

# Kali und Steinsalz



## Steinhage

Rohstoffinitiative der Europäischen Kommission

## Knudsen

Integrierte Vorhabenunsicherheit:  
Der Entwurf eines Umweltgesetzbuchs

## Resch

Vom Heil der salzarmen Kost: Glaube, Hoffnung, Evidenz

## Käding

Das Salinar der Danakil-Senke in NE-Äthiopien –  
Entstehung, Stoffbestand, Verbreitung, Vulkanismus  
und Tektonik

## Nitschke

Umbau des Schachtes Herfa auf Einsohlenbetrieb

#### **Steinhage: Raw Materials Initiative of the European Commission**

The European Commission has launched an initiative in order to develop a coherent political approach ensuring the supply of raw materials for the European industry as well as identifying appropriate measures for cost-effective, reliable and environmentally friendly access to and exploitation of natural resources, secondary raw materials and recyclable waste, especially concerning third-country markets.

A communication is planned for autumn 2008. The European Commission invites the European industries to participate in the current discussion and to propose concrete measures to improve the competitiveness of the non-energy extractive industries. The VKS is actively involved in influencing the framework conditions for our industry.

#### **Knudsen: The draft for a unified codification of environmental laws (Umweltgesetzbuch)**

The German government plans to bring the national environmental laws together in one codification: Umweltgesetzbuch. A first draft was presented by the national ministry for environment end of 2007. In spite of claiming that only facilitation of the administrative process is on the agenda, the Ger-

man industry expects some severe changes to the worse. The short article presents an overview on the latest discussion and deals with a few examples for the commodity industry.

#### **Resch: The salutary effects of dietary salt restriction: faith, hope, evidence**

Salt attracts water; more water in the circulation means an increase in pressure; high blood pressure promotes disease, kills. These three statements are each so convincingly logical that they have been provoking „one of the longest running, most vitriolic, and surreal disputes in all of medicine“. There is a marked bias in favor of studies supporting the prevailing dogma, even if the methodology is inappropriate. Guided by the hope that what is logical must be right, salt restriction is being preached as one of the core issues to improve health at population level.

Studies with contradictory results receive little recognition, although an unprejudiced analysis of the existing reliable scientific evidence shows that the postulated causal relationship is, except for the special case of „salt sensitive hypertension“ in fact far from being established. Studies clearly show that educational interventions are virtually without effect, that dietetic salt restriction is accompanied by a relevant increase

of other, unambiguous cardiovascular risk factors, and that clinically relevant chronic salt deficiency is a common among the elderly. Pronounced sweating may cause acute, threatening salt deficiency in healthy individuals, too.

Fair reasoning on whether less salt means more health means admitting that, if a „reasonable“ salt intake can be assumed, this is -at best- an open question.

#### **Käding: The Salt of the Danakil Depression in NE Ethiopia – Evaporation, stratigraphy, volcanism and tectonic**

The potash deposit in NE Ethiopia is known since the exploration of The Ralph M. Parsons Company in the fifties of the last century. HOLWERDA and HUTCHINSON (1968) described these investigations. Also 1968 Salzdettfurth AG started its exploration for a possible potash solution mining in the Danakil Depression. In 1968 and 1969 the author worked with this company in the field during two periods. However up to now no commercial production is in operation.

In the central basin of the Danakil Depression more than 1,200 m salt was accumulated during the Quaternary. At the western margin exists a relatively undisturbed but less thick evaporate strata. The data shown here give a new imagination of the evolution of the Danakil

salt. A tentative reconstruction of the salt sedimentation processes based on the bromine contents in the evaporites of the depression is presented. Some 75 samples were taken from the completely cored Danakil salt in the Salzdettfurth AG (SAG) 4 well west of the central Erta Ale range and just south of the volcano Kebrtit Ale. The salt is geologically very young and was deposited during the global Ice Age 150 ka ago (Saale glacial stage in northern Europe). Up to now the Danakil salt is not sealed by clay or covered by other sediments.

The theoretical succession of potash salt crystallization is based on studies of BRAITSCH (1962) and HERRMANN (1991). There for it is assumed that the kainite member of the Danakil Potash Zone was formed under primary sedimentation conditions of normal seawater evaporation. The upper part of the Potash Zone is in some places recrystallized and the potash minerals are partly dissolved during the hydrothermal phase of the volcanism, which led to a barren zone in the SAG 4 well. The generated magnesium and potassium rich brines were displaced out of the Potash Zone. Absence of the Potash Zone has been attributed to both primary non-deposition and secondary changes. Sylvite is of secondary origin, formed by selective leaching of  $MgCl_2$  from

carnallite. The sylvinite member of the Potash Zone in the western margin is overlain by the Upper Halite which amounts 100 m but is in the centre of the basin more than 1,000 m thick.

Asymmetric subsidence in the centre of the basin along the NNW striking main fault developed a basin for the accumulation of the thick evaporite section in a very short time period of roughly 30 to 35 ka with subsidence rates of 3 to 4 cm/a.

During evaporation, bromine does not form separate compounds, but crystallizes isomorph with chlorides. Halite will crystallize throughout the later stages and the bromine contents in the brine and in the sedimented salt is growing during potash crystallization. The bromine/chloride ratio gradually increases in the residual liquid. The bromine contents of halite therefore increases steadily toward the top of a primary sequence. Thus, bromine may prove to be a key element in studies of the origin of potash beds.

A selection of numerous data on bromine is given in the fig. 15. The Br-contents of NaCl in the SAG 4 well continuously increase to 0,047 % of the halite in the carnallite member in the middle part of the Potash Zone. In the Upper Halite contents of less than 0,006 % Br/NaCl are very low in the

succession and are in the range of NaCl which crystallizes at the beginning of salt precipitation from normal seawater.

In fig. 14 the SAG 4 well with gamma ray and neutron gamma logs and the detailed stratigraphic units of the Danakil salt including the bromine distribution is presented.

All photographs in this paper have been taken by the author in the years 1968 and 1969.

#### **Nitschke: Reconstruction of the Herfa shaft to single-level-operation**

During the summer of 2006, the Herfa shaft at the Werra mine run by K+S KALI GmbH was reconstructed. This involved reducing the in-shaft operations to single-level-operation. Originally the shaft operated from two sub-level horizons. Following the reconstruction works the shaft now operates to the 1st level only. The project was carried out to schedule, budget and with no accidents.

Käding: Salzaufbruch am Kebrit-Ale

## Abstracts

Seite 2

## Editorial

Seite 5

## Steinhage

Rohstoffinitiative der Europäischen Kommission

Seite 6

## Knudsen

Integrierte Vorhabenunsicherheit:  
Der Entwurf eines Umweltgesetzbuchs

Seite 8

## Resch

Vom Heil der salzarmen Kost: Glaube, Hoffnung, Evidenz

Seite 10

## Käding

Das Salinar der Danakil-Senke in NE-Äthiopien –  
Entstehung, Stoffbestand, Verbreitung, Vulkanismus  
und Tektonik

Seite 18

## Nitschke

Umbau des Schachtes Herfa  
auf Einsohlenbetrieb

Seite 36

## Nachrichten aus den Unternehmen

Seite 44

## Impressum

Seite 46



**Sehr geehrte Leserinnen und Leser,**

Deutschland ist ein rohstoffreiches Land!

Diese Aussage mag Sie zunächst etwas verwundern. Jedoch werden in den aktuellen Diskussionen um Rohstoffe und Ressourcen in erster Linie die energetischen und die metallischen Rohstoffe in den Mittelpunkt gerückt. Oftmals werden die mineralischen Rohstoffe wie Salze, Industriemineralien, Baustoffe, Steine, Erden vernachlässigt oder einfach vergessen.

Jedoch sind Kali- und Magnesiumsalze, welche überwiegend als Dünger eingesetzt werden, für die Sicherstellung der Ernährung unersetzbar. Auf Auftausalz kann bei der Erhaltung der Sicherheit im winterlichen Verkehr nicht verzichtet werden. Kies, Sand, Naturstein, Kalk und Tone finden beispielsweise im Hochbau, in Verkehrswegebau und -erhaltung, in der Glas- und Keramikherstellung und in anderen Bereichen Verwendung. Schwerspat, Flussspat, Bentonit, Kaolin und andere Industriemineralien werden z. B. in der chemischen, metallverarbeitenden, Elektro- und Autoindustrie eingesetzt und bilden die Basis für eine breite Palette von Produkten oder Füll- und Bindemitteln.

Die Rohstoffe werden für die Deckung des heimischen Bedarfs und teils darüber hinaus für den Export in Deutschland gewonnen. Hier sind wir nicht wie in den anderen Bereichen der Versorgung mit Energierohstoffen und Metallen abhängig von Drittländern. Wir können behaupten, dass in Deutschland die rohstoffgewinnende Industrie die vollständige und ressourcenschonende Nutzung der Vorkommen durch innovative und effiziente Technologien stetig verbessert hat und im internationalen Vergleich an der Spitze steht. Umso wichtiger ist, dass nun in Deutschland und in Europa Initiativen zu Rohstoffbezug, -gewinnung und Versorgungssicherung oberste Priorität haben. Eine der Initiativen ist die europäische Rohstoffinitiative, über die in diesem Heft von Herrn Manfred Steinhage berichtet wird. Eines der Ziele muss der Erhalt verlässlicher Rahmenbedingungen für die heimische Rohstoffgewinnung sein.

Liebe Leser, wie gefällt Ihnen eigentlich diese Zeitschrift? Wir würden gerne erfahren, wie Sie unsere Zeitschrift sehen, was Sie von ihr erwarten, wie Sie sie nutzen und wie wir sie attraktiv gestalten und ggf. weiterentwickeln können. Bitte helfen Sie uns dabei, indem Sie sich an der beigefügten Umfrage beteiligen. Herzlichen Dank!

■ **Hartmut Behnsen**

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

Ihr

*Hartmut Behnsen*

# Rohstoffinitiative der Europäischen Kommission



Manfred Steinhage,  
Leiter des VKS-Büros in Brüssel

Das Thema Sicherung der Versorgung der europäischen Wirtschaft mit mineralischen Rohstoffen ist auch in Brüssel weiter in das politische Bewusstsein gerückt. Es zählt mittlerweile zu den Prioritäten der Europäischen Kommission, insbesondere der dafür zuständigen Generaldirektion Unternehmen und Industrie von Kommissar Günter Verheugen.

Der Rat für Wettbewerbsfähigkeit (Binnenmarkt, Industrie und Forschung) hat am 21./22. Mai 2007 die Europäische Kommission aufgefordert, „bezüglich der Rohstoffversorgung der Industrie unter Einbeziehung aller relevanten Politikbereiche (Außen-, Handels-, Umwelt-, Entwicklungs-, Forschungs- und Innovationspolitik) einen kohärenten Politikansatz zu entwickeln und geeignete Maßnahmen für einen kostengünstigen, sicheren und umweltschonenden Zugang zu und eine ebensolche Nutzung von natürlichen Ressourcen, Sekundärrohstoffen und verwertbaren Abfällen aufzuzeigen, insbesondere im Hinblick auf Drittländer“. Kommissar Verheugen hat diesen Auftrag am 5. Juni 2007 bestätigt, als er das Arbeitsdokument „Analyse der Wettbewerbsfähigkeit der Rohstoffindustrie in der EU“ prä-

sentierte. Er betonte, dass er entschlossen sei, „die Bedingungen für die Deckung des Rohstoffbedarfs zu verbessern, sei dies nun in Europa selbst oder durch die Schaffung gleicher Wettbewerbsbedingungen bei der Beschaffung von Rohstoffen aus Drittländern“.

Für die Erarbeitung dieses Konzepts ist die Generaldirektion Unternehmen und Industrie der Europäischen Kommission federführend. Sie hat den Auftrag, eine Mitteilung zur Förderung der Rohstoffversorgung zu erarbeiten, die voraussichtlich im Herbst 2008 veröffentlicht werden soll. Das Konzept wird unter Beteiligung aller Betroffenen, der sog. Stakeholder, wie der anderen Generaldirektionen der Europäischen Kommission, der Vertreter der EU-Mitgliedstaaten, der Nichtregierungsorganisationen und der europäischen nichtenerge-

tischen Rohstoffindustrie, erstellt. In der EU-Arbeitsgruppe „Sustainability of the extractive industries“, an deren Sitzungen auch der VKS über den europäischen Verband Euromines teilnimmt, werden die Ziele und Inhalte der vorgeschlagenen Maßnahmen erörtert.

Mitte Januar 2008 hat die GD Unternehmen und Industrie eine Anhörung in Form einer Internetkonsultation gestartet. Die europäische Rohstoffindustrie war aufgerufen, sich daran bis zum 24. März 2008 zu beteiligen und konkrete Vorschläge zur Gestaltung des geforderten Konzepts einzubringen.

Das zu erstellende Konzept soll **fünf Bereiche** umfassen:

- Sicherung der Versorgung der europäischen Wirtschaft mit mineralischen Rohstoffen aus heimischen Quellen
- Sicherung einer nachhaltigen Versorgung mit Rohstoffen aus Drittländern
- Förderung des Aufbaus von Kapazitäten in Drittländern
- Förderung effizienter Ressourcennutzung
- Aufbau einer adäquaten Wissensbasis über mineralische Rohstoffe.

Im Rahmen der EU-Rohstoffinitiative fordert die deutsche rohstoffgewinnende Industrie, insbesondere folgende **Grundsätze** zu beachten:

- **Prinzip der nachhaltigen Entwicklung:** Das Prinzip der nachhaltigen Entwicklung muss konsequent im Rahmen des europäischen Rechtssetzungsprozesses umgesetzt werden. Ein Beispiel ist die Vogelschutz- und die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie. Hier ist eine Revision der Richtlinien dringend erforderlich, die darauf abzielt, soziale und wirtschaftliche Gesichtspunkte gleichrangig mit den ökologischen zu berücksichtigen. Die wirtschaftlichen Belange, insbesondere die der Rohstoffindustrie, müssen nicht nur in den Erwägungsgründen der o. a. Richtlinien erwähnt werden, sondern bereits bei dem Verfahren zur Ausweisung von Schutzgebieten beachtet werden und nicht erst später bei den restriktiv geregelten Möglichkeiten für Ausnahme genehmigungen.
- **Berücksichtigung der spezifischen Bedingungen der Rohstoffindustrie:** Die Bedeutung der rohstoffgewinnenden Industrie für die Versorgung der europäischen Volkswirtschaften mit mineralischen Rohstoffen wird oft nicht anerkannt und die besonderen Bedingungen unseres Sektors bei der Schaffung europäischer Regelungen nicht berücksichtigt. Eine Kernforderung besteht daher darin, die besonderen Bedingungen unserer Branche, wie die Standortgebundenheit, bei der Verabschiedung

von EU-Rechtsakten zum Umweltschutz zu berücksichtigen, um erforderliche Voraussetzungen für sachgerechte Planungs- und Genehmigungsverfahren auf nationaler Ebene zu schaffen.

- **Schaffung fairer Handelsbedingungen:** Geeignete und durchsetzbare handelspolitische Instrumente sollen dazu beitragen, dass die heimischen Rohstoffe und die daraus hergestellten Produkte auf den internationalen Märkten zu gleichen und fairen Wettbewerbsbedingungen vertrieben werden können bzw. nicht durch unfaire Handelspraktiken Dritter benachteiligt werden.

Der VKS ist an der Gestaltung des Konzepts zur Förderung der Wettbewerbsfähigkeit der rohstoffgewinnenden Industrie, insbesondere der deutschen Kali- und Salzindustrie, im Rahmen der EU-Rohstoffinitiative gemeinsam mit den Mitgliedern aktiv beteiligt. Er hält die EU-Rohstoffinitiative für eine gute Möglichkeit, um vor allem auf die Bedeutung der Rohstoffgewinnung in Europa, und insbesondere in Deutschland, für die Versorgung und Entwicklung der europäischen Volkswirtschaften, die Wettbewerbsbedingungen der heimischen nichtenergetischen Rohstoffindustrie und die erforderliche Schaffung verlässlicher gesetzlicher Rahmenbedingungen für die rohstoffgewinnende Industrie in der EU aufmerksam zu machen.

# Integrierte Vorhabenunsicherheit: Der Entwurf eines Umweltgesetzbuchs



Dr. Björn Knudsen  
Rechtsanwalt, VKS Berlin

Der Koalitionsvertrag von CDU und SPD aus dem Jahr 2005 sieht vor, das deutsche Umweltrecht grundlegend neu zu ordnen; ein Projekt, das bereits seit Jahrzehnten in Fachkreisen diskutiert wird. Die Bundesregierung möchte mit der Kodifizierung aller umweltrelevanten Einzelgesetze in einem Umweltgesetzbuch (UGB) unter anderem „ein hohes Schutzniveau für Gesundheit und Umwelt mit möglichst unbürokratischen und kostengünstigen Regelungen erreichen und so die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft stärken“.

Die Formulierung lässt erahnen, welch Spagat hier angestrebt wird. Insbesondere von Umweltverbänden wird im Zuge des Gesetzgebungsverfahrens massiv für „anspruchsvolle Umweltstandards“ geworben (siehe etwa Positionspapier des Ökoinstituts: [www.umweltgesetzbuch.org](http://www.umweltgesetzbuch.org)).

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) hat Ende 2007 einen Referentenentwurf für einige wesentliche Teile vorgelegt; das gesamte Umweltrecht in einem Zuge zu verarbeiten schien nicht möglich. Das „UGB 2009“ soll neben den allgemeinen Vorschriften auch das Recht der Wasserwirtschaft und des Naturschutzes enthalten. „Das Umweltgesetzbuch wird die Rechtsanwendung vereinfachen und zum Bürokratieabbau beitragen“, liest man auf der Themen-Homepage des BMU ([www.umweltgesetzbuch.de](http://www.umweltgesetzbuch.de)).

Die Aussage der Bundesregierung, man wolle durch die einheitliche Kodifikation eine einfachere Anwendung erreichen, ohne die bestehenden Regelungen inhaltlich zu ändern, erweist sich bei näherem Hinsehen als unzutreffend. Man könnte das Vorhaben mit dem Bau eines großen Gebäudes aus den Steinen vieler kleinerer Gebäude vergleichen: Die Nutzfläche bleibt gleich, aber niemand erkennt die Räume wieder.

Aus weiten Teilen der Wirtschaft wird bereits fundamentale Kritik geäußert. Der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) befürchtet „teils erhebliche Verschärfungen zu Lasten der Industrie“, und auch aus den Reihen der rohstoffgewinnenden Wirtschaft werden zahlreiche Bedenken vorgetragen.

Dies wird verständlich, wenn man sich näher mit einigen Details des neuen UGB befasst. Zentrale Rechtsfigur ist die sogenannte Integrierte Vorhabengenehmigung (IVG), die ein einheitliches Verwaltungsverfahren für alle umweltrelevanten Vorgänge etabliert („Buch I – Allgemeine Vorschriften“).

Es ist ein „vor die Klammer“ der Fachgesetze gezogenes Verfahren, das dem deutschen Recht bislang unbekannt ist. Die neue IVG arbeitet mit derartig komplexen, kaskadenartigen Verweisen, dass selbst Experten bislang kaum sagen können, inwieweit sich dies von bewährten Verfahren – beispielsweise nach Bundesimmissionsschutzgesetz – unterscheidet. Hinzu kommt, dass mit der IVG zahlreiche neue Rechtsbegriffe eingeführt werden. Diese sind weder im Vollzug noch in der Rechtsprechung erprobt, sodass auf Jahre hinaus mit Rechtsunsicherheiten und unvermeidlichen Gerichtsverfahren gerechnet werden muss.

Ein Beispiel für eine solche Neuschöpfung ist der Ausdruck „Prinzipien zum Schutz von Mensch und Umwelt“.

(§ 2 UGB I): Zur Förderung einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung sollen 1. Umweltgüter und sonstige Ressourcen, die sich nicht erneuern, geschont oder sparsam genutzt werden, [...] Hierzu tragen private und öffentliche Unternehmen, Behörden und sonstige Einrichtungen auch durch Maßnahmen umweltgerechter Unternehmensführung bei.

Als „Prinzip“ ist dies im deutschen Recht bislang unbekannt; eine inhaltlich vergleichbare Formulierung findet sich lediglich im Bundesnaturschutzgesetz als „Grundsatz des Naturschutzes“. Die „Prinzipien“ sollen nun für alle einschlägigen Vorhaben gelten, sodass kaum vorhersehbar ist, welche konkreten Rechtsfolgen sich hieraus ergeben werden. Auffällig ist zudem, dass an keiner Stelle eine Abwägung zu ökonomischen Belangen festgeschrieben ist – bislang Konsens im Umweltrecht. Stattdessen wird von „umweltgerechter Unternehmensführung“ gesprochen – ein nicht definiertes Begriffspaar, das Eingriffe in eigenverantwortliche unternehmerische Entscheidungen befürchten lässt.

Ähnliche Bedenken entstehen aus einer Regelung im dritten Buch des UGB („Naturschutz“). Im (noch aktuellen) Bundesnaturschutzgesetz ist eine Ausgleichsregelung für die Gewinnung von Bodenschätzen vorgesehen (§ 2 I Nr. 7 BNatSchG), die eine Renaturierung nach vorübergehender Beeinträchtigung

bei der Gewinnung zulässt. Eine solche Bestimmung fehlt im entsprechenden Teil des UGB und ist auch im allgemeinen Teil (s. o.) nicht zu finden: eine eindeutige Verschlechterung der Gesetzeslage für die betroffenen Unternehmen.

