

Dr.habil. Ralf E. Krupp  
Flachsfeld 5  
31303 Burgdorf

---

Telefon: 05136 / 7846 — e-mail: ralf.krupp@cretaceous.de

## **Grundwasserversalzung im Bereich der Kalihalde bei Wathlingen.**

**Stand Januar 2018**

**Auftraggeber:**  
BI Umwelt Uetze  
BI Umwelt Wathlingen

Burgdorf, 30.01.2018



Dr.habil. Ralf E. Krupp  
(Dipl.-Geologe, Geochemiker)

## **Einführung**

Im Südwesten der Ortslage Wathlingen (Landkreis Celle) befindet sich die Rückstandshalde („Kalihalde“) des bis zum 23.06.1996 betriebenen Kaliwerks „Niedersachsen-Riedel“ der K+S Kali GmbH. Diese Halde soll nach dem Willen der Eigentümerin im Rahmen eines bergrechtlichen Abschlussbetriebsplans mit Böden und Bauschutt (und evtl. weiterer Abfallstoffe) abgedeckt werden, mit der Begründung, dass dadurch die Salzeinträge ins Grundwasser weitgehend verhindert werden könnten (K+S, 2015).

An dieser Prognose bestehen jedoch aufgrund mittel- bis langfristig zu erwartender Erosions- und Subrosions-Prozesse erhebliche Zweifel. Außerdem belegen empirische Daten zur Kalihalde „Hansa“ in Empelde (Nickel, 2017; NDR.de, 2017), dass die dort vorgenommene Abdeckung den Anfall von versalzenem Haldenwasser lediglich auf die Hälfte bis ein Drittel reduziert hat. Es ist daher geboten nach anderen Wegen einer Sanierung zu suchen, insbesondere durch Beseitigung (Rückführung) der Rückstandsmassen auf dem Weg des Versatzes von Grubenhohlräumen der Kali- und Steinsalzbergwerke (Siehe hierzu auch Krupp, 2008).

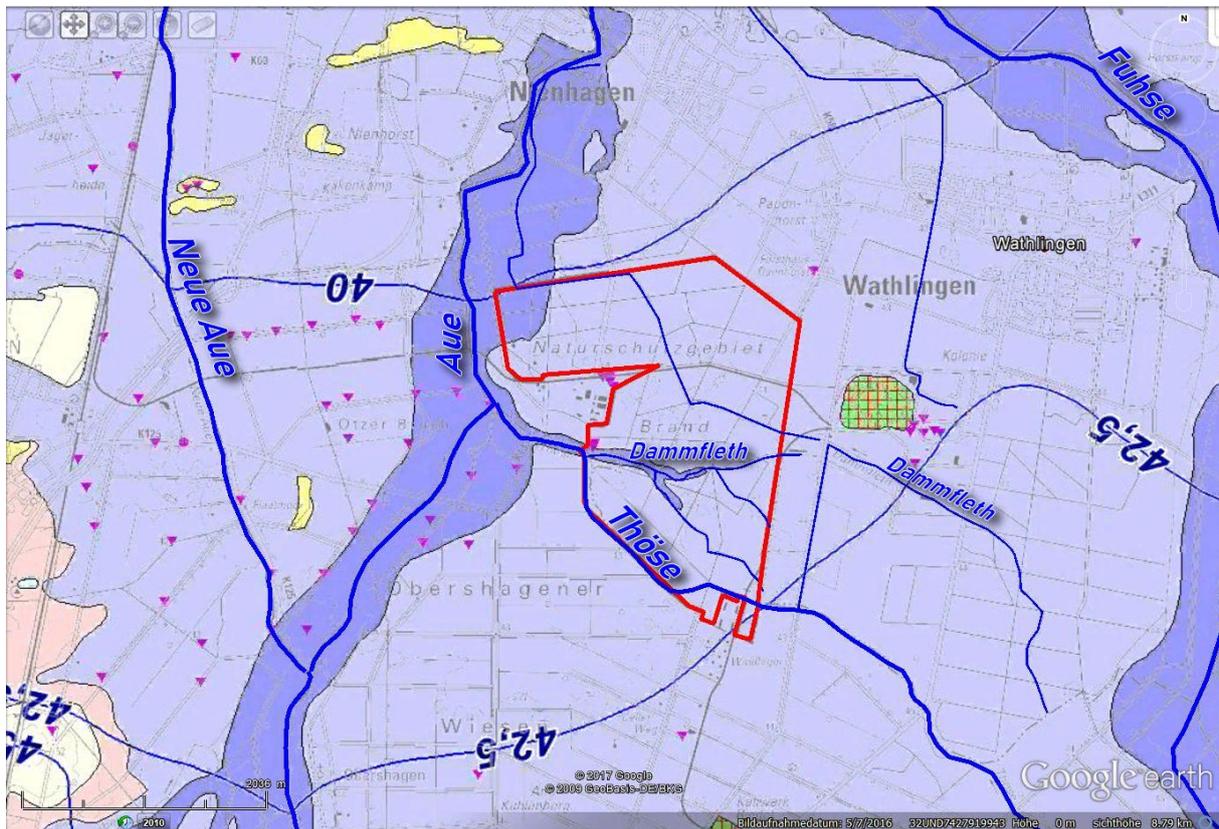
Grundlage für alle Planungen und Entscheidungen muss eine sorgfältige Analyse des gegenwärtigen Zustands und der bereits eingetretenen Grundwasserversalzungen und ein daraus abgeleitetes systematisches Verständnis der Versalzungsprozesse im Umfeld der Kalihalde Wathlingen (Niedersachsen-Riedel) sein. Die nachfolgenden Ausführungen sollen diesem Zweck dienen.

## **Orohydrographie und Oberflächengewässer**

Die Kalihalde Wathlingen ist inmitten einer ausgedehnten Flussterrassen-Ebene zwischen der Aller im Norden und den Nebenflüssen Fuhse im Osten, Thöse im Süden und Aue im Westen gelegen (Abbildung 1).

Das Naturschutzgebiet „Brand“ (Kennzeichen: NSG HA 105 / LÜ 140) schützt eine degradierte Auewaldgesellschaft (mit Übergang von der Hartholz- zur Weichholzaue) mit dem Erscheinungsbild eines naturnahen edellaubholzreichen Hainbuchen-Stieleichen-Waldes entsprechend den Standortverhältnissen mit Übergängen zum Erlenwald einschließlich der darin gelegenen Fließgewässer (NLWKN, 2017).

In dem Gebiet sind Überschwemmungsereignisse in frühgeschichtlicher Zeit nachgewiesen (LBEG, 2017). Auch wenn großräumige Überflutungen seit dem Ausbau der Aller und der Thöse ausgeblieben sind, ist mit gelegentlichen Hochwässern der Aller zu rechnen. Aufgrund des Klimawandels, mit zunehmend extremen Niederschlagsereignissen einerseits und aufgrund der zunehmend verbauten Flussläufe andererseits, ist auch in Zukunft wieder häufiger mit Überflutungen des Gebiets oder zumindest Grundwasserhochständen zu rechnen.



**Abbildung 1** – Gebiete mit flächendeckend (lila) bzw. lückenhaft (hell lila) nachgewiesener Verbreitung von Überflutungsablagerungen aus frühgeschichtlichen Zeiten (LBEG, 2017). Lage der Kalihalde Wathlingen (grün) und der Fließgewässer, sowie des Naturschutzgebietes Brand (rote Umrandung). Grundwassergleichen mit Höhenangaben in m NN (LBEG, 2017). \*)

Im Umfeld der Kalihalde existieren zahlreiche Entwässerungsgräben. Insbesondere das Dammfleth (Vgl. Abbildung 1) wurde im Bereich der SW-Ecke der Kalihalde unterbrochen und nach Süden zur Thöse hin umgelenkt. Diese Maßnahme dürfte in Zusammenhang stehen mit der Anlage des Ringgrabens um die Kalihalde herum.

Der Ringgraben hat die Aufgabe, das oberflächlich von der Halde abfließende Salzwasser zu sammeln und abzuführen. Seit 1997 ist zu diesem Zweck ein Speicherbecken an der NE-Ecke der Halde angelegt worden, von welchem aus eine Versenkung der Salzwässer in den Untergrund erfolgt (s.u.), soweit sie nicht in das Bergwerk zu dessen Flutung eingeleitet werden. Der Scheitelpunkt des Ringgrabens befindet sich an der SE-Ecke der Halde. Von hier aus besteht Gefälle sowohl entlang der Ostseite, sowie um die Halde herum von Westen her zum Speicherbecken.

---

\*) Alle Textabbildung sind im Anhang nochmals in größerem Maßstab enthalten.

## Aquifersysteme und Grundwasserstockwerke

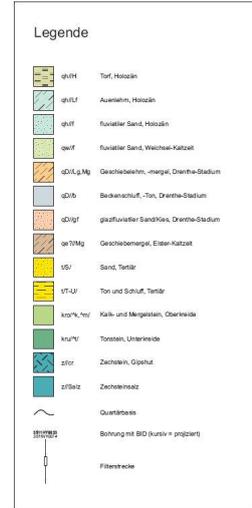
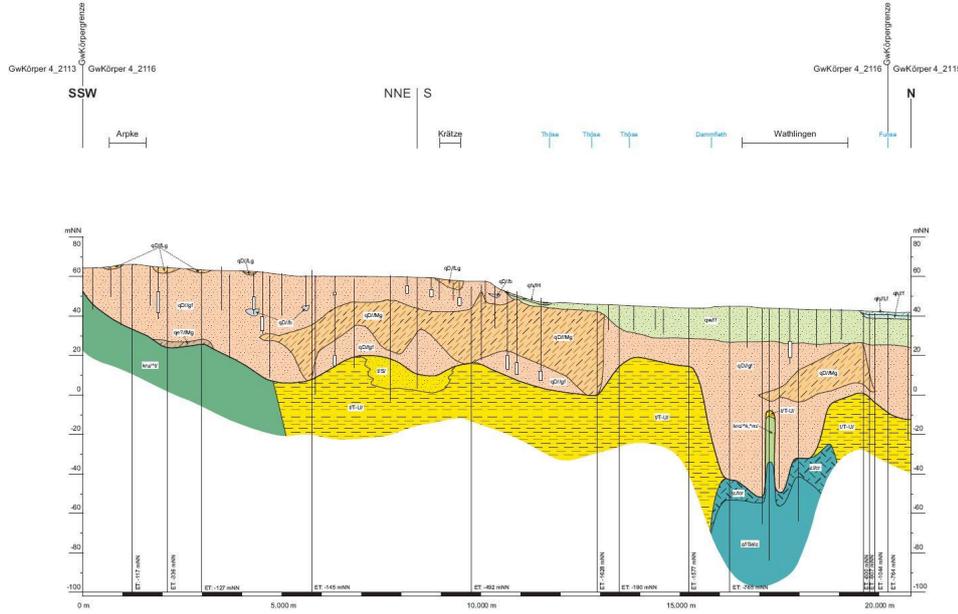
Das Gebiet ist Teil der Norddeutschen Tiefebene, die durch mächtige glaziofluviale Sedimente des Pleistozäns eingenommen wird, welche diskordant die postsalinaren Deckschichten des Mesozoikums und Tertiärs sowie die Salzstöcke aus durchgebrochenen Zechstein-Salzen überlagern (Abbildung 2).

