abb. 8 – oben).

Normiert man erneut die dokumentierten Gasereignisse  $\geq 100$  t Auswurfmaterial je km² kartierter Fläche gleicher Salzgesteinsart (Abb. 8 – unten), so zeigt sich die signi-

fikant höchste Ausbruchsneigung im Niveau des Kaliflözes Thüringen in sylvinitisch-carnallitischer und sylvinitischer Lithofazies mit 88 bzw. 83 Ausbrüchen  $\geq 100$  t Auswurfmaterial je km², gefolgt von der Ausbruchsneigung in vertaubten Bereichen des Kaliflözes Thüringen (25 Ausbrüche  $\geq 100$  t Auswurfmaterial je km²). Die Ausbruchsneigung carnallitischer Lagerbereiche sowie reiner Hartsalz zonen ist hingegen deutlich geringer mit fünf bzw. drei Ausbrüchen  $\geq 100$  t Auswurfmaterial je km³.

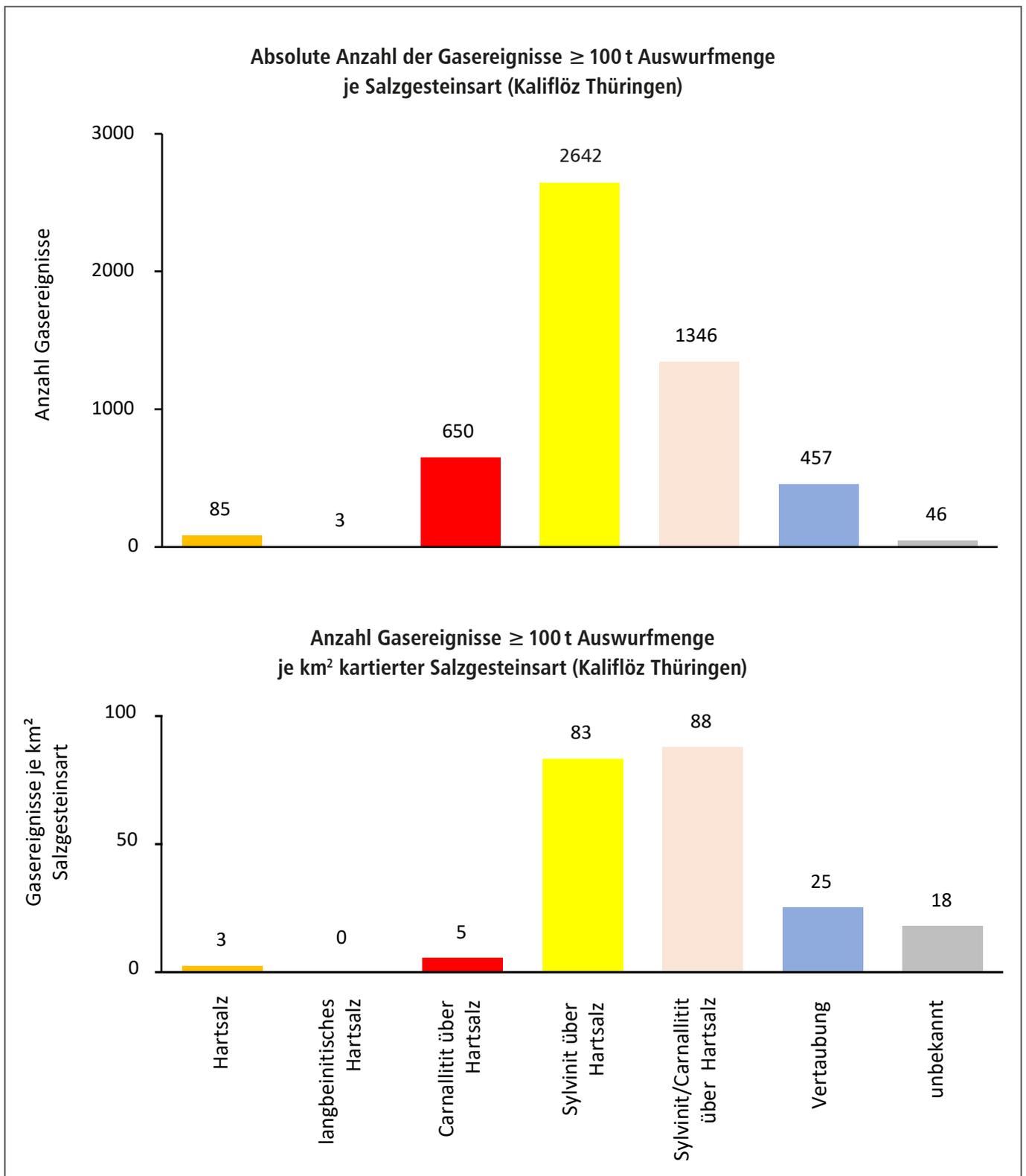


Abbildung 8: Auswertung des dokumentierten Gasgeschehens bezogen auf die lithofazielle Ausprägung des Kaliflözes Thüringen, Werk Werra nach REIFF (2021). **Oben:** Absolute Anzahl von Gasereignissen  $\geq 100$  t Auswurfmenge je Salzgesteinsart.

**Unten:** Anzahl dokumentierter Gasereignisse  $\geq 100$  t Auswurfmenge normiert je km<sup>2</sup> kartierter Salzgesteinsart.

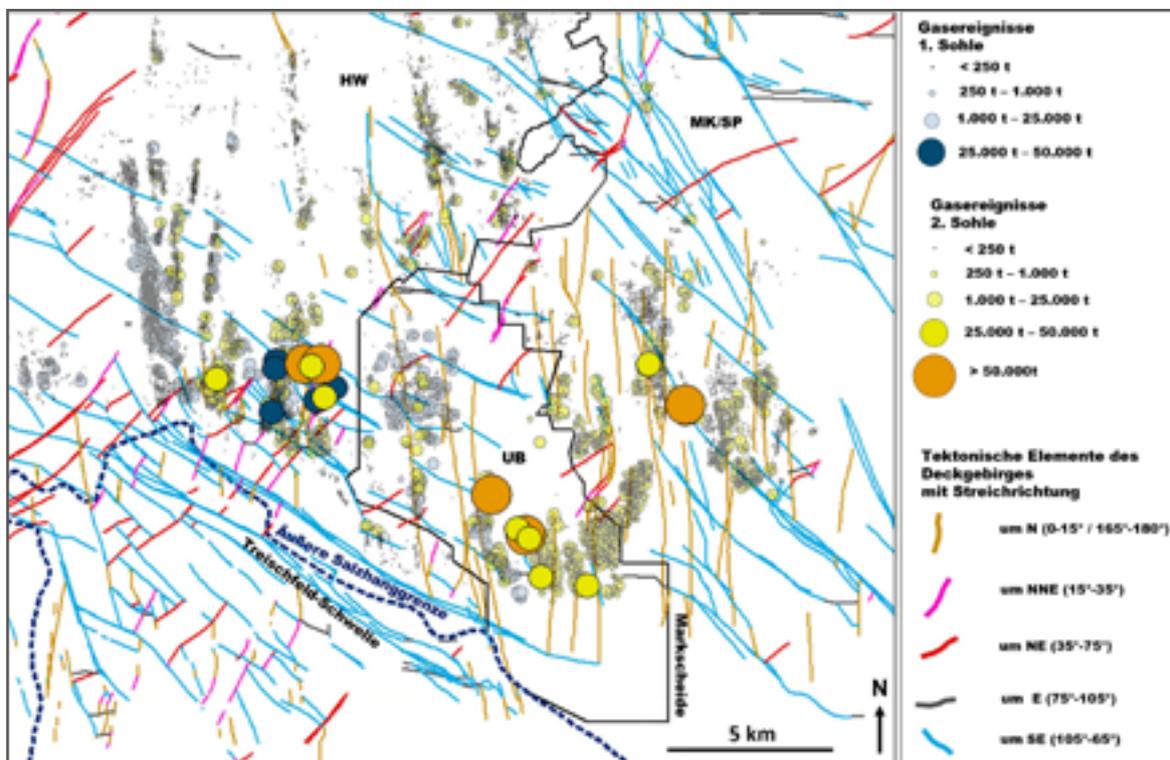
## 4. Tektonischer Strukturbau und CO<sub>2</sub>-Ereignisse

Die herausgearbeiteten Lokationen signifikanter Gasereignisse (Abb. 2 und 3) lassen auf einen Zusammenhang mit der strukturellen Prägung des Arbeitsgebietes schließen. Die kombinierte Darstellung tektonischer Elemente des Suprasalinars (Deckgebirge der Kalisalzlagerstätte) mit dem Gasgeschehen im Werra-Kaligebiet bestätigt den Zusammenhang beider Datensätze (Abb. 9).

Die größten Gasausbrüche liegen hierbei in einer Nordwest-Südost streichenden Zone im südlichen Bereich der Werra-Kalisalzlagerstätte. Die Nordwest-Südost streichenden tektonischen Elemente des Deckgebirges korrelieren hierbei mit der Lage der signifikanten Gasausbrüche im Salinar (ZIRKLER, 2023). Die größten Gas-Salz-Ausbrüche liegen im Kaliflöz Thüringen (2. Sohle) des Grubenfeldes Unterbreizbach, in direkter Verlängerung der Nordwest-Südost-Strukturen (cyan) des Suprasalinars im Übergangsbereich zu den Nord-Süd-Strukturen der Störungszonen mit Magmatit-

Bezug (grün). Im Bereich der größten Gasereignisse beider Kaliflöze im Grubenfeld Hattorf-Wintershall zeigt das Deckgebirge einen Kreuzungsbereich von Nordost-Südwest, Nord-Süd und Nordwest-Südost-Strukturen. Die weiter westlich im Grubenfeld Hattorf-Wintershall anschließenden, um Nord-Süd streichenden Störungen im Salinar, mit kleineren bis mittleren Gasereignissen, korrelieren nicht mit Nord-Süd-Strukturen im Suprasalinar und liegen nicht im Bereich einer prägnanten Kreuzungsstruktur des Suprasalinars (Abb. 9). Diese sind daher allein auf die Bildung der magmatischen Gangzonen zurückzuführen. Ein Vergleich mit dem Störungsinventar des Subsalinars (Liegendes der Kalilagerstätte) zeigt weiterhin die enge Verknüpfung der Strukturen mit dem Salinar und dem Suprasalinar.