Das für den Kali- und Salzbergbau entscheidende Bergrecht mit dem derzeitigen Bundesberggesetz findet sich nicht als Teil des knapp 500-seitigen Entwurfs des Ministeriums. Eine Einbeziehung wird wohl auch in dieser Legislaturperiode nicht erfolgen. Vorerst wird es also grundsätzlich beim bestens eingeführten Betriebsplanverfahren der Bergbehörde anstelle der IVG bleiben, wie folgende Ausnahme formuliert:

§ 39 Absatz 2 UGB I: Die Vorschriften dieses Kapitels gelten nicht für [...] 3. Anlagen des Bergwesens oder Teile dieser, soweit sie unter Tage errichtet und betrieben werden, [...]

Das bedeutet, dass Anlagen des Bergwesens in dieser – engen – Definition nicht nach UGB zu genehmigen sind. Allerdings steckt auch hier der Teufel im Detail, denn für die Verfahren mit Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und nach UGB II (Wasserrecht) ist wiederum die IVG vorgesehen. Diese (Betriebs-) Teile wären also nach dem neuen Verfahren zu beantragen, sodass ein „doppeltes“ Genehmigungsverfahren erforderlich sein könnte – einmal bergrechtlicher Betriebsplan, einmal nach IVG. Welche Behörde dann jeweils zuständig sein wird, ist derzeit ebenfalls noch völlig unklar. Das BMU teilt dazu lapidar mit, dass die Ausfüh-

rung von Gesetzen Ländersache sei. Im Übrigen haben sich auch bei Voraussetzungen und Umfang der UVPn für die Unternehmen nachteilige Veränderungen „eingeschlichen“. Zum einen wird durch § 81 UGB I die Beurteilungsgrundlage für Änderungsvorhaben erweitert, sodass künftig zusätzliche UVPn notwendig werden. Zum anderen wird nach § 61 in bestimmten Fällen nunmehr zusätzlich eine Öffentlichkeitsbeteiligung notwendig.

Die Liste der Beispiele mit negativen oder zumindest unklaren Detailveränderungen ließe sich fast beliebig fortsetzen. Die deutsche Wirtschaft und ihre Vereinigungen – darunter VKS und VRB – sehen insgesamt die Tendenz zur Schaffung einer „ökologischen Industriepolitik“, durch die der Staat Innovationen in eine bestimmte Richtung lenken will.

Das vorgegebene Ziel, die Rechtsanwendung deutlich zu vereinfachen, ist dagegen nicht erkennbar. Bis zum Ende der Legislaturperiode soll das Gesetz verabschiedet sein – nach Ansicht von Experten ein äußerst ambitionierter Zeitplan, der wenig geeignet scheint, die zahlreichen, auch handwerklichen Mängel des Entwurfs noch zu korrigieren, obwohl erste kritische Stimmen auch aus den Ministerien kommen.

Der VKS wird die weitere Entwicklung im Sinne seiner Mitglieder und Partner aktiv begleiten. Spätestens 2010 wird man dann wohl Erfahrungen mit dem neuen Rechtsinstrument der Integrierten Vorhabengenehmigung sammeln können – erst einmal außerhalb des Bergrechts.

# Vom Heil der salzarmen Kost: Glaube, Hoffnung, Evidenz



Prof. Dr. med. Karl-Ludwig Resch,  
Geschäftsführer Deutsches Institut  
für Gesundheitsforschung gGmbH

Salz bindet Wasser; mehr Wasser in einem Gefäßsystem bedeutet höheren Druck; hoher Blutdruck macht krank, ist lebensgefährlich. Diese drei Aussagen sind jede für sich so logisch, dass sie den „giftigsten und surrealsten Kreuzzug in der gesamten Medizin“ auslösten. Ergebnisse von Studien, die diese Logik stützen, haben Rückenwind, auch wenn sie methodisch ungeeignet sind. In der Hoffnung, dass, was logisch ist, auch richtig ist, wird eine erhebliche Salzrestriktion plakativ als eine der entscheidenden Maßnahmen zur Verbesserung der Gesundheit in der Bevölkerung propagiert. „Störende“ Studien mit anderen Ergebnissen finden kaum adäquate Beachtung. Dabei zeigt eine unvoreingenommene Analyse der tatsächlich vorliegenden, belastbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse, dass der postulierte allgemeingültige Kausalzusammenhang bis auf den Sonderfall des sog. „salzsensitiven“ Bluthochdrucks alles andere als gesichert ist. Studien zeigen hingegen, dass edukative Maßnahmen offensichtlich weitestgehend wirkungslos sind, dass eine erhebliche Salzreduktion mit einer relevanten Zunahme anderer, eindeutig nachgewiesener kardiovaskulärer Risikofaktoren einhergeht und dass ein klinisch relevanter, chronischer Salz-mangel gerade bei älteren Menschen ein häufiger Befund ist. Auch ausgeprägtes Schwitzen kann selbst beim Gesunden zu einem akuten, bedrohlichen Salz-mangel führen. Wer redlich argumentiert, muss feststellen, dass die Frage, ob weniger Salz mehr Gesundheit bedeutet, bestenfalls offen ist – einen „vernünftigen“ Kochsalzkonsum vorausgesetzt.

Die Diskussion um die Auswirkungen einer „kochsalzreichen“ oder „kochsalzarmen“ Ernährungsweise auf den Blutdruck dauert seit Jahrzehnten an, geprägt von Kampagnen, die der Lancet schon vor über 20 Jahren als „Glaubenskreuzzüge“ charakterisierte. In einem 1998 erschienenen, bemerkenswerten Artikel in der Nr. 1 aller naturwissenschaftlichen Fach-journale, Science, wurde dieser „Kreuzzug“ gar als „der giftigste und surrealste in der gesamten Medizin“ bezeichnet [1]. Seither scheint sich nichts geändert zu haben. Wo es an Evidenz mangelt, werden persönliche Glaubenssätze als Evidenz ausgegeben. Interessanterweise wird hier die Brechstange ganz eindeutig von den Salzgegnern angesetzt, während die Minderheit derer, die sich in ihren Statements auf belegte Fakten beschränken, sich meist einer wesentlich differenzierteren, zurückhaltenderen Diktion bedient [2].

## Glaube

So wurde, unterstützt von einem der militantesten Kreuzritter gegen das Salz, dem Londoner Kardiologen Graham A. MacGregor, vor kurzem von der britischen Lebensmittelüberwachungsbehörde FSA (Food Standards Agency) die Kampagne „Sid The Slug“ gestartet, in der mit einem Etat von über 4 Millionen £ die Bevölkerung vor den drohenden Gefahren des Killers Salz gewarnt werden sollte [3]. Motto: „Was Schnecken im Garten umbringt, bringt auch Dich um“. Während diese Botschaft die Medien beherrschte, wurde die neutrale Analyse dieser Kampagne nur in Fachkreisen, etwa der Jahrestagung der britischen Society for Social Medicine diskutiert: „Es ist unwahrscheinlich, dass die 4 Milli-



Abb. 1: Seit Jahren wird eine hitzige Debatte um die Gefahren des Kochsalzkonsums geführt. Selbst in angesehenen Journalen finden sich immer wieder sensationsträchtig aufgemachte Meldungen, die vor dem „Risikofaktor Kochsalz“ warnen und die Bevölkerung pauschal zum Salzsparen aufrufen / *For years already, the risks of salt intake are vividly discussed. Even in renowned magazines you can read sensation-seeking messages warning of „salt being a risk factor“ and categorically appealing to the public to economize salt*

onen Pfund für Sid the Slug einen positiven Beitrag zur Gesundheit der Bevölkerung leisten können“ [4]. Auf diese Unausgewogenheit in der Berichterstattung machten die Autoren einer Meta-Analyse zum Thema bereits im Jahr 1996 in der renommierten amerikanischen Fachzeitschrift JAMA aufmerksam: „... kleine Studien, die über eine Reduktion des Blutdrucks berichten, wurden besonders häufig publiziert.“ [5]. In dieses Bild passt auch, dass die Autoren einer Publikation [6], in der darüber berichtet werden sollte, dass in der renommierten holländischen „Rotterdam-Studie“ kein Zusammenhang zwischen Salzkonsum und Mortalität zu beobachten war, erhebliche Schwierigkeiten mit der Veröffentlichung hatten (mündlich berichtet).

### Hoffnung

Jüngstes Beispiel dafür, wie tendenziös selbst in renommierten Journalen mit diesem Thema umgegangen wird, ist der kürzlich erschienene, vielbeachtete Beitrag von Asaria et al. [7] in Europas Topjournal, dem britischen Lancet, zur „Prävention chronischer Erkrankungen“, in denen dezidiert auf Tabak und Salz eingegangen wird. Dabei werden ein „natürlicher“ Nahrungsbestandteil und ein „unnatürliches“ Genussgift gegenübergestellt, bei dem es nur bei dem einen, dem Tabak, erdrückende Beweise für die gesundheitsschädigenden Wirkungen gibt. Die „Zwei Meta-Analysen zu Langzeit-Wirkungen einer Salzreduktion“, auf die Bezug genommen wird, stützen sich auf 2 Cochrane-Reviews [8,9] mit mittleren Beobachtungszeiten

von gerade einmal 8 Tagen bzw. 4 Wochen bei Normotonikern und 4 bzw. 6 Wochen bei Hypertonikern. Neben vielen anderen Ungereimtheiten fällt auf, dass das Berechnungsmodell sich im Wesentlichen auf Querschnittsdaten aus den frühen 90er Jahren stützt (aus denen selbst sich keine Kausalität ableiten lässt). Präsentiert wurde eine imposante Senkung der kardiovaskulären Mortalität um 13,4 % (bzw. 23,7 %) bei einer 30%igen Senkung der Salzaufnahme (bzw. Reduktion auf 5g/Tag) und einem dabei angenommenen Rückgang des systolischen Blutdrucks um 3,4 (bzw. 6,2) mmHg. Überprüft wurde das Modell im Rahmen einer sog. Sensitivitätsanalyse mit Hilfe der Daten einer anderen Querschnittsstudie (!), der INTERSALT-Studie, deren Schlussfolgerungen ebenfalls kontrovers diskutiert werden. Nicht berücksichtigt wurde dabei, dass schon in jeweils fast 60 Kurzzeit-Interventionsstudien (in denen eine nivellierende physiologische Adaptation weniger wahrscheinlich ist) bei Normotonikern nur ein Rückgang um nur gut 1 mmHg und bei Hypertonikern um knapp 5 mmHg beobachtet wurde [8], der grundsätzlich bei Beschränkung auf die Studien mit etwas längeren Interventionszeiträumen bestätigt wird [9]. Nicht berücksichtigt wurde auch, dass zwei andere Cochrane-Reviews zum übereinstimmenden Ergebnis kommen, dass gute Ratschläge und „edukative Interventionen“ in der Praxis nichts bringen [10,11]. Übrigens kommt ein weiterer Cochrane-Review, der sich mit der Beeinflussbarkeit des Blutdrucks durch Gewichtsreduktion bei Übergewich-

tigen Hypertonikern beschäftigt, zu dem Schluss, dass es bei einer Gewichtsreduktion von 3–9 % zu einem Rückgang des systolischen und diastolischen Blutdruck um etwa 3 mmHg kommt. Ihr Fazit: „Gewichtsreduktion allein führt zu keiner ausgeprägten Blutdrucksenkung“...

Da es bis heute keine Studien gibt, die zuverlässige Daten zur Veränderung der Morbidität bzw. Mortalität durch eine Reduktion des durchschnittlichen täglichen Salzkonsums gibt, wäre es nur logisch gewesen, die Modellrechnungen z.B. mit vorhandenen Daten zur Veränderung der Morbidität bzw. Mortalität durch medikamentöse Blutdrucksenkung auf Plausibilität zu überprüfen: „Medikamente zur Blutdrucksenkung waren hocheffektiv zur Vorbeugung von Komplikationen wie Schlaganfall und Herzinfarkten bei älteren Menschen“, so ein weiterer Cochrane-Review [12]. Die zu Grunde liegenden Interventionsstudien mit oft Zehntausenden von Teilnehmern berichten dabei über eine Blutdrucksenkung von 20 bis sogar 30 mmHg systolisch und 15 bis 20 mmHg diastolisch [z.B. 13,14]. Welche Senkung der Mortalität ergäbe sich dabei wohl bei Anwendung des Rechenmodells von Asaria?

### Evidenz

Grundlage für die bestechend simple Logik des „Risikofaktors Kochsalz“ und pauschale Appelle, den Kochsalzkonsum zu verringern, waren und sind epidemiologische Untersuchungen seit den 50er Jahren, von denen einige auf eine deutliche statistische Korrelation zwischen der täglichen



Abb. 2: Die eher marginale Blutdrucksenkung als Effekt einer salzarmen Ernährung rechtfertigt derzeit nicht pauschale Empfehlungen zur Salzbeschränkung / For the moment, marginal decrease in blood pressure as an effect of low-salt diet does not justify recommendations for dietetic salt restriction in general

Kochsalzaufnahme in verschiedenen Ländern und der Prävalenz der Hypertonie hinweisen. Daraus wurde, was methodisch problematisch ist, für den Kochsalzkonsum eine kausale pathogenetische Rolle abgeleitet [15–20]. Auch heute noch werden nicht zuletzt Daten der Intersalt-Studie angeführt, einer Querschnittsuntersuchung von 52 Populationen weltweit, bei der sich ein solcher Zusammenhang zeigte [21]. Die Validität der Ergebnisse wurde inzwischen wiederholt zum Teil mit sehr plausiblen Argumenten in Frage gestellt. So zeigen die Daten der INTERSALT-Studie sogar einen inversen Zusammenhang, wenn von den 51 Populationen die vier klaren Ausreißer (allesamt Naturvölker wie etwa die Yamomano-Indianer Brasiliens) nicht in die Kalkulation einbezogen werden [1]. Korrelationen sind allerdings grundsätzlich nicht geeignet,

nachzuweisen, dass eine der beiden korrelierenden Variablen die Ursache und die andere die Resultierende ist. Deshalb ist ein derartiger Schluss, gleich welche Position damit gerechtfertigt werden soll, grundsätzlich fragwürdig.

### Blutdrucksenkende Effekte marginal?

Die methodisch beste Vorgehensweise wäre, die Frage mittels randomisiert kontrollierter Studien zu untersuchen, was aber bei Fragen der Lebensführung de facto kaum realisierbar ist, da nicht erwartet werden kann, dass zufällig einer Gruppe zugeordnete Teilnehmer tatsächlich stringent ihre Lebensgewohnheiten ändern und darüber hinaus lange Zeiträume erforderlich sind, wenn die klinischen Auswirkungen des Lebensstils fassbar sind auf den Ebenen Morbidität und/oder Mortalität niederschlagen sollen. Deshalb ist es nicht

verwunderlich, dass randomisierte Interventionsstudien zu den Auswirkungen unterschiedlichen Kochsalzkonsums fast ausschließlich nur Kurzzeiteffekte berichten. In einem Cochrane-Review wurde analysiert, welchen Einfluss die Kochsalzzufuhr auf den Blutdruck und eine Reihe anderer Laborparameter hat [8]. Insgesamt 57 Studien mit Normotonikern (Studiendauer im Median 8 Tage) und 58 Studien mit Hypertonikern (Studiendauer im Median 28 Tage) wurden in der Analyse berücksichtigt. Zusammen genommen lag der (Kurzzeit-) Effekt bei Normotonikern bei einer Blutdrucksenkung von 1,3 mmHg systolisch und 0,5 mmHg diastolisch bzw. bei Hypertonikern bei 4,2 mmHg systolisch und 1,9 mmHg diastolisch. Fazit der Autoren: „Die Größenordnung des Effektes rechtfertigt bei Kaukasiern mit normalem Blutdruck keine generelle Empfehlung, den Salzkonsum einzuschränken“, für Hypertoniker wird darauf hingewiesen, dass die Studien nur Aussagen zum kurzzeitigen Effekt machen können. Gefordert werden deshalb „zusätzliche Langzeitstudien zum Effekt einer reduzierten Aufnahme von Salz auf Blutdruck, metabolische Variablen, Morbidität und Mortalität, ... um festzustellen, ob das als präventive oder therapeutische Strategie hilfreich ist.“

### Natrium gesund?

Als methodisch akzeptabler Kompromiss zu randomisiert kontrollierten Langzeitstudien bieten sich sog. Kohortenstudien an, bei denen eine große Zahl von Personen nach einer umfassenden Basisuntersuchung über einen längeren



Abb. 3: Ältere Menschen leiden häufig unter einer Störung ihres Salz- und Wasserhaushaltes; viele von ihnen ohne es zu wissen / Elder people often suffer from a disturbed salt and water balance – many of them without even knowing it

Zeitraum beobachtet werden und Änderungen des Gesundheitszustands mit möglichen Ursachen in Verbindung gebracht werden (sog. Indikatoren, Prädiktoren, Risikofaktoren). Eine der größten Kohortenstudien, bei der Ernährungsgewohnheiten geplanter Maßen im Mittelpunkt stehen, ist der US-amerikanische „National Health and Nutrition Examination Survey“ (NHANES). In der zweiten Staffel (NHANES II) wurden seit 1990 7154 Freiwillige rekrutiert, die so ausgewählt wurden, dass sie als

repräsentativ für ca. 80 Millionen US-Bürger im Alter zwischen 30 und 74 Jahren betrachtet werden können. Nachdem zu Beginn u.a. Daten zur Natriumaufnahme erhoben worden waren, wurden in einem Beobachtungszeitraum von durchschnittlich 13,7 Jahren (Spannbreite: 0,5–16,8 Jahren) klinische Manifestationen einer kardiovaskulären Erkrankung sowie sämtliche Todesfälle erfasst und mittels geeigneter statistischer Verfahren (multivariable adjustierte Cox-Modelle) das Risiko („hazard ratio“, HR) in Abhängigkeit von der Natriumzufuhr berechnet [22]. Insgesamt starben im Beobachtungszeitraum 1343 Teilnehmer, davon knapp die Hälfte (541) an den Folgen einer kardiovaskulären Erkrankung. Natrium (adjustiert für die Kalorienaufnahme) ebenso wie das Verhältnis aus Natrium/Kalorien, beides als kontinuierliche Variablen zeigten einen signifikanten ( $p=0,03$  bzw.  $p=0,008$ ) negativen Zusammenhang zur Herz-/Kreislauf-Mortalität (d.h. niedrigere Natriumaufnahme war mit einer Zunahme des Risikos assoziiert). Das adjustierte Risiko einer tödlich verlaufenden Herz-/Kreislauf-Erkrankung war bei Teilnehmern mit einer durchschnittlichen täglichen Natriumaufnahme unterhalb der empfohlenen Obergrenze von 2,3 g/Tag um reichlich ein Drittel höher als bei den Teilnehmern, deren Aufnahme oberhalb der empfohlenen Obergrenze lag (HR=1,37; 95 % Konfidenzintervall: 1,03–1,81;  $p=0,033$ ), die Gesamtsterblichkeit war um knapp 30 % höher (HR=1,28; 95 % KI: 1,10–1,50;  $p=0,003$ ). Auch wenn andere Grenzwerte

zugrunde gelegt wurden (1,9 g bis 2,7 g), zeigte sich ein ähnliches Bild, ebenso bei einer ganzen Reihe von Subgruppenanalysen. Lediglich bei Teilnehmern unter 55 Jahren, bei Farbigen und bei Adipösen fanden sich keine signifikanten Einflüsse der Natriumaufnahme auf die zugrunde gelegten klinischen Endpunkte. Bemerkenswert ist dies nicht zuletzt deshalb, weil damit die aktuellen Ergebnisse im Wesentlichen die Befunde ihrer Vorläuferin, der NHANES I bestätigen [23]. Zudem wurde durch eine ganze Reihe von Subgruppenanalysen das Ergebnis der Studie bestätigt: Geschlecht, Rasse, Alter, Blutdruck, Body Mass Index, Gewicht, körperliche Aktivität, Nikotin, Cholesterin, Kaliumaufnahme, Kalorien, Alkohol und Diabetes – keine dieser Faktoren ändert etwas an dem Befund, dass eine niedrigere Natriumzufuhr mit einem erhöhten Mortalitätsrisiko assoziiert ist – lediglich bei drei der 26 Teilgruppen ist numerisch (aber nicht signifikant) ein direkter Zusammenhang zu beobachten.

#### Körpereigene Blutdruckregulation

Diese Befunde widersprechen bestenfalls bei oberflächlicher Betrachtung den oben dargestellten Befunden, dass eine erhöhte Kochsalzzufuhr kurzfristig eine gewisse Erhöhung des Blutdrucks bewirken kann. Schließlich ist der Blutdruck die wohl am besten geregelte physiologische Größe. Gehirn und viele Organe sind auf eine möglichst gleichmäßige Blutversorgung angewiesen, und Rezeptoren z.B. in den Karotiden, im Herz, in der A. renalis etc. sorgen dafür, dass

die Homöostase gewährleistet ist. Es ist ein bekanntes Phänomen, dass kurzfristige Belastungen sich als Störung der Homöostase manifestieren, bis der Organismus durch Adaptation die Homöostase wieder hergestellt hat. Es spricht vieles dafür, dass bei einer Beschränkung der Natriumzufuhr kompensatorisch Stellgrößen verändert werden, deren Relevanz als kardiovaskuläre Risikofaktoren nicht nur eindeutig nachgewiesen sind, sondern potentiell auch wesentlich bedeutsamer sind als alle experimentellen Szenarien zur erhöhten Kochsalzzufuhr. Zudem ist zu bedenken, dass das Einstellen eines neuen Gleichgewichts z.B. durch Erhöhung der Toleranzschwelle aber nur gegenüber vermehrt oder verstärkt auftretenden Reizen möglich ist. Eine längerfristige Zufuhr unterhalb erforderlicher Mindestsubstratmengen muss hingegen zwangsläufig zu einer allmählichen Mangelsituation führen.

