

02  
2023

# KALI & STEINSALZ

Wertvolle Rohstoffe aus Deutschland

# Ein drohendes PFAS-Verbot: Ein weiterer Vorbote der Deindustrialisierung

**Sehr geehrte Leserinnen und Leser,**

in den nächsten Jahren sollen Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (kurz: PFAS) in der Europäischen Union sukzessive verboten oder teils stark beschränkt werden. Das Bundesumweltamt (UBA) hat zusammen mit Behörden aus Deutschland, den Niederlanden, Dänemark, Schweden und Norwegen einen entsprechenden Vorschlag eingereicht.

**Worum geht es?**

PFAS steht für eine Gruppe von etwa zehntausend Chemikalien, die sich dadurch auszeichnen, dass sie sehr stabil sowie wasser-, schmutz- und ölabweisend sind und hohe Temperaturen aushalten. Diese Eigenschaften und auch die Kombination der Eigenschaften führt zu mannigfaltigen Einsatzmöglichkeiten wie zum Beispiel Outdoorjacken und -ausrüstungen, Dichtungen, Stents für Herz-OPs, Abdeckungen für 5G-Mobilfunkantennen, Kochgeschirr wie Teflonpfannen, schmutzabweisende Teppiche, Löschschaum, Zahnseide, Nahrungsmittelverpackungen – aber auch Technologien rund um das Thema Klimaschutz und Nachhaltigkeit wie Halbleiter, Lithium-Ionen-Batterien, Brennstoffzellen und Wasserstofftechnologien.

Das Problem beim Gebrauch von PFAS ist, dass diese Chemikalien so stabil sind, dass sie – sobald sie in die Umwelt gelangen – dort lange verbleiben. Sie werden deshalb auch Ewigkeitschemikalien genannt.

Ein pauschales Verbot, Produktionseinstellungen und -kürzungen werden drastische Folgen für die industrielle Produktion nahezu aller Branchen nach sich ziehen. So hat beispielsweise ein Produzent im Raum Altötting, wo etwa 40 Prozent der europäischen PFAS-Produktionskapazitäten angesiedelt sind, vor, als Produzent aus der PFAS-Herstellung komplett auszusteigen und die hochprofitable Produktion einzustellen. Für Fachleute sind dafür die Verbote der EU, Imageprobleme und hohe Schadenersatzforderungen ursächlich.

**Was hat die PFAS-Thematik mit der Rohstoffgewinnung von Kali und Salz zu tun?**

Immer mehr Unternehmen verlagern ihre Produktion ins Ausland (Ist. BDI, dem Bundesverband der Deutschen Industrie, ist der Industriekern von 22,9% in 2016 auf nunmehr 20,3% in 2022 geschmolzen). Dies stellt auf den ersten Blick nicht unbedingt einen dramatischen, wohl aber schleichenden und fortschreitenden Prozess dar. Überdeckt wird dies derzeit durch die positiven Unternehmensbilanzen, die allerdings mittlerweile oft aus gut laufenden Auslandsaktivitäten resultieren.



Christoph Wehner

Hinter der damit bereits eingesetzten Deindustrialisierung verbergen sich strukturelle Probleme – beim PFAS-Thema ebenso wie in unserer Branche: überbordende Bürokratie, hohe Steuerlast, teure Energie, fehlende Fachkräfte, mächtiger Datenschutz, überzogene, teils unnötige Regulatorik gepaart mit einer weit verbreiteten gesellschaftlichen Auffassung, dass beim wirtschaftlichen Handeln jegliches Risiko ausgeschlossen sein möge.

Die andere Seite der Medaille ist, dass die Vorteile und Annehmlichkeiten der Produkte selbstverständlich und gerne angenommen werden. Auch dies gilt es in den Blick zu nehmen.

In diesem Kontext ist es deutlich zu kurz gesprungen, dass das industrielle Tun (Beispiel PFAS) hierzulande erschwert oder unmöglich gemacht wird. Damit werden Probleme nicht gelöst, sondern lediglich verlagert.

Wir sollten also die Risiken und Auswirkungen der Produktion ernst nehmen und minimieren. Dies sollte aber in einem verantwortungsvollen Umfeld geschehen, das einer Produktion in Europa aufgeschlossen und nicht rundweg kritisch oder gar ablehnend gegenübersteht. Differenziertes und nicht überzogenes Agieren sind gefragt. Es geht darum, dass industrielle Produktion in Europa weiterhin möglich und willkommen ist.

**Wir brauchen attraktive Randbedingungen wie zum Beispiel ein langfristiges, ganzheitliches Energiekonzept und gesellschaftliche Akzeptanz für industrielle Arbeit.**

Nur so lassen sich der eingeschlagene Weg stoppen oder umkehren und gleichzeitig die ambitionierten Klimaziele erreichen. Die Erreichung der Klimaziele wird entscheidend davon abhängen, ob wir in Deutschland und Europa Wertschöpfung erzielen und damit den Klimaschutz finanzieren.

Es grüßt Sie mit einem herzlichen Glückauf

Ihr

Christoph Wehner

# INHALT

## 02 Editorial

## 04 Impressum

## 05 Abstracts

## 06 Albrecht-Vogelsang, Schmidt, Fraas, Herzel

Stromtrasse unter Tage – SuedLink im Bergwerk der Südwestdeutsche Salzwerke AG in Heilbronn

## 12 Ragozina

Zweite Chance mit großer Wirkung – Wertstoffrückgewinnung aus Heißklärschlamm

## 18 Radtke

Einsatz von Computersimulationen in der Kali- und Steinsalzindustrie

## 26 Schmeisky

Stand der Technik der Abdeckung von Kalirückstandshalden

## 32 Janz

K+S liefert pharmazeutischen Hilfsstoff für Dialyse-Patienten

## 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  
Fax +49 (0)30 8471069 21  
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  
Gerd Kübler,  
K+S Aktiengesellschaft  
Ole Richert,  
K+S Aktiengesellschaft  
Dr. Ludger Waldmann,  
K+S Aktiengesellschaft  
Christoph Wehner, VKS e. V.

### 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.

Titelbild: Teilschnittmaschine

© Foto: SWS



## 06 Albrecht-Vogelsang, Schmidt, Fraas, Herzel: High-voltage Power Cable Project – the SuedLink Line goes Underground at the Südwestdeutsche Salzwerke Salt Mine near Heilbronn

The final 16 km of the 700 km-long Sued-Link high-voltage direct current transmission cable will pass through – or more precisely beneath – the conurbation of Heilbronn/Germany and in doing so will follow a route through the existing rock salt mine operated by the salt mining company Südwestdeutsche Salzwerke AG (SWS). This energy scheme, which is being implemented under the Federal Requirements Planning Act, is being delivered by two project developers TransnetBW, Stuttgart/Germany, and TenneT TSO, Bayreuth/Germany. The underground phase not only involves the sinking of two vertical shafts and the construction of new mine roadways but also the renovation of old sections of the mine that in some cases date back more than 100 years. Three different cable installation techniques are being used. SuedLink is scheduled to come into service in 2028 – some ten years or more after the first preliminary discussions took place and five years after the planning approval decision was reached.

## 12 Ragozina: Second chance with a big impact – Recovering of product from the sludge of the hot clarifier

The plant in Zielitz is one of the most modern potash plants in the world and is also the largest single K+S site in terms of annual output. About 12 million tons of the potassium-containing crude salt are processed here annually and about 1.9 million tons of product are produced. Potash fertilizer is produced by the flotation process,

while products for industrial applications and for the production of food- and feed-grade potassium chloride are produced using the hot dissolution process. Sludge from the hot clarifier produced in the hot dissolving process, was previously dewatered and transported to the tailings pile with the dissolver residue. Positive results from the internal evaluation of the potential for possible recovery of potassium chloride from the dewatered sludge by use of flotation were followed by a project to develop a new processing path. In the context of the project involving the new processing path, the hot dissolving operation was successfully combined with the flotation process for the first time, with the result that more potassium chloride is now obtained as product from the solids contained in the sludge of the hot clarifier at the Zielitz potash plant.

## 18 Radtke: Computer Simulation in the Potash and Salt Industry

Buzzwords such as “digitalisation”, “industry 4.0”, “digital twin”, “cloud” and the like have become ubiquitous in recent years in almost all areas of business and everyday life. They stand for an ever-increasing and accelerating integration of digital technologies into our lives. This development is accompanied by an increasing degree of cross-linking and automation.

Of course, these trends also have an impact on more conservative sectors such as the commodity industries, including the potash and salt industry. The use of modern technology has created new tools and possibilities for the optimisation of production processes in terms of quality but also in terms of resource consumption and sustainability.

## 26 Schmeisky: Proceedings in Potash Tailings Pile Covering

For decades, research has been conducted to reduce the environmental impact of tailings piles from the potash mining industry, thereby making mining more sustainable. The aim here is to minimize the formation of brine caused by precipitation. In the course of time, various approaches for covering tailings piles were investigated, some of which turned out not to be feasible, but others found their way to application. Findings from all of these projects are incorporated into the ongoing process of improving existing methods and developing new ones.

## 32 Janz: K+S supplies pharmaceutical excipient for dialysis patients

The Borth salt plant of the K+S mining group is the competence center for the production of sodium chloride-based pharmaceutical salt. In addition to an active pharmaceutical ingredient, the pharmaceutical excipient has again been part of the product range since last year. The excipient is indispensable for dialysis, for example.



## **Stromtrasse unter Tage – SuedLink im Bergwerk der Südwestdeutsche Salzwerke AG in Heilbronn**

Abbildung 1: Teilschnittmaschine [Foto: SWS]



**Lauritz  
Albrecht-Vogelsang**  
Projektleiter, SWS



**Robby Schmidt**  
Bereichsleiter Steinsalz,  
SWS



**Dirk Fraas**  
Teilprojektleiter Bergwerk,  
TransnetBW



**Peter Herzel**  
Teamleiter Technik  
Bergwerk, TransnetBW

Die rund 700 km lange Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitung SuedLink quert auf den letzten rund 16 km Trassenlänge den Ballungsraum Heilbronn – unter Tage, im bestehenden Steinsalzbergwerk der SWS AG. Es handelt sich um ein Projekt gemäß Bundesbedarfsplangesetz, welches durch die beiden Vorhabenträger TransnetBW und Tennet realisiert wird. Hierfür werden nicht nur zwei Schächte geteuft und neue Strecken aufgefahen, sondern auch teils über 100 Jahre alte Bergwerksbereiche aufgewältigt. Es kommen drei verschiedene Kabelverlegevarianten zum Einsatz. Gut zehn Jahre nach den ersten Vorgesprächen und 5 Jahre nach Erhalt des Planfeststellungsbeschlusses soll SuedLink im Jahr 2028 in Betrieb gehen.

### ***High-voltage Power Cable Project – the SuedLink Line goes Underground at the Südwestdeutsche Salzwerke Salt Mine near Heilbronn***

*The final 16 km of the 700 km-long SuedLink high-voltage direct current transmission cable will pass through – or more precisely beneath – the conurbation of Heilbronn/Germany and in doing so will follow a route through the existing rock salt mine operated by the salt mining company Südwestdeutsche Salzwerke AG (SWS). This energy scheme, which is being implemented under the Federal Requirements Planning Act, is being delivered by two project developers TransnetBW, Stuttgart/Germany, and TenneT TSO, Bayreuth/Germany. The underground phase not only involves the sinking of two vertical shafts and the construction of new mine roadways but also the renovation of old sections of the mine that in some cases date back more than 100 years. Three different cable installation techniques are being used. SuedLink is scheduled to come into service in 2028 – some ten years or more after the first preliminary discussions took place and five years after the planning approval decision was reached.*



Abbildung 2: Darstellung des Trassenkorridors im Bergwerk sowie Lage der geplanten Schächte [1]

Im Rahmen der Bundesfachplanung wurde Ende 2020 beschlossen, die Stadt Heilbronn zu umgehen, indem die Sued-Link-Trasse in die Grubenbaue des Verbundbergwerks Heilbronn-Kochendorf gelegt wird. Dadurch wird der gesamte industrielle Ballungsraum, der Bundesautobahn A6, sowie der Neckar in diesem Bereich konfliktarm unterquert. Die Initiative hierfür kam vom Umweltministerium des Landes Baden-Württemberg. Die als „SuedLink“ bezeichnete Höchstspannungsgleichstromverbindung (HGÜ) verläuft zwischen den Netzverknüpfungspunkten Brunsbüttel in Schleswig-Holstein und Großgartach in Baden-Württemberg. Die Spannungsebene beträgt 525 kV. Diese Stromleitung wird als Erdkabel verlegt und weist eine Übertragungsleistung von 2 GW auf. Die Nutzungsdauer beträgt mindestens 40 Jahre. [2] Der Trassenkorridor ist Abbildung 2 zu entnehmen. Als erster Teil der Trasse überhaupt wurde der Abschnitt E3 „Bad Friedrichshall – Netzverknüpfungspunkt Großgartach“ am 25.05.2023 durch die Bundesnetzagentur planfestgestellt.

## Übersicht zum Projekt

Die maßgeblich Beteiligten an diesem Projekt sind,

- Bundesnetzagentur (BNetzA) als Genehmigungsbehörde,
- TransnetBW als Vorhabenträger,
- Südwestdeutsche Salzwerke AG (SWS AG) als Bergwerksbetreiber und Projektpartner der TransnetBW.

Die Machbarkeit des Projektes wurde im Rahmen einer 2018 erstellten Studie nachgewiesen. Im Anschluss haben TransnetBW und SWS einen Projektvertrag geschlossen. Zentraler Baustein beim Nachweis der Machbarkeit waren die Schachtvorerkundungsbohrungen. An beiden künftigen Schachtstandorten wurden Kernbohrungen auf rund 220 m Teufe niedergebracht, um anschließend gebirgsmechanische und hydrogeologische Untersuchungen durchführen zu können. [3]



Als nächster Schritt wurde der Weg für die Beschaffung erforderlicher Bergbaugroßgeräte geebnet. Aufgrund der ohnehin langen Beschaffungsdauer und der zu diesem Zeitpunkt besonders unsicheren Lage auf den Weltmärkten, wurde somit sichergestellt, dass zum eigentlichen Projektstart die benötigten Gerätschaften, unter anderem eine Teilschnittmaschine, bereitstehen. [4]

Die Verpflichtung zur Umsetzung des Projektes ergibt sich aus dem Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG). Im Rahmen der Bundesfachplanung wurde nach § 6 Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG) ein entsprechender Antrag gestellt und nach § 8 NABEG die erforderlichen Unterlagen eingereicht. Mit Festlegung der Trasse und damit auch der verbindlichen Einigung auf einen untertägigen Verlauf im Bereich des Bergwerks Heilbronn/Kochendorf im Rahmen von § 12 NABEG fand die Bundesfachplanung ihren Abschluss. Mit dem Antrag auf Planfeststellung gemäß § 19 NABEG wurde das Planfeststellungsverfahren im Herbst 2020 eingeleitet. Mit Erteilung des Planfeststellungsbeschlusses am 25.05.2023 besteht Baurecht für das Vorhaben.

## Rechtliche Aspekte

Das zuvor beschriebene Genehmigungsverfahren war zu Beginn des Projektes hinsichtlich des geltenden Rechtsrahmens und der zuständigen Behörden nicht im Detail festgelegt. Es galt Pionierarbeit zu leisten, denn die Genehmigung einer HGÜ-Leitung in einem unter bergrechtlicher Aufsicht stehendem und gemäß Betriebsplanverfahren betriebenen Bergwerk ist in dieser Form einmalig.