Im Gebiet um den Salzstock Wathlingen ist ein ungespannter Grundwasserleiter aus sandig-kiesigen Lockergesteinen mit geringen linsenförmigen Schlufflagen ausgebildet (Abbildung 2), die stratigraphisch mit dem Drenthe-Stadium der Saale-Eiszeit beginnen und lückenhaftes Tertiär bzw. die Hutgesteine des Salzstocks überlagern (Lüttig, 1990). Die Kalihalde Wathlingen ist ohne technische Basisabdichtung über den Niederterrassen-Ablagerungen der Fuhse aufgeschüttet worden, die lokal geringmächtige sandig-lehmige Deckschichten aufweisen können.

Im Bereich der Kalihalde ist die regionale Grundwasserströmung nach Nordwesten gerichtet, wie anhand der Grundwassergleichen (Abbildung 3) zu erkennen ist. Golder Associates (1998, S.18) haben einen hydraulischen Gradienten  $i = 0,0007$  ermittelt und schätzen die Abstandsgeschwindigkeiten der Grundwasserströmung auf 0,19 bis 0,82 m/d.

Die Grundwasserflurabstände sind gering und liegen nach Lüttig (1990) im Mittel um 2 m unter Flur. Allerdings liegen die Angaben zur Grundwasseroberfläche bei Lüttig (1990, Abb. 9) rund 2,5 m tiefer als in den amtlichen Karten des LBEG (Vgl. Abb. 2). Aus letzterer Quelle ergibt ein Abgleich der (zeitlich gemittelten!) Grundwassergleichen mit geodätischen Höhenfixpunkten der Grundkarte überwiegend Flurabstände zwischen 1 bis 2 Meter, teilweise auch nur um 0,5 Meter. Auch Fugro (2015, S. 13) geht von Abständen der Grundwasseroberfläche von weniger als 2 m unter Flur aus. Nach anhaltenden Niederschlägen und Hochwasserlagen muss zeitweise auch mit noch geringeren Flurabständen bis hin zu Überflutungen (s.o.) gerechnet werden.

Wietze-Fuhse Lockergestein  
Geologischer Schnitt S1



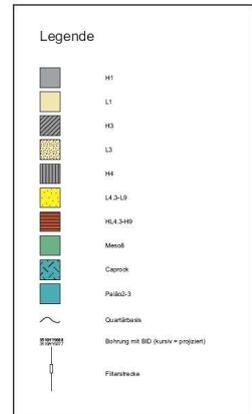
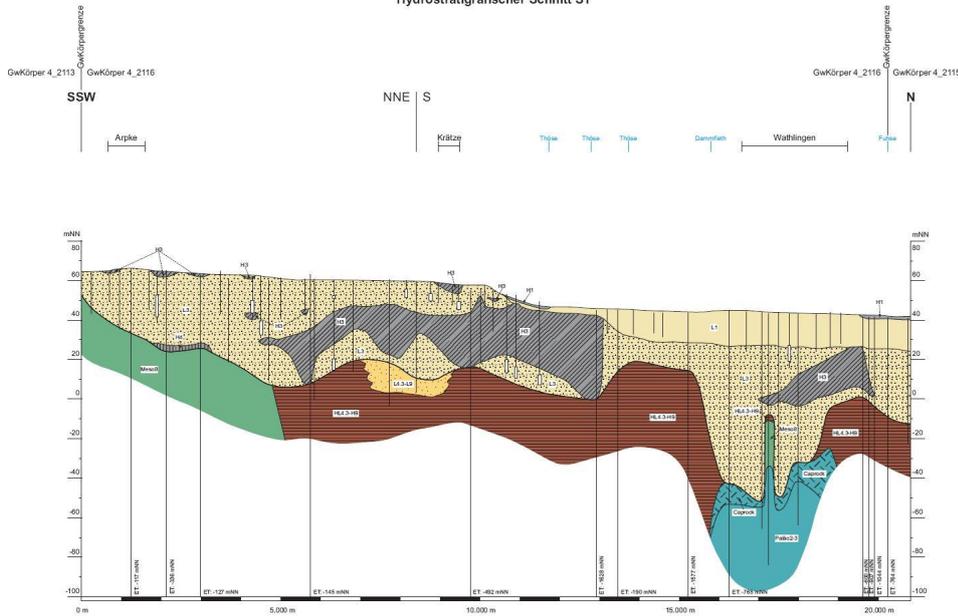
**Hydrogeologie**

Wietze-Fuhse Lockergestein  
Geologischer Schnitt S1

Bearbeitung:	Datum:	Maßstab:
H. Röhm	Februar 2007	Länge 1 : 50.000 Höhe 1 : 1.000
Zeichnung:		
B. Rose		

**LBEG** LBEG  
Labor für Bergbau, Energie und Geologie  
Stilleweg 2  
30655 Hannover

Wietze-Fuhse Lockergestein  
Hydrostratigraphischer Schnitt S1



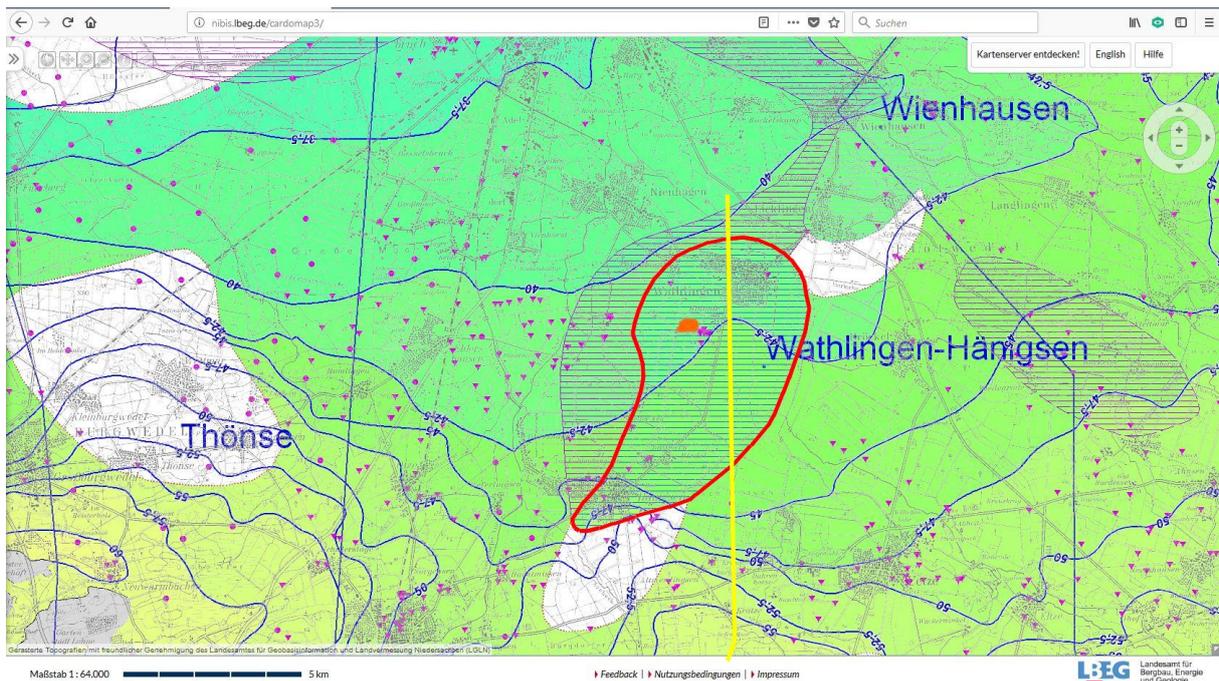
**Hydrogeologie**

Wietze-Fuhse Lockergestein  
Hydrostratigraphischer Schnitt S1

Bearbeitung:	Datum:	Maßstab:
H. Röhm	Februar 2007	Länge 1 : 50.000 Höhe 1 : 1.000
Zeichnung:		
B. Rose		

**LBEG** LBEG  
Labor für Bergbau, Energie und Geologie  
Stilleweg 2  
30655 Hannover

Abbildung 2 – Geologisches und hydrostratigraphisches Querprofil durch den Salzstock und dessen Umgebung (Lage vgl. Abb. 3). Quelle: NIBIS-Kartenserver (LBEG, 2017)



**Abbildung 3** – Lage des Salzstocks (rote Linie) und der Kalihalde (orange). Blaue Konturlinien mit Höhenangaben (m NN) stellen die Grundwasseroberfläche dar. Pinkfarbene Symbole sind Grundwassermessstellen. Die gelben Geraden markieren die Lage der Querprofile in Abb. 2. Quelle: NIBIS-Kartenserver (LBEG, 2017), ergänzt vom Verfasser.

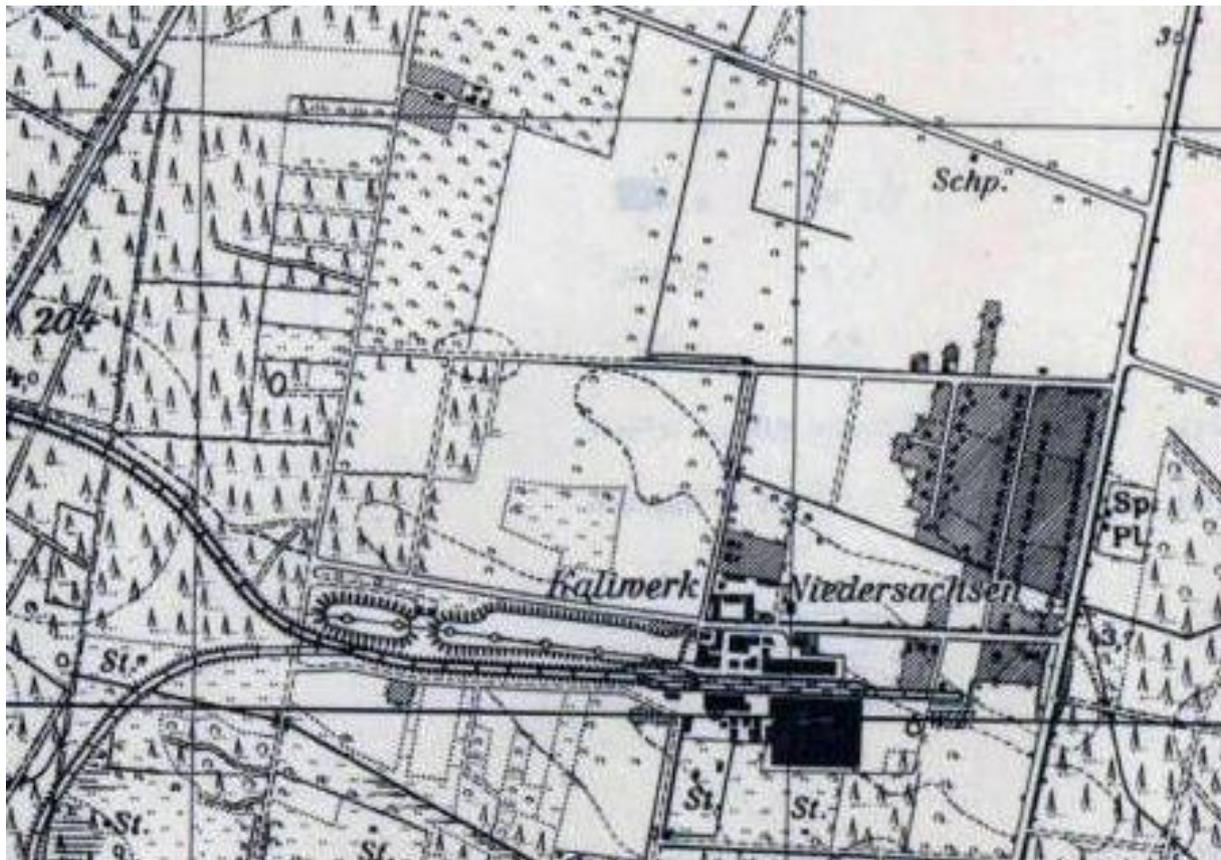
Der in Norddeutschland weit verbreitete quartäre Grundwasserleiter ist die wichtigste Ressource für Trink- und Brauchwasser. Die Mächtigkeit des quartären Grundwasserleitersystems liegt im weiteren Umfeld der Wathlinger Halde im Bereich von 20 bis 40 m, ist jedoch in einem Senkungsbereich, der oberhalb des Salzstocks infolge der Subrosion (Ablaugung) der Salinargesteine entstanden ist, auf teilweise bis zu 90 m angewachsen.

