

KALI & STEINSALZ

03
2018

Wertvolle Rohstoffe aus Deutschland

32. Bergtechnische Tagung
Hotel + Congress Centrum
Wienecke XI. Hannover
24. Mai 2019

Müller-Goldkuhle, Papst, Yanko
Herausforderungen, Erfolge und Lessons Learned
während Inbetriebnahme, Anfahren und erstem Betrieb
der Bethune Mine, Saskatchewan, Kanada

Götzfried
Die Saline Heilbronn – vom Steinsalz zum Pfannensalz

Hanke
Aktuelle Entwicklungen im Bereich des Winterdienstes
Bericht aus der Arbeit des Fachausschusses Winterdienst

Kurze, Kleditzsch
Schwermineraluntersuchungen an Buntsandsteinproben
aus zwei Bohrungen in Osthessen und die Frage nach der
Klima- und stratigraphischen Relevanz der Ergebnisse

Impressum

Kali und Steinsalz

herausgegeben vom VKS e.V.

VKS e. V.

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

Erscheinungsweise

dreimal jährlich in loser Folge
ISSN 1614-1210

Redaktionsleitung:

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

Redaktionsausschuss

Natalya Akhapkina, esco GmbH & Co. KG
Dr. Burkhard Dartsch, K+S Entsorgung GmbH
Uwe Handke, K+S KALI GmbH
Gerd Kübler, K+S Aktiengesellschaft
Dr. Frieder Tonn, K+S Aktiengesellschaft
Dr. Ludger Waldmann, K+S Aktiengesellschaft
Christoph Wehner, VKS e.V.

Herstellung und Layout

Dirk Linnerz
Lausitzer Straße 31
10999 Berlin
Mobil: +49(0)171.1448597
info@linnerz.com
www.linnerz.com

Hinweis zu Rechten an Bildern, Grafiken u. a.

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

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

06 Müller-Goldkuhle, Papst, Yanko: Challenges, Achievements and Lessons Learned in Commissioning and Start Up of the Bethune Mine, Saskatchewan, Canada

In 2011 K+S AG took over the Canadian company Potash One to develop the Legacy Project. The construction of the greenfield project started in summer 2012. The first ton of potash was produced in summer 2017. The production capacity will be expanded from currently 2.0 to 2.86 million tonnes per year. With an investment of 3.1 million Euro the Legacy Project is the biggest project in the history of K+S and posed many challenges. This article focuses on the phases of Pre-Commissioning, Commissioning, Start Up and Early Production as well as the lessons learned along the way.

16 Götzfried: The saltworks Heilbronn – from rock salt to pan salt

In the year 1885 the rock salt production was started with in the new founded salt mine Heilbronn. Although at this time in Southwest Germany already nine saltworks produced pan salt, the Salzwerk Heilbronn AG decided, to construct a further plant for pan salt on the site Heilbronn. Already in the year 1886 the production of pan salt was started in a boiling installation with fire, steam and flue gas pans with dissolved rock salt. The annual output peaked at 35.000 tons. During the 2nd world war a coal lack led at the beginning of 1945 to the stop of the production and in April 1945 the saltworks Heilbronn were destroyed by American and German artillery bombardment. After the war Salzwerk Heilbronn AG decided on that one not to reconstruct the boiling installations and dedicated the whole strength to the reconstruction and the modernization of the underground and surface rock salt installations, with regard to the developing chemical industry and its salt demand. Food grade salt kept on being produced in the saltworks Heilbronn as "Hüttensalz" with the melting procedure.

26 Hanke: Actual Developments in the field of Winter Maintenance – Report from the work of the German Winter Road Committee

The paper gives an overview over actual themes and developments in Winter Maintenance in Germany. Nowadays salt has been established as spreading material on the roads, only on minor roads without dangerous points no spreading is usual; other spreading materials are not used on roads. However quality control by supply of spreading materials is very important. In this field the new European Standard EN 16811 gives high requirements, additional a German FGSV-Paper gives important advices for practitioners. The trend in salt spreading

goes more and more to preventive spreading because this has advantages for economy, ecology and traffic safety. For preventive spreading salt brine is the best solution down to temperatures of -6°C . New research results show that small amounts of salt spreaded during snowfall in the falling snow have the effect that the snow remains queasy and removable. A new challenge is the Winter Maintenance on bicycle paths. Because bicycles are nowadays more and more used in winter time for daily routine and the accident risk is very high on icy bicycle paths it is necessary to make qualified winter maintenance on the main bicycle paths. Newest experiences and tests show that this can be done best by sweeping the snow and spreading salt brine.

34 Kurze, Kleditzsch: Heavy mineral analysis of Bunter sandstone samples from two bore holes in Eastern Hesse – possible implications for paleoclimate and stratigraphy

Heavy mineral analysis of Bunter sandstone samples from two bore holes in Eastern Hesse – Implications for paleoclimate and stratigraphy? Heavy mineral analysis is one of the standard methods for the evaluation of the origin, transport directions and distribution patterns of sandy sediments. The method can also be used for the evaluation of climatic or diagenetic changes during deposition. In this study the results of the heavy mineral analysis of 24 sandstone samples from two bore holes from the Triassic Bunter sandstone realm in eastern Hesse are presented. The spectrum of transparent detrital heavy minerals mainly consists of zircon, rutile, tourmaline and apatite, as well as monazite. Few samples contain high concentrations of mica (biotite). The material is possibly derived from granites of the central part of Bohemian Massif. Anatase occurs as an authigenic mineral. In some samples a high concentration of barite was found, probably generated by a hydrothermal activity. It is unusual that minerals of the "metamorphic group", especially garnet, are missing. Granular opaque matter analyzed with a Mineral Liberation Analysis (MLA) was revealed as iron oxides, titanomagnetite and ilmenite. The ratio between stable minerals (zircon, tourmaline, rutile) and apatite in the studied section indicates characteristic changes. In the grain size fraction of $63\text{--}100\ \mu\text{m}$ a decrease in the apatite content from the Detfurth to the Solling Formation within the Middle Bunter is present. The lowest apatite content occurs in the Solling Formation. This result also corresponds to observations in other Bunter sandstone profiles, which may be caused by synsedimentary weathering as a result of climate change towards more humid conditions. With some restrictions the ratio between stabile transparent heavy minerals and apatite may help to clarify stratigraphic questions.

03 Abstracts

05 Editorial

06 Müller-Goldkuhle, Papst, Yanko

Herausforderungen, Erfolge und Lessons Learned während Inbetriebnahme, Anfahren und erstem Betrieb der Bethune Mine, Saskatchewan, Kanada

16 Götzfried

Die Saline Heilbronn – vom Steinsalz zum Pfannensalz

26 Hanke

Aktuelle Entwicklungen im Bereich des Winterdienstes
Bericht aus der Arbeit des Fachausschusses Winterdienst

34 Kurze, Kleditzsch

Schwermineraluntersuchungen an Buntsandsteinproben aus zwei Bohrungen in Osthessen und die Frage nach der Klima- und stratigraphischen Relevanz der Ergebnisse

48 Nachrichten aus den Unternehmen

02 Impressum

Titelbild:

Eindampfanlage Werk Bethune, Saskatchewan, Kanada



Ein herausforderndes Umfeld ...

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

mein sehr geschätzter Vorgänger Hartmut Behnsen hob im letzten Editorial völlig zu Recht „die Bedeutung unserer in Deutschland verfügbaren und gewonnenen Rohstoffe“ hervor. Hieran möchte ich – als sein Nachfolger – gerne anknüpfen. Fast 30 Jahre war ich als Diplom-Betriebswirt in der K+S Gruppe tätig – in unterschiedlichen Funktionen und an diversen Standorten. In meiner letzten Funktion war ich als Werkleiter im Werk Werra tätig. Am 1. Oktober wechselte ich zum Verband der Kali- und Salzindustrie e.V. und übernahm die Position des Hauptgeschäftsführers.

Ein solcher Wechsel – von einem Werk mit fachkundigen und dem Bergbau verpflichteten Kumpel, mit herausfordernder Produktion und Zwang zur Wirtschaftlichkeit zu einem engagierten und kompetenten Arbeitgeber- und Wirtschaftsverband, der sich maßgeblich für die Belange der Branche einsetzt, vom ländlichen Umfeld in die Bundeshauptstadt – lädt dazu ein, über die derzeitige Lage der Kali- und Salzindustrie zu reflektieren.

Ich nehme die aktuelle Situation so wahr, dass die Branche in einem Umfeld agiert, in welchem von der Industrie und den Verbänden die maßgeblichen Einflussgrößen (Stärkung der heimischen Rohstoffindustrie, diskriminierungsfreier Zugang zu Rohstoffen aus dem Ausland, Recycling von Rohstoffen) benannt und ausformulierte Handlungsempfehlungen (Stichwort: Berliner Rohstofferklärung) gegeben wurden.

Nach meiner festen Überzeugung ist das unternehmerische Handeln stets mit hoher Verantwortung für die Umwelt zu verbinden. Nachhaltigkeit ist in unserer Branche kein Schlagwort, sondern zum einen gelebte Praxis und zum anderen weiterhin ein klares Muss für unser künftiges Tun.

Ein klares Muss ist aber auch, dass wir ausgewogene Rahmenbedingungen vorfinden, die nachvollziehbar sind, die von der Sache ausgehen, die erreichbar und letztendlich auch finanzierbar sind, um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können.

Dann können wir die zweifelsfrei vorhandenen großen Potenziale der Märkte ausschöpfen. Wir können uns den

Herausforderungen der Zukunft stellen bzw. diese als Chance begreifen und nutzen.

Ich nehme aber auch wahr, dass sich unsere Branche im öffentlichen Umfeld mitunter in einem Bewertungsrahmen bewegt, in dem unser Tun kritisch und oft auch negativ bewertet wird. Es wird – was in Zeiten von Wohlstand in unserem Land nicht weiter verwunderlich ist – oft vergessen, welche wichtigen Produkte unsere Branche herstellt. Wir sollten nicht aufhören, die Sinnhaftigkeit unserer Produkte klar zu benennen und den Nutzen zu verdeutlichen. Exemplarisch sei hier unser Beitrag zur (Welt-) Ernährung, zur Gesundheit und zur Verkehrssicherheit ebenso genannt wie unser Mitwirken in der chemischen Industrie, der Konsumgüterindustrie und vielen anderen Industrien.

All dies leistet einen wichtigen Beitrag für unser Leben und unseren Wohlstand.

Um das Bild abzurunden, dürfen in diesem Zusammenhang auch die (richtigerweise) hohen Sozial-, Arbeitsschutz-, Umwelt- und Menschenrechtsstandards erwähnt werden, die bei der Gewinnung und der Weiterverarbeitung unserer Rohstoffe eingehalten werden – Tag für Tag.

In einem offenen Dialog sind zudem Fragestellungen und Hemmnisse klar und deutlich zur Diskussion zu stellen, damit auch hier die dringend notwendige Ausgewogenheit erreicht werden kann. Als Stichworte seien hier exemplarisch Arbeitsplatzgrenzwerte, Raumordnung, Bergrecht und Wasserrahmenrichtlinie genannt. Hierbei tun wir gut daran, die enge und vertrauensvolle Zusammenarbeit mit der gesamten Rohstoffindustrie fortzusetzen – auf deutscher und auf europäischer Ebene.

Herzliches Glückauf

Ihr

Christoph Wehner

STANDORTPORTRÄT



MARCEL MÜLLER-GOLDKUHLE
Manager Process Engineering,
Capital Projects and Technology,
K+S Potash Canada



THOMAS PAPST
Vice President Capital Projects
and Technology, K+S Potash
Canada



DAVE YANKO
Freier Journalist,
Saskatoon, Kanada

HERAUSFORDERUNGEN, ERFOLGE UND LESSONS LEARNED WÄHREND INBETRIEBNAHME, ANFAHREN UND ERSTEM BETRIEB DER BETHUNE MINE, SASKATCHEWAN, KANADA

2011 übernahm K+S die kanadische Explorations- und Entwicklungsgesellschaft Potash One mit dem Ziel, das Legacy Projekt zu realisieren. Der Bau der Greenfield Solution Mine begann im Sommer 2012. Die erste Tonne Kali wurde im Juni 2017 produziert. Die Produktionskapazität wird in den nächsten Jahren von 2,0 auf 2,86 Mio. Tonnen gesteigert. Das Legacy Projekt war mit einem Volumen von umgerechnet 3,1 Mrd. Euro das größte Projekt in der Geschichte von K+S. Herausforderungen gab es viele. Der vorliegende Artikel konzentriert sich auf die vorbereitende Inbetriebnahme (Pre-Commissioning), Inbetriebnahme (Commissioning), das Anfahren (Start Up) sowie den ersten Betrieb und die dabei gesammelten Erfahrungen.

Challenges, Achievements and Lessons Learned in Commissioning and Start Up of the Bethune Mine, Saskatchewan, Canada In 2011 K+S AG took over the Canadian company Potash One to develop the Legacy Project. The construction of the greenfield project started in summer 2012. The first ton of potash was produced in summer 2017. The production capacity will be expanded from currently 2.0 to 2.86 million tonnes per year. With an investment of 3.1 billion Euro the Legacy Project is the biggest project in the history of K+S and posed many challenges. This article focuses on the phases of Pre-Commissioning, Commissioning, Start Up, and Early Production as well as the lessons learned along the way.

Das Werk Bethune, Saskatchewan, Kanada.

Die Eindampfanlage hat 9 Verdampfer, angeordnet in 3 parallelen Straßen mit jeweils 3 Stufen.

Das Legacy Projekt

Das Legacy Projekt umfasste neben der Bethune Mine auch den Umschlaghafen in Port Moody bei Vancouver, British Columbia sowie den Gleisanschluss des Werks an das Bahnnetz von Canadian Pacific Railways. KSPC engagierte AMEC Foster Wheeler als Hauptvertragspartner für die ingenieurtechnische Planung, Einkauf, Bau und vorbereitende Inbetriebnahme.

Die Entwicklung einer geeigneten Organisationsstruktur war eine der großen Herausforderungen. Ziel war, die Kali-Erfahrung von K+S mit der Erfahrung von AMEC in der Umsetzung von Bergbau-Projekten, speziell in Saskatchewan, zu verbinden. Nach Diskussionen über Zuständigkeiten und Verantwortungen wurde dies mit dem so genannten Integrated Team Approach erreicht.

Ein Hauptelement des Integrated Team Approach war die Einrichtung des so genannten Legacy Project Execution Teams (LPET), das im Wesentlichen aus Mitarbeitern von K+S aus den Bereichen Einkauf, Controlling, Finanzen sowie Mitarbeitern von AMEC aus den Bereichen Ingenieurdienstleistung, Einkauf und Bau bestand. LPET war verantwortlich für die Ausführung des Projekts „on time and on budget“ und bestand in Spitzenzeiten aus 450 Mitarbeitern, die sowohl in Saskatoon als auch auf der Baustelle arbeiteten.

Das zweite Element des Integrated Team Approach war das Technical Authority Team (TAT). Dieses bestand aus etwa 20 K+S-Ingenieuren, in deren Aufgabebereich Scope und Quality lagen. Sie wurden unterstützt durch Ingenieure von Bayer Technology Services, die in das TAT integriert waren.

Die dritte Komponente war das so genannte Operations Readiness Team (ORT). Dieses hatte die Aufgabe, die Mannschaft in Bethune bestmöglich auf den Betrieb vorzubereiten.









Beginn der Inbetriebnahme

Die ersten Inbetriebnahmeaktivitäten begannen im Wellfield und in der Tank Farm ca. zwei Jahre vor der Inbetriebnahme der Fabrik. Grund hierfür war die erforderliche Zeit zur Entwicklung der Kavernen. Die vorbereitende Inbetriebnahme (Pre-Commissioning) bestand aus dem Test der Backbone-Systeme (Rückgrat) für Energieversorgung, Equipmentüberwachung sowie Prozesskontrolle und -steuerung. Die Ablaufplanung (Sequencing) war aufgrund des hohen Automatisierungsgrads eine der größten Herausforderungen. „Die Aktivierung des richtigen Equipments zur rechten Zeit in der korrekten Reihenfolge war essentiell für die erfolgreiche Inbetriebnahme aller Backbone-Systeme“, so Chad Binsfeld, zu jener Zeit Backbone Commissioning Lead.

Montage, vorbereitende Inbetriebnahme, Inbetriebnahme und Start-Up-Aktivitäten erfolgten häufig zur gleichen Zeit innerhalb eines Bereichs, teilweise direkt nebeneinander. Das Prozessleitsystem musste in einem Interim-Modus gefahren werden, so dass Teile des Werks normal betrieben werden konnten, während sich andere noch in der Bauphase befanden. Ständiger Austausch zwischen den Gewerken sowie die strenge Einhaltung der Lock-Out/Tag-Out Procedures waren unabdingbar. Während der gesamten Inbetriebnahme gab es wenige Near-Miss-Incidents (Beinaheunfälle), aber keine Lost-Time-Injuries (LTIs) (unfallbedingte Arbeitsausfälle).

Die gleichzeitige Durchführung von Montage- und Inbetriebnahmearbeiten war eine der wesentlichen Herausforderungen während der 18 Monate vor dem Start Up. Interessenkonflikte sind dabei selbstverständlich: Bau und Montage wollen die Anlage Modul für Modul aufbauen und in Betrieb nehmen. Demnach sind die Prioritäten andere als aus Betriebssicht, die im Fokus hat, was zum Anfahren am dringendsten gebraucht wird. Wichtig ist dabei, dass Owner und Key Contractor früh damit beginnen, die Bauausführung so zu planen, dass die Inbetriebnahme berücksichtigt wird. Dies verursacht zwar mehr Aufwand in der Planungsphase. Eine effizientere Inbetriebnahme, ein früherer Produktionsstart und vor allem verbesserte Arbeitssicherheit wiegen das jedoch mehr als auf.

Valve Station für den Kavernenbetrieb.

Das Team

KSPC stellte Mitarbeiter für die Produktion und die Instandhaltung bis zu zwei Jahre vor dem Produktionsstart ein. Das gab sowohl den Aufsichten als auch dem Bedienpersonal die Gelegenheit, sich mit dem Prozess und dem Equipment vertraut zu machen. Das Legacy Operations Training Program (LOTP) beinhaltete Schulungen bei Zulieferern und an K+S-Standorten in Europa und trug einen wesentlichen Teil zum reibungslosen Übergang von der Start-Up-Phase zur Produktion bei.

Die Betriebsmannschaft hatte neben Training und Inbetriebnahme auch Aufgaben aus dem Operations-Readiness-Programm abzuarbeiten. Dieses umfasste alle Vorbereitungen, um zum Anfahrtermin aus technischer und organisatorischer Sicht produktionsbereit zu sein. Chad Morash konnte als Discipline Trades Coordinator während dieser Zeit die Probleme in der Instandhaltung beobachten. Teilweise standen Instandhalter, die in die letzten Inbetriebnahmeschritte eingebunden waren, wenige Stunden später „auf der anderen Seite“ als Empfänger des Equipments. Was in dieser Phase schwierig war, erwies sich später als Vorteil. „Wenn beim Start Up Probleme auftraten, war das Equipment bekannt und Lösungen waren schnell gefunden“, so Morash.

Egal, wie genau und detailliert geplant wird: Das Auftreten technischer Probleme während der Inbetriebnahme kann praktisch nicht ausgeschlossen werden. Die Erfahrung hat gezeigt, dass immer ein qualifiziertes Team zur Verfügung stehen sollte, um hierauf reagieren zu können. Für Produktion und Instandhaltung ist es schwierig, eine neue Anlage zu betreiben und sich gleichzeitig um Inbetriebnahmeprobleme zu kümmern.

Das Inbetriebnahmeteam von KSPC bestand aus ca. 180 Mitarbeitern, wovon etwa 100 aus der Produktion und 60 aus der Instandhaltung kamen. Zum Start Up kehrten sie in ihre angestammten Rollen zurück. Bei den weiteren Personen handelte es sich um Personal von Inbetriebnahmedienstleistern sowie um Experten von europäischen K+S-Werken (Subject Matter Experts / SMEs). Etwa 125.000 Komponenten mussten im Rahmen des Pre-Commissioning in Betrieb genommen werden. Sie wurden im Commissioning in ca. 2.000 Systeme gruppiert, welche am Schluss in 80 Start Up Procedures angefahren wurden.

Commissioning Lead Gene Cochrane sieht die Zusammenarbeit zwischen KSPC und der K+S als großen Erfolg, vor allem im Hinblick auf die Integration der europäischen SMEs in das KSPC-Inbetriebnahmeteam. Einige von ihnen

waren bereits während der Bauphase auf der Baustelle und lernten die Fabrik und das Equipment kennen. Neben der gelegentlich auftretenden Sprachbarriere bietet das Aufeinandertreffen von zwei Kulturen mit unterschiedlichen Herangehensweisen durchaus Herausforderungen. Aber das Wissen der SMEs, ihr Teamgeist und der Wille, zu unterstützen, wo immer es notwendig ist, fanden hohe Anerkennung.

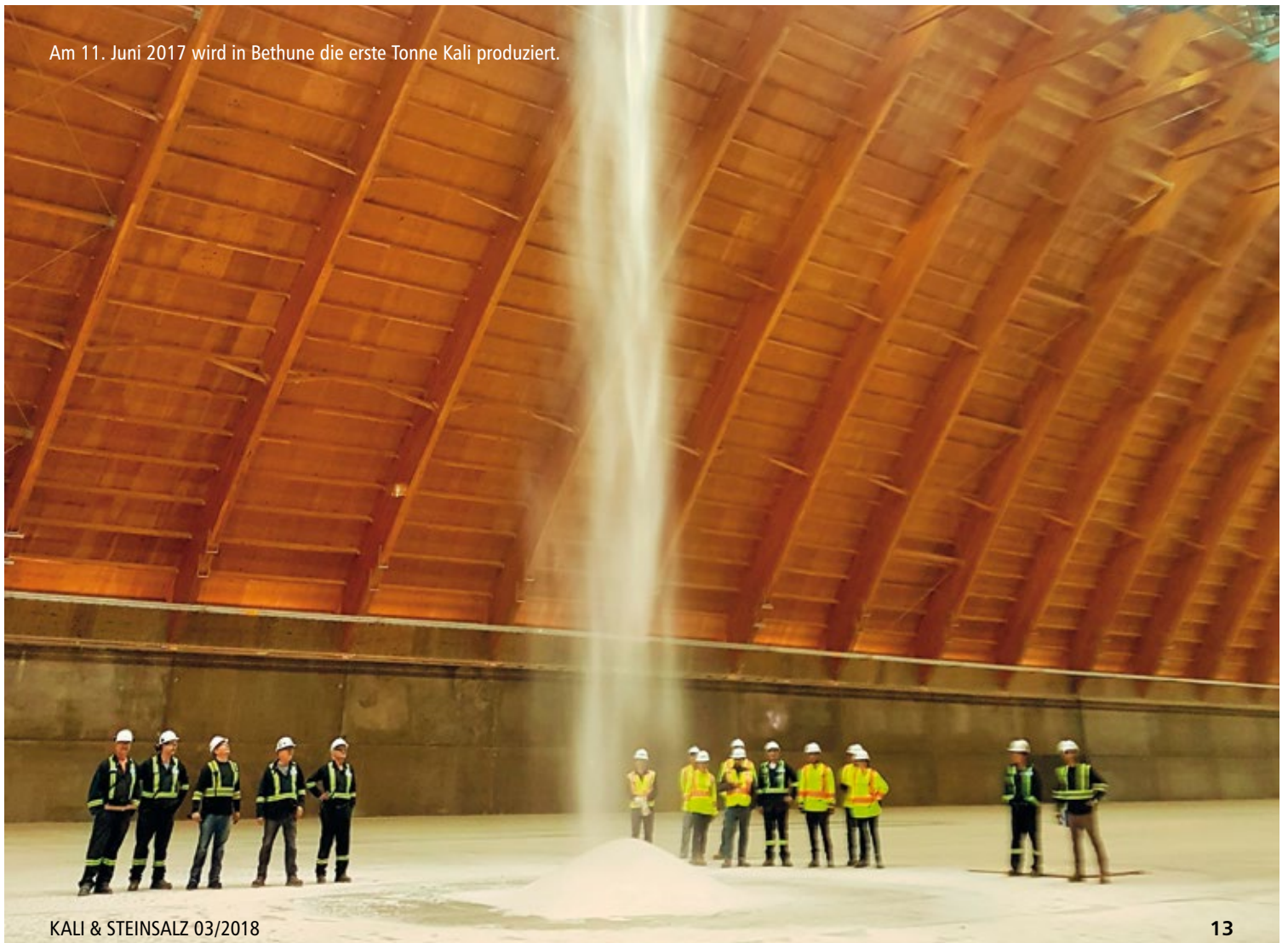
Die puren Ausmaße des Projekts brachten ihre eigenen Herausforderungen mit sich. Zur Spitzenzeit der Bauphase im Sommer 2016 arbeiteten mehr als 3.000 Leute auf der Baustelle. Viele Arbeiten wurden zur gleichen Zeit im gleichen Bereich durchgeführt. Nur durch präzise Planung konnte das sichere Arbeiten aller Beteiligten sichergestellt werden. Dennoch erlitt das Projekt zu dieser Zeit einen herben Rückschlag: Am 17. Juli 2016 stürzte ein Kristallisator während eines Routine-Tests ab. Dank umfangreicher Sicherheitsmaßnahmen kam niemand ernsthaft zu Schaden. Parallel zum Entfernen des Behälters und des beschädigten Stahlbaus begannen die Ursachensuche sowie die Umsetzung der erforderlichen Nachbesserungen. Der Vorfall führte zu einer Verzögerung des Produktionsstarts und zu einer deutlichen Erhöhung der Komplexität der Inbetriebnahme.