Zwei weitere Gasausbrüche mit einer Auswurfmenge > 25.000 t liegen weiter nördlich im Grubenfeld Merkers/Springen (ehemals Menzengraben). Auch diese befinden sich im Kreuzungsbereich einer kartierten Nordwest-Südost-Struktur (cyan) des Deckgebirges mit Magmatit-führenden Nord-Süd-Strukturen (grün). Betrachtet man die



**Abbildung 9:** Tektonische Elemente des Suprasalinars und untertägiges Gasgeschehen im südlichen Bereich des Werra-Kaligebietes. Die Markscheide (schwarz) bildet die Grenze zwischen den Grubenfeldern Hattorf/Wintershall (HW), Merkers/Springen (MK/SP) sowie Unterbreizbach (UB). Zusätzlich dargestellt ist die Äußere Salzhanggrenze der Werra-Fulda-Kalisalzlagerstätte (blau).

Nordwest-Südost streichenden Störungen im Suprasalinar ist auffallend, dass die im südlichen Bereich des Grubenfeldes Hattorf-Wintershall deutliche Scharung dieser Elemente an den Nord-Süd-Lineamenten absetzt und im Bereich des Grubenfeldes Merkers/Springen, scheinbar um ca. 4 km nördlich versetzt, eine Fortsetzung findet. Dies könnte ein Hinweis auf eine transversale Verschiebungskomponente entlang der Nord-Süd-Lineamente sein.

#### Literatur:

BESSERT, F., 1933. Geologisch-petrographische Untersuchungen der Kalilager des Werra-Gebietes unter besonderer Berücksichtigung der Verbaubungserscheinungen. Archiv für Lagerstättenforschung, 57, 45 S.

DIETZ, C., 1928. Die Salzlagerstätte des Werra-Kaligebietes. Hrsg.: Preußische Geologische Landesanstalt, 129 S.

DUCHROW, G., 1965. Grubensicherheitliche Auswertung eines Massenunglücks durch CO<sub>2</sub>-Gase. Bergakademie, 17 (4), S. 208 – 214.

DUCHROW, G., 1988. Forschungen zum Phänomen der Salz-Gas-Ausbrüche im Werra-Kaligebiet der DDR. Neue Bergbautechnik, 18 (7), S. 241 – 250.

DUCHROW, G., 2001. Kali und Kohlensäure in einem – ein Kapitel südthüringische Kalibergbaugeschichte. Sondershäuser Hefte zur Geschichte der deutschen Kaliindustrie, 1, 62 S.

FRANK, A.H., VAN GELDERN, R., MYRTTINEN, A., ZIMMER, M., BARTH, J.A.C. & STRAUCH, 2020. Geological CO<sub>2</sub> quantified by high-temporal resolution stable isotope monitoring in a salt mine. Scientific Reports, 10, 20671. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77635-5>.

GIESEL, R.J., HAASE, G., MARGGRAF, P., SALZER, K. & THOMA, K., 1989. Drei Jahrzehnte Ausbruchforschung im Kalibergbau des Werrareviere der DDR. Zeitschrift geologischer Wissenschaft, 17 (4), S. 333 – 346.

GIMM, W., HÄFNER, H.P. & MARGGRAF, P., 1976. Gegenwärtiger Stand der Beherrschung der CO<sub>2</sub>-Gasgefahren im Werrakalibergbau der DDR. Neue Bergbautechnik, 6 (8), S. 596 – 600.

HÄFNER, H.P., 1971. Versuchsergebnisse beim Großlochbohren in ausbruchsaktivem Salz und vorläufige Schlußfolgerungen über die Ausbruchgefahr bei schneidender Gewinnung. Freiburger Forschungshefte A 493, S. 59 – 69.

HARTWIG, G., 1954. Zur Kohlensäureführung der Werra- und Fulda-Kalialzlagere. Kali und Steinsalz, 1 (5), S. 3 – 26.

HERRMANN, A.G., 1988. Gase in marinen Evaporiten. PTB informiert: Fachbeiträge zur Sicherstellung und Endlagerungen radioaktiver Abfälle, 2/88, 33 S.

HERRMANN, A.G. & KNIPPING, J.K., 1993. Fluids in marine evaporites. In: Waste Disposal and Evaporites, Lecture Notes in Earth Sciences, 45, S. 55 – 110.

Durch die standortübergreifende Betrachtung des Gasgeschehens innerhalb der Werra-Kalialzlagerestätte, konnte somit erstmals der maßgebliche Einfluss der strukturellen Prägung des Sub- und Suprasalinars auf die heute vorliegende Gasimprägung des Werra-Salinars, insbesondere innerhalb der beiden Kaliflöze Hessen und Thüringen, gezeigt werden.

HOPPE, W., 1960. Die Kali- und Steinsalzlagerestätten des Zechsteins in der deutschen Demokratischen Republik – Teil 1 – Das Werra-Gebiet. Freiburger Forschungshefte, C 97 (1), 166 S.

KÄSTNER, H., 1969. Zur Geologie der Kalialz- und Kohlensäurelagerestätten im südlichen Werra-Kaligebiet. Abhandlungen des Zentralen Geologischen Instituts, 11, S. 1 – 96.

KOCH, K. & VOGEL, J., 1980. Zu den Beziehungen von Tektonik, Sylvinitbildung und Basaltintrusionen im Werra-Kaligebiet. Freiburger Forschungshefte, C 347, 104 S.

MARGGRAF, P. & HÄFNER, P., 1979. Strategische Konzeption zur Beherrschung der CO<sub>2</sub>-Gefahr im Kalibetrieb Werra. Interner F&E-Bericht des VEB Kombines KALI – DB Forschung, 46 S.

REIFF, M., 2021. Dokumentation und Bewertung ausgewählter Schnittzonen im Salinar des Standortes Hattorf/Wintershall, Werk Werra. Unveröffentlichte Masterarbeit an der Montanuniversität Leoben, 104 S.

STÄUBERT, U. & STÄUBERT, A., 1989. Zum Einfluß der Tektonik auf die Gasführung im Salinar. Zeitschrift geologischer Wissenschaft, 17 (4), S. 369 – 380.

STRAUCH, B., RICHTER, H., ZIMMER, M., GIESE, R. & ZIRKLER, A., 2022. Underground in-situ investigation of spatial and temporal changes of rock salt integrity in the marginal area of a natural CO<sub>2</sub>-rich cavernous structure. Applied Geochemistry, 139, 105264, <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2022.105264>.

WAGNER, D., 2004. CO<sub>2</sub> blowouts in the German history of salt mining. British Geological Survey Internal Report, IR/04/124, 12 S.

ZIMMER, M., STRAUCH, B., ZIRKLER, A., NIEDERMANN, S. & VIETH-HILLEBRAND, A., 2020. Origin and Evolution of Gas in Salt Beds of a Potash Mine. Advances in Geosciences, 54, S. 15 – 21.

ZIRKLER, A., OLBERT, J. & GLASMACHER, U.A., 2023. Bericht „Magmatite“ zum K+S F&E-Projekt "Geologische, petrologische und geochemische Bewertung der basischen Magmatite und salinaren Nebengesteine im Werra-Fulda-Kaligebiet ein Beitrag zur nachhaltigen Lagerstättenutzung"; Petrographie, Geochemie und Alter untertägiger magmatischer Gänge und übertägiger Vulkanite. Interner Bericht der K+S Aktiengesellschaft, 62 S.

ZIRKLER, A. (2023): Untersuchungen zum känozoischen, basischen Magmatismus sowie zur strukturgeologischen Prägung des Werra-Fulda-Kaligebietes als Randbedingungen der Gasführung salinärer Gesteine im Arbeitsgebiet. Inaugural-Dissertation, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, 264 S.





**M. Eng Quirin Kraus**  
Geschäftsführer,  
Sachtleben Technology  
GmbH

# Materialstromüberwachung entlang der gesamten Prozesskette

In modernen Schüttgutprozessen ist die präzise Erfassung und Überwachung von Materialströmen entscheidend – sei es in der Gewinnung, Aufbereitung oder Logistik. Die Sachtleben Technology GmbH (ST GmbH) entwickelt eine modulare Plattform (OWLEYE®) als umfassende Lösung zur berührungslosen Volumen- und Massenstrommessung entlang der gesamten Prozesskette – von der Halde bis zum Förderband, von der mobilen Maschine bis zum Silo. Dabei kombiniert das System präzise Sensortechnologie mit intelligenter Datenanalyse und Zustandsüberwachung.