Letztlich erfolgen im Planfeststellungsbeschluss Vorgaben zu einschlägigen Rechtsvorschriften und zuständigen Aufsichtsbehörden. Neben den rechtlichen und technischen Maßgaben in Bezug auf die Erstellung und den Betrieb von Stromversorgungsleitungen, welche durch BNetzA und TransnetBW eingebracht werden, kommt der Landesbergdirektion (LBD) des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg eine besondere Rolle zu. Neben den Funktionen als Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde der SWS AG, ist die LBD ebenfalls am Planfeststellungsverfahren für SuedLink als Fachbehörde beteiligt. Im Rahmen von Nebenbestimmungen fließt die bergrechtliche Expertise ins Verfahren ein. Auch im Zuge der Projektdurchführung – wenngleich nicht als eigentliche Genehmigungsbehörde des Vorhabens – wird die LBD eng durch die Projektpartner TransnetBW und SWS AG eingebunden werden.

Es werden durch die SWS AG sowohl Berechtsamsfelder für die neuen Strecken als auch die Oberflächengrundstücke der Schachtbauwerke erworben. Da die im Zuge des Projektes erstellten Strecken und Tagesschächte untrennbar mit dem Bergwerk verbunden werden, gehen diese in das Eigentum und die Verantwortung der SWS AG über. [2]

## Bergbauliche Maßnahmen

Die Trasse verläuft von Nordost bis Südwest durch das gesamte Bergwerk (Abbildung 3). Der überwiegende Teil kommt dabei im bereits bestehenden Grubenbau zu liegen. Darüber hinaus sind die Verbindungsstrecken zu den neuen Schächten aufzufahren. Im Norden sind für den Anschluss an den Schacht Kochendorf ca. 1.680 m vorzutreiben, im Süden trennen 1.830 m die momentane Abbaugrenze vom Schacht Großgartach. Zudem sind parallel zu der Verbindungsstrecke, welche die Gruben Heilbronn und Kochendorf miteinander verbindet, drei 1.425 m lange Horizontalbohrungen zu stoßen. Die Strecke zum Schacht Großgartach ist so anzulegen, dass die Weiterentwicklung des Bohr- und Sprengreviers im südwestlichen Abbaufeld nicht eingeschränkt wird. Hier bestehen folglich Wechselwirkungen zwischen der reinen Infrastrukturtrasse einerseits und der aktiven Rohstoffgewinnung bzw. den damit verbundenen Versatz Tätigkeiten andererseits. Die Grube Kochendorf befindet sich nicht mehr in der aktiven Gewinnung, jedoch findet hier ebenfalls ein Versatzbetrieb statt.

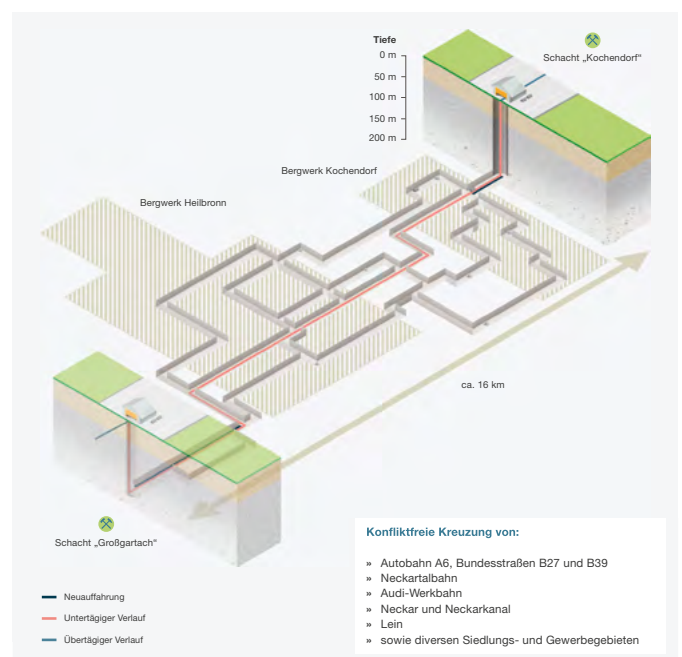


Abbildung 3: Schematische Darstellung des geplanten Leitungsverlaufs [1]

Die abzuteufenden Schächte sind mit einem lichten Durchmesser von 5 m im Ausbauzustand geplant und werden, neben der Funktion der Ein- und Ausleitung der Stromtrasse, als einziehende Wetterschächte sowie dem Bergwerk als zusätzliche Fluchtwege dienen. Es sind keine stationären Befahrungsanlagen geplant. Die Schächte werden ausschließlich über Einstrichkonstruktionen zur vertikalen Kabelbefestigung verfügen. Zudem ist beabsichtigt eine mobile Befahrungsbühne samt zugehöriger Winde bereitzustellen.

### Kabelverlegevarianten

Um die HGÜ-Kabel in verschiedenen Umgebungsbedingungen unbeschadet durch die Bergwerksabschnitte führen zu können, ergeben sich drei verschiedene Verlegevarianten (siehe Abbildung 4). Analog zur übertägigen Erdkabelvariante ist vorgesehen, die Kabel zum Schutz in Leerrohre einzuziehen. Alle Verlegevarianten haben gemeinsam, dass sie stets eine gutachterlich bewertete Mindestüberdeckung gewährleisten. Diese hat besondere Relevanz, da im aktiven Bergwerksbetrieb Sprengzünder gehandhabt werden, welche einen definierten Mindestabstand zur Stromleitung nicht unterschreiten dürfen. Neben dieser sehr spezifischen Randbedingung gilt es Aspekte der Wärmeableitung sowie des Objektschutzes sicherzustellen. Die insgesamt 14 Kabelsektionen sind zwischen ca. 900 und 1.800 m lang. Im gesamten Bergwerk werden daher 13 Muffenbauwerke vorgesehen. Zur Kabelinstallation werden die HGÜ-Kabel mit Spezialfahrzeugen auf Kabeltrommeln angeliefert und über eigens dafür konstruierte Stahlgerüste (Tensioner) vom Fahrzeug in die neuen Schächte abgespult. Der Tensioner verfügt einerseits über Bremsvorrichtungen, um ein sicheres Arbeiten zu ermöglichen, und andererseits sorgt er dafür, dass die zulässigen Biegeradien des Kabels eingehalten werden. [1] [7]

Neben den eigentlichen HGÜ-Kabeln werden vier LWL-Kabel, sowie ein Erdungsseil verlegt. Die LWL-Kabel dienen der Kommunikation zwischen den Konvertern und dem externen Monitoring der HGÜ-Leitung. Es wird beispielsweise möglich sein, die Temperatur der Kabel in Echtzeit zu überwachen, sowie im Ereignisfall Fehlstellen genau zu lokalisieren. Das Erdungsseil ist aus elektrotechnischer Sicht unerlässlich. [8]

### Aktueller Stand

Gegenwärtig werden durch die SWS AG Maßnahmen durchgeführt, um das Bergwerk auf die eigentliche Projektdurchführung vorzubereiten. So müssen beispielsweise im Zuge der Abnahmeprozesse der beschafften Großgeräte Probetriebe durchgeführt werden, um deren volle Funktionsfähigkeit sicherzustellen. Mit der Teilschnittmaschine fand ein Probetrieb statt (siehe Titelfoto). Darüber hinaus finden Abnahmen und Sicherungsmaßnahmen in benötigten Kammern und Stecken statt (Fahr-, Lager- und Trassenbereiche). Zudem wurde und wird das erforderliche bergmännische Personal eingestellt und für die kommenden Aufgaben vorbereitet.

Es wurde ein versuchsweiser Aufbau des Kabelgrabens hergestellt. Dabei wurden verschiedene Einbau- und Verdichtungsverfahren für Kabelbettung und Grabenverfüllung getestet. TransnetBW führt in Zusammenarbeit mit beauftragten Ingenieurbüros Untersuchungen bzgl. des Nachweises der Verdichtung und Wärmeleitung durch. Abbildung 5 zeigt den Versuchsaufbau.

In verschiedenen Planpaketen wurden erforderliche Nachweise beispielsweise für die Langzeitsicherheit- und Stabilität des Bergwerks, unter Berücksichtigung der SuedLink-

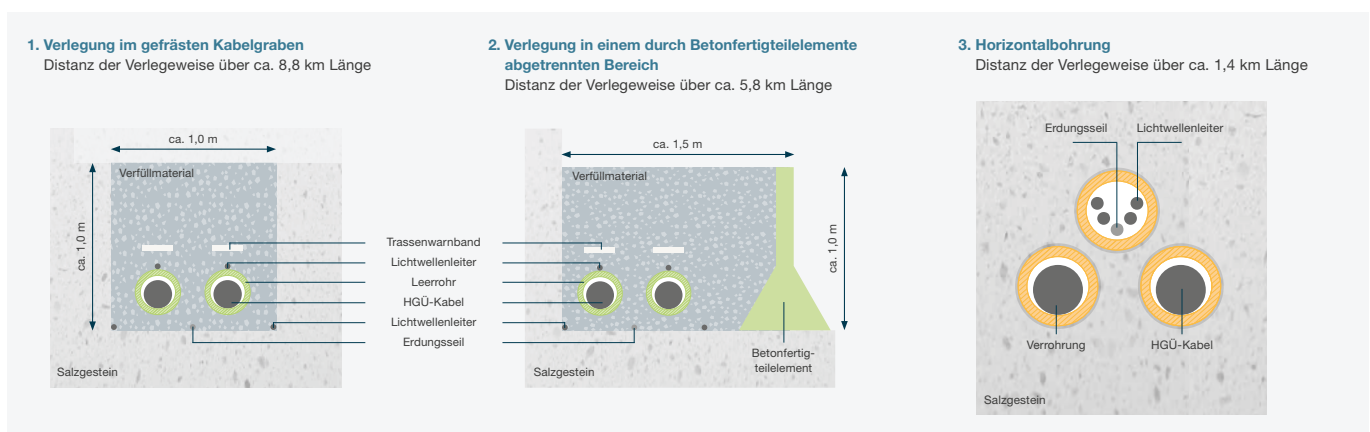


Abbildung 4: Schematische Darstellungen der verschiedenen Verlegevarianten [1]

Trasse, erarbeitet. Gegenwärtig läuft die Ausschreibung der beiden Schachtbauwerke sowie die Aufstellung von Ausführungs- und Sicherheitskonzepten. Einige weitere Komponenten wie ein Aufgabeförderer, Bewetterungstechnik sowie der bereits beschriebene Fluchtcontainer befinden sich zurzeit in der Beschaffung.

## Ausblick

Mit Erhalt der Planfeststellung sowie nach Prüfung und Umsetzung von Nebenbestimmungen konnten die Vortriebsarbeiten am 03. Juli 2023 beginnen. Neben dieser Tätigkeit



Abbildung 5: Probekabelgraben [Foto: SWS]

wird ein weiterer Schwerpunkt auf der Materialwirtschaft liegen. Es gilt 32 km Leerrohre für HGÜ-Kabel und die begleitende LWL-Infrastruktur, sowie ca. 3.000 Betonfertigteile per Schachttransport in das Bergwerk einzufördern und bis zum endgültigen Einbau dezentral zwischenzulagern. Dies stellt eine große logistische Herausforderung dar, zumal alles parallel zum regulären Bergwerksbetrieb stattfinden muss.

Mit der Vergabe der Schachtbauarbeiten wird ebenfalls in den nächsten Monaten gerechnet. Nach einer etwa einjährigen Mobilisierungs- und Planungsphase werden voraussichtlich ab Mitte 2024 die Baumaßnahmen beginnen. Als Teufverfahren ist das bergmännische Bohren und Sprengen in die Planfeststellung eingebracht, wobei alternative Varianten nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Es obliegt den Bietern gegebenenfalls innovative Verfahren wie beispielsweise Schachtbohrmaschinen anzubieten. Es wird mit einer Bauzeit von ca. zwei Jahren gerechnet. Nach Fertigstellung der Schächte und Abnahme des nachweislich trockenen Ausbaus können die jeweils letzten 200 m der Verbindungsstrecken aufgefahren und zu den Füllrtern durchgeschlagen werden.

Auf Basis der Erkenntnisse aus dem Planfeststellungsbescheid – hauptsächlich der behördlichen Nebenbestimmungen – werden Vortriebs-, Ausbau- und Sicherheitskonzepte finalisiert und abgestimmt. Einen Teil der Auffahrung wird die SWS AG in Eigenleistung ausführen. Die Planung und Ausführung der Horizontalbohrungen sowie die restlichen Strecken- und Grabenkilometer werden separat vergeben.

Die Maßnahmen zur eigentlichen Kabelverlegung werden in einem vergleichsweise kurzen Zeitraum hauptsächlich im Jahr 2027 stattfinden. Hier wird nicht die SWS AG federführend sein, sondern die durch TransnetBW beauftragte Firma NKT, welche die Kabel herstellt und liefert.

### Quellen:

- [1] TenneT TSO GmbH und TransnetBW GmbH, „SuedLink unter Tage – Broschüre – Die Gleichstrom-Erdkabelverbindung im Raum Heilbronn“.
- [2] Errichtungsvertrag Kabeltrasse zwischen TransnetBW SuedLink GmbH & Co. KG und Südwestdeutsche Salzwerke AG, 2021.
- [3] Projektvertrag zwischen TransnetBW GmbH und Südwestdeutsche Salzwerke AG, 2018.
- [4] Vereinbarung über die Vorabbestellung von Maschinen im Rahmen des Projektes SuedLink/Heilbronn (Early Works Agreement) zwischen TransnetBW SuedLink GmbH & Co. KG und Südwestdeutsche Salzwerke AG, 2020.
- [5] TransnetBW, „Gutachten Sprengstoffe und Zünder,“ 2021.
- [6] Ercosplan, „Technisches Dokument: Kabelgraben und Betonfertigteile,“ TransnetBW, 2022.
- [7] Ercosplan, „Technisches Dokument: Auffahrung Großgartach,“ TransnetBW, 2022.
- [8] Ercosplan, „Technisches Dokument: Richtbohrungen,“ TransnetBW, 2022.
- [9] DMT GmbH & Co. KG, „Unterlagen nach § 21 NABEG – Technisches Dokument: Schacht Großgartach,“ TransnetBW, 2022.

# Zweite Chance mit großer Wirkung – Wertstoffrückgewinnung aus Heißklärerschlamm



**Ksenia Ragozina**  
Betriebsingenieurin  
KCI-Betrieb  
K+S Minerals and  
Agriculture GmbH

Das Werk in Zielitz zählt zu den modernsten Kaliwerken der Welt und ist gleichzeitig der größte Einzelstandort der K+S in Bezug auf die jährliche Fördermenge. Im Kaliwerk Zielitz werden pro Jahr rund 12 Mio. Tonnen des kaliumhaltigen Rohsalzes verarbeitet und ca. 1,9 Mio. Tonnen Düngemittel und Produkte für industrielle Anwendungen sowie Produkte für die Futter- und Lebensmittelindustrie hergestellt.