Im November 2016 engagierte KSPC Aaron Wald als Mechanical Commissioning Lead. In dieser Rolle war er für die Inbetriebnahme mechanischer Komponenten wie Pumpen, Kompressoren, Turbinen und Kesseln zuständig. Wald hat bei Inbetriebnahmen mit verschiedenen Unternehmen und in unterschiedlichen Ländern und Klimazonen mitgearbeitet. Aus seiner Sicht ist es ein großer Vorteil für den Owner, bei der Inbetriebnahme mit separaten Dienstleistern zusammenzuarbeiten. Nur auf diesem Weg ist eine unabhängige Prüfung von Komponenten und Systemen möglich. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Konservierung von Equipment. Während der Legacy-Bauphase wurde die Konservierung bei manchem Equipment nicht optimal durchgeführt, z. B. wurden die Lager eines Gurtförderers mit falschem Fett geschmiert, Rost war die Folge. Wenn solche Probleme erst beim Anfahren bemerkt werden, ist Ärger vorprogrammiert.

Auch wenn viele kleine und größere Probleme bei der Inbetriebnahme in Bethune auftraten, muss damit bei einem Projekt dieser Größenordnung gerechnet werden. Im Vergleich mit den anderen Projekten, in denen Wald mitgearbeitet hat, war die Inbetriebnahme der Bethune Mine „a fairly square curve“ (ziemlich gut).



Das Commissioning Team im Herbst 2016.



Am 11. Juni 2017 wird in Bethune die erste Tonne Kali produziert.

Waggons stehen zur Beladung bereit.

Produktionsstart

Als der Großteil der Inbetriebnahmearbeiten erledigt war, folgte die Abarbeitung der so genannten Start-Up-Procedures. Ganze Anlagenbereiche werden auf Funktionsfähigkeit getestet und z.B. auch so genannte Black-Start-Szenarien durchfahren. Der letzte Schritt ist dann, dass alle Bereiche zusammen funktionieren, um die erste Tonne Kali zu produzieren. Ein großer Schritt, da nicht nur die Anlage, sondern auch das gesamte Team zum ersten Mal produziert. Die Mannschaft von Trevor Dyck, Production Manager Bethune, identifizierte und strukturierte alle erforderlichen Schritte. Der Start-Up-Plan nannte sich „Golden Thread“ und fokussierte sich auf das Equipment, was zur Produktion der ersten Tonne notwendig war.

Der Plan war erfolgreich. Früher als zuletzt erwartet, rieselte am 11. Juni 2017 die erste Tonne Kali in den Verladeschuppen. KSPC-Management und -Mitarbeiter jubelten und aus Deutschland kamen Glückwünsche. Trevor Dyck:

„Der Juni war unglaublich. Wir gingen früher als erwartet in Betrieb, die Fabrik lief im Juni und wir produzierten über Plan. Trotz des Drucks und des extrem dynamischen Umfelds gab es keinen einzigen Unfall. Was kann man mehr erwarten?“

Nicht überraschend für das Anfahren eines neuen Werks traten mit der Zeit Probleme an einigen Aggregaten auf, wie z.B. Ablagerungen an Wärmetauschern oder Zusetzen der Zentrifugenaufgabe. Durch Optimierung der Fahrweise und Modifizierung des Designs konnten die Probleme behoben werden. Ein aufwändiger und teurer Austausch der Anlagenkomponenten war damit nicht mehr notwendig.

Nach Aussage von Trevor Dyck brachten die ersten Wochen und Monate Produktion positive und negative Überraschungen mit sich. Eindampfanlage und Kristallisation in Bethune gehören zu den größten ihrer Art weltweit.



Ursprünglich war man davon ausgegangen, dass das Wiederanfahren umständlich und vor allem zeitaufwendig sein würde. Indes stellte sich heraus, dass das mechanische und das elektrische Design ausgesprochen robust ist, weshalb das Wiederanfahren, selbst unter Last, schneller erfolgen kann. So werden hierfür z.B. nach Ausfall der Netzversorgung weniger als zwei Stunden benötigt.

Nachdem die anfänglichen Produktionsschwierigkeiten beseitigt waren, traten Herausforderungen mit der Produktqualität in den Vordergrund. So zeigte das MOP standard (MOP = Kaliumchlorid) eine Kornverteilung, die

nicht dem Anspruch der Kunden entsprach. Das Finden von Lösungsansätzen nahm Zeit in Anspruch, da für zuverlässige Aussagen die gesamte Lieferkette von Bethune bis zum Kunden in Übersee betrachtet werden muss. Ein Projekt zur Verbesserung der Produktqualität ist bereits in der Umsetzung. Dieses dürfte spätestens Ende 2019 abgeschlossen sein. Schon in den nächsten Monaten dürften die ersten Verbesserungen greifen. Trevor Dyck begrüßt den geplanten Umbau. Aus seiner Sicht werden die Verbesserungen zu deutlich mehr Kundenzufriedenheit führen.





DR. FRANZ GÖTZFRIED
Salt Research & Consulting, Bad Wimpfen

Die Saline Heilbronn – vom Steinsalz zum Pfannensalz

Im Jahre 1885 wurde im neugegründeten Salzbergwerk Heilbronn mit der Steinsalzförderung begonnen. Obwohl zu dieser Zeit in Südwestdeutschland bereits neun Salinen Siedesalz produzierten, wurde von der Salzwerk Heilbronn AG der Entschluss gefasst, eine weitere Saline auf dem Werksgelände in Heilbronn zu errichten. Bereits im Jahre 1886 wurde in einer Siedeanlage mit Feuer-, Dampf- und Rauchgaspfannen die Produktion von Pfannensalz aus übertägig aufgelöstem Steinsalz aufgenommen. Die Jahresproduktion erreichte in der Spitze 35.000 Tonnen. Im 2. Weltkrieg führte Kohlemangel Anfang 1945 zur Einstellung der Produktion und im April 1945 wurde die Saline Heilbronn durch amerikanischen und deutschen Artilleriebeschuss zerstört. Von einem Wiederaufbau hat die Salzwerk Heilbronn AG abgesehen und die ganze Kraft, im Hinblick auf die sich entwickelnde Chemieindustrie und deren Salzbedarf, dem Wiederaufbau und der Modernisierung der untertägigen und übertägigen Steinsalzbetriebe gewidmet. Speisesalz wurde im Salzwerk Heilbronn weiterhin als Hüttensalz mit dem Schmelzverfahren gewonnen.

The saltworks Heilbronn – from rock salt to pan salt In the year 1885 the rock salt production was started with in the new founded salt mine Heilbronn. Although at this time in Southwest Germany already nine saltworks produced pan salt, the Salzwerk Heilbronn AG decided, to construct a further plant for pan salt on the site Heilbronn. Already in the year 1886 the production of pan salt was started in a boiling installation with fire, steam and flue gas pans with dissolved rock salt. The annual output peaked at 35.000 tons. During the 2nd world war a coal lack led at the beginning of 1945 to the stop of the production and in April 1945 the saltworks Heilbronn were destroyed by American and German artillery bombardment. After the war Salzwerk Heilbronn AG decided on that one not to reconstruct the boiling installations and dedicated the whole strength to the reconstruction and the modernization of the underground and surface rock salt installations, with regard to the developing chemical industry and its salt demand. Food grade salt kept on being produced in the saltworks Heilbronn as "Hüttensalz" with the melting procedure.

TABELLE 1 SALINEN UND SALZBERGWERKE IM JAHR 1885 IN SÜDWESTDEUTSCHLAND

	Salinen	Salzbergwerke
Königreich Württemberg	Friedrichshall, Friedrichshall-Jagstfeld (1969)* Clemenshall, Offenau (1929)* Wilhelmshall, Rottweil (1969)* Schwäbisch Hall (1924)* Sulz (1924)*	Friedrichshall-Jagstfeld (1895)* Wilhelmsglück, Schwäbisch Hall / Rosengarten (1900)*
Großherzogtum Baden	Ludwigshall, Dürrheim (1971)* Ludwigssaline, Rappenau (1973)*	–
Hohenzollern (Königreich Preußen)	Stetten, Haigerloch (1924)*	Stetten
Großherzogtum Hessen	Ludwigshalle, Exklave Wimpfen (1967)*	–

*(Jahr der Stilllegung)

Die Salzproduktion in Südwestdeutschland anno 1885

Zur größeren Bedeutung gelangte die Salzsiedererei in Südwestdeutschland in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts, als neben den Salinen Schwäbisch Hall und Niedernhall auch noch Salinen am Neckar eröffnet wurden, und zwar in Offenau (1756) und Wimpfen (1763). Hinsichtlich der bergmännischen Gewinnung von Steinsalz kann Württemberg als die Wiege des deutschen Steinsalzbergbaus bezeichnet werden. Nachdem in Jagstfeld am Neckar im Jahr 1816 erstmals in Mitteleuropa ein Steinsalzlager erbohrt worden war, gelang es zunächst nicht, einen Schacht in die Lagerstätte zu teufen. Stattdessen wurde die Lagerstätte durch eine 1818 in Betrieb genommene Saline ausgebeutet. Später gelang es im Jahr 1824 in Wilhelmsglück bei Schwäbisch Hall einen Schacht niederzubringen und das erste deutsche Salzbergwerk zu eröffnen. In Jagstfeld gelang der zweite Schachtbauversuch erst im Jahr 1859. Mit der Entstehung einer Chemischen Industrie und deren Bedarf an Salz in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde die Salzsuche in Südwestdeutschland intensiviert.

Im Jahr 1885 war Südwestdeutschland in Herrschaftsgebiete des Königreichs Württemberg, des Großherzogtums Baden, der Hohenzollern (König-

reich Preußen) und in die Exklave Wimpfen des Großherzogtums Hessen aufgeteilt. In allen Gebieten fand die Produktion von Salz statt. Es bestanden zu diesem Zeitpunkt insgesamt 9 Pfannensalinen in denen Siedesalz produziert wurde und 3 Bergwerke für die Steinsalzgewinnung (Tabelle 1).

Die Entstehung des Salzwerks Heilbronn

Als im Jahr 1879 der Verein Chemischer Fabriken aus Mannheim in seiner Fabrik in Neckargartach am nördlichen Rand von Heilbronn Salz erbohrte und auf seine Mutung 1880 das Grubenfeld Fresenius verliehen erhielt, über welchem das in den Bauplan der Stadt Heilbronn aufgenommene Kleinäulein lag, sah sich die Stadt in ihren Interessen gefährdet und strebte selbst nach Bergwerkseigentum. Treibende Kraft dafür war der Chemiefabrikant und Gemeinderat Theodor Lichtenberger.

In den Jahren 1881/82 bohrten dann drei Trupps um die Wette nach Salz: Freiherr Pergler von Perglas aus Bensheim, der Verein Chemischer Fabriken und die Stadt Heilbronn. Am 14. Januar 1882 früh ging die Stadt Heilbronn mit nur wenigen Stunden Vorsprung als Sieger hervor und konnte sich das Abbaurecht bei der Regierung in Stuttgart sichern. 16 Millionen Quadratmeter umfasste das Berg-

werkseigentum der Stadt. Die Stadt Heilbronn wollte aber das Salzlager nicht selbst ausbeuten, sondern dies einer neu zu gründenden Gesellschaft übertragen, mit gewissen, für die Stadt vorteilhaften Auflagen. So kam es am 16. November 1883 zur Gründung der Aktiengesellschaft „Salzwerk Heilbronn“. Adolf Feyerabend und Theodor Lichtenberger wurden als Vorstände bestellt, Letzterer mit der Gesamtleitung beauftragt.

Am 2. April 1884 wurde mit dem Abteufen des Schachtes begonnen. Es folgten Mühlen, Siebanlagen, Werkstätten, der Bau einer Saline zur Herstellung von Siedesalz, die Anlage eines eigenen Verladehafens mit Anschluss an den Neckar und der Bau einer Bahnverbindung zum Bahnhof Neckarsulm. Am 4. Dezember 1885 wurde zum ersten Mal gefördert; am 1. Juli 1887 waren alle Anlagen fertiggestellt und das erste volle Betriebsjahr begann. Durch die Aufnahme der Salzproduktion in Heilbronn verschärfte sich der Wettbewerb am südwestdeutschen Salzmarkt enorm, was später auch zur Einstellung der Salzproduktion an anderen Orten führte.

Das Grundkapital der Salzwerk Heilbronn AG betrug 10 Millionen Mark, davon wurden aber nur drei Millionen ausgegeben. Der neuen Aktiengesellschaft übertrug die Stadt Heilbronn die Ausbeutung ihres erwor-

benen Bergwerkseigentums auf die Dauer von 99 Jahren. Danach sollte das gesamte Werk mit allen Einrichtungen unter und über Tage entschädigungslos an die Stadt Heilbronn zurückfallen. Am 24. Juli 1970 verzichtete die Stadt gegen Zahlung eines Abfindungsbetrages von 8 Millionen DM auf die Ausübung des Rückfallrechts.

Der erste Zeitabschnitt in der Entwicklung des Salzwerks Heilbronn ist eng verbunden mit Theodor Lichtenberger, der später den Titel eines Geh. Kommerzienrats und Generaldirektors erhielt.^{1,2}

Heilbronner Steinsalz

Die Salzlagerstätte in Südwestdeutschland gehört der geologischen Formation des Mittleren Muschelkalks an. Es ist flach gelagert und erstreckt sich bis in die Nordschweiz östlich von Basel. In Heilbronn hat die Lagerstätte eine Gesamtmächtigkeit von 40 m in der Teufe von 170–210 m und ist in drei einzelne, unmittelbar übereinanderliegende Lager gegliedert. In der Lagerstätte finden sich neben dem Natriumchlorid (94 %) grob ver-

wachsen auch grauer Salzton (4 %) und Anhydrit (2 %). Neben Klarsalzkristallen höchster Reinheit ist das Steinsalz mit dunklen Anteilen der Nebenbestandteile, sichtbar auch nach Zerkleinerung, vermischt (Bild 1).

Es bestand daher von Beginn an das Erfordernis, für Anwendungen des Salzes mit erhöhten Anforderungen, wie etwa für die menschliche Ernährung, diese Nebenbestandteile weitgehend zu entfernen. Neben der Handklaubung, die anfänglich übertage von Knaben an einem Leseband zur Entfernung der groben Berge aus dem zerkleinerten Rohsalz durchgeführt wurde, nutzte man vor allem den Effekt der selektiven Zerkleinerung. Salzton und Anhydrit lassen sich wesentlich schwerer zerkleinern als Salz und reichern sich deshalb in den groben Fraktionen des gemahlenen Gutes an. Durch Absiebung der Grobfractionen wird bereits ein Salzgehalt von 96,5 % erreicht. Dieser Aufbereitungsschritt erfolgte übertage in der Steinsalzmühle in Schachtnähe; heute nutzt man die Kombination aus selektiver Zerkleinerung und Siebung

bereits untertage zur Verbesserung der Qualität des Rohsalzes, bevor es in die Schachtförderung geht. Um auch Speisesalz in der Qualität des von den südwestdeutschen Salinen angebotenen Pfannensalzes anbieten zu können, war die Errichtung einer Saline unumgänglich.

Später wurde ab 1911 auf dem Gelände des Salzwerks Heilbronn in einer Salzschnmelzhütte Speisesalz hergestellt. Nach dem 2. Weltkrieg wurde auch mit Hilfe von Reissortiermaschinen durch optische Trennung über einige Jahre Speisesalz aus dem zerkleinerten rohen Steinsalz gewonnen. Nachdem die Abnehmer in der chemischen Industrie für ihre Chlor-Alkali-Elektrolysen zunehmenden Bedarf an sulfatarmem Steinsalz hatten, wurden im Salzwerk Heilbronn unterschiedlichste Verfahren eingesetzt, um Anhydrit und Ton, die teilweise verwachsen vorliegen, aus dem Steinsalz zu entfernen. Dazu zählen die elektrostatische Trennung in Walzenscheidern und die Schwimm-Sink-Aufbereitung, die mit Trommelscheidern in mit Ferrosili-



Bild 1 Heilbronner Steinsalz (links: nach Gewinnung, Mitte: nach Zerkleinerung, rechts: nach optischer Sortierung)

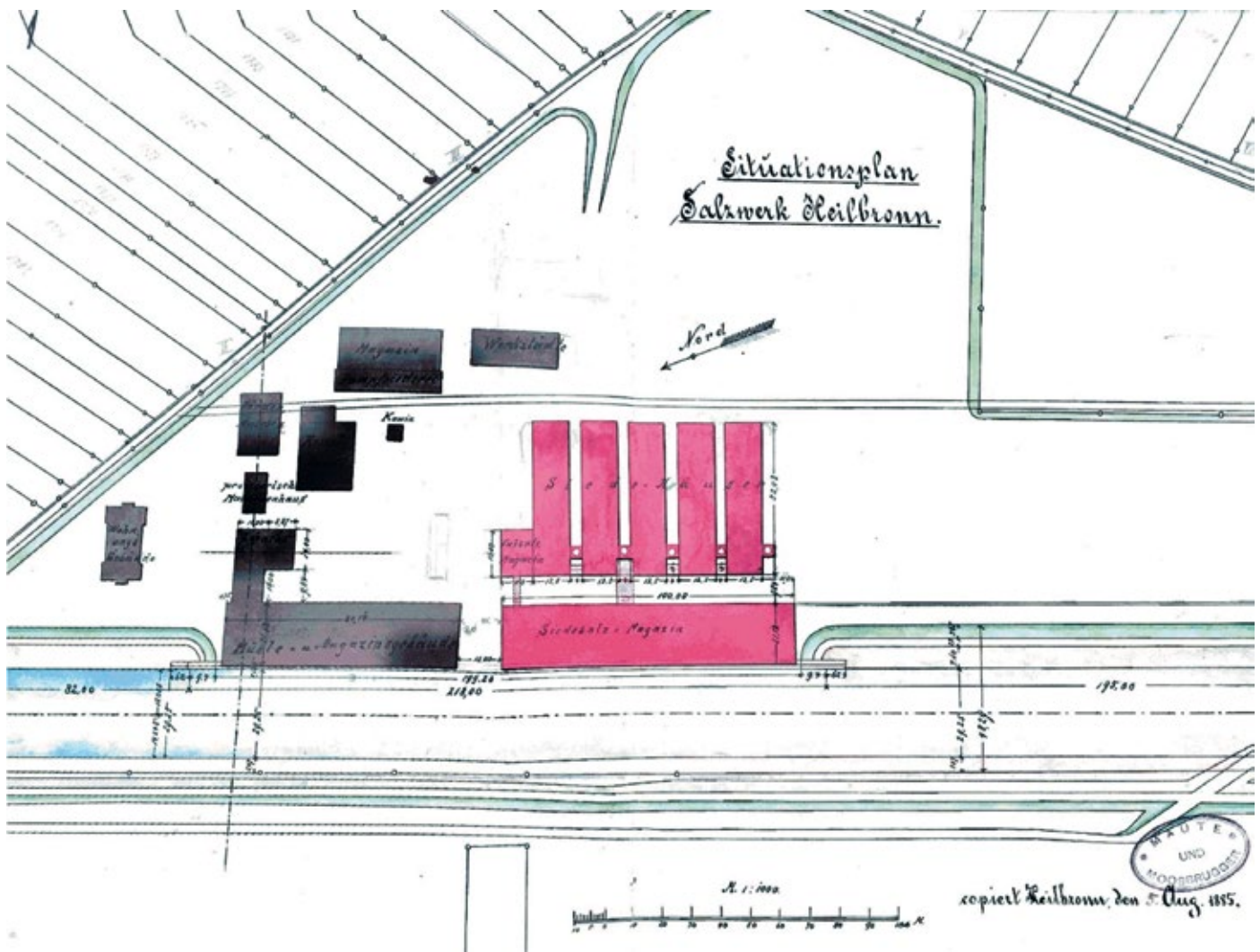


Bild 2 Situationsplan des Salzwerks Heilbronn (aus dem Baugesuch der Salzwerk Heilbronn AG vom 5. August 1885 für die Errichtung von 5 Siedehäusern, eines Siedesalzmagazins und eines Viehsalzmagazins)

zium angereicherter Sole stattfand. Später löste eine Schwerflüssigkeitsaufbereitung, bei der die Trennung der Bestandteile in mit Magnetit angereicherter Sole in Hydrozyklonen erfolgt, diese Verfahren ab. Heute ist diese sog. Zyklonanlage das Herzstück der Gewinnung von Industriesalz für die chemische Industrie. Ergänzt wird diese partiell durch eine kombinierte Klassierung und Sortierung in Windsichtern und eine magnetische Sortierung.