## ***Material Flow Monitoring Along the Entire Process Chain***

*In modern bulk material processes, precise monitoring of material flow is essential – from extraction and processing to logistics. Sachtleben Technology GmbH (ST GmbH) is developing a modular platform (OWL EYE®) as a comprehensive solution for non-contact volume and mass flow measurement across the entire process chain – from stockpiles to conveyor belts, from mobile machines to silos. The system combines precise sensor technology with intelligent data analysis and condition monitoring.*

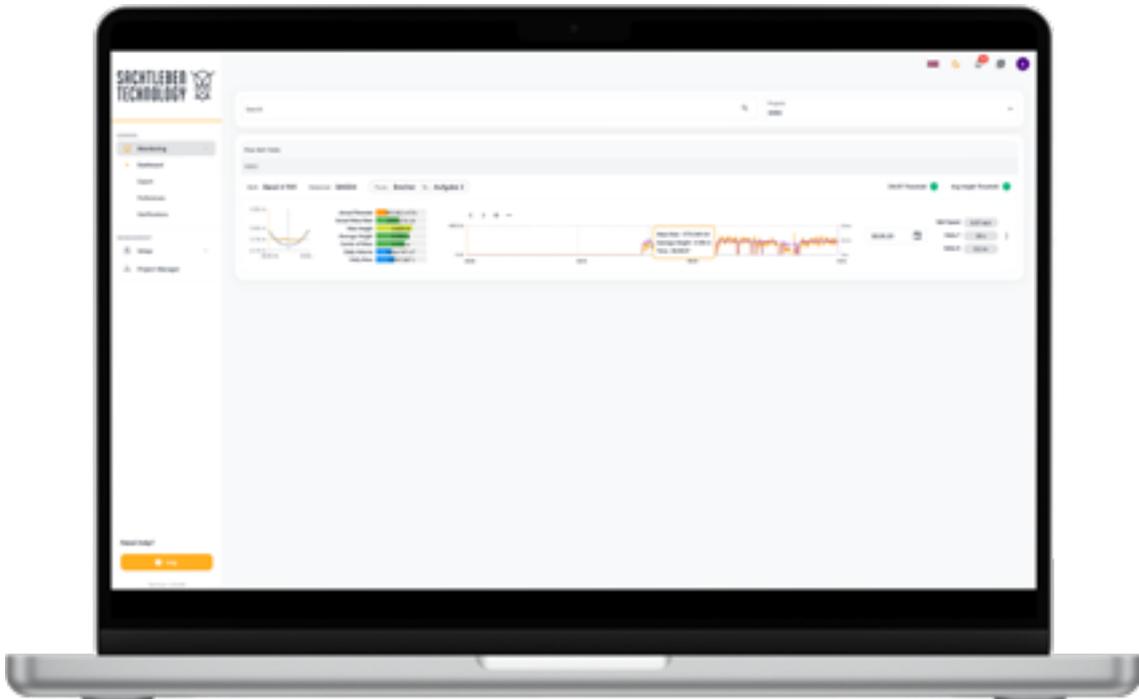


Abbildung 1: Dashboard Volumenstrommessung

## Mengenüberwachung im Bergbau

Im Bergbau und in der Schüttgutlogistik steht alles im Zeichen der Massenbewegung – der wirtschaftliche Wert liegt im gefördertem Material, das transportiert, gelagert und weiterverarbeitet werden muss. Doch gerade in diesem Umfeld agieren Gewinnung, Aufbereitung und Logistik oft nicht synchron: Fördermengen schwanken, Anlagenkapazitäten sind begrenzt und Transportmittel unterliegen externen Einflussfaktoren. Die Folge sind regelmäßig temporäre Haldenbildung, Materialstaus oder ungenutzte Lagerflächen.

Eine präzise und kontinuierliche Mengenüberwachung schafft hier die notwendige Transparenz. Sie erlaubt es, Engpässe frühzeitig zu erkennen, Förderprozesse besser aufeinander abzustimmen und auf Basis realer Daten fundierte Entscheidungen zu treffen – etwa zur Steuerung des Radlader-Einsatzes, zur Optimierung von Fahrwegen oder zur Auswertung von Anlageneffizienz. Letztlich ist die exakte Kenntnis über den aktuellen Materialfluss entscheidend, um den Betrieb wirtschaftlich, planbar und resilient gegenüber Störungen zu gestalten.

## Ein System – viele Messpunkte

Die modulare Plattform der ST GmbH versteht sich nicht als Einzelgerät, sondern als skalierbares, integratives System zur Überwachung von Massenströmen an verschiedenen Stellen innerhalb eines Betriebes. Die Plattform umfasst mehrere spezialisierte Module:

### 1. Statische Haldenvolumenmessung

Fest installierte LiDAR- oder 3D-Sensoren erfassen regelmäßig den Volumenzuwachs oder -abbau von Lagerplätzen. Die Daten werden automatisch in 3D-Modelle überführt, die Materialbewegungen dokumentieren und verlässliche Bestandsdaten liefern.

### 2. Mobile Haldenvermessung

Speziell entwickelte Einheiten für den Einsatz auf Abwurförderbändern, Rotationsstackern oder Schaufelradbaggern ermöglichen eine kontinuierliche Messung direkt bei der Materialaufgabe. So wird der Aufbau von Halden live erfasst und analysiert. Das System kann dabei helfen zu prüfen, wie viel Restkapazität eine Halde noch hat und wann beispielsweise ein Radlader benötigt wird, um das

aufgestapelte Material zu verlagern. Dies ermöglicht eine optimierte Nutzung der Lagerflächen und verbessert den innerbetrieblichen Materialfluss.

### 3. Radlader-Mapping

3D LiDAR-Einheiten auf Radladern erfassen die Umgebung während des regulären Fahrbetriebs. Ohne zusätzlichen Aufwand entsteht ein dynamisches 3D-Bild der Halde – ideal zur Fortschrittskontrolle, Lagerverwaltung oder Dokumentation.

### 4. Behälter- und Bunkerüberwachung

Das neu entwickelte System kann zur Volumenmessung in geschlossenen oder halboffenen Behältern wie Aufgabebunkern, Brechern, Silos oder Trichtern eingesetzt werden. Das System detektiert kontinuierlich Füllstände, Volumen

und Veränderungen – auch unter schwierigen Bedingungen wie Staub oder wechselnden Lichtverhältnissen.

### 5. Förderband-Volumenstrommessung

Eine Kernkomponente der Plattform ist das berührungslose Volumenstrommodul für Förderbänder. Ein oberhalb des Bandes montierter 2D-LiDAR-Sensor erfasst kontinuierlich das Querschnittsprofil des Förderguts. In Kombination mit der Bandgeschwindigkeit wird der Durchsatz in  $\text{m}^3/\text{h}$  oder  $\text{t}/\text{h}$  berechnet. Die typische Messabweichung liegt bei  $\pm 1\%$ . Neben der präzisen Durchsatzmessung erkennt das System auch Materialverlagerungen, Schiefelauf, große Fremdkörper und Anomalien im Beladungsprofil, was es zu einem wichtigen Baustein für die automatisierte Prozessüberwachung macht.



Abbildung 2: Owl Eye® LiDAR Sensor über einem Förderband



## Erweiterte Förderbanddiagnose: Zustandsüberwachung als integraler Bestandteil

Neben der klassischen Volumen- oder Massenstrommessung ermöglicht das modulare System eine detaillierte Zustandsüberwachung des Förderbandes. Durch kontinuierliche Profilanalyse des Transportguts erkennt das System typische Betriebsabweichungen und potenzielle Schadensursachen frühzeitig. Dazu zählen unter anderem:

- Bandschieflauf, der auf ungleiche Belastung oder fehlerhafte Rollen zurückzuführen sein kann
- Asymmetrische oder instabile Beladung, die sich in Form veränderter Schwerpunkte im Materialquerschnitt äußert
- Große Fremdkörper („Big Rock Detection“), die mechanische Schäden verursachen oder nachgelagerte Prozesse beeinträchtigen können
- Unregelmäßigkeiten im Materialprofil, die auf Materialanhäufungen, Risse im Band oder Störungen im Aufgabesystem hinweisen können

Diese Merkmale werden kontinuierlich erfasst, bewertet und mit konfigurierbaren Schwellenwerten verglichen. Auf dieser Grundlage können gezielte Wartungsmaßnahmen eingeleitet werden – bevor es zu ungeplanten Stillständen oder Folgeschäden kommt. Die Kombination aus Durchsatzkontrolle und diagnostischer Funktionalität schafft somit einen Mehrwert für den produktionsnahen Betrieb und trägt zur Erhöhung der Anlagensicherheit und Verfügbarkeit bei.

## Systemintegration und Datenbereitstellung

Das System ist für den industriellen Dauerbetrieb konzipiert und lässt sich in bestehende Automatisierungs- und Leitsysteme integrieren. Die Kommunikation erfolgt über offene Schnittstellen, darunter:

- REST API für Cloud- und Softwareanbindungen
- OPC UA zur Einbindung in SCADA- und MES-Systeme
- Analoge Ausgänge für konventionelle SPS-Signale

Abbildung 3 (links): Owl Eye® LiDAR Sensor über einem Förderband

Ein zentrales browserbasiertes Dashboard erlaubt die Visualisierung sämtlicher Betriebsdaten – unabhängig von Standort und Endgerät. Zu den verfügbaren Funktionen gehören:

- Live-Anzeige des Durchsatzes in m<sup>3</sup>/h oder t/h
- Abruf historischer Messwerte inklusive 2D-Querschnittsprofilen
- Echtzeit-Warmmeldungen bei Grenzwertüberschreitungen
- Konfigurierbare Datenexporte zur Weiterverarbeitung oder Dokumentation

Optional ist eine automatische Druckluftreinigung der Sensoreinheit verfügbar, die insbesondere in staubintensiven Umgebungen die Systemverfügbarkeit erhöht.

## Anpassungsfähig für verschiedenste Schüttgüter

Die von der ST GmbH entwickelte Plattform ist materialunabhängig und kann für eine Vielzahl an Schüttgütern eingesetzt werden – unabhängig von Dichte, Korngröße oder Feuchtegehalt. Beispiele aus der Praxis belegen die Einsatzbreite:

- Holzprodukte: Hackschnitzel, Holzpellets, Sägemehl
- Industriemineralien: Quarzsand, Kalkstein, Gips, Kaolin
- Erze: Eisenerz, Kupfererz, Bauxit
- Steine und Erden: Schotter, Kies, Sand, Ton
- Chemische Materialien: Düngemittel, Kunststoffgranulate, Pulver
- Organische Materialien: Zuckerrübenschnitzel, Getreide (z. B. Weizen, Mais)

Somit liegt ein flexibel einsetzbares System zur Volumestrom- und Zustandsüberwachung – von der Lagerstätte bis zur Verladung vor.