#### Nebenwirkungen einer Kochsalzrestriktion

Der oben vorgestellte Cochrane-Review [10] zeigt auch, dass die in den bisherigen Studien wenig spektakuläre blutdrucksenkende Wirkung einer salzarmen Ernährung begleitet war von signifikanten (unerwünschten) Veränderungen einer Reihe anderer Parameter (Renin: +304 %, Aldosteron: +322 %, Noradrenalin: +30 %, Adrenalin +12 %, Triglyzeride +5,9 %, Gesamt-Cholesterin +5,4 %, LDL-Cholesterin +4,6 %), deren Relevanz als Risikofaktoren für Herz-/Kreislauf-Erkrankungen allgemein anerkannt ist. Die klar manifeste Aktivierung

des Renin-Angiotensin-Aldosteron-Systems [15] führt übrigens, wie man weiß, zu einer Erhöhung des Blutdrucks als Ausdruck einer Regulationsstörung.

#### Kochsalzsensitiver Bluthochdruck

Gezeigt werden konnte allerdings recht zuverlässig, dass es unter den Hypertonikern eine Subgruppe gibt, die auf eine erhöhte Salzzufuhr mit einem Blutdruckanstieg bzw. auf eine Salzrestriktion mit einem Blutdruckabfall reagiert und daraus das Konzept der Salzempfindlichkeit bzw. der salzsensitiven Hypertonie formuliert [24–27]. Es wird vermutet, dass es sich bei der Natrium-Sensitivität um einen genetischen Defekt handelt. Welcher Mechanismus zugrunde liegt, ist bisher nicht geklärt.

Bei der primären („essentiellen“) Hypertonie (die 80 % der Hypertoniefälle ausmacht) wird grundsätzlich ebenfalls eine genetische Komponente angenommen, doch sind nur etwa 1/5 der Betroffenen auch kochsalzempfindlich (sog. Na-Responder). Nur hier verspricht eine drastische Kochsalzreduktion eine klinisch relevante positive Beeinflussung des Blutdruckes. Angesichts der großen Gruppe der Personen, die als „kochsalzresistent“ zu klassifizieren sind, muss deshalb die Frage gestellt werden, inwieweit eine generelle Kochsalzrestriktion, die ja doch auch erhebliche Disziplin erfordert, notwendig [28,29] beziehungsweise sogar „kontraproduktiv“ ist [30].

#### Gefahren des Natriummangels

Dass die Aufnahme sehr geringer Natriummengen (1 g bis 3 g Koch-

salz/Tag) über einen längeren Zeitraum noch weitere gesundheitliche Risiken in sich bergen kann, ist zwar weniger gut bekannt, aber eindeutig nachgewiesen. Gerade bei alten Menschen ist der Salzverlust (Hyponatriämie) eine der wichtigsten Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes. Im ambulanten Bereich sind bei älteren Patienten Hyponatriämien in bis zu 20 % der Fälle zu erwarten, bei stationärer geriatrischer Krankenhausaufnahme werden sie in fast 40 % der Fälle beobachtet. Neben altersphysiologischen Veränderungen und Multimorbidität ist vor allem eine verminderte Salzzufuhr im Alter Hauptursache einer Hyponatriämie [31]. Eine verminderte Natriumzufuhr führt offensichtlich bei einem Teil der Hochdruckpatienten sogar zu einem Blutdruckanstieg [32].

#### Leitlinien

Bemerkenswert ist, dass die aktuellen „Leitlinien“ zur Therapie des Bluthochdrucks in Deutschland oder England, aber auch die erst 2003 publizierte Leitlinie der European Society of Hypertension oder die entsprechende amerikanische Leitlinie unisono die Bedeutung der Salzrestriktion unterstreichen, sich dabei aber alle auf wenige, teils bis 20 Jahre alte Studien stützen und offensichtlich selbst die gründlichsten Analysen ignorieren, die die ausgegebenen Parolen nicht stützen.

#### Fazit

Trotz allenthalben gepredigter Zurückhaltung vor dem Konsum von Natrium bzw. Kochsalz (Motto meist: „je weniger umso besser“)



und einer Vielzahl von Studien steht der Nachweis für die Richtigkeit dieser Forderung immer noch aus. Drummond Rennie, Vize-Herausgeber der amerikanischen Ärztezeitschrift JAMA, kritisiert denn auch deutlich die beinahe missionarischen Appelle selbst renommierter Institutionen: „Man kann ohne jeden Zweifel sagen, dass das NHLBI (National Heart Lung and Blood Institute) Regeln zum Umgang mit Salz postuliert, die meilenweit über die wissenschaftlichen Fakten hinausgehen“ (zitiert in [1]).

Gerade die bedeutendsten medizinisch-wissenschaftlichen Fachjournale haben in den letzten Jahren (auch) bemerkenswert kritische Kommentare und Konklusionen von Studien publiziert:

- ... diese Ergebnisse unterstützen die aktuellen Empfehlungen einer routinemäßigen Reduktion des Natriumkonsums nicht, und sie rechtfertigen weder die Empfehlung, die Salzaufnahme zu steigern noch die Konzentration in der Nahrung zu verringern [33].
- Die Betonung von Salz als dem einzigen diätetischen Missetäter ist kontraproduktiv ... und lenkt ab von den Dingen, mit denen wir uns eigentlich beschäftigen müssten [30].
- Diese Ergebnisse unterstützen die generelle Empfehlung, die Natrium-Aufnahme einzuschränken, nicht [34].
- Intensive Interventionen, die ungeeignet für die hausärztliche Versorgung oder Präventionsprogramme für die Bevölkerung sind, führen nur zu geringen

Senkungen des Blutdrucks und der Natriumausscheidung, und die Effekte auf Todesfälle und kardiovaskuläre Ereignisse sind unklar [35].

Wenn es mehrere Handlungsfelder gibt, mit denen man potentiell Einfluss auf Morbidität bzw. Mortalität der Bevölkerung nehmen könnte, dann sollte wohl denjenigen Priorität eingeräumt werden, die nachweislich effektiv sind. Auch wenn viele Leitlinien sich klar positionieren, die Frage, ob Kochsalz oder eher die Kochsalzrestriktion „gefährlich“ ist, ist offen. Zudem unterstreichen zwei Cochrane-Reviews [10,11], dass alle Initiativen zur Restriktion der Natrium-Aufnahme langfristig allenfalls marginale Veränderungen des Blutdrucks induzieren, insbesondere bei Normotonikern. Die Tatsache, dass trotz vielfältiger intensiver Bemühungen eine eindeutige Kausalbeziehung zwischen Kochsalzkonsum und Hypertonie bislang nicht festgestellt werden konnte, sollte auf jeden Fall mit wissenschaftlicher Redlichkeit so dargestellt werden, etwa mit dem berühmten Spruch des Sokrates „ich weiß, dass ich nichts weiß“. Angesichts der jahrzehntelangen vergeblichen Bemühungen wären diese bis zum eindeutigen Nachweis des Gegenteils ggf. eher als Indiz gegen die Richtigkeit dieser These zu interpretieren.

#### Literatur

1 *Taubes G.* The (Political) Science of Salt. *Science* 1998;281:898-907.  
2 *Alderman MH.* Evidence relating dietary sodium to cardiovascular disease. *J Am Coll Nutr.* 2006 Jun;

25 (3 Suppl): 256 S-261 S.

3 [http://www.salt.gov.uk/no\\_more\\_than\\_6.shtml](http://www.salt.gov.uk/no_more_than_6.shtml) (zuletzt besucht am 15.4.2006)

4 *Harrison RA, Edwards R.* Was Sid the slug worth £4 million? A population perspective or policy based evidence. *J Epidemiol Community Health.* 2005; 59 (Supplement 1): A17

5 *Midgley JP, Matthew A G, Greenwood C M, Logan A G.* Effect of reduced dietary sodium on blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *JAMA.* 1996. 275 (20): 1590-1597.

6 *Geleijnse JM, Witteman JC, Stijnen T, Kloos MW, Hofman A, Grobbee DE.* Sodium and potassium intake and risk of cardiovascular events and all-cause mortality: the Rotterdam Study. *Eur J Epidemiol.* 2007; 22 (11): 763-70.

7 *Asaria P, Chisholm D, Mathers C, Ezzati M, Beaglehole R.* Chronic disease prevention: health effects and financial costs of strategies to reduce salt intake and control tobacco use. *Lancet.* 2007; 370: 2044-53.

8 *Jürgens G, Graudal NA.* Effects of low sodium diet versus high sodium diet on blood pressure, renin, aldosterone, catecholamines, cholesterols, and triglyceride *Cochrane Database Syst Rev.* 2003; (1): CD004022. Update in: *Cochrane Database Syst Rev.* 2004; (1): CD004022. (PMID: 12535503).

9 *He FJ, MacGregor GA.* Effect of longer-term modest salt reduction on blood pressure. *Cochrane Database Syst Rev.* 2004;(3): CD004937. (PMID: 15266549)

10 *Hooper L, Bartlett C, Davey Smith G, Ebrahim S.* Advice to reduce dietary

salt for prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2004; (1): CD003656. (PMID: 14974027).

11 *Fahey T, Schroeder K, Ebrahim S.* Interventions used to improve control of blood pressure in patients with hypertension. *Cochrane Database Syst Rev.* 2006 Oct 18; (4): CD005182. (PMID: 17054244)

12 *Mulrow C, Lau J, Cornell J, Brand M.* Pharmacotherapy for hypertension in the elderly. *Cochrane Database Syst Rev.* 2000; (2): CD000028. (PMID: 10796688).

13 *Pepine CJ, Handberg EM, Cooper-DeHoff RM, Marks RG, Kowey P, Messerli FH, Mancina G, Cangiano JL, Garcia-Barreto D, Keltai M, Erdine S, Bristol HA, Kolb HR, Bakris GL, Cohen JD, Parmley WW; INVEST Investigators.* A calcium antagonist vs a non-calcium antagonist hypertension treatment strategy for patients with coronary artery disease. The International Verapamil-Trandolapril Study (INVEST): a randomized controlled trial. *JAMA.* 2003; 290: 2805-16. (PMID: 14657064).

14 *Hansson L, Lindholm LH, Ekblom T, Dahlöf B, Lanke J, Scherstén B, Wester PO, Hedner T, de Faire U.* Randomised trial of old and new antihypertensive drugs in elderly patients: cardiovascular mortality and morbidity the Swedish Trial in Old Patients with Hypertension-2 study. *Lancet.* 1999; 354: 1751-6. (PMID: 10577635)

15 *Dahl LK, Love RA.* Evidence for relationship between sodium(chloride) intake and human essential hypertension. *Arch Intern Med* 1954; 94: 525-31.

16 *Dahl LK.* Salt and hypertension. *Am J Nutr* 1972; 25: 231-44.

17 *Gleiberman L.* Blood pressure and dietary salt in human populations. *Ecol Food Nutr* 1973; 2: 143-56.

18 *Blaustein MP, Hamlyn JM.* Pathogenesis of Essential Hypertension. A Link between Dietary Salt and High Blood Pressure. *Hypertension* 1991; 5 Suppl III: 184-195.

19 *Cappuccio FP, Markandu ND, MacGregor GA.* Dietary Salt Intake and Hypertension. *Klin Wochenschr* 1991; 69 Suppl XXV: 17-25.

20 *Stein PP, Black HR.* The role of diet in the genesis and treatment of hypertension. *Clin Nutr* 1993; 77: 831-47.

21 *Intersalt Cooperative Research Group.* Intersalt: an international study of electrolyte excretion and blood pressure. Results for 24 hour urinary sodium and potassium excretion. *BMJ.* 1988; 297: 319-28.

22 *Cohen HW, Hailpern SM, Fang J, Alderman MH.* Sodium intake and mortality in the NHANES II follow-up study. *Am J Med.* 2006 Mar;119(3): 275.e7-14.

23 *Alderman MH, Madhavan S, Cohen H, Sealey JE, Laragh JH.* Low urinary sodium is associated with greater risk of myocardial infarction among treated hypertensive men. *Hypertension* 1995; 25: 1144-52.

24 *Weinberger MH, Miller JZ, Luft FC.* Definitions and characteristics of sodium sensitivity and blood pressure resistance. *Hypertension* 1986; 8 Suppl II: 127-134.

25 *Skrabal F, Kotanko P, Wach P, Kenner T, Lueger A, Raid H, Rieger E.* Weitere Fortschritte bei der Salzsensitivitätshypothese beim Menschen. *Klin Wochenschr* 1991; 69 Suppl XXV: 36-40.

26 *Chrysant SG, Weir MR, Weder AB, McCarron DA, Canossa Terris, Cohen JD,*

*Mennella RF, Kirkegaard LW, Lewin AJ, Weinberger MH.* There are no racial, age, sex or weight differences in the effect of salt on blood pressure in salt sensitive hypertensive patients. *Arch Intern Med* 1997; 157: 2489-94.

27 *Zemel MB, Sowers JR.* Salt sensitivity and systemic hypertension in the elderly. *Am J Cardiol* 1988; 61: 7H-12H.

28 *Holtmeier HJ.* (Hrsg.) Bedeutung von Natrium und Chlorid für den Menschen. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 1992: diverse Seiten.

29 *Kincaid Smith P, Alderman MH.* Universal recommendations for sodium intake should be avoided. *Med J Austral* 1999; 170: 174-5.

30 *McCarron DA.* Diet and Blood Pressure The Paradigm Shift. *Science* 1998; 281: 933-4.

31 *Füsgen I.* Hyponatriämie durch unnötige Salzangst. *Therapiewoche* 1992; 42: 2304-2310.

32 *Alderman MH, Lamport B.* Moderate sodium restriction Do the benefits justify the hazards? *Am J Hypertension* 1990; 3: 499-504.

33 *Alderman MH, Cohen H, Madhavan S.* Dietary sodium intake and mortality: the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES I). *Lancet* 1998;351: 781-85.

34 *Graudal NA, Galloe AM, Garred P.* Effects of Sodium Restriction on Blood Pressure, Renin, Aldosterone, Catecholamines, Cholesterols, and Triglyceride. A Meta analysis. *JAMA* 1998; 279: 1383-91.

35 *Hooper L, Bartlett C, Smith GD, Ebrahim S.* Systematic review of long term effects of advice to reduce dietary salt in adults. *Br Med J* 2002; 325: 628-35.

# Das Salinar der Danakil-Senke in NE-Äthiopien – Entstehung, Stoffbestand, Verbreitung, Vulkanismus und Tektonik

Dr. Karl-Christian Käding

## Einleitung

In den Jahren 1967 bis 1969 führte die Salzdetfurth AG in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Bodenforschung, der späteren Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe (BGR), geologische Untersuchungen zur Erkundung der Salinar-Folge in der Danakil-Senke durch. Zu diesem Zweck wurde die Forschungsvereinigung bergbauliche Solution-Technik e.V. gegründet.

Die Danakil-Senke nimmt den nördlichsten Teil der Afar-Region ein, die von dem Äthiopischen Hochland im Westen, dem Somalischen Hochland im Süden und den Danakil-Alpen im Osten begrenzt wird (Abb. 1). Diese tektonisch bedingte Depression – über 100.000 km<sup>2</sup> groß – senkt sich von Süden nach Norden gegenüber ihrer Umrahmung bis auf –130 m NN. Salzebenen und -sümpfe, Gipsböden und Salzseen zeichnen die tiefsten Punkte nach. Von Nord nach Süd angeordnet:

Lake Badda –50 m NN, Lake Assale –128 m NN, Lake Bakili –130 m NN, Lake Afrera –111 m NN und Lake Acori –94 m NN. Auf der zentralen Grabenachse überragt eine bis 1.000 m hohe, etwa 100 km lange NNW-streichende Vulkanitkette die Depression. Im Satellitenbild hebt sie sich deutlich durch eine dunkle Tönung von der heller erscheinenden Salzebene im Norden und den rezenten Böden im Osten und Westen ab. Südlich des Sees Afrera steigt das Gelände, aus

Plateaubasalten und einzelnen Vulkanen bestehend, nach Süden an. Erste Untersuchungsergebnisse wurden von BANNERT et al. (1970) publiziert. Zeitgleiche und jüngere Forschungsreisen vor allem französischer, italienischer und deutscher Geowissenschaftler folgten in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Die gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse wurden im Wesentlichen in dem Band „Afar Depression of Ethiopia“ der Inter-Union Commission on Geodyna-



Abb. 1: Satellitenbild (Landsat, [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Ethiopia\\_surface.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Ethiopia_surface.jpg)) mit der Afar Region und seiner Umrahmung / *Satellite photo (Landsat) showing the Afar region and the surroundings*

mics, Scientific Report No. 14 (1975) publiziert.

Für die Feldaufnahme wurden 1968 zwei Hubschrauber über 350 Flugstunden eingesetzt. Ein Hubschrauber stand 1969 zur Geländeerkundung und Festlegung der Bohrpunkte für 20 Flugstunden zur Verfügung. 1968 wurde ein stationäres Camp am Auslauf des Wadi Ainallah in der Senke errichtet und 1969 standen Campplätze jeweils bei den Bohrpunkten. Die Versorgung erfolgte alle 8 bis 10 Tage mit Lebensmitteln und Ersatzteilen vom Flugplatz Asmara aus

mit Maschinen des Typs DC-3 der Ethiopian Airlines zu eigens angelegten Feldflugplätzen. Alle Pisten im Untersuchungsgebiet waren bei Regen oder Überschwemmungen nicht befahrbar.

Im Jahre 1968 wurden in den Monaten Februar bis Mai ca. 900 Proben von 640 Aufschlusspunkten gesammelt, 259 Schweremessungen unter gleichzeitiger Aufnahme der Höhe durch Barometermessungen und 10 Astrofixpunkte bestimmt und 160 Wasserproben aus allen stehenden und fließenden Gewässern entnommen.

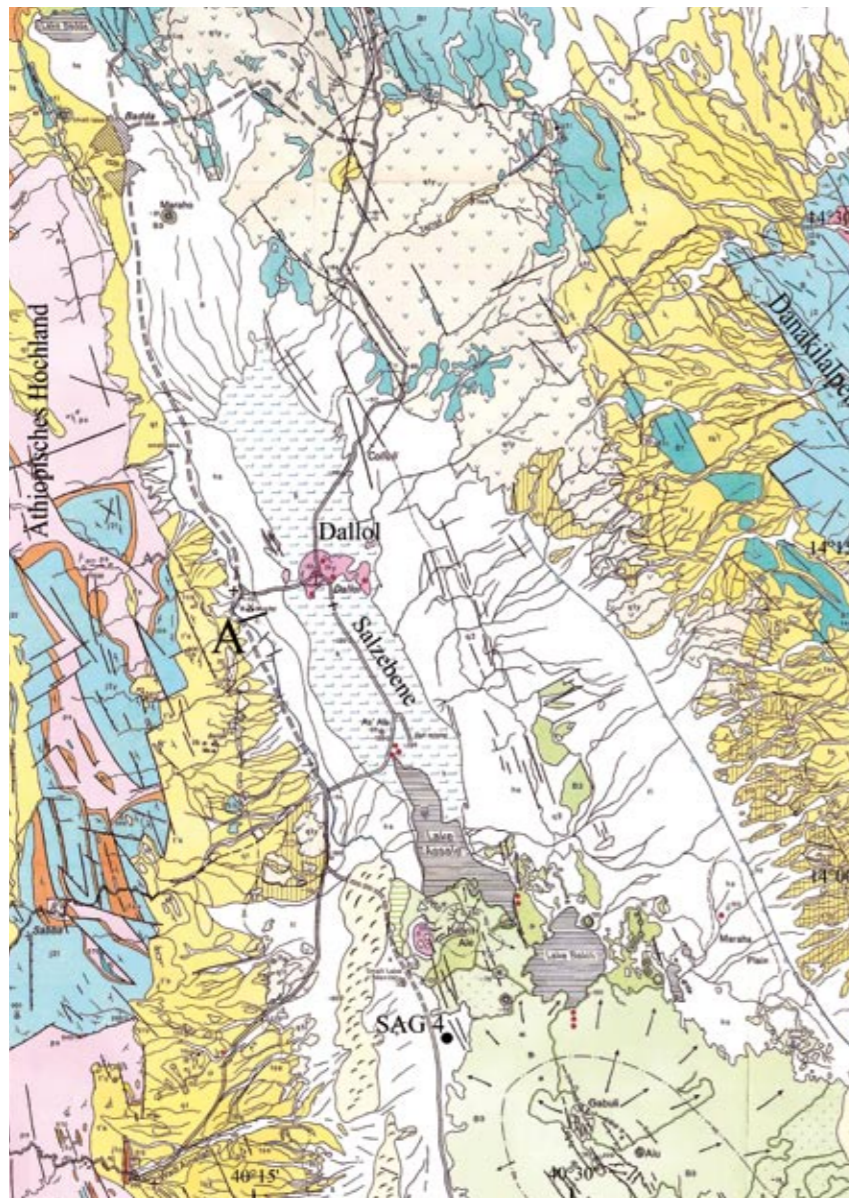
Als Kartenunterlagen dienten etwa 3.800 Luftbilder, die die Mapping Mission im Auftrage der UNO für Äthiopien erstellte. Aus den Luftbildern im Maßstab ca. 1: 25.000/55.000 wurden von der Salzdetfurth AG ein Luftbildmosaik angefertigt und eine geologische Karte gemeinsam mit der Bundesanstalt für Bodenforschung erstellt. Die Abb. 2 stellt einen Ausschnitt aus der Karte dar, nämlich die nördliche Region des Untersuchungsgebietes um Dallol und den nördlichen Teil der südlich gelegenen jungen Vulkanitkette. Am westlichen Rand der Vulkanitkette wurde die Bohrung SAG 4 im Jahre 1969 niedergebracht, die im zweiten Teil näher untersucht werden soll.

## Stratigraphie der Gesteine

Über die in der Danakil-Senke und auf den Grabenschultern aufgeschlossenen Gesteine gibt die vereinfachte stratigraphische Tabelle (Abb. 3) des nördlichen Afar-Gebietes aus BANNERT et al. (1970) im Allgemeinen Auskunft. Im Folgenden wird auf die tertiäre und quartäre Grabenfüllung näher eingegangen.