Saline Heilbronn

Im Februar 1885 wurden ein Kesselhaus, ein Pumpenhaus, ein Dampfsiedehaus, die Fördermaschinen, Werkstätten- und Verwaltungsgebäude

sowie verschiedene andere Bauarbeiten in Angriff genommen und in wenigen Monaten vollendet. Der unternehmenseigene Salzhafen wurde in der Zeit vom 22. Juni 1885 bis Februar 1896 von der Firma Holzmann & Cie. in Frankfurt gebaut und sofort in Betrieb genommen. Mit dem Baugesuch vom 5. August 1885 wurde die Errichtung der ersten fünf Siedehäuser, eines Siedesalzmagazins und einem Viehsalzmagazins auf dem Gelände des Salzwerks Heilbronn unmittelbar am Salzhafen beantragt (Bild 2). Gleichzeitig mit dem Hafen ging man an die Errichtung des Mühlen- und Magazingebäudes sowie der Salinenanlage. Die Salinenanlage ging im Sommer 1886 in Betrieb und wurde noch im

selben Jahr erweitert. Der volle Betrieb der Saline begann am 1. Juli 1887, dem von der Generalversammlung des Unternehmens am 17. Dezember 1887 festgesetzten Anfangstermin des ersten Betriebsjahres. Die Kochsalzproduktion erreichte im ersten Betriebsjahr, obwohl die vollständige Einrichtung der Siedeanlagen erst gegen Ende des Jahres 1887 fertiggestellt werden konnte, die Menge von 257 987 Zentnern, wovon 250 637 Zentner ausgeliefert wurden.

Beschreibungen der Saline wurden von Lichtenberger^{4,5}, Fürer⁶ und Buschmann⁷ angefertigt. Da im Salzwerk Heilbronn keine Solegewinnung durch Bohrlochsolung erfolgte, wurde als Ausgangsmaterial

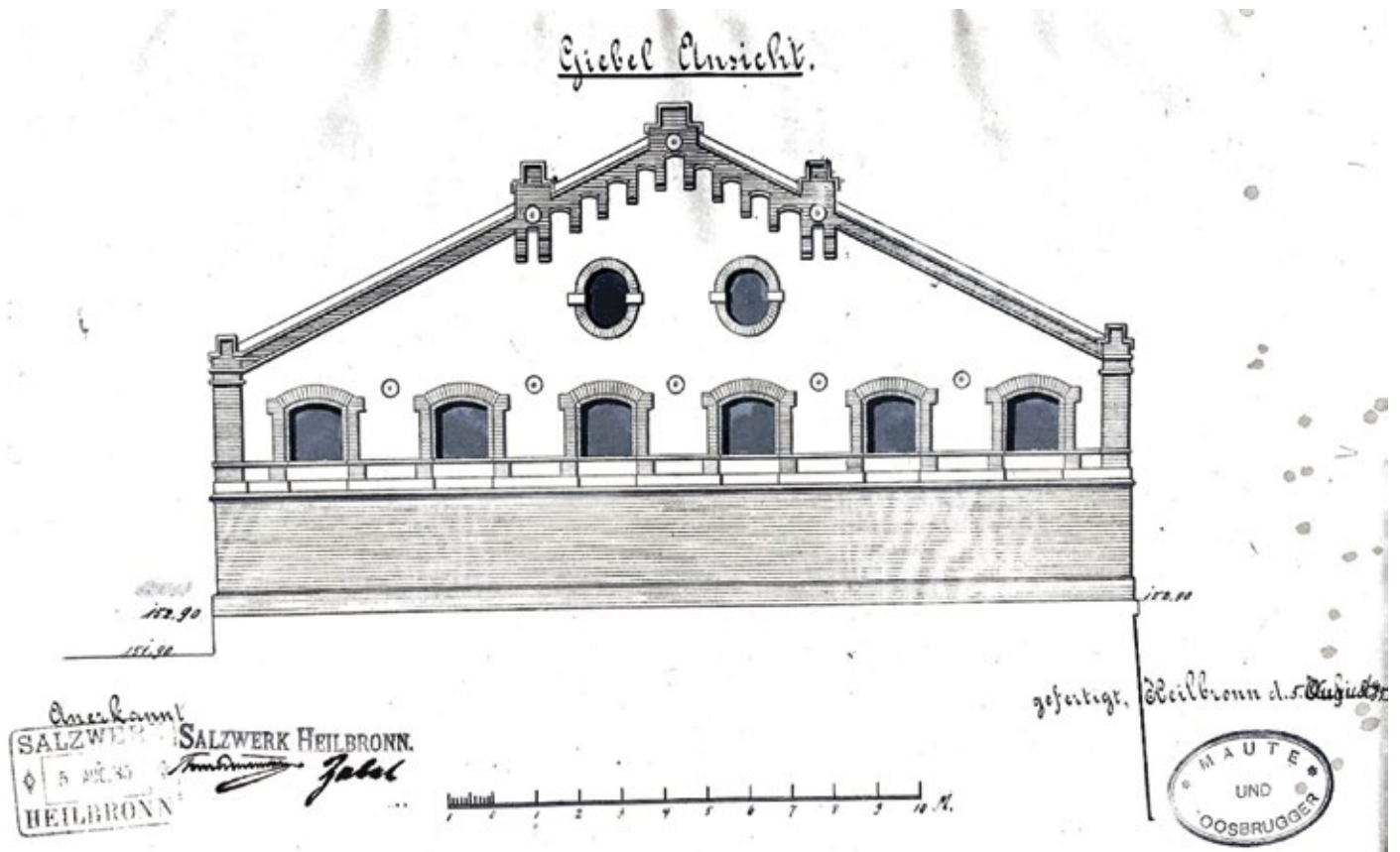


Bild 5 Giebelansicht eines Siedehauses (aus dem Baugesuch vom 8. August 1885, siehe Bild 2)

für die Siedesalzherstellung Steinsalz verwendet. Das Steinsalz wurde in 36 Holzkästen, welche in 4 Reihen, anschließend an das 3. Stockwerk der Steinsalzmühle, angeordnet waren, in schwach salzhaltigem Wasser aus dem Förderschacht „Heilbronn“ aufgelöst. Die Kästen waren durch Holzroste in Löseraum und Schlammfall getrennt. Nach der Sättigung der Sole wurde diese über eine unterirdische eiserne Leitung zu den drei Solereservoirs abgelassen.

Die Solereservoirs bestanden aus einstöckigen, je 600 m³ fassenden, auf Betonpfeilern ruhenden rechteckigen, aus Holz gezimmerten Kästen, welche durch Werg und Teer abgedichtet waren. Die Sole floss zur Klärung nacheinander durch alle drei Reservoirs. Von den Reservoirs führte eine eiserne Leitung zu den Siedepfannen. Die von den Solereservoirs unter Gefälle in die Siedepfannen eintretende Sole

hatte ca. 26 % NaCl-Gehalt. Im Jahr 1897 bestand die Siedeanlage aus 10 in einer Flucht nebeneinanderliegenden Feuerpfannen, drei Dampfpfannen und einer Rauchgaspfanne. Von den 10 Feuerpfannen befanden sich fünf in je einem besonderen Gebäude, die fünf anderen waren in einem großen Gebäude, der sogenannten Grobsalz-Siedeanlage, untergebracht. Die Grobsalz-Siedeanlage war 1887 als zweite große Investition der Saline Heilbronn errichtet worden. Die fünf Einzel-Siedehäuser und die Grobsalz-Siedeanlage lagen nebeneinander und gegenüber dem Kochsalzmagazin. Die Einrichtung der fünf Einzel-Siedehäuser war gleich. Sie bestand aus der Feuerküche, dem Pfannen- und dem Trockenraum; für jede Pfanne war außerhalb des Gebäudes ein Schornstein vorhanden. Die Bilder 3–5 zeigen den Grundriss, Schnitte und die Giebelansicht der zuerst gebauten

Siedehäuser. Die Siedepfanne war aus Eisenblech hergestellt, 16 m lang, 8 m breit und 0,5 m hoch, ihre Fläche betrug 128 m². Die Trockenpfannen hatten eine Fläche von 220 bis 258 m². Sie bestanden aus gusseisernen Platten und einem Bord aus Holz. Von den Siedepfannen führte eine Deckenbahn mit hölzernen Transportmulden zu den Trockenpfannen. Unter jeder Siedepfanne befanden sich zwei Herdfeuerungen mit Planrosten. Diese waren von einem Feuergewölbe umgeben, um die Stichflamme von den Pfannen abzuhalten. Vor dem Eintritt in den Kamin wurden die Rauchgase unter die Trockenpfanne geleitet. Als Brennstoff diente Ruhr-Grieskohle.

Es waren vier Grobsalzpflanzen mit je 207,5 m² Fläche und einer Trockenfläche von 202 m² vorhanden. Zwischen den Grobsalzpflanzen befand sich in der Mitte eine Feinsalzpflanze mit 85,5 m² Fläche und

TABELLE 2 BETRIEBSDATEN DER SALINE HEILBRONN⁴

	Feinsalz	Mittelfein	Mittelgrob	Grobsalz
Soggeperiode	24 Stunden	24 Stunden	48 Stunden	96 Stunden
Häufigkeit des Aufschlagens mit Krücken auf den hölzernen Pfannenmantel während der Soggeperiode	4 Mal	2 Mal	2 Mal	1 Mal
Temperatur in den Siedepfannen	108°C	95–96°C	68–70°C	60°C
Ausbringen je 1 m ² Pfannenfläche in 24 Stunden	100–112 kg	55–60 kg	20–25 kg	9–11 kg
Liegedauer zum Abtraufen auf dem Pfannenmantel	24 Stunden	24 Stunden	48 Stunden	96 Stunden
Liegedauer auf der Trockenpfanne	12 Stunden	12 Stunden	24 Stunden	48 Stunden

einer Trockenfläche von 366 m². Von den anderen Siedehäusern enthielt eines eine Rauchgaspfanne von 160 m² Fläche und zwei Dampfpfannen von zusammen 135 m² Fläche, das andere eine Dampfpfanne von 200 m² Fläche. Zur Erwärmung der Pfannen

wurden die abgehenden Rauchgase der Kesselfeuerungen bzw. der Abdampf der Fördermaschinen in den Raum unter den Pfannen geleitet. Diese Pfannen erzeugten nur Grobsalz. Im Jahr 1897 wurde eine weitere Grobsalz-Siedeanlage mit fünf Pfannen errichtet.

Details zum Betrieb der Siedeanlage sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Prof. Lehmann vom Hygienischen Institut in Würzburg veröffentlichte 1916 Ergebnisse einer vergleichenden Untersuchung der Heilbronner Hütten- und Siedesalze.⁸ Das Siedesalz

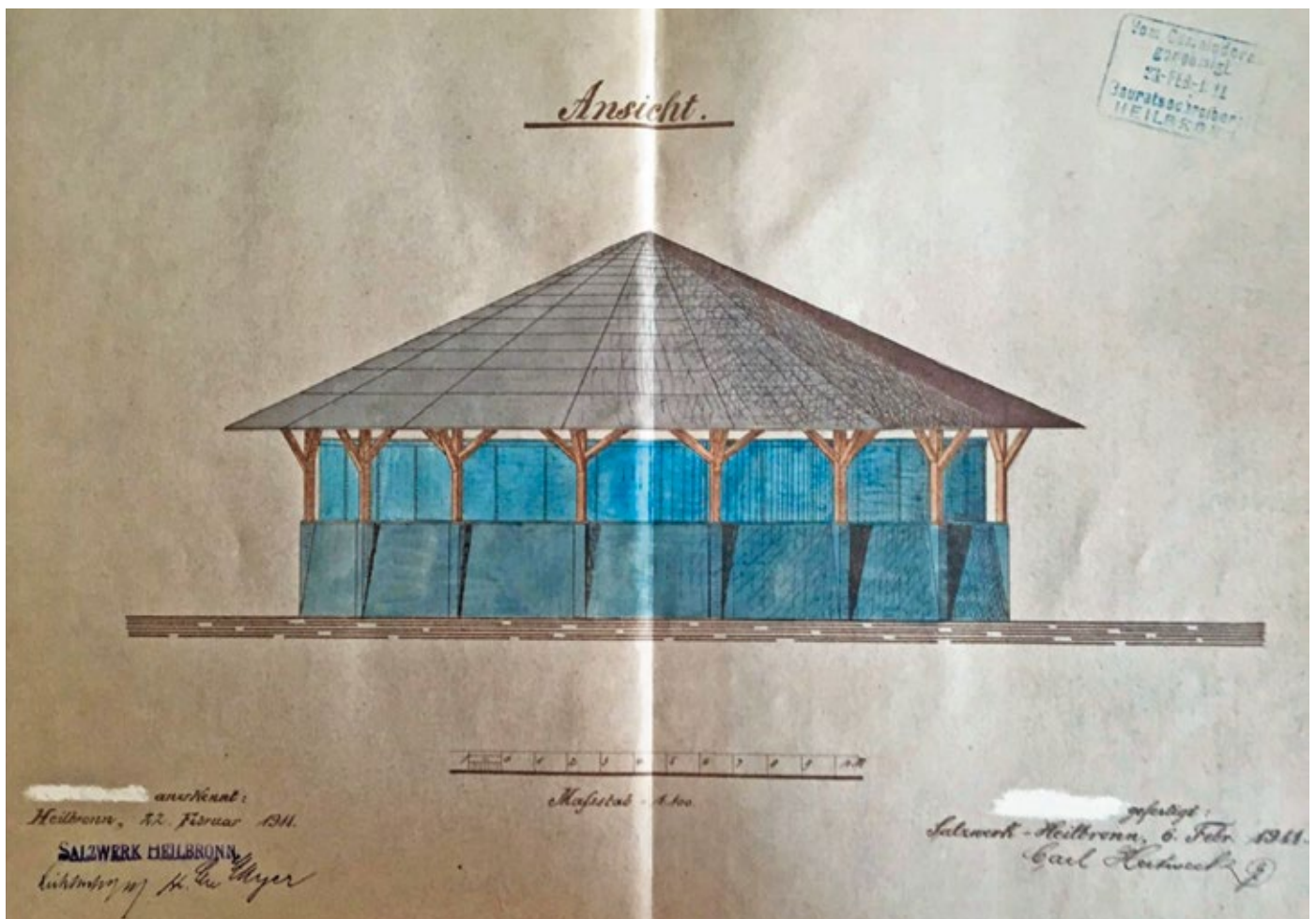


Bild 6 Rundes Solereservoir (aus dem Baugesuch der Salzwirk Heilbronn AG vom 22. Februar 1911 für die Errichtung von 2 Solereservoirs)

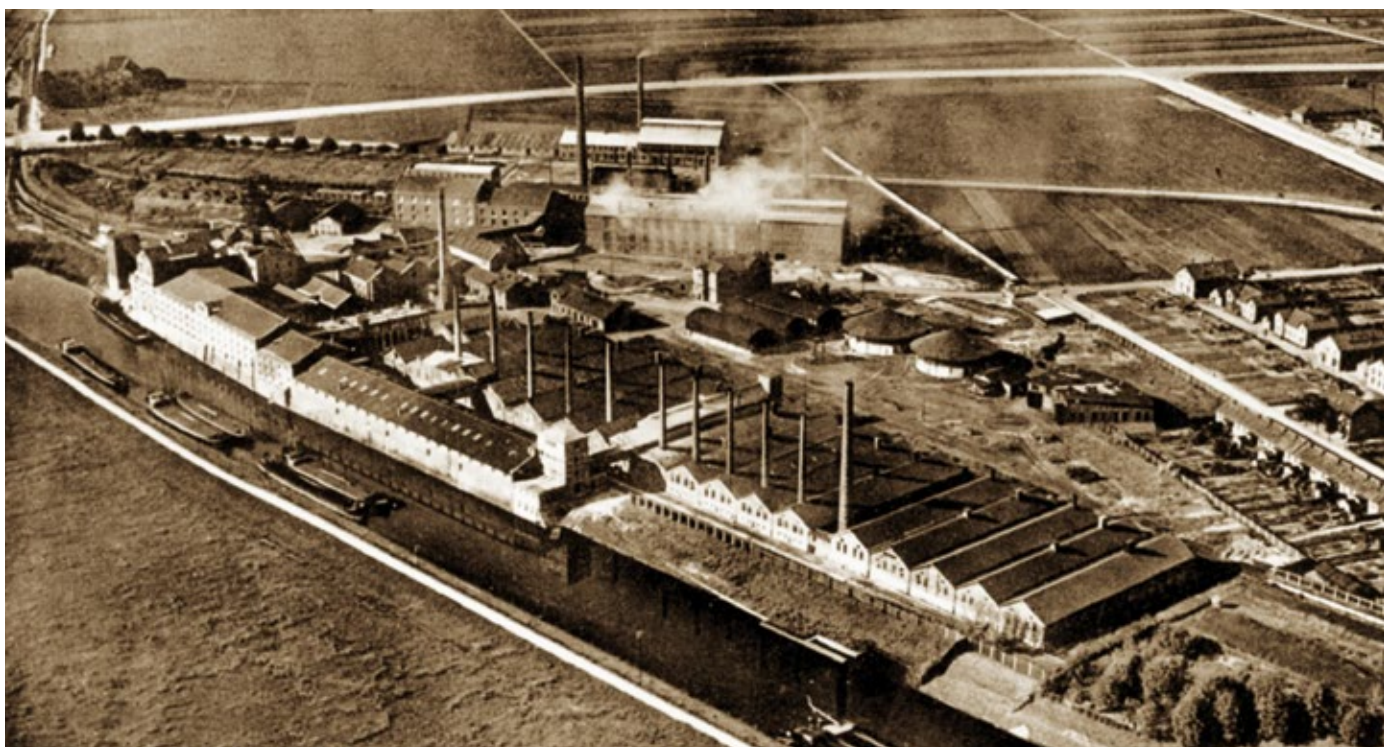


Bild 7 Luftaufnahme des Salzwerks Heilbronn vor der Zerstörung im 2. Weltkrieg. Am Salzhafen befinden sich die Steinsalzmühle und die Pfannensaline mit den vielen Schornsteinen. In der Mitte ist die Schmelzhütte mit dem weißen Rauch zu sehen. Dahinter befindet sich die Glashütte. (Stadtarchiv Heilbronn)

wird von ihm wie folgt beschrieben: „Das Salz war meist schön weiß, nur stellenweise zeigte es gelbliche Färbung, einzelne Holzteilchen, Stücke von Pfannenstein und kleine braunschwarze, wahrscheinlich aus Hammerschlag bestehende Teilchen; es wurde mir versichert, dass die größeren Verunreinigungen mit der Hand ausgelesen werden und das nicht ganz weiße Salz als Viehsalz verwendet wird.“

Spätere quantitative Analysen des Laboratoriums des Salzwerks Heilbronn ergaben einen typischen Natriumchlorid-Gehalt von 98,5 %, eine mit dem Heilbronner Hüttensalz vergleichbar hohe Reinheit.³

Im Betriebsjahr 1891/92 wurden in der Saline 4.300 t Feinsalz, 6.300 t mittelfeines Salz, 4.200 t mittelgrobes Salz und 3.000 t Grobsalz produziert. Davon wurden 11.500 t weiß (Speisesalz) und 4.500 t denaturiert (Vieh- und Gewerbesalz) verladen. Die Denaturierung erfolgte durch Zusatz

von ¼ Prozent Wermutkrautpulver und ¼ Prozent Eisenoxid. Der Kohleverbrauch in der Saline betrug 7.200 t. Die Belegschaft bestand aus 71 Mann.

Im Jahr 1901 betrug die Siedesalzproduktion bereits 22.112 t und die Zahl der Arbeiter war auf 98 angestiegen. Die Zahl der Beamten im Salzwerk Heilbronn betrug einschließlich der Bürobeamten 18. Das Königliche Salzsteueramt, das zur Sicherung der Salzsteuer auf dem Werk eingesetzt war, wurde durch einen Salzsteuerwalter, einen Assistenten und sieben Steueraufseher vertreten, die auch im Werk wohnten. Die Salzsteuer für unvergälltes Siedesalz betrug sechs Mark je Zentner.

In den ersten 21 Betriebsjahren von Mitte 1887 bis Mitte 1908 wurden 8.085.739,62 Zentner Siedesalz hergestellt, 8.050.431,54 Zentner versandt und damit ein Erlös von 11.548.231,47 Mark erzielt. Die Lieferungen erfolgten fast ausschließlich in Deutschland, geringe Mengen wurden nach Frank-

reich, in die Schweiz, nach Luxemburg und England geliefert. In der gleichen Zeit hat das Salzwerk Heilbronn 47.270.340,84 Zentner Steinsalz an chemische Fabriken und Salzsiedereien außerhalb Württembergs, hauptsächlich im übrigen Deutschland und in Holland, abgesetzt.

Auch in späteren Jahren und während des 2. Weltkrieges produzierte die Saline weiterhin große Mengen Siedesalz: 1935 25.600 t, 1939 35.000 t, 1943 29.000 t und 1944 24.000 t.

Während das Hüttensalz auch als Tafelsalz in 500-Gramm-Paketen verkauft wurde, hat man das Siedesalz lediglich in Säcken von je 100 und 50 kg Inhalt und zu einem kleineren Teil lose in Waggonladungen an Kunden abgegeben.

Die Saline erforderte ständig Unterhaltungs- und Erneuerungsarbeiten an den Siedepfannen und sonstigen Betriebseinrichtungen, womit 30 Mitarbeiter beschäftigt waren. Über die Jahrzehnte fand eine rege Investitions-



Bild 8 Saline und Steinsalzaufbereitung im Salzwerk Heilbronn nach der Zerstörung im April 1945 (Aufnahme: Salzwerk Heilbronn AG)

tätigkeit statt. So wurden 1911 zwei runde Solebehälter aus Eisenblech mit einem Durchmesser von jeweils 20 m neben den bereits vorhandenen Solebehältern aufgestellt. 1927 erfolgte ein Neubau der Saline mit einer Salztrocknungsanlage, die mit Heißluft betrieben wurde. Die Heißluft wurde in einer kohlegefeuerten Heißluftgewinnungsanlage erzeugt. Als Kohle kamen Braunkohlenindustriebriketts und Anthrazitkohle (Nuss 2) zum Einsatz. 1940 wurde eine Zentrifugenstation zwischen den Siedepfannen 11 und 12 zur Entwässerung des Salzes errichtet. Noch 1944 wurde ein Fundament für eine weitere Zentrifugenstation mit zwei Zentrifugen erstellt. Hierfür gab es eine Ausnahme vom Bauverbot, da sämtliche Baustoffe bereits vorhanden waren und die Ausführung durch gemeldete ältere Arbeitskräfte erfolgte.

Andere Salinen beschäftigten sich intensiv mit der Weiterentwicklung der Siedetechnik, insbesondere ging es dabei um die Verminderung des Energiebedarfes. So hat beispielsweise

die benachbarte Saline Friedrichshall im Jahre 1917 bereits 2 Piccard-Kompressions-Anlagen aufgestellt und beschäftigte sich in den Jahren 1919–1920 mit dem Bau von Vakuumanlagen nach dem Schweizer System. In der Saline Heilbronn fanden derartige Innovationen nicht statt, man konzentrierte sich im Salzwerk Heilbronn auf die Steinsalzgewinnung und die Herstellung von Hüttensalz. Außerdem befand sich auf dem Werksgelände seit 1922/23 auch der Betrieb der Glashütte Heilbronn AG, an dem die Stadt Heilbronn und später die Salzwerk Heilbronn AG beteiligt waren. In enger Zusammenarbeit mit dem Salzwerk wurden dort grüne, braune und weiße Flaschen und Ballons sowie Bocksbeutelflaschen hergestellt.