**Thomas Kießling**  
Geschäftsführer,  
ERCOSPLAN  
Ingenieurgesellschaft  
Geotechnik und  
Bergbau mbH



**Dr. Sascha Engler**  
Fachbereichsleiter  
Auslandsbergbau,  
ERCOSPLAN  
Ingenieurgesellschaft  
Geotechnik und  
Bergbau mbH

Fotomontage unter Nutzung von Bildmaterial mit freundlicher Genehmigung der Sandvik Mining and Construction Central Europe GmbH sowie der NORDMEYER SMAG Mining & Drilling Technologies GmbH

# Einflussfaktoren für die Auswahl des am besten geeigneten Gewinnungsverfahrens im konventionellen untertägigen Abbau von Kali- und Steinsalzlagerstätten

Der weltweite Abbau untertägiger Kali- und Steinsalzlagerstätten erfolgt vor allem durch schneidende Gewinnung im Teil- oder Vollschnittverfahren, seltener durch Bohr- und Sprengarbeit oder durch soltechnische Gewinnung. Dieser Artikel diskutiert die Einflussfaktoren, welche die Machbarkeit und die Effizienz der Bohr- und Sprengarbeit im Vergleich zur schneidenden Gewinnung beeinflussen. Anhand einer Modellrechnung für drei unterschiedliche Szenarien wird die Sensitivität beider Gewinnungsverfahren gegenüber diversen Randbedingungen quantitativ untersucht.

## ***Factors Influencing the Selection of the Most Suitable Extraction Method for the Conventional Underground Mining of Potash and Rock Salt Deposits***

*The mining of underground potash and rock salt deposits is primarily carried out by cutting extraction using partial or full cutting methods, and less frequently by drilling and blasting or solution mining. This article discusses the factors influencing the feasibility and efficiency of drilling and blasting compared to cutting extraction. Using a model calculation for three different scenarios, the sensitivity of both extraction methods to various boundary conditions is quantitatively investigated.*

Die Gewinnung von Kalisalzen durch Bohren und Sprengen wird derzeit allein in Deutschland praktiziert. Das provoziert Zweifel, ob dieses Verfahren im 21. Jahrhundert noch zeitgemäß ist oder die weltweite Dominanz von schneidender Gewinnung im konventionellen Kalibergbau nicht als Indiz für eine wirtschaftliche Überlegenheit dieses Verfahrens verstanden werden muss. Schlussendlich gipfelt das in der Fragestellung, ob es auch zukünftig berechnete Gründe für die Anwendung der Bohr- und Sprengarbeit gibt. Argumente für das Bohren und Sprengen resultieren zum einen aus den natürlichen Randbedingungen der Lagerstätte selbst und darüber hinaus auch aus weiteren standortspezifischen Einflussfaktoren, was im Folgenden diskutiert werden soll.

### Vergleich der Gewinnungsverfahren anhand der Häufigkeit der Anwendung

Für die konventionelle Gewinnung untertägiger Kali- und Steinsalzlagerstätten findet seit Jahrzehnten weltweit

überwiegend die schneidende Gewinnung als mechanisiertes und kontinuierliches Gewinnungsverfahren Anwendung. Mit Blick auf die internationale Verteilung im Jahr 2024 (Abbildung 1) fällt auf, dass nur etwa 5% der Weltkaliproduktion aus Rohsalzen erzeugt wurden, die mittels Bohren und Sprengen gewonnen worden sind. Der weitaus größte Anteil der unter Tage konventionell bergmännisch gewonnenen Rohsalze entstammt der schneidenden Gewinnung und trägt zu 66% zur Weltkaliproduktion bei. Das entspricht einem Anteil von 93% an der insgesamt konventionell bergmännisch gewonnenen Rohsalzmenge, wogegen lediglich 7% auf das Bohren und Sprengen entfallen.

Obwohl ein ähnlich detaillierter Vergleich für die untertägige Gewinnung von festem Steinsalz aufgrund fehlender (öffentlich zugänglicher) statistischer Daten kaum möglich ist, lässt sich ebenfalls eine signifikante Dominanz der schneidenden Gewinnung gegenüber der Bohr- und Sprengarbeit annehmen.

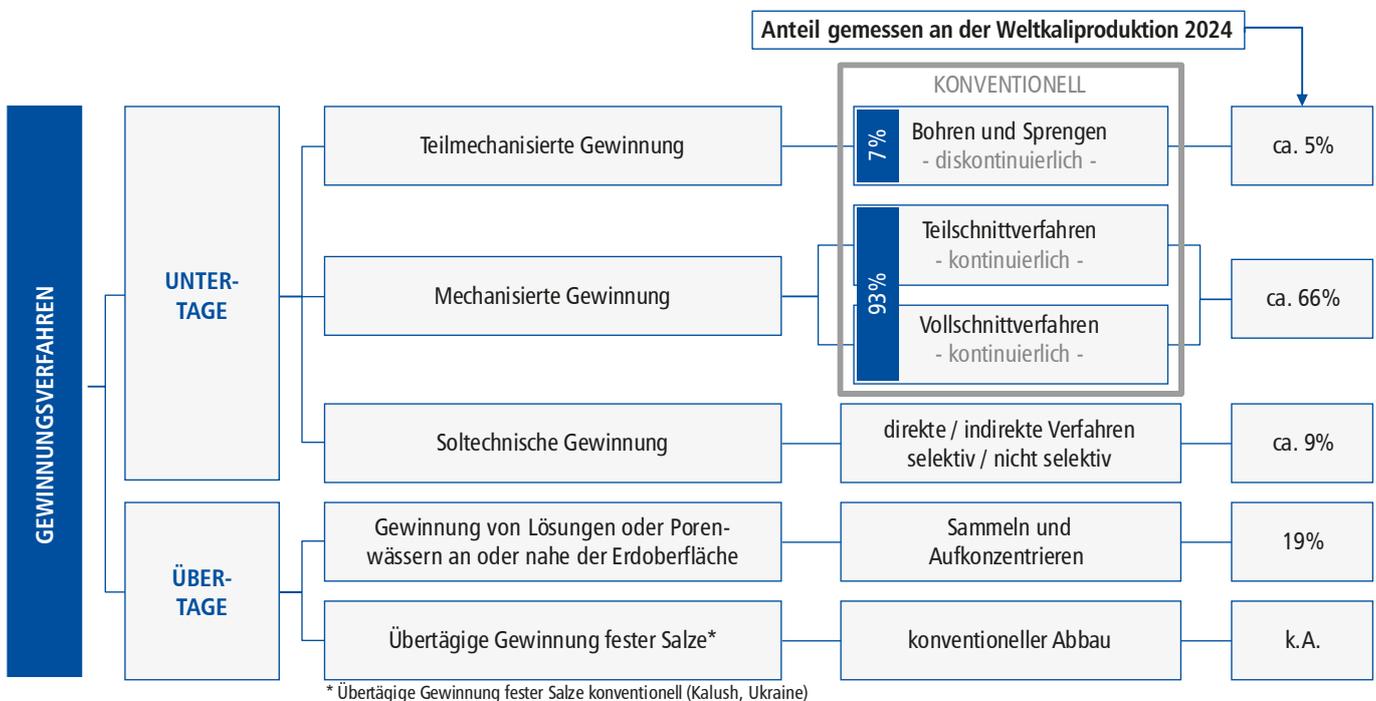


Abbildung 1: Überblick über die Gewinnungsverfahren in der Kaliproduktion gemessen an den installierten Produktionskapazitäten des Jahres 2024

## Lagerstättenbezogene Einflussfaktoren auf die Auswahl des Gewinnungsverfahrens

Bei der Auswahl des wirtschaftlichsten Verfahrens zur Gewinnung von Rohsalzen aus dem geologischen Untergrund bilden die lagerstättengeologischen Randbedingungen mit den daraus resultierenden geomechanischen, geohydraulischen sowie bergbau- und arbeitssicherheitslichen Konsequenzen die wesentlichsten Einflussgrößen. Die räumliche Verteilung der Rohstoffkörper und ihrer Wertstoffe darin, deren Mächtigkeiten und ihre Wechselhaftigkeit, ihr Einfallen und ihre Lagerungsstörungen – kurz: die Gestalt der Lagerstätte – diktiert die maßgeblichen technischen Anforderungen an das Gewinnungsverfahren: Eine gleichmäßige oder ungleichmäßige Verteilung der Lagerstättenmächtigkeit oder des Nutzmineralgehaltes, das Einfallen des oder der Kali- oder Steinsalzlager, gleichsam das Vorhandensein von vertaubten Abschnitten oder Zwischenmitteln oder die Wahrscheinlichkeit des Auftretens explosionsfähiger oder gefährlicher Gase sind sicherlich die signifikantesten, aber nicht ausschließlich zu betrachtenden Einflussfaktoren. Die Auswahl des geeigneten Gewinnungsverfahrens hat demnach im ersten Schritt basierend auf einer ausreichend detaillierten Erkundung der Lagerstätte und einem repräsentativen Lagerstättenmodell zu erfolgen, welches die genannten Parameter verlässlich beschreibt.

Neben dem Lagerstättenhorizont selbst kommt auch dem Liegenden und Hangenden in der flachen Lagerung bzw. auch dem Nebengebirge in der steilen Lagerung erhebliche Bedeutung zu: Die Aufrechterhaltung der Bergbau- und Arbeitssicherheit unter Berücksichtigung der Gegebenheiten der Lagerstätte erfordert im Einzelfall individuelle Firstsicherungsmaßnahmen, ein angepasstes Streckenprofil oder Explosionsschutzmaßnahmen. Die zu vergleichenden Gewinnungsverfahren bieten dabei unterschiedliche Lösungsansätze für die Ausführung der Arbeiten, welche jeweils die Anwendbarkeit und Performance der individuell verfügbaren Standardausrüstung und die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes beeinflussen. Nicht zuletzt schränken im Vergleich der Lagerstätten anspruchsvollere Randbedingungen die Anwendbarkeit aktuell verfügbarer Automatisierungslösungen oder eines autonomen Betriebes der Ausrüstung ein.