### ***Second chance with a big impact – Recovering of product from the sludge of the hot clarifier***

*The plant in Zielitz is one of the most modern potash plants in the world and is also the largest single K+S site in terms of annual output. About 12 million tons of the potassium-containing crude salt are processed here annually and about 1.9 million tons of product are produced. Potash fertilizer is produced by the flotation process, while products for industrial applications and for the production of food- and feed-grade potassium chloride are produced using the hot dissolution process. Sludge from the hot clarifier produced in the hot dissolving process, was previously dewatered and transported to the tailings pile with the dissolver residue. Positive results from the internal evaluation of the potential for possible recovery of potassium chloride from the dewatered sludge by use of flotation were followed by a project to develop a new processing path. In the context of the project involving the new processing path, the hot dissolving operation was successfully combined with the flotation process for the first time, with the result that more potassium chloride is now obtained as product from the solids contained in the sludge of the hot clarifier at the Zielitz potash plant.*

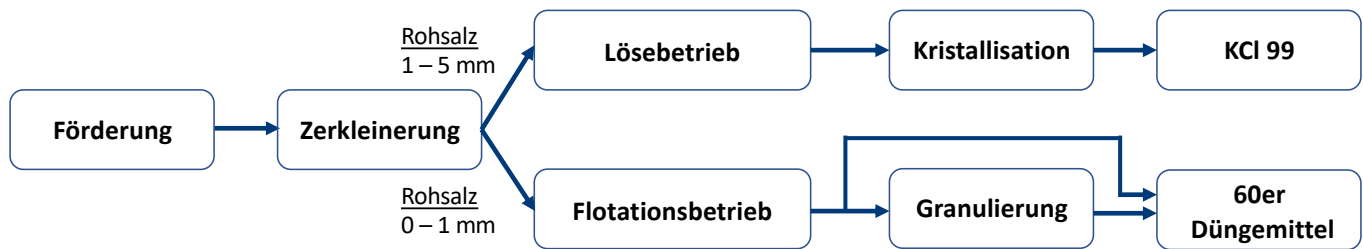


Abbildung 1: Verarbeitung von Rohsalz über Tage zu Kaliprodukten im Kaliwerk Zielitz

Der sich an die Förderung anschließende Aufbereitungsprozess ist in Abbildung 1 dargestellt. Im ersten Prozessschritt wird das kaliumhaltige Rohsalz aufgemahlen. Nach der Aufmahlung teilt sich der Massenstrom in zwei voneinander getrennte Verarbeitungsprozesse, wobei rund ein Drittel dem Lösebetrieb zugeführt wird. Über den Löse- und Kristallisationsprozess werden Produkte mit einem Mindestgehalt von 99 % Kaliumchlorid (KCl) für industrielle Anwendungen und zur Herstellung von Kaliumchlorid in Lebensmittel- und Futtermittelqualität erzeugt. In einem zweiten Teil der Prozesskette wird die feine Fraktion des Rohsalzes im Flotationsverfahren zu Kalidüngemittel mit einem K<sub>2</sub>O-Gehalt von 60 % aufbereitet. Beide Verarbeitungsprozesse laufen nach der Zerkleinerung des Rohsalzes parallel und räumlich voneinander getrennt ab.

Im Lösebetrieb wird das kaliumhaltige Rohsalz einer heißen, an KCl ungesättigten und NaCl gesättigten Löselauge zugeführt. Durch Unterschiede im Löseverhalten von Natrium- und Kaliumchlorid bei höheren Temperaturen wird das KCl in der Lauge gelöst, während Natriumchlorid (NaCl) und unlösliche Partikel als Rückstand ausgetragen werden. Im nächsten Prozessschritt wird die KCl-gesättigte Rohlösung im Heißklärer von feinen ungelösten Partikeln gereinigt. Durch die Verweilzeit im Heißklärer sinken feine Rückstandspartikel als Schlamm zu Boden, während die geklärte und mit KCl angereicherte Lauge im Überlauf zum Kristallisationsprozess geleitet wird. Der Heißklärerschlamm kann prinzipiell zusammen mit dem Löserückstand über einen Planfilter entwässert und aufgehaldet werden. Im Rahmen einer Optimierung des Entwässerungsprozesses wurde der Lösebetrieb um einen Trommelzellenfilter zum Entwässern des Heißklärerschlammes erweitert, der nach Produktionseinstellung am Standort Sigmundshall nach Zielitz übernommen werden konnte. Seit 2021 wird der Schlamm im

Dauerbetrieb über den Trommelzellenfilter entwässert, wodurch u.a. Verluste von gesättigter KCl-Lösung reduziert wurden. Die gefilterte Lauge wird in den Lösebetrieb zurückgeführt, während der entwässerte Abwurf zusammen mit dem Löserückstand aufgehaldet wird.

Regelmäßige Beprobungen zeigten, dass der vom Trommelzellenfilter abgeworfene Filterkuchen einen KCl-Gehalt aufweist, der etwa 1,5 % höher ist als die Rückstände des Löse- und Flotationsbetriebs. Angesichts dieser Erkenntnisse wäre es bedauerlich, den Filterkuchen als Rückstand aufzuhalten, da er aufgrund seines höheren Wertstoffgehaltes Potential für eine effizientere und nachhaltige Verwertung bietet, die sowohl ökonomisch als auch ökologisch sinnvoll wäre. Ebenso zeigten die fraktionierten Körnungsanalysen des Abwurfes, dass das KCl besonders im Kornband von kleiner als 0,2 mm konzentriert vorliegt und damit gut aufgeschlossen ist. Die gesamte Korngröße des Abwurfes liegt bei unter 0,8 mm und eignet sich deshalb optimal zur direkten Aufgabe zum Flotationsprozess, ohne dass eine weitere Aufarbeitung notwendig wäre.

Die interne Potenzialermittlung zur möglichen Rückgewinnung des Kaliumchlorids aus dem Abwurf des Trommelzellenfilters ergab ein positives Ergebnis, sodass ein interdisziplinäres Projektteam aus Experten der Fachbereiche Verfahrenstechnik, Maschinentechnik, Bautechnik, Mess- und Regelungstechnik sowie Leittechnik des Werkes Zielitz gebildet wurde. Ziel des Teams war es, das Projekt „Wertstoffrückgewinnung aus dem Heißklärerschlamm“ umzusetzen. Dies umfasste vor allem die Realisierung eines reibungslosen Transportes des Filterkuchens aus dem Trommelzellenfilter des Heißlösebetriebes zum Flotationsbetrieb und damit die Verbindung beider Prozessbereiche. Dem Projektteam gelang es, den Heißlösebetrieb erfolg-



Abbildung 2: Interdisziplinäres Projektteam des Werkes Zielitz vor der Flotationsmaschine, wo das Produkt aus entwässertem Schlamm des Heißlösebetriebes, zurückgewonnen wird. Von links nach rechts oben: Ksenia Ragozina, Ulrike Müller-Grobleben, Dr. Ulrich Scheele, Thomas Kusche, Stephan Bethmann, Christian Krause, Steffen Lichtenfeld, Detlef Stach; unten Thomas Bode sowie Heiko Franke

reich mit dem Flotationsbetrieb zu verbinden. Somit entstand ein Prozessweg zur Wertstoffrückgewinnung, wie in Abbildung 3 rot dargestellt, der bisher einmalig bei K+S ist.

Was in der Darstellung eine simple Umsetzung vermuten lässt, stellte das Team jedoch vor einige bauliche Herausforderungen, da sich die einzelnen Komponenten vor Ort über mehrere Etagen und bereits vorhandene Anlagen erstrecken.

Zunächst wird der abgeworfene Rückstand des Trommelzellenfilters (Filterkuchen) über vier Etagen nach unten zu den Feinsalzmaischen transportiert. Wie in Abbildung 4 zu sehen ist, wird der entwässerte Schlamm unter der Abwurfschurre des Trommelzellenfilters durch eine Schwenklappe der Zwei-Wege-Verteilung (hellblaues Bauelement), welche werksintern angefertigt wurde, zum Flotationsbetrieb geleitet. Damit der Feststoff aus dem Schlamm des

Heißklärers nicht die Transportwege verstopft, soll der Filterkuchen möglichst früh mittels Flotationslauge suspendiert werden. Dafür ist direkt unter der Schwenklappe eine sogenannte Anmaischschurre (dunkelblaues Bauelement) installiert, welche von einer eckigen Schurre am Abwurf des Filters in eine Rohrleitung übergeht. Im oberen Bereich der Anmaischschurre wird der Feststoff durch Zugabe von Flotationslauge suspendiert. Die Suspension fließt am Auslauf der Anmaischschurre in eine Rohrleitung, welche auf die Feinsalzmaische des Flotationsbetriebes führt. Die Feinsalzmaische steht im Erdgeschoss der Fabrik, weshalb die Suspension ohne Einsatz von Pumpen von der vierten Etage nach unten transportiert wird. In der Feinsalzmaische wird das aufgemahlene Rohsalz mit gesättigter Lauge zur Vorbereitung für den Flotationsprozess suspendiert. Die hinzugefügte Filterkuchen-Suspension aus dem neuen Prozessweg hat in etwa das gleiche Mischverhältnis aus Feststoff und Lauge wie die Rohsalzsuspension, wodurch das

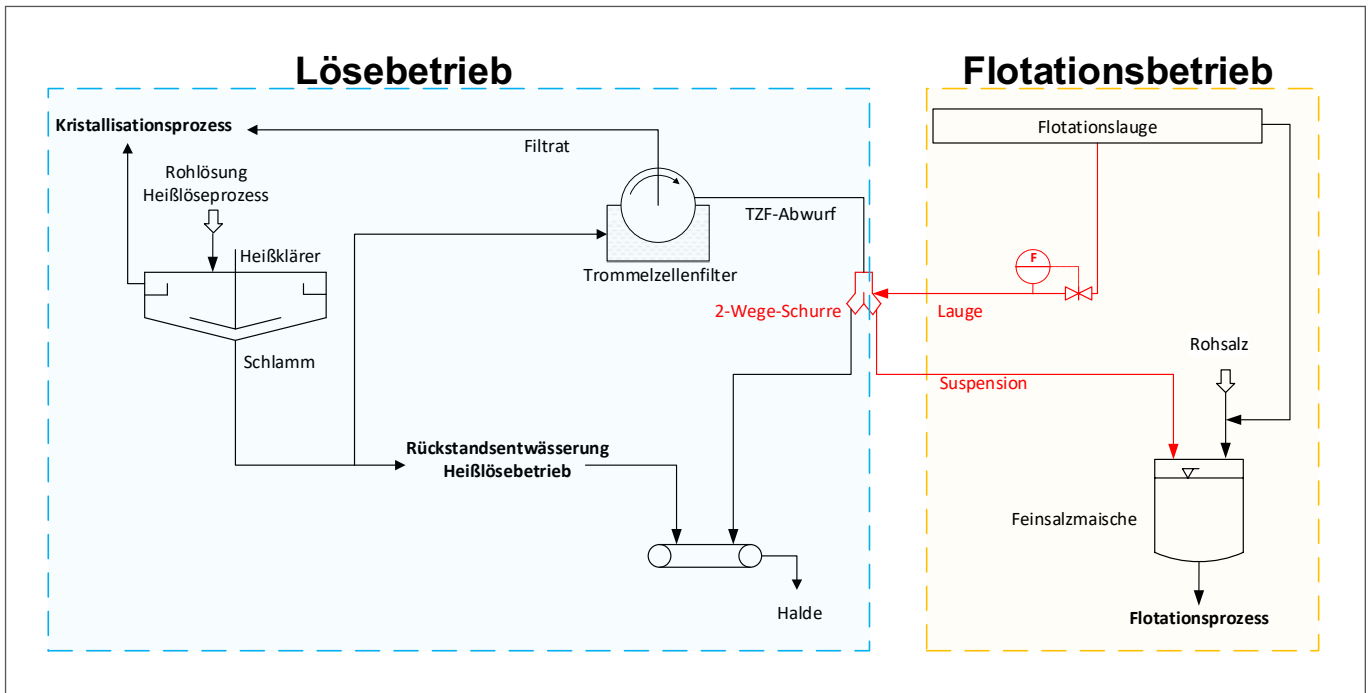


Abbildung 3: Schematische Darstellung des neuen Prozessweges des Abwurfes vom Trommelzellenfilter zum Flotationsprozess

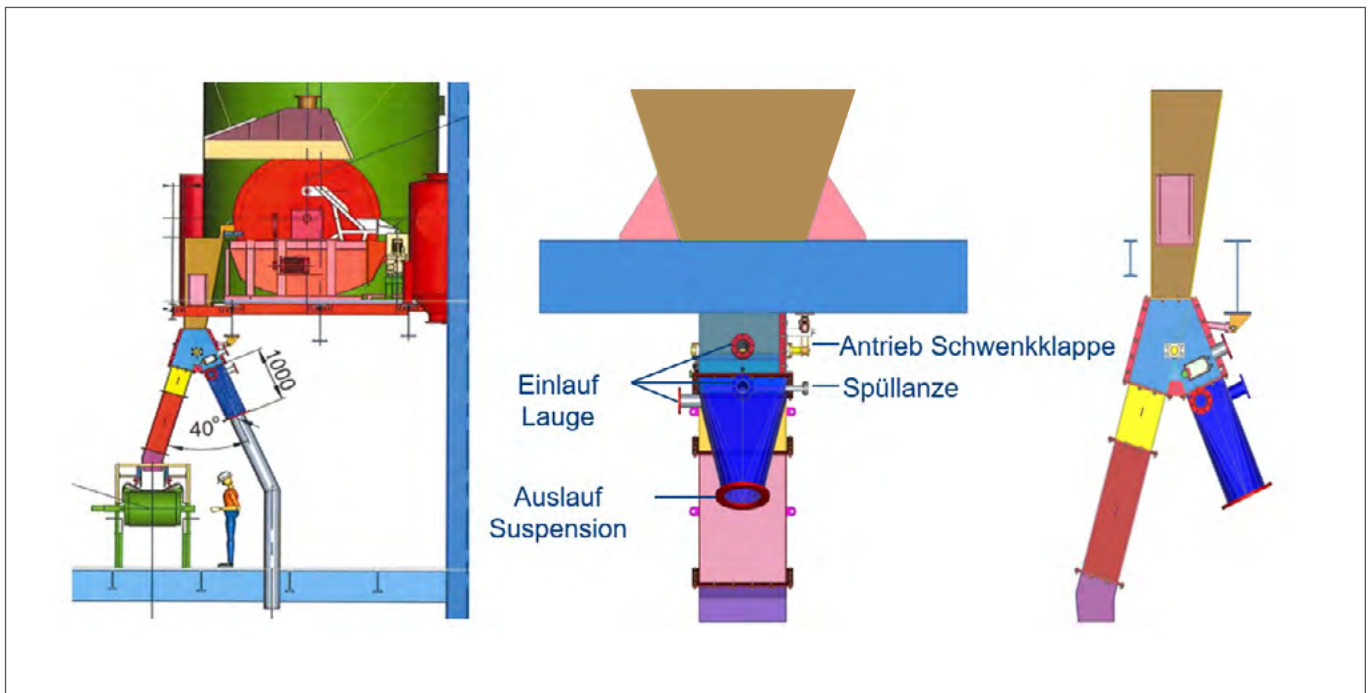


Abbildung 4: Darstellung der technischen Planung für die Zwei-Wege-Verteilung unter dem Abwurf vom Trommelzellenfilter

Mischverhältnis in der Feinsalzmaische nicht wesentlich verändert wird. Die Suspension wird von der Feinsalzmaische in die Flotationsmaschine transportiert und dort mit Flotationsreagenzien versetzt. Die Reagenzien adsorbieren selektiv an der Oberfläche von KCl-Partikeln, wodurch

diese hydrophobe (wasserabweisende) Eigenschaften annehmen. Mittels Rührer wird Luft in Form von Blasen in die Flotationsmaschine eingeführt. Die nun hydrophobierten KCl-Partikel haften an den aufsteigenden Luftblasen und werden an der Oberfläche des Flotationsapparates