Am Abend des 4. Dezember 1944 ist bei einem massiven englischen Fliegerangriff die Stadt Heilbronn fast vollständig zerstört worden. Das am nördlichen Standrand liegende Salzwerk hat dabei keinerlei Schäden erlitten, obwohl man in den 80er Jahren bei Erdarbeiten im Werksgelände auf Teile

einer Phosphorbombe gestoßen ist. Nachdem zu Beginn des Jahres 1945 der Salinenbetrieb wegen Kohlemangels eingestellt werden musste, kam das Ende der Saline Heilbronn im April 1945. Amerikanische Truppen erreichten in den ersten Apriltagen 1945 die deutsche Verteidigungslinie am Neckar. Die neben dem Werk befindliche Neckargartacher Brücke war dabei stark umkämpft und das Werk bekam mehrere Tage amerikanischen Artilleriebeschuss und als die Amerikaner den Neckar überschritten und das Werk besetzt hatten, deutschen. Die Kampfhandlungen zerstörten das Werk zu fast 70 %. Insbesondere wurden die Saline und die Steinsalzaufbereitung, die beide unmittelbar am Neckar lagen, vollständig vernichtet. Von einem Wiederaufbau der Saline wurde von Anfang an abgesehen. Mit der Salzschnmelzhütte stand ein Verfahren zur Herstellung von Speisesalz zur Verfügung, das wesentlich weniger Energie benötigte als eine Pfannensaline. Bereits Ende 1946 wurde der erste der sechs Schmelzöfen wieder in

Betrieb genommen. Außerdem war der Siegeszug der Kunststoffe vorauszusehen, wobei das Salz als Rohstoff für die Herstellung des benötigten Chlors eine große Rolle spielt. Deshalb wurde die ganze Kraft der Wiederherstellung und Modernisierung der Steinsalzbetriebe gewidmet.⁹ In den 50er Jahren begann auch die Entwicklung des Bedarfs an Salz für die Glättebekämpfung auf Straßen und Wegen, wofür kostengünstiges Steinsalz besonders in Betracht kam.

Die heutige Salzproduktion in Südwestdeutschland

Heute wird in Südwestdeutschland Salz von der Südwestdeutsche Salzwerke AG und der Wacker Chemie AG produziert. Im Vordergrund steht dabei die Steinsalzgewinnung im Bergwerk Heilbronn der Südwestdeutschen Salzwerke AG und im Bergwerk Stetten der Wacker Chemie AG. Von den 1885 in Betrieb befindlichen Salinen ist keine einzige übriggeblieben. Derzeit wird in Südwestdeutschland lediglich in der 1969 in Betrieb gegangenen Saline in Bad Friedrichshall-Kochendorf nach dem modernen Rekristallisationsverfahren aus per Lkw angeliefertem Heilbronner Steinsalz

Siedesalz produziert.¹⁰ Neben der Steinsalzgewinnung betätigen sich die beiden aktiven Salzbergwerke in Heilbronn und Stetten sowie das Bergwerk Bad Friedrichshall-Kochendorf, dessen Salzgewinnung 1994 eingestellt wurde, seit einem Vierteljahrhundert auch mit der Entsorgung von Abfällen in den durch die Steinsalzgewinnung entstandenen Hohlräumen (siehe Tabelle 3).

Anmerkungen

Nach einem Vortrag beim 16. Internationalen Montanhistorischen Kongress am 29. September 2017 in Sterzing (Italien).

¹ Jäckh, E., Die Geschichte des Salzwerks Heilbronn 1883–1908, Festschrift zur 25. Wiederkehr des Gründungstages am 16. November 1908.

² 100 Jahre Salz aus Heilbronn, Südwestdeutsche Salzwerke AG, 1983.

³ Götzfried, F., Die Heilbronner Salzschnmelzhütte, in: Journal of Salt History, Volume 12 / 2011, S. 59–70.

⁴ Lichtenberger, Th., Das Salzwerk zu Heilbronn, in: Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen des preußischen Staates von 1897, Band 45, S. 135–148.

⁵ Lichtenberger, Th., Das Salzwerk Heil-

bronn, in: Beschreibung des Oberamts Heilbronn von 1903, S. 182–186, herausgegeben von dem königlich statistischen Landesamt, zweiter Teil, Stuttgart, Kommissionsverlag von W. Kohlhammer.

⁶ Fürer, F. A., Salzbergbau und Salinenkunde, Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1900.

⁷ Buschmann, J. O., Das Salz. Dessen Vorkommen und Verwertung in sämtlichen Staaten der Erde, I. Band Europa, S. 169, Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1909.

⁸ Lehmann, K. B., Über das durch Schmelzen hergestellte „Hüttensalz“ des Salzwerks Heilbronn und seine Verwendung zu Nahrungs- und Genussmittelzwecken, in: Chemiker-Zeitung von 1916, Nr. 1 / 2, S. 6–7, Nr. 3, S. 28–29.

⁹ Bauer, H., Chaos und Wiederaufbau nach Kriegsende, in: Südwestsalz, eine Zeitschrift für Mitarbeiter und Freunde der Südwestdeutschen Salzwerke AG, 2. Jg., Ausgabe 2 / 1981, S. 10–11.

¹⁰ Götzfried, F., Kondorosy, E., Recrystallization process for the upgrading of rock- and solar salts, in: Proceedings of the 9th International Symposium on Salt, 2009, Volume 1, edited by Sha Zuoliang, p. 700–711, Gold Wall Press, Beijing (China).

TABELLE 3 HEUTIGE SALZPRODUKTION IN SÜDWESTDEUTSCHLAND

Unternehmen und Standorte	Salztyp	Jahreskapazität	Verwendung
Südwestdeutsche Salzwerke AG - Steinsalzbergwerk Heilbronn	Steinsalz	4.000.000 t*	Industriesalz für Chlor-Alkali-Elektrolysen, Auftausalz für den Winterdienst, Viehsalz und Lecksteine für die Tierernährung, Rohsalz für die Saline Bad Friedrichshall-Kochendorf
- Saline Bad Friedrichshall-Kochendorf	Siedesalz	180.000 t*	Speisesalz, Viehsalz, Regeneriersalz für die Wasserenthärtung, Pharmasalz
Wacker Chemie AG - Steinsalzbergwerk Stetten	Steinsalz	500.000 t*	Industriesalz, Auftausalz
Solvay Fluor GmbH - Bad Wimpfen	Sole	50.000 m ³ *	Kryolithherstellung, Badeszwecke

*verkaufsfähiges Salz / Abfallentsorgung: Untertagedeponie Bergwerk Heilbronn und Untertageverwertung in den Bergwerken Heilbronn und Kochendorf (1,0 Mio. t pro Jahr), Untertageverwertung Bergwerk Stetten (0,5 Mio. t pro Jahr)



DR.-ING. HORST HANKE
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr, Saarbrücken;
Vorsitzender des FGSV/VKU-Fachausschusses Winterdienst

AKTUELLE ENTWICKLUNGEN IM BEREICH DES WINTERDIENSTES BERICHT AUS DER ARBEIT DES FACHAUSSCHUSSES WINTERDIENST

Der Aufsatz gibt einen Überblick über aktuelle Themen und Entwicklungen im Winterdienst in Deutschland. Bei den Streustoffen hat sich mittlerweile die Salzstreuung auf den Straßen etabliert, lediglich Nebenstraßen ohne besondere Gefahrenstellen bleiben in der Regel ungestreut; andere Streustoffe werden auf Straßen nicht verwendet. Allerdings ist die Qualitätssicherung bei der Beschaffung der Streustoffe sehr wichtig. Hier liefert die neue europäische Norm EN 16811 einen hohen Standard, zusätzlich gibt ein Hinweispapier der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Hinweise für die Praxis. Der Trend der Salzstreuung geht immer mehr zur vorbeugenden Streuung, da diese richtig angewandt sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch sinnvoll ist und überdies die Verkehrssicherheit optimal gewährleistet. Beim vorbeugenden Streuen ist das Ausbringen reiner Salzlösungen optimal, wenn die Temperaturen nicht zu niedrig sind (bis -6°C). Neueste Forschungsarbeiten zeigen, dass bei Winterdienst-Einsätzen während des Schneefalls geringe Salzmengen in den fallenden Schnee gewährleisten können, dass der Schnee mulmig und räumfähig bleibt. Eine neue Herausforderung für den Winterdienst ist der Winterdienst auf Radwegen. Da das Rad zunehmend auch im Winter als Alltagsverkehrsmittel genutzt wird und das Unfallrisiko hier sehr hoch ist, muss heute im Hauptstraßennetz ein qualifizierter Winterdienst geleistet werden. Dieser ist nach neuesten Erkenntnissen am besten mittels Kehren des Schnees mit anschließender Ausbringung reiner Salzlösung möglich.

Actual Developments in the field of Winter Maintenance – Report from the work of the German Winter Road Committee The paper gives an overview over actual themes and developments in Winter Maintenance in Germany. Nowadays Salt has been established as spreading material on the roads, only on minor roads without dangerous points no spreading is usual; other spreading materials are not used on roads. However quality control by supply of spreading materials is very important. In this field the new European Standard EN 16811 gives high requirements, additional a German FGSV-Paper gives important advices for practitioners. The trend in salt spreading goes more and more to preventive spreading because this has advantages for economy, ecology and traffic safety. For preventive spreading salt brine is the best solution down to temperatures of -6°C . New research results show that small amounts of salt spreaded during snowfall in the falling snow have the effect that the snow remains queasy and removable. A new challenge is the Winter Maintenance on bicycle paths. Because bicycles are nowadays more and more used in winter time for daily routine and the accident risk is very high on icy bicycle paths it is necessary to make qualified winter maintenance on the main bicycle paths. Newest experiences and tests show that this can be done best by sweeping the snow and spreading salt brine.



Bild: Vergleich Streubild Trockensalz und Feuchtsalz (Fotos Schmidt)

Vorbemerkungen

Im Bereich des Winterdienstes gibt es stetig aktuelle Entwicklungen. Diese beziehen sich auf die verschiedenen Bereiche Rechtsprechung, Technik, Organisation und Streustoffe. Der Ausschuss Winterdienst der FGSV verfolgt nicht nur die aktuellen Entwicklungen, sondern er begleitet auch Forschungsvorhaben und technische Neuerungen und wertet diese aus. Auf dieser Basis gibt der Ausschuss regelmäßig Empfehlungen für die Praxis als Arbeitspapiere heraus.

Der folgende Aufsatz gibt einen aktuellen Überblick über aktuelle Entwicklungen und Projekte des Fachausschusses und deren Bedeutung für den praktischen Winterdienst.

Anwendung der Streustoffe

Nach den intensiven Diskussionen um die Frage Salz, salzfrei, salzarm der vergangenen Jahrzehnte gibt es heute gesicherte Erkenntnisse aus Praxis und Wissenschaft sowie auch eine gefestigte Rechtsprechung zur Anwendung der Streustoffe auf den Verkehrsflächen und deren Auswirkungen. Zusammengefasst wird folgendes empfohlen:

Straßen

Im Hauptstraßennetz und an gefährlichen Stellen (insbesondere Brücken und Steigungen) ist ausschließlich Salz anzuwenden, da andere Stoffe die Anforderungen nicht erfüllen können. Auf den Nebenstraßen ohne Gefahrenpunkte kann dagegen auf Streustoffe in der Regel ganz verzichtet werden („Nullstreuung“); das entlastet die Umwelt und spart auch Kosten. Abstumpfende Stoffe sind auf Straßen bis auf absolute Ausnahmen (hochgelegene Strecken in schneereichen, kalten Gebieten oder Park-



Bild : Kombinations-Streugerät mit Streuteller für Feuchtsalz und Sprühdüsen für Salzlösungen

plätze) nicht sinnvoll, da sie nur Nachteile bringen. Die Anwendung von Salz auf Straßen hat im übrigen nicht nur verkehrliche Gründe der Wirksamkeit der Stoffe, sondern auch aus Umweltgründen ist Salz auf Straßen deutlich einer abstumpfenden Streuung überlegen, wie Ökobilanzen gezeigt haben.

Um die Salzmengen zu minimieren und die Wirksamkeit zu verbessern, ist in jedem Falle Feuchtsalz zu empfehlen, für vorbeugende Streuungen auch reine Flüssigstreuung.

Radwege

Die Aussagen für Straßen sind auch auf Radwege übertragbar. Hier bietet sich die Ausbringung von flüssiger Sole noch mehr an, da sehr intensiv geräumt werden kann.

Fußgänger-Überwege

Fußgänger-Überwege sollten ebenfalls nur mit Salz bestreut werden, da sonst der Verkehr die Stoffe wieder schnell weg befördert und laufend kontrolliert und nachgestreut werden muss. Zumindest dort, wo nicht sehr geringer Autoverkehr ist.

Fußgängerbereiche/Gehwege

Hier reichen im Normalfall abstumpfende Stoffe aus, allerdings sollte genau darauf geachtet werden, welche Stoffe verwendet werden. Hinweise dazu siehe weiter unten.

Allerdings gibt es auch hier Fälle, in denen auf Salz nicht verzichtet werden sollte, weil abstumpfende Stoffe nicht wirken: bei Reif- und Eisglätte (überfrierende Nässe) und Eisregen sowie auf Steilstrecken und Treppen.

Insofern ist auch ein absolutes Salzverbot in Winterdienst- oder Straßenreinigungssatzungen nicht sinnvoll, da sonst die Verantwortung bei kritischen Lagen wieder an die Gemeinde übergeht.

Die vorstehenden Empfehlungen zur Streustoff-Anwendung finden sich im Merkblatt Winterdienst und in den aktuellen Informationsschriften des VKU zum differenzierten Winterdienst.

Qualitätssicherung bei den Streustoffen

Auch wenn eine Grundsatzentscheidung zu auftauenden oder abstumpfenden Stoffen gefallen ist, gibt es immer noch verschiedene Alternativen und Qualitäten. Um die Handhabbarkeit, die Effektivität und die Umweltfreundlichkeit der angewendeten Stoffe sicherzustellen, ist eine Qualitätssicherung bei den Streustoffen sehr wichtig.

Für die Anwendung im Straßenwinterdienst wurden bereits 2003 die „Technischen Lieferbedingungen für Streustoffe des Straßenwinterdienstes“ (TL-Streu) vom Ausschuss Winterdienst entwickelt und von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) herausgegeben. Sie wurden europaweit notifiziert.

Um die Standards europaweit zu vereinheitlichen und abzusichern, wurden im europäischen Normausschuss für Winterdienst (CEN TC 337, WG 1) Normen für auftauende Streustoffe des Straßenwinterdienstes entwickelt und nach langer, intensiver Abstimmung Ende 2015 eingeführt.

Die Europäische Norm DIN EN 16811 gibt dabei eine sehr hochwertige Qualität des Salzes vor. Sie regelt Reinheit, Tauleistung, Schwermetallgehalte, Körnung und Feuchte. Sie enthält Vorgaben für Natriumchlorid (Teil 1 der Norm), Calciumchlorid, Magnesiumchlorid (Teil 2) in fester wie in flüssiger Form. Die Anforderungen an die Salze entsprechen dabei weitestgehend dem hohen Standard der alten TL-Streu, die mit der Einführung der Norm ihre Gültigkeit verloren hat.



Bild: Ausbringen reiner Salzlösung über Streuteller

Neu ist, dass in Teil 3 der Norm auch sonstige Auftaustoffe und deren Anforderungen bei Verwendung im Straßenwinterdienst geregelt sind. Damit liegt erstmals ein europaweit abgesicherter Maßstab vor, nach dem immer wieder auf dem Markt angebotene alternative Taustoffe analysiert und beurteilt werden können.

Da die Anwendung sehr technisch formulierter Normen für die Praktiker nicht immer ganz einfach ist, wurden 2016 vom Fachausschuss Winterdienst hierzu Empfehlungen für die Praktiker herausgegeben, die die Normen und deren Anforderungen erläutern sowie Hinweise zur Beschaffung und Qualitätssicherung geben (Hinweise für die Beschaffung von Streustoffen für den Winterdienst, HBeStreu, FGSV Köln 2016). Diese enthalten auch Hinweise zur Angebotswertung, Überprüfung der laufenden Lieferungen und zur Abrechnung.

Über die auftauenden Stoffe, deren Qualität in den Normen geregelt ist, enthalten die HBeStreu zusätzlich auch Anforderungen an abstumpfende Streustoffe als Hilfestellung für die Anwender. Auch bei abstumpfenden Stoffen ist es nicht gleich, welche Stoffe verwendet werden. Hier gibt es sehr große Unterschiede hinsichtlich der Handhabbarkeit und Wirksamkeit, vor allem aber auch hinsichtlich der Umweltfreundlichkeit. Dabei sind die Gehalte von Schwermetallen sowie die Festigkeit wichtig. Mangelnde Festigkeit führt zur Zermahlung und Staubbildung, die die Luft der Städte belasten sowie Anwohner und Kehrpersonal gefährden kann, und ist daher auszuschließen.

Daher sollte auch hier bei der Beschaffung und Anwendung größter Wert auf Qualität gelegt werden. Wegen der genannten Anforderungen sind ausschließlich Natursteine mit ausreichender Festigkeit für den Winterdienst zu empfehlen. Abfallstoffe wie Schlacke oder ähnliches sollten im Winterdienst nicht eingesetzt werden, auch wenn sie ggf. kostengünstig sind.

Modernes Streuen – immer mehr vorbeugend

Im Gegensatz zu früheren Zeiten, in denen eine vorbeugende Streuung oft abgelehnt wurde, ist in den letzten Jahren ein deutlicher Trend zur vorbeugenden Streuung von Salz bei drohender Winterglätte festzustellen, d.h. bei überfrierender Nässe (Eisglätte), Reifglätte und Glatteis (Eisregen).

Die Vorteile des vorbeugenden Streuens sind heute nachgewiesen und unbestritten:

- Glätte und daraus resultierende Unfälle und Staus werden durch rechtzeitiges Streuen vermieden.
- Der Winterdienst kann vor der Glättebildung auf nasser oder trockener Straße effektiver, wirtschaftlicher und sicherer erfolgen.
- Wegen der Dauer der Tauwirkung, der Wärmebilanz und der Streustoffverluste benötigt man nur etwa die Hälfte des Salzes bei vorbeugender Streuung im Vergleich zur kurativen Bekämpfung der Glätte.
- Schließlich sagen auch Urteile bis hin zum Bundesgerichtshof, dass bei drohender Glättebildung, insbesondere bei überfrierender Nässe, eine Pflicht zum vorbeugenden Streuen besteht, wenn die Glätte mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist.

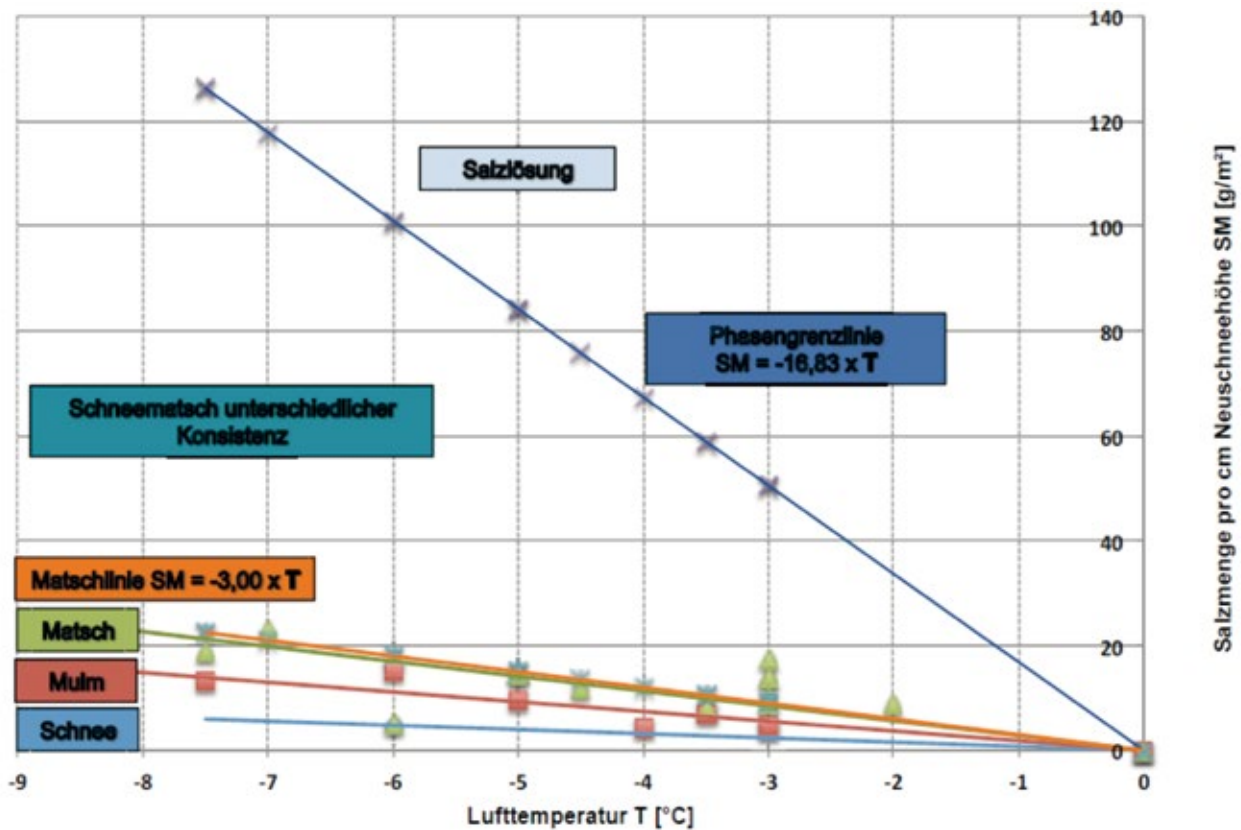
Es gibt also nur Gründe, die für ein vorbeugendes Streuen sprechen. Allerdings sind dazu folgende Voraussetzungen wichtig:

- Gute Kenntnisse der Zusammenhänge der Glättebildung, d.h. eine entsprechende gute Schulung des Personals
- Eine auf vorbeugende Einsätze ausgerichtete Organisation in den Winterdienst-Betrieben
- Gute Wetterinformationen als Entscheidungsgrundlage
- Eine Streutechnik, die vorbeugende Streuungen überhaupt möglich macht, d.h. Feuchtsalz oder Salzlösung

Da die genannten Voraussetzungen heute in der Regel im Gegensatz zu früher gegeben sind, ist eine vorbeugende Streuung in den Fällen von Reif- und Eisglätte immer zu empfehlen und wird zunehmend Standard im Winterdienst. Eine internationale Befragung, die 2018 von der Weltstraßenvereinigung durchgeführt wurde, zeigt die gleiche Entwicklung in der überwiegenden Zahl von Ländern, die Winterdienst betreiben.