Oberflächennah führen die Quartärsedimente Süßwasser, jedoch ist ab einer Tiefe von ca. 15 m unter Flur das Grundwasser sprunghaft zunehmend stark versalzen, infolge von Salzauflösung im Bereich des Salzspiegels des Wathlinger Salzstocks, aber auch Salzeinträge durch Haldensickerwässer sowie durch versenkte Haldenwässer (und evtl. auch Produktionsabwässer des ehemaligen Kaliwerks).

Für ausführlichere Beschreibungen der hydrogeologischen Verhältnisse wird der Leser auf Fugro (2015) und Golder Associates (1998) verwiesen.

## Kalihalde

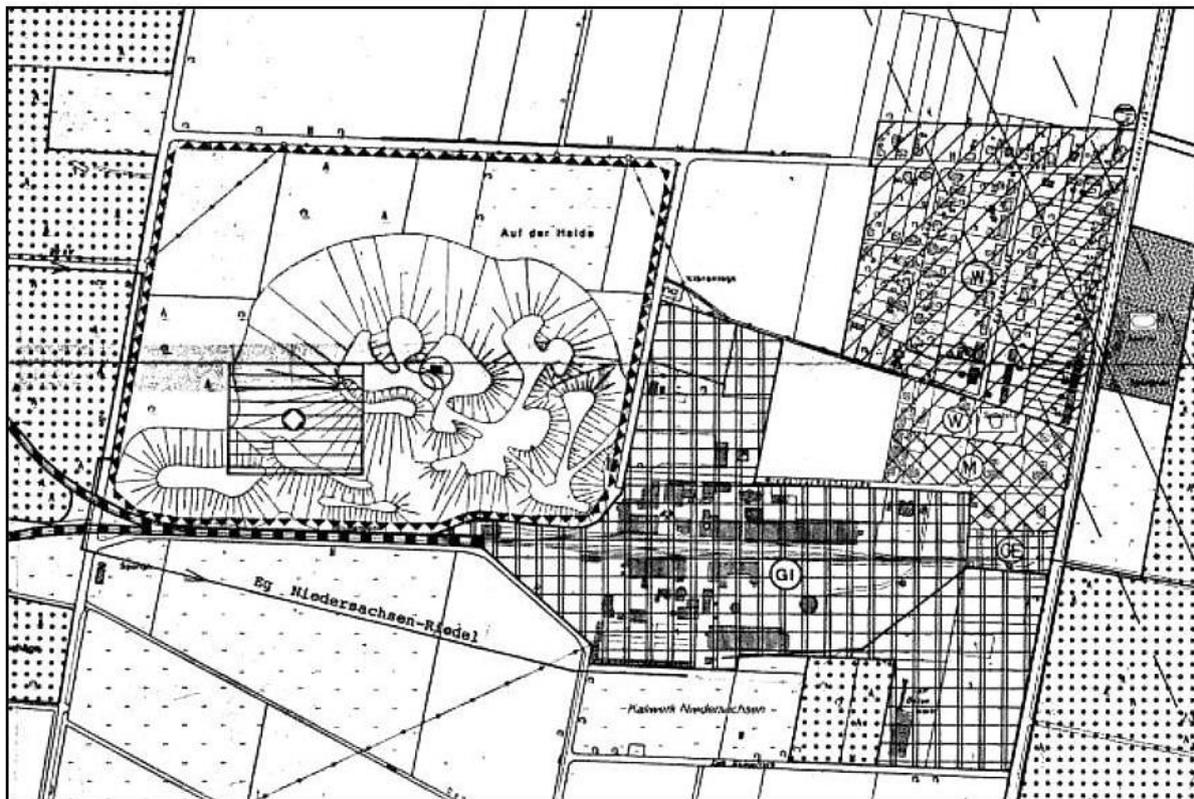
Die Genehmigungen zur Aufschüttung der Kalihalde Wathlingen reichen in das Jahr 1910 zurück, dem Jahr der Fertigstellung des Schachtes „Niedersachsen“, und sind im Lauf der Zeit mehrfach erweitert worden (Lüttig, 1990). Durch Vergleich von Karten- und Bildmaterial aus unterschiedlichen Epochen kann das Wachstum der Kalihalde rekonstruiert werden (Abbildungen 4 bis 7).



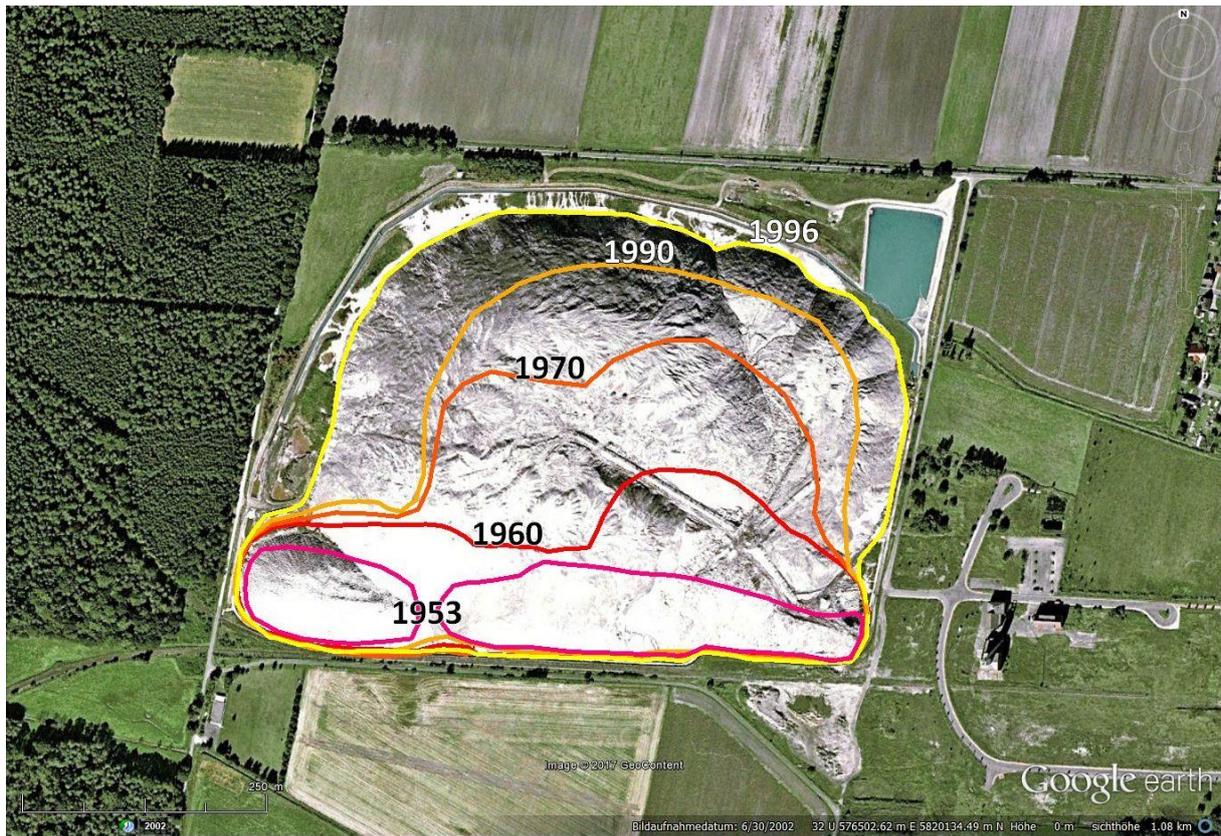
**Abbildung 4** – Kaliwerk Niedersachsen um 1953, mit Kalihalde und Seilbahn. Ausschnitt aus dem historischen Messtischblatt Wathlingen der Britischen Streitkräfte. (Reproduced by Survey Production Centre (Royal Engineers) (BAOR) 1955. Revised from Air photos dated October 1953, complete sheet field checked 1954)



**Abbildung 5** – Kaliwerk Niedersachsen im Jahr 1970, mit Kalihalde und Bandförderanlage. Blick nach SW. Quelle: K+S (2016b)



**Abbildung 6** – Kaliwerk Niedersachsen, vor 1990, mit Kalihalde. Auszug aus dem Flächennutzungsplan 1990 der Samtgemeinde Wathlingen (Teilplan 4). Quelle:



**Abbildung 7** – Luftbild der Kalihalde Wathlingen vom 30.06.2002, mit Umrissen der Haldenbasis aus historischen Karten.

Demnach ist die Halde in einer ersten Phase (Abbildung 4) entlang ihres Südrandes von Ost nach West aufgeschüttet worden und dann schrittweise in nördlicher Richtung erweitert und erhöht worden. Die frühesten Aufschüttungen entlang des Südrandes der Halde, einschließlich des Sporns an der SW-Ecke, stammen aus der Abteufung des Schachtes Niedersachsen sowie aus Steinsalz-Haufwerk der Aus- und Vorrichtungsarbeiten. Erst mit Beginn des Fabrikbetriebes wurde dann mit der Schüttung von Rückstandssalzen begonnen.

Das Hauptwachstum der Halde fand demnach erst ab 1979 nach Herstellung des „C2-Bandberges“ (Untertage-Bandförderanlage) und des Anschlusses des Riedelfeldes von der 1172 m Sohle zur 480 m Sohle des Schachtes Niedersachsen statt, der auch die Gewinnung des Thösefeldes ermöglicht hat.

Mit der Einstellung der Kali- und Steinsalzproduktion im Jahr 1996 hatte die Kalihalde ihre heutige Gestalt erreicht, mit einer Grundfläche von etwa 25 ha, einer Höhe von ca. 83 Meter über Gelände (+124 m NN) und einer Haldenmasse von ca. 22,4 Mio. t Salz, bei einem Volumen von ca. 11,5 Mio m<sup>3</sup> (K+S, 2005). – Weitere (teilweise abweichende) Daten in Tabelle 1.

<b>Tabelle 1 – Geometrische Daten zur Rückstandshalde Wathlingen (nach K+S, 2008)</b>	
Max. Höhe über NN	139,3 m
Höhe des Haldenplateaus über NN	134 m
Höhe der Umgebung über NN	40 m
Haldengrundfläche	251.152 m <sup>2</sup>
Haldenplateau (Fläche)	45.000 m <sup>2</sup>
Haldenvolumen	11.698.000 m <sup>3</sup>
Böschungswinkel	36°

Bei den jüngeren Teilen der Rückstandshalde handelt es sich um die Aufbereitungsrückstände der Kalifabrik, in der das geförderte Kalirohsalz (Tabelle 2) verarbeitet worden ist. Dabei wurde das Mineral Sylvin soweit technisch möglich abgetrennt und zu Produkten (Kalidünger) verarbeitet, während der überwiegende Rest auf die Halde geschüttet worden ist.

