

01  
2026

# KALI & STEINSALZ

Wertvolle Rohstoffe aus Deutschland

ISSN 1614-1210

VKS 

Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.

# Wissen teilen, Zukunft sichern

## Warum der Austausch von Expertise ein Erfolgsfaktor ist

**Sehr geehrte Leserinnen und Leser,**

mit dieser Ausgabe schreibe ich zum ersten Mal das Editorial von *Kali & Steinsalz*. Das ist für mich etwas Besonderes. Denn diese Fachzeitschrift steht seit vielen Jahren für etwas, das unsere Branche auszeichnet und heute vielleicht wichtiger ist denn je: Fachliche Substanz, Erfahrung aus der Praxis und den offenen Austausch von Wissen.

Gerade in einer Zeit wie dieser, hat das besonderes Gewicht. Die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind anspruchsvoll. Die Diskussion über Resilienz, Versorgungssicherheit und industrielle Souveränität hat deutlich an Bedeutung gewonnen. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Unternehmen und Standorte durch hohe Kosten, komplexe Regulierung und oft langwierige Verfahren. In einer solchen Lage kommt es nicht nur auf politische Entscheidungen an. Es kommt auch darauf an, dass eine Branche ihr Know-how sichtbar macht und ihre Kompetenz immer wieder neu unter Beweis stellt.

Genau dafür steht auch *Kali & Steinsalz*. Diese Fachzeitschrift ist ein Ort des Austauschs innerhalb unserer Branche. Sie bringt Erfahrungen und Wissen aus unterschiedlichen Bereichen zusammen und macht so Entwicklungen nachvollziehbar. Gerade in einer Industrie wie der unseren, in der technisches Verständnis, praktische Erfahrung und langfristige Perspektiven eng zusammengehören, ist das von besonderem Wert.

Die Beiträge in dieser Ausgabe zeigen das sehr anschaulich. Der Beitrag zu TEM-Messungen im Werratal beleuchtet geophysikalische Methoden zur Untersuchung einer komplexen fachlichen Fragestellung. Der Beitrag zur Historie des Kali-Bergbaus in Bleicherode macht deutlich, wie eng in unserer Branche Innovation und Tradition seit vielen Jahrzehnten miteinander verbunden sind. Und der Beitrag zur Online-Analytik in der Speisesalzproduktion zeigt, wie moderne Qualitätssicherung und Prozesskontrolle heute aussehen können. Diese Themen sind sehr unterschiedlich und genau das macht ihre gemeinsame Aussage so stark. Sie stehen für fachliche Tiefe, praktische Relevanz und die Bereitschaft, Wissen mit anderen zu teilen.

Gerade diese Breite ist für unsere Branche ein großer Wert. Viele Herausforderungen lassen sich heute nicht mehr aus nur einer fachlichen Perspektive betrachten. Geologie, Bergbau, Umweltfragen, Verfahrenstechnik, Analytik, Produktion und Regulierung greifen immer stärker ineinander. Fortschritt entsteht deshalb oft genau dort, wo Wissen aus unterschiedlichen Bereichen zusammenkommt. Eine Fachzeitschrift wie *Kali & Steinsalz* kann dafür eine wichtige Brücke sein. Sie hilft, über den eigenen fachlichen oder betrieblichen Horizont hinauszublicken, um Zusammenhänge besser zu verstehen.



Gerrit Gödecke

Hinzu kommt ein weiterer Punkt, der aus meiner Sicht nicht unterschätzt werden sollte. In unserer Branche steckt sehr viel Wissen in den Köpfen erfahrener Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und technisches Know-how an unseren Produktionsstandorten. Dieses Wissen ist wertvoll, aber es bleibt nicht automatisch erhalten. Es muss weitergegeben, dokumentiert und für andere nutzbar gemacht werden. Fachbeiträge wie in dieser Ausgabe leisten dazu einen wichtigen Beitrag. Mit ihnen bleibt unser Fachwissen auch für die nächste Generation in der Branche verfügbar.

Ich bin überzeugt, dass dieser Austausch von Expertise ein echter Erfolgsfaktor für unsere Branche ist. Fortschritt entsteht nicht nur durch Investitionen oder neue politische Rahmenbedingungen. Fortschritt entsteht auch dort, wo Menschen ihre Erfahrungen teilen, Fragestellungen offenlegen und Lösungen für andere nutzbar machen. Wissen, das geteilt wird, stärkt nicht nur einzelne Unternehmen oder Standorte, sondern die Branche als Ganzes.

Zugleich wird politisch immer deutlicher, wie wichtig heimische Rohstoffgewinnung für Deutschland ist. Kali und Salz sind keine Nischenprodukte. Sie sind Grundlage zentraler Wertschöpfungsketten von der Landwirtschaft über die chemische Industrie bis hin zu Pharma, Wasserwirtschaft und Winterdienst. Wer über Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit spricht, darf diese Basis nicht ausblenden. Umso wichtiger ist es, dass die politische Debatte nicht nur die Bedeutung unserer Branche anerkennt, sondern daraus auch die richtigen Konsequenzen zieht.

Dazu gehört aus meiner Sicht, die Leistungsfähigkeit unserer Branche nicht nur abstrakt zu benennen, sondern sie konkret zu ermöglichen. Heimische Rohstoffgewinnung braucht Rahmenbedingungen, unter denen Investitionen, technologische Weiterentwicklung und langfristige Planung tatsächlich möglich sind. Dazu zählen wettbewerbsfähige Standortbedingungen ebenso wie verlässliche und planbare Genehmigungsverfahren. Wer die Bedeutung heimischer Rohstoffe betont, muss deshalb auch bereit sein, die Voraussetzungen dafür in der Praxis zu verbessern.

Ich danke allen Autorinnen und Autoren sehr herzlich für ihre Bereitschaft, zu dieser Ausgabe beizutragen. Sie zeigen, wie viel Kompetenz, Erfahrung und Innovationskraft in unserer Industrie stecken. Und vor allem ist es wertvoll, dieses Wissen miteinander zu teilen.

Es grüßt Sie mit einem herzlichen Glückauf

Ihr

Gerrit Gödecke

# INHALT

## 02 Editorial

## 04 Impressum

## 05 Abstracts

## 06 Myrntinen, Malsy

TEM-Messungen liefern einen Einblick in die veränderte Salzwassersituation im Werratal

## 14 Czerwinski, Matzke

125 Jahre und kein Ende – Kali-Bergbau in Bleicherode (Innovation aus Tradition)

## 24 Hielscher-Michael

Online-Analytik für die Bestimmung von Zusatzstoffen in der Produktion von Speisesalzen

Titelbild: Fördertürme Schachthanlage Bleicherode  
Quelle: DEUSA International GmbH

## 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  
Nicole Fehsecke, VKS e. V.  
Marcus Janz,  
K+S Aktiengesellschaft  
Dr. René Randaxhe,  
K+S Aktiengesellschaft  
Dr. Ludger Waldmann,  
K+S Aktiengesellschaft  
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 Myrntinen, Malsy: TEM-Measurements Provide Insight into Salinity Changes in Groundwater along the Werra Valley

Airborne geophysical surveys (TEM) provide an effective approach to characterize the distribution of saline water in the subsurface. To assess possible temporal changes in groundwater salinity, TEM-Datasets from two measurement campaigns (T1 and T2), acquired from the same area were compared. In this case study, the investigation area is situated along the Werra river valley in central Germany, which intersects a potash mining district. The results indicate that on local scale, certain areas along the river valley exhibit negative resistivity differences, suggesting a decrease in salinity. To a lesser extent, also some positive differences were observed, suggesting locally an increase in salinity. Notably, resistivity changes were confined to shallow depths, corresponding to Quaternary deposits and the upper layers of the underlying Sandstone. Groundwater monitoring data from observation wells support these results. Overall, the observed decrease in salinity along the Werra river valley is considered to be a consequence of the gradual reduction and eventual ending of industrial saline-water disposal into a deep aquifer in the investigation area.

## 14 Czerwinski, Matzke: 125 years and still going strong – potash mining in Bleicherode (innovation born of tradition)

Mining in the southern Harz Mountains was and is not only a supplier of raw materials, but also a permanent innovation system.

The history of potash mining in Bleicherode is an innovation chain spanning over 125 years, demonstrating how scientific foresight, economic activity, technical innovations and industrial implementation are intertwined, thus leading to success through a continuity from geological exploration and technical development to industrial implementation and modern corporate structure.

Bleicherode is not just a mining center, but an innovation laboratory that has systematically

produced technical, chemical, organizational and scientific innovations over generations.

The potash mining industry in the southern Harz Mountains, particularly the Bleicherode mine, is characterized by a remarkable tradition of technological innovation and continuous research. From the early drilling operations under Hermann Pinno to the establishment of the modern DEUSA International GmbH, there is a chain of innovation that encompasses both geological discoveries and industrial and technical innovations.

In 1899 the Royal Mining Inspectorate Bleicherode was founded and within 3.75 years a complete industrial value chain was created from extraction to processing to the marketable product.

Over many centuries, mining innovations found their way to the world.

Examples include experiments with liquid air as a substitute for explosives, the first application of combined heat and power in mining, and the development of various aggregates and products.

The highlight of this chain of innovations is the development of the extraction by hot leaching and processing of carnallite and the operation of the world's only plant for the solution extraction of carnallite.

Over more than a century, the royal mine developed into a modern, internationally operating raw materials company.

Today's DEUSA International GmbH embodies the modern form of this development:

- specialized magnesium salts and potash products
- international market integration
- process-optimized production
- industrial continuity based on historical foundations

## 24 Hielscher-Michael: Online analytics for determining additives in the production of table salt

Table salt is a crystalline product consisting of at least 97% sodium chloride and is extracted from sea water, underground rock salt deposits or brine (CODEX STAN 150-1985).

Depending on its origin and production, the different types of salt are classified as sea salt, rock salt, evaporated salt and table salt. Evaporated table salt plays a central role, particularly in the food industry. It is the purest commercially available table salt, has a very high solubility and can be precisely adapted to industrial processes in different grain sizes and with different additives.

Furthermore, the FAO/WHO Codex Alimentarius Standard CXS 150 for food-grade salt specifies the following for use as a carrier: "Food-grade salt shall be used when salt is used as a carrier for food additives or nutrients for technical or public health purposes. Examples of such preparations are mixtures of salt with nitrate and/or nitrite (curing salt) and salt mixed with small amounts of fluoride, iodide or iodate, iron, vitamins, etc., as well as additives used to carry or stabilise such additives" [1].

The fortification of table salt with micronutrients is not mandatory in Germany. While iodized table salt is also used in food production, table salts containing other micronutrients are only available in small packages for end consumers.

The Bernburg plant produces or has produced table salt with iodine (as iodate) and/or fluoride in small packages for end consumers, as well as iodized salt and nitrite curing salt for the food industry. Strict quality controls are required in accordance with legal requirements. In order to meet these requirements quickly and efficiently, the evaporated salt plant has an online analysis system for quality control of the additives iodate, fluoride and nitrite in the salt.

In 2022, a new and efficient online analysis system was designed in accordance with the necessary specifications and requirements in collaboration with Metrohm and put into operation in two stages.

This online analysis enables quality control/monitoring from automatic sampling and sample preparation to the analysis of additives in parallel across three production/packaging lines.



Hubschrauber startet zum TEM-Messeinsatz im Werra-Kalirevier  
(Quelle: K+S AG)



**Dr. Anssi Myrntinen**  
Hydrogeologe,  
K+S Aktiengesellschaft



**Dr. Marcus Malsy**  
Hydrogeologe,  
K+S Aktiengesellschaft

# TEM-Messungen liefern einen Einblick in die veränderte Salzwassersituation im Werratal

Aus hydrogeologischer Sicht ist das hessisch-thüringische Werra-Kalirevier komplex, insbesondere das z. T. durch Salzwasser beeinflusste Werratal. Zum einen befinden sich hier geogene Salzwässer des Zechsteins, die über tiefe Störungszonen aufsteigen und zum anderen mineralisierte Wässer, die ihren Ursprung im Kalibergbau haben [1, 2]. Der Fokus dieses Beitrages bezieht sich auf das Letztere. Zwischen den Jahren 1925 und Ende 2021 wurden Salzabwässer der Kali-Industrie „versenkt“, d. h., sie wurden über sog. „Versenkbohrungen“ in die tiefgelegene salzwasserführende Gesteinsschicht des Leine-Karbonats (ehem. Plattendolomit) eingeleitet. Während in Thüringen die Versenkung im Jahr 1968 zum größten Teil eingestellt wurde, wurde sie in Hessen – insbesondere im oder im Nahbereich des Werratal in Philippsthal und Heringen – weitergeführt. Dabei fand der Höhepunkt dieser Aktivität in den 1970er-Jahren statt. Seitdem wurden die Einleitmengen allerdings kontinuierlich reduziert, bis die Versenkung dann endgültig im Jahr 2015 am Standort Winterhall und im Jahr 2021 am Standort Hattorf eingestellt wurde.

Im Rahmen der Eigenüberwachung der Kaliindustrie (K+S AG), wird die Verbreitung der versenkten Salzabwässer (Versenkwässer) weiterhin mittels Grundwassermessstellen (GWM) überwacht. Diese sind über das ganze Werra-Kalirevier verteilt, und zwar in verschiedenen Teufen, die das Deckgebirge (Quartär und Buntsandstein) und das liegende Leine-Karbonat abdecken. Dabei ist der Abschnitt des Werratal um die Stadt Heringen (Hessen) eines der am engsten überwachte Areale.