Die gesteinsphysikalischen Parameter des zu gewinnenden Rohstoffes als auch des Nebengesteins bestimmen die Schneidfähigkeit bzw. den spezifischen Sprengstoffverbrauch und haben signifikanten Einfluss auf den Verschleiß der Schneidwerkzeuge durch Abrassivität und sind demnach nicht nur für die Pfeilerdimensionierung relevant.

Einzelne oder mehrere dieser lagerstättengeologischen Einflussfaktoren können die Anwendung der schneidenden Gewinnung unwirtschaftlich oder gänzlich unmöglich machen, wogegen selbst inhomogene und absetzige Rohstoffkörper unterschiedlicher Mächtigkeiten und wechselnder Lagerungsverhältnisse mittels Bohr- und Sprengarbeit durchaus wirtschaftlich abgebaut werden können.

## Rückschlüsse auf die Auswahl des Gewinnungsverfahrens ausgehend von lagerstättenbezogenen Einflussfaktoren

Sicherlich sprechen die gleichförmigen Lagerstättenbedingungen der flachen Lagerung der ausgesprochen homogen ausgebildeten und annähernd horizontal gelagerten Kalilager im Westen Kanadas, im Uralvorland in Russland und in Belarus dafür, für den Löwenanteil der weltweiten konventionellen Kalirohsalzgewinnung die schneidende Gewinnung anzuwenden (Abbildung 2). Über Jahrzehnte wurden schneidende Gewinnungsmaschinen für den Einsatz unter diesen homogenen Lagerstättenbedingungen entwickelt und sind mittlerweile vollautomatisiert oder teils im autonomen Betriebsmodus flächendeckend im Einsatz. Diese lagerstättenbezogenen Einflussfaktoren und nicht zuletzt die im Vergleich zu Mitteleuropa wesentlich niedrigeren spezifischen Elektroenergiekosten bewirken einen klaren Vorteil für den Einsatz der schneidenden Gewinnung. Für den Abbau anspruchsvollerer Kali- oder Steinsalzlagerstätten sollte man sich jedoch vor einem vorschnellen Urteil bei der Auswahl des Verfahrens bewahren.

Unter Berücksichtigung lagerstättenspezifischer Einflussfaktoren zeichnen sich die Bohr- und Sprengverfahren durch eine vergleichsweise wesentlich höhere Flexibilität bei der Berücksichtigung von Mächtigkeitsschwankungen oder anspruchsvollen Bedingungen, wie beispielsweise steilem oder sich über kurze Entfernung änderndem Einfallen der

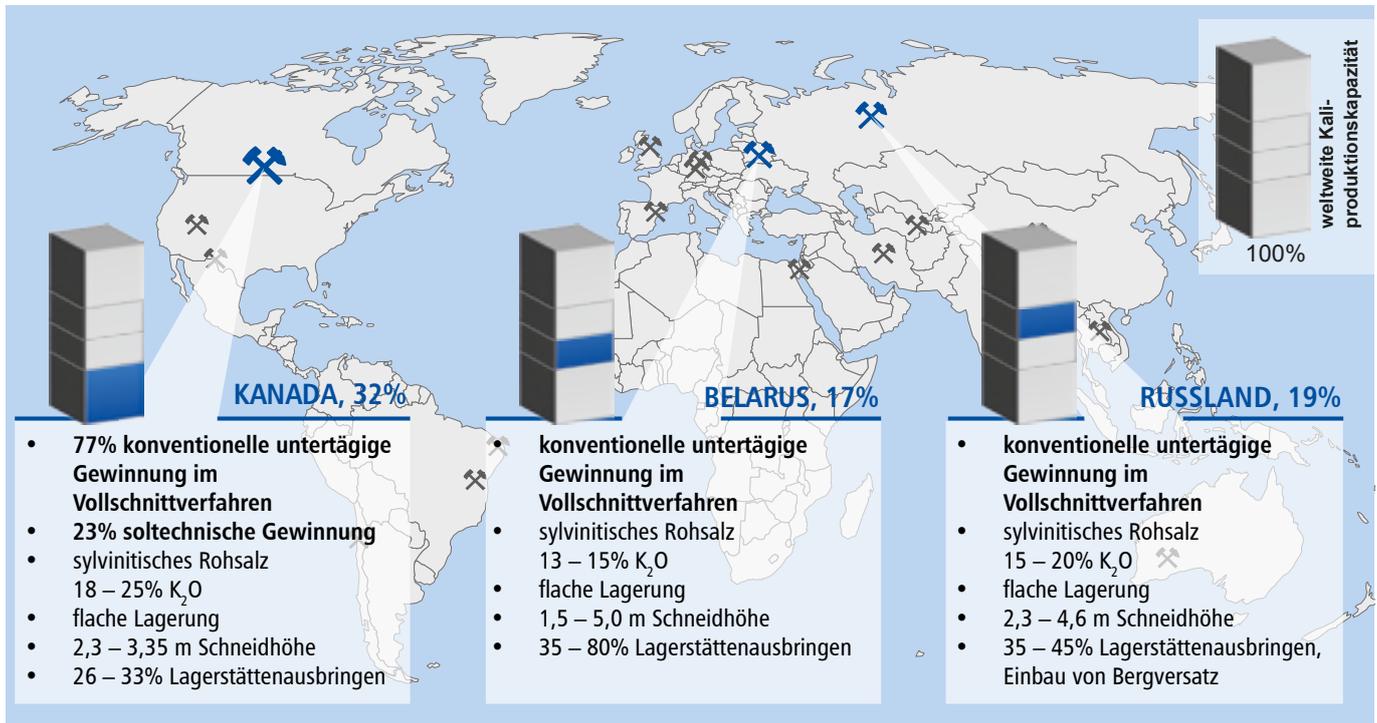


Abbildung 2: Überblick über die Lagerstättenbedingungen, eingesetzten Gewinnungsverfahren und resultierendem Lagerstättenausbringen in Kanada, Russland und Belarus gemessen am Anteil an den weltweit installierten Kaliproduktionskapazitäten

Lagerstätte, aus. Zu Tonlösern oder Anhydritbänken in der Firste muss im Gegensatz zur schneidenden Gewinnung keine Anbaubank eingehalten werden oder ein zwangsweises Hereingewinnen unter Akzeptanz der Verdünnung erfolgen. Bohr- und Sprengarbeit ermöglicht vielmehr ein Anhalten der Firste an Tonlösern oder Anhydritbänken und eine gezielte Ankerung selbiger und reduziert dadurch die Verdünnung des Rohsalzes oder Abbauverluste.

Gewinnung durch Bohren und Sprengen ist bei anspruchsvolleren Bedingungen, verursacht durch die Anwesenheit von abrasiven oder härteren Salz- oder Nebengesteinen, oftmals vorteilhafter als schneidende Verfahren, da es nur einen Bruchteil der Zerstörungsarbeit mechanisch leistet, und den überwiegenden Anteil der Zerkleinerung dem Sprengstoff überlässt.

Durch die wesentlich höhere räumliche Flexibilität der eingesetzten Technik ermöglicht die Gewinnung durch Bohren und Sprengen zudem ein Verschneiden von unterschiedlichen Rohsalzqualitäten aus einer Mehrzahl von Abbauen. Unterstützt wird dies durch das Vorhalten von gespreng-

tem Haufwerk im Abbau ohne Schaffung zusätzlicher Bunker und bewirkt durch die Entkettung der technologischen Schritte Lösen – Laden – Fördern eine Reduktion der Ausfallwahrscheinlichkeit der Rohsalzförderung.

### Rückschlüsse auf die Auswahl des Gewinnungsverfahrens unter Berücksichtigung standortspezifischer Einflussfaktoren

Die Gestalt der Lagerstätte ist nicht alleinig ausschlaggebend für die Wahl des Gewinnungsverfahrens. Landespezifische ökonomische Parameter, welche beispielsweise die Kosten für Betriebsstoffe, Ersatzteile, Elektroenergie oder Personal beeinflussen, spielen eine ebenso bedeutende Rolle. Einfuhrzölle auf Ersatzteile, die Abhängigkeit von Lieferketten oder Einschränkungen in der Beschaffung von Betriebsstoffen oder Ersatzteilen aufgrund von Sanktionen haben vor dem Hintergrund der jüngsten globalen politischen Entwicklung an Einfluss gewonnen und stellen ernstzunehmende Hemmnisse bei der Auswahl dar.

Landesspezifische Grenzwertrestriktionen beeinflussen erheblich die Auswahl des Verfahrens. Global betrachtet gibt es nach wie vor nennenswerte Unterschiede hinsichtlich der zulässigen Grenzwerte für Dieselmotoremissionen, gesundheitsgefährdenden Bestandteile von Sprengschwaden oder der maximal zulässigen Temperatur von Frischwetter vor Ort. Dies hat Auswirkungen auf die jeweils zu berücksichtigende Ausstattung der Maschinenteknik, die Netto-Arbeitszeit oder die maximal erlaubte Schichtarbeitszeit.

Nicht zuletzt beeinflussen politische oder soziale Akzeptanz, Umgangsverbote oder Einschränkungen, beispielsweise hinsichtlich der Sprengstoffnutzung generell oder wegen der damit einhergehenden Erschütterungen, die Zulassungsfähigkeit eines Verfahrens. Die Einführung oder Anwendung der bohr- und sprengtechnischen Gewinnung ist hinsichtlich letzterer Einflussfaktoren gegenüber der schneidenden Gewinnung im Nachteil.

Auch spielt das Qualifikationsniveau der Mitarbeiter eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Während die Anwendung des Bohr- und Sprengverfahrens den Einsatz erfah-

rener und vielseitig geschulter Bergleute erfordert, ist für den Betrieb vollautomatisierter oder autonomer Geräte der schneidenden Gewinnung ein hohes Skill-Level der Mitarbeiter für den Betrieb, die Wartung und Instandhaltung der Maschinenteknik erforderlich. Bei beiden Gewinnungsverfahren ist zudem ein fundiertes Verständnis der Mitarbeiter für die Beschaffenheit der Lagerstätte bei der Anwendung der Gewinnungsmaschinen erforderlich, um sicherzustellen, dass am Ende Nutzmineral und nicht Nebengestein gewonnen wird.