<b>Tabelle 2 – Mittlere mineralische Zusammensetzung Kaliflöz Riedel (Schachl, 1987)</b>		
<b>Bestandteil</b>	<b>Chem. Formel</b>	<b>Gew.-%</b>
Sylvin	KCl	28,3
Halit	NaCl	69,8
Anhydrit	CaSO <sub>4</sub>	0,5
Kieserit	MgSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	0,4
Sonstige	-	1,0

Die aufgeschütteten Fabrikrückstände sind zu 98% wasserlöslich und haben eine Zusammensetzung wie in den Tabellen 3 und 4 angegeben. Durch Kompaktion und Rekristallisation ist das Haldenmaterial verfestigt und weist Dichten von 1.900 bis 1.950 kg/m<sup>3</sup>, entsprechend Porenanteilen von ca. 10 bis 15 Volumenprozent auf.

<b>Tabelle 3 – Chemische Zusammensetzung der Rückstandshalde Wathlingen</b>	
<b>Bestandteil</b>	<b>g/kg</b>
Na	370
K	13
Mg	1
Ca	4
Cl	580
SO <sub>4</sub>	11
Unlöslich (Ton)	21

<b>Tabelle 4 – Mineralische Zusammensetzung der Rückstandshalde Wathlingen</b>	
<b>Bestandteil</b>	<b>Gew.-%</b>
Halit (NaCl)	94
Sylvin (KCl)	1 - 3
Kieserit (MgSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O)	0,5
Ton (Illit, Mixed Layer Tonminerale, Quarz)	2
Anhydrit, Gips, u.a.m.	Rest

Lüttig (1990) berichtet über eine Kernbohrung durch den Haldenkörper, zur Erkundung des Zustands der Halde und der Haldenbasis. (Angaben über den exakten Bohransatzpunkt und dessen geodätische Höhe liegen leider nicht vor. Ebenso finden sich keine Angaben dazu, in welcher Tiefe die Bohrung das Grundwasser erreicht hat.) Demnach (Lüttig 1990, Anlage 5) wurde bei 50,45 m Bohrtiefe „Altes Stratum, tonig, bräunlichschwarz, mit Pflanzen- und anthropogenen Resten durchsetzt“ angetroffen. Bei 50,55 m Tiefe „Feinsand, schluffig, ockerfarben bis hellgelbbraun, durch erhöhten Eisengehalt“, darunter bis zur Endtiefe von 55,30 m im Wesentlichen Feinsande.

Lüttig (1990, Text S.22) schreibt: „An der Haldenbasis wurde über dem alten Bodenprofil, einem Podsol mit schwach entwickeltem Ortstein das alte Planum angetroffen, ein anthropogen veränderter Tonhorizont mit Pflanzenhäcksel, Ziegel- und Schlackebrocken, insgesamt eine stark kompaktierte, sehr dichte Abfolge, die offenkundig Aquicludencharakter besitzt.“ Diese Schlussfolgerung Lüttig’s weicht von der Bohrkernaufnahme deutlich ab und ist nicht nachvollziehbar, denn:

- Die durch die Last der Halde gepresste, „tonige“ Bodenschicht an der Haldenbasis ist nur 10 cm dick und überlagert gut wasserdurchlässige Feinsande. Ziegel- und Schlackebrocken weisen auf Schuttablagerungen hin.
- Ausweislich einer historischen Karte aus dem Erscheinungsjahr 1904 war der Haldenstandort eine Heidelandschaft, wie auch die Gemarkungsbezeichnung „Auf der Heide“ verrät, und laut Bodenschätzungskarte 1:5.000 (LBEG, 2017; NIBIS) sind im unmittelbaren Haldenumfeld Sande bis anlehmige Sande anzutreffen.
- Die Bohrung liefert ohnehin nur eine punktuelle Information und kann nicht auf die gesamte Haldenbasis-Fläche von 25 ha extrapoliert werden.

Von einem generellen *Aquicludencharakter* der Haldenbasis kann also nicht die Rede sein. Insgesamt ist eher von einem feinsandigen und wasserdurchlässigen Haldenuntergrund auszugehen. Für den Brunnen 22 haben Golder Associates (1998) Durchlässigkeitsbeiwerte von  $6 \cdot 10^{-4}$  m/s angegeben, die eine hohe Durchlässigkeit anzeigen.

Die noch weitergehenden Schlussfolgerungen Lüttig’s (1990; Kapitel 5.4), dass „die früheren Betreiber der Halde offensichtlich für Dichtungsmaßnahmen gesorgt“ haben sollen, erscheinen völlig aus der Luft gegriffen. Eine technische Basisabdichtung wurde nie hergestellt, und dies wird durch den Nachweis völlig fehlender Dichtungsbaustoffe im Bohrkern der Haldenbohrung auch bestätigt.

Unter der Last der aufgeschütteten Rückstandsmassen kommt es im Haldenuntergrund zu Setzungen und somit zu einer Einsenkung der Haldenkörper-Basis. Das Ausmaß der Setzungen hängt von der Auflast (Schütthöhe) und von den bodenmechanischen Eigenschaften des Untergrunds ab. Für die Halde Wathlingen sind Setzungsmessungen oder Berechnungen nicht bekannt. Die Einsenkung der Haldenbasis infolge Setzungen des Untergrunds können somit vorerst nur durch Vergleich mit anderen Haldenstandorten abgeschätzt werden (Tabelle 5).

<b>Tabelle 5 – Setzungen im Untergrund von Rückstandshalden</b>				
	<i>Höhe über Gelände</i>	<i>Untergrund</i>	<i>Setzung</i>	<i>Quelle</i>
Sigmundshall	125 m	Sand, Buntsandstein	1 m	K+S, 2005b
Siegfried-Giesen	80 m	Lockergesteine	1,2 – 2,0 m	K+S, 2014
Hattorf	230 m	Festgestein	3,5 m	K+S, 2014b
Wathlingen	83 m	Sand, Kies	? 1,5 bis 2 m	-

Aufgrund der bis 90 m mächtigen Lockergesteinsschichten im Untergrund der Wathlinger Halde (Vgl. Abb. 2 und 3) ist das Setzungspotential deutlich größer als bei Halden über Festgesteinen. Im Vergleich mit den Setzungsangaben in Tabelle 5 rechnet der Verfasser für die Kalihalde Wathlingen daher mit Untergrund-Setzungsbeträgen unter dem Haldenzentrum von 1,5 bis 2 Meter. Dies hat angesichts der geringen Grundwasserflurabstände von 1 bis 2 m (s.o.) zur Konsequenz, dass die Haldenbasis zumindest im Zentralbereich und je nach Grundwasserstand mehr oder weniger deutlich bis in den Grundwasserkörper hinein reicht. Somit ist auch eine Ablaugung der Rückstandshalde von ihrer Basis her anzunehmen, die durch die langsame (0,2 bis 0,8 m/d; Golder Associates, 1998) aber stetige Grundwasserströmung nach NW und die damit verbundene Zufuhr gering mineralisierter und damit lösefähiger Wässer weiter begünstigt wird.

### **Fazit Kalihalde**

- Die Kalihalde Wathlingen ist nicht homogen, sondern besteht entlang ihres zuerst geschütteten Südrandes (hauptsächlich) aus Abteufsalzen des Schachtes Niedersachsen sowie Steinsalzhaufwerk aus der Aus- und Vorrichtung. Rückstandssalze der Kalifabrikation (Fabrikrückstände) wurden erst später aufgeschüttet, wobei die Halde von Süden nach Norden erweitert worden ist.
- Die Kalihalde verfügt entgegen anderer Behauptungen über keine technische Basisabdichtung, sondern wurde direkt auf den überwiegend gut durchlässigen, sandigen Boden der Niederterrassen aufgeschüttet.
- Unter der Last der Halde ist es im Haldenuntergrund zu Setzungen und somit zu einer Einsenkung der Haldenkörper-Basis um wahrscheinlich 1,5 bis 2 Meter gekommen.
- Aufgrund der geringen Grundwasserflurabstände von 0,5 bis 2 Meter steht die Haldenbasis teilweise und zeitweise im Grundwasser.

## Haldenwasser, Versenkung und Versickerung

Das Volumen des gebildeten Haldenwasser ist von der Fläche der Halde, der Jahresniederschlagsmenge und der Verdunstung abhängig.

Die relevante Haldenfläche ist die Fläche innerhalb des Ringgrabens, einschließlich der Fläche des Sammelbeckens. Sie wurde mit Hilfe des Programms *GoogleEarth* ermittelt und beträgt 283.780 m<sup>2</sup>. Die mittlere Jahresniederschlagsmenge ist nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD, 2017) für drei Messstationen und zwei 30-Jahresperioden in Tabelle 6 angegeben. Für Wathlingen errechnet sich für den Zeitraum 1961 bis 2010 daraus ein zeitlich und geographisch gemittelter Wert von 683 mm/a.

<i>Periode</i>	<i>Burgdorf</i>	<i>Celle</i>	<i>Uetze</i>
1981 – 2010	659	697	707
1961 – 1990	657	692	684

Lüttig (1990) hat anhand von Untersuchungen zur Grundwasserbilanz und auf Grundlage der Wasserhaushaltsgleichung folgende Parameter für das weitere Haldenumfeld ermittelt:

- Mittlere Jahresniederschläge 674 mm (=100%)
- Oberirdischer Abfluss = 28%
- Unterirdischer Abfluss (GW-Neubildung) = 18%
- Verdunstung (regional) = 54%

Auf Grundlage der genannten Daten fallen somit auf die Fläche der Kalihalde Wathlingen im Mittel 193.822 m<sup>3</sup> Niederschlag pro Jahr. Bei einer unterstellten maximalen Verdunstung von 54% (Regionalwert) würden demnach jährlich mindestens 89.186 m<sup>3</sup> Haldenwasser verbleiben. (Tatsächlich dürfte aufgrund des erniedrigten Dampfdrucks von konzentrierten Salzlösungen die Verdunstung deutlich geringer, oder infolge hygroskopischer Kondensation sogar negativ ausfallen und das gebildete Haldenwasservolumen deutlich höher liegen.)

Nach K+S (2008) sollen im Zeitraum 1997 bis 2004 ca. 320.000 m<sup>3</sup> „Niederschlagswasser“ (gemeint ist der Oberflächenabfluss von der Halde), im Mittel somit 40.000 m<sup>3</sup>/a angefallen sein. Somit ist von mindestens (89.186 – 40.000 =) 49.186 m<sup>3</sup>/a Haldensickerwasser auszugehen, welches unkontrolliert im Untergrund versickert. Hinzu kommen die „kontrolliert“ versenkten Salzwassermengen.

Bereits diese Bilanzbetrachtung zeigt, dass große Anteile der Niederschläge durch die Halde hindurch im Untergrund versickern müssen. Zwar versucht der Betreiber dies zu bestreiten, indem er behauptet, der Haldenkern sei infolge von Kompaktion und Rekristallisation wasserundurchlässig. Er verweist auf einen Luftschutzstollen, der in die Halde getrieben worden ist und der kein Wasser angetroffen habe. In Lüttig (1990, Abb. 15) ist dieser, an der äußersten SE-Ecke der Halde gelegene Luftschutzstollen eingezeichnet. Er wurde noch vor 1940, etwa 5m tief nach Norden und dann querschlägig dazu angelegt. Ein Vergleich mit dem

Messtischblatt aus dem Jahr 1953 (Vgl. Abbildung 4) macht deutlich, dass dies der Bereich der Abteufhalde war, der nicht für die spätere Rückstandshalde als Beispiel dienen kann.