Streutechnik – Trend zur Flüssigstreuung

Die Feuchtsalz-Streuung, die in den 70er Jahren in Deutschland marktreif entwickelt wurde, hat sich mittlerweile längst als Standardlösung für den Straßenwinterdienst durchgesetzt, auch international weltweit. Dabei hat sich das Feuchtsalz FS 30 mit einem Anteil von 70 % Trockensalz und 30 % Salzlösung bewährt. In Deutschland ist in letzter Zeit ein Trend zu verzeichnen, für die Anfeuchtung des



Wirkung verschiedener Salzmengen in Schnee [nach Hess/Hausmann]

Neueste Empfehlungen zum Räumen und Streuen

Zu bekämpfender Fahrbahnzustand	Empfohlene Winterdienst-Maßnahme	Empfohlene Streudichte***
Reifglätte	Vorbeugende Streuung** • bevorzugt Flüssigstreuung* • sonst mit Feuchtsalz	10–15 ml/m ² 5–15 g/m ²
Überfrierende Feuchte (dünne Eisglätte)	Vorbeugende Streuung** • bevorzugt Flüssigstreuung* • sonst mit Feuchtsalz	10–25 ml/m ² 5–30 g/m ²
Überfrierende Nässe (Eisglätte)	Vorbeugende Streuung** Feuchtsalz oder Flüssigstreuung*	15–40 g/m ² (20–50 ml/m ²)
Eisregen (Glatteis)	Wenn möglich vorbeugende Streuung** • bevorzugt Flüssigstreuung* • sonst mit Feuchtsalz	40–60ml/m ² 30–40g/m ²
Schneefall (Schneeglätte)	1. Soweit möglich vorbeugende Streuung als Flüssigstreuung* oder Feuchtsalz 2. Während Schneefall Räumen und Streuen mit geringer Streudichte mit Feuchtsalz 3. Nach Ende des Schneefalls aggressives Räumen und Streuen mit Feuchtsalz	15–30 ml/m ² (10–20 g/m ²) 10–15g/m ² 20–40g/m ²

*Flüssigstreuung nur bis –6°C, darunter nur Feuchtsalz

**wenn vorbeugende Streuung nicht möglich war, muss vorhandene Glätte mit der doppelten Streudichte Feuchtsalz bekämpft werden

***niedrige Werte bei Temperaturen knapp unter 0°C, höhere Werte bei tieferen Temperaturen

Salzes zunehmend nur Natriumchlorid-Lösung zu verwenden, in den nordischen Ländern wird wegen der besseren Wirksamkeit bei tieferen Temperaturen (unter –6°C) noch mehr Calcium- oder Magnesiumchlorid-Lösung verwendet.

Mit der Feuchtsalz-Streuung konnten die Streubilder und die Liegedauer deutlich verbessert und die Streumengen verringert werden. Ein vorbeugendes Streuen ist damit zwar besser möglich als mit Trockensalz, aktuelle Studien zeigten jedoch, dass das Feuchtsalz hier auch an seine Grenzen stößt. Zum einen lassen sich sehr geringe Streumengen (unter 10 g/m²) nicht mehr sehr gleichmäßig auf der Fahrbahn verteilen, zum anderen bringt der Verkehr auch beim Feuchtsalz hohe Verluste im Zuge der Liegedauer.

Dies hat im Laufe der letzten Jahre zum Durchbruch und der weiten Verbreitung der reinen Flüssigstreuung geführt. Die Salzlösung wird dabei über Sprühdüsen auf die Fahrbahn aufgebracht. Hiermit können sehr geringe Eismengen (Reif- und leichte Eisglätte) sehr wirksam bekämpft werden, und vor allem ist auch eine vorbeugende Streuung mit reiner Salzlösung optimal möglich. Der Winterdienst wird hiermit also nochmals deutlich effektiver und umweltfreundlicher.

Damit hat das Feuchtsalz zwar zunächst an Bedeutung für den Winterdienst verloren, allerdings nur bei bestimmten Wetterlagen, da reine Salzlösung nicht bei jeder Situation geeignet ist. Bei Schneefall, sehr dicken Eisschichten und bei sehr tiefen Temperaturen muss nach wie vor Feuchtsalz angewendet werden, da ohne das Feuchtsalz die Tauwirkung der reinen Flüssigkeit nicht ausreichen würde.

Betriebe, die ihren Winterdienst auf die Ausbringung reiner Salzlösung umstellen, müssen also nach wie vor auch Streugeräte mit Streutellern für Feuchtsalz haben. Dies wird entweder mit zusätzlichen Streugeräten (ggf. im Wechselaufbau) oder mit Kombinationsstreuern, die sowohl Streuteller für Feuchtsalz als auch Sprühdüsen für Salzlösung haben, sichergestellt. Das bedeutet erhöhte Investitionen, die sich nicht für alle Betriebe durch die Salzeinsparungen amortisieren. So hat sich die Flüssigstreuung bis heute vor allem auf den Autobahnen sowie in größeren Städten durchgesetzt, weniger auf Landstraßen (Straßenmeistereien) oder in mittleren und kleineren Kommunen.

Da diese Situation unbefriedigend ist, weil mittlere und kleinere Betriebe aus Kostengründen keinen effektiven Winterdienst machen können, wurde in jüngster Zeit

intensiv erforscht, wie man dieses Problem lösen kann. Während mancherorts noch darüber nachgedacht und experimentiert wird, ob als Kompromiss statt der doppelten Vorhaltung auch eine variable Befeuchtung mit dem Streuteller (über FS 30 bis zu FS 50 und FS 70) möglich ist, entwickelten die Techniker der Geräteindustrie den altbewährten Streuteller so weiter, dass mit ihm neben FS 30 nun auch reine Salzlösung ausgebracht werden kann, und das ohne Düsen. Natürlich sind diese Streuteller aufwendiger konstruiert als herkömmliche FS-30-Teller, entweder über verstellbare Schaufeln und Klappen am Streuteller oder durch Streuteller mit zwei übereinander liegenden Ebenen, aber es ist trotzdem eine sehr einfache und kostengünstige Lösung.

Im Jahr 2016 wurde der erste serienreife Streuteller, der auch für Flüssigstreuung geeignet ist, der Öffentlichkeit vorgestellt, und mittlerweile bieten alle großen Hersteller diese Technik an. Natürlich ist die Ausbringung reiner Salzlösung in geringen Mengen auf großen Streubreiten (insbesondere auf Autobahnen) nach wie vor am besten mittels Sprühdüsen geeignet; aber mit einem Streuteller neuester Bauart kann heute für Straßen bis 8 m Breite, normale Streumengen (ab 20 ml/m^2) und geringe Geschwindigkeiten (bis 40 km/h) ein gutes Streubild auch bei reiner Flüssigstreuung gewährleistet werden. Somit gibt es für Kommunen, aber auch für Straßenmeistereien eine gute

Lösung ohne Kombinationsstreuer oder separate Flüssigstreuer.

Streuen bei Schneefall

Früher war es lange umstritten, inwieweit es sinnvoll ist, während des Schneefalls Salz in den fallenden Schnee zu streuen. Praktiker haben immer gesagt, dass dadurch der Schnee besser räumfähig bleibt, Kritiker haben eingewendet, dass das Salz ohnehin nicht ausreichen kann, um den Schnee aufzutauen.

Seit kurzem ist diese Frage insoweit geklärt, als im Rahmen einer Forschungsarbeit durch umfangreiche Messungen nachgewiesen wurde, dass man mit relativ geringen Salzmengen den Schnee tatsächlich räumfähig (mulmig) halten kann, ohne ihn komplett auftauen zu müssen. Hierfür reicht etwa ein Zehntel der Salzmenge aus, die nötig wäre, um den Schnee komplett aufzutauen.

Daher wird nun in den Empfehlungen zum praktischen Räumen und Streuen vorgegeben, bei Schneefall möglichst frühzeitig mit dem Räumen zu beginnen und in den fallenden Schnee eine relativ geringe Menge Salz zu streuen (10 bis 15 g/m^2), um den Schnee räumfähig zu halten. Nach Ende des Schneefalls ist dann der Schnee möglichst aggressiv, d. h. möglichst sauber zu räumen; die nach dem Räumen verbliebenen Schneereste müssen dann mit höheren Salzmengen aufgetaut werden.



Kehr-Sprüh-Kombination im Einsatz auf Radwegen in Hannover (Bild Heberlein)

Winterdienst auf Radwegen

Winterdienst auf Radwegen ist seit längerer Zeit in der Diskussion. Dabei war es lange vielerorts nicht üblich, intensiven Winterdienst zu machen, insbesondere auch auf außerörtlichen Radwegen. Dies vor allem deswegen, da im Winter nur wenige Personen das Rad genutzt haben; zudem gab es Probleme, geeignete und von den Nutzern akzeptierte Streustoffe zu finden. Angesichts des aktuellen Booms im Radverkehr und Radwegebau sowie der stark zunehmenden Nutzung des Rads auch im Winter, auch für zwischenörtliche Verbindungen, ist dies heute nicht mehr haltbar, zumal neue Streutechniken einen umweltfreundlichen und effektiven Winterdienst erlauben.

Gerade in den letzten Jahren ist festzustellen, dass immer mehr Personen das Fahrrad als einziges Individualverkehrsmittel benutzen. So wird das Rad in zunehmendem Maße auch für den Alltagsverkehr (also Wege zur Arbeit, Ausbildung und Einkaufen) sowie ganzjährig genutzt. Die Radverkehrsleistungen sind im Winter zwar noch deutlich niedriger als im Sommer, der Rückgang ist aber wesentlich geringer als früher. Dies führt dazu, dass der Radverkehr gerade im Winter und bei ungünstigen Witterungsbedingungen überproportional stark angestiegen ist. Und diese Radfahrer erwarten heute, dass die vorhandenen Radwege, zumindest das Hauptradwegenetz für den Alltagsradverkehr, auch im Winter sicher befahrbar sind. So muss heute zumindest im Hauptradwegenetz ein leistungsfähiger Winterdienst erfolgen, der auch zeitgleich mit dem auf Straßen eine sichere Befahrbarkeit zu Beginn des morgendlichen Berufsverkehrs sicherstellt. Und dies nicht nur aus rechtlichen Gründen, sondern vor allem auch aus verkehrlichen zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit sowie aus verkehrspolitischen, denn die Förderung des Radverkehrs als verkehrspolitisches Ziel schließt auch ein, dass dieses Verkehrsmittel auch im Winter sicher genutzt werden kann.



Beispiel eines geräumten und mit Sole abgestreuten Radwegs in Hannover (Bild Heberlein)

Vorteil des Winterdienstes auf Radwegen ist, dass durch die langsamere Geschwindigkeit der Räumfahrzeuge eine intensivere Schneeräumung möglich ist, statt mit Schneepflug mittels Kehrbesen oder auch zusätzlich unterstützt durch Besen. Durch die stärkere mechanische Räumung



Im direkten Vergleich in Stockholm: ein mit Splitt abgestreuter sowie ein gekehrter und mit Sole behandelter Radweg (Foto Liska)

ist es in vielen Fällen nicht mehr nötig, Streustoffe aufzubringen. Ein ganz besonderes Problem auf den Radwegen ist die Wahl des richtigen Streustoffs. Grundsätzlich wären im Bereich der Rad- und Gehwege salzfreie, also abstumpfende Stoffe zu favorisieren, da man hier gerade nahe dem Begleitgrün ist und oft keine separate Entwässerung hat. Allerdings haben abstumpfende Stoffe, selbst bei hoher Dosierung, bei den schmalen Radreifen fast keine abstumpfende Wirkung und bergen die Gefahr eines zusätzlichen Rutscheffektes in Kurven oder von Reifenschäden. Sie scheiden daher als effektives Streumittel aus.

Salz als Streustoff war andererseits aber auch lange Zeit für den Einsatz auf Radwegen schwierig, da die Gefahr von Umweltschäden größer war (siehe oben), zumal Radwege meist etwas kühler sind als die Straßen und der Verkehr bei der Verteilung und Wirkung der Streustoffe nicht mitwirkt, so dass sogar höhere Streumengen als auf der Straße nötig sind. So war es ein Dilemma, wenn die meist sehr umweltbewussten Radfahrer einerseits einen guten Winterdienst erwarteten, dieser aber andererseits ohne das in diesen Kreisen nicht beliebte Salz kaum möglich war. Denn selbst bei einer guten mechanischen Räumung muss eine Mindestmenge an Salz aufgebracht werden, um die verbleibende Glätte zu beseitigen, gleiches gilt für Reif- und Eisglätte ohne Schneefall. Zudem schreibt ja auch die gesetzliche Streupflicht einen wirksamen Streustoff vor, der letztlich nur mit Salz sichergestellt werden kann.

Die Lösung liegt im wahrsten Sinne des Wortes beim Einsatz reiner Salzlösung: Diese hat den großen Vorteil, dass sie in sehr geringen Mengen gleichmäßig auf die Fahrbahn verteilt werden kann und dass diese sehr schnell und ohne Mithilfe des Verkehrs wirkt. Zudem heftet sie besser auf der Verkehrsfläche, so dass die Gefahr des Eindringens in Begleitflächen sehr gering ist. Reine Salzlösung ist daher der ideale Streustoff für Radwege, der mit sehr geringen Salz mengen eine optimale Wirkung sicherstellt.

Viele deutsche Städte waren oder sind im Dilemma der Abwägung zwischen Räumen ohne Streuen, Einsatz abstumpfender Stoffe oder dem Einsatz von Trockensalz (oder ggf. Feuchtsalz). Gleiches gilt für Straßenmeistereien, die überörtliche Radwege betreuen müssen.

Angesichts der Erkenntnis, dass alle genannten Alternativen Nachteile haben, gibt es seit einiger Zeit in verschiedenen Städten Tendenzen, reine Salzlösung auf Radwegen versuchsweise oder auch generell einzusetzen.

Als besonderes Beispiel ist hier die Stadt Hannover zu nennen, die einen solchen Test mit intensivem Kehren und anschließender Ausbringung von Salzlösung nicht nur strategisch angegangen hat, sondern auch wissenschaftlich begleitet und ausgewertet hat. Ausgewertet wurden hierbei im Vergleich zur herkömmlichen Methode des

Winterdienstes der Streustoffverbrauch, die Wirkung auf den Radwegen und vor allem auch die Zufriedenheit der Radfahrer, die mit Befragungen ergründet wurde.

Die Versuche wurden 2013/14 begonnen und im Jahr 2017 abgeschlossen. Die Ergebnisse sind sehr positiv: Der Fahrbahnzustand auf den Radwegen ist sehr gut, es können schwarze, gut und sicher befahrbare Flächen erreicht werden. Die Rückmeldungen der Nutzer und der Fahrradverbände sind sehr positiv und fordern eine flächendeckende Anwendung der Verfahren. Aber auch die Salzbilanz und damit die Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit spricht für diese Methode: Im Vergleich zu Feuchtsalz wurden 46 % Salz eingespart, im Vergleich zu Trockensalz sogar 67 %, und das bei besserer Wirkung.

Diese Ergebnisse, die auch den Erfahrungen anderer Kommunen entsprechen, führen zur kompletten Umstellung des Winterdienstes auf Radwegen in Hannover. Ähnliche Entwicklungen sind auch in anderen Städten zu verzeichnen bzw. in Zukunft zu erwarten. Auch international gibt es vergleichbare Tendenzen im Winterdienst auf Radwegen, z.B. in Wien, Stockholm oder Helsinki und in den Niederlanden.

Der Ausschuss Winterdienst wird in Kürze seine alte Informationsschrift zum Winterdienst auf Radwegen komplett überarbeiten und neu herausgeben.

Weitere aktuelle Themen des Ausschusses Winterdienst

Neben den genannten Themen, mit denen sich der Ausschuss Winterdienst intensiv befasst, sind folgende Themen derzeit im Ausschuss in der Bearbeitung:

- Hinweise zur Fahrzeug- und Gerätebeschaffung, insbesondere Schneepflüge und Streugeräte
- Hinweise zum Aufbau und Betrieb von Straßen-Wetter-Informationssystemen für den Winterdienst
- Leistungskennzahlen für den Winterdienst
- Hinweise zur Automatischen Datenerfassung im Winterdienst
- Hinweise zur Öffentlichkeitsarbeit für den Winterdienst, insbesondere auch mit Blick auf die neuen Medien
- Hinweise zu Winterdienst in Fußgängerbereichen
- Streckenbezogene Wetterprognosen für den Winterdienst
- Wirtschaftlichkeit von Salzlagerung und -beladung in Meistereien und Bauhöfen

Überdies ist vorgesehen, das aus dem Jahr 2010 stammende Winterdienst-Merkblatt zu aktualisieren und neu herauszugeben, vsl. im Jahr 2020.

**SCHWERMINERALUNTERSUCHUNGEN
AN BUNTSANDSTEINPROBEN AUS ZWEI
BOHRUNGEN IN OSTHESSEN UND DIE FRAGE
NACH DER KLIMA- UND STRATIGRAPHISCHEN
RELEVANZ DER ERGEBNISSE**



Schwermineralanalysen sind ein probates Mittel zur Beurteilung von Ausgangsgesteinen, Abtragungs- bzw. Herkunftsgebieten, Schüttungsrichtungen, Transportwegen und Verteilungsmustern besonders sandiger Sedimente sowie zur Diagnose klimatischer oder diagenetischer Veränderungen. Aus zwei Bohrungen in Osthessen wurden 24 Proben auf ihre Schwermineralführung untersucht. Das Spektrum der transparenten detritischen Schwerminerale besteht hauptsächlich aus Zirkon, Rutil, Turmalin und Apatit. Relativ häufig ist auch Monazit. Einige Proben enthalten viel Glimmer (Biotit). Wahrscheinlich kommt als Liefergebiet für das Material vor allem der Zentralteil der Böhmisches Masse mit den dort auftretenden großen Granitplutonen in Betracht. Als authigene Bildung ist Anatas vorhanden. Baryt tritt in einzelnen Proben in größeren Mengen (wahrscheinlich als hydrothermale Bildung) auf. Es fehlen Minerale der „metamorphen Gruppe“, z.B. Granat. Die Gruppe der Opakminerale besteht nach Mineral Liberation Analysis (MLA) aus verschiedenen Eisenoxiden, Titanomagnetit und Ilmenit. Die Verhältnisse der Stabilminerale (Zirkon, Turmalin, Rutil) zu Apatit verändern sich im Profil. In der Siebfraktion 63–100 μm ist innerhalb des Mittleren Buntsandsteins eine Tendenz zur Abnahme des Apatitanteiles von der Detfurth- zur Solling-Formation erkennbar. In der Solling-Formation findet man die niedrigsten Apatitgehalte. Das entspricht auch Beobachtungen aus anderen Buntsandsteinprofilen und ist wahrscheinlich auf eine synsedimentäre Verwitterungsauslese infolge einer Humidisierung des Klimas zurückzuführen. Mit Einschränkungen lässt sich das Verhältnis von Stabilmineralen zu Apatit zur Klärung stratigraphischer Fragestellungen heranziehen.

Heavy mineral analysis of Bunter sandstone samples from two bore holes in Eastern Hesse – possible implications for paleoclimate and stratigraphy.

Heavy mineral analysis is one of the standard methods for the evaluation of the origin, transport directions and distribution patterns of sandy sediments. The method can also be used for the evaluation of climatic or diagenetic changes during deposition. In this study the results of the heavy mineral analysis of 24 sandstone samples from two bore holes from the Triassic Bunter sandstone realm in eastern Hesse are presented. The spectrum of transparent detrital heavy minerals mainly consists of zircon, rutile, tourmaline and apatite, as well as monazite. Few samples contain high concentrations of mica (biotite). The material is possibly derived from granites of the central part of Bohemian Massif. Anatase occurs as an authigenic mineral. In some samples a high concentration of barite was found, probably generated by a hydrothermal activity. It is unusual that minerals of the "metamorphic group", especially garnet, are missing. Granular opaque matter analyzed with a Mineral Liberation Analysis (MLA) was revealed as iron oxides, titanomagnetite and ilmenite. The ratio between stable minerals (zircon, tourmaline, rutile) and apatite in the studied section indicates characteristic changes. In the grain size fraction of 63–100 μm a decrease in the apatite content from the Detfurth to the Solling Formation within the Middle Bunter is present. The lowest apatite content occurs in the Solling Formation. This result also corresponds to observations in other Bunter sandstone profiles, which may be caused by synsedimentary weathering as a result of climate change towards more humid conditions. With some restrictions the ratio between stabile transparent heavy minerals and apatite may help to clarify stratigraphic questions.



PROF. (I.R.) DR. M. KURZE,
TU Bergakademie Freiberg



DR. O. KLEDITZSCH,
K+S Aktiengesellschaft,
Einheit T-GC, Kassel

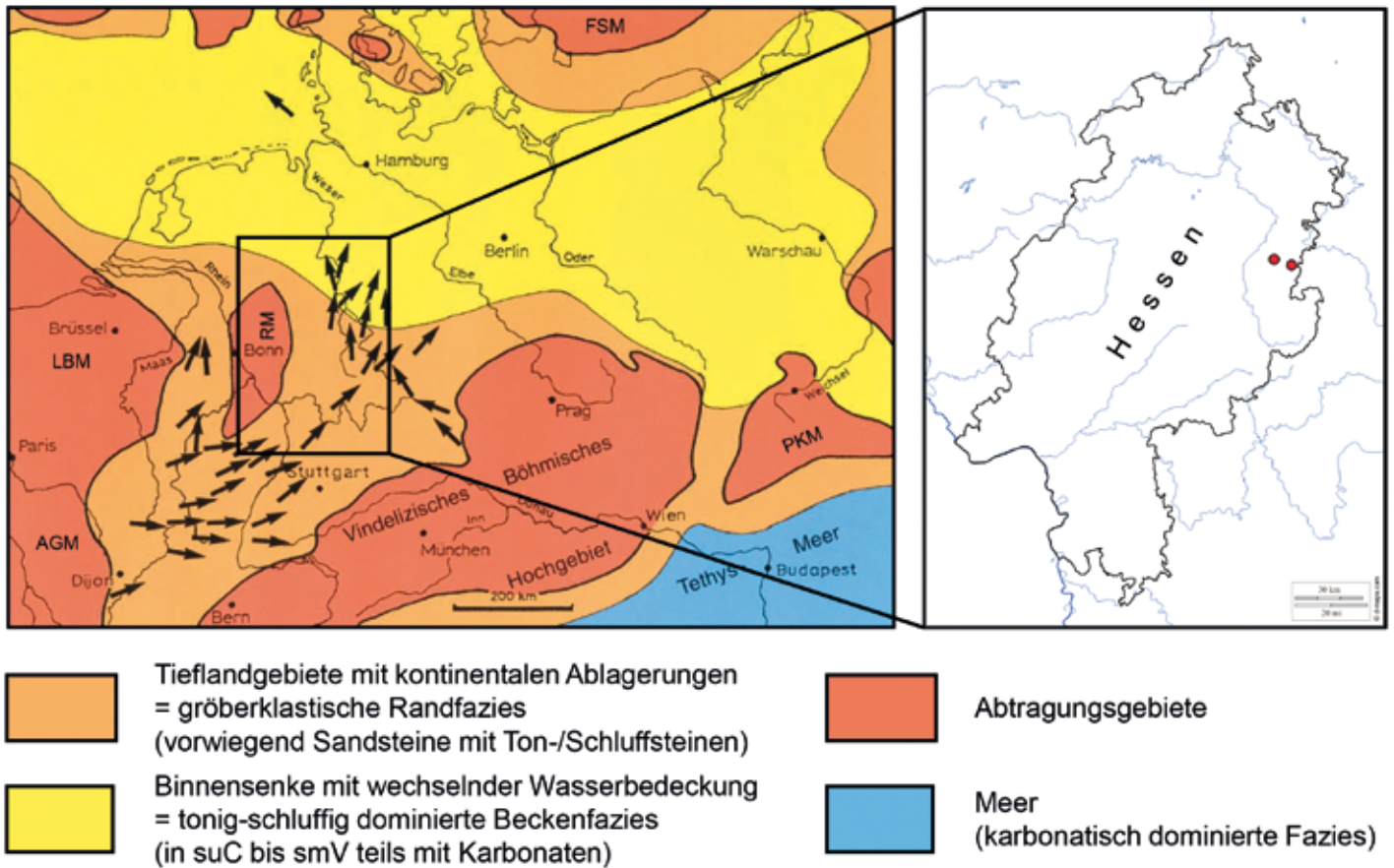


Abbildung 1 Paläogeographie des Mitteleuropäischen Beckens zur Zeit der Untertrias (Unterer und Mittlerer Buntsandstein) mit Untersuchungsgebiet. Pfeile: anhand von Anlagerungsgefügen in den Sandsteinen gemessene Schüttungsrichtungen der Sande, Punkte: Lage der beprobten Bohrungen im Werra-Fulda-Kalirevier in Osthessen. (Nach BLOSS in HEINZMANN 1998, Schüttungsrichtungen nach WURSTER 1964 sowie SCHRÖDER 1982, siehe auch GEYER & GWINNER 1991, S. 62, Abb. 16.) (LBM = London-Brabanter, AGM = Ardennisch-Gallisches, RM = Rheinisches, PKM = Präkarpathisches, FSM = Fennoskandisches Massiv.)