## Danakil-Folge

Mit einer Winkeldiskordanz folgen über den Gesteinen des Grundgebirges und des Mesozoikums die tertiären und quartären Sedimente der Grabenfüllung. Der älteste tertiäre Anteil dieser Sedimente wird „Danakil-Folge“ genannt. An der Basis liegen 100 bis 200 m mächtige Konglomerate in einer tiefroten sandigen Grundmasse. Die meist gut gerundeten, bis dm-



Vereinfachte Legende zur Geologischen Übersichtskarte

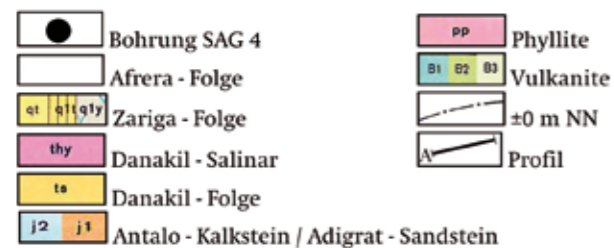


Abb. 2: Ausschnitt aus der geologischen Übersichtskarte der Danakil-Senke, Maßstab 1:250.000, mit Lage der Bohrung SAG 4 und des Profils A (Abb. 9), Herausgeber: Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover (1970) | Section from the Geological Sketchmap of the Danakil Depression, Scale 1:250.000; published by Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover (1970)

großen Konglomeratkomponenten bestehen aus Gesteinen der Grabenschultern: Gneis, Phyllit, Schiefer, Adigrat-Sandstein, Antalo-Kalk, Granit und basaltische sowie rhyolithische Ganggesteine. Über den Konglomeraten folgt eine Serie von violettroten und manchmal grünen gipsführenden Schluffsteinen, die mit dm-mächtigen Bänken von roten und gelbgrauen in gelegentlich karbonatischer Matrix vorliegenden, teilweise konglomeratischen Sandsteinen wechsellagern. In diese Wechselfolge ist ein 1 m mächtiger dichter Kalk, der südöstlich des Wadi Ainallah aufgeschlossen ist, mit *Cypridopsis species* und *Cyprideis species* eingeschaltet, dessen Basis eine dm-mächtige Gips-Mergel-Lage bildet (BRINKMANN & KÜRSTEN, 1971). Der liegende Teil der Danakil-Folge, der auf beiden Grabenschultern ähnlich ausgebildet ist, geht in rote und blassrote meist gipsführende Schluffe über, die mit mächtigen Geröll- und Grobsand- bis Feinsandeinschaltungen wechsellagern. In die gesamte Folge sind m-mächtige Lagen von vorwiegend basaltischen Laven und Tuffen konkordant und teilweise mit geringer Verstellung eingeschaltet. Im oberen Teil wird die vorwiegend klastische Abfolge mit einer Winkeldiskordanz auf der Westseite des Grabens von Mergeln und Rifkalksteinen überlagert. Ein vollständiges Profil durch die Danakil-Folge ist nirgends aufgeschlossen. Die Gesamtmächtigkeit kann auf 1.000 m und mehr geschätzt werden. Die spärlichen Makro- und Mikrofaunen des unteren und mittleren Teiles der Danakil-Folge sprechen für ein Süßwassermilieu.

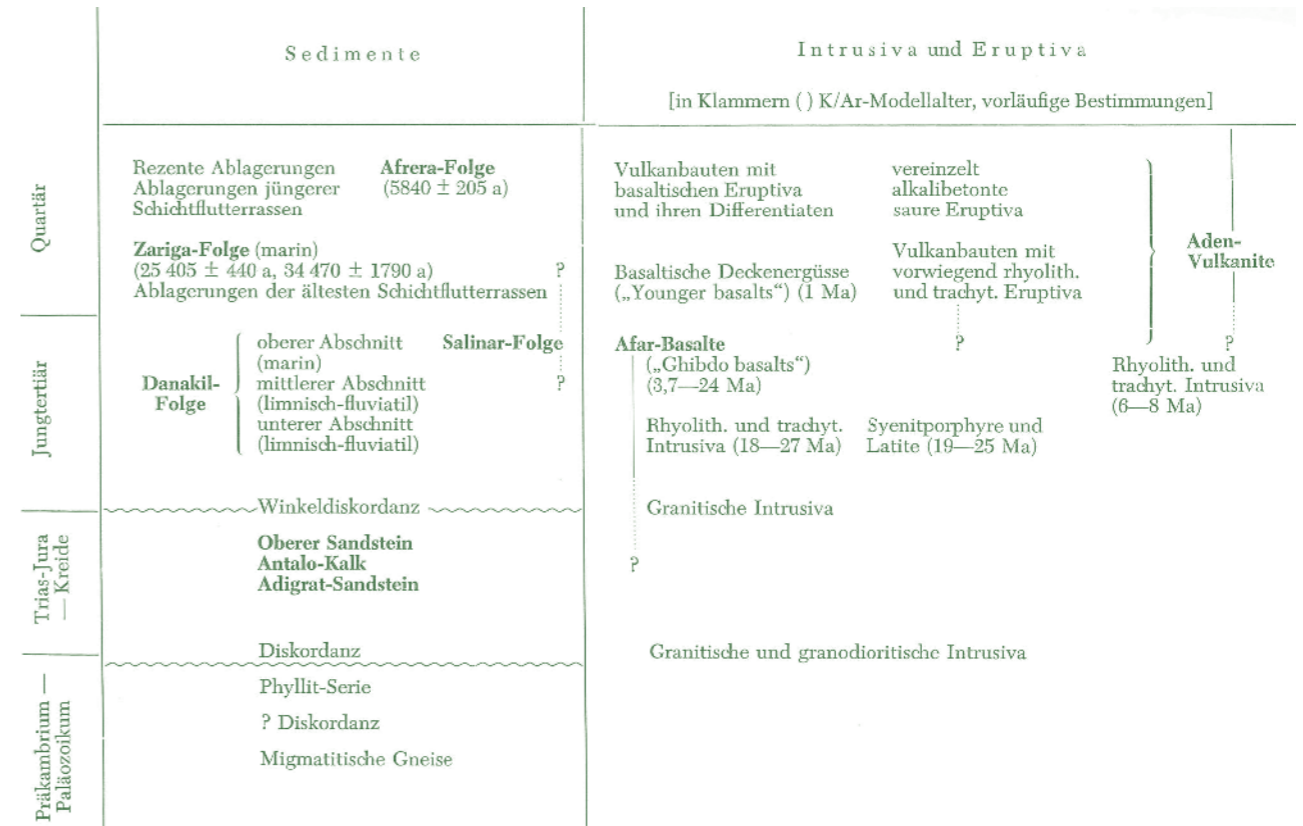


Abb. 3: Stratigraphie der Schichtenfolge im Bereich der Danakil-Senke aus BANNERT et al. (1970) | Stratigraphic column of the Danakil Depression after BANNERT et al. (1970)

Die limnisch-fluviatile Fazies wird im Hangenden von fossilreichen marinen Ablagerungen der oberen Danakil-Folge abgeschlossen. Der schlechte Rundungsgrad einzelner Gerölle und Blöcke bis zu maximal 10 m Durchmesser lässt einen weiten Transportweg nicht zu. Das südlichste Vorkommen konnte südsüdöstlich des Vulkans Alaito aus mächtigen Geröllhorizonten vorwiegend aus Vulkaniten und geringmächtigen Einschaltungen roter, feinsandiger Schluffe festgestellt werden. Im Norden wurden Sedimente der Danakil-Folge auf der Buri-Halbinsel beobachtet. In der Höhe von Massawa werden von FILJAK et al. (1960) eine Sandstein-Mergel-Wechselfolge (Dogali-Serie) und eine überlagernde Konglo-

merat-Sandstein-Ton-Wechselfolge (Desset-Serie) beschrieben. Beide Einheiten werden zeitlich der Danakil-Folge entsprechen. Unterhalb des Roten Meeres östlich Massawa sind mehrere 1.000 m mächtige Steinsalzablagerungen bekannt. Sie werden in das Miozän gestellt und sollen die Randsedimente vertreten. Jedoch erscheint dem Verfasser die zeitliche Zuordnung fraglich. Über die jungmesozoischen und känozoischen Sedimente des Küstengebietes im Sudan berichtete SESTINI (1965) zusammenfassend. Neben einer jungkretazischen Fazies, die von Norden bis zum 22. Breitengrad nachweisbar ist, zeigen marine Sedimente des Torton und Helvet eine Meeresingression an, die den Golf von Aden über das Rote Meer

mit dem Mittelmeer verbunden haben soll. Die marine Ausbildung in der Danakil-Senke ist demnach jünger.

**Salinar-Folge**

Das im Beckenzentrum der Danakil-Senke zur Ausscheidung gelangte und schon im 19. Jahrhundert bekannte Salinar tritt an vier Stellen zu Tage, nämlich in Dallol (Abb. 4), am Ringkrater des Vulkans As Ale (Abb. 5), in drei Inseln im See Assale und am Salzaufbruch westlich des Vulkans Kebrit Ale (Abb. 6). Sämtliche Salzaufschlüsse sind vulkanischen Ursprungs. Es handelt sich im Bereich von Dallol und am Salzaufbruch westlich des Kebrit Ale um im dm-Bereich gut geschichtetes Steinsalz von im

Zentrum mehr als 1.000 m Mächtigkeit. Innerhalb der Abfolge ist auf der westlichen Grabenscholle durch ca. 300 Bohrungen ein Kaliflöz mit einem kainitischen Fuß, einem carnallitischen Mittel und einem nicht immer vorhandenen Umwandlungssylvinit am Top von 25 bis 35 m Gesamtmächtigkeit nachgewiesen (HOLWERDA & HUTCHINSON, 1968). Sie vermuten ein zweites Lager, das in zwei Bohrungen südlich Dallol erbohrt sein soll.

Wegen starker Kernverluste und nicht genau kontrollierbarer geophysikalischer Messdaten können diese Angaben jedoch auch anders gedeutet werden. Die maximale Mächtigkeit des Salinars kann mehr als 1.000 m betragen. TAZIEFF (1969) vermutet sogar 4.000 m. Eine genaue Alterseinstufung war bisher nicht möglich. Das Salinar kann nach bisheriger Auffassung sowohl der obersten Danakil-Folge wie auch der darüber liegenden

quartären Zariga-Folge angehören. Die nachfolgenden Untersuchungsergebnisse weisen allerdings auf ein pleistozänes Alter hin.

#### Zariga-Folge

Die Zariga-Folge besteht aus sulfatischen und karbonatischen geringmächtigen teilweise oolithischen Lockersedimenten, die eine reiche marine Fauna von Korallen, Echinodermen, Gastropoden, Lamalibranchiaten und Foraminiferen führen. Die Sedimente umrahmen die heutige Senke auf der 0-m-Isopyse. Zur Beckenachse gehen sie in bis 50 m mächtige Gipsablagerungen über. Radiometrische Altersbestimmungen ergaben ein Alter von 25 bis 34 ka. Dieses jungquartäre Meer, welches wahrscheinlich von Nordosten, dem Verlauf des Zariga folgend, in die Danakil-Senke einbrach, reichte bis zum Sorkale-Massiv im Süden. In der Acori-Senke vorhandene bis 100 m mächtige Gipse, welche

zeitlich der Zariga-Folge angehören können, werden von 1 bis 50 m mächtigen basaltischen Decken überlagert. An beiden Flanken des Grabens wird die Danakil-Folge von flach zum Beckenzentrum geneigten Schuttfächern und Terrassen überlagert. Sie enthalten das gesamte Material der älteren Serien einschließlich der Danakil-Folge. Von der letzteren unterscheiden sie sich nur durch graue bis gelbgraue Färbung. Mindestens vier Terrassen sind vorhanden, wobei die älteste die Zariga-Folge unterlagert.

#### Afrera-Folge

In den morphologisch tiefsten Gebieten, vornehmlich auf der Grabenachse, treten fossilreiche karbonatische Lockersedimente, Tone und Gipse auf, die in Erosionsresten die salzigen Endseen umrahmen und sowohl am westlichen Rand als auch unter der zentralen Vulkanitkette durch Bohrungen in 12 bis 26 m Teufe nachgewiesen wurden. Radiometrische Altersbestimmungen nach der C-14-Methode an Gastropodenschalen ergaben nach GEYH ein Modellalter von  $5.840 \pm 205$  a (BANNERT et al. 1970). Die Datierung zeigt ein postpluvialzeitliches Alter. Es ist anzunehmen, dass vor etwa 6.000 Jahren die derzeitige Depression von Badda im Norden bis zur Acori-Senke im Süden ein einziger großer See war. Noch jüngere Schichten werden vorwiegend aus fluviatilen Sedimenten, von den Randgebieten eingespülten Schottern, Grob- und Feinsanden gebildet. Auf der Salzebene werden die teilweise zur Auflösung gelangten Salze wieder repräzipitiert.



Abb. 4: Dallol und Umgebung, Salzaufwölbung mit Salzpfählen von 20 bis 30 m Höhe, darauf Gipshut als gelblich weißer Schleier | Air photo of salt mountains west of the centre of the Dallol volcano with pinacles from 20 to 30 m height and with gypsum cap on top as yellowish white veil

#### Vulkanismus

Die Intrusiva sind auf die Grabenrandschollen und das Danakil-Gebirge beschränkt, während die Effusiva in dem inneren Teil der Senke und in den benachbarten Randgebieten weit verbreitet sind. Daher wird auf diese hier näher eingegangen.

Vulkanite treten im gesamten zentralen Beckenbereich von der Zula-Bucht im Norden über die zentrale Vulkanitkette bis zu den Vulkanbauten des Alaito, des Armati, des Afrera, des Sorkale, der Dubi-Berge, des Katahelu und zahlreicher kleinerer Vulkane im Süden auf. Dazwischen liegen Spaltenergüsse. Letztere, vorwiegend basaltische und alkalibasaltische Spaltenergüsse, lassen sich petrographisch kaum von den unterlagernden Basalten unterscheiden, so dass die Einstufung im südöstlichen Gebiet nicht immer zutreffen muss. Altersbestimmungen an einem Olivinbasalt östlich des Acori-Beckens ergeben 1,1 Ma und somit ein quartäres Alter. Eine Unterteilung der Vulkanite in Äthiopien in Afar-Basalte und Aden-Vulkanite, wie von BANNERT et al. (1970) vorgenommen, sollte nach BARBERI et al. (1972, S. 727) unterbleiben. Die Ergebnisse weiterer Altersbestimmungen wurden zusammenfassend von BARBERI et al. (1972) dargestellt. An den Vulkanbauten entwickelte sich gegenüber den Spaltenergüssen eine recht differenzierte Vulkanitabfolge. Nach TAZIEFF (1968) entstanden neben alkalibasaltischen Laven zum Beispiel am derzeit noch tätigen Vulkan Erta Ale (Abb. 7) und am Vulkan Alaito Andesinbasalte, dunkle



Abb. 5: Luftaufnahme des Ringvulkans As Ale in der Salzebene 8 km südlich Dallol | Air photo of Skating Ring As Ale and surroundings 8 km south of Dallol

Trachyte und Na-Rhyolithe. Der Erta Ale ist der einzig tätige Vulkan mit einem Lavasee, der ständigen Veränderungen unterliegt ([www.swisseduc.ch/stromboli/perm/erta/lake-en.html](http://www.swisseduc.ch/stromboli/perm/erta/lake-en.html)). Von Zeit zu Zeit steigt der Spiegel der Lava in den zwei Kratern an und es füllt sich die 1,7 km lange und 0,7 km breite Caldera mit Lava. Von 1972 bis 1974 ist die Lava wiederholt übergelaufen und zu Tal geflossen. Die übrigen Vulkane zeigen Fumarolen und Solfatarentätigkeit, deren Temperatur KAPPELMEYER (1968) mit  $78^{\circ}$ – $200^{\circ}$  C angibt. Besonders am Alaito müssen extrem gasreiche Eruptionen kreisrunde Durchschlagsröhren mit bis zu 100 m Durchmesser erzeugt haben, die zum Teil ohne Ringwallbildung auf Spalten perl schnurartig aufgereiht sind (Abb. 8). Die Altersbestimmung zwischen den Vulkaniten und den jüngsten Sedimenten ergibt sich aus folgenden Beobachtungen:

1. Vulkanite des nördlichen Teils der zentralen Vulkanitkette über-

decken westlich des Vulkans Kebrtit Ale die Salinar-Folge und gleichzeitig die auch in der Bohrung SAG 4 nachgewiesene Zariga-Folge.

2. Die Zariga-Folge, aus Gipsen und Mergeln bestehend, wird am Nordfuß des Armati von einzelnen Ergüssen und Tuffen unterwie überlagert, ebenso am Nordende der Acori-Senke, wo die Gipse von Basalten überlagert werden. In der zentralen Vulkanitregion wurden nirgends Sedimente der Zariga-Folge beobachtet, wohl aber kalkige Sedimente auf dem Salz am Hochbruch westlich des Kebrtit Ale.

3. Sedimente des einst wesentlich größeren Afrera-Sees, die sog. Afrera-Folge, liegen den Ergussdecken des Alaito, des Afrera und des Armati und dem südlichen Teil der zentralen Vulkanitkette auf. Sie werden von jüngeren Laven des Armati und des Afrera überflossen. Die Befunde zeigen, dass das Salinar von der zentralen Vulkanitkette überlagert wird, beweisen jedoch nicht, dass die Vulkanite insge-

samt jünger sind. Weiter im Süden werden Vulkanite die Salinar-Folge vertreten.

#### Tektonische Entwicklung des nördlichen Afar-Gebietes

Anzeichen für eine alte Anlage der Grabenstruktur, wie sie von einzelnen Geologen auf Grund der den Bruchstörungen parallel angeordneten eokambriischen und altpaläozoischen Granitintrusionen am Abbruch des Äthiopischen Hochplateaus östlich Asmara vermutet wurden, sind in der eigentlichen Danakil-Senke nicht gefunden worden. Eine mesozoische Vorzeichnung der Struktur vermuten MOHR (1967) und HOLWERDA & HUTCHINSON (1968) auf Grund der Mächtigkeitzunahme des marinen Jura (Antalo-Kalk) vom Äthiopischen Hochland nach Osten. KNETSCH

(1970) lehnt eine solche Vorzeichnung ab, weist jedoch in diesem Zusammenhang auf eine altpaläozoische grabenparallele Großscherzone in der Gegend westlich Massawa hin. Im Alttertiär (Eozän bis Oligozän) beginnt die Heraushebung der arabisch-äthiopischen Schwelle, der die mächtigen Basaltdecken des Äthiopischen Hochlands zum Teil vorausgehen. Die ersten sicheren Anzeichen für die Einsenkung eines Beckens als Initialphase der Grabenbildung sind im nördlichen Afar-Gebiet durch die Ablagerungen der Danakil-Folge gegeben, deren Sedimentationsbeginn im Miozän anzusetzen ist. Diesen Bewegungen sind wahrscheinlich die grabenparallelen NW- und NNW-streichenden Rhyolith- und Trachytgänge (Modellalter um 19,5–42,8 Ma), ferner die lokal

am Westrand des Danakil-Gebirges aufgeschlossenen Ergüsse von basaltischen und trachytischen Laven (Modellalter von 25 Ma) und schließlich die Syenit-, Porphy- und Latitvorkommen (Modellalter von 26 Ma) am Südostfuß des Danakil-Gebirges zuzuordnen.

In das Miozän wird auch der Einbruch des Golfes von Aden und der Straße von Bab el Mandeb gestellt, der die Verbindung des Indik mit dem Roten Meer einleitete (AZZAROLI, 1968). Andere Bearbeiter stellen die Verbindung in das Pliozän und datieren diese auf 4–5 Ma.

Im Miozän und Pliozän senkt sich der Danakil-Graben weiter ein und nimmt zunehmend die limnisch-fluviatilen Ablagerungen der Danakil-Folge auf. Diese Bewegungen werden verdeutlicht durch Intraformationsdiskordanzen innerhalb



Abb. 7: Aktiver Krater des Vulkans Erta Ale, am nördlichen Rand der eingebrochenen Caldera, Aufnahme: 1969 | Active crater of Erta Ale volcano at the north rim of the caldera, Air photo: 1969



Abb. 8: Aschenvulkan westlich des Sees Afrera / Ash volcano west of lake Afrera



Abb. 6: Salzaufbruch am Kebrtit-Ale / Saltdoming west of the Kebrtit Ale volcano

der Danakil-Senke. Mit dieser Einsenkung reißen grabenparallele Spalten auf, an denen die der Danakil-Folge zwischengelagerten Basaltströme (Modellalter 3–7 Ma) und zum anderen rhyolithische und trachytische Vulkanite (Modellalter 6–8 Ma) aufdrängen. Diesem durch starke Einsenkungen gekennzeichneten Grabengebiet steht das südlich anschließende Gebiet mit ständig tätigem Spaltenvulkanismus gegenüber. Vermutlich spielen hier unterschiedliche Reaktionen der von der Zerrung betroffenen Krustenregion (KNETSCH, 1970) eine Rolle. Auf starke Bewegung im Pleistozän deuten der fazielle Wechsel von limnisch-fluviatilen und lakustrischen Ablagerungen der Danakil-Folge zum marin entwickelten oberen Teil dieser Folge hin, der durch eine Winkeldiskordanz betont wird. Diesen Bewegungen dürfte u.a. die extrem starke Einsenkung des inneren Grabenbereiches zuzuordnen sein, der die über

1.000 m mächtige Salinar-Folge aufgenommen hat.