Darüber hinaus liegen zahlreiche Beobachtungen vor, insbesondere von der teilweise abgetragenen Kalihalde Ronnenberg (BUND, 2017), aber auch von der Kalihalde Friedrichshall, welche die Existenz karstartiger, oft schlauchförmig ausgebildeter, mehr oder weniger vertikaler Gerinne durch die Kalihaldenkörper hindurch belegen.

Im Jahr 1990 schreibt Lüttig (1990, S.22): *“Von den Abflussgräben werden die Haldenwässer zum SW-Rand der Halde gebracht, wo sich die Einleitungsstelle in den Gemeindegarten befindet, über den der Abfluss in das Dammfleth gelangt.“* Das Dammfleth entwässert seinerseits nach Süden zur Thöse hin.

Die Versenkbohrungen mit den Bezeichnungen 1/96, 2/97, 2/97A und 3A/2002 wurden in den Jahren 1996 bis 2002 fertiggestellt. Ab Januar 1997, seit Beginn der Versenkung, wurden bis Ende 2015 in unregelmäßigen Abständen insgesamt 427.741 m<sup>3</sup> Haldenwasser „kontrolliert“ in das Hutgestein verbracht, wie in einem späteren Bericht des Betreibers (K+S 2016) zu lesen ist.

Beginnend mit dem Jahreswechsel 1996/1997 wurde demnach die Entsorgung der Haldenwässer von der Einleitung in Vorfluter auf eine Versenkung im Hutgestein des Salzstocks umgestellt. Es liegen derzeit keine Informationen vor, ob, wie und in welchem Umfang vor der Betriebseinstellung am 23.06.1996 auch Produktionsabwässer des Kaliwerks am gleichen Standort entsorgt worden sind.

Salzwässer haben deutlich höhere Dichten als Süßwasser, je nach Mineralisation 1.200 bis 1.300 kg/m<sup>3</sup> gegenüber 1.000 kg/m<sup>3</sup> für reines Wasser. Sie neigen dazu, durch Dichteströmung die leichteren Süßwässer ohne signifikante Vermischung zu unterschichten (Dichteschichtung). Dies gilt auch in Poren-Grundwasserleitern.

Um im Speichergestein Raum zur Aufnahme versenkter Kaliabwässer zu schaffen, muss eine volumengleiche Menge des im Zielgestein bereits vorhandenen Wassers verdrängt werden. Dieses verdrängte Wasser benötigt seinerseits Platz, so dass eine „Verdrängungskette“ (im Sinne einer Kausalkette oder Kettenreaktion) ausgelöst wird, an deren Ende eine dem versenkten Volumen gleiche Menge Wassers letztlich an der Erdoberfläche austreten muss:

jüngeres Kaliabwasser → älteres Kaliabwasser → salines Formationswasser (Gipshutwasser) → salziges Grundwasser des tieferen Quartär-Grundwasserleiters → oberflächennahes Grundwasser (Süßwasser) → Grundwasserspende an die Vorflut.

Eine fortgesetzte Salzwasserversenkung führt somit auch zu einer Verdrängung von Süßwasser durch Salzwasser und damit einhergehend zu einer Anhebung der Süß-/Salzwassergrenze.

Durch das Eintauchen des Haldenkörpers ins Grundwasser und die resultierende Bildung hochkonzentrierter Lösungen mit Dichten bis  $1.200 \text{ kg/m}^3$ , kommt eine nach unten und seitwärts gerichtete Dichteströmung in Gang, die sich mit der natürlichen, nach NW gerichteten Grundwasserströmung (und ggf. mit zusätzlichen lokalen, anthropogen verursachten Grundwasserströmen) überlagert. Der Einfluss von Dichteströmungen wurde bisher für die Kalihalde Wathlingen nicht beachtet, ist aber wichtig für die korrekte Interpretation der geochemischen und der SkyTEM-Befunde über die Salzwasserverbreitung im Untergrund (s.u.).

### **Fazit Abwasserversenkung**

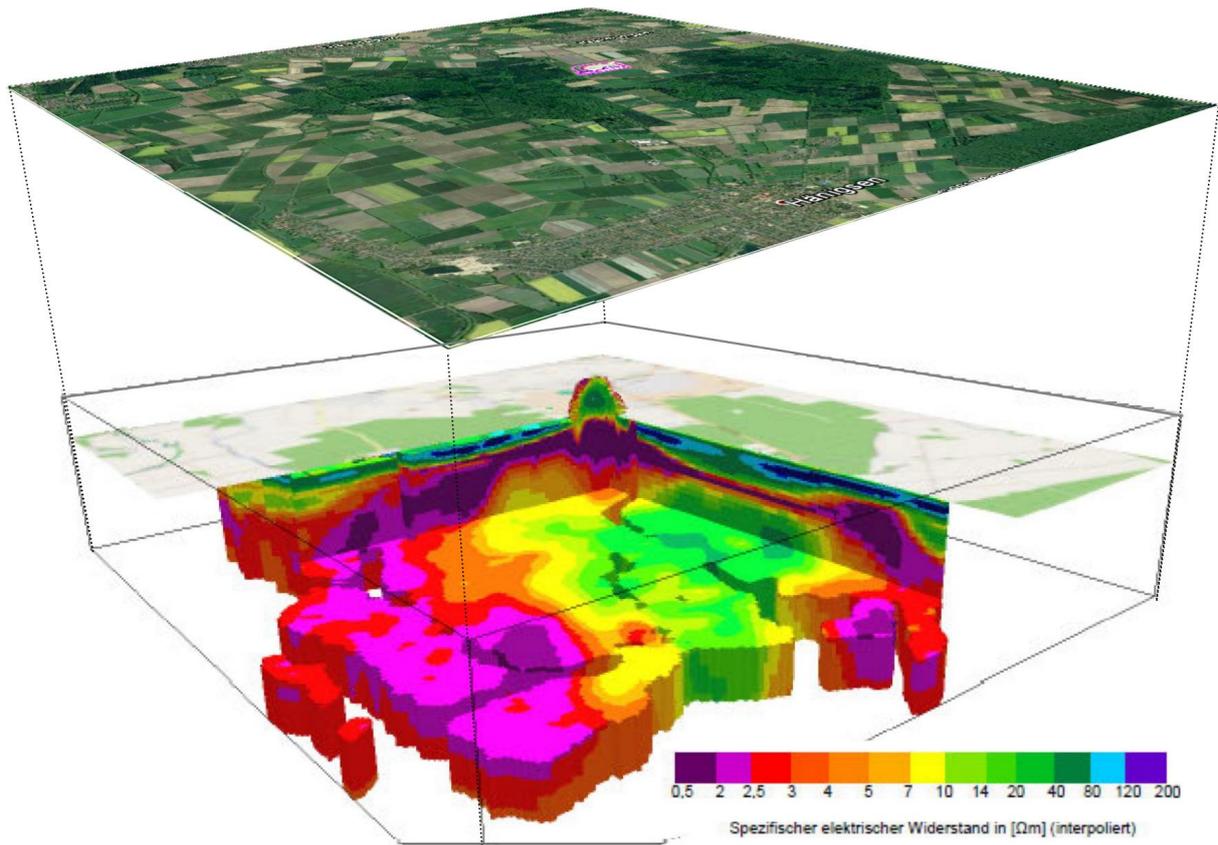
- Seit Beginn der Haldenaufschüttung im Jahr 1910 sind große Mengen von Haldenwässern im Untergrund versickert. Die Jahresmengen haben mit dem Wachstum der Haldenfläche proportional zugenommen.
- Für den Zeitraum ab 1997 ist im Jahresmittel von mindestens  $49.186 \text{ m}^3/\text{a}$  Haldensickerwasser auszugehen, welches unkontrolliert im Untergrund versickert. Hinzu kommen die „kontrolliert“ versenkten Salzwassermengen, die zuvor in das Dammfleed eingeleitet worden sind.
- Sowohl Betrachtungen der Haldenwasserbilanz als auch die Existenz karstartiger Wasserwegsamkeiten belegen, dass die Haldenkörper von Rückstandshalden trotz Kompaktion und Rekrystallisation nicht wasserundurchlässig sind.
- Aufgrund der 20 bis 30 % höheren Dichten der Salzwässer gegenüber Süßwasser entstehen Dichteströmungen, wodurch leichteres Süßwasser unterschichtet wird (Dichteschichtung).
- Eine fortgesetzte Salzwasserversenkung führt zu einer Verdrängung von Süßwasser durch Salzwasser und zu einer Anhebung der Süß-/Salzwassergrenze.
- Durch Auflösung des ins Grundwasser eingetauchten Haldenkörpers kommt eine nach unten und seitwärts gerichtete Dichteströmung in Gang, die sich mit der natürlichen, nach NW gerichteten Grundwasserströmung überlagert.

## **Elektromagnetische Hubschraubermessungen (SkyTEM)**

Durch transientenelektromagnetische Airborne-Messungen (SkyTEM) der Firma Aarhus Geophysics aus dem Jahr 2012 liegen nun aufbereitete 3-dimensionale Modelle zu den spezifischen elektrischen Gebirgs widerständen im Bereich des Deckgebirges des Wathlinger Salzstocks vor, die von Fugro (2015) hydrogeologisch interpretiert worden sind, auch hinsichtlich der Salzwasserproblematik der Rückstandshalde Wathlingen. Die räumliche Verteilung der spezifischen elektrischen Widerstände im Gebirge lässt Rückschlüsse auf die Mineralisation der Porenwässer zu und ist daher insbesondere zum Nachweis konzentrierter Salzwässer gut geeignet. Die geophysikalische Messmethodik und die Grundzüge der Rohdaten-Aufbereitung sind in Fugro (2015) gut beschrieben und müssen daher hier nicht wiederholt werden. Es sei hier aber darauf hingewiesen, dass die Aussagen der Methode ab einer gewissen Tiefe (Depth of Investigation, DOI), die von den lokalen Gegebenheiten abhängt, an Signifikanz verlieren.