Während Grundwassermessstellen eher punktuelle Informationen zur hydrogeologischen Situation liefern, ermöglichen geophysikalische Messmethoden – wie etwa transiente elektromagnetische Messungen (TEM) – eine flächenhafte Momentaufnahme des Untergrundes bei vergleichsweise kurzer Messdauer. Luftgestützte TEM werden in der Hydrogeologie unter anderem eingesetzt, um mineralisierte Wässer im Untergrund zu kartieren, beispielsweise in Küstenbereichen [3, 4, 5]. Im Werra-Kalirevier werden derartige Messungen seit Ende der 2000er-Jahre durchgeführt, mit dem Ziel, die räumliche Verbreitung mineralisierter Wässer im Untergrund zu erfassen. Ergebnisse einer früheren Messkampagne wurden beispielsweise in [6] beschrieben. Der oberflächennahe Bereich des Werratal stellt dabei einen der zentralen Untersuchungsräume dar. Im Jahr 2023 beauftragte die K+S AG erneut TEM-Messungen, um deren Ergebnisse mit den Messkampagnen aus den Jahren 2009 bis 2012 zu vergleichen. Oder anders formuliert: Die TEM-Messungen sollen komplementär zu den Grundwassermessstellen einen flächenhaften Einblick zu möglichen zeitlichen Veränderungen der Salzwassersituation im Werratal ermöglichen.

## ***TEM-Measurements Provide Insight into Salinity Changes in Groundwater along the Werra Valley***

*Airborne geophysical surveys (TEM) provide an effective approach to characterize the distribution of saline water in the subsurface. To assess possible temporal changes in groundwater salinity, TEM-Datasets from two measurement campaigns (T1 and T2), acquired from the same area were compared. In this case study, the investigation area is situated along the Werra river valley in central Germany, which intersects a potash mining district. The results indicate that on local scale, certain areas along the river valley exhibit negative resistivity differences, suggesting a decrease in salinity. To a lesser extent, also some positive differences were observed, suggesting locally an increase in salinity. Notably, resistivity changes were confined to shallow depths, corresponding to Quaternary deposits and the upper layers of the underlying Sandstone. Groundwater monitoring data from observation wells support these results. Overall, the observed decrease in salinity along the Werra river valley is considered to be a consequence of the gradual reduction and eventual ending of industrial saline-water disposal into a deep aquifer in the investigation area.*

## Untersuchungsgebiet: Geologie und Hydrogeologie

Das Werra-Kalirevier ist ein rund 1.000 km<sup>2</sup> großes Areal und befindet sich grob zwischen Bad Salzungen (Thüringen) und Bad Hersfeld (Hessen). Die allgemeine stratigraphische Gliederung des Gebietes wird z.B. in [2, 7, 8, 9] erläutert. Die nachfolgend dargestellte geologische Schichtenfolge des Werratal's stützt sich auf Bohrlocherkundungen zwischen Tiefenort (Thüringen) im Südosten bis in das nördlich an Heringen (Hessen) angrenzende Gebiet im Nordwesten und lässt sich wie folgt zusammenfassen: Sie beginnt mit einer etwa 5 bis 15 m mächtigen quartären Lage aus Kiesen und Sanden, die im Bereich nördlich von Heringen allerdings Tiefen von bis zu rund 60 m unter Geländeoberkante (GOK) erreichen kann. Anschließend folgen die Schichten des Mittleren und Unteren Buntsandsteins, die in der vorliegenden Darstellung unter der einheitlichen Bezeichnung ‚Buntsandstein‘ zusammen-

gefasst werden. Der Mittlere Buntsandstein (Volpriehausen-Folge) tritt dabei nur lokal auf und erreicht lediglich Mächtigkeiten von bis zu etwa 20 m. Der Untere Buntsandstein, bestehend aus der Bernburg- und der Calvörde-Formation, weist hingegen je nach Gebiet deutlich variierende Mächtigkeiten zwischen rund 100 und 350 m auf. Darunter folgen die etwa 40 m mächtigen Tonschichten des Zechsteins, unter denen das rund 15 bis 25 m mächtige Leine-Karbonat liegt, das früher als Versenkhorizont genutzt wurde.

Vereinfacht betrachtet können hierfür der hangende Buntsandstein und das liegende Leine-Karbonat als die zwei wesentlichen Hauptgrundwasserleiter der Region betrachtet werden. Dabei liegt im Talbereich das hydraulische Potential im Leine-Karbonat höher als im Buntsandstein, sodass entlang der zerklüfteten Störungszone des Werratal's die Wässer des Leine-Karbonats bis an die Oberfläche bzw. in die quartären Schichten aufsteigen können.

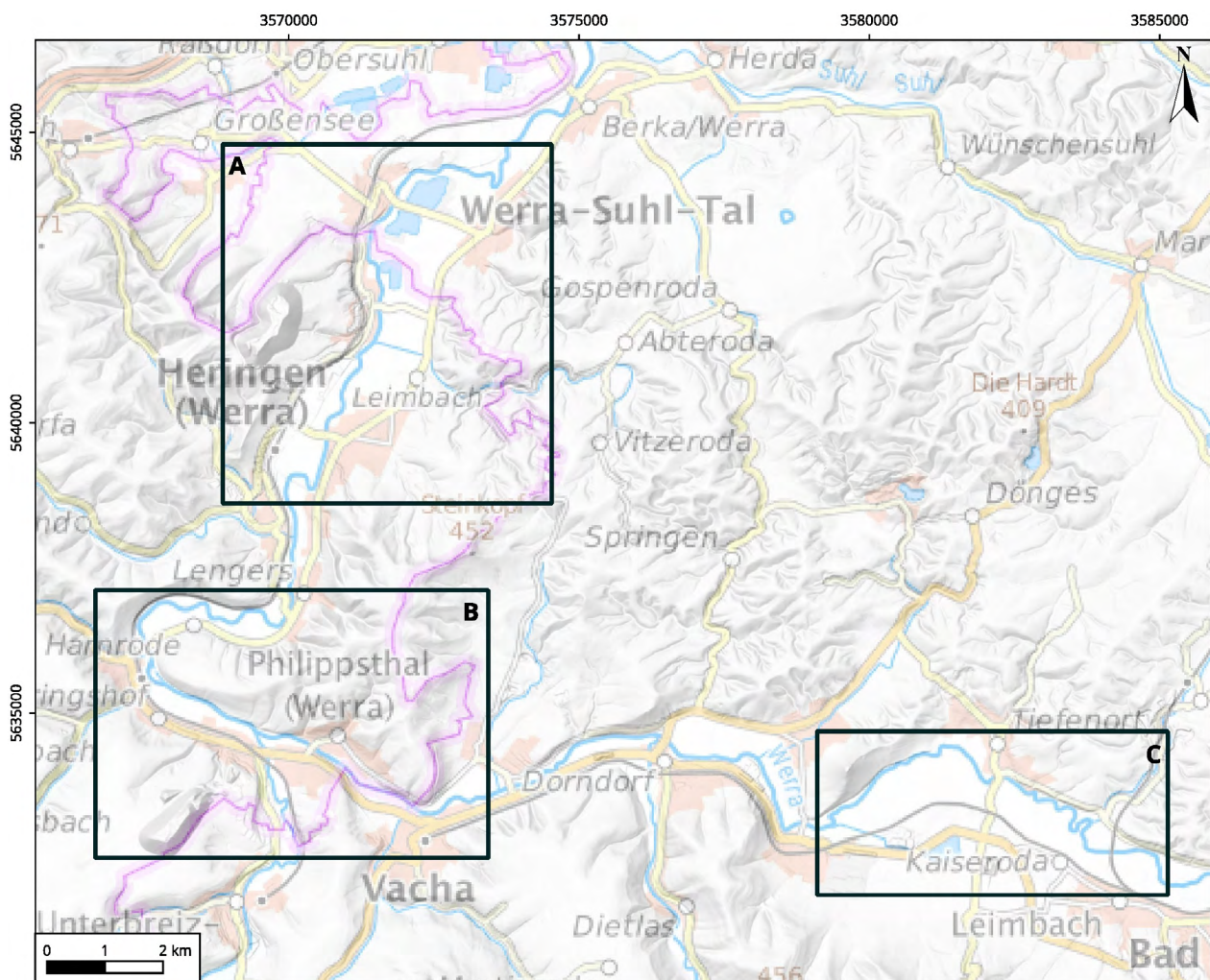


Abbildung 1: Untersuchungsgebiete A, B und C entlang des Werratal's

Für den vorliegenden Beitrag werden die TEM-Ergebnisse entlang des Werratal's näher untersucht, und zwar anhand der drei Abschnitte A, B und C (Abbildung 1):

- Abschnitt A befindet sich in einem ca. 7 km langen Abschnitt des Werratal's zwischen Heringen (Hessen) im Süden und Dippach (Thüringen)/Dankmarshausen (Hessen) im Norden. Die Werra ist hier grob N-S gerichtet. Die Geländehöhe des Talbereiches liegt hier zwischen ca. 217 m NN im Süden und 210 m NN im Norden.
- Abschnitt B umfasst den etwa 5 km langen Abschnitt zwischen Harnrode im Westen (Raum Philippsthal, Hessen) und Vacha im Osten (Thüringen). Hier ist die Fließrichtung der Werra ungefähr OSO-WNW gerichtet und die Geländeoberkante liegt zwischen ca. 221 m NN und 226 m NN.
- Abschnitt C stellt einen rund 4 km langen Abschnitt bei Tiefenort dar. Hier ist die Werra ungefähr O-W orientiert und die Geländeoberkante des Talbereichs liegt bei ca. 235 m NN.

## Messmethodik

### Hydrochemische Messungen

Für die Zwecke dieser Untersuchung wurden repräsentative Grundwassermessstellen im Quartär und Buntsandstein betrachtet. Diese Messstellen werden seit mehreren Jahren – teilweise sogar seit Jahrzehnten – regelmäßig beprobt und auf Salzparameter analysiert. Die Konzentrationen der Salzparameter (Cl, Mg, Na, K, Ca, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>) werden am K+S AG eigenen Analytik- und Forschungszentrum (AFZ) mittels optischer Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) gemessen. Die Anzahl (n) der Messdaten des Betrachtungszeitraumes (2009–2023) pro Messstelle betragen sechs bis ca. 150, jedoch im Schnitt um die 30 Datenpunkte. Keine Berücksichtigung bei der Auswertung fanden Messstellen, die sich z. B. räumlich nicht in direkter Nähe zum Werratal befinden, die eine zu kurze Datenreihe haben oder nicht repräsentativ hinsichtlich der Versenküberwachung im Deckgebirge sind. Um eine mögliche zeitliche Entwicklung der Salinität an den jeweiligen Messstellen zu identifizieren, wurde für die Chloridkonzentrationen zwischen den Jahren 2009 und 2023 eine Tendenzauswertung durchgeführt. Dies ist zugleich die Zeitspanne zwischen den TEM-Messkampagnen.

Dabei wurden für diese Untersuchung nur Konzentrationsänderungen (im Median) die über 3 mg/l und 1 % lagen als statistisch sichere Tendenzen bewertet. Geringere Werte wurden stattdessen als Hintergrundrauschen definiert, die Messstellen ohne ersichtliche Konzentrationsänderung darstellen.

Abschnitt A stellt mit 47 Grundwassermessstellen den Bereich mit der höchsten Messstellendichte entlang des Werratal's dar. Diese sind im Quartär (n = 43) und im Buntsandstein (n = 4) ausgebaut. Die Endteufen der quartären Filterstrecken liegen zwischen 4 und 12 m u. GOK mit Ausnahme einer Messstelle, die bis ca. 35 m u. GOK reicht. Die Endteufen der vier Buntsandstein-Messstellen reichen bis ca. 140 m u. GOK. Im Abschnitt B befinden sich acht quartäre Grundwassermessstellen mit Endteufen von rund 5 m u. GOK sowie eine Buntsandsteinmessstelle mit einer Endteufe von etwa 380 m u. GOK. Im Abschnitt C stehen lediglich zwei Messstellen zur Verfügung: eine im Quartär und eine im Buntsandstein mit Endteufen von etwa 6 m bzw. 120 m u. GOK.

### TEM-Messungen

Aerogeophysikalische Messungen mittels TEM sind ein etabliertes Messverfahren, die bereits mehrfach detailliert in der Literatur beschrieben wurden, z. B. in [5, 10, 11], und wird im Folgenden vereinfacht zusammengefasst:

Eine mit Strom angeregte Spule induziert elektromagnetische Wellen (Primärwellen) im Untergrund. Durch ein abruptes Abschalten des Stroms entsteht ein sekundäres Magnetfeld, dessen Abklingen an der Empfängerspule in Form von Widerständen gemessen wird. Die physikalischen Prozesse dieses Messverfahrens hängen maßgeblich von der Leitfähigkeit des Untergrundes ab. Insofern können Medien bzw. Objekte im Untergrund mit unterschiedlichen Leitfähigkeiten anhand deren scheinbaren spezifischen Widerständen identifiziert werden. Als Beispiel hierfür dient die Mineralisation verschiedener Wässer: Salzhaltiges Wasser zeigt, bedingt durch die höhere Leitfähigkeit, niedrigere Widerstände als geringmineralisiertes Wasser. Darüber hinaus zeigt auch die Geologie in dieser Hinsicht Unterschiede: während z. B. Ton eher niedrige Widerstände zeigt, weist Sandstein mittlere bis hohe und Basalt sehr hohe Werte auf [6].



Abbildung:2: Hubschrauber mit hängendem TEM-Messgerät im Einsatz zur geophysikalischen Erkundung des Untergrunds (Quelle: K+S AG)

Die hier beschriebenen TEM-Messungen wurden von der K+S AG geplant und durch die Firma SkyTEM ApS durchgeführt. Zwischen 2009 und 2012 fanden im Werra-Kalirevier sowie entlang des Werratals mehrere Messkampagnen statt, die hier zusammenfassend als ‚T1‘ bezeichnet werden. Im Jahr 2023 folgte die Wiederholungsmessung, die im Folgenden als ‚T2‘ benannt wird. Für die Messungen wurde eine Senderspule samt Empfängerspule per Hubschrauber transportiert (Abbildung 2). Die Messhöhe lag dabei etwa 40 bis 70 m über GOK. Seit der ersten Messkampagne T1 haben sich die Messsysteme weiterentwickelt, sodass für T1 und T2 unterschiedliche Apparaturen zum Einsatz kamen: das Modell ‚SkyTEM508‘ für T1 und das neuere ‚SkyTEM306HP‘ für T2 [12]. Die damit verbundenen Herausforderungen werden im Kapitel ‚T2 Vergleich und Interpretation der TEM-Daten T1 und T2‘ erläutert.