1. Aufgabenstellung und Bearbeitungsmethodik

Schwerminerale bezeichnen Minerale mit einer höheren Dichte als $2,9 \text{ g/cm}^3$, entsprechend den Dichten der meist zur Abtrennung benutzten Schwereflüssigkeiten Bromoform und Tetrabrommethan. Schwermineralanalysen sind ein probates Mittel zur Beurteilung von Ausgangsgesteinen, Abtragungs- bzw. Herkunftsgebieten, Schüttungsrichtungen, Transportwegen und Verteilungsmustern besonders sandiger Sedimente. Sie können ein zusätzliches Werkzeug zur Abgrenzung, Gliederung und Korrelation monotoner Sandsteinfolgen, wie sie gerade für den Buntsandstein

typisch sind, bilden. Darüber hinaus sind Schwerminerale geeignet, klimatisch und/oder diagenetisch bedingte Veränderungen zu beurteilen (Veränderungen im Schwermineralspektrum über selektive Ausmerzung und/oder Neubildung).

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in Osthessen, im südwestlichen Abschnitt des Werra-Kalireviers am Nordrand der Soisberger Kuppenrhön. Der größte Teil Hessens lag während des Buntsandsteins im Bereich der sog. südlichen Randgebiete oder gröberklastischen Randfazies mit überwiegend sandiger Sedimentation (s. Abb. 1 u. 2). Ablagerungen des Buntsandsteins sind in mehr als der Hälfte

des hessischen Territoriums verbreitet und stellen damit die häufigsten über-tätig anstehenden Festgesteine dieses Bundeslandes dar. Der Buntsandstein bildet auch den Hauptteil des Deckgebirges über dem Zechstein des Werra-Fulda-Kalireviers und zugleich den wichtigsten Grundwasserleiterkomplex der Region. Im Rahmen der Versenkgenehmigungen für Abwässer der Kaliproduktion des Verbundwerkes Werra in das Leine-Karbonat (Plattendolomit, Zechstein) wurden von K+S in den vergangenen ca. 25 Jahren im Grenzgebiet zwischen Osthessen und Südwestthüringen eine ganze Reihe von Grundwasserbeobachtungsbohrungen in den Buntsandstein wie

Zechstein niedergebracht. Von 26 aus den Bohrungen (Grundwassermessstellen, Lage s. Abb. 1, rechts) Wippershain 2/2014 (su) und Mansbach 3/2014 (su) entnommenen Buntsandstein-Proben wurden 24 auf die in ihnen enthaltenen Schwerminerale untersucht (Abb. 3 und Tab. 1. Alle Tabellen befinden sich im Anhang). Ziel der Arbeit war es, Vergleiche mit Untersuchungen zur Schwermineralführung des Buntsandsteins in anderen Gebieten zu ermöglichen und besonders zu überprüfen, ob im Profil Veränderungen des Apatitanteils in den Schwermineralspektren auftreten, die als Indiz für Klimaveränderungen gedeutet werden können. Zugleich war zu hinterfragen, ob diese Tendenzen möglicherweise geeignet sind, stratigraphische Einstufungen und Gliederungen insbesondere im Mittleren Buntsandstein zu erhärten oder zu modifizieren.

Die Sandsteinproben wurden zerkleinert und anschließend gesiebt, wobei für die Schwermineralabtrennung die Fraktionen 63–100 µm und 100–200 µm ausgewählt wurden. Als günstigste erwies sich wie bei früheren Untersuchungen (z.B. THON 1963, DIETRICH 1967, ROTH 1976) die Fraktion 63–100 µm. Vor der Zerkleinerung der Proben wurde eine Prüfung mit Salzsäure auf das Vorhandensein karbonatischen Bindemittels vorgenommen. Sofern eine deutliche Reaktion eintrat, erfolgte die schonende Behandlung mit Monochloressigsäure (Apatit bleibt dabei erhalten), um leicht lösliches Karbonat zu entfernen. Vor der Abtrennung der Schwerminerale wurden die ausgewählten Fraktionen mit einer heißen Lösung aus Oxalsäure und Ammoniumoxalat behandelt, um so weit wie möglich Krusten aus Eisenoxidhydraten und Eisenoxiden zu entfernen, ohne empfindliche Schwerminerale dabei zu eliminieren. Die Abtrennung der



Abbildung 2

Für die Randfazies des Unteren und Mittleren Buntsandsteins sind v.a. häufig schräg geschichtete Sandsteine im Wechsel mit mm- bis dm-mächtigen Ton- bis Schluffsteinlagen charakteristisch.

Im Mittleren treten dabei gegenüber dem Unteren Buntsandstein verstärkt mittel- bis grobkörnige Sandsteine auf (vgl. Abb. 3).

Bohrung Mansbach 3/2014 (su),
Teufe 9,55–9,95 m;
Mittlerer Buntsandstein,
Hardeggen-Formation (smH),
Hardeggen-Wechselfolge (smHW);
kleindimensional schräg geschichteter,
etwas quarzitischer Mittel- bis Grobsandstein
mit pelitischen sowie gebleichten sandigen
Laminen. Breite des Bohrkernausschnitts
ca. 7 cm.

Im unmittelbaren Hangenden des abgebildeten Kernes wurde die Probe Mans-SM2 entnommen (s. Abb. 3).

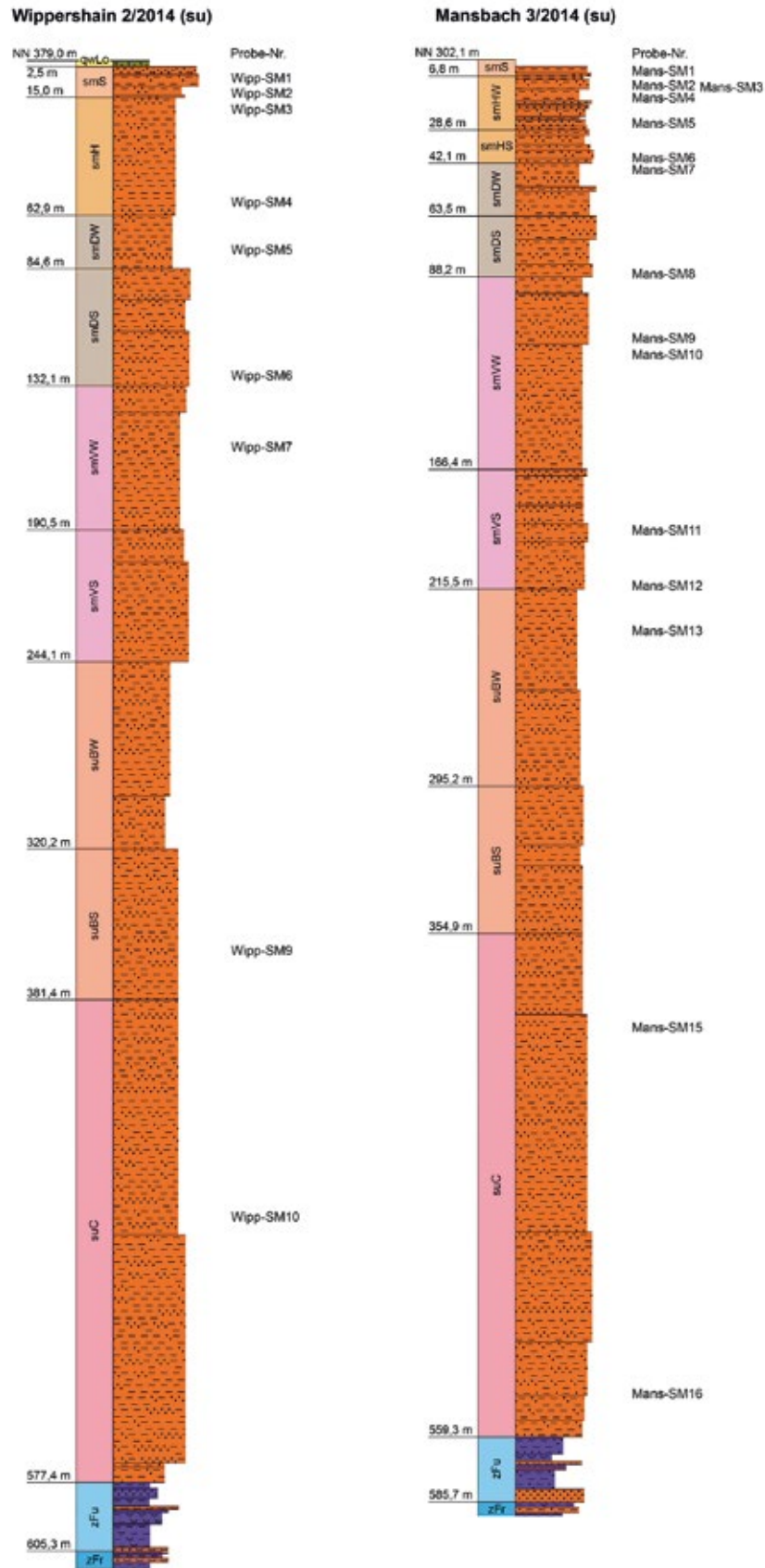


Abbildung 3 Säulenprofile des Buntsandsteins der Bohrungen Wippershain 2/2014 (su) und Mansbach 3/2014 (su) mit Probenahmepunkten (zFu, zFr = Fulda- bzw. Friesland-Formation des Zechsteins)

Schwerminerale erfolgte dann im Scheidetrichter mittels Bromoform (Dichte 2,84–2,89 g/cm³).

Von den abgetrennten Schwermineralen wurden Körnerpräparate hergestellt, die unter dem Polarisationsmikroskop untersucht werden konnten. Die Aufkittung der Schwerminerale auf mit Gelatine bestrichene Objektträger erlaubt dabei den Wechsel von Brechungsflüssigkeiten, der für die Bestimmung wichtig ist. Für die Anfertigung der Mikrofotos wurde dabei α -Monobromnaphthalin (1-Bromnaphthalin) verwendet. Ausgezählt wurden pro Präparat zwischen etwa 50 und 350 Körnern. Die polarisationsmikroskopische Schwermineralbestimmung wurde vom Koautor Prof. (i.R.) Dr. Manfred Kurze (Freiberg) vorgenommen.

Zur Kontrolle und Ergänzung der Bestimmungen mittels Polarisationsmikroskop wurden an polierten Anschliffen von fünf Proben der Schwermineralfraktion 63–100 μm der Bohrung Wippershain 2/2014 (su) Untersuchungen mittels Mineral Liberation Analysis (MLA) durchgeführt.

2. Das Schwermineralspektrum der bearbeiteten Buntsandsteinproben

Folgende Schwerminerale wurden in den Präparaten nachgewiesen:

Zirkon ($\text{Zr}[\text{SiO}_4]$, Abb. 4 a–c) tritt sowohl in rundlichen als auch prismatisch-gelängten Körnern auf, wobei letztere ebenfalls meist deutliche Anzeichen einer Anrundung zeigen.

Turmalin (Abb. 4 d u. e) erscheint meist in Form von gerundeten oder zumindest angerundeten Körnern.

Rutil (Abb. 4 f u. g). Besonders in der Fraktion 100–200 μm kann ein Teil der Rutil opak erscheinen und geht damit in die Auszählungen mit zu geringer Konzentration ein. Mit Hilfe der MLA lässt sich Rutil nicht von Anatas und Brookit trennen, da alle drei Minerale

den gleichen Chemismus (TiO_2) haben. Nur Rutil ist eindeutig ein detritisches und kein authigenes Mineral.

Die Minerale Zirkon (Z), Turmalin (T) und Rutil (R) bilden die stabile Schwermineralgruppe. Sie lassen sich zum ZTR-Index (nach HUBERT 1962) zusammenfassen, der die mineralogische Reife von Schwermineralgemeinschaften charakterisiert.

Apatit ($\text{Ca}_5(\text{F,Cl,OH})(\text{PO}_4)_3$], Abb. 4 j u. k) ist ein weiteres sehr wichtiges Schwermineral in den Präparaten. Er tritt meist in Form gut gerundeter Körner auf. Selten vorkommende prismatische Körner sind zumindest angerundet. Im Profil fallen deutliche Schwankungen und Veränderungen in den Apatitanteilen im Spektrum der detritischen Schwerminerale auf (Erläuterung und Deutung weiter unten).

Monazit ist ein selteneres, aber in einigen Proben relativ häufig auftretendes Schwermineral. In der Fraktion 63–100 μm der Probe Wipp-SM2 wurde es z.B. mit 9 % diagnostiziert. Da große Ähnlichkeit mit bräunlich gefärbten Zirkonen besteht, kann es vorkommen, dass er bei der Auszählung von Körnerpräparaten unterbewertet wird. Die Diagnose mittels MLA ist aber eindeutig.

Anatas (TiO_2 , Abb. 4 h u. i) tritt zumeist in Form kleiner Aufwachsungen auf Opakmineralen auf. Teilweise findet man ihn aber auch isoliert in Form gut ausgebildeter Tafeln. Er ist in den Proben stets eine authigene Bildung.

Häufig treten in den Präparaten **Glimmer** auf. Überwiegend handelt es sich dabei um **Biotit** (Dunkelglimmer), der meist vergrünt ist. In einigen Proben überdeckt ihr Anteil das gesamte Präparat, so dass eine exakte Auszählung unmöglich ist.

Ebenfalls häufig sind **Opakminerale**. Diese werden in den Schwermine-

ralanalysen in der Regel nur als Gruppe erfasst. Mit Hilfe der MLA konnte aber nachgewiesen werden, dass es sich um verschiedene Eisenoxide, Titanomagnetit ($\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{Fe}_2\text{TiO}_4$) und Ilmenit (Titaneisenerz, FeTiO_3) handelt.

Aus dem Bindemittel der Proben stammen **Karbonatminerale**. Nach der Säurebehandlung bleiben dabei vor allem schwer lösliche Karbonate (z.B. Dolomit, $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$) übrig. Aus dem Bindemittel stammt auch der **Anhydrit** ($\text{Ca}[\text{SO}_4]$), der in einigen Proben auftritt.

Auffällig ist weiterhin das Vorkommen von **Baryt** (Schwerspat, $\text{Ba}[\text{SO}_4]$, Abb. 4 l). In der Probe Wipp-SM6 ist dieser in sehr großer Menge (wahrscheinlich als hydrothermale Bildung) vorhanden, fehlt aber auch in einigen anderen Proben nicht.

Ausgesprochen akzessorische Schwerminerale, die oft nur als einzelne Körner auftreten, sind Hornblende (Amphibol), Brookit, Minerale der Epidot-Zoisit-Gruppe, Xenotim (nach MLA) und Goyazit (nach MLA).

Die Schwermineralfraktionen sind oft unterschiedlich stark durch Quarz und Feldspat verunreinigt (s. z. B. Abb. 4 g u. l). Grund für die unsaubere Abtrennung sind wahrscheinlich Verwachsungen, vor allem mit verschiedenen Opakmineralen.

Tabelle 2 zeigt an der Fraktion 63–100 μm der Bohrung Wippershain 2/2014 (su) die Ergebnisse der mikroskopischen Auszählung sowie der MLA einiger Präparate.

Auffällig ist das Fehlen von Schwermineralen der „metamorphen Gruppe“ in sämtlichen untersuchten Proben. Vor allem fehlt der Granat, ein sonst häufiges Schwermineral, das z.B. im Buntsandstein am Westrand der Böhmisches Masse (SCHNITZER 1957), im südlichen Harzvorland (THON 1963), im Subherzynen Becken (ROTH

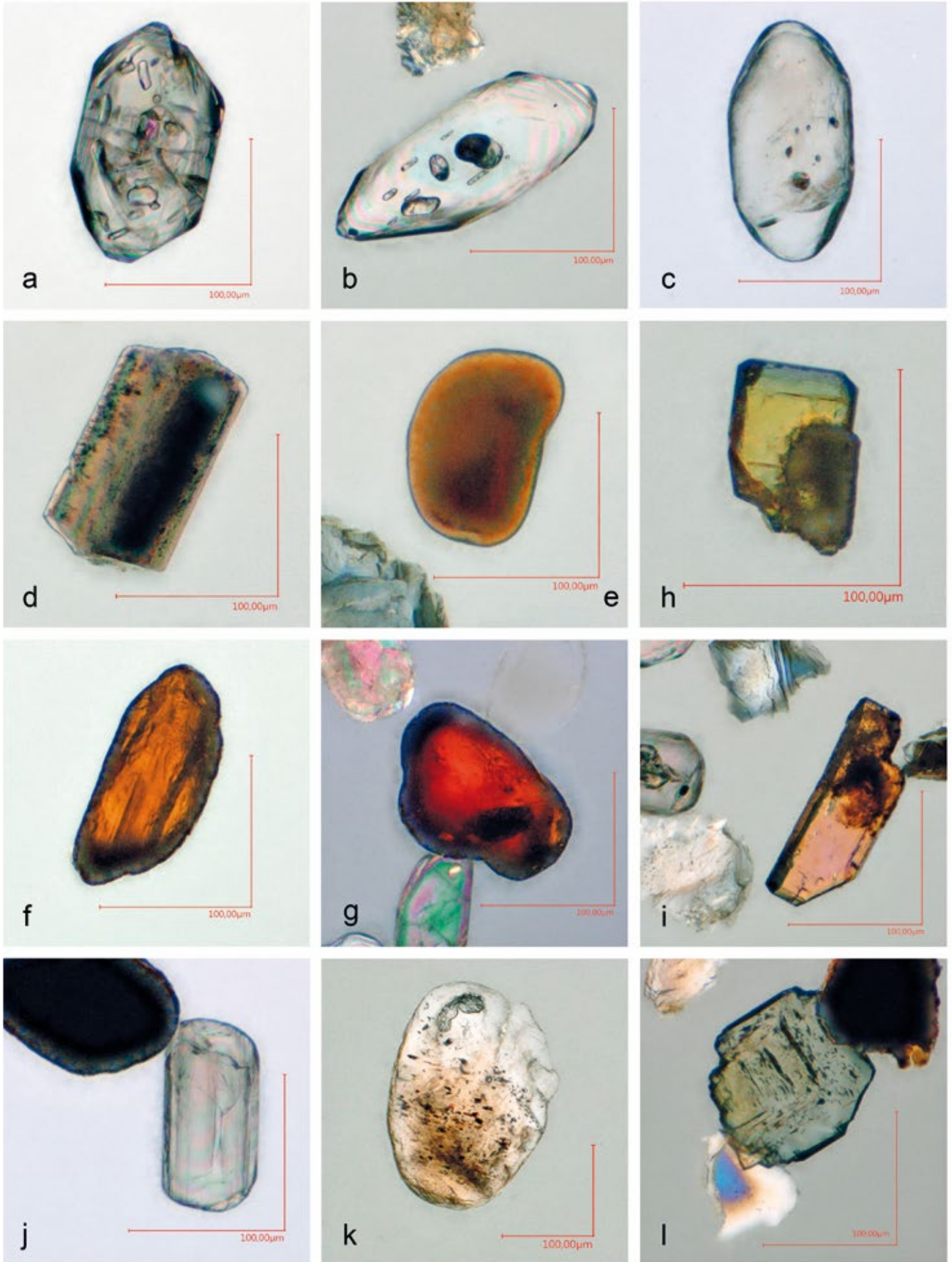


Abbildung 4 Mikroskopische Abbildungen der wichtigsten angetroffenen transparenten Schwerminerale.

- a – Zirkon, leicht angerundeter, kurzprismatischer Kristall mit pyramidalen Enden, angedeutetem Zonarbau, Einschlüssen und von altem Kern ausgehenden Sprüngen, Probe Wipp-SM2.
- b – Zirkon, angerundeter, prismatischer Kristall mit Einschlüssen, Probe Wipp-SM2.
- c – Zirkon, abgerollter/gerundeter prismatischer Kristall mit Einschlüssen, Probe Wipp-SM4.
- d – Turmalin, prismatisch-kurzsäuliger Kristall, Probe Wipp-SM2.
- e – Turmalin, abgerolltes / gut gerundetes Korn, Probe Wipp-SM2.
- f – Rutil, angerundeter primatischer Kristall mit angedeuteter charakteristischer vertikaler Zwillingstreifung, Probe Wipp-SM2.
- g – Rutil, abgerolltes/gerundetes Korn mit typischer intensiv rotbrauner Färbung, oben und unten Quarzkörner, Probe Wipp-SM4.
- h – Anatas, hellgelbgrüner, typisch tafeliger Kristall in Verwachsung mit Opakmineral, authigene Bildung, Probe Wipp-SM2.
- i – rechts Anatas, hellrotbrauner, eher untypisch gestreckt-tafeliger Kristall, authigene Bildung, am linken Bildrand angeschnitten ein Zirkon, Probe Wipp-SM2.
- j – Apatit, nahezu farbloser, angerundeter prismatisch-kurzsäuliger Kristall, links oben opakes Schwermineral, Probe Wipp-SM4.
- k – Apatit, großes, abgerolltes/gerundetes, weißgraues bis weißbraunes Korn mit typischen Verunreinigungen, Probe Wipp-SM1.
- l – Baryt, weiß- bis hellgrauer, transparenter, typisch tafeliger Kristall mit charakteristischen, auf Spaltrissen angeordneten Verunreinigungen, rechts oben opakes Schwermineral, links unten Quarz, Probe Wipp-SM2.

Die Probe Wipp-SM4 mit Zirkon, Rutil und Apatit entstammt der Hardeggen-Formation (smH), die Probe Wipp-SM2 mit allen anderen auf der Tafel abgebildeten Schwermineralen dem Solling-Basissandstein (smSB) der Bohrung Wippershain 2/2014 (su). Sämtliche Aufnahmen erfolgten am Polarisationsmikroskop unter einfach polarisiertem Durchlicht bei Verwendung von α -Monobromnaphthalin als Brechungsflüssigkeit. Maßstab jeweils 100 μ m.

1976), in der Bohrung Horka 3/62 der Oberlausitz (DIETRICH 1967) und in Thüringen (LANGBEIN 1965, 1970) nachgewiesen wurde. Im Gegensatz zu den anderen Autoren betrachtet aber LANGBEIN den Granat im Buntsandstein nicht als detritisches Mineral, sondern als authigene Bildung.