Nicht alle standortbezogenen Einflussfaktoren können in betriebswirtschaftlichen Kennzahlen zum Ausdruck kommen. Einige, wie die gesetzliche Zulässigkeit gewisser Prozessschritte, beispielsweise der Umgang mit Sprengstoff, können jedoch ein alles bestimmendes Ausschlusskriterium für die in Frage kommende Gewinnungsmethode darstellen. Insofern gilt auch bezüglich der standortspezifischen Einflussfaktoren der Grundsatz, alle Einflüsse zu bewerten und in die Auswahl der Gewinnungsmethode einfließen zu lassen. Einen zusammenfassenden Überblick über die lagerstättenbezogenen und landesspezifischen Einflussfaktoren gibt Abbildung 3.

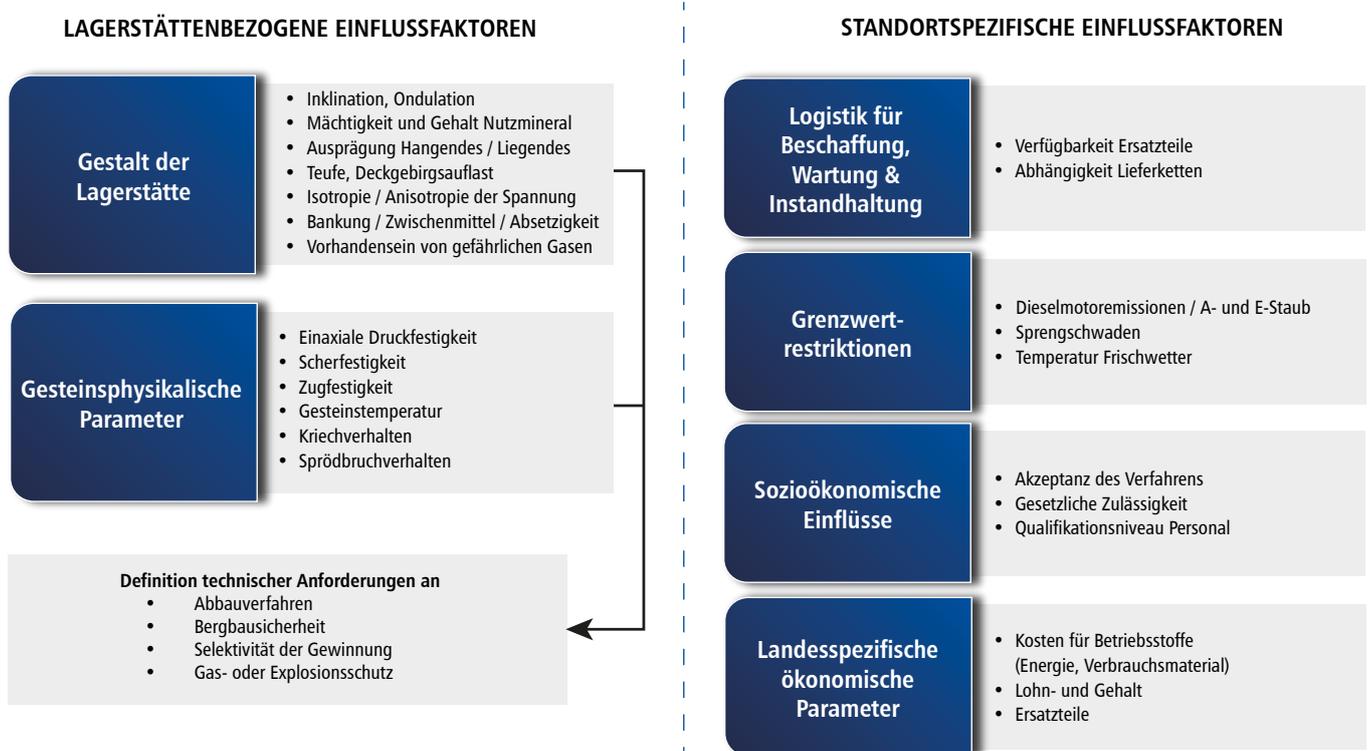


Abbildung 3: Übersicht über die Einflussfaktoren auf die Wahl des Gewinnungsverfahrens

### Exemplarischer Vergleich der Gewinnungsverfahren unter Nutzung eines Kosten- und Leistungskalkulationsmodells

Ein durch ERCOSPLAN entwickeltes Kosten- und Leistungskalkulationsmodell (Modell) kann genutzt werden, um die ausschlaggebenden Einflussfaktoren und deren Sensitivität auf die standortspezifische Auswahl des Gewinnungsverfahrens anhand von ökonomischen Kennzahlen für die bergmännische Gewinnung in Kali- und Steinsalzbergbau und Gesteinen vergleichbarer physikalischer Eigenschaften abzubilden.

Es können die gängigsten Verfahren der schneidenden Gewinnung im Teil- und Vollschnittverfahren mit dem Bohr- und Sprengverfahren verglichen werden. Das Modell erlaubt individuelle direkte Kosten- und Leistungsberechnungen der Gewinnungsmethoden anhand

- der technischen Spezifikationen der jeweiligen Gerätekette,
- der individuellen Verfügbarkeit der Geräte anhand von Herstellerangaben und Erfahrungswerten, unter Berücksichtigung der jeweils erforderlichen Wartungs- und Instandhaltungszeiten, Ausfallwahrscheinlichkeiten und Abhängigkeiten von Nebenarbeiten und Verfügbarkeiten in der Abförderung oder der Gerätekette zur Firstsicherung,
- des gerätebezogenen Betriebsmittelbedarfs, wie z. B. Elektroenergie, Treibstoff, Sprengmittel, Anker,
- der benötigten Verschleißteile (Schneidmeißel, Bohrgestänge, Reifen etc.) in Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen,
- der individuellen Personalkosten,
- der Kosten für Wartung- und Instandhaltung.

Die für die Modellrechnung erforderlichen lagerstättenbezogenen Eingangsgrößen, wie Schneid-/Abschlagsbreite, Schneid-/Abschlagshöhe und Abschlagslänge, können im Modell variiert werden. So ist beispielsweise die Anordnung mehrerer parallel oder übereinander angeordneter Schnittfolgen für den Abbau in einer Kammer möglich. Zur Ergänzung wurde für die Gewinnung mittels Bohren und Sprengen die Abbaumethode „Langkammer mit

Strosse“ in das Modell eingefügt, um diese im Kali- und Salzbergbau auf einigen Lagerstätten auf mehreren Ebenen einer Kammer angewandte Technologie mit den Gewinnungsverfahren in einer Ebene vergleichen zu können. Eine ungleichmäßige Verteilung der Lagerstättenmächtigkeit oder des -einfallens können im Modell nicht abgebildet werden.

Die Modellrechnung ist begrenzt auf den Abbau in einer Kammer und bildet nicht die dafür erforderlichen Aus- und Vorrichtungsarbeiten ab. Diese können jedoch über spezifische Kennzahlen, wie die Aus- und Vorrichtungskennzahl, in das Ergebnis des Modells implementiert werden.

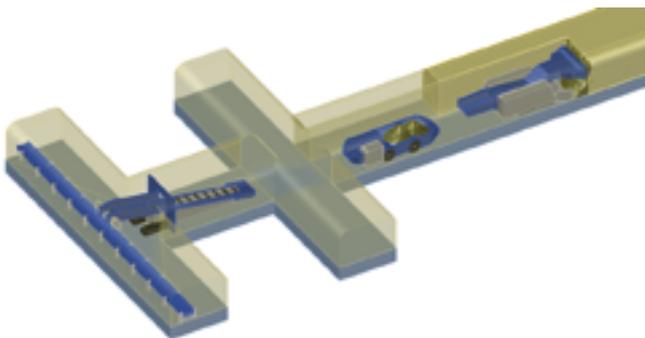
Die Modellrechnung ist eine direkte Betriebskostenrechnung und berücksichtigt nicht die im Sinne einer vollständigen wirtschaftlichen Bewertung und Entscheidungsfindung erforderlichen Abschreibungen auf die Investition in die erforderliche Gewinnungsmaschinen und zugehörigen Ausrüstungen und die erforderlichen untätigen Ausrichtungsgrubenbaue – z. B. Rohsalzbunker – für die Anwendung des jeweiligen Verfahrens. Die Ermittlung der Investitionen und darauf basierender Festlegung der Abschreibungen hat entsprechend der lagerstätten- und standortbezogenen Gegebenheiten zu erfolgen, muss aber in jedem Fall zu einer finalen Entscheidungsfindung herangezogen werden.

Auch wenn das über viele Jahre entwickelte Modell sich in zahlreichen praktischen Anwendungsfällen bewährt hat und fortlaufend kalibriert wird, können aus Gründen der Geheimhaltung keine konkreten Fallbeispiele präsentiert werden. Basierend auf fiktiven, sich jedoch an der Realität orientierenden Eingangsdaten erfolgt unter Anwendung des Modells ein Vergleich der Gewinnungsverfahren. Die in Tabelle 1 gelisteten Eingangsdaten werden verwendet, um die schneidende Gewinnung (Szenario 1) mittels einer handelsüblichen Teilschnittmaschine mit horizontal angeordneter Schneidwalze (auch als „Continuous Miner“ oder „Drum Miner“ bekannt) mit der Gewinnung durch Bohren und Sprengen (Szenario 2) jeweils auf einer Ebene und der Gewinnung durch Bohren und Sprengen mit Strosse (Szenario 3) auf mehreren Ebenen zu vergleichen. Abbildung 4 visualisiert die in den Szenarien angewendeten Abbauverfahren.