Das Untersuchungsgebiet wurde mit N-S gerichteten Messprofilen befliegen, die einen Abstand von ca. 200 m zueinander hatten. Da der zentrale Bereich des Werratals im Fokus steht, wurden hier zusätzlich W-O gerichtete Profile in einem Abstand von 100 m gemessen. Entlang eines Profils betrug das Messintervall ca. 25 m. Die Messungen erreichten im Allgemeinen im Untergrund eine

maximale Teufe von ca. 400 m u. GOK. Dabei sind folgende Beschränkungen zu beachten:

- Anthropogene Objekte: Infrastruktur und bebauten Gebiete wurden von der Befliegung ausgeschlossen. Zudem können unterirdische Strukturen (z. B. Leitungen) die Daten stark beeinflussen und wurden bei der Auswertung entfernt.
- Eindringteufe: Die Eindringteufe ist stark durch die Leitfähigkeit des Untergrunds beeinflusst und wird durch leitfähige Körper bzw. Bereiche mit sehr geringen spezifischen Widerständen (z. B. hochmineralisierte Wässer) entlang des vertikalen Messprofils reduziert.
- DOI: Ab einer gewissen Teufe verlieren Daten ihre Aussagekraft. Diese Teufe wird als „Depth of Investigation (DOI)“ benannt und wird durch die darüberliegenden Leitfähigkeiten beeinflusst (s. o.).

Die gesammelten digitalen Rohdaten werden anschließend prozessiert, d.h. im Wesentlichen überprüft, bereinigt bzw. korrigiert. So kommen z. B. Filter zum Einsatz um Artefakte, Rauschen oder Messfehler zu entfernen. Um ein endgültiges geophysikalisches Modell bzw. Bild der gewonnenen Daten zu erzeugen, werden die Daten im nächsten Schritt invertiert, d.h., mittels Rechenprozessen wird ein Ausgangsmodell an die prozessierten Daten angepasst. Hierfür wurden für die Feinabstimmung auch a-priori Daten, also bereits vorhandene geologische und geophysikalische Informationen des Untersuchungsgebietes, benutzt. Die invertierten Daten können dann – wie in diesem Fall – hydrogeologisch ausgewertet werden, um mögliche Rückschlüsse zur Salzwassersituation im Untergrund zu ziehen. Dieser Themenkomplex wurde bereits ausführlich von verschiedenen Autoren publiziert, z. B. von [5, 13, 14, 15, 16, 17].

### Vergleich und Interpretation der TEM-Daten T1 und T2

Im Auftrag von der K+S AG wurden die Rohdaten der Befliegung von einem auf geophysikalische Datenverarbeitung spezialisierten Unternehmen (Emergo) prozessiert und invertiert. Die T1-Daten aus den Jahren 2009 bis 2012 wurden nachträglich in ihrer Gesamtheit invertiert und dienen als Grundlage für den Vergleich mit den Daten der Wiederholungsmessung T2 im Jahr 2023. Da im Vergleich zu T2 für T1 ein älteres Messsystem mit einer geringeren Auflösung benutzt wurde, war kein direkter Vergleich zwischen

den T1- und T2-Daten möglich. Um diesen Sachverhalt zu umgehen, wurde die Auflösung der T2-Daten künstlich auf das Niveau von T1 reduziert. Ein weiterer Faktor, der bei der Auswertung in Betracht gezogen werden musste, waren mögliche Abweichungen in der Fluglinie (Messprofil). Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurden Datenpunkte eines Höhenniveaus, die sich innerhalb eines Radius von 150 m befanden, berücksichtigt. Um die zeitlichen Differenzen der scheinbaren spezifischen Widerstände pro Datenpunkt zu berechnen, wurde die folgende Formel angewendet:

$$\text{Differenz} = \log_{10}T_1 - \log_{10}T_2$$

mit

T1 = scheinbarer spezifischer Widerstand (Ω·m)  
in den Jahren 2009-2012

T2 = scheinbarer spezifischer Widerstand (Ω·m)  
im Jahr 2023

Dabei wurden nur Differenzen von über 0,3 oder unter -0,3 als statistisch relevant betrachtet. Dies bedeutet mindestens eine Erhöhung oder Reduzierung des Widerstands um einen Faktor zwei. D.h., Differenzen, die zwischen -0,3 und +0,3 liegen, sind als Rauschen zu bewerten und wurden von der Auswertung ausgeschlossen. Negative Differenzen weisen dabei auf einen Rückgang, positive Differenzen auf einen Anstieg der Leitfähigkeit bzw. Mineralisation zwischen den Zeitpunkten T1 und T2 hin.

## Ergebnisse

Ein Vergleich der TEM-Ergebnisse zeigt, dass statistisch relevante Änderungen zwischen T1 und T2 eher kleinräumig ersichtlich sind, und zwar im oberflächennahen Bereich des Werratal. Dies entspricht dem Quartär bzw. den obersten Schichten des Buntsandsteins. Die Abbildungen 3 bis 5 dienen hierfür als Veranschaulichung und stellen die TEM-Daten auf der Höhe von 200 m NN dar. Dabei sind in allen Abschnitten A, B und C negative Differenzen vorhanden, die mit Werten von  $< -0,3 \Omega\cdot m$  auf einen deutlichen Rückgang der Salzkonzentrationen hinweisen. Im Abschnitt A betrifft dies insbesondere den Bereich direkt entlang des Flusses (Abbildung 3), im Abschnitt B punktuell verstreut entlang des gesamten Verlaufs (Abbildung 4) und im Abschnitt C insbesondere lokal entlang der Werra südwestlich der Ortschaft Tiefenort (Abbildung 5). Im Abschnitt A und B sind auch kleinräumig bzw. punktuelle positive Differenzen von  $> +0,3 \Omega\cdot m$  vorhanden, die auf eine Steigung der Salzkonzentrationen hinweisen. Im Abschnitt A hängen diese möglicherweise mit Veränderungen an der Oberflächenbeschaffenheit (z. B. durch Oberflächenabtrag) des Quartärs zusammen. Im Abschnitt C sind allerdings keine positiven Differenzen – also keine steigenden Konzentrationen der Salzparameter – erkennbar. In keinem der Abschnitte A, B oder C konnten Änderungen in den tieferen Bereichen des Buntsandsteins ermittelt werden.

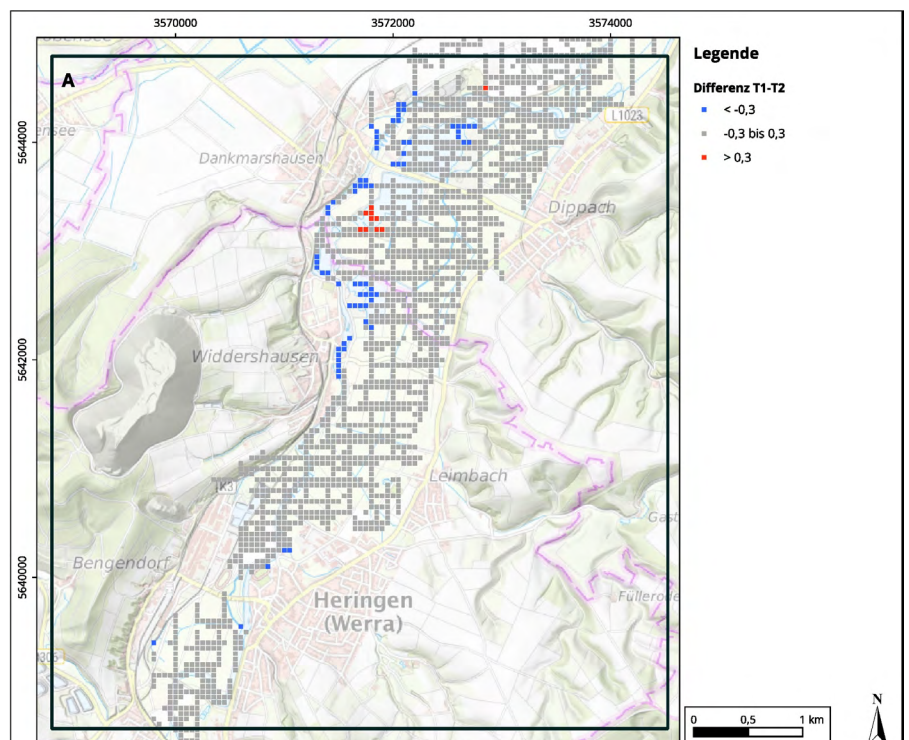


Abbildung 3: Vergleich der TEM-Messungen T1-T2: Logarithmische Differenz der spezifischen Widerstände im Abschnitt A (200 m NN)

Die statistische Überprüfung der Entwicklung der Chloridkonzentrationen zwischen 2009 und 2023 entlang des Werratal verifizieren die oben genannten TEM-Ergebnisse:

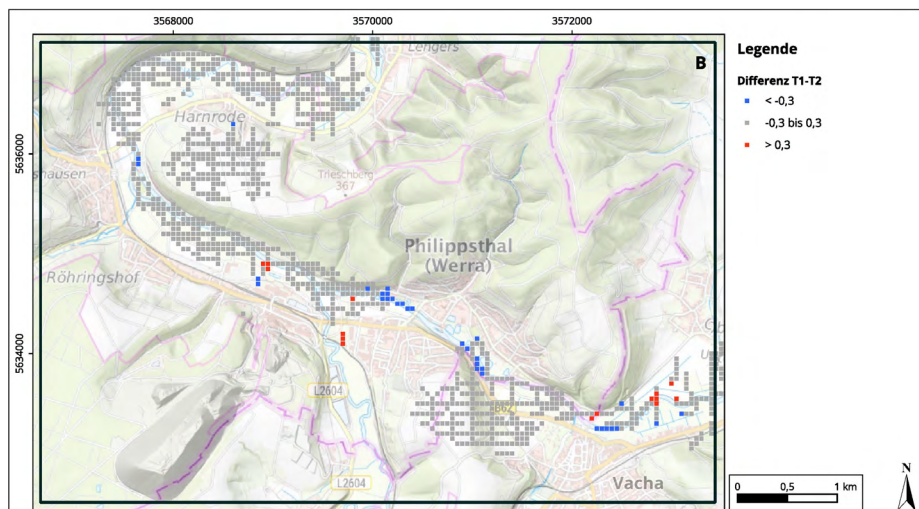
**Abschnitt A:** In diesem Teilbereich bei Heringen zeigen 33 quartäre Messstellen eine negative Tendenz, d.h., an diesen Messstellen ist eine Reduzierung der Chloridkonzentrationen zu beobachten, und zwar bis maximal ca. 3.500 mg/l pro Jahr und ca. 230 mg/l im Median. Steigende Konzentrationen waren vereinzelt – ohne deutlich erkennbaren räumlichen Unterschied zu Messstellen mit sinkenden Werten – an 7 quartären Messstellen zu beobachten, und zwar bis ca. 2.000 mg/l pro Jahr und ca. 420 mg/l im Median. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass obwohl lokal steigende Werte vorkommen, die Salinität über die Jahre in diesem Bereich in der Gesamtheit rückgängig ist. In diesem Abschnitt zeigen die restlichen sieben Messstellen keine bedeutsamen Änderungen in der Salinität. Hierzu gehören auch alle vier Buntsandsteinmessstellen.

**Abschnitt B und C:** Im Abschnitt B im Raum Philippsthal/Vacha zeigen drei quartäre Messstellen eine rückläufige Tendenz mit Änderungsraten zwischen rund 10 und

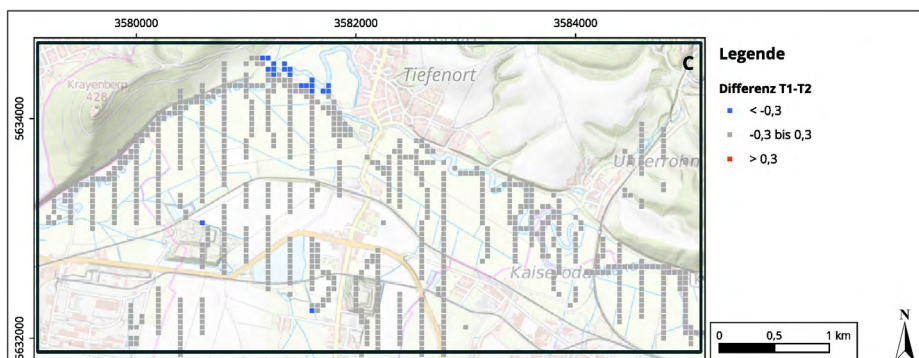
200 mg/l pro Jahr. Drei weitere Messstellen weisen hingegen eine steigende Tendenz auf, allerdings mit geringeren Änderungsraten von etwa 10 bis 80 mg/l pro Jahr. Die restlichen drei Messstellen (inkl. einer Buntsandsteinmessstelle) zeigen keine deutlichen Änderungen. Im Abschnitt C bei Tiefenort konnten lediglich zwei Messstellen (Quartär und Buntsandstein) ausgewertet werden. Dabei zeigt die quartäre Messstelle eine statistisch relevante Tendenz, und zwar einen Rückgang von ca. 1.300 mg/l pro Jahr.

## Zusammenfassung und Fazit

In den Jahren 2009–2012 (T1) wurden im Werra-Kalirevier aerogeophysikalische Untersuchungen in Form von TEM-Messungen durchgeführt, mit dem Ziel die Salzwassersituation im Untergrund zu ermitteln. Diese Messungen wurden im Jahr 2023 (T2) wiederholt. Ein besonderer Fokus lag dabei auf dem Werratal. Da seit den damaligen Messungen die sog. Versenkaktivitäten (Einleitung von Salzabwässern in den tiefen Grundwasserleiter „Leine-Karbonat“) der K+S AG eingestellt wurden, waren insbesondere in diesem Bereich Änderungen hinsichtlich der Salzkonzentrationen im Grundwasser zu erwarten. Ein Vergleich der



**Abbildung 4:** Vergleich der TEM-Messungen T1-T2: Logarithmische Differenz der spezifischen Widerstände im Abschnitt B (200 m NN)



**Abbildung 5:** Vergleich der TEM-Messungen T1-T2: Logarithmische Differenz der spezifischen Widerstände im Abschnitt C (200 m NN)

damaligen (T1) und aktuellen TEM-Daten (T2) sollte Aufschluss darüber geben, ob und inwiefern sich die Salinität des Grundwassers in diesem Gebiet seit den vorhergehenden Messkampagnen verändert hat. Für die Auswertung wurden zusätzlich Grundwasseranalysen aus dem Untersuchungsgebiet herangezogen.