#### Schlussbetrachtung zur geologischen Entwicklung

Die am SSE-Ende des Roten Meeres gelegene Afar-Region und speziell der nördliche Teil, die Danakil-Senke, gehören tektonisch zu dieser Großstruktur. Sie wird aber vom südlichen Roten Meer im eigentlichen Sinne durch einen Horst – die Danakil-Alpen – getrennt. Das in sich stark zerbrochene Dreieck ist an den Randbrüchen der Interferenzregion zwischen dem Roten Meer, dem nördlichen Rift-Valley und dem Golf von Aden abgesunken.

An den Grabenschultern ist Kristallin aufgeschlossen, darüber liegt weithin Mesozoikum, überwiegend Jura. Die Grabenfüllung besteht aus teils vulkanischem, teils sedimentärem Neogen, das die Entwicklung des Grabens vom Miozän ab nachzeichnet und im Westen und Osten auf die inneren Grabenschultern

übergreift. Kontinentale Klastika gehen im Hangenden in marine Schichten über. Der zentrale Teil des Grabens ist durch mächtige Evaporite und Vulkanite gefüllt. Physikalische Altersbestimmungen verschiedener Glieder dieser Grabenfüllung erhärten paläontologische Bestimmungen. Die Zerrungstektonik ist ebenso wenig erloschen wie der Vulkanismus.

#### Zur Entstehung des Danakil-Salinars

Die absoluten Br-Gehalte von ± 0,006 % Br/NaCl in dem ersten über dem basalen Anhydrit in der Danakil-Senke zur Ausscheidung gelangten Steinsalz in der Bohrung SAG 4 entsprechen den primär aus Meerwasser gebildeten Salzen. Damit ist der Nachweis erbracht, dass das Danakil-Becken durch ständig nachfließende Meerwasser-Lösung kontinuierlich mit Steinsalz gefüllt wurde, und in dem es auch zur Auscheidung eines Kaliflözes kam. Das Kalilager gliedert sich in drei Abschnitte. An der Basis

befindet sich ein Kainitit, darüber folgt ein Carnallitit und im hangenden Teil ein Sylvinit. Die hangenden zwei Bereiche sind in der Bohrung SAG 4 vertauht und liegen als Halitit vor, wobei der Br-Gehalt von 0,047 % im Steinsalz einen höchsten Wert im mittleren Drittel des vertauhten Kalilagers erreicht. Inwieweit es sich bei der Halititbildung um eine bei der Ausscheidung entstandene oder aber erst durch die noch andauernde vulkanische Tätigkeit verursachte Vertauhtung handelt, kann nicht sicher gesagt werden. Das Salz ist sehr jung und über einer bei Beginn der Grabenbildung entstandenen

Rotserie frühestens an der Wende vom Pliozän zum Pleistozän gebildet worden. Die Untersuchungen erhärten allerdings die bereits vom Verfasser vor vierzig Jahren geäußerte Vermutung, dass das Danakil-Salinar noch jünger und in einer der Eiszeiten entstanden ist. Die jüngste Eiszeit scheidet wegen nachgewiesener zeitgleicher Sedimente, die auf dem Salz liegen, aus. Unter Berücksichtigung vergleichbarer Salzablagerungen in anderen Formationen sind Zeiten der Ablagerung von 10–20 ka für das Salinar und 10 ka für den Anhydrit an der Salzbasis sicher nicht unrealistisch. Die am Rande der Senke

an Hand von Altersbestimmungen auf 100–140 ka (Eem-Warmzeit) und 180–210 ka (Holstein-Warmzeit) an Zweischalern datierten karbonatischen Sedimente (LALOU et al., 1969) lassen dazwischen einen Abschnitt ohne marine Faunen erkennen. In diesem Zeitraum von 180 und 140 ka wird es zunächst zur Anhydrit- und danach zur Salzausscheidung gekommen sein. Rechnet man mit 25 bis 30 ka für das gesamte Danakil-Salinar, so passt die Bildung des Salinars gut in die Kaltzeit des Saale-Komplexes. Nach HOLWERDA & HUTCHINSON (1968) ist auf der Höhe von Dallol eine Mächtigkeit von 1.000 m Salz durch

zwei Bohrungen nachgewiesen und möglicherweise mit weit mehr Salz zu rechnen. An dieser Stelle stellt sich die Frage nach der zeitlichen Dauer der Beckenbildung bzw. der Absenkungsgeschwindigkeit. Bei einer kontinuierlichen Absenkung ist innerhalb von 25 bis 30 ka bei einer Senkungsrate von einem cm pro Jahr eine maximale Senke von 300 m erreichbar, nicht aber 1.000 m und mehr. Das Sedimentationsmodell ist zu verfeinern. Im Beckenzentrum sollten mindestens drei cm pro Jahr Absenkung in Betracht gezogen werden. Die Absenkung erfolgte an der grabenparallelen Hauptstörung und bildete einen Halbgraben, wobei die westliche Scholle gegenüber der östlichen Scholle mehr oder weniger stehen geblieben ist. Dies zeigt sich sehr deutlich in den unterschiedlichen Mächtigkeiten des Salinars auf den beiden Schollen. Diese Senkungen sind zum größten Teil während der Salzausscheidung erfolgt, weil das Salz auf der westlichen Grabenrandscholle zwischen den Bohrungen Nr. 212 und Nr. 170 noch in flacher Lagerung und in ursprünglicher Ablagerungsposition verharrt und maximal 120 m abgesenkt sein kann (Abb. 9). Weiter östlich fällt das Kalilager mit 30° stärker ein und die Salzmächtigkeit des Oberen Steinsalzes verdoppelt sich bis zur Bohrung Nr. 189. Etwa 3 km weiter östlich soll ein zweites Kalilager in etwa 1.000 m Teufe liegen (HOLWERDA & HUTCHINSON, 1968). Der Verfasser teilt diese Auffassung nicht. Unterstellt man, dass es sich hier um dasselbe Lager wie im Musley-Bereich handelt, so könnte sich die Mächtigkeit

des Oberen Steinsalzes auf 3 km Entfernung auf etwa das 10-fache erhöht haben. Wahrscheinlicher aber ist, dass im Beckenzentrum die Salzabscheidung länger andauerte. Die bisherigen Untersuchungen geben hierzu leider keine weiteren Hinweise und lassen viele salinar-geologische Fragen offen. Zum Beispiel hätte die Frage nach dem Tiefgang der Salinar-Folge durch Kernbohrungen und Brombestimmungen geklärt werden können. Da entsprechende Untersuchungen fehlen, müssen andere Überlegungen angestellt werden, um Aussagen über die Salzmächtigkeit und damit über die Teufenlage der Salinarbasis zu machen. BEHLE et al. (1975) haben auf der Salzebene südlich Dallol ein 2 km langes seismisches Profil in NS-Richtung vermessen und kommen zu dem Schluss, dass die Salzbasis bei –2.000 m NN liegen könnte. Weiter entfernte Reflexionen werden als seitliche Reflexionen von einem intrudierten Körper unterhalb Dallol gedeutet. Dreht man das Profil um 90°, so kann man die Reflexionen auch der grabenparallelen Hauptstörung zuordnen, an der das Salz zur Senke hin einfällt. Damit unterstreicht diese Störung ihre zentrale Stellung innerhalb des Riftsystems. Das Salinar ist im Zentrum der Senke mindestens 1.200 m mächtig. Der Vulkanismus dauert auch nach der Salzabscheidung an und zeigt in vielen Aufschlüssen die Auswirkungen im Salz. Am Beispiel einiger Bilder wird dies sichtbar (Abb. 10, 11, 12). Ähnliche Erscheinungen sind auch im Zechstein an der Werra zu beobachten, wobei

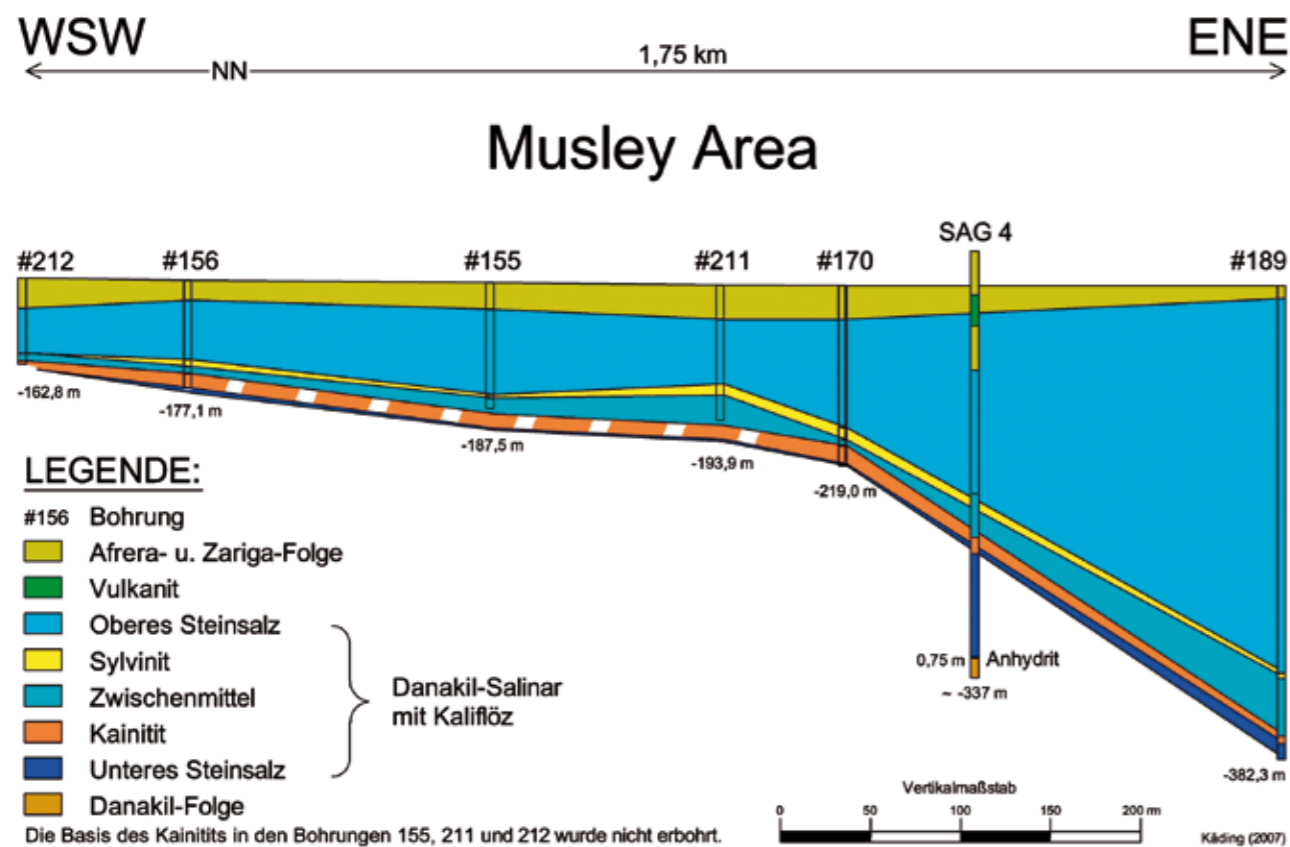


Abb. 9: Geologisches Profil durch das Danakil-Salinar (Musley Area) nach HOLWERDA & HUTCHINSON (1968, S. 138, Abb.19), umgezeichnet und zum Vergleich um das Profil der 40 km südlich gelegenen Bohrung SAG 4 ergänzt | Cross section through the Danakil salt (Musley Area) after HOLWERDA & HUTCHINSON (Fig. 19, p. 138; 1968), redrawn and supplemented with the geologic column of the SAG 4 well



Abb. 10: Gangartige vulkanische Brekzie im geschichteten Steinsalz in Dallol | Volcanic breccia in the stratified salt of Dallol, main fragments are halite



Abb. 11: Vulkanitgestein des Ringvulkans, Brekzie zumeist aus Steinsalz | Breccia from the Skating Ring volcano, mainly of broken halite fragments



Abb. 12: Sylvin- und Steinsalzsinter im Krater von Dallol / *Sylvite and halite sinter within Dallol crater*

der Vulkanismus im Gegensatz zur Musley-Lagerstätte hier erst nach 235 Ma, nämlich im Miozän begann und über einen Zeitraum von 20 Ma auf das Werra-Salinar des z1 einwirkte. Die miozäne Bruchtektonik, die das Aufdringen der Lava in der Hessischen Senke bedingte, ist aber nicht direkt mit der derzeitigen Tektonik in der Danakil-Senke vergleichbar.

#### Bromgehalte und ihre genetische Deutung

Der Bromgehalt im Steinsalz gibt Auskunft über die jeweilige Lösungskonzentration während der Salzausscheidung und über mögliche Diageneseprozesse bzw. über die spätere Beeinflussung durch Metamorphose. Das Danakil-Salinar ist in ein älteres Unteres Steinsalz mit einem 0,75 m mächtigen Anhydrit an der Basis, ein Kaliflöz und ein jüngeres Oberes Steinsalz gegliedert. Das erste über dem Anhydrit ausgeschiedene

Steinsalz hat einen Bromgehalt von 0,006 % Br/NaCl, was einer ersten Ausscheidung aus einem Meerwasser heutiger Zusammensetzung entspricht. Dies wird durch Bestimmungen der Schwefelisotope an sulfatischen Salzen aus einer Kernbohrung bei Dallol bestätigt (NIELSEN et al., 2007).

Der Bromgehalt entwickelt sich in der Bohrung SAG 4 mit zunehmender Eindunstung im Unteren Steinsalz bis auf Gehalte von 0,022 % Br/NaCl und damit bis zur Kristallisation von Kalisalzen. Das Kaliflöz ist auf der westlichen Grabenscholle in einen Kainitit an der Basis, ein Carnallit und Sylvin führendes Steinsalzzwischenmittel und eine sylvinitische Hangendpartie dreigeteilt. In der Bohrung SAG 4 wurde gegenüber der Ausbildung in der Musley Lagerstätte lediglich der Kainitit zwischen 158,5 und 167,9 m erbohrt (Abb. 13). Die Zwischenschichten, „intermediate member“ nach HOLWERDA

& HUTCHINSON (1968) und der Sylvinit im Hangenden wurden nicht angetroffen. Dafür aber ein halititisches Gestein, das sich durch seinen hohen Bromgehalt von 0,022–0,047 % Br/NaCl als Vertretung dieser Schichten zu erkennen gibt. Die bei der Ausscheidung sicher vorhandenen Kalimineralien sind hier weggelöst bzw. bei der Ausscheidung bereits fortgeführt. Aus BRAITSCH (1962, 104f., Tab. 17, Abb. 33) wurde die Bromverteilung bei statischer Eindunstung von Meerwasser bei 25° C entnommen. Leider liegen von den vielen Analysen aus der Musley-Lagerstätte, die von der Firma The Ralph M. Parsons Company veranlasst wurden, keine Brombestimmungen vor. Die Bohrungen wurden meist wenige Meter unter dem Kaliflöz und bei Bohrschwierigkeiten häufig schon im Kainitit eingestellt. Die absoluten Bromgehalte im Gestein sind in Abb. 14 und die errechneten Gehalte des Steinsalzes im Kaliflöz in Abb. 15 dargestellt.

Insgesamt wurden 75 Proben aus dem Danakil-Salinar der Bohrung SAG 4 zur Bromuntersuchung entnommen. Davon entfielen 14 Proben auf das Untere Steinsalz, 40 Proben auf das Kaliflöz und 21 Proben auf das Obere Steinsalz. Zusätzlich wurden von den 75 Proben 33 Vollanalysen angefertigt. Über die Vollanalysen konnten die Bromgehalte auf die einzelnen Mineralkomponenten zu 100 % rechnerisch verteilt werden entsprechend der Bromverteilungsfaktoren für 25° C (BRAITSCH, 1962, S. 104, Tab. 17). So wurde die in der Abb. 15 dargestellte Bromkurve ermittelt. Diese Kurve zeichnet im

Kalilager deutlich eine Dreiteilung nach und bestätigt damit eine beckenheitliche Entwicklung. Die Lagerstätte gehört zum Sulfat-Typ. Sollte der Sylvinit im oberen Drittel allerdings primär entstanden sein, so müsste sich die Lösung zum Chlorid-Typ unter fast vollständiger Verarmung an  $(Mg)SO_4$  entwickelt haben. Diese Annahme ist zwar weniger wahrscheinlich, kann aber auch nicht vollständig ausgeschlossen werden.

#### Untersuchungen im Salz

Die in den Jahren 1968 und 1969 in Äthiopien durchgeführten Untersuchungen hatten zum Ziel, das Danakil-Salinar auf seine räumliche Verbreitung und seine kaliumhaltigen Minerale zu untersuchen. In der Bohrung SAG 4 liegt ein vollständiges geologisches Profil des Salinars vor, das bisher weder im Musley-Bereich noch südlich

Dallol bei den Erkundungen durch die Firma The Ralph M. Parsons Company erschlossen wurde. Darüber hinaus wird ein erstes Bromprofil des Salinars bekannt gemacht, das Aufschluss über die Entstehung und Verbreitung des Salzes gibt und Aussagen über die Genese der Kalilagerstätte erlaubt. Im Jahre 1969 wurden in einer zweiten Untersuchungsphase mit zwei Bohrgeräten (Göttker M 400 und Longyear L 44) acht Bohrungen zur Erkundung des Salinars und zur weiteren Verdichtung der Kenntnisse über die oberflächennahe Grabenfüllung gestoßen. Wegen außerordentlicher und ungewöhnlich schwerer Niederschläge im Winterhalbjahr 1968/69 (18.11.1968 bis 23.02.1969) und der dadurch bedingten vorübergehenden Überschwemmungen der bei 121 bis 130 m unter dem Meeresspiegel liegenden Salzebene waren die Arbeiten verzögert ange-

laufen. Die Aufnahme in der Abb. 16 zeigt die Salzebene westlich Dallol mit der Zufahrtsstraße zur Musley-Lagerstätte und im Hintergrund den Abbruch des Äthiopischen Hochlands im Mai 1968. Die Abb. 17 gibt dieselbe Situation im Februar 1969 wieder. Auch die gesamte Ebene südlich Dallol ist bis zum über 30 km entfernten Vulkan Kebrtit Ale überflutet (Abb. 18). Weiter kamen Schwierigkeiten beim Bohren mit Luftspülung am Gerät M 400 hinzu, weil zur Umstellung auf Wasser-spülung die benötigten Mengen an Wasser nicht bereitgestellt werden konnten.

Die Bohrung SAG 4 erschloss ein vollständiges und durchgehend gekerntes Salzprofil. Die bis dahin weiter nördlich von den Firmen The Ralph M. Parsons Company und Kaiser Chemical (gemeinsame Tochter: Potash Company of Ethiopia Ltd.) durchgeführten Untersuchungen

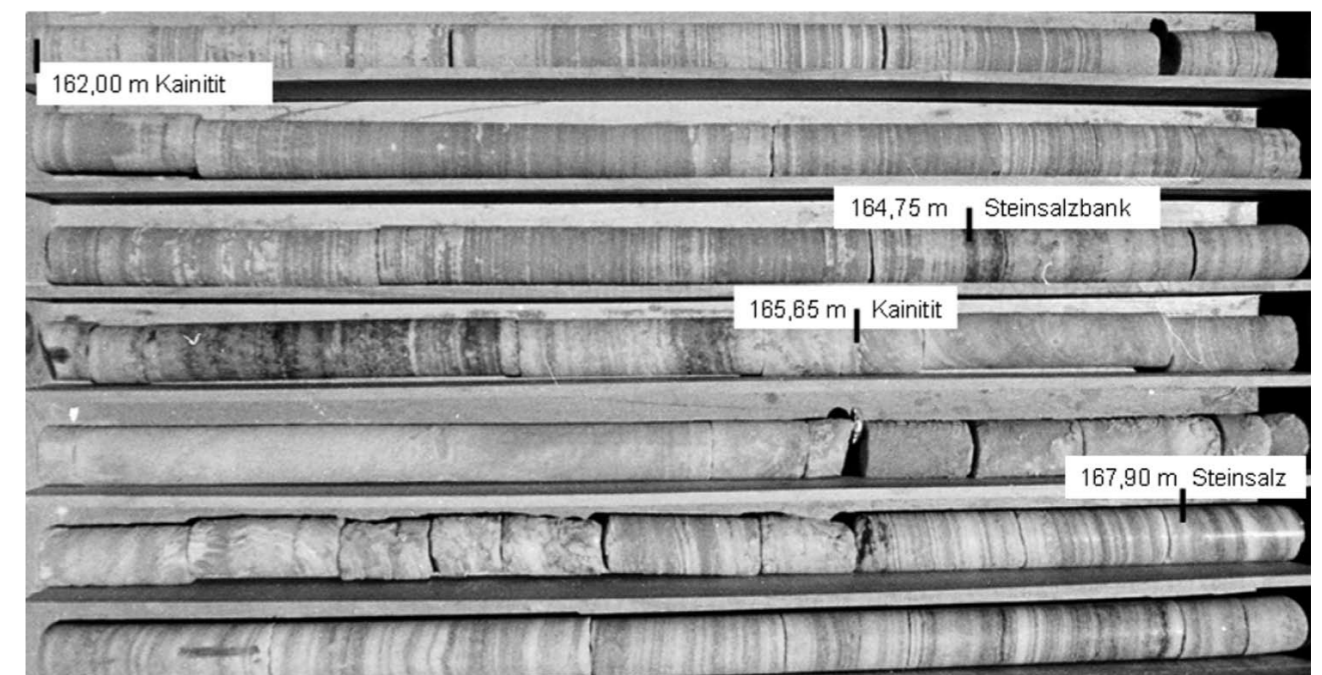


Abb. 13: Kainitit und Unteres Steinsalz der Bohrung SAG 4 von 162,1 bis 169 m Teufe / *Kainite member and Lower Halite between 162,1 and 169,0 m depth in the SAG 4 well*

im Bereich von Dallol hatten, soweit dem Verfasser bekannt, das Liegende des Kalilagers nicht durchbohrt bzw. auch keine Bromanalysen im Salz vorgenommen. Zur Beurteilung der Lagerstätte ist es allerdings von großer Bedeutung,

entsprechende Daten zur Hand zu haben. Weil beim Bohren im Kainit trotz erheblicher Schwierigkeiten in der Bohrung SAG 4 die Salzbasis erreicht wurde, sollen hier das vollständige geologische Profil einschließlich der Bromwerte des

Danakil-Salinars und die Ergebnisse insbesondere in Bezug auf das Kaliflöz vorgestellt und diskutiert werden. So werden die Entstehungsgeschichte des Danakil-Salinars zu beleuchten und die zeitliche Einordnung innerhalb der Schichtenabfolge zu diskutieren sein. Damit werden auch die Ausführungen von HOLWERDA & HUTCHINSON (1968) zur Entstehung und Genese der Kalilagerstätte relativiert.