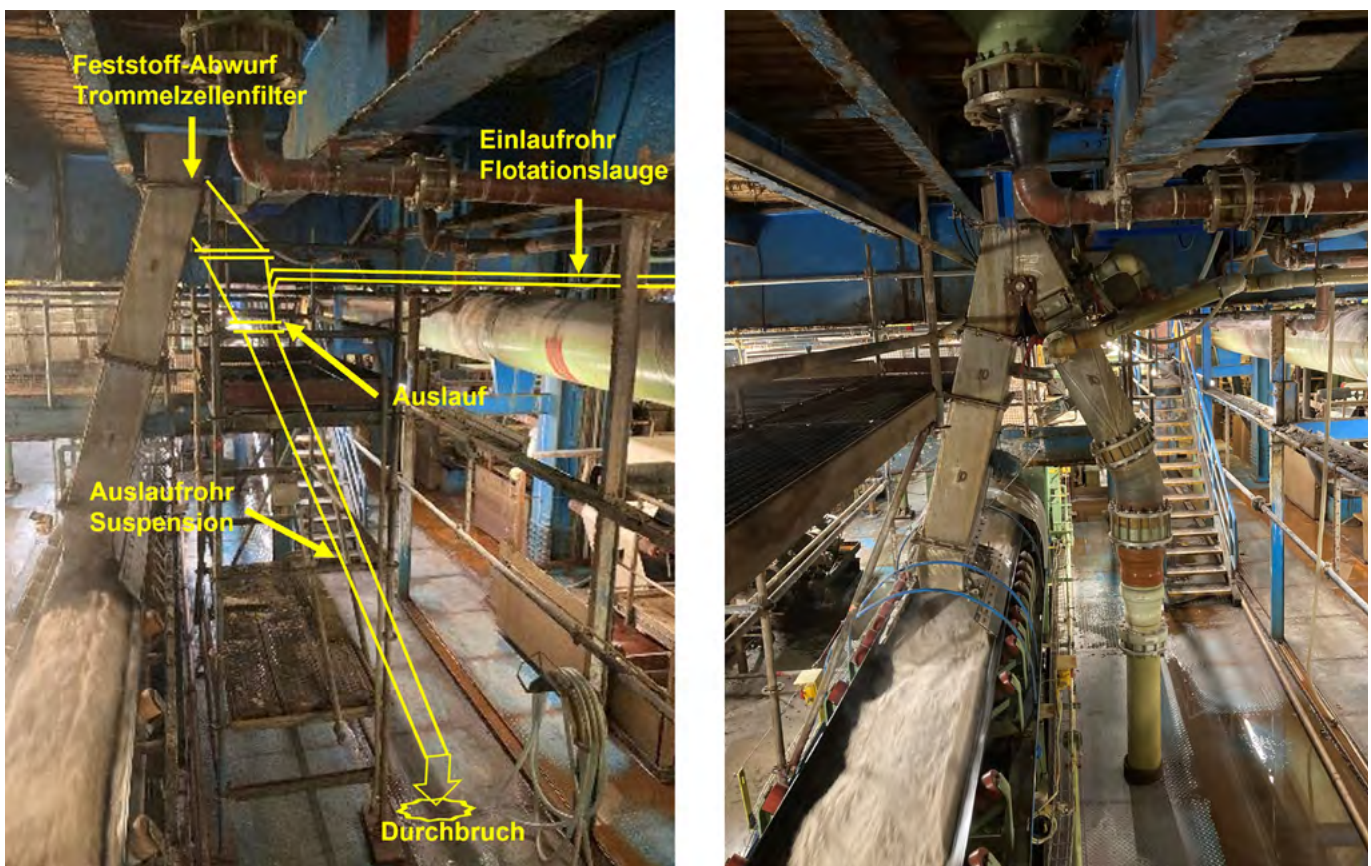


Abbildung 5: Darstellung der räumlichen Planung (links) und Umsetzung (rechts) des neuen Prozessweges unter dem Abwurf des Trommelzellenfilters

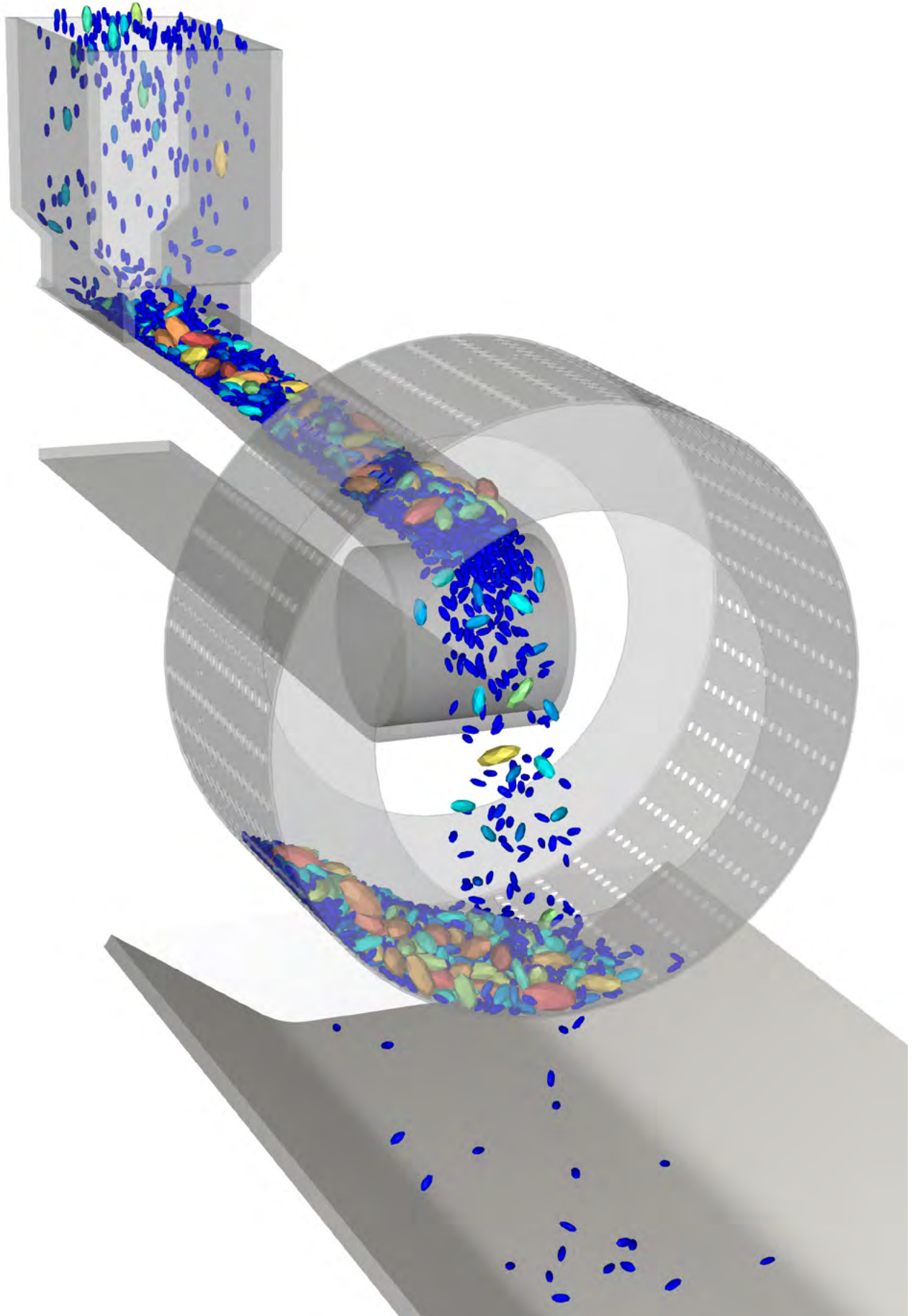
als Flotationsschaum abgeschöpft. Anschließend wird der im Schaum angereicherte Wertstoff, aus Rohsalz und nun auch dem entwässerten Schlamm, durch Entwässerung und Trocknung als körniges Produkt gewonnen. Nicht KCl-haltige Partikel aus dem entwässerten Schlamm sinken in der Flotationsmaschine zu Boden, dieser Flotationsrückstand wird aufgehaldet.

Das gesamte Projekt inklusive Umbau ist innerhalb von sechs Monaten umgesetzt worden. Im Juni 2022 wurde der neue Prozessweg in Betrieb genommen und ist seitdem erfolgreich als Hauptbetriebsweg etabliert.

Die Auswertung zeigt, dass die produzierte Menge an 60er Kalidünger nach der Inbetriebnahme des neuen Prozessweges deutlich ansteigt. Aufgrund der feinen Korngröße des im Schlamm enthaltenen Feststoffes wird das gewonnene KCl zu granuliertem 60er Kalidünger verarbeitet. Durch die effektive Nutzung des Heißklärerschlammes kann somit zusammengerechnet eine jährliche Mehrproduktion von etwa 15.000 Tonnen erreicht werden, und dass ohne zu-

sätzlichen Einsatz von Flotations-Reagenzien. Gleichzeitig wird die Rückstandsmenge um die zurückgewonnene Menge an KCl aus dem entwässerten Schlamm des Trommelzellenfilters reduziert.

Das Titelbild zeigt einen Produktspeicher mit etwa 5.000 Tonnen von granuliertem 60er Kalidünger, was einem Drittel der nun möglichen Mehrmenge an Produkt aus dem Heißklärerschlamm entspricht. Diese Wertstoffrückgewinnung stellt nicht nur einen ökologischen, sondern auch ökonomischen Mehrwert dar und konnte durch die günstigen Bedingungen vor Ort, die hervorragende Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten sowie den regelmäßigen Austausch mit den Anlagenbetreibern erreicht werden. Das erfolgreich abgeschlossene Projekt hat verdeutlicht, wie wichtig es ist, bestehende Prozesse mit offenen Augen zu betrachten und erkannte Potenziale sowie vorhandene Ressourcen zu nutzen. In Zielitz wird in Zukunft mehr Produkt aus dem Schlamm des Heißklärers gewonnen, wodurch auch der Trommelzellenfilter aus dem Werk Sigmundshall eine nachhaltige zweite Chance erhalten hat.



# Einsatz von Computersimulationen in der Kali- und Steinsalzindustrie



**Dr. Thomas Radtke**  
Senior Scientist  
K+S Aktiengesellschaft,  
K+S Analytik- und  
Forschungszentrum

Schlagworte wie „Digitalisierung“, „Industrie 4.0“, „Digital Twin“, „Cloud“ und ähnliche sind in den letzten Jahren immer wieder und in nahezu allen Wirtschafts- und Lebensbereichen zu hören. Sie stehen für eine zunehmende und sich weiter beschleunigende Durchdringung unseres Lebens mit digitalen Technologien sowie einen steigenden Vernetzungs- und Automatisierungsgrad.

Dieser Trend macht natürlich auch vor traditionell eher konservativen Branchen wie den Rohstoffindustrien und speziell der Kali- und Steinsalzindustrie nicht halt und hat die Möglichkeiten – aber auch den Anspruch – an die Optimierung der Prozesse hinsichtlich Produktqualität und Ausbeute, und auch im Hinblick auf Ressourcenverbrauch und Nachhaltigkeit neu definiert.

## **Computer Simulation in the Potash and Salt Industry**

*Buzzwords such as “digitalisation”, “industry 4.0”, “digital twin”, “cloud” and the like have become ubiquitous in recent years in almost all areas of business and everyday life. They stand for an ever-increasing and accelerating integration of digital technologies into our lives. This development is accompanied by an increasing degree of cross-linking and automation.*

*Of course, these trends also have an impact on more conservative sectors such as the commodity industries, including the potash and salt industry. The use of modern technology has created new tools and possibilities for the optimisation of production processes in terms of quality but also in terms of resource consumption and sustainability.*

Obwohl die auch bei K+S angewendeten grundsätzlichen Verfahren zur Gewinnung von Rohsalzen und deren Aufbereitung und Weiterverarbeitung zu Düngemitteln, Industrie- und Pharmasalzen und vielfältigen Spezialprodukten in der Regel seit Jahrzehnten etabliert sind, ist es in den letzten Jahren immer mehr zur Selbstverständlichkeit geworden, viele Produktionsprozesse und Anlagen mit Hilfe von Computermodellen immer detaillierter zu simulieren und darauf aufbauend zu optimieren. Dies reicht vom Einsatz moderner Geoinformationssysteme bei der Erfassung von Geologie und Geometrie der Salzlagerstätten in 3D-Modellen und der daraus abgeleiteten Abbauplanung über den Einsatz von Prozessleitsystemen während der zunehmend sensorgestützten Aufbereitung in den Fabriken bis hin zu optimierten Supply Chain und Logistiksystemen.

Der Einsatz von Computern zur Simulation und Optimierung technischer, wirtschaftlicher oder logistischer Systeme und Prozesse ist dabei natürlich keineswegs neu. Er reicht vielmehr bis in die 1950er und 60er Jahre zurück, als mit der beginnenden kommerziellen Verfügbarkeit von elektronischen Rechnern die technischen und algorithmischen Grundlagen geschaffen und bereits auf spezielle Probleme angewendet wurden, die sich mit wenigen Freiheitsgraden (in der Regel  $< 100$ ) beschreiben ließen. Bereits gegen Ende der 60er Jahre kamen Programme zur (meist stationären) Prozesssimulation auf, die eine automatisierte Berechnung von Stoff- und Energiebilanzen ermöglichten. Damit wurde die quantitative Beschreibung und systematische Optimierung chemischer und verfahrenstechnischer Prozesse auf Systemebene (also gewissermaßen „0-dimensional“ und meist mit nicht mehr als einigen Dutzend oder später wenigen Hundert Freiheitsgraden) ermöglicht. Dem allgemeinen Zeitgeist folgend wurden schon damals die Einsatzmöglichkeiten von elektronischen Rechnern in den Rohstoff- und Prozessindustrien diskutiert. Auch in der Kaliindustrie wurden die Vorteile erkannt, etwa bei der „Durchrechnung von Verfahrensvorschlägen“ oder „Aufgaben aus dem Bereich der statistischen Qualitätskontrolle“ und – im Zusammenhang mit automatisierten Probenahmen – in der Prozesssteuerung. Meist standen dabei noch die Beschleunigung und Automatisierung von etablierten, zumindest im Prinzip auch manuell durchführbaren, Berechnungen im Vordergrund.