Die TEM-Ergebnisse zeigen, dass die Reduzierung und schließlich vollständige Einstellung der Versenkung in verschiedenen Teilbereichen des Werratal zu einer Abnahme der Grundwassersalinität geführt haben, insbesondere im Quartär bzw. in den oberen Schichten des Buntsandsteins. In den tieferen Bereichen des Buntsandsteins war stattdessen eine eher gleichbleibende Entwicklung der Salinität zu beobachten. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass im oberflächennahen Bereich eine raschere Verdünnung des Grundwassers durch infiltrierendes Frischwasser erfolgt als in den tieferen Schichten. Im Abschnitt A und B kamen im oberflächennahen Bereich auch kleinräumig bzw. punktuell positive Differenzen bzw. steigende Konzentrationen der Salinität vor. Im Abschnitt C war dies jedoch nicht der Fall. Die Grundwasseranalysen der Messstellen im Werratal unterstützen die hier beschriebenen TEM-Ergebnisse.

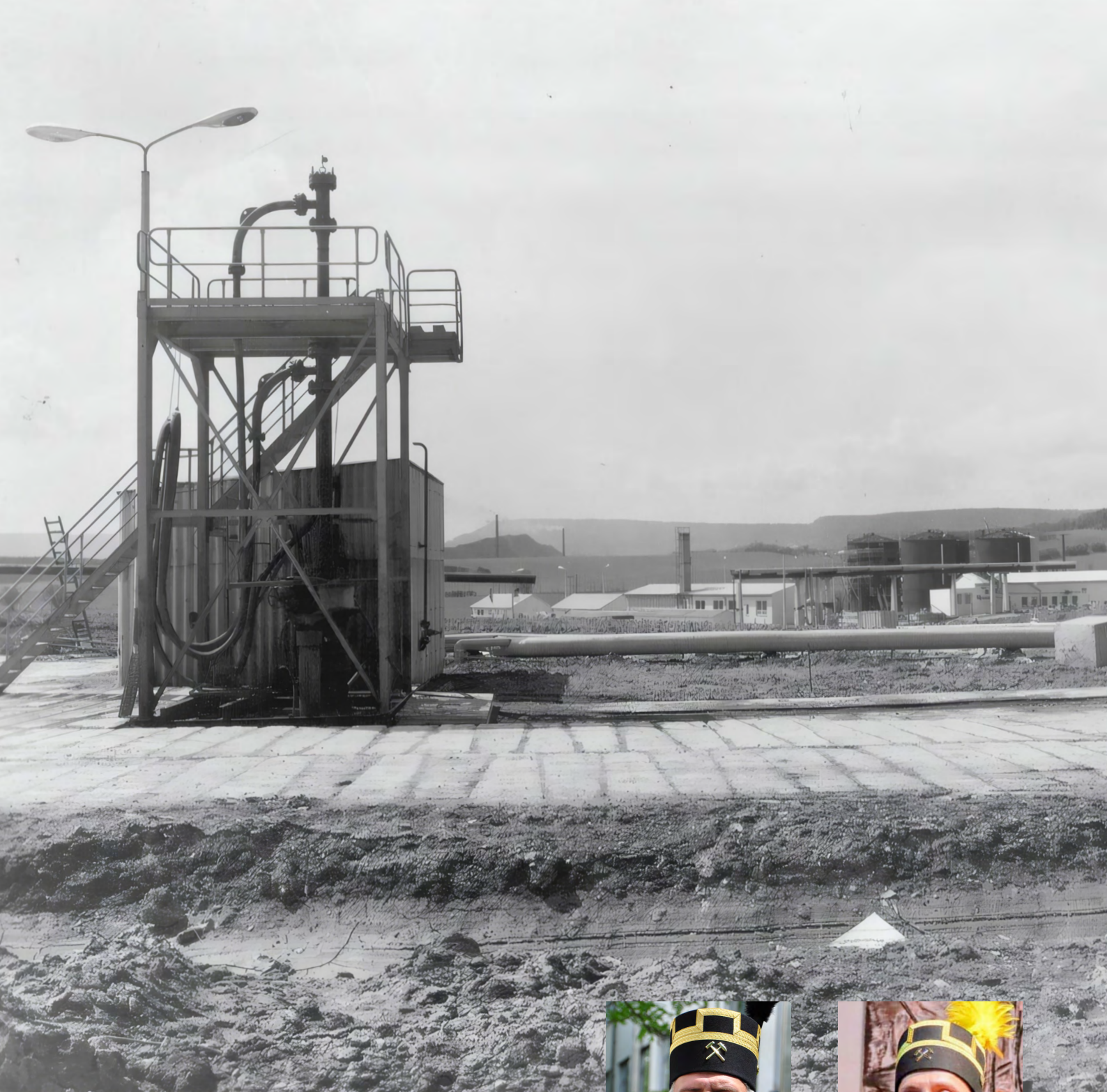
Während TEM-Messungen als flächendeckende Momentaufnahme eher indirekte Hinweise zur Salinität des Grundwassers erlauben, liefern Grundwassermessstellen dagegen punktgenaue quantitative Informationen zur hydrochemischen Situation. TEM-Messungen sind insbesondere vorteilhaft in Bereichen, wo entweder keine oder wenige Messstellen vorhanden sind (z. B. im Abschnitt C). Eine Kombination der Messverfahren ist daher wertvoll, um ein ganzheitliches Bild der Salzwassersituation im Untergrund zu erlangen.

## Danksagung

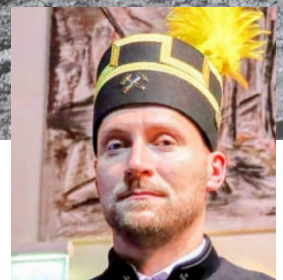
Unser Dank gilt SkyTEM ApS für die gute Zusammenarbeit sowie insbesondere den Unternehmen Emergo und Fugro Land Germany GmbH für ihre wertvollen Beiträge zur geophysikalischen und hydrogeologischen Auswertung der TEM-Daten. Zudem möchten wir den Teams von der K+S AG für ihre engagierte Unterstützung und die gemeinsame Leistung danken.

## LITERATUR

- [1] S. Petzold, „Auswirkung der Salzeinleitung auf die Werraue“, Masterarbeit, Bergakademie TU Freiberg, 2015.
- [2] F. Skowronek, J. Fritsche, U. Aragon und D. Rambow, „Die Versenkung und Ausbreitung von Salzabwasser im Untergrund des Werra-Kaligebietes“, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Nr. Geologische Abhandlungen Hessen, 1999.
- [3] A. Viezzoli, T. Munday und Y. Cooper, „Airborne electromagnetics for groundwater salinity mapping: case studies of coastal and inland salinisation from around the world“, *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, Bd. 53, Nr. 4, pp. 581-600, 2012.
- [4] E. González, N. Deus, J. Elbracht, S. B. A. Steuer und H. Wiederhold, „Modellierung der küstennahen Grundwasserversalzung in Niedersachsen abgeleitet aus aeroelektromagnetischen Daten“, *Grundwasser*, Bd. 26, pp. 73-85, 2021.
- [5] B. Siemon, A. Christiansen und E. Auken, „A review of helicopter-borne electromagnetic methods for groundwater exploration“, *Near Surface Geophysics*, Bd. 7, pp. 629-646, 2009.
- [6] J. Barnasch und W. Beer, „Aerogeophysikalische Messungen im Werra-Kaligebiet, Kali und Steinsalz“, *Kali und Steinsalz*, 2012.
- [7] K. Käding, „Die Werra-Fulda-Kalilagerstätte - 100 Jahre Förderung“, *Glückauf*, pp. 433-438, 2001.
- [8] A. Zirkler, „Untersuchungen zum känozoischen, basischen Magmatismus sowie zur strukturellen Prägung des Werra-Fulda-Kaligebietes als Randbedingungen der Gasführung salinärer Gesteine im Arbeitsgebiet“, Dissertation, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, 2023.
- [9] E. Messer, „Die nordhessischen Kaligruben“, *Kali und Steinsalz*, p. 306–318., 1978.
- [10] K. Sengpiel, „Resistivity/depth mapping with airborne electromagnetic survey data“, *Geophysics*, p. 181–196, 1983.
- [11] E. Auken, T. Boesen und A. Christiansen, „A Review of Airborne Electromagnetic Methods with Focus on Geotechnical and Hydrological Applications From 2007 to 2017“, *Advances in Geophysics*, pp. 47-93, 2017.
- [12] P. Gisselø und N. Nyboe, „SkyTEM High Power Systems – A New Generation of Airborne TEM Transmitters“, in *Near Surface Geoscience*, Malmö, Sweden, 2017.
- [13] E. Auken, A. Christiansen, G. Fiandaca, C. Schamper, A. Behroozmand, A. Binley, E. Nielsen, F. Effersø, N. Christensen, K. Sørensen, N. Foged und G. Vignoli, „An Overview of a Highly Versatile Forward and Stable Inverse Algorithm for Airborne, Ground-Based and Borehole Electromagnetic and Electric Data“, *Exploration Geophysics*, pp. 223-235, 2015.
- [14] E. Auken, A. Christiansen, K. Andersen und G. Fiandaca, „Effective and accurate processing electromagnetic data and inversion of airborne“, *ASEG Extended Abstracts*, 2016:1, 1-3, „ASEG Extended Abstracts“, pp. 1-3, 2016.
- [15] R. G. Ellis, „Inversion of airborne electromagnetic data“, *Exploration Geophysics*, pp. 121-127, 1998.
- [16] K. Sengpiel und B. Siemon, „Advanced inversion methods for airborne electromagnetic exploration“, *Geophysics*, 2000.
- [17] M. Zhdanov, *Inverse Theory and Applications in Geophysics*, Amsterdam, Oxford, Waltham: Elsevier Science, 2015.



**Mario Czerwinski**  
Prokurist und  
Betriebsführer Solung  
DEUSA International GmbH



**Franz Matzke**  
Betriebsführer Technologie  
DEUSA International GmbH

# 125 Jahre und kein Ende – Kali-Bergbau in Bleicherode (Innovation aus Tradition)

Der Südharzer Bergbau war und ist nicht nur Rohstofflieferant, sondern ein permanentes Innovationssystem – von der preußischen Bergverwaltung bis zur global agierenden Spezialrohstoffindustrie.

Der Bergbau im Raum Bleicherode stellt ein exemplarisches Fallbeispiel für die langfristige institutionelle und technologische Transformation montanindustrieller Systeme in Deutschland dar. Der Beitrag spiegelt an einigen Beispielen die Entwicklungslinie „von Pinno zur DEUSA“ als strukturgeschichtlichen Übergang vom staatsdominierten Montanwesen zur spezialisierten, international agierenden Rohstoffindustrie wider.

Ausgangspunkt ist die preußische Bergverwaltung des 18. und 19. Jahrhunderts, repräsentiert durch Akteure wie Oberbergrat Johann Friedrich Hermann Pinno, unter deren Einfluss der Bergbau durch administrative Rationalisierung, systematische Revierorganisation und technisch-institutionelle Professionalisierung geprägt wurde. Der Bergbau fungierte dabei nicht nur als Rohstofflieferant, sondern als staatlich gesteuertes Innovationssystem, in dem Organisations- und Technikentwicklung eng miteinander verzahnt waren.

Zum Ende des 19. und im Verlauf des 20. Jahrhunderts erfolgte eine zunehmende Industrialisierung und Marktintegration, die schließlich in privatwirtschaftlich organisierten Unternehmensstrukturen mündete. Mit der DEUSA International GmbH manifestiert sich diese Transformation in einer hochspezialisierten Rohstoffproduktion mit internationaler Ausrichtung. Die Innovationsdynamik verlagert sich dabei von administrativ-technischer Steuerung hin zu prozessualer Optimierung, Produktdiversifizierung und globaler Marktintegration.

Dieser Beitrag soll zeigen, dass der Bergbau in Bleicherode nicht als abgeschlossene montan-historische Epoche zu verstehen ist, sondern als kontinuierlicher Transformationsprozess, in dem sich staatliche Ordnungssysteme, industrielle Organisationsformen und moderne Unternehmensstrategien überlagern.

Der Südharzer Bergbau war nie nur Rohstoffgewinnung. Er steht für einen bemerkenswerten Strukturwandel durch Innovationen. Das Südharzrevier exportiert heute nicht nur Salze, sondern Kompetenz. Ein wie auch immer gearteter Strukturwandel ist kein Bruch, sondern eine Evolutionslinie.

### ***125 years and still going strong – potash mining in Bleicherode (innovation born of tradition)***

*Mining in the southern Harz Mountains was and is not only a supplier of raw materials, but also a permanent innovation system.*

*The history of potash mining in Bleicherode is an innovation chain spanning over 125 years, demonstrating how scientific foresight, economic activity, technical innovations and industrial implementation are intertwined, thus leading to success through a continuity from geological exploration and technical development to industrial implementation and modern corporate structure.*

*Bleicherode is not just a mining center, but an innovation laboratory that has systematically produced technical, chemical, organizational and scientific innovations over generations.*

*The potash mining industry in the southern Harz Mountains, particularly the Bleicherode mine, is characterized by a remarkable tradition of technological innovation and continuous research. From the early drilling operations under Hermann Pinno to the establishment of the modern DEUSA International GmbH, there is a chain of innovation that encompasses both geological discoveries and industrial and technical innovations.*

*In 1899 the Royal Mining Inspectorate Bleicherode was founded and within 3.75 years a complete industrial value chain was created from extraction to processing to the marketable product. Over many centuries, mining innovations found their way to the world.*

*Examples include experiments with liquid air as a substitute for explosives, the first application of combined heat and power in mining, and the development of various aggregates and products.*

*The highlight of this chain of innovations is the development of the extraction by hot leaching and processing of carnallite and the operation of the world's only plant for the solution extraction of carnallite.*

*Over more than a century, the royal mine developed into a modern, internationally operating raw materials company.*

*Today's DEUSA International GmbH embodies the modern form of this development:*

- specialized magnesium salts and potash products*
- international market integration*
- process-optimized production*
- industrial continuity based on historical foundations*



Abbildung 1: Historische Werksansicht

## Der auslösende Innovationsakt: Perspektivwechsel – Bruch mit der herrschenden Lehrmeinung

Nach der ersten Salzförderung 1856 in Staßfurt entwickelte sich nördlich des Harzes und in ganz Deutschland eine dynamische Kaliindustrie – zeitweise bis zu rund 250 kalifördernde Schächte in Deutschland. Die gängige geologische Auffassung nach C. Ch. Ochsenius lautete jedoch:

Südlich des Harzes sind keine wirtschaftlich relevanten abbauwürdigen Kalilagerstätten zu erwarten.