**Bohrung SAG 4**

Die Bohrung SAG 4 wurde vom 24.04. bis 9.05.1969 mit der Longyear L 44 westlich der zentralen Vulkanitkette niedergebracht. Auf die restlichen sieben im selben Jahr gestoßenen Bohrungen kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Der Kerngewinn im Salinar war befriedigend, so dass ein vollständiges Bromprofil (Abb. 14) erstellt werden konnte. Die Analysen wurden im Jahre 1969 im HV-Labor der Salzdetfurth AG durch Frau Dr. Gentsch angefertigt und der Bromgehalt an 75 Proben ermittelt. Im Bereich des Unteren und Oberen Steinsalzes wurde der gesamte Bromgehalt dem Steinsalzanteil, der im Wesentlichen bei 95 bis 98 % lag, zugeschlagen. Der Bromgehalt des Unteren Steinsalzes direkt über dem Anhydrit mit 0,006 % Br/NaCl belegt ein bei Erstausscheidung aus Meerwasser entstandenes Steinsalz. Er steigt im Laufe der Ausscheidung auf 0,023 % Br/NaCl an. Darüber kommt es zur Ausscheidung des Kainits. Der Kainit ( $KMgClSO_4 \cdot 2,75 H_2O$ ) zeigt nach Herrmann (1977) eine aus Meerwasser entstandene Lagerstätte des Sulfat-Typs an.

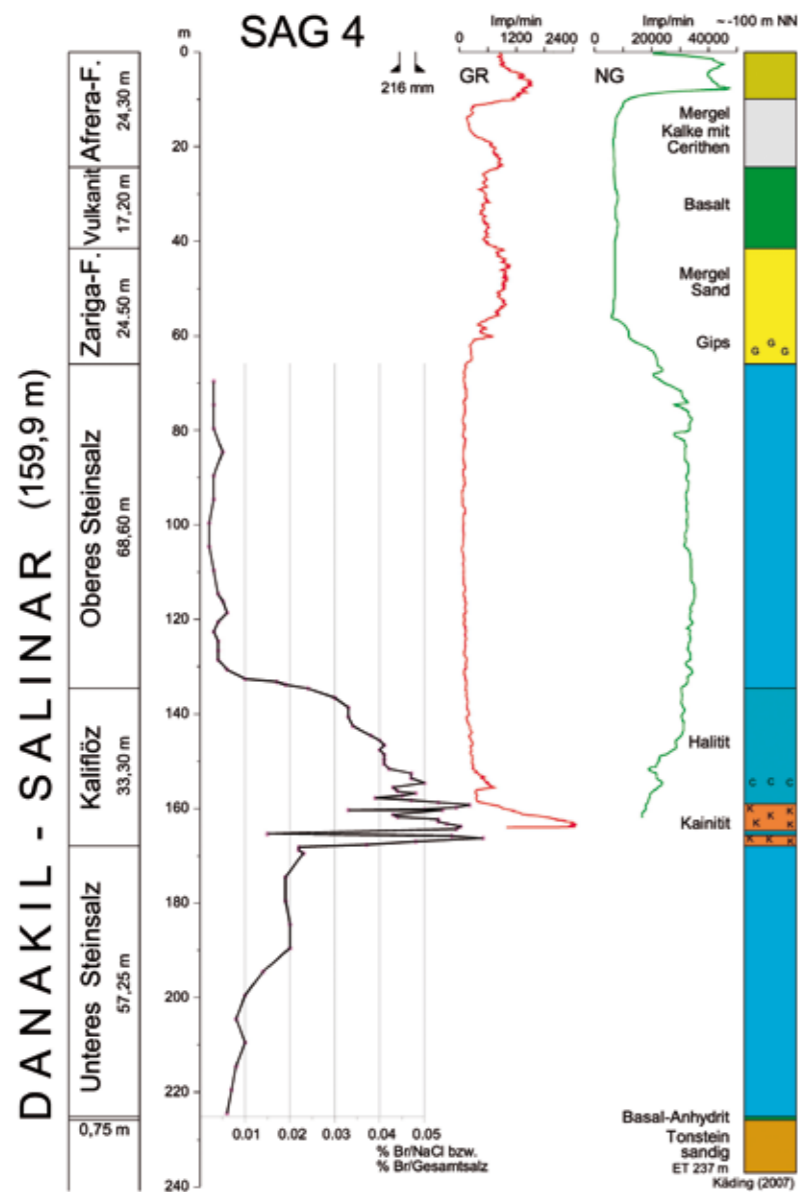


Abb. 14: Geologisches Profil der Bohrung SAG 4 sowie Gamma-Ray-(GR) und Neutron-Gamma-(NG) Logs und stratigraphische Detailgliederung des Danakil-Salinars einschließlich der Bromgehalte | SAG 4 well with gamma ray (GR) and neutron gamma (NG) logs and the detailed stratigraphic units of the Danakil salt with the bromine distribution

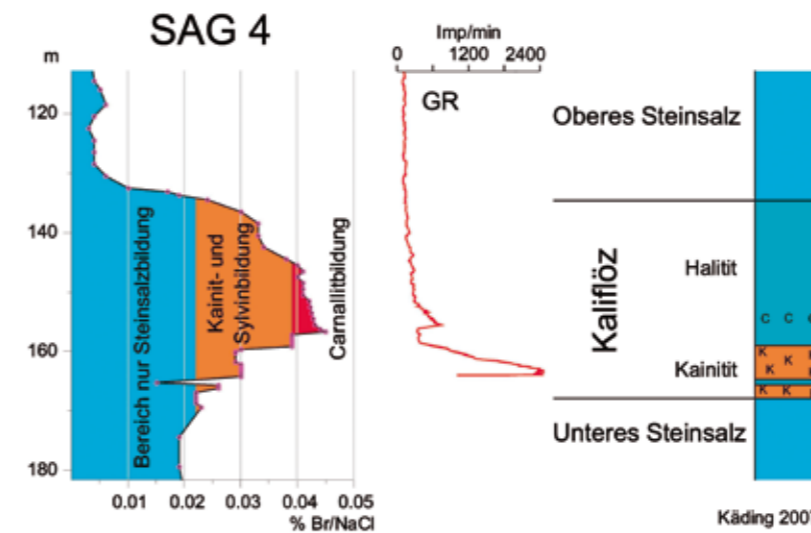


Abb. 15: Bromgehalte im Steinsalzanteil des Kalilagers der Bohrung SAG 4 mit genetischer Deutung | Bromine contents of the halite within the Potash Zone of the SAG 4 well

Das vollständige geologische Profil ist in Abb. 14 auf der linken Bildhälfte in der stratigraphischen Säule abgebildet. Auf dem Salztop liegen 60 m Afrera- und Zariga-Folge, getrennt durch einen Vulkanit. Die Sedimente bestehen aus Sand-, Schluff- und Tonlagen. Mit zunehmender Teufe wurde in den Mergeln ein vermehrter Gipsgehalt sowie schließlich als unmittelbare Überdeckung des Salinars mit Lehm verkitteter Gips in den Spülproben festgestellt. Kerne wurden in diesem Abschnitt nicht gezogen. Die Mächtigkeit des Salinars wurde mit 159,9 m ermittelt. Der Top des Salinars liegt in der Bohrung bei ungefähr -160 m NN, was in etwa auch der Teufenlage im gut untersuchten Musley-Bereich westlich von Dallol entspricht (Abb. 9).

Das Danakil-Salinar gliedert sich vom Liegenden zum Hangenden in vier Abschnitte. Zuunterst wurde ein 0,75 m mächtiger Anhydrit, der grobkristallin und zum Teil porös

ausgebildet ist, abgelagert. Es folgen das ältere Untere Steinsalz mit 57,25 m Mächtigkeit und darüber der Horizont des Kalilagers mit 33,3 m sowie das jüngere Obere Steinsalz mit 68,60 m. Dieses Salz ist grobkristallin und insgesamt wenig geschichtet. Lediglich oberhalb des verstaubten oberen Teils des Kalilagers wurde ein 3 bis 4 m mächtiger gut geschichteter Abschnitt erkannt. Offensichtlich tritt dieses Salz auch im Musley-Bereich auf, wo dieser Horizont von HOLWERDA & HUTCHINSON (1968) als „marker bed“ im Profil ausgehalten wird. Der obere Abschnitt ist leicht kavernös und offensichtlich mit Lösungen gefüllt, was sich auch im Verlauf der Neutron-Gamma-Messung, im rechten Teil der Abb. 14 zu sehen, abzeichnet. Die Bromgehalte sind auf dem Niveau eines bei Beginn der Salzausscheidung aus Meerwasser entstandenen Salzes. Eine weitergehende Konzentration in der Lösung wie im Unteren Steinsalz fand im

Oberen Steinsalz nicht mehr statt. Inwieweit sich die Lösung in das Beckeninnere zurückgezogen hat und dort weiter Steinsalz ausgeschieden wurde, kann ohne weitere Untersuchungen an den Salzen bei Dallol nicht sicher gesagt werden. Das in den Aufschlüssen in Dallol anstehende Salz ist wohl jünger und hat wenig Ähnlichkeit mit dem Oberen Steinsalz auf der westlichen Grabenschulter. Leider liegen dazu bisher keine Untersuchungen vor.

Das Kalilager entspricht in der Mächtigkeit den Werten der Musley-Lagerstätte. Jedoch sind hier der Sylvinit aus dem oberen Drittel und das Carnallit und Kieserit führende halitische Zwischenmittel vollständig verstaubt. Erst die Bromgehalte im Steinsalz von 0,022 % bis 0,047 % weisen diesen Horizont nach. Der Bromgehalt im überlagernden Oberen Steinsalz geht deutlich zurück. Auch optisch hebt sich der milchweiße opake und schichtungslose einzelne dunkelgraue, faustgroße „Steinsalzeinschlüsse“ führende Halitit deutlich vom hangenden Oberen Steinsalz ab. Dieses Salz wurde von MAYRHOFER (1969) deshalb als „Marmorsalz“ beschrieben. Ohne die Brombestimmungen ist es jedoch nicht ohne weiteres als Vertretung des Kalilagers zu erkennen gewesen.

**Bromgehalte im Kaliflöz**

Das dreigegliederte zwischen 134,6 und 167,9 m mit 33,3 m Mächtigkeit angetroffene Kaliflöz ist in der Bohrung durch die Bromgehalte im Steinsalz nachgewiesen. Der Bromgehalt im Steinsalz des unteren Drittels von 158,5 bis 167,9 m entspricht dem eines primär aus



Meerwasser ausgeschiedenen Kainitits, was auch die Vollanalyse und der mineralogische Befund ergeben. Der durchschnittliche  $K_2O$ -Gehalt beträgt 11 %. Während der Ausscheidung wird der Bromgehalt in der Lösung vom Liegenden bei 167,9 m zum Hangenden weiter angereichert. Bei Teufe 165,65 m wird die Beckenlösung kurzzeitig durch einen Meerwassernachfluss verdünnt, und es kommt zur Ausscheidung einer 0,9 m mächtigen Steinsalzbank (Abb. 13), in der der Gehalt auf 0,016 % Br/NaCl deutlich absinkt (Abb. 15). Die Konzentration der Beckenlösung nähert sich danach schnell wieder dem Bereich der Kainitbildung, und es folgt darüber der obere kainitische Abschnitt zwischen 164,7 m und 158,5 m Teufe. Im Hangenden überschreitet die Beckenlösung den Bereich der Kainitbildung und liegt von 158,5–143,1 m in dem Bereich der Carnallitbildung mit Bromge-

halten im Steinsalz von 0,038–0,047 %. Auch wenn der Carnallit weitgehend bzw. ganz fehlt, sind solche Gehalte im Steinsalz nur im Bereich der Carnallitbildung möglich. Darüber folgt von 143,1–134,1 m ein Abschnitt mit rückläufigen Gehalten von 0,038–0,024 % Br/NaCl, in dem sowohl Kainit wie Sylvinit hätte primär ausgeschieden sein können. Hier stellt sich die Frage, wie diese Verlaubungsgebiete entstanden sind, entweder während der Ausscheidung oder später durch vulkanische Beeinflussung. Grundsätzlich sind beide Möglichkeiten vorstellbar. Im ersten Fall könnten an KCl- und  $MgCl_2$ -ungesättigte vom Beckenrand zufließende Lösungen den Carnallit nach seiner Kristallisation bereits wieder aufgelöst haben. Im zweiten Fall könnten vulkanische Wässer die Umbildung verursacht haben. Zunächst würde eine Sylvinitisierung des Carnallits unter Wegfuhr einer  $MgCl_2$ -reichen

Lösung stattfinden und später eine Auflösung des Sylvinit erfolgen. Der Vorgang könnte nacheinander, aber wohl eher gleichzeitig abgelaufen sein. Solche kalifreien Lagerteile, sogenannte Verlaubungen, wurden auch bei der Streckenauffahrung in der Versuchsgrube in der Musley-Lagerstätte festgestellt. Im Übrigen sind derartige Bildungen rezent am Vulkan Dallol zu studieren (Abb. 12).

Bei Beginn der Kalisalzkrystallisation gehörte die Lagerstätte zum Sulfat-Typ. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass der Sylvinit im oberen Drittel des Kaliflozes nicht durch die Umwandlung aus Carnallit, sondern primär durch die Verarmung der eindunstenden Lösung an  $(Mg)SO_4$  entstanden ist. Im letzteren Fall wäre auch hier der Nachweis erbracht, dass sich aus einer Lösung des Sulfat-Typs durch Verarmung an  $(Mg)SO_4$  ein sylvinitisches Kalilager gebildet

hat. Das Salinar ist im Pleistozän sedimentiert worden und damit eine sehr junge Bildung. Der Danakil-Graben wird erstmals im Miozän durch Rotsedimente sichtbar, und das Salz entstand wahrscheinlich vor 160 ka in der Saale-Kaltzeit. Da jüngere Sedimente der Zariga- und die Afrera-Folge das Salz in der Bohrung SAG 4 überlagern, scheidet die Wechsel-Eiszeit aus.

Das Salz ist durch den anhaltenden Vulkanismus einer ständigen Beeinflussung bis hin zur Auflösung ausgesetzt. Hinzu kommen 150 bis 200 mm Niederschläge pro Jahr, die die Salzpfeiler anlösen (Abb. 19). Es dringt Niederschlagswasser in das durch die vulkanische Aufwölbung tief geklüftete Steinsalz ein und löst Salz auf. Vulkanische Gase aus dem Liegenden kommen hinzu und bilden mit der Salzlösung sehr aggressive Säuren mit pH-Werten  $< 1$ . Die gelösten Schwerminerale bewirken ein lebhaftes Farbspiel in den Tümpeln. Sintertürme aus Sylvinit und Steinsalz entstehen bei der Abkühlung der heißen Lösungen (Abb. 12).

Die Abb. 20 zeigt am Top eines Salzpfeilers eine Lösungsdiskordanz unter einem Gipshut. Da die Salzfläche unter dem Meeresspiegel liegt, wird das aufgelöste Salz der Salzpflanze zugeführt und wieder ausgeschieden. Auf diese Weise wird die Salzpflanze immer wieder vollständig eingeebnet.

#### Theoretische Überlegungen

Die Entwicklung der eindunstenden Meerwasser-Lösung lässt sich mit der 25°-Isotherme des quinären Systems mariner Evaporite abschätzen (Abb. 4 bei HERRMANN,

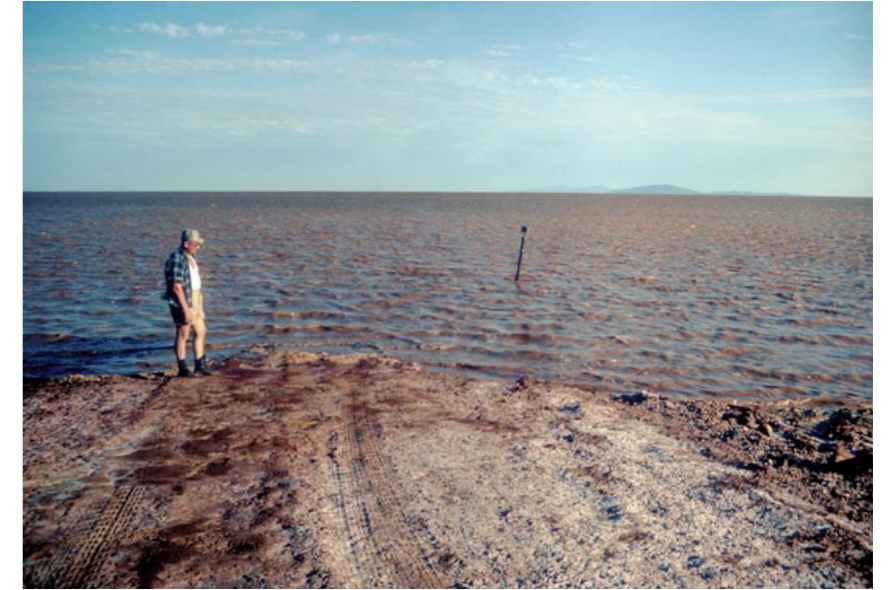


Abb. 18: Überflutete Salzfläche südlich Dallol (Februar 1969), im Hintergrund der Vulkan Kebrtit Ale / Flooded salt pan south of Dallol (February 1969), the background shows the volcano Kebrtit Ale

1991). Aus der Lage der Grenzlinie zwischen Epsomit – Kainit (I) ergibt sich für unverändertes Meerwasser bei 25 °C ein Massenanteil von 40 % Kieserit im Carnallit (BRAITSCHE, 1962, S. 76 f., Tab. 12). In der Bromkurve der Bohrung SAG 4 (Abb. 15) zeigt das Steinsalz im Kalifloz zunächst eine Eindunstung aus einer unveränderten Meerwasser-Lösung an. Im weiteren Verlauf ändert sich die Zusammensetzung. Es werden im zweiten Drittel im Bereich der Carnallitausscheidung, rotes Feld in der Abb. 15, in der Musley-Lagerstätte nur durchschnittlich 10 % Kieserit (HOLWERDA & HUTCHINSON, 1968, S. 143) beobachtet und dazu in der Bohrung SAG 4 im verlaubten Lager 0,042–0,047 % Br/NaCl nachgewiesen. Hier zeichnet sich im Becken bereits ein Prozess ab, der zunehmend in Richtung auf eine beeinflusste Meerwasser-Lösung zustrebt. Die Gesteine des Sulfat-Typs im Bereich der Carnal-

litausscheidung entwickeln sich zum Chlorid-Typ hin. Auch wenn keine Analysen des Sylvinit aus der Musley-Lagerstätte vorliegen, ist der hohe Bromgehalt im Steinsalz der Bohrung SAG 4 zusätzlich ein Hinweis auf eine  $(Mg)SO_4$ -Verarmung.

Zur weiteren Einschätzung, ob der Sylvinit im oberen Drittel des verlaubten Kalilagers in der Bohrung SAG 4 primär aus einer an  $(Mg)SO_4$  verarmten Meerwasser-Lösung oder durch eine Lösungsmetamorphose entstanden ist, sind die Br-Gehalte des Sylvinit und die  $MgSO_4$ -Gehalte aus der Musley-Lagerstätte aus diesem Horizont zum Vergleich wichtig. Bei HOLWERDA & HUTCHINSON sind Durchschnittsgehalte angegeben. Dieser Abschnitt soll 10–15 %  $CaSO_4$  und kein  $MgSO_4$  enthalten.

Ein bei der  $(Mg)SO_4$ -Verarmung gebildeter Sylvinit sollte zwischen 0°–50 °C nach BRAITSCHE (1962, S. 107) zwischen 0,237–0,358 % Br/KCl



Abb. 16: Salzfläche westlich Dallol im Mai 1968, links im Bild Salzpfeiler als Erosionsrest der vulkanischen Salzaufdomung / Salt pan west of Dallol (May 1968), in the left erosional pinnacles



Abb. 17: Überflutete Straße westlich Dallol (Februar 1969), Bildausschnitt wie in Abb. 16, im Hintergrund der Abbruch des Äthiopischen Hochlands / Flooded road west of Dallol (February 1969), the background shows the Ethiopian Highlands



Abb. 19: Isolierter Salzpfiler westlich Dallol / *Isolated pinnacle west of Dallol*

und 0,023–0,035 % Br/NaCl enthalten. Bei einem Umwandlungssylvinit sollte der Bromgehalt im Sylvinit kleiner und im Steinsalz gleich groß bzw. kleiner sein. Die Bromgehalte in der Bohrung SAG 4 zeigen bei Teufe 146 m einen deutlichen

Rückgang von 0,041 % auf 0,034 % Br/NaCl an. Bei anhaltender Carnalitausscheidung sollte dagegen der Br-Gehalt im Steinsalz gleichgeblieben bzw. noch angestiegen sein. Auch dies deutet darauf hin, dass der Sylvinit wohl primär entstanden ist und die Lösungszusammensetzung sich vom Sulfat- zum Chlorid-Typ hin entwickelt hat.