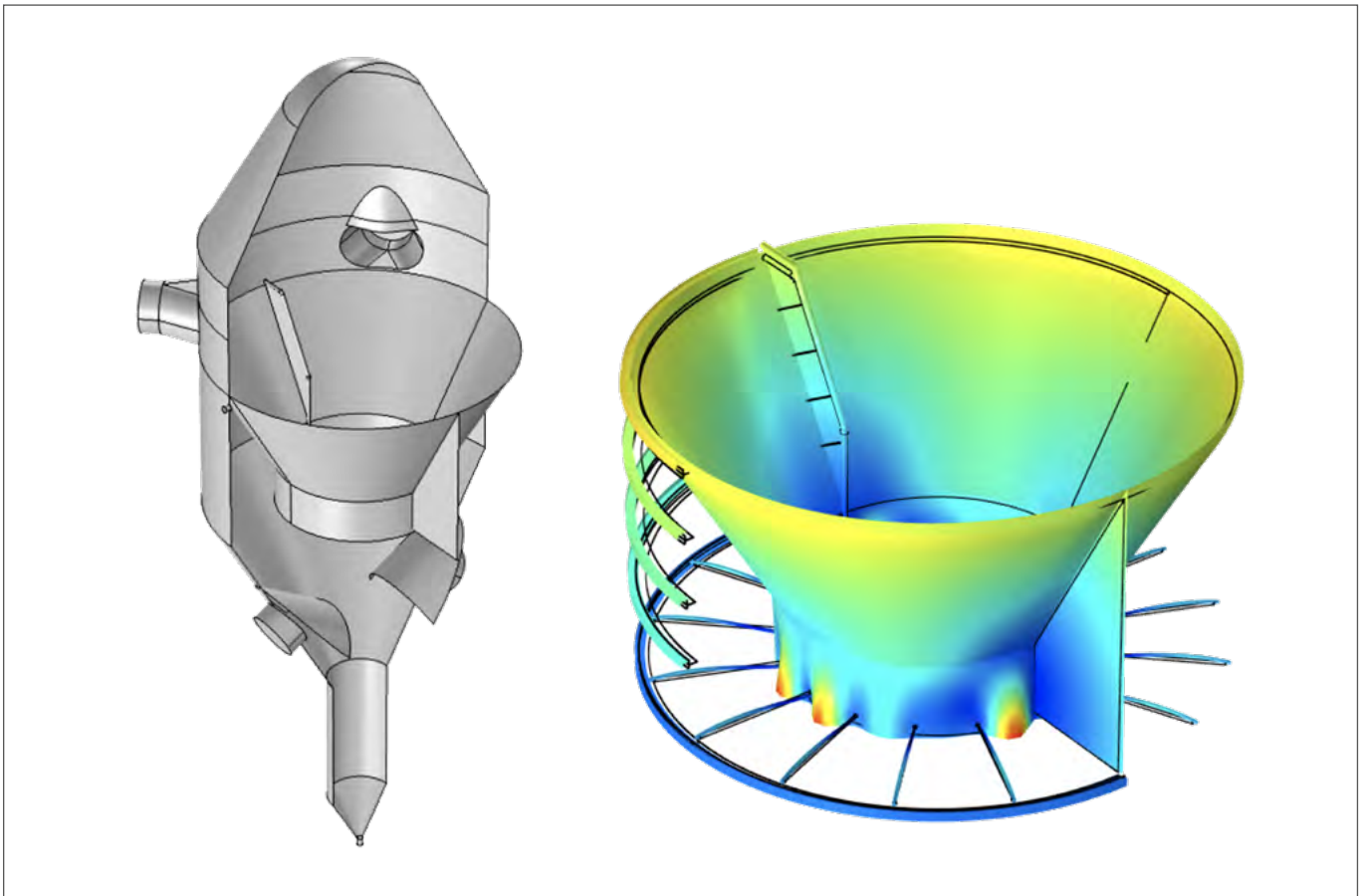
Während sich etwa im Finanzsektor oder in großen Behörden bereits eigene Großrechner etablierten, blieben die technischen Anwendungen in den Rohstoff- und Prozess-

industrien aufgrund der damaligen begrenzten Verfügbarkeit von Computern (im heutigen Sinne) und entsprechend geschultem Personal jedoch oftmals auf den akademischen Bereich und die Forschungsabteilungen großer Industriebetriebe beschränkt.

Mit steigender Rechenleistung wurden schließlich auch deutlich komplexere Anwendungen mit einigen Tausend oder Zehntausend Freiheitsgraden wie zum Beispiel aufwendigere (dynamische) Prozesssimulationen unter Berücksichtigung thermodynamischer Gleichgewichte oder Reaktionskinetiken und Finite-Elemente- (FEM) sowie Fluid-dynamik- (CFD) Simulationen möglich. Die Etablierung von FEM- und CFD-Methoden erlaubte dabei den Wechsel von der Systemebene auf die Ebene konkreter, räumlich ausgedehnter 2D- oder 3D-Systeme wie Bauteilen und Apparaten und deren dynamischen Verhalten. Eine führende Rolle bei der Entwicklung und Überführung in den industriellen Einsatz nahmen zunächst die Luft- und Raumfahrtindustrie und der Automobil- beziehungsweise Maschinenbau ein. Hier ergaben sich bereits mit vergleichsweise einfachen Modellansätzen bei den Festigkeitsanalysen und einfacheren einphasigen Strömungen für die Konstrukteure im Praxiseinsatz hilfreiche Werkzeuge, die deutlich über die Möglichkeiten der bis dahin verfügbaren Methoden hinausgingen und seitdem die Arbeit in vielen Ingenieurdisziplinen nachhaltig beeinflusst haben.

Ein klassisches Beispiel für derartige Anwendungen ist die Untersuchung thermomechanischer Spannungen, wie sie exemplarisch in Abbildung 1 gezeigt ist. Dabei wird auf Basis der (hier vereinfachten) Geometrie und Materialdaten eines Bauteils oder Apparates untersucht, welche Auswirkungen zum Beispiel durch lokal unterschiedliche Erwärmung oder die Verwendung unterschiedlicher Materialien mit voneinander abweichenden Ausdehnungs- und Festigkeitsverhalten zu erwarten sind. Die mechanischen Spannungen und gegebenenfalls daraus resultierende Verformungen lassen sich übersichtlich darstellen und geben so im Idealfall schon in der Planungsphase Hinweise auf mögliche Schwachstellen und Verbesserungspotentiale.

Derartige Anwendungen numerischer Simulation waren in der Vergangenheit meist auf die Konstruktionsphase beschränkt und lagen damit in der Regel in den Händen Dritter: Lieferanten für Bauteile und Anlagen, Ingenieurbüros oder Projektpartnern an Hochschulen. Diese Konstellation erschwerte jedoch erfahrungsgemäß den späteren Rück-

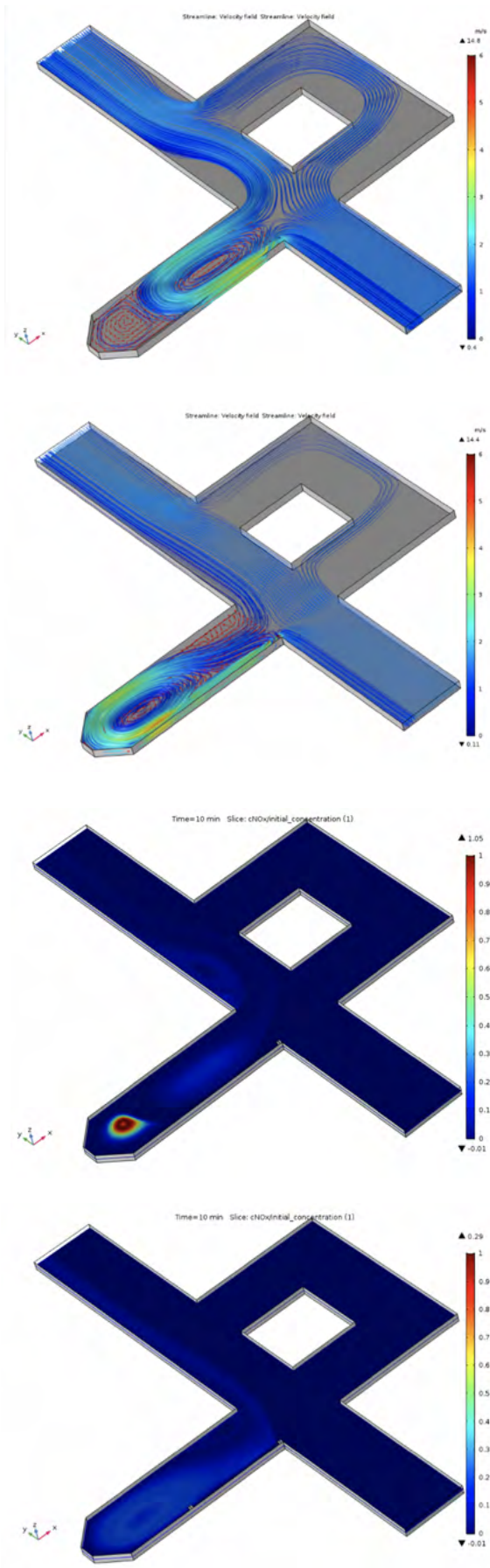


**Abbildung 1:** Thermomechanische Untersuchung von Einbauten in einem Eindampfgefäß. Auf Basis einer (vereinfachten) Geometrie lassen sich die Auswirkungen verschiedener Prozessbedingungen (hier: Temperatur) und Materialkombinationen simulieren. Die zu erwartenden Verformungen werden farblich und in der Geometrie (überhöht) dargestellt und geben Aufschluss über Verbesserungsmöglichkeiten.

griff auf durchgeführte Simulationsrechnungen für weitere Detailfragen und stellt im Alltag eine nicht zu unterschätzende Hürde für den sinnvollen Einsatz moderner Simulationsmethoden dar. Die Bereitstellung von internen Simulationskapazitäten bei den Anlagenbetreibern ermöglicht dagegen eine sehr enge Verknüpfung von branchenspezifischem Know-how mit aktuellen Simulationsmethoden, die auch für die erfolgreiche Zusammenarbeit mit externen Partnern eine wichtige Voraussetzung bildet. Die Schwelle für den Einsatz von Simulationsmethoden wird so deutlich gesenkt, so dass auch weniger typische Fragestellungen von den neuen Möglichkeiten profitieren können.

Ein Beispiel für die Übertragung und Anwendung von Simulationsmethoden in der Kali- und Steinsalzindustrie ist der Einsatz von Strömungssimulation (CFD) zur Visualisierung und Optimierung der „Bewetterung“ unter Tage (*Abbildung 2*). Dieser klassische Teilaspekt bei der bergmänn-

nischen Gewinnung von Rohsalzen beschäftigt sich mit der möglichst effizienten Abführung unerwünschter Gase (z. B. Sprengschwaden) und der Zuführung und Verteilung von Frischluft im Grubengebäude. Im modernen Bergbau kommt diesem Aspekt in Hinblick auf den Arbeitsschutz eine zunehmende Bedeutung zu. Gleichzeitig sollen die Wartezeiten bis zum Abtransport der Gase natürlich so kurz wie möglich gehalten werden, um die Produktion nicht unnötig zu verzögern. An dieser Stelle können Simulationen eine wertvolle Ergänzung zum etablierten Bergbauwissen und der betrieblichen Erfahrung darstellen, da sie die (virtuelle) Betrachtung konkreter Szenarien und die Auswirkungen verschiedener Handlungsalternativen erlauben. Nicht zuletzt können die Möglichkeiten moderner Strömungssimulationen ihre Stärken auch in der Ausbildung von Fachkräften ausspielen, um die komplexen, in der Regel aber eben nicht unmittelbar sichtbaren Phänomene realer Strömungen anschaulich aufzuzeigen.



Anders als bei einfacheren Fragen der Festigkeitsanalyse oder einphasigen Strömungssimulationen spielen in verfahrenstechnischen Fragestellungen oft Wärme- und Stoffübergänge, turbulente und reaktive Strömungen – häufig sogar mit mehreren, gegebenenfalls dispersen Phasen – oder bewegte Geometrien eine zentrale Rolle. Die Simulation solcher komplexen Prozesse stellte allerdings für die frühen Softwarecodes und vor allem für die bis in die 80er oder 90er Jahre verfügbare Computerhardware eine kaum lösbare Aufgabe dar und verzögerte den breiteren Einsatz von Simulationsmethoden in der Verfahrenstechnik und den Prozessindustrien bis in die 90er Jahre. Stattdessen dominieren oftmals empirische Korrelationen und nicht zuletzt das Erfahrungswissen der Konstrukteure und Betreiber die Auslegungsprozesse in vielen Bereichen der Verfahrenstechnik.

Die exponentiell steigende Rechenleistung der Computer bei sinkenden Preisen machte schließlich auch viele anspruchsvolle Simulationen mit realitätsnahen Modellen ohne Großrechner möglich. Exemplarisch für viele andere Prozesse in der Mineralaufbereitung sei hier etwa die Simulation einer Maische genannt (Abbildung 3). Hier werden in einem etwa 30 m langen Maischetrog an verschiedenen Stellen Feststoffe und Prozesslösungen aufgegeben und durch ein um die Längsachse rotierendes Paddelrührwerk vermischt. Um ein realistisches Bild der ablaufenden Prozesse und der sich einstellenden Feststoffverteilungen zu erhalten, muss also ein großer Teil der Geometrie als rotierender Bereich abgebildet werden. Da sich die diversen aufgegebenen Feststofffraktionen in ihren Korngrößen unterscheiden, müssen sie als verschiedene Phasen im Modell berücksichtigt werden, um das unterschiedliche Sedimentationsverhalten der Feststoffe abbilden zu können. Bei der Betrachtung derart spezieller Fragestellungen anhand konkreter Geometrien kommen verallgemeinerte Korrelationen an ihre Grenzen und numerische Simulationen spielen ihre Stärken aus. Sie gestatten die detaillierte Analyse verschiedener konstruktiver Änderungen oder Fahrweisen und ihrer Auswirkungen auf die Feststoffverteilung.

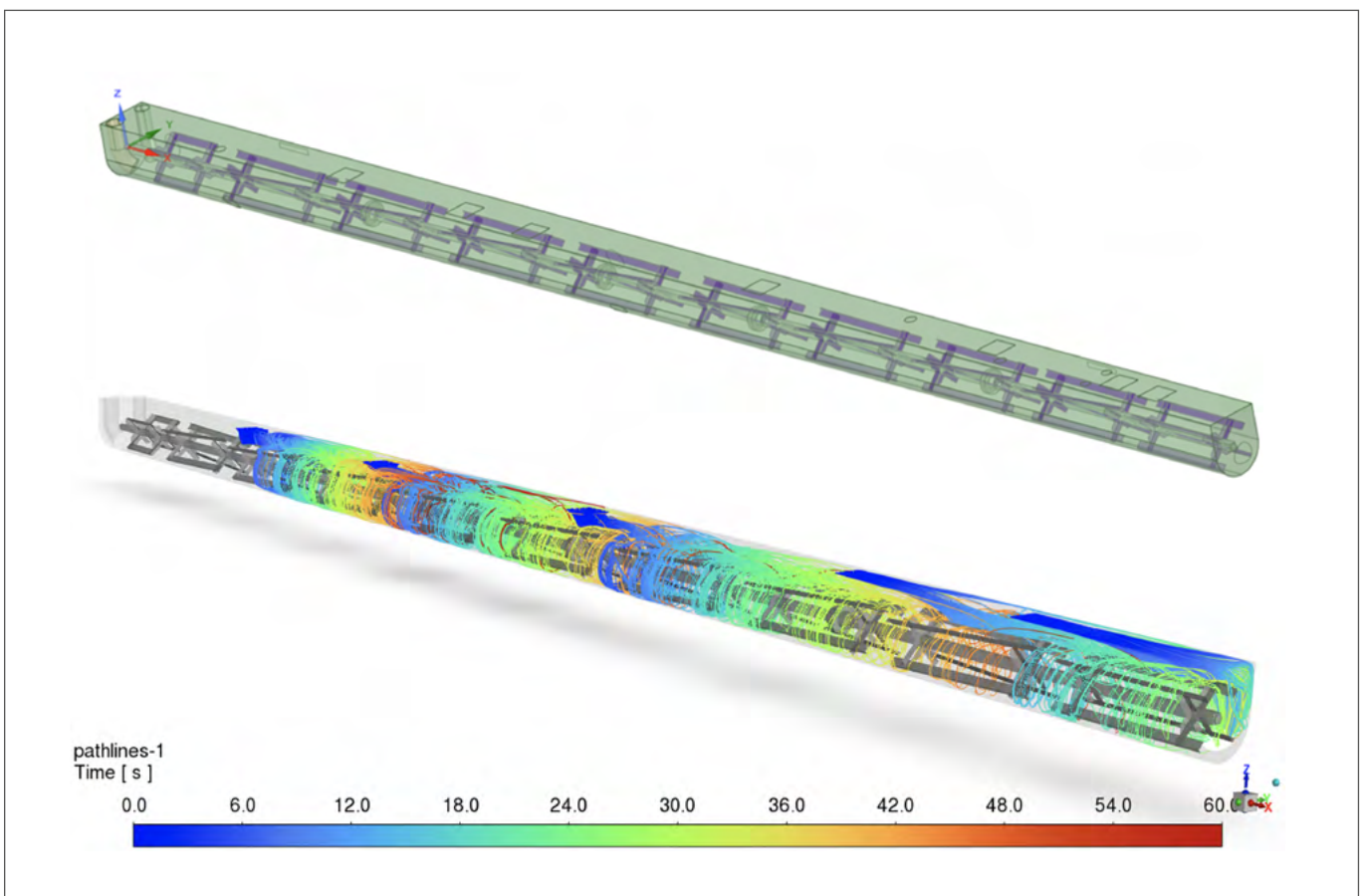
Abbildung 2: Anwendung von Strömungssimulation zur Visualisierung und Analyse der Bewetterung mit einem (1. von oben) bzw. zwei Lüftern (2. von oben) eines Abbauortes (jeweils unten links) nach der Sprengung. Die Stromlinien (oben) verdeutlichen die Lage von unerwünschten Totzonen und die Auswirkung auf den Abtransport von Sprenggasen (unten).