Das Fehlen von Granat im Buntsandstein der Hessischen Senke stellte bereits WUNDERLICH (1957) fest. Er nimmt aber trotzdem an, dass die Schüttungen hauptsächlich von der Böhmisches Masse stammen: die granatreichen von einem Liefergebiet in deren nördlichem Teil, die granatarmen aus dem mittleren Teil des Massivs (S. 123). Die großen Granitplutone im mittleren Teil der Böhmisches Masse harmonieren mit dieser Annahme als Lieferanten für das untersuchte Material. Eine vom Böhmisches Massiv ausgehende Schüttungsrichtung, welche im Raum der oberen Werra in den vom Ardennisch-Gallischen Massiv ausgehenden nordostwärts gerichteten „Hauptstrom“ des Buntsandsteins (über Burgund, Elsass-Lothringen, Baden-Württemberg, Hessen nach Südniedersachsen) einmündet, deuten auch WURSTER (1964), SCHRÖDER (1982) und BLOSS (1998) an (s. Abb. 1). Wichtigste Kriterien waren für die Autoren hierbei die Anlagerungsgefüge (v.a. Schrägschichtung) in den Sandsteinen.

Hinzuweisen ist noch auf die meist gute Rundung oder zumindest Anrundung der detritischen Schwerminerale, insbesondere des Apatits (s. Abb. 4 k). Das lässt auf mehrfache Umlagerung und/oder weite Transportwege schließen.

3. Das Verhältnis der stabilen Schwerminerale (ZTR) zu Apatit (A) und die Frage nach dessen Klimarelevanz

In Tabelle 3 sind für die zwei untersuchten Fraktionen, geordnet nach

der stratigraphischen Einstufung, jeweils die Mittelwerte und Schwankungsbereiche der ZTR:A-Verhältnisse aus mehreren Proben sowie die daraus bestimmten M-Faktoren (als Hinweis auf die Maturität der SM-Spektren) aufgeführt.

In Abbildung 5 sind die ZTR:A-Verhältnisse für die Fraktion 63–100 μ m der einzelnen Proben graphisch dargestellt.

Für die genannte Fraktion gelten dabei folgende Vertrauensintervalle (vgl. Tab. 3): Die Apatitanteile der Proben aus der Volpriehausen-Formation (ca. 45–75 %) unterscheiden sich nicht signifikant von denen aus dem Unteren Buntsandstein (ca. 40–80 %), die aus der Hardeggen- (ca. 10–55 %) nicht signifikant von denen aus der Detfurth-Formation (ca. 10–60 %; in Abb. 5 zusammengefasst). Die Werte der Proben aus der Solling-Formation (< 10 %) differieren einerseits nicht sehr stark von denen mit den niedrigsten Apatitanteilen in der Hardeggen- und Detfurth-Formation (10–15 %), andererseits gibt es praktisch keinen Überschneidungsbereich.

Für die Fraktion 100–200 μ m zeichnen sich die beschriebenen Trends weniger deutlich ab (Apatit im su: ca. 50–85 %, smV: ca. 45–65 %, smD: ca. 10–40 %, smH: ca. 15–65 %, smS: ca. 0–60 %). Unverkennbar ist aber auch hier der Trend zu rückgehenden Apatitanteilen im Laufe des Buntsandsteins. Aus dem Rahmen fallen hier die unerwartet hohen Apatitgehalte (mit ca. 45–60 %) in der Solling-Formation der Bohrung Wippershain 2/2014 (su). Die höchsten Apatitanteile (> 65 %) treten in beiden Fraktionen im höheren Teil der Calvörde- und der Bernburg-Formation (Unterer Buntsandstein) sowie in der Volpriehausen-Formation (Mittlerer Buntsandstein) auf. Ferner fällt auf, dass in der Fraktion 63–100 μ m die

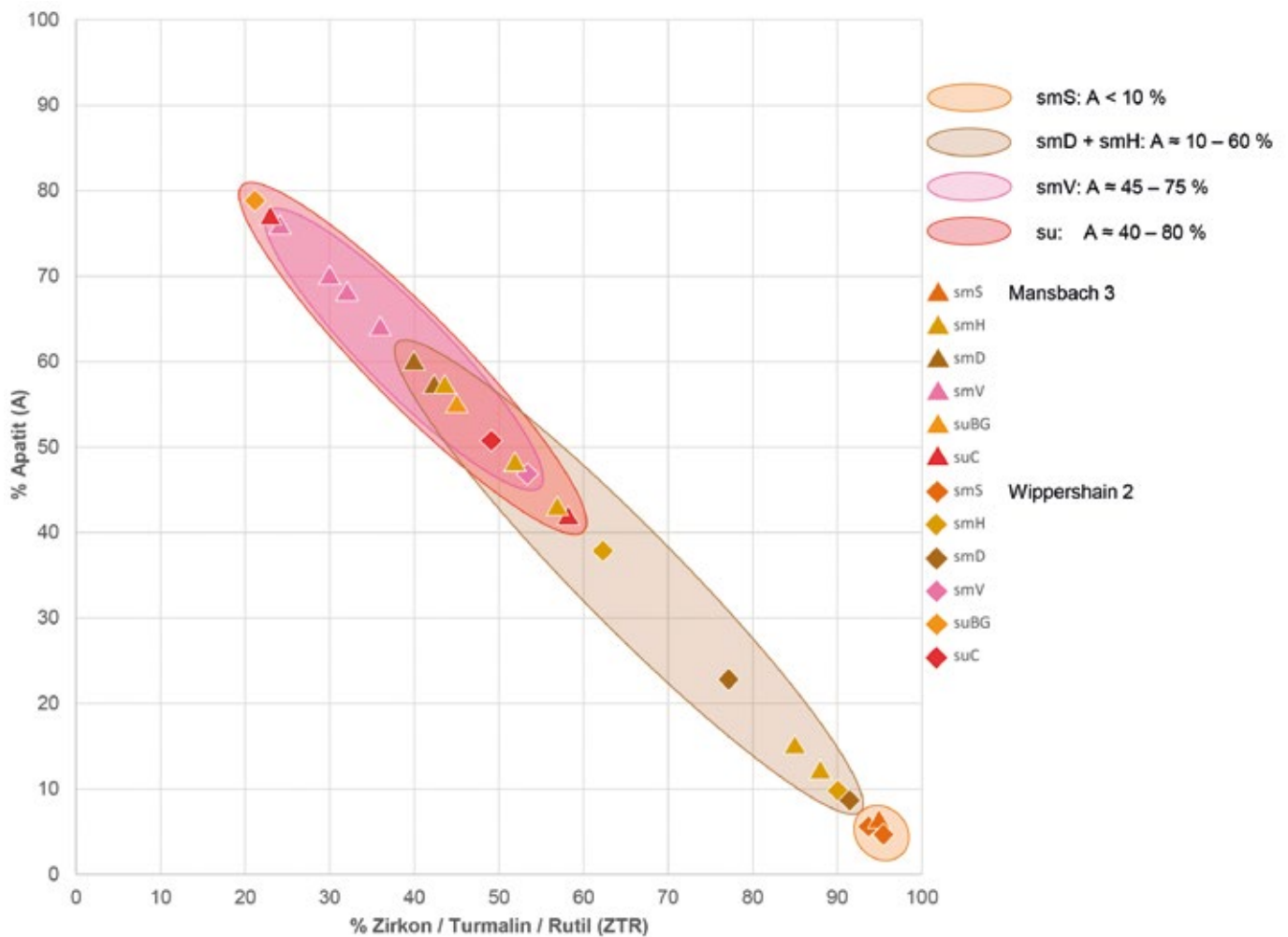


Abbildung 5 Plot stabile transparente Schwerminerale (ZTR) versus Apatit (A) für die Fraktion 63–100 µm

Sandsteinproben aus den sandig-pelitischen Wechselfolgen tendenziell niedrigere Apatitanteile enthalten bzw. höhere ZTR-Werte aufweisen als diejenigen aus den Basissandsteinen der jeweiligen Formationen.

Da die ZTR:A-Verhältnisse, selbst innerhalb der einzelnen stratigraphischen Abschnitte (Formationen), z.T. beträchtlich schwanken, sollten Schlussfolgerungen zu erwarteten Trends daher möglichst auf der Basis der Untersuchung von jeweils mehreren Proben beruhen. In Abbildung 6 sind die Mittelwerte der ZTR:A-Verhältnisse aus Tabelle 3 graphisch ausgewertet.

Die M-Faktoren sind in der Volpriehausen- und Bernburg-Formation am niedrigsten, in der Fraktion 63–100 µm der Solling-Formation mit Abstand am höchsten. Für die Fraktion 63–100 µm ergibt sich dabei klar ein Trend von einem geringfügig höheren M-Wert in der Calvörde-Formation (0,7), dem Minimum in der Bernburg- und Volpriehausen-Formation (je ca. 0,5), zu einem Anstieg von der Detfurth- (1,7) zur Hardegsen-Formation (2,1) und einem ausgeprägt hohen Wert in der Solling-Formation (16,6).

In der Fraktion 100–200 µm ist dieser Trend nicht so deutlich ausgeprägt. Vor allem fällt der unerwartet

niedrige M-Faktor, verursacht durch relativ hohe Apatitanteile (59 % bzw. 43 %) in zwei Proben aus der Solling-Formation der Bohrung Wippershain 2/2014 (su), auf (s.o.). Das ist möglicherweise mit dem Eintrag schnell erodierten Materials aus apatitreicheren tieferen Buntsandstein-Formationen von Schwellengebieten zu erklären. Der höchste M-Faktor wird in dieser Fraktion in der Detfurth-Formation erreicht (Apatit im Mittel ca. 24 %).

Die Zunahme des Anteils der Stabilminerale und der Rückgang des Apatits wurden in den Schwermineralspektren aus dem höheren Teil des

Mittleren Buntsandsteins, besonders der Solling-Formation, in verschiedenen Gebieten festgestellt. Zuerst beschrieb diesen Trend SCHNITZER (1957) anhand seiner Untersuchungen am Westrand der Böhmisches Masse. Auch das Buntsandsteinprofil der Bohrung Horka 3/62 in der Oberlausitz zeigt im oberen Teil deutlich solche Veränderungen (DIETRICH 1967; Bild 2 in KURZE & ROTH 1977). Besonders interessant ist aber der bekannte Buntsandsteinaufschluss im Bahneinschnitt bei Thale. Hier greift am Ostrand der Eichsfeld-Altmark-Hebungszone die Solling-, unter Ausfall der Hardeggen-, auf die Detfurth-Formation über (ROTH 1976; sog. H- bzw. S-Diskordanz). Die Schichtenfolge gehört zur Aufrichtungszone am Harz-Nordrand. Ihre Steilstellung erfolgte während der Oberkreide. Die Schwermineralspektren (Fraktion 63–100 µm) aus der Volpriehausen- und Detfurth-Formation dieses Profils sind reich an Apatit. Auch an der Basis der Solling-Formation tritt noch ein größerer Apatitanteil auf, um aber dann rasch abzunehmen (ROTH 1976, KURZE & ROTH 1977).

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich die Frage, welche Ursachen die Veränderungen in den Schwermineralspektren haben. Beruhen sie auf Veränderungen der Liefergebiete oder -gesteine, oder sind sie eine Folge der leichten Verwitterbarkeit von Apatit? Letzteres wird z.B. von WIESENEDER (1953), der empirisch für die wichtigsten Schwerminerale unterschiedliche Stabilitätsreihen für Verwitterungs- und Diageneseauslese aufstellte, hervorgehoben (s. auch WEYL 1950). Auf der Grundlage von Versuchen gelangt NICKEL (1973) zu der gleichen Aussage.

Wenn man die Veränderung der Schwermineralspektren auf eine Verwitterungsauslese zurückführt, wäre noch zu klären, ob diese synsedimen-

tär oder zu einem späteren Zeitpunkt erfolgte.

Ob Verwitterungsauslese von maßgeblicher Bedeutung für den Aufbau von Schwermineralspektren war, lässt sich erkennen, wenn man die Korn-% der detritischen transparenten Schwerminerale in Gramm pro Tonne (ppm) der untersuchten Korngrößenklasse umrechnet. Dafür sind exakte Einwaagen und möglichst saubere Präparate notwendig. Bei den Proben aus dem Subherzynen Becken war das gegeben.

Die so erhaltenen Gesamtschwermineralgehalte können dann den Gehalten der gegen Verwitterung resistenten Minerale (Zirkon, Turmalin, Rutil) gegenübergestellt werden. Sofern keine anderen Einflüsse die Verwitterungsauslese überlagern, müssten Profilteile mit und ohne Verwitterungsauslese in den Durchschnittsgehalten an Stabilmineralen übereinstimmen, die Gesamtschwermineralgehalte jedoch in den von der Verwitterungsauslese betroffenen Abschnitten gegenüber den anderen Profilteilen absinken. Für das Profil im Bahneinschnitt Thale trifft das im Wesentlichen zu (KURZE & ROTH 1977, S. 44). Dabei kann eine junge Verwitterung (Tertiär bis rezent) ausgeschlossen werden, da nach der Steilstellung der Schichten von der Verwitterungsauslese auch die tieferen (apatitreichen) Teile des Buntsandsteins betroffen sein müssten.

Für die Proben aus Osthessen waren auf Grund der Verunreinigungen (ohne belastbare Angaben zu den spezifischen Gewichten) entsprechende Berechnungen nicht möglich. Es fällt aber auf, dass in der Fraktion 63–100 µm der Trend zur Abnahme des Apatitanteiles (s. Tab. 3 und Abb. 4 u. 5) gut mit der bei PAUL & PUFF (2014) in der Stratigraphie von Deutschland XI, Band Buntsandstein (S. 217, Abb.

7.1-1) abgebildeten hypothetischen Klimakurve des Buntsandsteins übereinstimmt, die von der Detfurth- zur Solling-Formation eine zunehmende Humidisierung anzeigt, wobei für die Solling-Formation sogar ein abrupter Feuchtigkeitsprung angenommen wird. Besonders das postulierte subhumide Klima in der Solling-Formation dürfte günstig für eine synsedimentäre Verwitterungsauslese des Apatits gewesen sein.

4. Stratigraphische Relevanz

Mit gewissen Abstrichen lassen sich beschriebene Trends in der Schwermineralführung ergänzend zur Klärung stratigraphischer Fragestellungen oder zumindest Erhärtung entsprechender Einstufungen in den oft sehr monotonen klastischen Schichtenfolgen des Mittleren, eingeschränkt auch Unteren Buntsandsteins nutzen.

Proben mit Apatitanteilen über 60 % ($M < 0,65$) in der Schwermineralfraktion 63–100 µm entstammen höchstwahrscheinlich dem Unteren Buntsandstein oder der Volpriehausen-Formation des Mittleren Buntsandsteins. Proben mit Apatitanteilen unter 40 % ($M > 1,5$) entstammen mit hoher Sicherheit der Detfurth-, Hardeggen- oder Solling-Formation des Mittleren Buntsandsteins, mit unter 10 % Apatit ($M > 9$) der Solling-Formation.

Die Methode ist dabei selbst dann anwendbar, wenn eine zu untersuchende Bohrung nicht gekernt wurde, sondern nur durch Spülproben (Cuttings) belegt ist.

Danksagung

Wir danken der K+S-Aktiengesellschaft Kassel für die Möglichkeit der Entnahme einiger Proben aus dem Buntsandstein der Bohrungen Wippershain 2/2014 (su) und Mansbach 3/2014 (su), die Erlaubnis für die Ver-

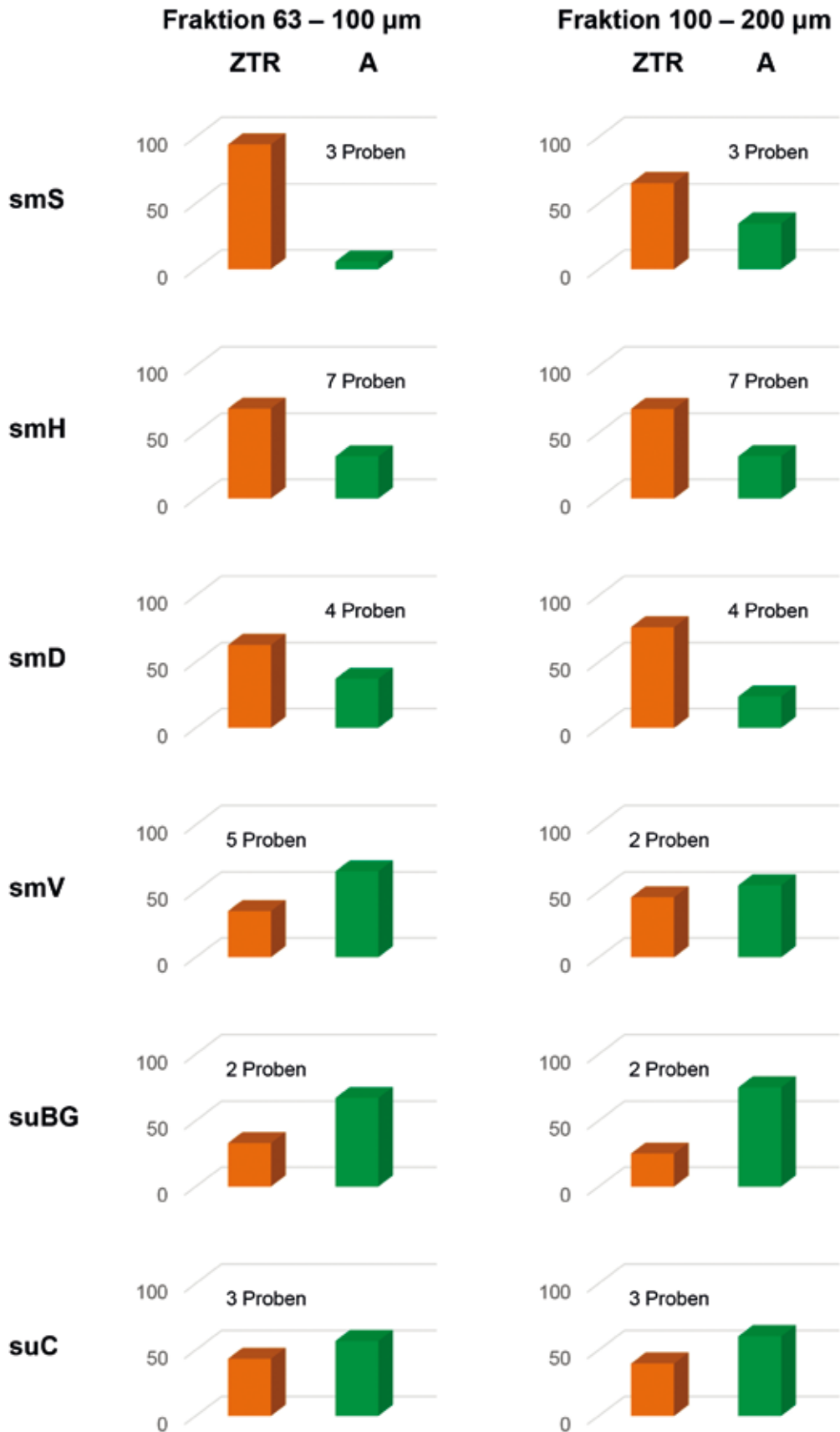


Abbildung 6 Graphische Auswertung der Verhältnisse stabile Schwerminerale (ZTR) zu Apatit (A) von Tabelle 3 (Gehalte in %)

öffentlichung und die dabei geleistete Unterstützung.

Den Instituten für Geologie und Mineralogie der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau der TU Bergakademie Freiberg ist für die technische und personelle Hilfe bei der Probenaufbereitung und -bearbeitung zu danken. Unser Dank gilt hierbei insbesondere Frau Gitta Schneider vom Sedimentlabor des Institutes für Geologie für die Aufbereitung der Proben, einschließlich der Schwermineralabtrennung, der Präparateherstellung und der Auswertung der Mineral Liberation Analysis (MLA). Danken möchten wir auch Frau Gudrun Geyer vom Schleiflabor des Institutes für Geologie, welche die polierten Schliffe für die MLA anfertigte. Die Durchführung der MLA übernahm in dankenswerter Weise Frau Dipl.-Geol. Sabine Gilbricht vom Institut für Mineralogie.

Herrn Uwe Eisenbart, Mitarbeiter Chemical Engineering des K+S Analytik- und Forschungszentrums (AFZ), gebührt Dank für die Unterstützung bei der Anfertigung der Schwermineralfotos, Herrn Dr. Stefan Höntzsch, K+S North American Technical Center, für die kritische Durchsicht und Korrektur der englischsprachigen Zusammenfassung.

Literatur

- BLOSS, G. (1998):** Süddeutschland im Wandel – 250 Millionen Jahre Erdgeschichte. – In: HEINZMANN, E. P. J. (1998, Hrsg.): Vom Schwarzwald zum Ries. – München (Pfeil Verlag).
- DIETRICH, P. (1967):** Der Buntsandstein der Bohrung Horka. – Diplomarbeit der Fachrichtung Geologie (unveröff.); Freiberg.
- GEYER, O. F. & GWINNER, M. P. (1991):** Geologie von Baden-Württemberg. – 4. Auflage; 627 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- HUBERT, J. F. (1962):** A zircon-rutile maturity index and the interdependence of the composition of heavy mineral assemblages with gross composition and texture of sandstone. – J. sed. Petrol., 32, S. 440–450; Menasha (Wisc.).
- KURZE, M. & ROTH, W. (1977):** Die Schwermineralführung des Buntsandsteins im Südtteil der DDR als Klimaandiz. – Freiburger Forschungshefte, C 323, S. 37–46; Leipzig (VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie).
- LANGBEIN, R. (1965):** Zur Problematik der Granatführung im Buntsandstein Thüringens. – Geologie, 14 (8), S. 958 – 968; Berlin.
- LANGBEIN, R. (1970):** Zur Petrologie des Thüringer Buntsandsteins. – Geologie, Jg. 19, Beiheft 68, 131 S.; Berlin.
- NICKEL, E. (1973):** Experimental dissolution of light and heavy minerals in comparison with weathering and intrastratal solutions. – Contr. Sedimentology, 1, S. 1–68; Stuttgart (Schweizerbart).
- PAUL, J. & PUFF, P. (2014):** Das Klima des Buntsandsteins. – SDGG, Heft 69, Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein, S. 213–221; Hannover.
- ROTH, W. (1976):** Stratigraphische, lithofazielle und paläotektonische Untersuchungen im Buntsandstein (Nordhausen- bis Solling-Folge) des subherzynen Beckens. – Freiburger Forschungshefte, C 316, 314 S.; Leipzig (VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie).
- SCHNITZER, W. A. (1957):** Die Lithologie und Paläogeographie des Buntsandsteins am Westrand der Böhmisches Masse. – Erlanger geol. Abh., 24, 130 S.; Erlangen.
- SCHNITZER, W. A. (1960):** Sedimentpetrographische Untersuchungen in der ostbayerischen Trias. – Ber. Geol. Ges. DDR, 5 (1/2), S. 38–54; Berlin.
- SCHRÖDER, B. (1982):** Entwicklung des Sedimentbeckens und Stratigraphie der klassischen Germanischen Trias. – Geol. Rdsch., 71 (3), S. 783–794; Stuttgart.
- THON, H.-G. (1963):** Sedimentpetrographische Untersuchungen zur Gliederung des Buntsandsteins im südöstlichen Harzvorland. – Freiburger Forschungshefte, C 156, 84 S.; Leipzig (VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie).
- WEYL, R. (1950):** Schwermineralverwitterung und ihr Einfluß auf die Mineralführung klastischer Sedimente. – Erdöl und Kohle, 3 (5), S. 209–211; Hamburg.
- WIESENEDER, H. (1953):** Über die Veränderungen des Schwermineralbestandes der Sedimente durch Verwitterung und Diagenese. – Erdöl und Kohle, 6 (7), S. 369–372; Hamburg.
- WUNDERLICH, H.-G. (1957):** Liefergebiete und Schüttungsrichtungen des mitteleuropäischen Buntsandsteins nach Maßgabe der Schwermineralführung. – N. Jb. Mineral., Mh. 105, S. 123–143; Stuttgart.
- WUNDERLICH, H.-G. (1966):** Granatführung im Mitteldeutschen Buntsandstein detritischer Herkunft oder infolge Neubildung. – Geologie, 15 (9), S. 1093–1096; Berlin.
- WURSTER, P. (1964):** Geologie des Schilfsandsteins. – Mitt. Geol. Staatsinstituts Hamburg, 33, S. 1–140; Hamburg.