	Szenario 1 Schneidende Gewinnung	Szenario 2 Bohren und Sprengen, 1 Ebene	Szenario 3 Bohren und Sprengen mit Kopfstrecke und Strosse
Flözmächtigkeit	4 m	4 m	10 m
Kammerbreite	12 m / 2 Schnitte	12 m	12 m
Schnitthöhe / Höhe Kopfstrecke	4 m	4 m	4 m
Abschlagslänge	15 m Schneidschrittlänge	7 m	7 m (Kopfstrecke)
Strossenhöhe	–	–	6 m

Tabelle 1: Eingangsdaten für die Modellrechnung

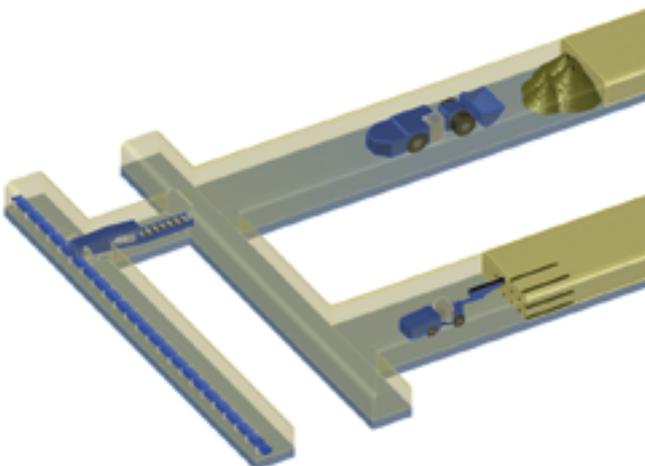
**Szenario 1**



Die Modellrechnung wird im vorliegenden Fall in einer fiktiven Währung, den „Geldeinheiten“, kalkuliert. Die nachfolgend aufgelisteten Ergebnisse sind dementsprechend indikativ und dienen dem Vergleich der drei Szenarien und damit auch der beiden Gewinnungsverfahren für einen fiktiven Modellstandort.

Ausgangspunkt der Modellrechnung bildet eine Basiskalkulation unter Ansatz von Eingangsdaten, die einen Einsatz unter deutschen Rahmenbedingungen und landesspezifischen Kosten für Betriebsstoffe und Arbeitskräfte unterstellen. Wie in Abbildung 5 dargestellt, zeigt sich, dass die Betriebskosten für schneidende Gewinnung in

**Szenario 2**



**Szenario 3**

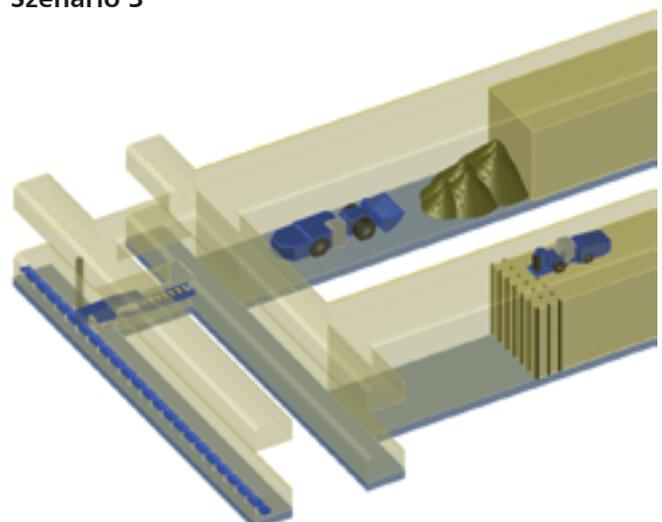


Abbildung 4: Visualisierung der in den Szenarien verglichenen Abbauverfahren

Szenario 1 im Vergleich zur Bohr- und Sprengarbeit im Szenario 2 im vorliegenden Fall nahezu gleich groß sind. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass die schneidende Gewinnung zwar mit vergleichsweise weniger Bedienpersonal pro Schneidmaschine eine größere Leistung pro Zeiteinheit verrichtet, als dies beim Einsatz der Gerätekette des Bohrens und Sprengens der Fall ist, jedoch die Aufwände und Kosten für die Logistik zur Bereitstellung von Wetter und Energie, zur kontinuierlichen Abförderung sowie die höheren Wartungskosten diesen Vorteil im Endergebnis der Modellrechnung egalisieren. Interessant ist das Ergebnis der Modellrechnung für den Einsatz der sprengtechnischen Gewinnung mit Strosse in Szenario 3. Unter diesen Einsatzbedingungen besteht eine wirtschaftliche Überlegenheit der Gewinnung durch Bohr- und Sprengarbeit gegenüber der schneidenden Gewinnung, nicht zuletzt durch den Einsatz von Sprengstoff anstatt Schneidarbeit zum Lösen des Rohsalzes aus dem Gebirge. Beim Sprengen der Strosse kann der Sprengstoff sogar noch effektiver als beim Einsatz im Vortrieb eingesetzt werden, was zur Aufwands- und somit Kostenreduktion gegenüber Szenario 2 führt. Der Einsatz der schneidenden Gewinnung bei Mäch-

tigkeiten über der maximal realisierbaren Schnitthöhe der Maschine durch das Schneiden mehrerer vertikal angeordneter Schnitte führt wiederum zu keinen signifikanten Ersparnissen im Vergleich zum Szenario 1. Ursächlich dafür ist der stets gleiche Aufwand für das Schneiden des Gesteins in jedem einzelnen Schnitt. Nicht unerwähnt bleiben soll jedoch die Option, in Abwandlung von Szenario 3 das Herstellen der (oberen) Kopfstrecke mittels schneidender Gewinnung zu verrichten, und dann eine Strosse zu sprengen. Diese hybride Anwendung der beiden untersuchten Verfahren kann je nach Einsatzort und Einsatzbedingung durchaus die Vorteile beider Methoden bündeln.

Mithilfe des Modells wird der Einfluss der festgestellten größten Einflussfaktoren – Lohnkosten, Energiekosten und Sprengstoffkosten – auf das Ergebnis der Szenarien ermittelt.

Ausgehend von dem Vergleich der Verfahren unter den Einsatzbedingungen in Deutschland erfolgt anhand des Modells eine Untersuchung der Auswirkungen des Energiepreises auf die Betriebskosten. Abbildung 6 zeigt deut-

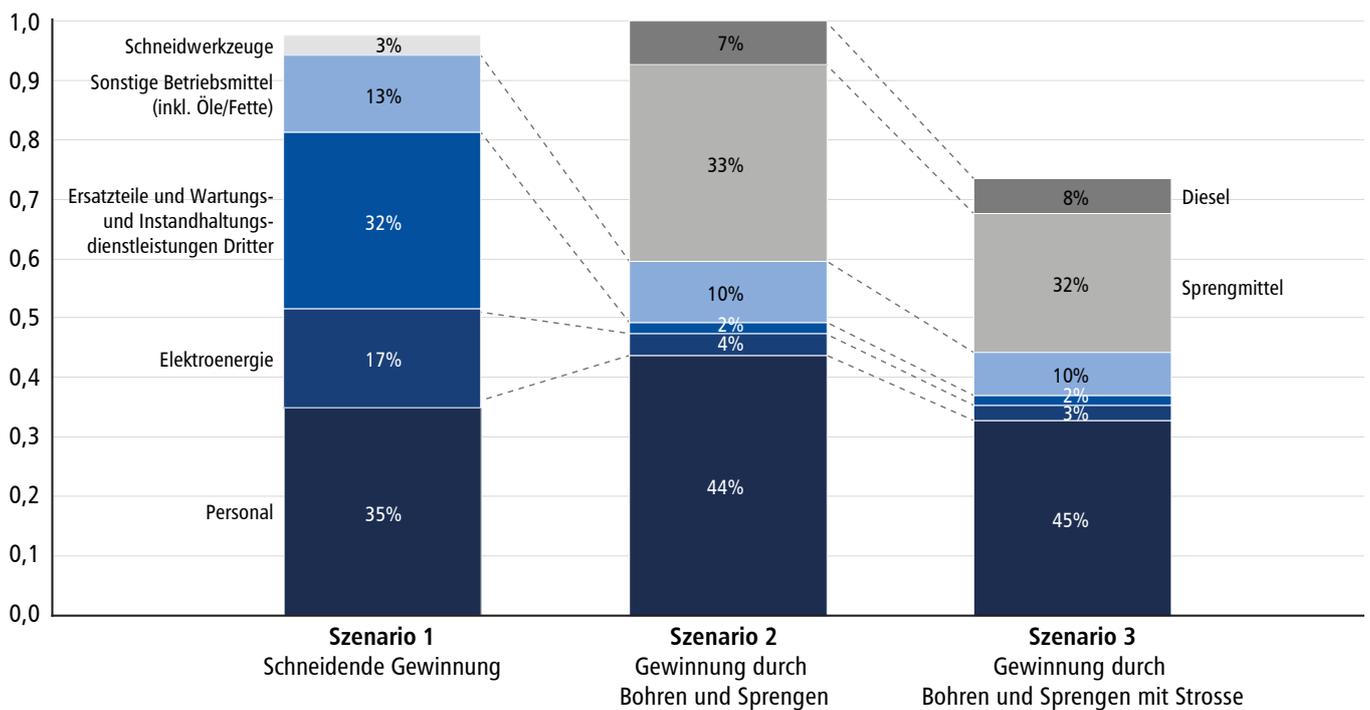


Abbildung 5: Darstellung der indikativen Betriebskosten und der Kostenanteile in 3 Modellszenarien

lich den Einfluss der individuellen Energiekosten auf die vorrangig elektrisch angetriebenen schneidenden Gewinnungsmaschinen. Bereits eine Senkung der Energiekosten um 50% gegenüber dem aktuellen deutschen Niveau führt zur Senkung der Betriebskosten für Szenario 1 in Höhe von 8%, während die Varianz des Energiepreises in Szenario 2 deutlich geringere Auswirkungen auf die Betriebskosten hat. In der Modellrechnung ist dementsprechend die schneidende Gewinnung bei Energiepreisen deutlich unterhalb des aktuellen deutschen Niveaus vorteilhafter als die sprengtechnische Gewinnung und bei Energiepreisen deutlich über dem aktuellen deutschen Niveau zunehmend nachteiliger. Aufgrund bereits erläutelter individueller Vorteile weist die Gewinnung unter Anwendung des Bohrens und Sprengens in der Strosse in Szenario 3 unabhängig vom Energiepreis die geringsten Kosten im Vergleich auf.