Sollen in größeren Apparaten mit Mehrphasenströmungen darüber hinaus auch Effekte des Stoff- oder Wärmeübergangs nachgebildet werden, steigt die Komplexität der Modelle jedoch oftmals schnell an, so dass auch mit moderner Hardware die Grenzen der praktischen Machbarkeit (oder Verhältnismäßigkeit) erreicht werden. Auch in absehbarer Zukunft besteht daher die Kernaufgabe und Herausforderung bei der numerischen Simulation im Finden einer sinnvollen Balance aus dem zur Beantwortung der Frage erforderlichen Detailgrad und dem daraus resultierenden Rechenaufwand.

Mit der steigenden Rechenleistung verschiebt sich diese Balance und es rücken auch Fragestellungen mit besonders großen Geometrien in Reichweite, die schnell in der Größenordnung von Dutzenden Millionen Freiheitsgraden liegen können. Ein Beispiel für ein solches System bei K+S ist der sogenannte Cooling Pond des Kalistandortes Bethune in Kanada (siehe *Abbildung 4*). In diesem rund

800 x 700 m großen Kühlteich mit schlangenförmig angeordneten Kanälen wird die untertätig durch Solungsbergbau gewonnene Salzlösung abgekühlt, um dabei selektiv Kaliumchlorid (KCl) aus der Lösung kristallisieren zu lassen. Das sich in Abhängigkeit von verschiedenen Prozess- und Umweltbedingungen einstellende Temperaturprofil ist deshalb von besonderem Interesse. Trotz des konzeptionell relativ einfachen Prozesses wird auch hier vom Modellierer verlangt, einen sinnvollen Kompromiss bei den Modellvereinfachungen zu finden, um die Rechenzeiten auf einem für praktische Belange akzeptablen Niveau zu halten. Erst dann kann eine ausreichende Zahl von Szenarien berechnet werden, die das Identifizieren optimierter Auslegungsparameter und Fahrweisen ermöglichen.

Mit der in den letzten Jahren rasant fortschreitenden Entwicklung spezialisierter Prozessoren aus dem Grafikbereich und deren Anwendung für allgemeine Berechnungen sind neben den beschriebenen klassischen FEM- und CFD-An-



**Abbildung 3:** Simulation eines Mischgefäßes mit verschiedenen Aufgabestellen für Feststoffe und Prozesslösungen. Die Bewegungspfade zeigen die durch das rotierende Paddelrührwerk dominierte Bewegung der Partikel in der Suspension.

wendungen zunehmend auch (wieder) Methoden der diskreten Partikelsimulation (Discrete Element Method, DEM) in den Fokus der kommerziellen Ingenieursimulation gelangt. Im Gegensatz zu Kontinuumsansätzen simulieren DEM-Ansätze die explizite Dynamik einzelner Teilchen oder ausgedehnter Körper und deren Wechselwirkungen. In Kombination mit der in den letzten Jahren stark angestiegenen Rechenleistung eignet sich der ursprünglich vor allem in spezialisierten Anwendungen der Geo- und Gebirgsmechanik verbreitete Ansatz damit auch für die Simulation des Verhaltens von Partikeln und Schüttgü-

tern und ist damit bei auch für die Simulation vieler Prozessschritte in der Mineralaufbereitung ein interessantes Werkzeug geworden. Als Beispiel sei die Simulation des Schaufelfüllverhaltens eines Untertageladers beim Aufnehmen grober Rohsalzstücke aus einem Haufwerk genannt (Abbildung 5). Die Simulation kann hier beispielsweise Aufschluss über geeignete Geometrien geben, aber auch über lokal wirkende Kräfte und Stellen, die besonderem Verschleiß ausgesetzt sind. Weitere, heutzutage bereits klassische Anwendungen von DEM sind die Simulation des Verhaltens von Schüttgütern in Silos oder beispielsweise

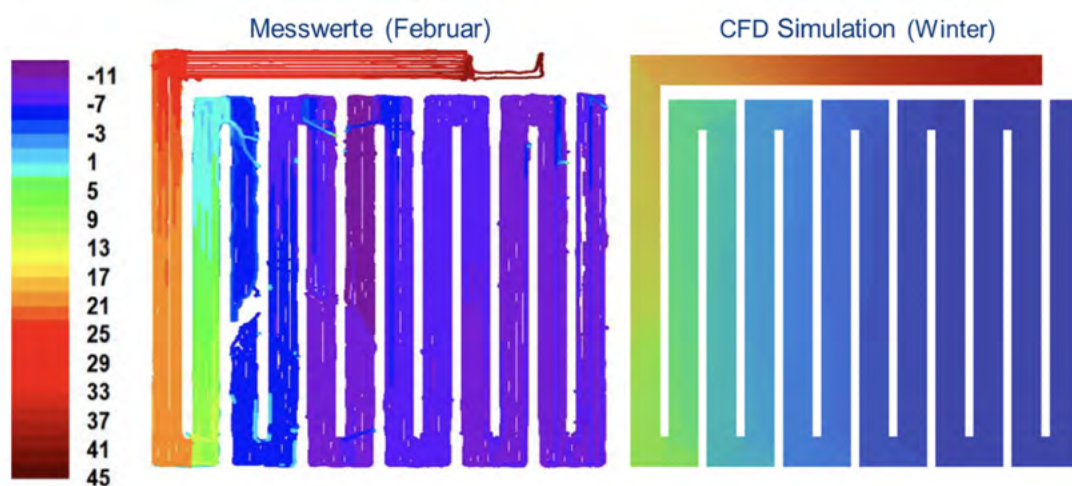


Abbildung 4 oben: Luftaufnahme des K+S Standortes Bethune (Kanada) mit Fabrikgebäuden im Hintergrund und dem Cooling Pond (ca. 800 x 700 m, gelbe Umrandung) im Vordergrund. unten: Vergleich von gemessenen und simulierten Temperaturverteilungen des Cooling Ponds.



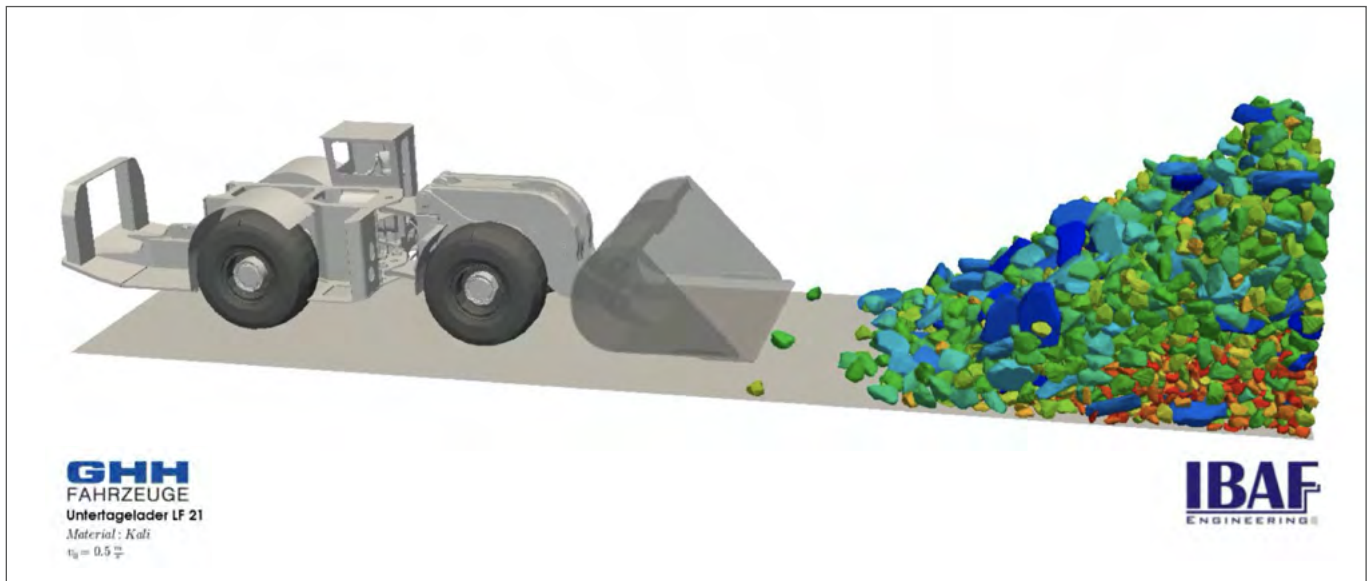


Abbildung 5: Simulation des Schaufelfüllverhaltens für einen Untertagelader, GHH GmbH & IBAF GmbH (2015)

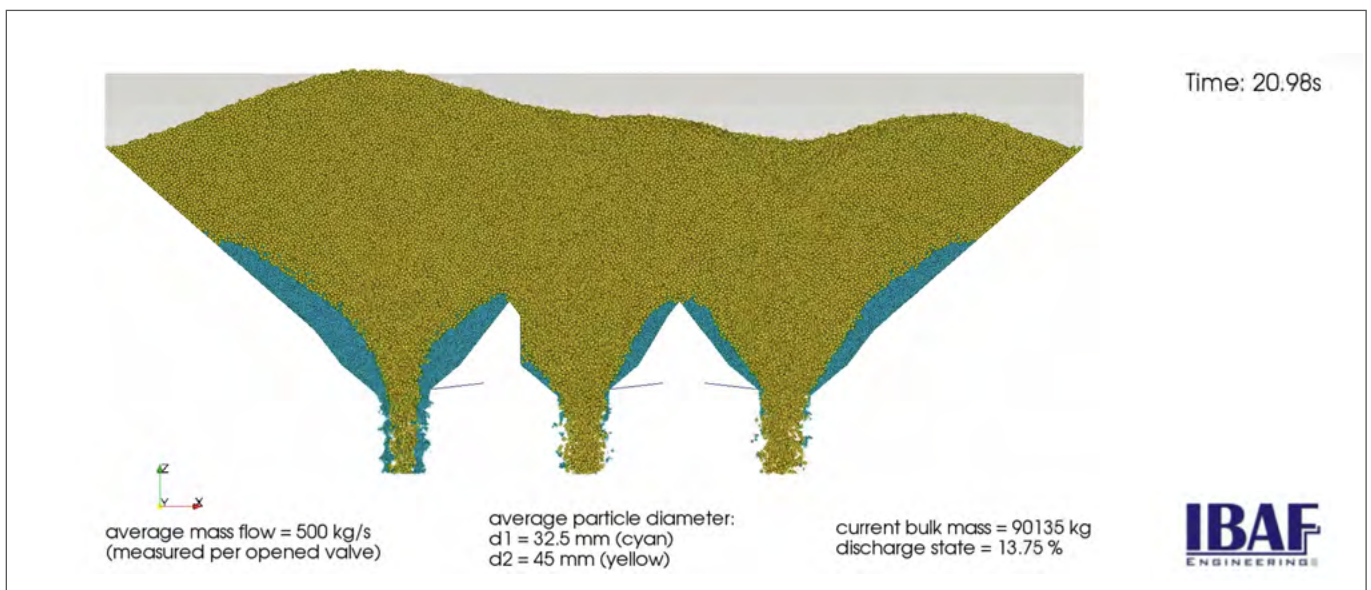


Abbildung 6: Partikelsimulation (DEM) einer Waggonentladung unter Annahme zweier Partikelgrößen (gelb bzw. cyan), IBAF GmbH (2014)

einer Waggonentladung (Abbildung 6). Die beiden Beispiele verdeutlichen den zunehmenden und frühzeitigen Einsatz moderner Simulationsmethoden im Zusammenspiel von Konstrukteuren, Simulationsspezialisten und späteren Betreibern.

Aber nicht nur in der unmittelbaren Gewinnung von Kali- und Steinsalzen und deren weiteren Verarbeitung in den Fabrikprozessen spielt die Anwendung numerischer Simulationsmethoden eine immer größere Rolle. Auch in anderen, spezialisierten Disziplinen wie etwa der Hydrogeologie oder

der Gebirgsmechanik sind moderne Simulationsmethoden ein unverzichtbarer Bestandteil der täglichen Arbeit, ohne die unser heutiger Anspruch an eine sichere und umweltverträgliche Rohstoffgewinnung kaum erfüllbar wäre.

Die Breite der gezeigten Beispiele verdeutlicht, dass moderne Simulationsmethoden und ihre vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten auch in der Kali- und Steinsalzindustrie längst etabliert sind und auch in Zukunft ihren Beitrag zu einer modernen Rohstoffgewinnung und -verarbeitung leisten werden.

# Stand der Technik der Abdeckung von Kalirückstandshalden



**Dr. Arne Schmeisky**

Referent  
Standortkoordination &  
Projektentwicklung  
REKS GmbH & Co. KG

Seit Jahrzehnten wird daran geforscht die von Rückstandshalden der Kaliindustrie ausgehenden Umweltauswirkungen zu reduzieren, um dadurch den Bergbau nachhaltiger zu gestalten. Ziel hierbei ist es, die niederschlagsbedingte Salzwasserbildung zu minimieren. Im Laufe der Zeit wurden so verschiedene Ansätze zur Haldenabdeckung untersucht, von denen sich einige als nicht umsetzungsfähig herausstellten, andere jedoch ihren Weg bis zur Anwendung fanden. Erkenntnisse aus allen diesen Projekten fließen in den kontinuierlichen Prozess der Weiterentwicklung bestehender Verfahren und die Entwicklung neuer Verfahren ein.