Die Ubiquität der Ausscheidung wird auch deutlich, wenn man berücksichtigt, dass es offensichtlich keine Anhydritausscheidung im Danakil-Becken während der Salzausscheidung gegeben hat, die aufverdünnende Nachflüsse schließen lässt. Der Lösungsspiegel hat offensichtlich sehr tief gelegen, sodass Rückflüsse von konzentrierten Lösungen unterblieben und Bakterien während des Konzentrationsanstieges dem Meerwasser das  $(\text{Mg})\text{SO}_4$  im oberen Abschnitt durch Reduktion zu  $\text{H}_2\text{S}$  entzogen (HERRMANN et al., 1997, S. 120).



Abb. 20: Salzpfiler bei Dallol mit Gipshut und Lösungsspiegel / *Erosional pinnacle at the salt plain with gypsum cap on top*

Die Verhältnisse gleichen denen im z1-Salinar im Werra-Becken, wo allerdings während der Kalisalzkrystallisation eine Zunahme der  $(\text{Mg})\text{SO}_4$ -Komponente stattgefunden hat (KÄDING, 2005).

#### Danksagung

Der Verfasser dankt der K+S Aktiengesellschaft für die freundliche Unterstützung bei der Recherche zu den vor vier Jahrzehnten im Rahmen einer Exploration der damaligen Salzdettfurth AG zusammen mit der Forschungsvereinigung bergbauliche Solution-Technik e.V. gewonnenen Daten und Fakten. Der Verfasser war in den Jahren 1968 und 1969 für die Salzdettfurth AG in der Danakil-Senke tätig. Die Ergebnisse der Untersuchungen liegen in Berichten und Publikationen vor. Eine spezielle Abhandlung über das im zweiten Untersuchungsjahr erbohrte Salinar liegt bisher nicht vor.

Herr Professor Dr. A. G. Herrmann gab wichtige Hinweise und sah, wie auch Dr. W. Beer, freundlicherweise das Manuskript durch.

Frau C. Schön-Rininsland fertigte die CAD-Zeichnungen und Herr S. Steuerwald-Simon übernahm mit Unterstützung durch Herrn E. Kalb die digitale Bildbearbeitung.

Der Verfasser dankt den Genannten herzlich.

#### Literaturverzeichnis

ALEAN, J., CARNIEL, R. & FULLE, M. (2007): © stromboli online. – www.swisseduc.ch/stromboli/perm/erta/lake-en.html  
 AZZAROLI, A. (1968): On the Evolution of the Gulf of Aden. – XXIII. Int. Geol. Congr., 1, 125–134, Prag.

BANNERT, D., BRINCKMANN, J., KÄDING, K.-Ch., KNETSCH, G., KÜRSTEN, M. & MAYRHOFER, H. (1970): Zur Geologie der Danakil-Senke, nördliches Afar-Gebiet, (NE-Äthiopien). – Geol. Rdsch., 59, 409–443, Hannover.

BANNERT, D., BRINCKMANN, J., JORDAN, R., KÜRSTEN, M., OCHSE, G., RIES, H. & SCHMID, F. (1971): Beiträge zur Geologie der Danakil-Senke (NE-Äthiopien). – Beih. geol. Jb., 116, 199 S., Anl. 1 Geol. Kt., Hannover.

BARBERI, F., BORSI, S., FERRARA, G., MARINELLI, G., SANTACROCE, R., TAZIEFF, H. & VARET, J. (1972): Evolution of the Danakil Depression (Afar, Ethiopia) in light of radiometric age determinations. – J. Geol., 80, 720–729.

BEHLE, A., MAKKRIS, J., BAIER, B. & DELIBASIS, N. (1975): Salt thickness near Dallol (Ethiopia) from seismic reflection measurements and gravity data. – In: PILGER, A. & RÖSLER, A. (Editors) (1975): Afar Depression of Ethiopia, 156–65, Schweizerbart, Stuttgart.

BRAITTSCH, O. (1962): Entstehung und Stoffbestand der Salzlagerstätten. – Berlin – Göttingen – Heidelberg: Springer-Verlag.

BRINCKMANN, J. & KÜRSTEN, M. (1971): Stratigraphie und Tektonik der Danakil-Senke (NE-Äthiopien). – Beih. geol. Jb. 116, 5–86, Hannover.

FILJAK, R., DJURASEK, S. & ZAGORAC, Z. (1960): Detailed gravimetric survey of the Ethiopian Red Sea coastal area. – Naftaplin 45, Zagreb.  
 GASSE, F., FONTES, J. C., ROGNON, P. (1974): Variations hydrologiques et extension des lacs holocenes du desert Danakil. – Palaeogeogr., Palaeoclimato., Palaeoecol., 15, 109–148.

GASSE, F., ROGNON, P. & STREET, F. A. (1980): Quaternary history of the Afar and Ethiopian Rift Lakes. – In WILLIAMS, M. A. & FAURE, H. (eds): The Sahara and the Nile: 361–460. (A. A. Balkema) Rotterdam.

HOLWERDA, J. G. & HUTCHINSON, R. W. (1968): Potash-Bearing Evaporites in the Danakil Area, Ethiopia. – Econ. Geol., 63, 124–150.

HERRMANN, A. G. (1991): Fraktionierung im Stoffbestand der Zechsteinevaporite Mittel- und Norddeutschlands. – Zbl. Geol. Paläont. Teil I, H. 4, 1091–1106, Stuttgart.

HERRMANN, A. G., RÜHE, S. & USDOWSKI, E. (1997): Fluid inclusions: Neue Erkenntnisse über den Stoffbestand NaCl-gesättigter Meerwasserlösungen im Zechstein 3. – Kali und Steinsalz 12, H. 4, 115–124.

KÄDING, K.-CH. (1995): Kali- und Steinsalzvorkommen – Verbreitung Vorräte Bergbau. – Kali und Steinsalz, Bd. 11, H. 10, 319–325, Kassel.

KÄDING, K.-CH. (2005): Bromprofile aus dem Zechstein – ein Beitrag zur Zyklustratigraphie. – Kali und Steinsalz, Heft 3/2005, 30–43, Kassel.

KAPPELMEYER, O. (1968): Möglichkeiten zur industriellen Nutzung geothermischer Energie in der Danakil-Senke in Äthiopien. – Unveröff. Bericht der Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover.

KNETSCH, G. (1970): Danakil-Reconnaissance 1968. – In: Graben Problems, Int. Rift Symp. Karlsruhe 1968, UMP Scient. Rep. 27, 267–279, Schweizerbart, Stuttgart.

LALOU, C., NGUYEN, H. V., FAURE, H. & MOREIRA, L. (1970): Datation par la méthode Uranium-Thorium des hauts niveaux de coraux de la dépression de l'Afar (Éthiopie). –

Rev. Géogr. phys. Géol. dyn. (2), XII, 38, Paris.

MAYRHOFER, H. (1969): Bericht über die 2. Untersuchungsphase in der Danakil-Senke im Rahmen der Forschungsvereinigung bergbauliche Solution-Technik e. V., Arbeitsjahr: 1968/1969, (unveröffentlicht).

MOHR, P. R. (1967): Major vulcanotectonic lineament in the Ethiopian Rift System. – Nature, 213, 664–665, London.

NIELSEN, H., WAKSHAL, E., HOLWERDA, J. G. & HUTCHINSON, R. W. (2007): Sulfur isotopic variations within the evaporites of the Danakil Depression, Southern Red Sea rift system. – Israel Geol. Soc., Annual Meeting, Neve Zohar.

OCHSE, G. & RIES, H. (1971): Gravimetrie in der Danakil-Depression (Äthiopien). – Beih. geol. Jb., 116, 193–199, Hannover.

PILGER, A. & RÖSLER, A. (Editors) (1975): Afar Depression of Ethiopia. – E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart.

ROUBET, C. (1969): Essai de Datation absolue d'un Biface-Hachereau Paléolithique de l'Afar (Éthiopie). – L'Anthropologie, Tome 73, no 7–8, pp. 503–524, Paris.

SESTINI, J. (1965): Cenozoic stratigraphy etc. Red Sea Coast, Sudan. – Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 49 (9), 1453–1472.

TAZIEFF, H. (1969): Potash-Bearing Evaporites – Danakil Area. – Discussions. Econ. Geol., 64, 228–229.

TAZIEFF, H., MARINELLI, G., BARBERI, F. & VARET, J. (1969): Geologie de l'Afar Septentrional. – Bull. Vulcanol. Comm., Sympos. A. J. V., Vol. 33, 4.

# Umbau des Schachtes Herfa auf Einsohlenbetrieb



Matthias Nitschke  
K+S KALI GmbH Werk Werra

Im Sommer 2006 erfolgte die Umstellung des Schachtes Herfa des Werkes Werra der K+S KALI GmbH auf Einsohlenbetrieb. Zukünftig werden am Schacht Herfa Seilfahrten und Deponietransporte nur noch bis zur 1. Sohle durchgeführt.

## Einleitung

Das Werk Werra der K+S KALI GmbH verfügt über die Standorte Hattorf, Wintershall, Unterbreizbach und Merkers. Die Produkte aus der Rohsalzverarbeitung werden im Wesentlichen dem Düngemittelmarkt zur Verfügung gestellt.

Die Verbundgrube Hattorf/Wintershall (HW) verfügt über insgesamt sieben Schächte. Schacht Herfa dient – neben Schacht Ransbach – dem Grubenbetrieb als Seilfahrtsschacht und zudem der Untertagedeponie Herfa-Neurode (UTD) als Transportschacht für den Einlagerungsbetrieb. Im Weiteren versorgen die Förderschächte Hattorf und Grimberg die Fabriken

Hattorf bzw. Wintershall mit Rohsalz. Die Schächte Neurode, Heringen und Heiboldshausen werden als ausziehende Wetterschächte genutzt. Dabei verfügt Schacht Neurode zusätzlich über die Möglichkeit, dort Schwerlast- und Großtransporte durchzuführen. Der Schacht Herfa wurde in den Jahren 1911 bis 1913 mit einem Durchmesser von 4,5 m bis zur Endteufe von 766 m niedergebracht. Zunächst wurde nur ein Füllort im Niveau der 2. Sohle in einer Teufe von 708 m ausgesetzt. Nach einer Betriebszeit als Förderschacht der damals eigenständigen Schachtanlage Herfa-Neurode ist der Schacht Herfa seit 1976 Deponieschacht und



Abb. 1: Schacht Herfa der Schachtanlage Herfa-Neurode | Herfa Shaft

gleichzeitig Seilfahrtsschacht für den gesamten Grubenbetrieb des damaligen Werkes Wintershall. 1996 wurde die 1. Sohle an den Schacht angeschlossen und seit 1997 erfolgen die Seilfahrten des Grubenbetriebes bis zur 1. Sohle, während der Deponiebetrieb weiter bis zur 2. Sohle durchgeführt wurde.

Der Schacht Herfa ist für die Erfüllung seiner Aufgaben als Seilfahrts- und Deponieschacht mit einer doppeltrümigen Gestellförderung ausgerüstet. Die 4-etagigen Gestelle werden an Spurlatten geführt. Seilfahrten werden eintrümig im westlichen Gestell mit einer Geschwindigkeit von 10 m/s



Abb.2: Füllort der 1. Sohle vor dem Umbau / Inset at 1st level before reconstruction

durchgeführt. Der Deponiebetrieb erfolgt in beiden Trümen mit gleicher Geschwindigkeit. Außerdem ziehen über den Schacht Herfa Frischwetter ein. Im Schacht sind außerdem Kabel für die Stromversorgung und Signalkabel sowie Rohrleitungen untergebracht. Mit der Fortentwicklung der Deponie aus dem Bereich der 2. Sohle in ein neues Deponiefeld, in das die Einlagerung über die 1. Sohle erfolgen soll, war eine weitere Nutzung des Füllortes der 2. Sohle nicht mehr erforderlich. Dies war ein Grund für den Umbau des Schachtes Herfa auf Einsohlenbetrieb. Zudem waren im Bereich des Füllortes der 2. Sohle Konvergenzerscheinungen aufgeführt.

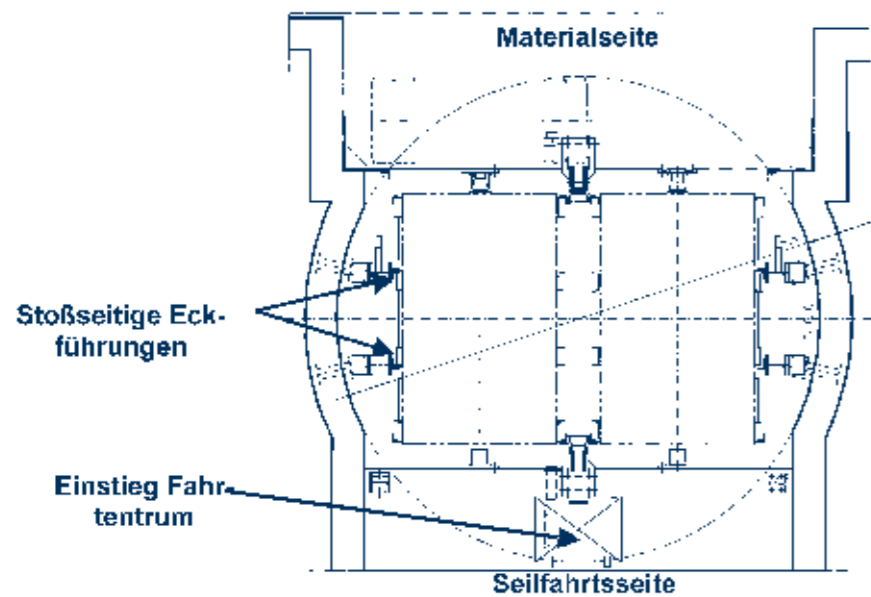


Abb. 3: Schachtscheibe 1. Sohle / Shaft cross-section at 1st level

treten. Daher sollten der Anschlag auf der 2. Sohle aufgegeben, das Füllort der 1. Sohle für den Deponie-transport hergerichtet und damit der Schacht mit eingekürzter Förderung im Einsohlenbetrieb nur noch bis zur 1. Sohle betrieben werden.

#### Planung

Der Umbau wurde unter Berücksichtigung der Technischen Anforderungen an Schacht- und Schrägförderanlagen (TAS) und der hessischen Bergverordnung für Schacht- und Schrägförderanlagen (BVS) projektiert. Die Planungen beinhalteten das Herrichten des Füllortes der 1. Sohle für den Deponiebetrieb, Arbeiten im Bereich des Füllortes der 2. Sohle, das Einrichten eines Fahrtentrums zwischen der 1. und 2. Sohle sowie das Ausrauben der Schachtröhre unterhalb der 2. Sohle. Neben dem Umbau an den Fördereinrichtungen im Schacht und in den Füllörtern musste auch die Steuerung der Fördermaschine

den neuen Gegebenheiten angepasst werden.

#### Arbeitsumfang 1. Sohle

Vor dem Umbau war auf der Materialseite des Füllortes der 1. Sohle einseitig ein Schachttor vorhanden, das für den Verletzentransport vorgesehen war. Zum Herrichten des Füllortes der 1. Sohle für den Deponiebetrieb sollten auf der Materialseite dieses Schachttor demontiert und das Füllort zur Aufnahme neuer Schachttore entsprechend erweitert werden. Im Deponiebetrieb müssen die auf Paletten in BigBags angelieferten Abfälle mittels Gabelstapler vom Förderkorb entladen werden. Die neu einzubauenden Schachttore sollten zur Durchführung des Gabelstaplerumschlages auf der 1. Sohle mit pneumatischem Antrieb eingesetzt werden.

Im Bereich des Füllortes der 1. Sohle sollten Eckführungen zur Stabilisierung der Fördermittel

beim Be- und Entladevorgang eingebaut werden. Die bis dahin im Niveau der 1. Sohle durchgängigen Spurlatten mussten für die Einrichtung des Deponiebetriebes auf der Materialseite unterbrochen werden. Um trotz der beengten Platzverhältnisse eine ausreichende Nachrichtbarkeit der Eckführungen gewährleisten zu können, wurde festgelegt, dass die stoßseitigen Eckführungen das Fördermittel an den Seiten und nicht an den Ecken führen. Dazu sollten an der Längsseite des Fördermittels entsprechende Führungsleisten montiert werden. Die Spurlatten auf der Seilfahrtsseite sollten durchgängig bleiben.

Die Seilfahrtsseite im Füllort der 1. Sohle sollte bis auf den geplanten Einstieg zum Fahrtentrum von den Umbaumaßnahmen unberührt bleiben.

#### Arbeitsumfang 2. Sohle

Auf der 2. Sohle sollte mit dem Aufbau einer Spurlattenabstützkonstruktion mit Buchholzverlagerung und einer Abdeckung der Schachtröhre im Sohlenniveau ein neuer „künstlicher“ Schachtsumpf entstehen.

Die Abdeckung besteht aus einer über den Schacht gelegten mit einem Stahlblech abgedeckten Trägerlage. Zur Entfernung von Rieselgut soll die Abdeckung mit einem Lader befahrbar sein. Die Zufahrt auf die Abdeckung wird durch einen Keil aus Beton mit Blechabdeckung und durch die Demontage der materialseitig vorhandenen Schachttore hergestellt.

Aufgrund der gebirgsmechanischen Situation des Schachtausbau im Bereich zwischen der

1. und der 2. Sohle war ein direkter Einbau von Spurlattenabstützträgern nicht möglich. Es wurde daher festgelegt, dass eine Stützkonstruktion auf der Abdeckung des Schachtes bis zur Unterkante der verdickten Spurlatten aufgebaut werden sollte. Zum Sammeln von Rieselgut war der untere Teil der Stützkonstruktion mit seitlichen Blechen zu verkleiden. Dabei sollte die Rückwand unabhängig von den Stützen aufgestellt werden, um mögliche Stöße, die beim Säubern des Sumpfes im Fahrladerbetrieb auftreten können, von der Gerüstkonstruktion fernzuhalten. Um das Rieselgut in den neuen Schachtsumpf abzuleiten, sollten über den seitlichen Blechen zusätzliche Bleche trichterförmig zur Schachtwand eingebaut werden.

Unter Berücksichtigung der freien Teufe sollte die Buchholzverlagerung nun bündig mit der Oberkante der 3. Seilfahrtsbühne liegen. Als Zugang zur Buchholzverlagerung sollte die vorhandene Treppenanlage der Seilfahrtsbühnen genutzt werden. Über diese Treppenanlage sollte auch der Zugang zum unteren Einstieg des Fahrtentrums erfolgen. Ansonsten bleibt die Seilfahrtsseite im Füllort der 2. Sohle unverändert.

#### Arbeitsumfang Fahrtentrum

Um den mit dem Fördermittel nun nicht mehr befahrbaren Schachtbereich zwischen der 1. und der 2. Sohle befahren zu können, wurde dort ein Fahrtentrum vorgesehen. Das Fahrtentrum sollte unter Berücksichtigung der Schachtschei-

be und des Materialumschlages auf der 1. Sohle im südlichen Schachtabschnitt, also auf der Seilfahrtsseite zwischen Einstrich und Schachtwand in der Schachtmittte angeordnet werden.

Dabei wird der Zugang auf der 1. Sohle über eine Klappe ermöglicht, während auf der 2. Sohle der Zugang über die vorhandenen Seilfahrtsbühnen gewährleistet sein sollte. Aufgrund der beengten Verhältnisse im Schacht konnte nur der Einbau einer 34 m langen steil stehenden Fahrte ohne Rückenschutz vorgenommen werden. Eine Befahrung des Fahrtentrums ist nur mit einer fest installierten Seilsteigeinrichtung zulässig.

Im Abstand von 9 m mussten aus Gitterrosten bestehende Ruhe- bühnen zwischen Einstrich und Schachtwand angebracht werden.

#### Arbeitsumfang ehem. Schachtsumpf

Im Schachtabschnitt unterhalb der neuen Abdeckung im Niveau der 2. Sohle bis zur Endteufe sollten alle Einbauten, d. h. Einstriche und Spurlatten sowie Buchholz mit Verlagerung demontiert werden und der Sumpf so für eine spätere Teilverfüllung des Schachtes Herfa vorbereitet werden.

#### Arbeitsumfang elektrotechnischer Teil

Die Steuerung, Regelung und Überwachung der Schachtförderanlage sowie die Schachtsignalanlage mussten an die neuen Betriebsverhältnisse, d. h. das Betreiben der Schachtförderanlage im Einsohlenbetrieb, angepasst werden. Eine weitere Forderung war die Installation einer Lichtschranke

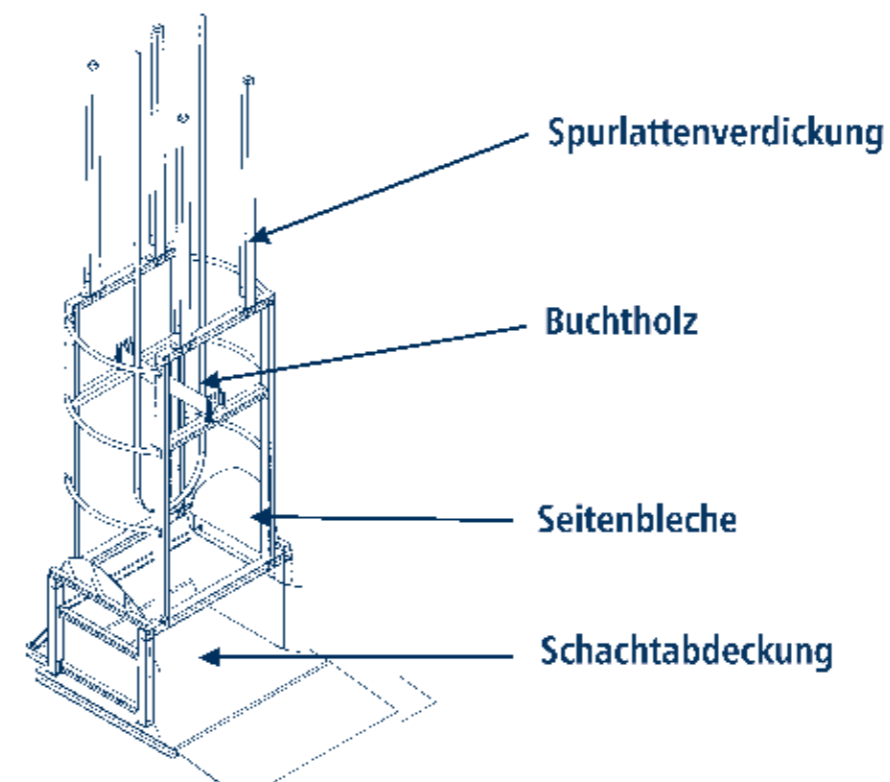


Abb. 4: Spurlattenabstützkonstruktion und Schachtabdeckung auf der 2. Sohle / Rigid guides support construction and shaft cover at 2nd level



Abb. 5: Neues Fahrtentrum / New ladder compartment

zur Überwachung des Freiraums zwischen den Schachttoren und dem Schacht auf der Materialseite der 1. Sohle. Zum Arbeitsumfang sollte außerdem die Installation einer neuen Anschlagtafel auf der 1. Sohle sowie der dazugehörigen Befehls-, Überwachungs- und Signalgeräte gehören.