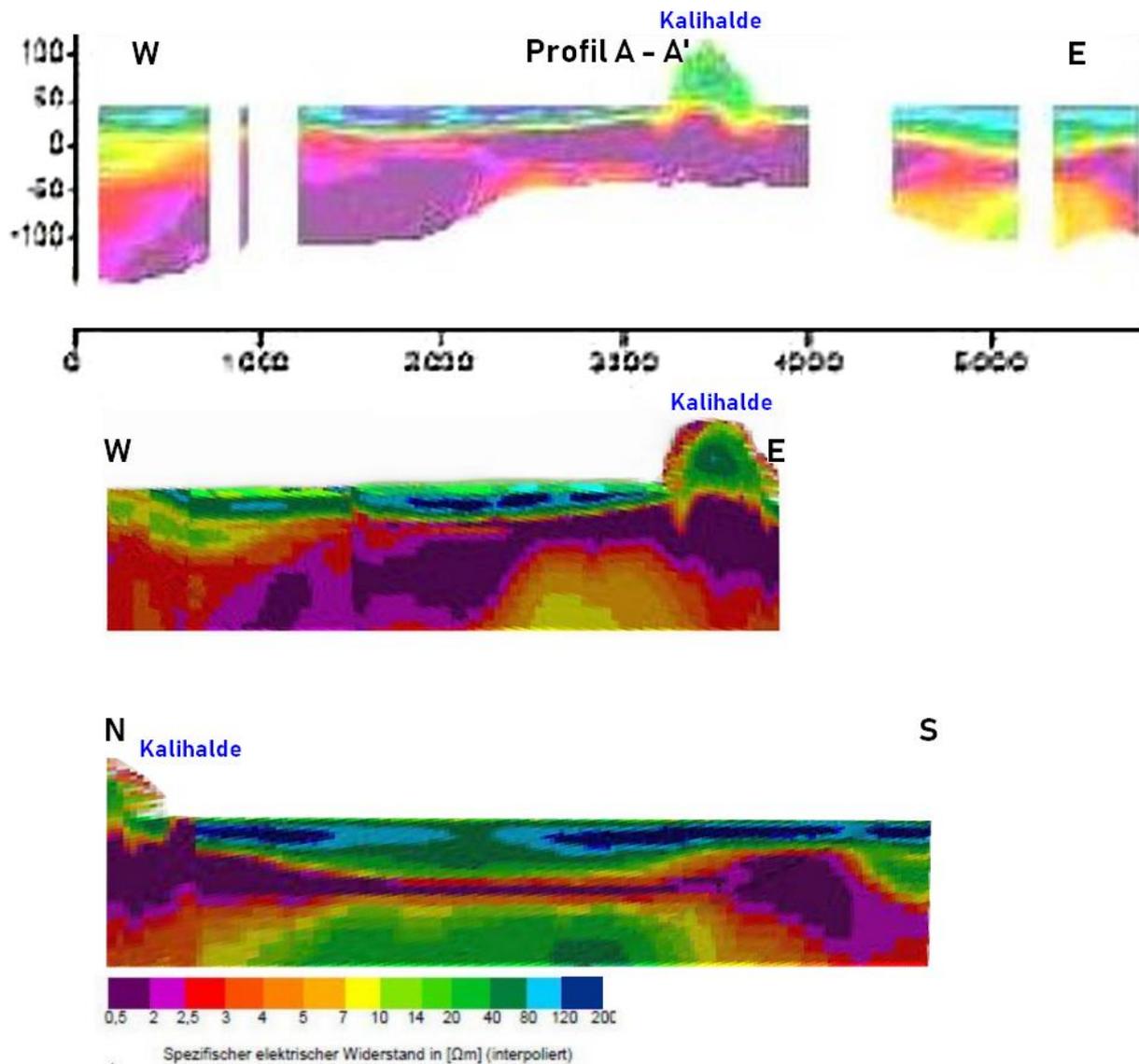
Die zur Verfügung gestellte Kopie des Fugro (2015) Berichts ist leider von schlechter Qualität und es fehlen die wichtigen Anlagen und Anhänge dazu. Insofern sind die aus der vorliegenden Kopie entnommenen und teilweise umgestalteten Abbildungen als Provisorien anzusehen (die Schlussfolgerungen aber nicht).

In der perspektivischen Blockbild-Darstellung in Abbildung 8 sind besonders die beiden vertikalen Profilschnitte, welche sich bei der Kalihalde treffen, von Interesse. Diese sind auch in Abbildung 9 (mittig und unten) nochmals (vom Verfasser) entzerrt dargestellt und durch das Profil A-A' (Aus Fugro, 2015, Abbildung 5-5) ergänzt. Die Maßstäbe der drei Profilschnitte wurden einander angeglichen.



**Abbildung 8** – 3-dimensionale Visualisierung der spezifischen elektrischen Gebirgs widerstände über dem Salzstock Wathlingen. Blick aus SW.  
(Aus Fugro 2015, ergänzt vom Verfasser)

Aus den Abbildungen 8 und 9 ist zu entnehmen, dass von der Basis der Kalihalde ausgehend, sich im Umfeld eine mehrere Kilometer weit reichende, glockenförmige Zone geringer elektrischer Widerstände ( $< 3 \Omega\text{m}$ ) erstreckt, welche mit zunehmender Entfernung weiter abtaucht und als hoch versalzene Sickerwasserfahne der Kalihalde zu interpretieren ist. Darüber (nur seitlich der Halde) lagert eine ca. 15 bis 50 m dicke Schicht mit höheren elektrischen Widerstandswerten, die der oberflächennahen Süßwasserschicht entspricht. Unterhalb der Salzwasserschicht werden ebenfalls höhere elektrische Widerstandswerte angezeigt, die auf geringer mineralisiertes Grundwasser hinweisen. Eine Abgrenzung zum Liegenden hin ist jedoch aufgrund der begrenzten DOI problematisch.



**Abbildung 9** – Ausgeschnittene und perspektivisch entzerrte Profilschnitte aus Abbildungen 5-5 und 5-4 in Fugro (2015).

In den Horizontalschnitten (Fugro, 2015, Abb. 6-3 bis 6-5) bestätigt sich dieses Bild, und es ist auch hier eine allseitig (nach NW jedoch etwas stärker) von der Halde weg gerichtete und mit zunehmender Entfernung weiter in die Tiefe verlaufende Versalzung zu erkennen. (Ebenso sind entlang des SE und SW Randes des Salzstocks Bereiche mit niedrigen Widerstandswerten nachgewiesen, die vermutlich mit Subrosionsvorgängen und der lokalen Ausbildung des Hutgesteins in Zusammenhang stehen.)

Eine Ausbreitung der Haldensickerwässer nach allen Himmelsrichtungen, insbesondere auch in den Anstrom-Bereich im Südosten der Halde, scheint zunächst aufgrund des nach NW gerichteten Grundwasserstroms paradox. Aufgrund des geringen hydraulischen Gefälles in der Niederterrasse einerseits und der Überlagerung der regionalen (advektiven) Grundwasserströmung durch eine lokale, von der Halde in alle Richtungen ausgehende, dichtegetriebene Strömung der schwereren Salzwässer, ist dieses Erscheinungsbild jedoch

plausibel und sogar zu erwarten. Der Einfluss einer dichtegetriebenen Grundwasserströmung wurde von Fugro (2015) nicht in Betracht gezogen, sodass der Verfasser hinsichtlich der Genese der versalzten Wässer zu anderen Schlussfolgerungen kommt (s.u.).

In Fugro (2015, Kapitel 6.4, Abb. 6-6 bis 6-8) werden anhand von Detailauswertungen der SkyTEM-Daten (hier nachfolgend als Abbildung 10 reproduziert) auch Betrachtungen zum unmittelbaren Haldenbereich angestellt. Der in Fugro (2015, Tabelle 6.1) angestellte Vergleich über die Tiefenlage der Süß-/Salzwassergrenze zeigt, dass die Ergebnisse der geophysikalischen SkyTEM-Messungen mit den direkten Leitfähigkeitsmessungen an Grundwassermessstellen recht gut ( $\pm 1\text{m}$ ) übereinstimmen.

Zunächst zeigen die Tiefenschnitte unterhalb des Haldenkerns durchweg Widerstandswerte  $< 2 \Omega\text{m}$ , welche das Vorhandensein hochkonzentrierter Salzlösungen anzeigen. Obwohl Fugro (2015, S.36) dies eigentlich auch so deuten gemocht hätte, hat man sich durch die falschen Darstellungen von Lüttig (1990) über die Beschaffenheit der Haldenbasis („Aquiclude“) und eine vermeintlich vorhandene technische Basisdichtung irreleiten lassen.

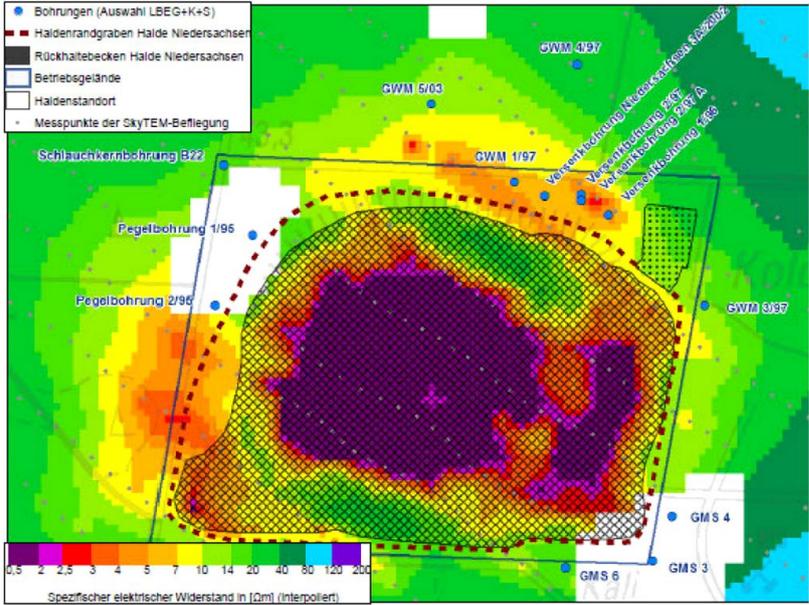
Weiterhin ist auffallend (Abbildung 10), dass in der Peripherie der Halde bzw. unterhalb des Halden-Ringgrabens eine deutliche Beeinflussung der elektrischen Widerstandswerte bzw. Salzkonzentrationen vorliegt. Auf +30 m NN, und damit knapp oberhalb der (regionalen) Süß-/Salzwassergrenze, ist hier eine mäßige Versalzung der Süßwasserkappe zu verzeichnen, während im darunter liegenden Salzwasserkörper (bei +25 m NN und +20 m NN) eine relative Verdünnung der Salzgehalte angezeigt wird.

Diese Befunde lassen sich wie folgt erklären:

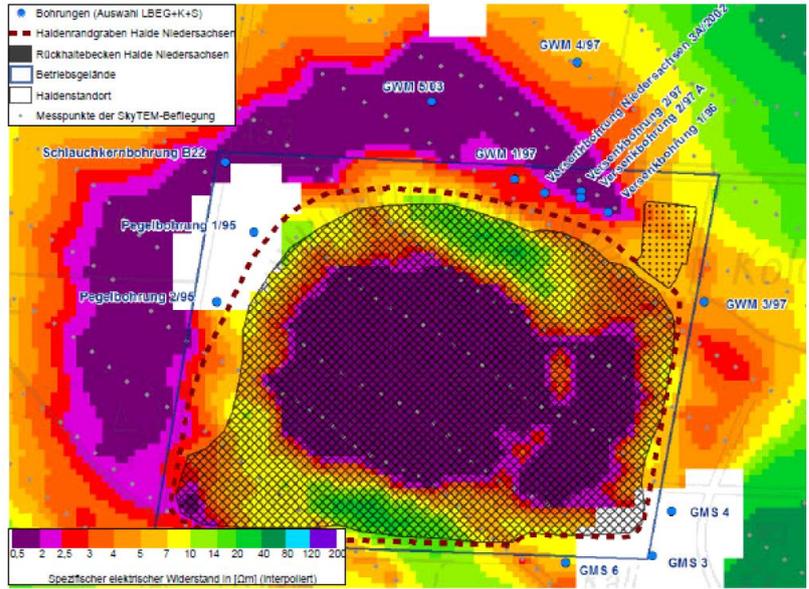
- Die nach unten gerichtete Dichteströmung erzeugt an der Peripherie der Halde einen Sog, welcher gering mineralisiertes Grundwasser (lokal zusammen mit Salzwasser von innerhalb des Grabenrings) aus der oberflächennahen Grundwasserschicht mit nach unten zieht.