## ***Proceedings in Potash Tailings Pile Covering***

*For decades, research has been conducted to reduce the environmental impact of tailings piles from the potash mining industry, thereby making mining more sustainable. The aim here is to minimize the formation of brine caused by precipitation. In the course of time, various approaches for covering tailings piles were investigated, some of which turned out not to be feasible, but others found their way to application. Findings from all of these projects are incorporated into the ongoing process of improving existing methods and developing new ones.*

Abbildung 1: Direktbegrünung an der Halde III am K+S Standort Wintershall (Foto: H. Schmeisky)

Die Aufhaltung fester Rückstände aus der Kaliproduktion ist weltweit Stand der Technik und wird z. B. von Rauche (2015) für verschiedene Produzenten beschrieben. Die genauen Zusammensetzungen der aufgehaldeten Rückstände können dabei zwar je nach Lagerstätte und angewandter Aufbereitungstechnik schwanken, jedoch handelt es sich überwiegend (> 90%) um Steinsalz (NaCl). Daneben sind meist verschiedene andere Salze, Anhydrit, Tonminerale usw. im Rückstand vorhanden. Niederschlagsbedingt kommt es zur Lösung von Salzen und zur Entstehung von Haldenwässern, die – meist durch Einleitung in einen Vorfluter – entsorgt werden müssen. Zur Minimierung der Haldenwasserbildung wurden in den vergangenen Jahrzehnten verschiedene Techniken zur Abdeckung von Kalirückstandshalden entwickelt, die den vorherrschenden lokalen Gegebenheiten Rechnung tragen. Auf Grund der jeweils unterschiedlichen Haldenmorphologie sowie der Größe, Lage und des Umfeldes der Halde gibt es kein Standardverfahren zur Haldenabdeckung, jedoch können Erfahrungen aus verschiedenen Abdeckprojekten zur Auswahl des bestmöglichen Verfahrens für jede neue Haldenabdeckung beitragen. Grundlage für die Abdeckung der Halden bildet üblicherweise die Verwertung nicht-gefährlicher mineralischer Abfälle, wodurch nicht nur der Anfall salzhaltiger Wässer reduziert, sondern auch ein nachhaltiger Beitrag zur Kreislaufwirtschaft geschaffen wird.

## Anfänge der Haldenabdeckung

Bereits in den 50er Jahren wurden am Standort Neuhofer erste Versuche der Aufbringung und Begrünung von Boden durchgeführt, diese führten jedoch zunächst nicht zum Erfolg. Weitere Versuche wurden an der Halde III in Wintershall mit substratgefüllten Pflanzkisten durchgeführt. Die Idee dabei war, dass einzelne fertig begrünte Bausteine vorbereitet und dann nach und nach auf der Halde aufgebracht werden könnten. Die Versuche scheiterten jedoch daran, dass sich zwischen den einzelnen Bausteinen Wasserwegsamkeiten mit den entsprechenden Salzauslösungen bildeten, die zum Systemversagen führten und eine dauerhafte Verankerung im Salz verhinderten. (Lenz 1983)

Da die Halde über einen hohen Anteil unlöslicher Bestandteile (überwiegend Anhydrit) verfügt, eignete sie sich letztlich für Direktbegrünungsversuche, deren Erfolg noch heute sichtbar ist. Verschiedene Pflanzen wurden hier angesiedelt und das Wachstum durch unterschiedliche Bodenverbesserer, Kompost- und Düngemittelgaben verbessert (Schmeisky, H. et al. 1993). Dieses Verfahren muss jedoch für die meisten Halden ausgeschlossen werden, da der Salzgehalt der Haldenoberflächen zu hoch für pflanzliches Wachstum ist.

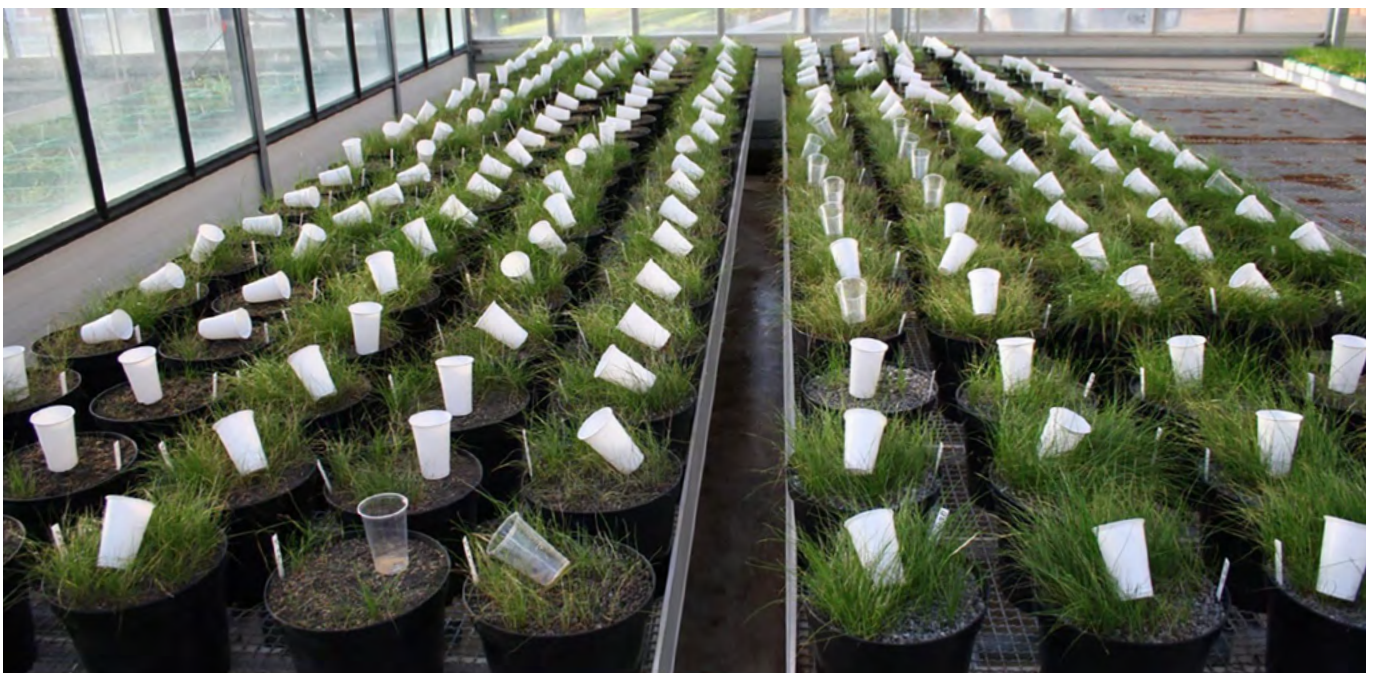


Abbildung 2: Gewächshausversuche zur Begrünbarkeit mit verschiedenen Substraten (Foto: H. Schmeisky)

Erste theoretische Überlegungen zu einer Abdichtung mit Folien wurden verworfen, da postuliert wurde, dass ein solches Material den Beanspruchungen auf einer Halde nicht standhalten würde. Auch Versuche mit Oberflächenkleber und Begrünungshilfen scheiterten. (Lenz 1983)

In den 90er Jahren starteten Versiegelungsversuche mit Torkret und Kunststoffdichtungsbahnen (KDBs) am Standort Zielitz. Doch auch hier trat Systemversagen ein, da die Materialien den extremen Bedingungen der Halde, wie befürchtet, nicht standhalten konnten. In der Torkretschicht bildeten sich Risse, die zu punktueller Durchsickerung von Wasser und entsprechenden Salzauswaschungen führten. Die Aufbringung von Folien gestaltet sich, insbesondere in Flankenbereichen, hingegen bereits technisch als schwierig, da die Folien windanfällig sind, einzelne Bahnen verschweißt werden müssen und eine Verankerung notwendig ist. Eine dünn-schichtige (ca. 4 cm) Substratabdeckung mit anschließender Begrünung zum Schutz der Folien versagte ebenfalls, da nicht ausreichend Wasserspeicherfähigkeit für einen dauerhafte Bewuchs vorhanden war. Außerdem riss das Material an den scharfkantigen Salzflächen auf, sodass auf einen weiteren Einsatz von Versiegelungen mit KDBs oder starren Materialien wie Beton zunächst verzichtet wurde. (Schmeisky, H. et al. 1993)

Die Aufbringung von unkonditioniertem Basaltmaterial in den 90er Jahren führte ebenfalls nicht zum Erfolg, bildete jedoch u. A. die Grundlage für weitere Versuche mit Bodenmaterialien. Dafür wurden neben Untersuchungen zum Chemismus, der Ermittlung von Bodenphysikalischen Parametern und Gewächshausversuchen auch Freilandversuche durchgeführt.

Durch die umfangreichen Forschungsarbeiten wurden so im Laufe der Zeit verschiedene Verfahren entwickelt, die den Stand der Technik bzw. den Stand der Wissenschaft abbilden. Dabei wurden sowohl Verfahren mit als auch ohne Begrünung erforscht. Die erfolgreichsten Verfahren bilden dabei die Dickschichtabdeckung, die Dünn-schichtabdeckung und die Infiltrationshemmschicht.

### Dickschichtabdeckung

Begrünungsuntersuchungen fanden beispielsweise an der mit Boden abgedeckten Kleinalde Riedel (Hänigsen) An-

fang der 90er Jahre statt und zeigten Anwuchserfolge. Auch an der Halde Friedrichshall (Sehnde) erfolgten erste Anschüttungen mit Fremdmaterial aus einer Mittellandkanalvertiefung bereits während der 80er Jahre (Schmeisky, H. et al. 1993). Die Abdeckung einer solchen mittelgroßen Halde erforderte jedoch aufgrund der Höhe (ca. 60 m) und der Größen (ca. 28 ha) dieser Halden die Entwicklung eines umfangreicheren Abdecksystems. Ein solches Abdecksystem besteht aus einem Aufbau in verschiedenen Schichten und in Bermenbauweise. So konnte in den Folgejahren die Dickschichtabdeckung basierend auf den bis dahin bestehenden Erkenntnissen entwickelt werden. Diese Abdeckmethode wurde bereits umfangreich beschrieben (Bartelt, Köhler 2020) und lässt sich kurz als Abdeckmethode beschreiben, bei der mineralische Abfälle (Boden und Bauschutt) verwertet werden, in dem sie – in einem vergleichsweise flachen Winkel – auf die Halde aufgebracht werden. Durch einen definierten Schichtenaufbau und eine anschließende Begrünung kann die Entstehung von salzhaltigen Wässern deutlich reduziert werden. K+S konnte 2022 die Abdeckung der Halde Friedrichshall, an der das Verfahren seit 1997 im Regelbetrieb umgesetzt wurde, abschließen und die Erkenntnisse aus dem Projekt für das nächste Abdeckvorhaben an der Halde Niedersachsen in Wathlingen nutzen. Zur Weiterentwicklung wurde hier z. B. der Schichtenaufbau weiter optimiert.

Ähnliche Abdeckverfahren werden in Deutschland jedoch nicht nur von K+S umgesetzt. Die Abdeckung mit Boden und Bauschutt und Begrünung der Halde Hansa in Empelde konnte bereits 2020 fertiggestellt werden. Auch die Halde Albert in Ronnenberg soll mit analogen Materialien abgedeckt werden, Abdeckungen mit Kunststoffdichtungsbahnen oder Asphalt wurden auch dort verworfen. Im Südharz-Kalirevier wurden bzw. werden ebenfalls verschiedene Halden mit vergleichbaren Materialien und Verfahren abgedeckt, dazu zählen beispielsweise die Halden in Sondershausen und Bleicherode (siehe jeweilig Internetauftritte der Betreiber).

Diese Abdeckform bildet somit den derzeitigen Stand der Technik, zumindest für mittelgroße Kalihalden. Dies wurde auch in verschiedenen Regelwerken wie den Technischen Regeln des LAB, der Thüringer Kalihaldenrichtlinie oder dem EU-Dokument zum Stand der Technik in der Entsorgung von bergbaulichen Abfällen anerkannt und reguliert.

## Dünnschichtabdeckung

Das Verfahren der Dickschichtabdeckung stellt für große Kalihalden (Grundfläche > 40 ha) eine ungleich größere Herausforderung dar, da aufgrund der Abflachung des Böschungswinkels mit steigender Haldenhöhe der Vorland- und Materialbedarf überproportional ansteigen. So müsste für die Abdeckung einer Großhalde im Dickschichtverfahren einerseits ausreichend Material, andererseits genügend Vorland zur Umsetzung des Verfahrens vorhanden sein. Daher begann K+S in den 90er Jahren damit, Versuche mit technologischen Substraten bzw. Substratmischungen in Zusammenarbeit mit verschiedenen Gutachtern, Ingenieurbüros und der Universität Kassel (damals Gesamthochschule Kassel) durchzuführen. Das so entwickelte Dünnschichtverfahren wurde bzw. wird weltweit erstmalig am Standort Sigmundshall umgesetzt.

Die dort eingesetzten Materialien sind nicht in ausreichender Menge für die Abdeckung anderer Großhalden verfügbar, so dass weiterhin am System Dünnschichtabdeckung geforscht wird. Die 30-jährige Erfahrung kann dabei zur Verbesserung des Systems genutzt werden, das zwar eine etwas geringere Effizienz aufweist als die Dickschichtabdeckung, jedoch die Abdeckung von Großhalden ermöglicht. Auch das Verfahren zur Dünnschichtabdeckung wird auf EU-Ebene als aufkommende Technik

(„emerging technique“) gewürdigt und wird außerdem in der überarbeiteten Fassung der Technischen Regeln des LAB berücksichtigt. Auch diese Verfahren wurden bereits umfangreich in der Kali & Steinsalz beschrieben (Wehmeier, Spachtholz 2016).

## Infiltrationshemmschicht

Das System Infiltrationshemmschicht (IHS) wurde am Standort Zielitz in Zusammenarbeit mit einem Ingenieurbüro entwickelt. Hierbei wird die Wasserspeicherfähigkeit und die Verdunstungsleistung der Haldenoberfläche durch Zugabe von Additiven zum Salzurückstand bei Schüttung der Außenkontur der Halde während der Aufhaldung erhöht. Das Verfahren wurde bereits großtechnisch am Standort Zielitz erprobt und wird fortlaufend untersucht. Es zeichnet sich durch einen geringen Materialbedarf aus, zeigt jedoch auch eine geringere Effizienz verglichen mit den vorhergenannten Verfahren. Dies liegt u. A. darin begründet, dass in der Abdeckschicht ein deutlich höherer Salzanteil vorhanden ist, der keine aktive Begrünung mit höheren Pflanzen ermöglicht. Dennoch zeigten Untersuchungen der Universität Rostock, dass auch hier eine langfristige Besiedelung von photosynthetisch aktiven Mikroorganismen, Moosen und Flechten erfolgt, die langfristig die Wirksamkeit des Verfahrens verbessern (Sommer et al. 2021).



Abbildung 3: Versuchsflächen an einer begrüneten Flanke am Standort Sigmundshall (Foto: H. Schmeisky)

### Haldenabdeckungen außerhalb von Deutschland

Durch die Entwicklung unterschiedlicher Abdeckverfahren und die Umsetzung an verschiedenen Standorten kann Deutschland sicherlich als Technologieführer im Bereich Haldenabdeckung angesehen werden. Doch auch in anderen Ländern wurden Kalihalden abgedeckt.

Ein Beispiel hierfür ist die Halde Vilafruns bei Balsareny in Katalonien. Hierbei handelt es sich um eine vergleichsweise kleine, inaktive Halde auf der ca. 3 Mio. t Rückstand abgelagert sind. Bei der Abdeckung kam neben Geotextilien und Folien ebenfalls Boden zum Einsatz, so dass eine Begrünung der Halde erfolgen konnte. (EU-Kommission 2017) Auch im Elsass wurde von 1910 bis 2002 Kalidünger gewonnen, was zur Aufschüttung von insgesamt 15 Halden führte. Acht dieser Halden wurden zur Auflösung künstlich beregnet und somit abgetragen. Fünf weitere Halden wurden abgedeckt. Hierbei kamen Geomembranen und Boden zum Einsatz, jedoch zeigten sich auch hier Probleme beim Einsatz von Geokunststoffen in Flankenbereichen und es wird nicht davon ausgegangen, dass die Materialien dauerhaft intakt bleiben. (Fischer et al. 2016)

Diese europäischen Beispiele für Haldenabdeckungen zeigen, dass sich der Einsatz von Kunststoffbahnen insbesondere an Flankenbereichen als schwierig gestaltet. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass es sich bei den oben genannten Beispielen um kleinere inaktive Halden handelt, sodass die Vergleichbarkeit zu Großhalden nicht gegeben ist. Auch bei den französischen und spanischen Verfahren wird zusätzlich zum Einsatz von Kunststoffbahnen eine begrünbare Bodenschicht aufgetragen, die zu einem verbesserten Wasserhaushalt führt.