Oberbergrat Johann Friedrich Hermann Pinno widersprach dieser Lehrmeinung und stellte diese Annahme infrage. Er vertrat die Überzeugung, dass die geologischen Strukturen des Zechsteins auch im Südharz fortgesetzt sein könnten, also nicht abrupt am Harzrand enden, sondern tektonisch versetzt fortgeführt würden. Mit seiner eigenständigen geologischen Interpretation und seinem Mut gegen wissenschaftlichen Mainstream anzugehen, traf er im Auftrag der preußischen Regierung eine strategische Risikoentscheidung.

In unmittelbarer Nähe zur heutigen DEUSA International GmbH begann daraufhin die Südharger Kaligeschichte. Zwischen 1886 und 1889 wurden über 65 Mutungen angemeldet und Probebohrungen niedergebracht. Bereits die zweite Bohrung (Kehmstedt 1) war fündig. Es wurde ein 63 m mächtiges Carnallit-/Kalilager nachgewiesen. Diese Bohrung lag nahe der Gemeinde Kehmstedt – in der Nähe des heutigen Standortes der DEUSA International GmbH. Ausgehend von Kehmstedt 1 wurden weitere Bohrungen fündig und ein 142 km<sup>2</sup> großer fiskalischer Feldbesitz erreicht.

Kehmstedt 1 wurde damit zum geologischen Durchbruch für den Südharz, eine neue Industrie entstand, der Südharz erstmals ernsthaft als Kalirevier gedacht.

*Im Dorf Stockhausen (heute Sondershausen) wurde daraufhin bereits 1892 mit dem Bau des ersten privatfinanzierten Kaliwerkes südlich des Harzes begonnen.*

Der „Sprung über den Harz“ war nicht nur eine geologische Hypothese, sondern der Ausgangspunkt einer industriellen Entwicklungslinie, die über das königliche Bergwerk in Bleicherode bis zur heutigen DEUSA International GmbH reicht. Denn: Innovation entsteht dort, wo jemand bereit ist, ge-



Abbildung 2: Aktuelle Werksansicht

gen die herrschende Sicherheit zu denken und Kapital auf eine Hypothese zu setzen. Ohne diesen Perspektivwechsel gäbe es die Südharzer Kalitradition und damit die spätere industrielle Entwicklung im Südharzgebiet nicht.

Im Jahr 1899 wurde die Königliche Berginspektion Bleicherode gegründet und der erste Spatenstich für einen Schacht erfolgte. Am 1. Oktober 1903 wurde die Chlorkaliumfabrik in Betrieb genommen.

Die Geschwindigkeit der Umsetzung der Abteuf- und Baumaßnahmen war bemerkenswert. Ausgehend vom ersten Spatenstich vergingen nur 3,75 Jahre bis zum ersten Produkt.

Die gesetzten Kosten (2,8 Mio Mark) – und der Zeitrahmen wurden exakt eingehalten (Wer träumt heute nicht davon?).

Damit war nicht nur ein Schacht abgeteuft, sondern eine vollständige industrielle Wertschöpfungskette von der Förderung über die Verarbeitung bis zum marktfähigen Produkt geschaffen.

Im Verlauf des 20. Jahrhunderts veränderten sich die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen mehrfach. Der Bergbau durchlief unterschiedliche Organisationsformen, blieb jedoch industrieller Kern der Region.

Aus dem königlichen Bergwerk entwickelte sich über mehr als ein Jahrhundert hinweg eine moderne, international agierende Rohstoffunternehmung.

Die heutige DEUSA International GmbH verkörpert die moderne Ausprägung dieser Entwicklung:

- spezialisierte Magnesiumsalze und Kaliprodukte
- internationale Marktintegration
- prozessoptimierte Produktion
- industrielle Kontinuität auf historischer Grundlage

## Innovationsgeschichte des Südharzer Kalibergbaus in Bleicherode

Der Südharzer Kalibergbau, insbesondere das Bergwerk Bleicherode, zeichnet sich durch eine bemerkenswerte Tradition technologischer Innovation und kontinuierlicher Forschung aus. Von den frühen Bohrungen unter Hermann Pinno bis zur Entstehung der modernen DEUSA International GmbH spannt sich eine Innovationskette, die sowohl geologische Entdeckungen als auch industrielle und technische Neuerungen umfasst.

So gab es von 1904–1909 erstmals Spülversatzversuche, wobei diese Technologie aus dem Kohlebergbau übernommen wurde. Nach den erfolgreichen Tests wurde der Spülversatz ab 1909 in der gesamten Kaliindustrie angewendet.

Wegen steigender Sprengstoffpreise wurden 1914 erstmals Sprengversuche mit flüssiger Luft durchgeführt.

In den 1920er und 1930er Jahren folgten eine Reihe weiterer Innovationen:

Erstmals im Kalibergbau wurde 1926 die Kraft-Wärme-Kopplung angewendet.

Seit 1928 wurde Wärmerückgewinnung in einer dreistufigen Vakuunkühlanlage bei der Chlorkaliumproduktion betrieben.

Die Installation einer Drillings-Vorgelege Dampfmaschine mit 4.000 PS, damals höchster Stand der modernen Dampftechnik, erfolgte 1935.

Im Jahr 1936 wurde eine spezielle Düsenpülung zur besseren Vermischung der Versatzflüssigkeit mit den Versatzstoffen entwickelt und im Jahr 1937 der totale Pfeilerrückbau erprobt.

Mit der Wiederaufnahme der Rohsalzförderung nach dem 2. Weltkrieg beginnt eine weitere planwirtschaftlich geprägte Innovationsphase.

So wurden in Bleicherode verschiedene Mischdünger entwickelt und hergestellt (1959 Mischdünger Emgekali, 1961 Kali-Magnesiumdünger Kamex).

Bereits 1961 gab es erste Eindampfversuche mit Mutterlauge zur zusätzlichen Gewinnung von Chlorkalium.

Im Jahr 1966 startete die Eigenentwicklung und der Bau von batteriebetriebenen Transportgeräten sowie einer Sohlenfräse. 1967 wurden erstmal Hydrozyklone anstelle von Filtern zur Fest-Flüssig-Trennung in der K60-Deckanlage eingesetzt.

Eine hervorragende bergmännische Leistung stellt der Weltrekord im Streckenvortrieb von 781 Meter/Monat im Staßfurtsteinsalz aus dem Jahr 1968 dar.

Die Inbetriebnahme eines in Bleicherode entwickelten Schneckenausspeicheraggregates erfolgte 1982.

Noch 1989 wurde das erste untertägige Tanklager im Kalibergbau seiner Bestimmung übergeben. Es gab erste Überlegungen bergbaufremde mineralische Abfälle für den hydraulischen Versatz zu verwenden. Eine richtige Entscheidung wie sich Jahre später zeigen sollte.

Nach der Umwandlung des VEB Kombinat KALI in die Mitteldeutsche Kali AG trägt das Werk Bleicherode als Tochtergesellschaft die Bezeichnung KALI-Südharz AG Werk Bleicherode.

Der planmäßige Spülversatz konnte nach dem Einstellen der Rohsalzverarbeitung nach einer Schachthavarie im Oktober 1990 nicht mehr durchgeführt werden.

Mit der endgültigen Einstellung der Rohsalzförderung und -verarbeitung zum 31. Dezember 1990 endet nach über 90 Jahren und über 85 Mio. geförderten Tonnen Rohsalz eine lange Bergwerkstradition – weit gefehlt. Sie stellt den Beginn einer weiteren Epoche von Innovationen dar.

**Hier trennen sich vorläufig die Wege von Altbergbau und Forschungsanlage.**

## Vom ehemaligen VEB Kaliwerk Karl Liebknecht zur NDH-Entsorgungsbetreibergesellschaft mbH

Aufbauend auf die Überlegungen aus 1989 wird für die zukünftige Versatzfähigkeit – es müssen zwingend 16 Mio. m<sup>3</sup> Abbaufelder durch Bergversatz gesichert werden – ein Sonderbetriebsplan für die Erprobung von bergbaufremden mineralischen Versatzstoffen erstellt und durch die Bergbehörde genehmigt.

Im Februar 1991 wird mit der Rekultivierung der Rückstandshalde begonnen. Ab 1993 startet das Pilotprojekt Haldenrekultivierung in Zusammenarbeit mit dem Kali-Forschungsinstitut Sondershausen (heute K-UTEC AG), der TU Clausthal, der Bergakademie Freiberg und der Universität Göttingen in Bleicherode. Diese umfangreiche und in dieser Art noch nicht da gewesene Arbeit wird später Außenstelle der EXPO 2000 in Hannover und damit weltweit bekannt.

1992 erfolgen erste Spülversatzversuche mit bergbaufremden Reststoffen.



Abbildung 3: Mundloch Haldenstollen

Das Bergwerk Bleicherode wird 1993 von der GVV Gesellschaft zur Verwahrung und Verwertung von stillgelegten Bergwerken übernommen.

Im Jahr 1994 wurde erstmal durch eine Kalirückstandshalde ein 387 m langer begehbare Tunnel aufgefahren. Dies ist eine Pionierleistung für Nachbergbau und Rekultivierung.

1995 erfolgte der Verkauf des Bergwerkes an die NDH-Entsorgungsbetriebergesellschaft mbH, welche seitdem wirtschaftlich erfolgreich Untertageversatz am Standort betreibt.

### Wie aus einer Großtechnischen Versuchsanlage ein erfolgreiches Kaliunternehmen wurde

Mit der Umstrukturierung der Solbetriebs (GTVA) zum eigenständigen Bereich im Kaliwerk und dem späteren Verkauf an die Kalimag (1992) ist der Solbetrieb nicht mehr Bestandteil der Mitteldeutschen Kali AG und ein eigenständiges Unternehmen.

Mit dem Verkauf des Solbetriebes an die Kalimag GmbH Teutschenthal sollte die dortige Magnesiumchlorid-Sole-Verarbeitung sichergestellt werden.

Teilbereiche dieser Anlage wurden 1993 durch die Deusa Solbergwerke und Aufbereitungsanlage GmbH privatisiert. 1996 wurde in Bleicherode eine neuartige Produktionsan-

lage zur Herstellung von Bischofit ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) in Betrieb genommen und ist seitdem ein weiteres wirtschaftliches Standbein der heutigen DEUSA International GmbH. Die Produktion in Teutschenthal wurde eingestellt.

Das Auslaufen der Hartsalzvorräte im Südharzrevier erforderte den Übergang zu einer neueren Rohstoffbasis für die Kaliherstellung. Aufbauend auf Versuchen des Kaliforschungsinstitutes aus den 1960er Jahren und der weltweiten erfolgreichen Anwendung von soltechnischen Verfahren zur Produktion von Steinsalz und zur Herstellung von Speicherkavernen im Steinsalz wurde ab 1975 wieder intensiv an der Entwicklung der soltechnischen Gewinnung und der Verarbeitung von Carnallit gearbeitet. An der Verwirklichung der Vision von einem weltweit neuen und einzigartigen Heißsolverfahren für Carnallit wurde bis zur Produktionsreife 1989 gearbeitet. Das Prinzip der Unterschneidung der Lagerstätte mittels kontrollierter Breitsohlung und der stufenweise Abbau der Lagerstätte von unten nach oben mittels einem Sperrmittel (Druckluft) hat sich dabei allen anderen weltweit erprobten Abbaumethoden als überlegen erwiesen bzw. ist als einzige Methode nicht gescheitert.

Nach Technikumsversuchen, einer Kleintechnischen Versuchsanlage unter Tage, mit Kavernen von bis zu 12 m Durchmesser im Grubenfeld Bleicherode und der Erkundung eines geeigneten Abbaufeldes wurden ab 1977 erste Bohrungen auf dem späteren Solfeld in Kehmstedt niedergebracht. Ab 1980 erfolgte der systematische Aufbau großtechnischer Versuchsanlagen auf dem Solfeld in



Abbildung 4: Carnallitblock mit Kaverne

Kehmstedt und in Bleicherode, welche durch eine 4,5 km lange Fernrohrtrasse verbunden wurden. Zunächst wurden die gewonnenen Solen noch im „Altwerk“ verarbeitet. Mit der Fertigstellung der GTVA (Großtechnische Versuchsanlage Soleverarbeitung) im Jahr 1988 wurde deren Probebetrieb aufgenommen. Die Verarbeitung der gewonnenen Salze und Solen erfolgte weiterhin im „Altwerk“.

In diese Phase fällt der Übergang vom staatlich organisierten Bergbau zur modernen Unternehmensstruktur, die später in der DEUSA International GmbH mündete.

Aus der Soleanlage GTVA wird 1991 ein eigenständiger Bereich, später ein Teil der Kalimag GmbH.

Bereits 1993 wurde die Deusa Solbergwerke und Aufbereitungs GmbH (Insolvenz 2001) gegründet.

Damit ist die Pilotanlage/GTVA der einzig verbliebene Kaliproduzent im Südharz nach der politischen Wende.