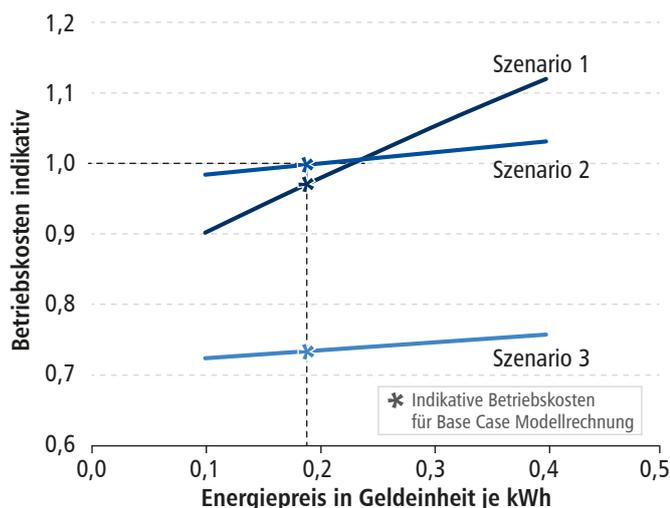


Abbildung 6: Abhängigkeit der Betriebskosten vom Energiepreis und vom gewählten Gewinnungsverfahren

Im nächsten Schritt wird die Varianz der Lohnkosten und ihr Einfluss auf die Betriebskosten untersucht. Abbildung 7 zeigt, dass eine signifikante Reduktion der Lohnkosten pro Stunde in der Modellrechnung zur erheblichen Reduktion der Betriebskosten führt, jedoch nicht zu einem „Rangwechsel“ der Gewinnungsverfahren. Gleiches gilt für die Erhöhung der Lohnkosten. Anzumerken ist, dass die signifikante Reduzierung der Betriebskosten durch die Senkung der Lohnkosten in beiden Gewinnungsverfahren die Relevanz der Bestrebungen nach einer möglichst vollständigen Automatisierung und autarken Steuerung aller im Gewinnungsprozess eingebundenen Tätigkeiten unterstreicht.

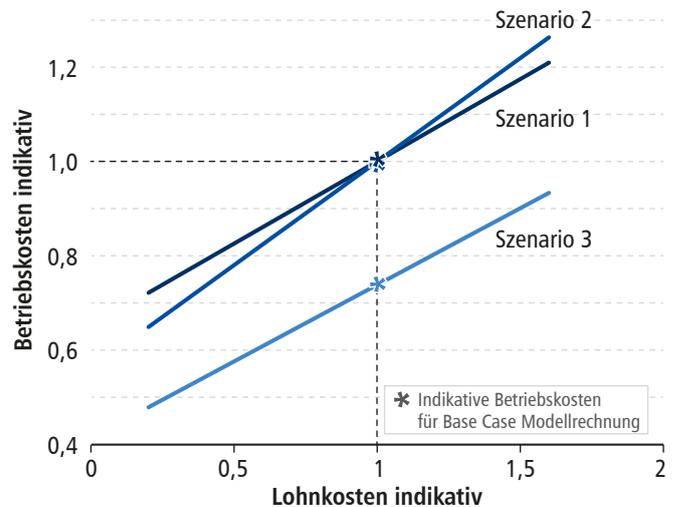


Abbildung 7: Abhängigkeit der Betriebskosten von den Lohnkosten für die untersuchten Szenarien

Abschließend erfolgt eine Sensitivitätsanalyse bezüglich des Sprengmittelpreises und hinsichtlich der Höhe der heringewonnenen Strosse. Wie in Abbildung 8 dargestellt wird einerseits der Effekt einer Verdopplung der Sprengmittelpreise und andererseits eine potentielle Anhebung der Strossenhöhe auf bis zu 45 m untersucht. Wie ersichtlich, führt eine Verdopplung des Sprengmittelpreises im Szenario 3 zur Aufhebung des Betriebskostenvorteils gegenüber Szenario 1 und 2. Es wird aber ebenso ersichtlich, dass sich bei Realisierung größerer Strossenhöhen selbst bei Verdopplung des Sprengmittelpreises eine im Vergleich zu den Szenarien 1 und 2 deutliche Reduktion der direkten Betriebskosten darstellen lässt.

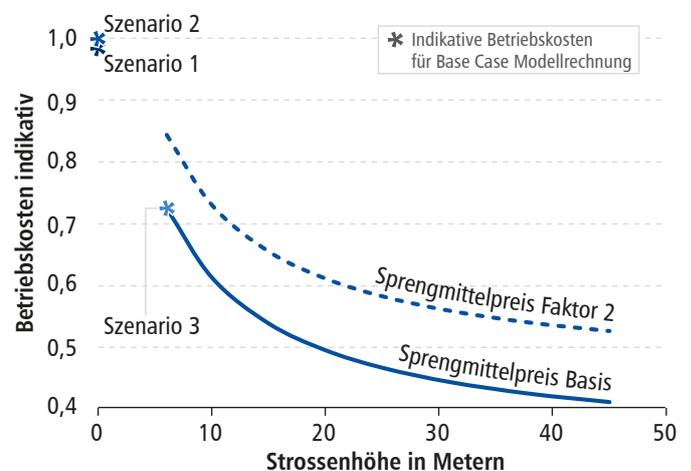


Abbildung 8: Sensitivität der Betriebskosten bei Varianz der Strossenhöhe und des Sprengmittelpreises

### Fazit

Voraussetzung für eine treffende Auswahl des am besten geeigneten Gewinnungsverfahrens beim Abbau einer Kali- und Steinsalzlagerstätte sind hinreichende Kenntnisse zu den lagerstättengeologischen Randbedingungen und den daraus resultierenden geomechanischen, geohydraulischen sowie bergbau- und arbeitssicherheitlichen Konsequenzen. Einer an diesem Ziel orientierten Lagerstättenerkundung, inklusive der entsprechenden Dokumentation der Ergebnisse, kommt daher große Bedeutung zu. Daneben ist die Kenntnis und Berücksichtigung anderer standortspezifischer Einflussfaktoren für die richtige Entscheidung über das Gewinnungsverfahren elementar. Eine globale, lagerstätten- oder standortunabhängige Favorisierung der schneidenden Gewinnung gegenüber der Bohr- und Sprengtechnik ist nicht gerechtfertigt. Obgleich auch die schneidende Gewinnung – wie auch die soltechnische Gewinnung – von festen Kalirohsalzen aus dem geologischen Untergrund eine für Kalirohstoffe jüngere Gewinnungsmethode gegenüber dem Bohren und Sprengen darstellt, verkörpern beide doch nicht einen höheren Stand der technischen Entwicklung (Rauche 2015<sup>1</sup>).

Bei der Auswahl des Gewinnungsverfahrens müssen alle diese Einflussfaktoren Berücksichtigung erfahren und in den verschiedenen Planungsstufen durch fortschreitend detailliertere technische Konzepte vom Lagerstättenaufschluss über die Aus- und Vorrichtung bis hin zur Gewinnung und Förderung einfließen.

Verschiedene Optionen für die Gewinnung einer konkreten Lagerstätte lassen sich durch direkte Leistungs- und Kostenrechnungen modellieren und anhand dieser Ergebnisse auch betriebswirtschaftlich vergleichen. Für eine abschließende Bewertung muss stets eine individuelle, projektspezifische Bewertung anhand zusätzlicher, zu berücksichtigender betriebswirtschaftlicher Einflussfaktoren erfolgen. Dazu ist eine Gewinn- und Verlustrechnung aufzustellen und ein Vergleich der Investitionen der jeweiligen Verfahren vorzunehmen.

Mit dem vorab diskutierten Modell konnte anhand der Betrachtung direkter Betriebskosten gezeigt werden, dass die bohr- und sprengtechnische Gewinnung unter gewissen Randbedingungen durchaus nennenswerte wirtschaftliche Vorteile gegenüber der schneidenden Gewinnung aufweist. So ist das Bohren und Sprengen beispielsweise bei hohen Preisen für Elektroenergie dem Schneiden überlegen, da der größte Teil der Sprengarbeit nicht durch Elektroenergie, sondern durch die Energiefreisetzung aus dem Sprengstoff erfolgt. Bei abzubauenen höheren Lagerstättenmächtigkeiten, welche die Schritthöhe aktueller Maschinenteknik überschreiten, ergeben sich durch das Bohren und Sprengen einer Strosse erhebliche Vorteile gegenüber schneidenden Verfahren. Die bohr- und sprengtechnische Gewinnung ermöglicht außerdem einen wesentlich höheren Grad an Selektivität und kann selbst in inhomogenen und absetzigen Rohstoffkörpern unterschiedlicher Mächtigkeit und Lagerung erfolgen, in denen eine Gewinnung durch schneidende Verfahren unwirtschaftlich oder technisch nicht umsetzbar wäre. Die bohr- und sprengtechnische Gewinnung von Kali- und Steinsalz hat daher auch zukünftig eine Daseinsberechtigung und sollte bei der Evaluierung von Verfahren zur Gewinnung fester Mineralsalze aus dem geologischen Untergrund stets als eine Option Berücksichtigung erfahren.

<sup>1</sup> Rauche, H. (2015): Die Kaliindustrie im 21. Jahrhundert. Stand der Technik bei der Rohstoffgewinnung und der Rohstoffaufbereitung sowie bei der Entsorgung der dabei anfallenden Rückstände, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.





Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.