Tabelle 1

Probenverzeichnis mit Angaben zur stratigraphischen Einstufung und Anmerkungen zu den durchgeführten Arbeiten

Bohrung Wippershain 2/2014 (su)

(Hessen, Landkreis Hersfeld-Rotenburg, Gem. Schenklingfeld, zwischen Bad Hersfeld und Schenklingfeld)

Proben-Nr.	Teufe [m]	Stratigraphie	Anmerkungen
Wipp-SM1	7,8	Solling-Formation (Solling-Basissandstein, smSB)	mikroskopische SMA
Wipp-SM2	14,0	Solling-Formation (Solling-Basissandstein, smSB)	mikroskopische SMA, MLA
Wipp-SM3	19,9	Hardeggen-Formation (smH)	mikroskopische SMA
Wipp-SM4	57,4	Hardeggen-Formation (smH)	mikroskopische SMA, MLA
Wipp-SM5	76,7	Detfurth-Formation (Detfurth-Wechselfolge, smDW)	mikroskopische SMA
Wipp-SM6	128,3	Detfurth-Formation (Detfurth-Sandstein, smDS)	Monochloressigsäurebehandlung, mikroskopische SMA, MLA
Wipp-SM7	156,9	Volpriehausen-Formation (Volpriehausen-Wechselfolge, smVW)	Monochloressigsäurebehandlung, mikroskopische SMA, MLA
Wipp-SM8	221,9	Volpriehausen-Formation (Volpriehausen-Sandstein, smVS)	nicht bearbeitet
Wipp-SM9	360,9	Bernburg-Formation (Bernburg-Sandstein, suBS)	mikroskopische SMA
Wipp-SM10	468,1	Calvörde-Formation (suC)	Monochloressigsäurebehandlung, mikroskopische SMA, MLA

Bohrung Mansbach 3/2014 (su)

(Hessen, Landkreis Hersfeld-Rotenburg, Gem. Hohenroda, nahe der Grenze zum Freistaat Thüringen bei Vacha)

Proben-Nr.	Teufe [m]	Stratigraphie	Anmerkungen
Mans-SM1	4,5	Solling-Formation (Solling-Basissandstein, smSB)	mikroskopische SMA
Mans-SM2	9,45	Hardeggen-Formation, (Hardeggen-Wechselfolge, smHW)	mikroskopische SMA
Mans-SM3	12,0	Hardeggen-Formation, (Hardeggen-Wechselfolge, smHW)	mikroskopische SMA
Mans-SM4	15,6	Hardeggen-Formation, (Hardeggen-Wechselfolge, smHW)	mikroskopische SMA
Mans-SM5	26,0	Hardeggen-Formation, (Hardeggen-Wechselfolge, smHW)	mikroskopische SMA
Mans-SM6	40,75	Hardeggen-Formation, (Hardeggen-Sandstein, smHS)	mikroskopische SMA
Mans-SM7	43,5	Detfurth-Formation (Detfurth-Wechselfolge, smDW)	mikroskopische SMA
Mans-SM8	87,35	Detfurth-Formation (Detfurth-Sandstein, smDS)	Monochloressigsäurebehandlung mikroskopische SMA
Mans-SM9	113,1	Volpriehausen-Formation (Volpriehausen-Wechselfolge, smVW)	mikroskopische SMA
Mans-SM10	119,3	Volpriehausen-Formation (Volpriehausen-Wechselfolge, smVW)	Monochloressigsäure-behandlung, mikroskopische SMA
Mans-SM11	190,4	Volpriehausen-Formation (Volpriehausen-Sandstein, smVS)	mikroskopische SMA
Mans-SM12	214,75	Volpriehausen-Formation (Volpriehausen-Sandstein, smVS)	mikroskopische SMA
Mans-SM13	230,95	Bernburg-Formation (Bernburg-Wechselfolge, suBW)	mikroskopische SMA
Mans-SM14	300,9	Bernburg-Formation (Bernburg-Sandstein, suBS)	nicht bearbeitet
Mans-SM15	391,0	Calvörde-Formation (suC)	mikroskopische SMA
Mans-SM16	541,0	Calvörde-Formation (suC)	mikroskopische SMA

Tabelle 2

Gegenüberstellung der quantitativen Auszählung einiger Schwermineralpräparate der Fraktion 63–100 µm und der Auswertung von MLA aus dem Buntsandstein der Bohrung Wippershain 2/2014 (su)

Mikroskopische Auszählung (Angaben in %)					
Mineral	Wipp-SM2	Wipp-SM4		Wipp-SM7	Wipp-SM10
Quarz/Feldspat	17,6	15,0		22,1	35,0
Calcit	0,0	0,0		0,0	0,0
Dolomit	0,0	0,0		2,4	0,4
Glimmer	3,0	1,0		2,9	9,8
Apatit	7,6	4,7		18,8	14,8
Zirkon	31,0	53,8		15,2	9,8
TiO ₂ (Rutil/Anatas/Brookit)	19,1	9,2		2,9	2,9
Turmalin	1,4	2,0		2,0	1,6
Baryt	0,1	0,0		0,0	0,9
Monazit	9,1	0,1		0,0	0,0
Opakminerale	9,7	13,9		33,8	24,8
Sonstiges	1,5	0,4		0,0	0,0
Total	100,0	100,1		100,1	100,0

MLA (Mineral Liberation Analysis, Angaben in %)					
Mineral	Wipp-SM2	Wipp-SM4	Wipp-SM6	Wipp-SM7	Wipp-SM10
Quarz	13,67	12,32	31,26	11,54	18,22
Feldspat	3,92	2,66	7,53	7,70	5,23
Calcit	0,00	0,00	0,73	0,00	0,04
Dolomit	0,00	0,00	0,00	4,46	2,40
Glimmer	3,01	1,00	3,18	12,86	7,57
Apatit	7,59	4,66	1,54	11,40	17,71
Zirkon	31,04	53,78	7,77	21,16	11,11
Rutil/Anatas	19,09	9,19	0,88	8,88	8,64
Turmalin	1,35	1,97	0,23	1,68	1,63
Baryt	0,08	0,00	44,81	0,00	3,84
Monazit	9,06	0,12	0,01	0,26	0,11
Opakminerale	9,66	13,88	1,77	19,86	22,97
Sonstige	1,54	0,42	0,34	0,15	0,54
Total	100,00	100,00	100,05	100,00	100,00

Tabelle 3

Mittelwerte der ZTR:A-Verhältnisse und daraus ermittelte M-Faktoren (mit jeweiligen Schwankungsbereichen) für die verschiedenen Buntsandstein-Formationen der untersuchten Bohrungen

Formation	Fraktion 63–100 µm			Fraktion 100–200 µm			Anzahl Proben	
	ZTR:A	M-Faktor	Anzahl Proben	ZTR:A	M-Faktor	Anzahl Proben		
Solling (smS)	94,3 (94...95)	5,7 (5...6)	16,6 (15,7...19)	3	65,3 (41...98)	34,7 (2...59)	1,9 (0,7...49)	3
Hardeggen (smH)	68,1 (43...90)	31,9 (10...57)	2,1 (0,7...9)	7	67,9 (36...84)	32,1 (16...64)	2,1 (0,6...5,3)	7
Detfurth (smD)	62,8 (40...91)	37,2 (9...60)	1,7 (0,7...10,1)	4	76,2 (60...88)	23,8 (12...40)	3,2 (1,5...7,3)	4
Volpriehausen (smV)	35,0 (24...53)	65,0 (47...76)	0,5 (0,3...1,1)	5	45,5 (34...57)	54,5 (43...66)	0,8 (0,5...1,3)	2
Bernburg (suBG)	33,0 (21...45)	67,0 (55...79)	0,5 (0,3...0,8)	2	25,0 (17...33)	75,0 (67...83)	0,3 (0,2...4,5)	2
Calvörde (suC)	43,3 (23...58)	56,7 (42...77)	0,8 (0,3...1,4)	3	39,7 (28...49)	60,3 (51...72)	0,7 (0,4...1,0)	3

K+S Gruppe

GEMEINSAME INITIATIVE VON WIRTSCHAFTSUNTERNEHMEN IN HESSEN

Mehrere Unternehmen aus der Region Kassel haben am 26. Oktober 2018 ein Zeichen für Weltoffenheit, Vielfalt und Toleranz gesetzt. In großflächigen Zeitungsanzeigen bekennen sich die Unternehmen zu Respekt und Rechtsstaatlichkeit und rufen zu einer Initiative „Offen für Vielfalt – Geschlossen gegen Ausgrenzung“ auf. Getragen wird diese von der HÜBNER-Gruppe, der K+S Aktiengesellschaft, der Kasseler Sparkasse, der Schaltbau Bode Gruppe, sowie vom Erdgas- und Erdölproduzenten Wintershall. „Wir sind uns der Verantwortung für unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, für unser Ansehen als Unternehmen und für unsere Region bewusst. Die Ereignisse der vergangenen Monate – Angriffe auf Menschen, die aufgrund ihrer

Herkunft, ihrer Religion oder ihres Einsatzes für Demokratie und Vielfalt zu Zielscheiben wurden –, das alles können wir nicht tolerieren“, heißt es in der gemeinsamen Erklärung zur Initiative: „Unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind so vielfältig und verschieden wie die Berufe, die sie bei uns ausüben. Sie sind entscheidend für den Erfolg unserer Unternehmen – und noch wichtiger: All diese Kolleginnen und Kollegen sind wertvolle Mitglieder unserer Gesellschaft!“

FÜR EINE WELT OHNE HUNGER

Auf Einladung von K+S kamen am Welternährungstag (16. Oktober) internationale Experten und Vordenker, Stakeholder aus Politik, Wissenschaft und NGOs sowie Fachleute der Entwicklungszusammenarbeit und Vertreter von Start-up-Unternehmen zum dritten FUTURE FOOD FORUM in Berlin zusammen. Im Mittelpunkt der Vorträge und Präsentationen standen

nachhaltige Strategien zur Sicherung der Welternährung.

Weltweit hungern immer noch rund 821 Millionen Menschen. Die Mehrzahl der Experten ist dennoch zuversichtlich, dass mit Hilfe der Landwirtschaft das Ziel einer ausreichenden Ernährung für alle Menschen erreicht werden kann. „Auch weil es erreicht werden muss!“ sagte der Gastgeber der Tagung, K+S-Vorstandsvorsitzender Dr. Burkhard Lohr. „Eine unsichere Ernährungslage untergräbt Frieden und Sicherheit; sie hindert Menschen daran, ein gesundes Leben zu führen, und beschränkt sie darin, ihre Fähigkeiten zu entwickeln und einer Arbeit nachzugehen. Gesicherte Ernährung hat einen hohen, auch volkswirtschaftlichen Nutzen“, stellte Lohr in der Begrüßung der rund 250 Gäste fest.

Das FUTURE FOOD FORUM wird alle zwei Jahre am Welternährungstag von der K+S Aktiengesellschaft ver-

anstaltet und bringt Akteure aus der internationalen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zusammen.

Als Düngemittelproduzent sieht sich K+S bei der Bewältigung des von der UNO ausgegebenen „Zero-Hunger“-Ziels, nach dem der weltweite Hunger bis zum Jahr 2030 besiegt sein soll, auch selbst als Teil der Lösung. Denn die von K+S auf Basis der Mineralien Kali und Magnesium hergestellten Düngemittel ermöglichen bei ausgewogener Anwendung erhebliche Ertragssteigerungen.

K+S STARTET ERSTMALS CROWDSOURCING-WETTBEWERB ZUR HALDENABDECKUNG

K+S hat sich ambitionierte Nachhaltigkeitsziele gesetzt. Jetzt geht das Unternehmen einen neuen Weg, um die Erreichung dieser Ziele im Bereich Umwelt voranzutreiben: Mit der „Brine Challenge“ sucht K+S nach neuen Ansätzen, Konzepten und Impulsen, um die Salzabwässer der Rückstandshalden deutlich zu reduzieren.

Im Rahmen der international angelegten „Brine Challenge“ – eines Crowdsourcing-Wettbewerbs – hat K+S internationale Wissenschaftler, Unternehmen, Institute aber auch Laien aufgerufen, innovative Vorschläge für die Abdeckung der Rückstandshalden bis Dezember 2018 einzureichen. Das Unternehmen will dadurch neue Denkansätze in die eigenen Verfahren einfließen lassen. Bis zu drei der besten Ideen werden im April 2019 prämiert.

„Mit Shaping 2030 haben wir uns zur Nachhaltigkeit, zu Innovationen und zum konstruktiven Dialog mit unseren Stakeholdern bekannt. All diese Absichten können wir in unserer Brine Challenge' ideal miteinander kombinieren“, sagt Mark Roberts, Chief Operating Officer von K+S.

Das Unternehmen arbeitet bereits seit längerer Zeit an dem langfristig

angelegten Vorhaben, die großen Rückstandshalden im Werra-Kalivier abzudecken. Damit sollen die stetig anfallenden salzhaltigen Abwässer, die durch Regen entstehen, deutlich reduziert werden. Die K+S-Experten haben in den letzten Jahren bereits vielversprechende Verfahren entwickelt, die teilweise auch schon erprobt und umgesetzt werden.

Personalien

Dr. Ulrich Lamp, bisher President und CEO der K+S Potash Canada GP, ist zum 1. Juli 2018 in den Ruhestand getreten. Während seiner 31-jährigen Tätigkeit für die K+S Gruppe – u. a. als langjähriger Geschäftsführer der K+S IT-Services in Kassel – hat Dr. Lamp wertvolle Beiträge zum Erfolg der Unternehmensgruppe geleistet. Zuletzt verantwortete er seit Mitte 2012 die Errichtung des neuen K+S-Kalilwerks Bethune in Kanada. **Sam Farris** hat ab dem 1. Juli 2018 die Funktion als President und General Manager Operations, Bethune für die K+S Potash Canada GP übernommen. Sam Farris ist seit dem 15.08.2011 für K+S tätig, zuletzt als Vice President und General Manager des Werks Bethune. In dieser neuen Funktion wird er K+S Potash Canada GP führen, sowie weiterhin als Leiter des Werks Bethune fungieren.

Dr. Martin Brown, Leiter Supply Chain Management der operativen Einheit Europa & Landwirtschaft, wird zusätzlich die Geschäftsführung der K+S Transport GmbH übernehmen. In dieser Rolle berichtet er direkt an **Alexa Hergenröther**, Bereichsvorstand der operativen Einheit Europa & Landwirtschaft.

Holger Seifart, aktuell Leiter Logistics Europe innerhalb der K+S Aktiengesellschaft sowie Geschäftsführer der K+S Transport GmbH, wird eine neue Funktion in der Einheit Strategy & Planning innerhalb der K+S Aktiengesellschaft übernehmen. In dieser

Rolle berichtet er direkt an Jan Wegner, Leiter Strategy & Development.

Steffen Brill, kommissarischer Leiter Procurement, Barge, Rail, Warehouse & Handling der K+S Aktiengesellschaft sowie Leiter Supply Chain Projects der K+S KALI GmbH, wird bis auf Weiteres die kommissarische Leitung der Einheit Logistics Europe innerhalb der K+S Aktiengesellschaft übernehmen. Hierbei berichtet er direkt an **Dr. Martin Brown**, Leiter Supply Chain Management der operativen Einheit Europa & Landwirtschaft.

Nach Abschluss der Neuorganisation und -strukturierung der Konzernkommunikation hat **Frauke Riva** die K+S Gruppe verlassen, um sich neuen beruflichen Herausforderungen zu widmen. **Oliver Morgenthal**, derzeit verantwortlich für Public Affairs, hat bis auf Weiteres die Leitung der Einheit übernommen, nachdem er bereits viele Jahre an der Spitze der Konzernkommunikation gestanden hatte.

esco – european salt company GmbH & Co. KG

SALDORO INFLUENCER EVENT MIT GRUBENFAHRT

„Vom Chefkoch des Atlantic-Hotels über den Profi-Pâtissier bis hin zu Food-Bloggern – im ersten SALDORO® Influencer Event in Leipzig und Bernburg sind unsere Influencer zu Fans geworden“, freut sich Svenja Eichenberg, Produktmanagerin für Verbraucherprodukte der esco. Unter dem Foodtrend-Thema „Swavory“ (Wortkreuzung aus „Sweet“ und „Savory“: süß und salzig) haben die Teilnehmer in Leipzig am 12. September 2018 gemeinsam gekocht und süß-salzige Speisen mit den SALDORO-Natursalzen kreiert. Zusammen mit den Influencern ging es für eine Grubenfahrt nach Bernburg. „Die Unter-Tage-Tour hat alle begeistert“, erklärt Natalie

Wabnitz, Produktmanagerin für Verbraucherprodukte.

K+S KALI GmbH

HALDENERWEITERUNG FÜR DEN KALISTANDORT HATTORF IST GENEHMIGT

Das Regierungspräsidium Kassel hat den Antrag auf Erweiterung der Rückstandshalde am Standort Hattorf (Philippsthal) des Werkes Werra genehmigt. Die damit bestehende Entsorgungssicherheit für feste Produktionsrückstände ist eine wesentliche Voraussetzung für den Betrieb des Kaliwerkes.

„Den Mitarbeitern des Standortes, aber auch dem ganzen Unternehmen gibt die jetzt erteilte Genehmigung ein gutes Stück Zukunftssicherheit“, betont K+S-Vorstandsvorsitzender Dr. Burkhard Lohr. „Sie bringt uns nach sieben Jahren intensiver Arbeit unserem Ziel, für die Rohsalzverarbeitung unsere volle Kapazität ohne Einschränkung durch Entsorgungsengpässe nutzen zu können, einen großen Schritt näher“, so Lohr weiter und ergänzt: „Ich bin zuversichtlich, dass wir auch in der Frage der Abwasserentsorgung auf einem guten Weg sind.“ Die jetzt erteilte Genehmigung bezieht sich auf eine rund 27 Hektar große Fläche, die sich nordwestlich an die bestehende Halde anschließt. Sie bietet Raum für fünf bis sechs Jahre. Darüber hinaus befindet sich die behördliche Prüfung des Antrages für die zweite Phase der Haldenerweiterung, die bis Anfang der 40er Jahre reichen soll, schon in Bearbeitung.

Mit der Beschüttung der Erweiterungsfläche konnte zeitnah begonnen werden, da die Vorbereitung der Fläche mit einer vorzeitigen Genehmigung bereits Anfang 2018 zugelassen worden war. Das ermöglichte es, im Rahmen eines standortbezogenen

Haldenkonzepts umfangreiche Vorarbeiten, unter anderem den Einbau einer Basisabdichtung und die Installation von Bandanlagen, zeitgerecht zu beginnen, so dass es nicht zu einer Produktionsunterbrechung kommt.

125 JAHRE KALIBERGBAU AN DER WERRA: DAS WERRATAL HAT DAS GROSSE JUBILÄUM GEFEIERT

Mit zahlreichen Aktionen und vielen Gästen hat das Werk Werra zusammen mit der Stadt Heringen (Werra) und dem Werra-Kalibergbau-Museum (WKM) Heringen vom 3. bis 7. Oktober 2018 125 Jahre Kalibergbau im Werratal gefeiert.

Den Auftakt der Festwoche „125 Jahre Kalibergbau im Werratal“ bildete die Enthüllung eines Förderwagens im Ortseingangsbereich von Kaiseroda, wo im Oktober 1893 der erste Kalifund im Werra-Kalirevier bestätigt wurde. Mit dabei: Landrat Reinhard Krebs, Johannes Zapp, Leiter Gruben des Werkes Werra, sowie weitere Vertreter des Werkes (Werkleitung, Managementteam, Betriebsrat), des Ortsvereins Kaiseroda sowie der Medien aus Hessen und Thüringen. „Wir wollen hier noch bis 2060 Kali abbauen“, sagte Zapp.

Neben zahlreichen weiteren Aktionen (symbolischer Fackellauf per Rad; musikalisches Oktoberfest; Führungen durch einen Produktionsbetrieb; ein Fußballturnier sowie ein Festumzug in Heringen) bildete der 5. Oktober den Höhepunkt der Festwoche. An diesem Tag vor genau 125 Jahren wurde der erste regionale Kalifund beurkundet, Anlass für einen Festakt mit viel Prominenz aus Politik und Wirtschaft im Bürgerhaus in Heringen. Mit dabei die beiden Ministerpräsidenten aus Hessen und Thüringen sowie der Bundesarbeitsminister. Zudem gab es eine Talkrunde und Darbietungen lokaler Vereine und Musiker.

Im Verlauf der Festwoche wurden die Fördergerüste der aktiven Standorte nacheinander farbig angeleuchtet und bildeten auf diese Weise einen weithin sichtbaren Blickfang in den Abendstunden.

HESSISCHER TAG DER NACHHALTIGKEIT: K+S KALI GMBH ENGAGIERT SICH FÜR NACHHALTIGEN LEBENSSTIL

Verantwortungsvolles Handeln gehört seit langem zu den Leitprinzipien der K+S KALI GmbH. Deshalb unterstützte das Unternehmen den vom Land Hessen ausgerufenen Tag der Nachhaltigkeit am 6. September 2018. Zahlreiche engagierte Mitarbeiter beteiligten sich an den verschiedenen Aktionen, machten somit auf das wichtige Thema aufmerksam und zeigten, was hinter dem Gedanken eines nachhaltigen Lebensstils steckt. Am Tag der Nachhaltigkeit boten einige K+S KALI-Standorte in Hessen Mitarbeitern und Interessierten einen kleinen Einblick in das Thema. Beispielsweise lernten Interessierte in Philippsthal, Friedewald und Oberlengsfeld eine Auswahl der vielfältigen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen der K+S KALI genauer kennen – beim Erkunden einmaliger Biotope. Das Kaliwerk Werra lud zum körperlichen Einsatz ein: „Plogging“ ist ein neuer Trend, der Joggen und gleichzeitiges Müllaufsameln miteinander verbindet.

Das Land Hessen rief im Zuge des diesjährigen Nachhaltigkeitstages zu einem Wettbewerb auf. Kommunen, Vereine, Schulen und Unternehmen haben durch zahlreiche Veranstaltungen und Aktionen das Thema Nachhaltigkeit erlebbar und spürbar gemacht. Zahlreiche K+S KALI-Mitarbeiter in Hessen engagierten sich und reichten die unterschiedlichsten Beiträge ein: vom eigenen Kartoffelacker über Artenschutzprogramme bis hin zu Aktionen für Kinder und Senioren.



Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.

Herausgeber

Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.

Reinhardtstraße 18A

10117 Berlin

Tel. (030) 8 47 10 69.0

Fax (030) 8 47 10 69.21

E-Mail: info.berlin@vks-kalisalz.de

www.vks-kalisalz.de