Seit 2001 firmiert der ehemalige Solbetrieb mit neuen Gesellschaftern unter dem Namen DEUSA International GmbH. Bis heute betreibt sie erfolgreich und im Dauerbetrieb die weltweit einzige Anlage zur Aussolung von Carnallit (ähnliche Verfahren zur Sylvinitisolung sind in Anwendung) zur Kaliproduktion mit einer durchschnittlichen Jahresproduktion von 80–100 Tt KCl in feuchter oder getrockneter Spezifikation, 45 Tt Bischofit und ca. 30 Tt Magnesiumchloridsole.

Neben der selektiven Heißsolung des Carnallits, sind die Heißzersetzung des künstlichen Carnallits und die Druckverdampfung der heißen Zersetzungslösung innovative Verfahrensschritte.

Die innovative Weiterentwicklung des Verfahrens der Aussolung und Verarbeitung war und ist Firmenstrategie. So ist weiterhin eine Vergrößerung der Kavernen innerhalb der geologischen Rahmenbedingungen und eine verstärkte Lagerstättenausnutzung durch Mitgewinnung von NaCl und  $MgSO_4$  denkbar.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Senkung der Energiekosten durch konsequente Energieausnutzung.



Abbildung 5: Solfeld Luftaufnahme

## STANDORTPORTRÄT

Der weitere Ausbau der bestehenden Kraft-Wärme-Kopplung, der Wärmerückgewinnung und die Ausnutzung auch noch so kleiner Mengen an sekundärer Energie stehen dabei im Mittelpunkt.

**Mit dem 23.08.2017 ist die NDH-E Entsorgungsbetriebsgesellschaft auf die DEUSA International GmbH verschmolzen** und betreibt als Zweigniederlassung weiterhin erfolgreich den Versatz von bergbaufremden mineralischen Abfallstoffen in die Hohlräume des ehemaligen Kaliwerkes.

Neben der Versorgung der Zweigniederlassung mit Elektroenergie sind derzeit weitere Synergieeffekte in Umsetzung bzw. in Vorbereitung.

Die DEUSA International GmbH mit ihrer Zweigniederlassung bietet heute über 260 Mitarbeitern einen sicheren Arbeitsplatz.

Die Geschichte des Kalibergbaus in Bleicherode ist eine über 125-jährige Innovationskette, die zeigt wie wissenschaftliche Voraussicht, wirtschaftliches Handeln, technische Innovationen und industrielle Umsetzung miteinander verzahnt und damit eine Kontinuität von geologischer Erkundung, technischer Entwicklung bis zur industriellen Umsetzung und modernen Unternehmensstruktur zum Erfolg führt.

Bleicherode ist nicht nur ein Bergbauzentrum, sondern ein Innovationslabor, das technische, chemische, organisatorische und wissenschaftliche Neuerungen über Generationen systematisch hervorgebracht hat.

### Nach diesem zeitgeschichtlichen Exkurs lohnt nun ein Blick in die Zukunft des Bleicheröder Bergbau

#### Neue Wege bei Abbau und Aufbereitung von Carnallit

Die soltechnische Gewinnung von Carnallit weist einen wesentlichen Nachteil auf: den eingeschränkten Zugang zur Lagerstätte von über Tage. Dies führt dazu, dass die geologische Erkundung deutlich aufwendiger und kostenintensiver ist, wodurch größere Unsicherheiten sowohl hinsichtlich der Mächtigkeit der Lagerstätte als auch bezüglich der Carnallitkonzentration in Kauf genommen werden müssen. Liegen folglich ein erheblicher Teil der



Abbildung 6: Im Aufbau befindlicher Löseapparat mit Peripherie

Produktionskavernen in ungünstigen geologischen Verhältnissen, wirkt sich dies unmittelbar auf die quantitative Kaliproduktion aus.

Vor diesem Hintergrund und aus weiteren betrieblichen Überlegungen ist bei der DEUSA die Idee entstanden, die Vorteile der soltechnischen Gewinnung mit denen der konventionellen bergmännischen Förderung zu kombinieren. Ziel ist es, eine stabilere und verlässlichere Produktion zu gewährleisten, indem Konzentrationsschwankungen aus dem Solfeld durch eine gezielte Zuförderung aus dem Grubenbereich ausgeglichen werden.

Vorgesehen ist, den Carnallit bergmännisch abzubauen und einer untertägig zu errichtenden Verlöseanlage zuzuführen. Die so erzeugte Lösung wird über einen der Schächte in Bleicherode nach über Tage transportiert und dort in einer neu zu errichtenden Eindampfanlage eingespeist, die als Schnittstelle zur bestehenden Produktionsanlage fungiert.

Die geplante Eindampfanlage wird mit modernen Brüdenverdichtern ausgestattet, die elektrische Verdichter anstelle von dampfbetriebenen Heizregistern nutzen. Diese Technologieanpassung ermöglicht eine Reduzierung des Gasbezugs im hauseigenen Kraftwerk und gestattet den Betrieb der neuen Anlagenteile mit grünem Strom, wodurch sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile realisiert werden.

## Photovoltaik – energetische Perspektiven

Zur langfristigen Sicherung unserer Energieversorgung sowie zur nachhaltigen Reduzierung wirtschaftlicher Risiken beabsichtigen wir, auf unserem Betriebsgelände Photovoltaikanlagen zu errichten und schrittweise auszubauen.

Auslöser dieser strategischen Entscheidung sind die in den vergangenen Jahren erheblich gestiegenen und zugleich zunehmend volatilen Energiepreise. Diese Entwicklungen sind maßgeblich durch geopolitische Konflikte, internationale Marktverwerfungen sowie strukturelle Unsicherheiten in der Energieversorgung beeinflusst. Die hieraus resultierende Preis- und Planungsschwankung stellt für energieintensive Unternehmen eine erhebliche wirtschaftliche Herausforderung dar.

Durch den Ausbau der Eigenstromerzeugung verfolgen wir das Ziel, unsere Abhängigkeit von externen Energieversorgern deutlich zu reduzieren, langfristige Planungssicherheit zu schaffen und gleichzeitig einen substanziellen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Die Investition in Photovoltaik stärkt damit sowohl unsere wirtschaftliche Stabilität als auch unsere ökologische Verantwortung im Sinne einer zukunftsorientierten Unternehmensstrategie.

Vor dem Hintergrund des politisch gewollten Ausbaus erneuerbarer Energien und angesichts eines teilweise stockenden Netzausbaus setzen wir verstärkt auf eine eigen-

ständige und dezentrale Energieversorgung. In diesem Zusammenhang ist vorgesehen, unsere Konversionsflächen sukzessive mit moderner Photovoltaiktechnik auszustatten, um einen signifikanten Anteil unseres zukünftigen Strombedarfs durch eigene Erzeugung zu decken.

Den Auftakt bildet das ehemalige Bergwerksgelände in Kleinbodungen. Das Areal befindet sich am Rand der Ortschaft, ist durch zahlreiche historische Fundamentreste geprägt und wurde folgerichtig als Photovoltaik-Vorrangfläche eingestuft.

Im Lageplan (Bild 2) ist das Vorhabengebiet 1 in orangefarbener Kennzeichnung dargestellt. Die geplante Belegung erfolgt mit Modulen in Ost-West-Ausrichtung. Diese Ausrichtung ermöglicht eine gleichmäßigere Verteilung der Stromerzeugung über den Tagesverlauf und trägt zugleich dazu bei, Erzeugungsspitzen in den Mittagsstunden zu reduzieren. Hierdurch kann die erzeugte Energie besser an unseren tatsächlichen Verbrauch angepasst werden.

Ein wesentlicher Standortvorteil ergibt sich aus dem auf dem Gelände befindlichen Wetterschacht, der eine optimale Anbindung an unser untertägliches betriebseigenes Mittelspannungsnetz gewährleistet. Diese direkte Netz-anbindung ermöglicht es uns, den in Kleinbodungen erzeugten Photovoltaikstrom unter anderem in unserer hochenergieintensiven Verarbeitungsanlage im Solbetrieb zu nutzen und somit die Eigenverbrauchsquote signifikant zu erhöhen.

Ogleich der Ausbau erneuerbarer Energien seitens der Bundesregierung ausdrücklich gefordert und politisch unterstützt wird, sehen wir uns in der praktischen Umsetzung wiederholt mit umfangreichen bürokratischen Anforderungen konfrontiert. So war beispielsweise trotz der Lage des Areals – einerseits umgeben von landwirtschaftlichen Flächen und andererseits durch dichten Baumbestand gegenüber angrenzenden Wohngebäuden abgeschirmt – die Erstellung eines umfassenden Blendschutzgutachtens erforderlich. In einem 47-seitigen Gutachten hat ein unabhängiger Sachverständiger nachvollziehbar dargelegt, dass von der geplanten Anlage keine nachteiligen Blendwirkungen ausgehen. Dieses Verfahren veranschaulicht den erheblichen Prüfungs- und Dokumentationsaufwand, der mit der Umsetzung entsprechender Projekte verbunden ist.

Trotz dieser Herausforderungen und Unwägbarkeiten halten wir an der Umsetzung des Projekts fest und streben eine Realisierung im Jahr 2027 an.

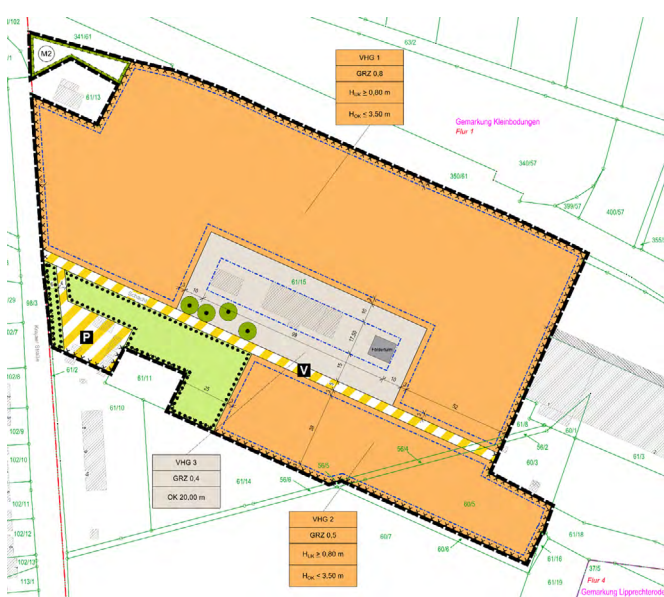


Abbildung 7: Darstellung der Vorhabengebiete in Kleinbodungen

# Online-Analytik für die Bestimmung von Zusatzstoffen in der Produktion von Speisesalzen



**Dr. Stephanie Hielscher-Michael**

Leiterin Labor,  
Qualitätssicherung  
Gefahrstoffmanagement  
Werke Bernburg und  
Braunschweig-Lüneburg  
K+S Minerals and  
Agriculture GmbH

Speisesalz ist ein kristallines Produkt, welches zu mindestens 97 % aus Natriumchlorid besteht und aus Meerwasser, unterirdischen Steinsalzvorkommen oder aus Sole gewonnen wird (CODEX STAN 150 - 1985). Je nach Herkunft und Herstellung erfolgt die Klassifizierung der unterschiedlichen Salzarten in Meersalz, Steinsalz, Siedesalz und Speisesalz. Siedespeisesalz spielt dabei vor allem in der Lebensmittelindustrie eine zentrale Rolle. Es ist das reinste handelsübliche Speisesalz, weist eine sehr hohe Löslichkeit auf und kann in unterschiedlichen Korngrößen und Zusatzstoffen exakt an industrielle Prozesse angepasst werden.

Weiterhin wird im Codex Alimentarius-Standard CXS 150 der FAO/WHO für Salz in Lebensmittelqualität für die Verwendung als Träger Folgendes festgelegt: „Salz in Lebensmittelqualität ist zu verwenden, wenn Salz als Träger für Lebensmittelzusatzstoffe oder Nährstoffe für die technische oder öffentliche Gesundheit verwendet wird. Beispiele für solche Zubereitungen sind Mischungen von Salz mit Nitrat und/oder Nitrit (Pökelsalz) und Salz gemischt mit geringen Mengen Fluorid, Jodid oder Jodat, Eisen, Vitaminen usw. sowie Zusätzen, die zum Tragen oder Stabilisieren solcher Zusätze dienen“ [1].

Die Anreicherung von Speisesalz mit Mikronährstoffen ist in Deutschland nicht zwingend vorgeschrieben. Während jodiertes Speisesalz auch für die Herstellung von Lebensmitteln verwendet wird, sind Speisesalze mit den anderen Mikronährstoffen nur in Kleinpackungen für Endverbraucher erhältlich und werden nicht vom Lebensmittelhandwerk und der Lebensmittelindustrie eingesetzt [2].

Die Verwendung von Zusatzstoffen in Lebensmitteln – damit auch im Speisesalz – wird zentral über die Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 geregelt. Sie definiert, welche Zusatzstoffe in welchen Lebensmitteln, unter welchen Bedingungen und mit welcher Konzentration zugesetzt werden dürfen.

Im Werk Bernburg erfolgt bzw. erfolgte die Produktion von jodierten und/oder fluorierten Speisesalzen in Kleinpackungen für Endverbraucher sowie die Produktion von jodiertem Salz und Nitrit-Pökelsalz für die Lebensmittelindustrie. Im Rahmen gesetzlicher Vorgaben sind strenge Qualitätskontrollen erforderlich. Um diese Anforderungen schnell und effizient zu erfüllen, verfügt der Siedesalzbetrieb über eine Online-Analytik zur Qualitätskontrolle der Zusatzstoffe Jod (als Jodat), Fluorid und Nitrit im Salz.

Im Jahr 2022 wurde eine neue und effiziente Online-Analytik nach den notwendigen Vorgaben und Anforderungen mit der Firma Metrohm konzipiert und in zwei Teilschritten in Betrieb genommen.

Diese Online-Analytik ermöglicht die Qualitätskontrolle/-überwachung von der automatischen Probenahme, der Probenvorbereitung bis hin zur Analytik der Zusatzstoffe parallel von drei Produktions-/Verpackungslinien.