Versuche, Kalihalden ohne Begrünung abzudichten, wurden beispielsweise in Kanada in den 90er Jahren durchgeführt. Hier wurden sowohl Bentonit als auch Kunststoffdichtungsbahnen eingesetzt. Die Versuche zeigten, dass ein hoher Nachsorgeaufwand entsteht und sich der Einsatz von Folien als technisch schwierig herausstellt. Insbesondere der Wasserabfluss von auf diese Weise versiegelten Flächen führte zu Erosionen und Lösungserscheinungen im Salz, ein Problem, das bei ausreichender Wasserspeicherkapazität der Abdeckschicht z. B. bei der Dickschichtabdeckung minimiert ist. (Wong & Reid 1991)

### Alternativen zur Haldenabdeckung

In Deutschland müssen im Rahmen der Genehmigungsverfahren für Haldenabdeckungen immer auch Alternativverfahren geprüft werden. Dabei werden meist Rückbau und Versatz, Direktversatz oder Verwertung betrachtet. Bei der Prüfung solcher Alternativen müssen jedoch die lokalen Gegebenheiten berücksichtigt werden. Ein Direktversatz zur Reduzierung der Aufhaltungsmengen kann überhaupt nur bei aktiv betriebenen Bergwerken betrachtet werden. Ein Versatz nach unter Tage kann in bereits gefluteten oder anderweitig verwahrten Bergwerken nicht mehr erfolgen. Dennoch ist zu berücksichtigen, dass ein Haldenrückbau, wo dies aufgrund der Rahmenbedingungen theoretisch möglich wäre, nicht nur mit enormen wirtschaftlichen Belastungen einhergeht, sondern auch einen langwierigen Prozess mit enormen Auswirkungen auf die Umwelt darstellt. Schall- und Staubemissionen sowie LKW-Verkehr werden häufig als negative Auswirkungen einer Haldenabdeckung angeführt, doch diese Belastungen würden auch im Rahmen eines Haldenrückbaus entstehen. Auf Grund der größeren Massenbewegungen bei einem Haldenrückbau wäre wahrscheinlich sogar von größeren Auswirkungen auszugehen als durch eine Haldenabdeckung. Besonders der Teilrückbau der Halde Königshall-Hindenburg hat gezeigt, dass enorme Anstrengungen notwendig sind, um Haldenmaterial zurückzugewinnen. Neben Sprengungen an der Halde wurde mit einer Raupe versucht Material zu gewinnen. Zumindest Sprengarbeiten dürften bei den meisten Halden aufgrund der Nähe zur Wohnbebauung ausgeschlossen sein.

Ein in Spanien umgesetztes Verfahren zur Nutzung von Haldenrückstand ist der Phoenix Plan (Rauche 2015). Inwiefern dort bereits aufgehaldetes Material verwertet wurde, ist nicht bekannt, laut Betreiber verfügt die Anlage über eine Jahreskapazität von 450.000 t (Website ICL). Eine solche Menge würde gerade bei Großhalden aufgrund der jährlichen Aufhaltung (7 Mio. t/a, z.T. sogar mehr), der bereits aufgehaldeten Mengen (> 100 Mio. t) keine nennenswerte Reduktion an aufgehaldetem Rückstand und an Haldenwässern bedeuten. Weiterhin ist bei einer Verwertung von Rückstandsalz neben dem Aufwand, dem Energiebedarf, den Betriebs- und Investitionskosten und der Belastung der Anwohner auch ein Absatzmarkt zwingend erforderlich.

Der Direktversatz (Versatz von gewonnenen Mengen, die direkt unter Tage wieder versetzt und nicht nach über Tage gefördert werden) wird hingegen bereits für Teilmengen an verschiedenen aktiven Standorten praktiziert. Auch hier laufen Forschungsvorhaben die Versatzquoten zu verbessern, was in erster Linie eine Verringerung der aufzuhaltenden Mengen bedeuten würde, da hierfür Produktionsrückstände bevorzugt verwendet werden könnten. Ein Komplettversatz von Rückstandshalden in offene Grubengebäude hingegen ist nicht möglich. Dabei gibt es verschiedene technische Gründe wie die Volumenvergrößerung des aufbereiteten Materials gegenüber dem Ursprungsgestein, Konvergenzen (Setzungen) im Grubengebäude oder die Notwendigkeit zur Offenhaltung von Infrastruktur. Dennoch werden Verfahren zum Rückbau und zum Versatz von Halden kontinuierlich überprüft.

Ein weiteres Verfahren, das beispielsweise im Elsass angewendet wurde, ist das Beregnen von Halden, um diese aufzulösen und das dabei entstehende Salzwasser anschließend in einen Vorfluter einzuleiten. Hierfür werden jedoch einerseits große Mengen Wasser benötigt, andererseits entsteht dadurch eine hohe ökologische Belastung für die jeweilige Vorflut durch die Erhöhung des Salzgehaltes. Ein solches Verfahren wäre heute vermutlich nicht mehr umsetzbar, da es nicht zuletzt den Anforderungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie widerspricht und zumindest temporär zu einer deutlichen Verschlechterung der Gewässergüte der entsprechenden Vorfluter führen würde.

## Fazit

Die Abdeckung von Kalirückstandshalden stellt derzeit die wirksamste Methode zur Verringerung niederschlagsbedingter salzhaltiger Wässer dar. Durch die Verwertung mineralischer Reststoffe kann zusätzlich ein wertvoller Beitrag zur Kreislaufwirtschaft geleistet werden. Dabei bildet bisher das Verfahren der Dickschichtabdeckung den Stand der Technik für mittelgroße Halden; die Dünnschichtabdeckung wird für Großhalden als zukünftige mögliche Abdecktechnik gewürdigt. Die Forschung der letzten Jahrzehnte hat gezeigt, dass verschiedene Verfahren auch in Kombination Anwendung finden können, dabei sind jedoch immer die jeweiligen lokalen Gegebenheiten der einzelnen Standorte ausschlaggebend. Zusätzlich müssen nicht nur das Umfeld und die Haldenmorphologie berücksichtigt werden, sondern auch die wirtschaftlichen Gegebenheiten, insbesondere die Verfügbarkeit der – für das angestrebte Verfahren geplanten – Materialien. Dies wird auch durch internationale Forschungsvorhaben bestätigt. Die fortlaufende Forschung wird auch in Zukunft den Stand der Technik durch die Verbesserung der bestehenden Verfahren, die Entwicklung leistungsfähiger Materialien und neuartige Verfahrenstechniken neu definieren.

## Quellenangaben:

- Bartelt, Köhler (2020)** Abdeckung der Kalirückstandshalde Friedrichshall I; Kali & Steinsalz 2020/2
- EU-Kommission (2017):** Commission Decision (EU) 2018/118 of 31 August 2017 on State aid SA.35818 (2016/C) (ex 2015/NN) (ex 2012/CP) implemented by Spain for Iberpotash (notified under document C(2017) 5877) (Text with EEA relevance.)
- Fischer, Clément, Pirrion, Ouvry, Touze-Foltz (2016)** Les terrils salés du bassin potassique alsacien : évolution et devenir d'ouvrages étanchés par géomembrane, Sciences Eaux & Territoires n° 18 – 2016
- Lenz, O. (1983)** Stand der Untersuchungen zur Begrünung von Rückstandshalden der Kaliindustrie; Kali & Steinsalz Bd. 8 (1983) Heft 12
- 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
- Schmeisky, H.; Kunick, M.; Lenz, O. (1993)** Zur Begrünung von Rückstandshalden der Kaliindustrie; Kali & Steinsalz Bd. 11 (1993) Heft 5/6
- Sommer, V.; Kockx, M.; Karsten, U.; Wölk, A.; Schmeisky, A.; Gose, N. (2021)** Biologische Bodenkrusten auf den Rückständen der IHS-Pilothalder in Zielitz; Kali & Steinsalz 2021/1
- Wehmeier, V.; Spachtholz, F. (2016)** Energieeffiziente Verwertung von Salzschlacken aus der Sekundäraluminium-Produktion und Rekultivierung der Abraumhalde des Kaliwerks Sigmundshall; Kali & Steinsalz 2016/1
- Wong, H.L.C.; Reid, K.W. (1991)** Potash Tails Pile Field Test Covers; Proceedings of the 15th Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium in Kamloops, BC, 1991. The Technical and Research Committee on Reclamation







**Marcus Janz**

Pressesprecher Standorte  
Communications & Brands  
K+S Aktiengesellschaft

# K+S liefert pharmazeutischen Hilfsstoff für Dialyse-Patienten

Das Salzwerk Borth des Bergbaukonzerns K+S ist das Kompetenzzentrum für die Produktion von Pharmasalz auf Natriumchloridbasis. Neben einem pharmazeutischen Wirkstoff gehört seit vergangenem Jahr auch wieder der pharmazeutische Hilfsstoff zur Produktpalette. Der Hilfsstoff ist beispielsweise für die Dialyse unverzichtbar.

## *K+S supplies pharmaceutical excipient for dialysis patients*

*The Borth salt plant of the K+S mining group is the competence center for the production of sodium chloride-based pharmaceutical salt. In addition to an active pharmaceutical ingredient, the pharmaceutical excipient has again been part of the product range since last year. The excipient is indispensable for dialysis, for example.*

## Themenreihe „Produkt und Anwendung“

Diese Themenreihe stellt die vielfältigen Anwendungen des in den deutschen Kali- und Salzbergwerken gewonnenen Rohsalzes vor. Aufgrund seiner weltweit einzigartigen Zusammensetzung ermöglicht es eine außergewöhnlich breite Palette lebensnotwendiger Salz- und Kaliprodukte.



### Unverzichtbare Grundstoffe für Medizin, Pharma und Versorgung

Die deutsche Kali- und Salzindustrie produziert Kali- und Natriumsalze, die für die Versorgung der Bevölkerung in den Bereichen Medizin, Pharma, Lebensmittelproduktion, Futtermittel und Landwirtschaft unverzichtbar sind und täglich gebraucht werden. Dazu gehören vor allem auch lebensnotwendige medizinische Anwendungen wie Infusionen, die Patienten zur Versorgung mit Flüssigkeit und lebensnotwendigen Mineralstoffen verabreicht werden oder auch Dialyselösungen zur Behandlung von Krebspatienten.

K+S beliefert dabei mit zahlreichen Pharma- und Medizintechnikherstellern über 45% des europäischen Markts und exportiert seine Produkte auch nach Übersee. Neben hochreinem Natriumchlorid am Standort Borth am Niederrhein produziert der Konzern in Deutschland am Standort Wintershall des Werks Werra Kaliumsalze von hochreiner Qualität, die von der Pharmaindustrie zur Herstellung einer breiten Palette von Arzneimitteln verwendet werden. Als weltweit einziger Primärproduzent mit eigenen NaCl und KCl Quellen ist K+S dabei unabhängig von Vorlieferanten. Alle Rohsalze sind natürlichen Ursprungs und werden in aufwendigen Prozessen zu Produkten höchster Reinheitsstufen veredelt.

Außerdem werden sie kontinuierlich auf alle relevanten chemischen und physikalischen Eigenschaften geprüft. Das bringt höchste technische Anforderungen mit sich.

Rund 45.000 Tonnen Pharmasalz haben die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am Standort Borth im Jahr 2022 produziert. Nachdem das Angebot eines pharmazeutischen Hilfsstoffs vorübergehend ausgesetzt worden war, liefert das Werk seit vergangenem Jahr neben dem pharmazeutischen Wirkstoff auch dieses Produkt wieder an Kunden aus. Und die Kapazität soll ausgebaut werden: In diesem Jahr wird am Standort eine separate Anlage für die Verladung der Hilfsstoffe errichtet und damit ein Nadelöhr beseitigt.

Antje Langhorst, Marketing Managerin im Bereich Pharma Industry+ erklärt die Produktstrategie: „Im Markt gibt es eine wachsende Nachfrage nach pharmazeutischen Hilfsstoffen, die beispielsweise für die Dialyse unverzichtbar sind. Zivilisationskrankheiten wie Diabetes und Bluthochdruck nehmen immer mehr zu und damit steigt die Anzahl an Patienten mit Nierenversagen, die auf die Dialyse angewiesen sind. Außerdem haben beispielsweise die Produzenten von Babynahrung keine Herstellererlaubnis für Arzneimittel und dürfen daher keine Wirkstoffe, sondern nur Hilfsstoffe verarbeiten.“

## Was ist medizinisch gesehen der Unterschied zwischen einem Wirkstoff und einem Hilfsstoff?

Ein Wirkstoff hat eine aktive Wirkung im Körper, ein Hilfsstoff hilft nur dabei, eine Wirkung hervorzurufen. So wird bei der Hämodialyse das Blut außerhalb des Körpers gefiltert und die im Blut befindlichen Giftstoffe ausgewaschen. Dafür ist der pharmazeutische Hilfsstoff aus Borth zugelassen. Im Unterschied dazu findet bei der Peritonealdialyse dieser Prozess im Bauchfell, also innerhalb des Körpers statt. Hierfür ist ausschließlich der pharmazeutische Wirkstoff zugelassen.

Der Hilfsstoff stammt aus der gleichen Borth-Produktionslinie wie der Pharmawirkstoff, allerdings sind die Dokumentationspflichten deutlich geringer. Die Hilfsstoffe müssen nicht nach dem gleichen GMP-Standard (Good Manufacturing Practice) produziert werden wie die Wirkstoffe. Deshalb ist es auch nicht erforderlich, das Produkt unter Reinraumbedingungen zu verpacken.



AdobeStock@hanabiyori

## Kapazitätserhöhung auf bis zu 20.000 Tonnen

Die Anlagenplanung ist bereits abgeschlossen. Während im vergangenen Jahr rund 3.000 Tonnen Hilfsstoff über die bestehende Anlage gelaufen sind, kann sich die Kapazität mit der neuen Einrichtung auf bis zu 20.000 Tonnen erhöhen. „Ab September könnten wir dann rund um die Uhr liefern,“ bestätigt Dirk Heinrich, Leiter Produktion und Technik über Tage. Dass neben der hohen Qualität für Kunden auch die Lieferzuverlässigkeit ausschlaggebend ist, bestätigt auch Antje Langhorst.

## Gelebtes Qualitätsbewusstsein

Dirk Heinrich ist stolz darauf, wie seine Mannschaft Qualitätsbewusstsein lebt: „Wir decken im Werk ein breites Produktspektrum ab. Unsere Kunden denken also in sehr unterschiedlichen Maßeinheiten: Auftausalzkunden in Kilotonnen, unsere Pharmakunden in Milligramm. Seit dem Jahr 2006 produzieren wir unsere Pharmawirkstoffe bereits nach dem GMP-Standard, das ist quasi eine gläserne Produktion mit umfangreichen Dokumentationspflichten. Unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter führen jeden einzelnen Arbeitsschritt mit äußerster Sorgfalt aus. Denn selbst kleine, scheinbar unbedeutende Abweichungen können schwer ins Gewicht fallen. Dieses Bewusstsein ist nicht von heute auf morgen einfach durch eine Arbeitsanweisung entstanden, das war ein langjähriger Kulturwandel.“



AdobeStock@Monet



Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.