#### Ausführung

#### Zeitplanung

Nachdem die Planungen für den Umbau erfolgt waren, sollte die Durchführung des Umbaus in 2006 erfolgen. Mit der Durchführung der Arbeiten wurde die damalige Deilmann-Haniel GmbH, heute

Deilmann-Haniel Shaft Sinking GmbH, Dortmund beauftragt. Die elektrischen Arbeiten wurden bei der Converteam GmbH, Berlin in Auftrag gegeben.

Aufgrund des Umfangs der geplanten Umbauarbeiten in einem durch Seilfahrten und Deponietransporte stark genutzten Schacht war eine detaillierte Zeitplanung notwendig. Eine eingehende Beurteilung der durchzuführenden Arbeiten mit entsprechender Zeitplanung ergab, dass die zur Verfügung stehende zweiwöchige Betriebspause für die Durchführung der Arbeiten nicht ausreichend war. Durch Umdisponierungen im Gruben- sowie im Deponiebetrieb war es möglich, den Firmen den Schacht mit Förderanlage bereits eine Woche vor Beginn der Betriebspause zur Verfügung zu stellen.

In dem drei Wochen dauernden Zeitraum stand der Schacht mit Fördereinrichtung ausschließlich für die Umbauarbeiten dreischichtig zur Verfügung, d. h. es wurden während dieses Zeitraums keine Deponietransporte und Seilfahrten durchgeführt. In der 1. Hälfte der drei Wochen wurden die Umbauarbeiten im Bereich der 2. Sohle und in der 2. Hälfte die Arbeiten des elektrotechnischen Teils durchgeführt. So konnten gegenseitige Behinderungen der beiden ausführenden Firmen ausgeschlossen werden.

Außerdem gelang es, weitere Vor- und Nacharbeiten aus der Betriebspause herauszunehmen. In diesen Zeiträumen konnte der Schacht für die Umbauarbeiten aber nur einschichtig zur Verfü-

gung gestellt werden. So wurde vor der Betriebspause die Baustelle einschichtig während der Nachtschicht belegt. Während der Früh- und Mittagschicht wurden die Transporte für die UTD abgewickelt. Außerdem mussten zu den Schichtwechseln die Seilfahrten des Grubenbetriebes durchgeführt werden. An Wochenenden konnte die Baustelle dreischichtig belegt werden. So konnten von Anfang Mai bis Anfang Juli Leistungen realisiert werden, die den Förderbetrieb nicht behinderten. Dies waren die Arbeiten im Bereich der 1. Sohle und der Einbau des Fahrtentrums.

Mit Einrichtung einer Langsamfahrzone von der 1. bis zur 2. Sohle wurde es dann ermöglicht, auch schon vor der Betriebspause Leistungen durchzuführen, die in den Förderbetrieb eingreifen. So konnten auch die Eckführungen im Bereich des Füllorts der 1. Sohle bereits vor der Betriebspause montiert werden. Nach der Betriebspause wurde das Ausrauben des ehemaligen Schachtsumpfes während der Nachtschicht ausgeführt.

#### Arbeitsablauf vor der Betriebspause

Vor der Betriebspause wurden die Arbeiten im Bereich der 1. Sohle durchgeführt. Am 2. Mai 2006 begannen mit der Erstellung des Fahrtentrums von der 1. zur 2. Sohle die Umbauarbeiten.

Für den Aufbau des Fahrtentrums wurden zunächst alle für die Verlagerung der Fahrten und Ruhe Bühnen erforderlichen Konsolen gesetzt. Anschließend erfolgte der Einbau der Fahrten mit Ruhe Bühnen von unten nach oben. Mit der Einrichtung der Lang-



Abb. 6: Neue stoßseitige Eckführungen / New guides at 1st level

samfahrzone von der 1. bis zur 2. Sohle wurde der Einbau der Eckführungen vorbereitet. Im Bereich der Langsamfahrzone wurde die Fördergeschwindigkeit reduziert. Zur Überwachung der Retardierung wurden am ersten Wochenende im Juli 2006 Schachtschalter durch den Elektrobetrieb Hattorf/Wintershall gesetzt und die erforderliche Parametrierung des Fahrtreglers durch die Fa. Converteam vorgenommen. Die

Einrichtung der Langsamfahrzone musste bergbehördlich zugelassen und durch einen Sachverständigen abgenommen werden. Mit Einführung der Langsamfahrzone war es möglich, den Deponiebetrieb zur 2. Sohle, auch bei schon teilweise eingebauten Eckführungen, bis zur Betriebspause weiter aufrecht zu halten. Der Einbau der Eckführungen erfolgte an den drei folgenden Wochenenden. Dabei musste mit besonderer Sorgfalt



Abb. 7: Umbauarbeiten im Füllort der 1. Sohle / Reconstruction works at 1st level inset

gearbeitet werden, da die über 7 m langen Eckführungen bei starkem Wetterzug eingemessen und in einem Stück eingebaut werden

mussten. Außerdem wurden vor der Betriebspause im Füllort der 1. Sohle das alte Schachttor demontiert und die neuen Schachttore einge-



Abb. 8: Neue Schachtabdeckung im Füllort der 2. Sohle / New shaft cover at 2nd level inset

baut. Zuvor waren bereits schon die erforderlichen Spitzarbeiten zur notwendigen Erweiterung des Füllortes auf der Materialseite durchgeführt worden.

Auch ein Teil der erforderlichen Elektroarbeiten konnten bereits vor der Betriebspause durchgeführt werden. Mit den Verdrahtungsarbeiten an einer neuen SPS auf der 1. Sohle wurde begonnen.

#### Arbeiten in der Betriebspause

In der Betriebspause konzentrierten sich die Arbeiten auf die 2. Sohle. Mit Übergabe des Schachtes am Samstag, den 29. Juli 2006 zu Beginn der Frühschicht, begannen die Umbauarbeiten in der Betriebspause mit dem Einkürzen der Förderung. Die Arbeiten zum Einkürzen des Ober- und des Unterseils wurden im Bereich der 1. Sohle durchgeführt.

Nach dem Einkürzen der Förderung wurden die erforderlichen Rückbauarbeiten mit dem Ausbau der Schachttore der Materialseite im Bereich der 2. Sohle durchgeführt. Danach wurde mit dem Einbau der Schachtabdeckung begonnen. Dazu wurden zunächst die für die Schachtabdeckung erforderlichen Träger über den Schacht gelegt.

Auf die Trägerlage wurden der Stahlbau der Spurlattenabstützkonstruktion und für die Buchholzverlagerung, bestehend aus den vier Eckstielen mit Verstrebungen, aufgebaut und abschließend das Buchholz eingesetzt. Die Arbeiten des maschinentechnischen Teils waren damit zunächst beendet und wurden am 10. August 2006 durch den Sachverständigen abgenommen. Im Anschluss begann die Firma

Converteam mit den Arbeiten für den elektrischen Teil. Dies waren neben der Montage der Anschlagtafel auf der 1. Sohle im Wesentlichen Arbeiten zur Inbetriebnahme der Schachtförderanlage mit Tests der einzelnen Betriebsarten und der Fahrtreglerparametrierung.

Die elektrischen Arbeiten der Betriebspause wurden am 19. August 2006 mit der Abnahme durch den zuständigen Sachverständigen abgeschlossen und die Anlage konnte wie geplant am Montag, dem 21. August, nun im Einsohlenbetrieb zur 1. Sohle, wieder in Betrieb gehen.

#### Arbeiten nach der Betriebspause

Nach der Betriebspause wurden die Schachteinbauten unterhalb der 2. Sohle von einer an Luftkettenzügen verfahrbaren Arbeitsbühne ausgeraubt. Mit der an den Spurlatten geführten Arbeitsbühne konnten die Raubarbeiten, die von unten nach oben durchgeführt wurden, nach ca. 2 Wochen abgeschlossen werden. Damit war das gesamte Projekt des Umbaus abgeschlossen.

#### Zusammenfassung

Mit der Fortentwicklung der UTD aus dem Bereich der zweiten Sohle in ein neues Deponiefeld war eine weitere Nutzung des Füllortes der 2. Sohle nicht mehr erforderlich. Der Umbau umfasste im Bereich der 1. Sohle das Herrichten der Materialseite des Füllortes für den Deponiebetrieb. Dafür war u. a. der Umbau der Toranlage und der Führungseinrichtungen notwendig. Im Niveau der 2. Sohle wurde der Schacht mit einer Stahlplatte abgedeckt und eine Stahlkonstruk-



Abb. 9: Neue Spurlattenabstützkonstruktion / New rigid guides support construction



Abb. 10: Füllort der 1. Sohle nach dem Umbau / Inset at 1st level after reconstruction

tion zum Höherlegen des Buchholzes aufgebaut. Zur Befahrung des Schachtes zwischen der 1. Sohle und der 2. Sohle wurde ein Fahrtenrum eingebaut. Abschließend wurden im ehemaligen Schachtsumpf alle Einbauten als Vorleistung für eine spätere langzeitsichere Verwahrung des Schachtes geraubt.

Außerdem wurden sowohl die Schachtsignalanlage als auch die

Überwachung, Regelung und Steuerung der Schachtförderanlage an die neuen Gegebenheiten angepasst.

Die Arbeiten zum Umbau des Schachtes Herfa auf Einsohlenbetrieb wurden im gegebenen Kostenrahmen durchgeführt. Außerdem wurden alle Termine eingehalten und die Arbeiten unfallfrei durchgeführt.

## esco – european salt company GmbH & Co. KG

### Firmennachrichten

Das Steinsalzbergwerk Borth hat im Januar dieses Jahres ein neues Spezialfahrzeug für Sicherungsarbeiten in großer Höhe in Betrieb genommen. Es handelt sich um einen Teleskopstapler des italienischen Produzenten Genie, ein geländegängiges Fahrzeug, das für Arbeiten bis maximal 20 Meter Firsthöhe geeignet ist. Am Teleskoparm ist eine Arbeitsbühne angebracht. Von dort aus können der Teleskoparm und die Arbeitsbühne gesteuert und Abschaltungen mit Beraubestangen gelöst werden – ein wichtiger Beitrag zur First- und Stoßsicherheit!

Das rund 15 Tonnen schwere Fahrzeug wird von einem hochleistungsfähigen Turbodiesel-Motor angetrieben.

## K+S Gruppe

### Firmennachrichten

Die Gesellschaft zur Verwahrung und Verwertung von stillgelegten Bergwerksbetrieben mbH (GVV, Sondershausen) hat im November 2007 Bergwerkseigentum und ein 20 Hektar großes Grundstück des ehemaligen Kaliwerkes in Roßleben (Thüringen) zum Verkauf angeboten. Das Bergwerkseigentum ist länderübergreifend in Thüringen und Sachsen-Anhalt gelegen. Nach Angaben der GVV beträgt die verwertbare Fördermenge der erkundeten Hartsalzvorräte knapp 200 Millionen Tonnen. Der frühere DDR-Kalilandort in Roßleben wur-

de bereits im Jahr 1991 von der Mitteldeutschen Kali AG (MdK) stillgelegt, die Schächte verfüllt sowie die übertägigen Anlagen anschließend abgebrochen. K+S hat im Rahmen ihrer strategischen Ausrichtung, die neben Akquisitionen und Kooperationen auch die Erschließung neuer Lagerstätten einschließt, ein grundsätzliches Interesse am Erwerb bekundet und die entsprechenden Ausschreibungsunterlagen angefordert. Erst nach Prüfung der Dokumente ist es K+S möglich, gegebenenfalls eine Wirtschaftlichkeitsstudie zu erarbeiten. Im Ergebnis wird K+S beurteilen können, ob die vorhandenen Rohsalzvorräte wirtschaftlich gewonnen und zu wettbewerbsfähigen Produkten verarbeitet werden können.

## K+S KALI GmbH

### Personalien

**Dr. Helmut Zentgraf**, Werksleiter des Werkes Werra, vollendet am 19. November 2008 sein 60. Lebensjahr; Walter Fromm, früherer Werksleiter des Werkes Werra für den kaufmännischen Bereich, vollendet am 29. November 2008 sein 60. Lebensjahr.

### Firmennachrichten

Am Förderschacht I des Kaliwerkes Zielitz ist Ende Dezember 2007 eine neue Treibscheibe in Betrieb genommen worden. Die Investition wurde erforderlich, nachdem beim Vorgängermodell Risse festgestellt wurden. Eine Reparatur erwies sich als nicht rentabel, da sich die Schäden aufgrund der dynamischen

Beanspruchung bereits auf mehrere Bauteilbereiche ausgebreitet hatten. Die neue Anlage befördert mit Hilfe von acht Seilen täglich 42.000 Tonnen Rohsalz an die Erdoberfläche. Je Gefäß entspricht dies einer Nutzlast von 50 Tonnen – bei einer Fördergeschwindigkeit von 15,5 Metern pro Sekunde. Dabei werden insgesamt 8.000 Kilowatt Strom benötigt. Hergestellt wurde die Anlage, die insgesamt 57 Tonnen wiegt, von der Firma Siemens.

Rund 70 Millionen € investiert die K+S KALI GmbH in den Jahren 2008 und 2009 im Werk Zielitz. Das Geld fließt vor allem in die Erweiterung und Modernisierung der Produktionsanlagen. Schwerpunkte sind die Steinsalzvorbereitung und die Industriekaliproduktion. In Summe entstehen damit rund 60 neue Arbeitsplätze. Im Dezember vergangenen Jahres hat das Ministerium für Wirtschaft und Arbeit des Landes Sachsen-Anhalt den Kalilandort nördlich von Magdeburg als Unternehmen des Monats 2007 geehrt.

Das Werk Neuhoft-Ellers hat ein ehrgeiziges Programm zur Optimierung der Rohsalzgewinnung und -verarbeitung angestoßen. Ein wesentliches Ziel ist die Vergleichmäßigung der Rohsalzqualität und damit eine noch bessere Voraussetzung für die Weiterverarbeitung über Tage. Vorausgegangen war eine Engpassanalyse, bei der der gesamte Produktionsprozess einer kritischen Bestandsaufnahme unterzogen wurde, wobei im Ergebnis die Schachtförderkapazität noch besser ausgenutzt wird. Bereits frühzeitig wurde mit der Umsetzung notwendiger tech-

nischer Maßnahmen im Grubenbetrieb begonnen. Dazu gehören neue Bandanlagen, der Bau eines neuen Bunkers zur Aufnahme und dosierten Abgabe von Rohsalz sowie die Installation von Nahinfrarot-Messgeräten zur Qualitätsbestimmung des zum Schacht transportierten Rohsalzes. Die erhöhten technischen Anforderungen in den Gewinnungsbereichen haben auch die Grubenmannschaft um 23 Mitarbeiter anwachsen lassen. Auch im Fabrikbetrieb wurden technische Optimierungen notwendig durch Austausch oder Ergänzung vorhandener Aggregate. Knapp 4,4 Millionen € investiert die K+S KALI GmbH in die Stärkung der Infrastruktur von Grube und Fabrik. Der Abschluss aller Maßnahmen unter und über Tage wird für Mitte 2008 erwartet.

Für den Abbau flacher Lagerstättenbereiche hat der Grubenbetrieb Hattorf-Wintershall einen neuen 12-Tonnen-Lader mit hydrostatischem Fahrtrieb und einer Maschinenhöhe von nur 1,65 Meter in Betrieb genommen. Der neue Lader mit der Bezeichnung SLP 12 (SLP = „Super Low Profile“) wurde in enger Zusammenarbeit mit der GHH Fahrzeuge GmbH in Gelsenkirchen entwickelt. Ziel der Entwicklungszusammenarbeit war, einen Fahrlader zu konzipieren, der trotz extrem niedriger Bauhöhe die erforderliche Nutzlast von 12 Tonnen bewältigen kann. Die 45 Tonnen schwere Spezialmaschine ist mit einem 6-Zylinder-Deutz-Dieselmotor ausgestattet, der über einen speziellen Rußpartikelfilter verfügt. Um die erforderliche Rohsalzmenge aufnehmen zu können,

wurde der neue Fahrlader mit einer 4,6 Meter extrabreiten Ladeschaufel ausgestattet.

Die Untertageverwertungsanlage (UTV) Unterbreizbach (Werk Werra) hat im November 2007 eine neue Dickstoffanlage unter Tage in Betrieb genommen. Die angelieferten Abfälle, zum Beispiel Filterstäube und Reaktionssalze aus der Abfall- und Klärschlammverbrennung, werden in einem Mischer unter Zugabe von Salzlösungen und Zuschlagstoffen nach festgelegten Rezepturen vermischt, in einen Vorlagebehälter geleitet und von dort aus in ausgewählte Hohlräume des Grubenbetriebes gepumpt. Die neue Anlage ersetzt eine im Jahr 1997 errichtete Vorgängeranlage, die während der zehnjährigen Betriebsdauer einer starken Beanspruchung ausgesetzt war. Der geplante Mengendurchsatz der neuen Anlage beläuft sich auf etwa 140.000 Jahrestonnen – ein Plus von rund 30.000 Tonnen. Die neue Dickstoffanlage wurde zwischen den beiden Flözen Hessen und Thüringen im mittleren Werra-Steinsalz in einer eigens aufgefahrenen Kammer errichtet. Diese Kammer ist elf Meter hoch, 16 Meter breit und hat eine Gesamtlänge von rund 80 Metern.

## K+S Entsorgung GmbH

### Firmennachrichten

Das neue Deponiefeld III der Untertage-Deponie Herfa-Neurode wurde am 14. November 2007 offiziell in Betrieb genommen. An diesem Tag erfolgte im Beisein von Vertretern der beiden langjährigen

Kunden der K+S Entsorgung GmbH, Durferrit und Alfred Talke, die erste Einlagerung von Härtesalzen. Durferrit (Mannheim) und Alfred Talke (Hürth bei Köln) sind Partner der ersten Stunde, als 1972 die UTD in Betrieb genommen wurde. Durferrit liefert seit Jahrzehnten hochwertige Härtesalze für die Metalloberflächenbehandlung. Alfred Talke organisiert ebenso seit mehr als drei Jahrzehnten die ordnungsgemäße Rücknahme der verbrauchten Härtesalze einschließlich Qualitätsmanagement, Konditionierung, Verpackung und Logistik.

## Südsalz GmbH

### Wechsel an der Spitze der Saline Bad Reichenhall

Nach über 37-jähriger Tätigkeit für die Saline Bad Reichenhall und damit für die Südsalz GmbH und deren Vorläufergesellschaften, die BHS-Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke AG und die Südwestsalz-Vertriebs GmbH, wird **Herr Franz-Xaver Furtner** Anfang Mai in den Ruhestand verabschiedet. Als Salinenexperte und profunder Kenner der Materie Salz leitete Herr Furtner seit 1997 als Standortleiter die Geschicke der Saline Bad Reichenhall und machte sich um deren Entwicklung und ausgereifte Technik verdient. Den Stab übergibt er an seine langjährige rechte Hand, **Herrn Jürgen Engl**.

## 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  
E-Mail: [info.berlin@vks-kalisalz.de](mailto:info.berlin@vks-kalisalz.de)  
[www.vks-kalisalz.de](http://www.vks-kalisalz.de)

### **Erscheinungsweise:**

dreimal jährlich in loser Folge

**ISSN 1614-1210**

### **Redaktionsleitung:**

Dieter Krüger, VKS e.V.  
Tel. (030) 8 47 10 69 13

### **Redaktionsausschuss:**

Dr. Wolfgang Beer, K+S Aktiengesellschaft  
Hartmut Behnsen, VKS e.V.  
Uwe Handke, K+S Aktiengesellschaft  
Gerhard Horn, K+S KALI GmbH  
Frank Hunstock, K+S Aktiengesellschaft  
Manfred Koopmann, esco GmbH & Co. KG  
Dr. Volker Lukas, K+S Entsorgung GmbH  
Prof. Dr. Ingo Stahl, K+S Aktiengesellschaft

### **Herstellung und Layout:**

diepiloten  
Dirk Linnerz  
Rungestraße 22-24  
10179 Berlin  
Tel. (0 30) 81 79 74 80  
Fax (0 30) 81 79 74 81  
E-Mail: [dirk.linnerz@diepiloten.de](mailto:dirk.linnerz@diepiloten.de)  
[www.diepiloten.de](http://www.diepiloten.de)

### **Druck:**

Druckerei Lippert

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.