### **Online analytics for determining additives in the production of table salt**

Table salt is a crystalline product consisting of at least 97% sodium chloride and is extracted from sea water, underground rock salt deposits or brine (CODEX STAN 150-1985). Depending on its origin and production, the different types of salt are classified as sea salt, rock salt, evaporated salt and table salt. Evaporated table salt plays a central role, particularly in the food industry. It is the purest commercially available table salt, has a very high solubility and can be precisely adapted to industrial processes in different grain sizes and with different additives. Furthermore, the FAO/WHO Codex Alimentarius Standard CXS 150 for food-grade salt specifies the following for use as a carrier: "Food-grade salt shall be used when salt is used as a carrier for food additives or nutrients for technical or public health purposes. Examples of such preparations are mixtures of salt with nitrate and/or nitrite (curing salt) and salt mixed with small amounts of fluoride, iodide or iodate, iron, vitamins, etc., as well as additives used to carry or stabilise such additives" [1].

The fortification of table salt with micronutrients is not mandatory in Germany. While iodized table salt is also used in food production, table salts containing other micronutrients are only available in small packages for end consumers.

The Bernburg plant produces or has produced table salt with iodine (as iodate) and/or fluoride in small packages for end consumers, as well as iodized salt and nitrite curing salt for the food industry. Strict quality controls are required in accordance with legal requirements. In order to meet these requirements quickly and efficiently, the evaporated salt plant has an online analysis system for quality control of the additives iodate, fluoride and nitrite in the salt. In 2022, a new and efficient online analysis system was designed in accordance with the necessary specifications and requirements in collaboration with Metrohm and put into operation in two stages.

This online analysis enables quality control/monitoring from automatic sampling and sample preparation to the analysis of additives in parallel across three production/packaging lines.

## Speisesalz mit Zusätzen – zu analysierende Proben

Der analytische Ausgangspunkt ist in Kleinverpackungen das Siedespeisesalz, welches in einem Mischer (Mischer 1) mit Jodat und/oder Fluorid gemischt wird. Dieses Salz wird in Kleinverpackungen (500 g Päckchen) direkt für den Verkauf an den Endkunden konfektioniert. Zur Jodanreicherung wird Kaliumjodat (in Deutschland sind bislang nur die Jodate zugelassen) verwendet, wobei lebensmittelrechtlich für (Deutschland) eine Präparierung zwischen 15–25 mg Jod pro kg Salz eingehalten werden muss. Zur Anreicherung mit Fluorid wird Kaliumfluorid mit der Zielpräparierung von 310 mg/kg (Ausnahmegenehmigung) verwendet. Neben den Kleinverpackungen wird Jodsalz auch als 25 kg Sackware, als Big Bag Ware sowie bulk Ware hergestellt. Diese Artikel werden in einem separaten Mischer (Mischer 3) präpariert.

Für die Lebensmittelindustrie – insbesondere die Fleisch- und Wurstwirtschaft – wird Nitrit-Pökelsalz mit und ohne Jod in einem dritten Mischer (Mischer 2) hergestellt. Die Herstellung von Nitrit-Pökelsalz gilt im Hinblick auf die Dosierung von Nitrit als besonders kritisch. Eine Überdosierung kann zu schweren gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Auch eine Unterdosierung birgt ein enormes Risiko, da diese zur Bildung von Botulinumtoxin aus *Clostridium botulinum*, dem Erreger des Botulismus (lebensbedrohlichen Lebensmittelvergiftung) führen kann, da Nitrit dessen Wachstum nicht vollständig gehemmt hat. Im Rahmen des Qualitätsmanagements ist die Nitrit-Dosierung als CCP (kritischer Kontrollpunkt) und die Dosierung von Jodat und Fluorid als CP (Kontrollpunkt eingestuft) und muss somit engmaschig kontrolliert und gemonitort werden. Im Rahmen der Qualitätskontrolle muss daher jeder Batch (Mischung) bei dem eine Zugabe von Jodat, Fluorid oder Nitrit erfolgt, analysiert und die Einhaltung der Grenzwerte garantiert werden [3].

## Anforderungen an die Online-Analytik

Der Aufstellort der Online-Analytik befindet sich direkt im Produktionsbereich mit den Umgebungsbedingungen mit hohen Temperaturen (30–40°C), hoher Salzstaubbelastung sowie möglichen Vibrationen. Die Anlage muss im Dauerbetrieb, 24 Stunden/365 Tage (abzgl. gepl. Stillstände) einsatzbereit sein. Die Analysenzeit pro Probe soll max. 5 min betragen. Weiterhin muss ausgehend von der vorhandenen automatischen Probenahme eine Probenvorbereitung (Salz muss in eine wässrige Probe überführt werden) mit anschließender Probenweiterleitung zum Analyzesystem erfolgen. Da sich die Mischer mit Probenahme und Probenvorbereitung auf einer anderen Ebene als der Aufstellort der Analysetechnik befinden, sollte die Probenzuführung möglichst in einem störungsfreien System realisiert werden. Die Analytik selbst sollte in zwei redundanten Analysesystemen zur Bestimmung von Iodat/ Fluorid/ Nitrit in einem Schutzschrank umgesetzt werden. Weiterhin wird eine Steuerung und Datenausgabe zum Prozessleitsystem (PLS) und zur Labordatenerfassung (LIMS) von und zu der Online-Analytik benötigt.

In Zusammenarbeit mit der Firma Metrohm wurde die nachfolgende in Abb. 1 dargestellte Umsetzung der Online-Analytik bestehend aus den Systembestandteilen beplant:

- 2 Analysesysteme zur Bestimmung von Iodat/Fluorid/ Nitrit jeweils in einem Schutzschrank
- Lösestationen (insgesamt 3)
- Sammelstation mit Prozesskommunikation für die insgesamt 3 vorhandenen Salzmischer
- Peripherie (Probenzuführung, Datenanbindung)

Mittels der beplanten Online-Analytik soll nach automatisierter Probenahme, Probenvorbereitung und nachgeschalteter Analytik automatisiert und kontinuierlich die Gehaltsbestimmung der Zusatzstoffe nach jedem Mischvorgang (Präparierungsansatz) pro Mischer sichergestellt werden, sodass die Soll- bzw. Grenzwerte in Bezug auf den Jodat-, Fluorid- und Nitritgehalt eingehalten werden und das präparierte Salz konfektioniert werden kann oder verworfen bzw. nachgearbeitet werden muss.