Von Fugro (2015) als mögliche Ursache vermutete rechnerische Artefakte des Auswerteverfahrens der SkyTEM-Messungen sollen zwar nicht kategorisch in Abrede gestellt werden, doch wurden weder konkrete ursächliche Zusammenhänge für solche mögliche Artefakte benannt, noch sind solche erkennbar. Der Verfasser geht daher von einer realistischen Wiedergabe der Untergrundverhältnisse aus.

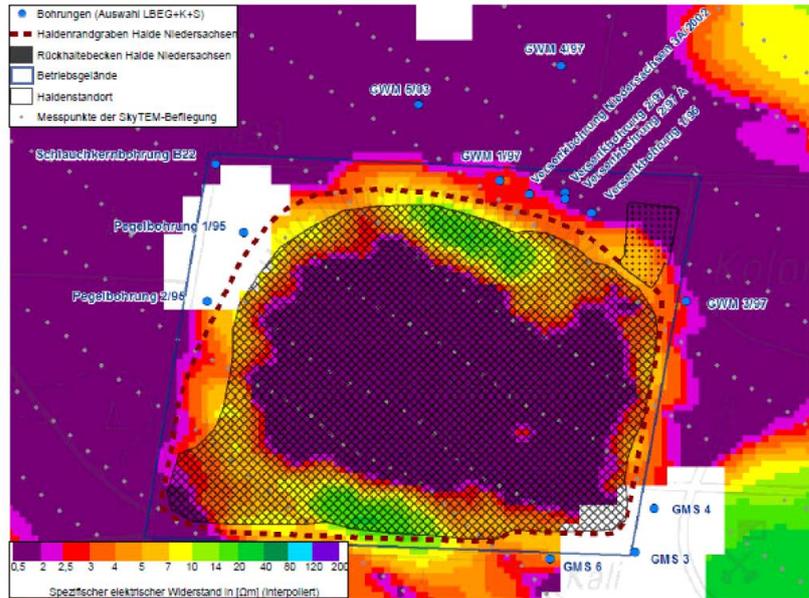
**Abbildung 10 – SkyTEM-Tiefenschnitte im Bereich der Kalihalde Wathlingen.**



**+30 m NN**



**+25 m NN**



**+20 m NN**

## Fazit SkyTEM

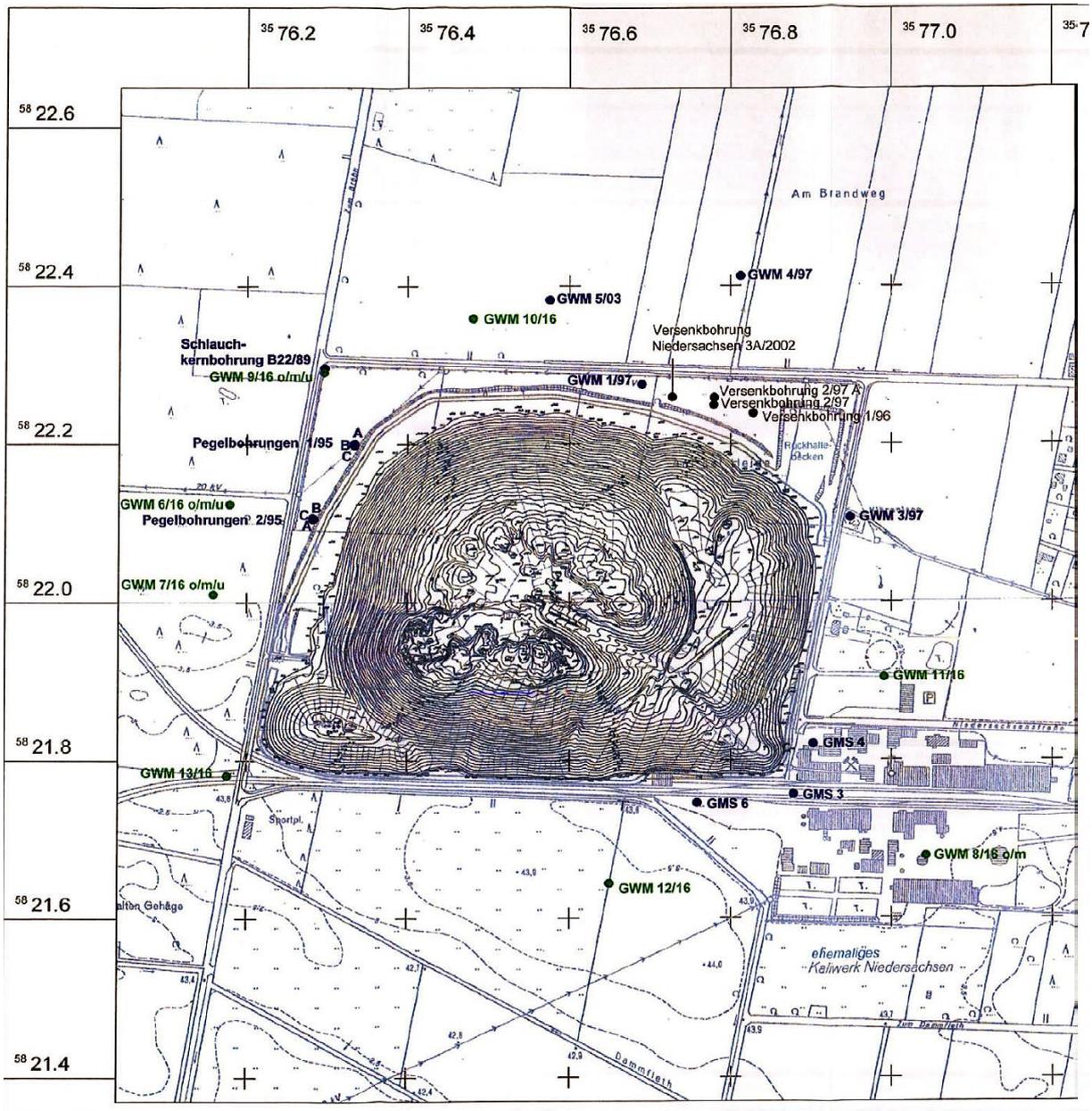
- Von der Basis der Kalihalde ausgehend, erstreckt sich im Umfeld eine mehrere Kilometer weit reichende Zone geringer elektrischer Widerstände, welche mit zunehmender Entfernung weiter abtaucht und als hoch versalzene Sickerwasserfahne der Kalihalde zu interpretieren ist. Darüber befindet sich eine dünne Kappe aus Süßwasser.
- Eine Ausbreitung der Haldensickerwässer nach allen Himmelsrichtungen, insbesondere auch in den Anstrom-Bereich der Halde, ist aufgrund einer Dichteströmung der Haldensickerwässer plausibel und zu erwarten.
- Die Ergebnisse der geophysikalischen SkyTEM-Messungen stimmen mit der direkt gemessenen Tiefenlage der Süß-/Salzwassergrenze in Grundwassermessstellen gut überein.
- Die Tiefenschnitte unterhalb des Haldenkerns zeigen durchweg Widerstandswerte an, welche das Vorhandensein hochkonzentrierter Salzlösungen belegen. Diese Befunde stehen in Widerspruch zu Lüttig's (1990) falscher Annahme einer technischen Basisabdichtung der Halde.
- Die ringförmigen Widerstandsanomalien an der Haldenperipherie sind durch von der Dichteströmung unter der Halde mitgeschleppten oberflächennahen Süßwässern plausibel erklärbar.

# Geochemie der Grundwässer

## Messtellen

Zur Überwachung des Grundwassers sind vom Betreiber im näheren und weiteren Umfeld der Halde eine Anzahl von Grundwasser-Messstellen eingerichtet worden (Abbildung 11). Die Abbildung zeigt auch das Rückhaltebecken an der NE-Ecke der Halde sowie die westlich davon angelegten Versenkbrunnen.

In Tabelle 7 wird eine Übersicht über die Messstellen gegeben.



**Abbildung 11** – Lageplan der Grundwassermessstellen im Umfeld der Kalihalde Wathlingen.  
Quelle: K+S (2017)

<b>Tabelle 7 – Übersicht der GW-Messstellen</b>		
<b>Bezeichnung</b>	<b>Probenahmetiefen (m GOK)</b>	<b>Salzwassergrenze (m GOK)</b>
Brunnen 22	10, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50	15
GWM 1	10, 15, 25, 35, 41	≤ 15
GWM 3	10, 15, 25, 33	~ 20
GWM 4	10, 15, 25, 33	~ 20
GWM 5/03	4	> 4,7
GWM 6/16	3 – 6 12,6 – 16,6 19 – 22	~ 15
GWM 7/16	3 – 6 13,1 – 17,1 19,1 – 22,1	~ 15
GWM 8/16	3 – 6 15,9 – 19,9	> 19,9
GWM 9/16	3 – 6 13,1 – 17,1 18,8 – 21,8	~ 15
GWM 10/16	4 – 6	> 6
GWM 11/16	4 – 6	> 6
GWM 12/16	4 – 6	> 6
GWM 13/16	4 – 6	> 6
GMS 3	1,5 – 7,5	> 7,5
GMS 4	1,5 – 7,5	> 7,5
GMS 6	1,5 – 7,5	> 7,5
Pegel 1/95 A	9,5	> 9,5
Pegel 1/95 B	7,5	> 7,5
Pegel 1/95 C	5,5	> 5,5
Pegel 2/95 A	9,5	> 9,5
Pegel 2/95 B	7,5	> 7,5
Pegel 2/95 C	5,5	> 5,5

Aussagekräftig sind eigentlich nur die älteren Messstellen (Brunnen 22, GWM 1, GWM 3 und GWM 4, sowie GWM 6 und GWM 9). Die übrigen Messstellen erschließen, wie sich gezeigt hat (s.u.) nur die oberflächennahe Süßwasserkappe und ermöglichen keine Aussagen zur Tiefenlage der Süß-/Salzwassergrenze, zu deren zeitlichem Verhalten, oder zur chemischen Beschaffenheit des Salzwassers.

Der Entnahmepunkt für das so bezeichnete „Haldenwasser“ am „Punkt D“ in der SW-Ecke der Halde ist nicht genau bekannt. Aus praktischen Gründen wird es sich vermutlich um die Überbrückung des Haldengrabens nahe der Zufahrt nördlich des südwestlichen Haldenvorsprungs handeln.

## Geochemische Systematik

Auf Grundlage der charakteristischen Zusammensetzungen diverser Kaliabwässer und natürlicher Wässer konnte vom Verfasser im hessisch-thüringischen Kalirevier eine Systematik erarbeitet werden, mit deren Hilfe Aussagen zur Genese von einschlägig belasteten Wasserproben möglich sind (Krupp, 22.08.2011, 04.11.2013). Diese Methodik ist für analoge Fragestellungen in anderen Gebieten übertragbar.

Mischlösungen können in Konzentrations-Diagrammen anhand **linearer Trends** zwischen charakteristischen **Endgliedern** erkannt und genetisch interpretiert werden. Als besonders nützlich haben sich die Plots von Br/Cl, Na/Cl, Na/K, für spezielle Fragestellungen auch Ca/Mg und Ca/SO<sub>4</sub> erwiesen. Verschiedene theoretisch begründete Modellkurven sind wichtige Bezugsgrößen bei der Interpretation der empirischen Analysen-Daten.