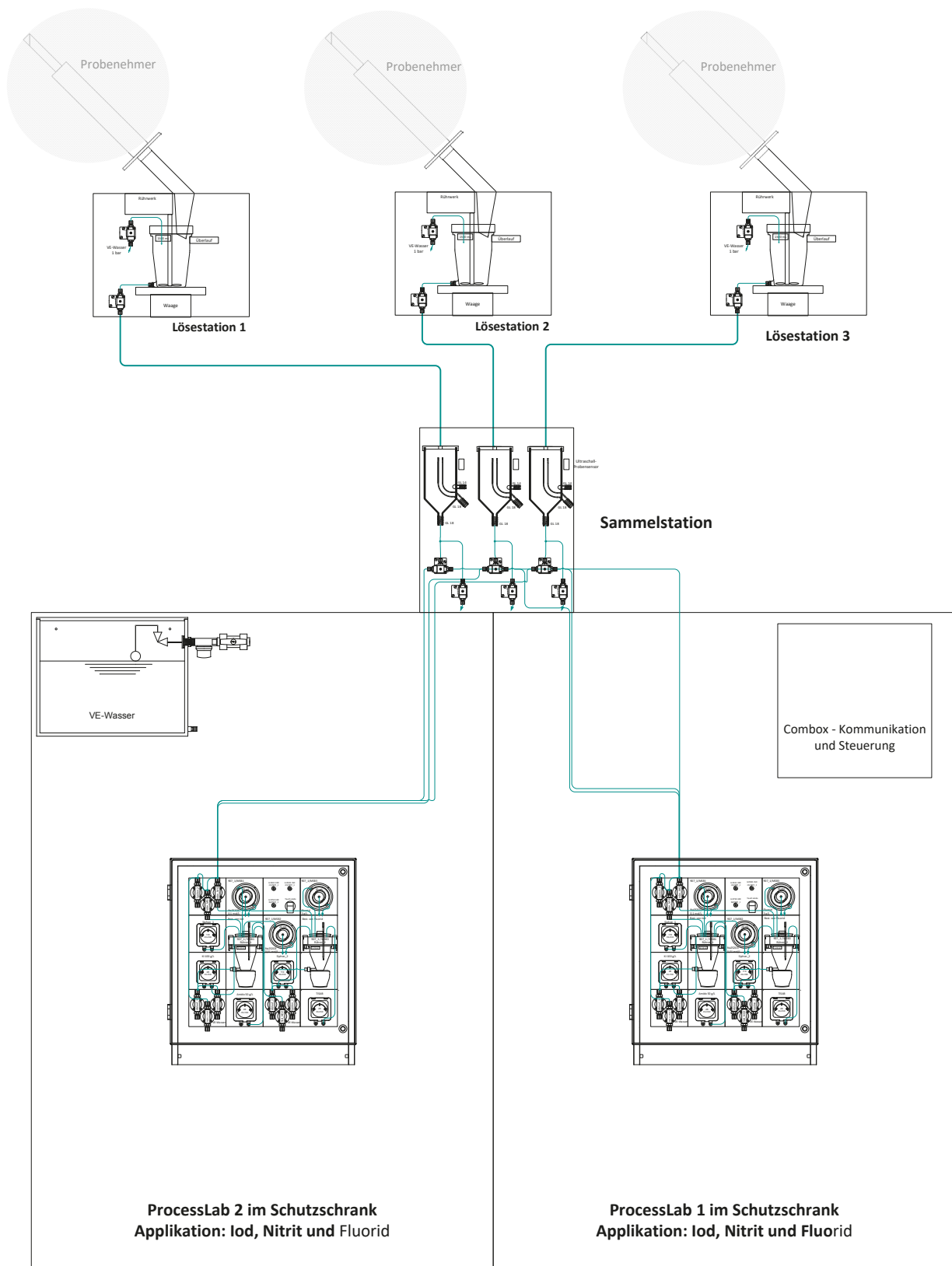


Abbildung 1: Gesamtkonzept der Online-Analytik

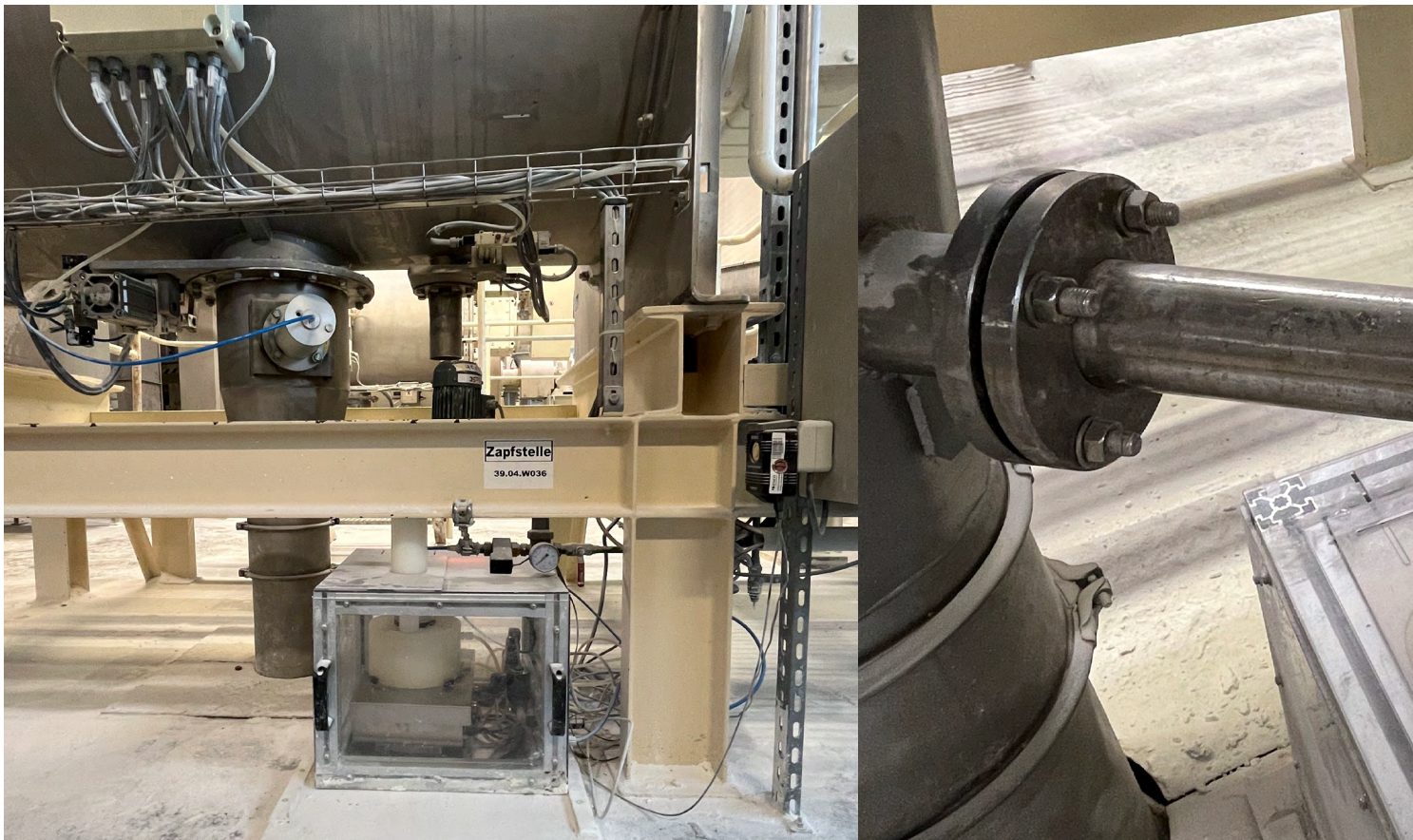


Abbildung 2: Auflösesystem unter Mischer (links, Mitte) sowie Probenabführung

## Projektumsetzung

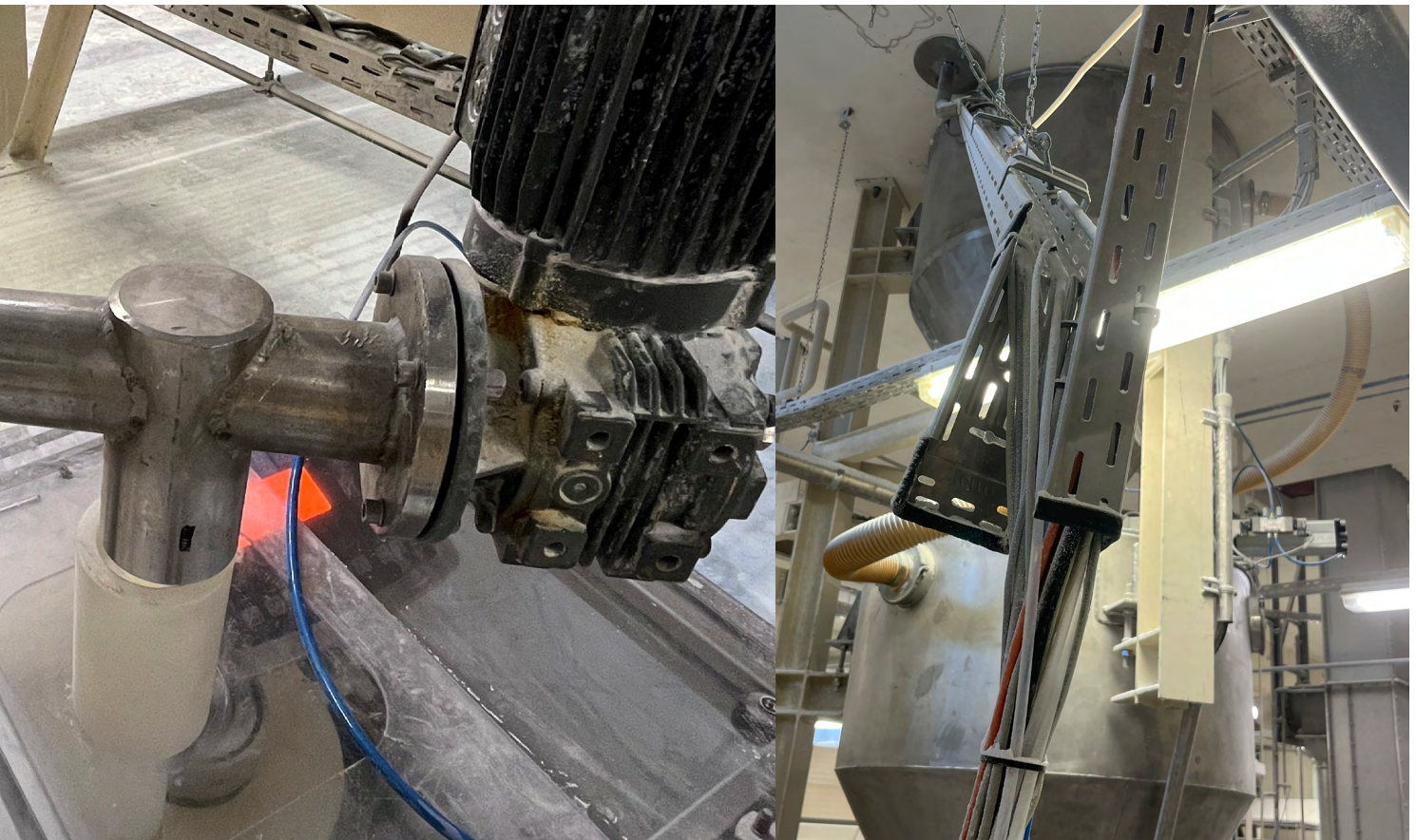
Den Ausgangspunkt der Analyse stellt die automatisierte Probenahme und anschließende Probenvorbereitung direkt am Mischer dar.

Die automatische Probenahme erfolgt nach Abschluss des Mischvorgangs nach Öffnen der Mischerklappe direkt aus dem Salzstrom über eine Probenahmeschnecke. Die Probenmenge wird über die Zeit der Probenahme gesteuert. Die Salzprobe wird jeweils durch eine Probenahmeschnecke direkt in das Auflösesystem unter den Mixern 1, 2 oder 3 befördert, dort eingewogen, eine vordefinierte Menge Wasser hinzudosiert und mittels Rührens gelöst. Die gravimetrisch ermittelten Salz- und Wassermengen werden vom System erfasst und in der Software für die spätere Ge-

haltsberechnung hinterlegt. Die Probenlösungen werden durch die Probenabführung mittels hydrostatischem Druck in das Sammelgefäß des jeweiligen Mixers überführt.

In Abb. 2 ist eines der Auflösesysteme bestehend aus dem Lösegefäß, einer Waage, einem Rührer sowie der Zuführung Salz-Probe, Wasserzuführung und Probenabführung dargestellt.

Die Sammelstation (Abb. 3) befindet sich eine Ebene unter den Mixern und den Lösestationen. Für jeden Mischer wird ein eigenes Sammelgefäß mit dem benötigten Probenvolumen vorgehalten. Die Sammelstation ermöglicht die fortlaufende Probenahme und Analyse, da die Proben bis zur Überführung ins Analysesystem hier „verweilen“ können.



Ausgehend vom Sammelgefäß wird die Probe an eines von zwei vorhandenen Analysensystemen weitergeleitet, je nachdem welches gerade verfügbar ist.

Es stehen zwei redundante Analysensysteme (Abb. 4) in jeweils eigenem Schutzschrank, ausgestattet mit zwei Probengefäßen mit Magnetrührwerk, einem Titrande, einer Tauchsonde (spektroskopische Direktmessung) sowie einer Multispeed-Schlauchquetschpumpe für die jeweilige Proben- und Reagenzienzufuhr zur Verfügung.

Die Analyse von Jodat erfolgt mittels Redox titration mit Thiosulfat-Lösung gegen eine Platin-Titrode. Die Fluorid-Analyse erfolgt mittels direktpotentiometrischer Messung mit einer Fluorid-ISE und Referenzelektrode nach voreingestellter Kalibration. Nitrit wird direkt in der Probe spek-



Abbildung 3: Sammelstation



Abbildung 4: Analysesysteme (links); Analytikeinheit (rechts)

troskopisch mittels Tauchsonde bestimmt. Nach Optimierung aller Parameter beträgt die Analysezeit inklusive der Probenvorbereitung < 5 min.

Die Online-Analytik beinhaltet neben der eigentlichen Messtechnik (Titrierstand, Tauchsonde, Büretten, Elektroden etc.) einen Kombox-PC zur Steuerung und Kommunikation mit dem PLS sowie 2 PCs der beiden Analysatoren. Die Steuerung der Analysesysteme erfolgt mittels einer eigenen programmierten Software der Firma Metrohm, welche eine Logikkette beinhaltet, die den Ablauf der Online-Analytik steuert und die Schnittstelle zum PLS bildet. Die Analysen, Messdatenaufnahme und -auswertung erfolgen mit der tiamo Software. Die Combox stellt somit das Herzstück der Kommunikation zwischen PLS und den Einzelkomponenten der Online-Analytik (Probenehmer, Auflösesystem, Sammler, Analysekomponenten) dar und beinhaltet das Bedienprogramm für alle Komponenten, die auch händisch einzeln ansteuerbar sind.

Alle Analysenwerte werden über das PLS in der Labordatenerfassung LIMS erfasst. Weiterhin erfolgt eine Grenz-

wertprüfung der an das PLS übergebenen Analysedaten (sichtbar für die Meister im PLS in der Prozessgrafik „Übersicht Konfektionierung“). Der Prozessablauf ist in nachfolgender Grafik (Abb. 5) schematisch dargestellt.

## Herausforderungen & Fazit

Im Rahmen der Projektumsetzung war die Kommunikation zwischen PLS und Online-Analytik inkl. der Messdatenweitergabe an das Labordatensystem (LIMS) besonders herausfordernd. Das anfängliche Ziel, vorhandene Schnittstellen zu nutzen, war technisch nicht möglich, so dass eine neue Schnittstelle und Logikkette konzipiert wurde. Nach der Schnittstellenumstellung auf ProfiNet funktionierte die Anbindung an das PLS inkl. Gateway ModBus TCP – ProfiNet IO-Device Slave inkl. SD problemlos.

Die implementierte Online-Analytik ermöglicht die kontinuierliche und automatisierte Analyse inkl. Grenzwertüberwachung der Zusatzstoffe Jodat, Fluorid und Nitrit in laufender Produktion.

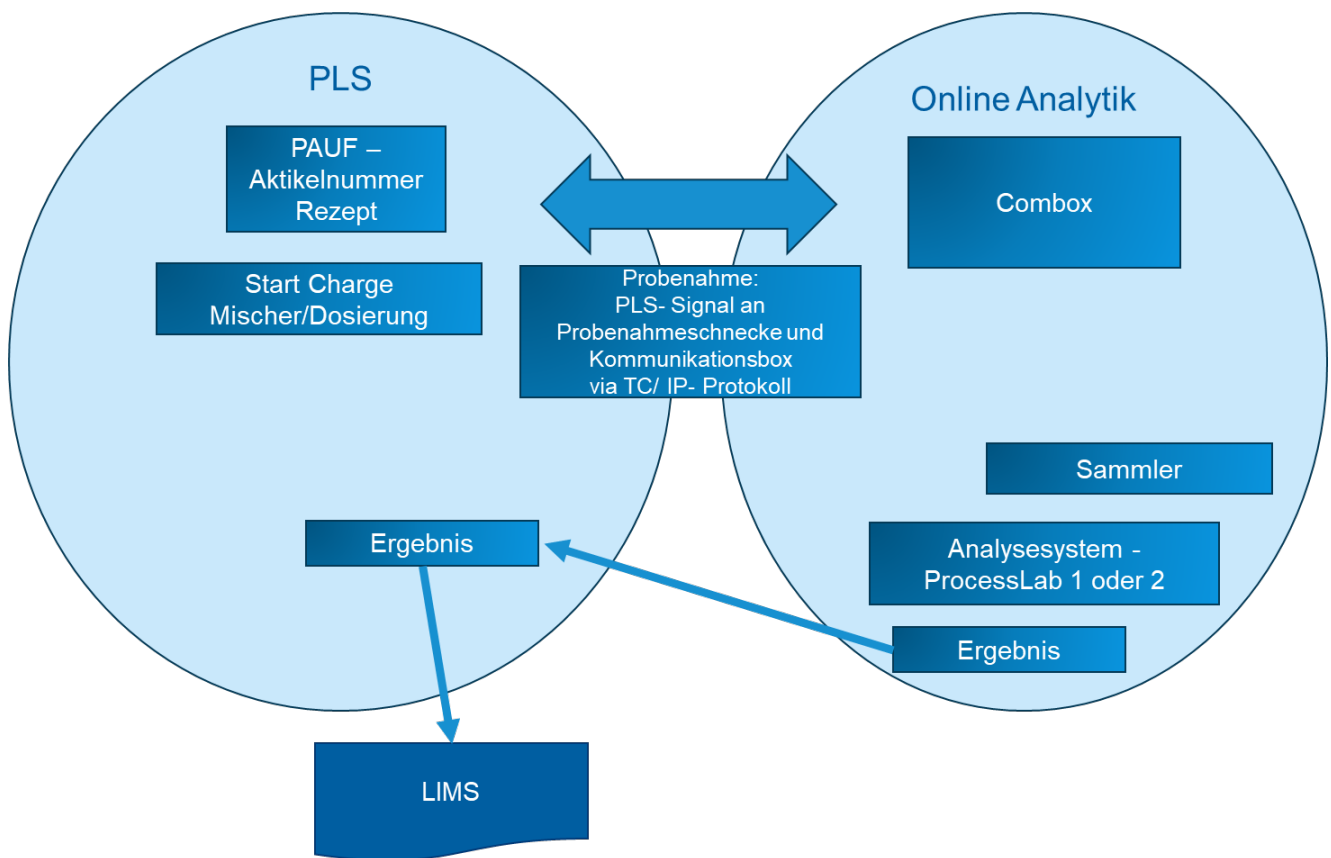


Abbildung 5: Prozessablauf (schematisch dargestellt); Abkürzungen: PLS=Prozessleitsystem; PAUF=Produktionsauftragsnummer; LIMS=Labordatenerfassung

Die Implementierung der neuen Online Analytik stellt einen wesentlichen Fortschritt für die Qualitätskontrolle in der Salzproduktion dar. Sie gewährleistet:

**Höchste Produktsicherheit** – durch kontinuierliche, automatisierte Überwachung der kritischen Zusatzstoffe Nitrit, Jod und Fluorid – inklusive Grenzwertprüfung in Echtzeit.

**Deutliche Effizienzsteigerung** – dank vollautomatisierter Probenahme, Probenvorbereitung und Analyse über mehrere Produktionslinien.

**Verbesserte Prozesssicherheit** – durch redundante Analysesysteme, robuste Probenlogistik und eine zuverlässige Kommunikationsschnittstelle.

**Lückenlose Dokumentation** – über PLS, LIMS und Gerätesoftware – essenziell für Audits, Rückverfolgbarkeit und Lebensmittelsicherheit.

**Demonstration moderner Prozessanalysetechnik (PAT)** – Die Online Analytik zeigt, wie PAT Systeme zu mehr Transparenz, höherer Produktqualität und Zeitersparnis führen.

Insgesamt bildet das System ein zukunftsorientiertes, robustes Qualitätskontrollkonzept, das die Salzproduktion effizienter, sicherer und normgerecht macht.

Literatur:

[1] FAO/WHO: CODEX STANDARD FOR FOOD GRADE SALT (CXS 150-1985, Rev. 2012).  
 [2] Götzfried, F.: Speisesalz als Träger von Mikronährstoffen, Kali & Steinsalz 3/2024, S. 7 – 15  
 [3] Leitlinien für eine gute Hygienepaxis in der Salzindustrie, Verband der Kali- und Salzindustrie, Berlin, 2011 (aktualisierte Ausgabe 2025).



Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.