### Bromid/Chlorid-Diagramm

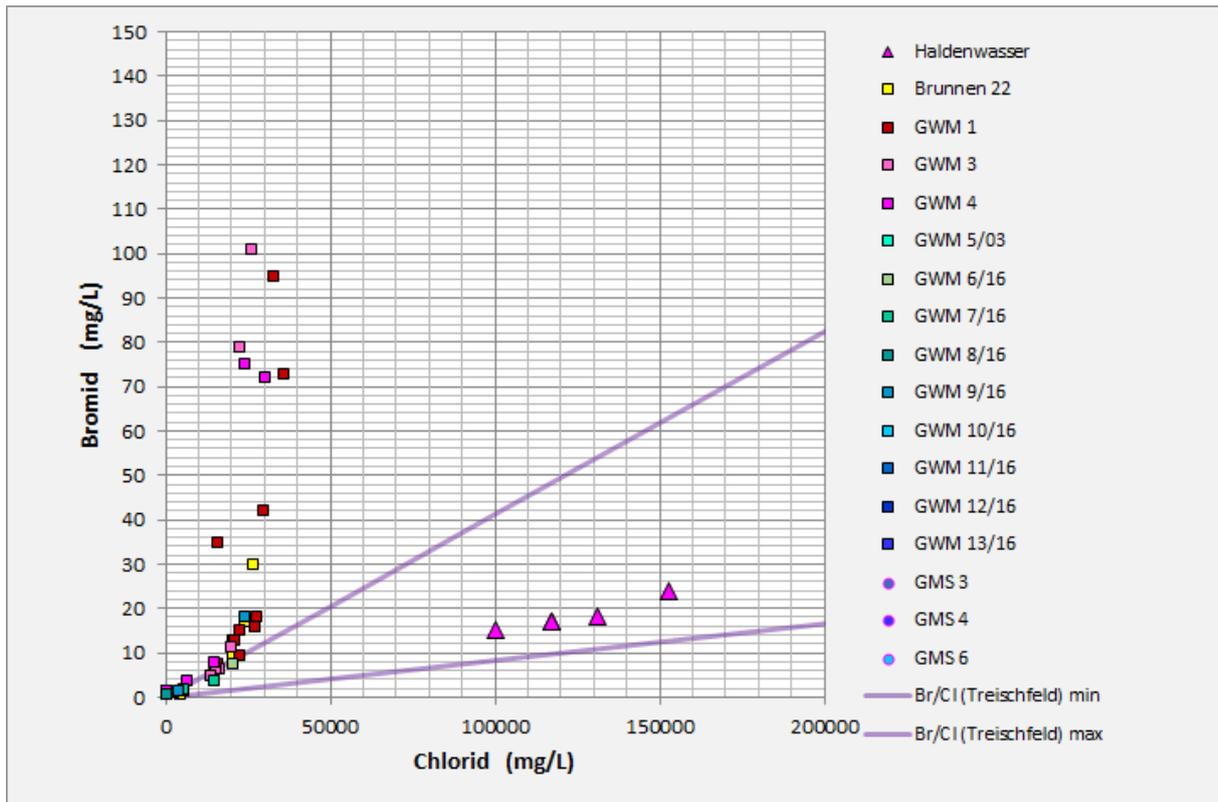
Bromidgehalte, bzw. Br/Cl-Verhältnisse (Abbildung 12) sind mit die aussagekräftigsten Indikatoren für Kaliabwasseranteile in Wasserproben.

**Subrosionswässer** entsprechen aufgrund ihrer Genese hinsichtlich ihrer Br/Cl-Verhältnisse dem mittleren Br/Cl-Verhältnis des subrodierten Salinars. Anhand geochemischer Profile von Salinarabfolgen (z.B. Bohrung Treischfeld (Käding 2005; Bohrung Remlingen 15 (BGR, 2016)) können untere und obere Schranken an die typischen Br/Cl-Verhältnisse von Subrosionslaugen angelegt werden. Abwasserfreie Wässer, die ihre Mineralisation im Wesentlichen durch Subrosionsprozesse erlangt haben, weisen demnach relativ konstante Br/Cl-Verhältnisse um  $3 \cdot 10^{-4}$ , in (mg/L):(mg/L), auf.

**Kaliabwässer:** Bei der Entstehung der Salinargesteine durch Eindunstung von Meerwasser und der dabei stattfindenden fraktionierenden Kristallisation der Salze ist Brom in den Kaliflözen im Vergleich zu den mächtigen Steinsalz-Abfolgen besonders hoch angereichert worden. Mit fortschreitender Meerwassereindunstung weist Halit daher zunehmende Bromid-Gehalte auf: Anhydrit-Region: 0-170 µg/g Bromid, Polyhalit Region: 170-230 µg/g Bromid, Kieserit-Region: 230-280 µg/g Bromid, Carnallit-Region: >280 µg/g Bromid (BGR, 2016; Kühn, 1955). Somit zeigt auch der Steinsalzanteil (Halit, NaCl) der Kaliflöze gegenüber dem Steinsalz des restlichen Salinars deutlich erhöhte Br-Gehalte. In Kaliflözen enthalten die einzelnen Mineralphasen folgende Brom-Gehalte (K+S, 28.11.2011):

Steinsalz: 0,018 – 0,031 %	Sylvin: 0,140 – 0,190 %	Carnallit: 0,190 – 0,246 %
----------------------------	-------------------------	----------------------------

Gerade diese Kaliflöze werden in Kalibergwerken aber selektiv gewonnen und Produktionsabwässer der Kaliwerke weisen daher gegenüber natürlichen Subrosionslaugen (s.o.) und den davon beeinflussten Grundwässern deutlich erhöhte Bromidkonzentrationen und Br/Cl-Verhältnisse auf. Entsprechend der Rohsalz-Zusammensetzung unterscheiden sich auch die Kaliabwasser-Typen untereinander (sofern daraus keine Brom-Gewinnung stattgefunden hat). Auch in den Haldenwässern, die aus gelösten Aufbereitungs-Rückständen der Kaliflöze bestehen, finden sich hohe Brom-Gehalte bzw. Br/Cl-Verhältnisse wieder.



**Abbildung 12** – Br/Cl-Diagramm. Wasseranalysen aus dem Bereich der Kalihalde Wathlingen.

Versalzene Grundwässer aus den tieferen Messstellen, insbesondere GWM 1, GWM 3, GWM 4, GWM 9 und Brunnen 22, weisen hohe Br/Cl-Verhältnisse auf und sind daher eindeutig als Kaliabwasser-beeinflusst anzusehen. Aufgrund der ortsnahen Lage der Messstellen zur Halde kommen eigentlich nur Haldenwasser-Anteile für diesen Befund in Frage.

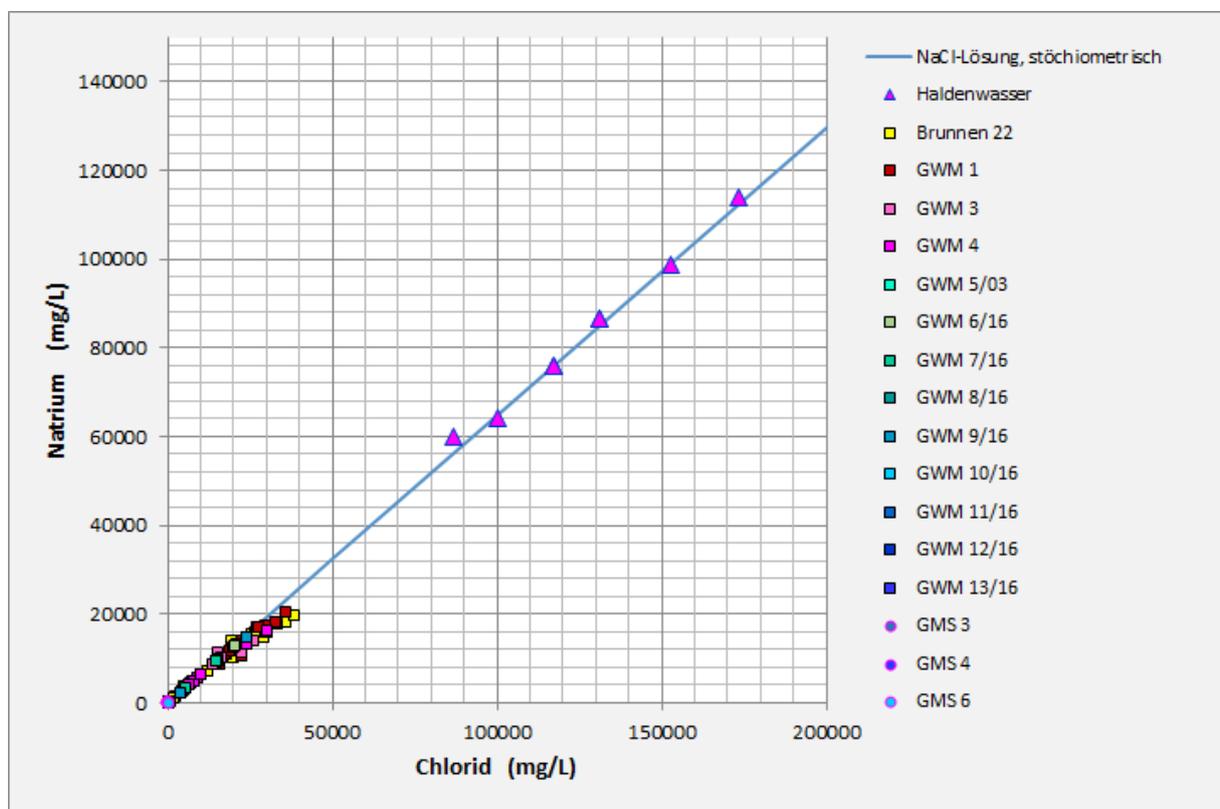
Bemerkenswert ist aber die Zusammensetzung der in Berichten der Betreiberin explizit als „Haldenwässer“ bezeichneten Lösungen, die an einer nicht näher bezeichneten Stelle, dem „Punkt D“ (Lüttig, 1990) an der SW-Ecke der Halde, entnommen werden. Diese Wässer weisen nämlich Br/Cl-Verhältnisse von gewöhnlichem Steinsalz auf, wie man sie beispielsweise von unbeeinflussten ( $\pm$  verdünnten) Subrosionswässern erwarten würde. Es stellt sich somit die zu klärende Frage nach dem genauen Ort der Probenahme und der Herkunft und Genese der beprobten „Haldenwässer“.

## Natrium/Chlorid-Diagramm

Die Na/Cl-Verhältnisse (Abbildung 13) von Wässern, die durch Kaliabwässer beeinflusst sind, weichen in charakteristischer Weise von natürlichen Subrosionswässern ab.

**Subrosionswässer** und ihre verdünnten Derivate folgen streng der theoretischen NaCl-Modellkurve, da sie durch großflächige Ablaugung mächtiger Steinsalzkörper (Salzhang, Salzspiegel von Diapiren) entstanden sind und andere Ionen daher stark zurücktreten.

**Kaliabwässer**, einschließlich **Haldenwässer**, weisen hingegen zusätzlich andere gelöste Chloridsalze, insbesondere  $MgCl_2$  und  $KCl$  auf und fallen daher durch unterstöchiometrische Na/Cl-Verhältnisse auf.

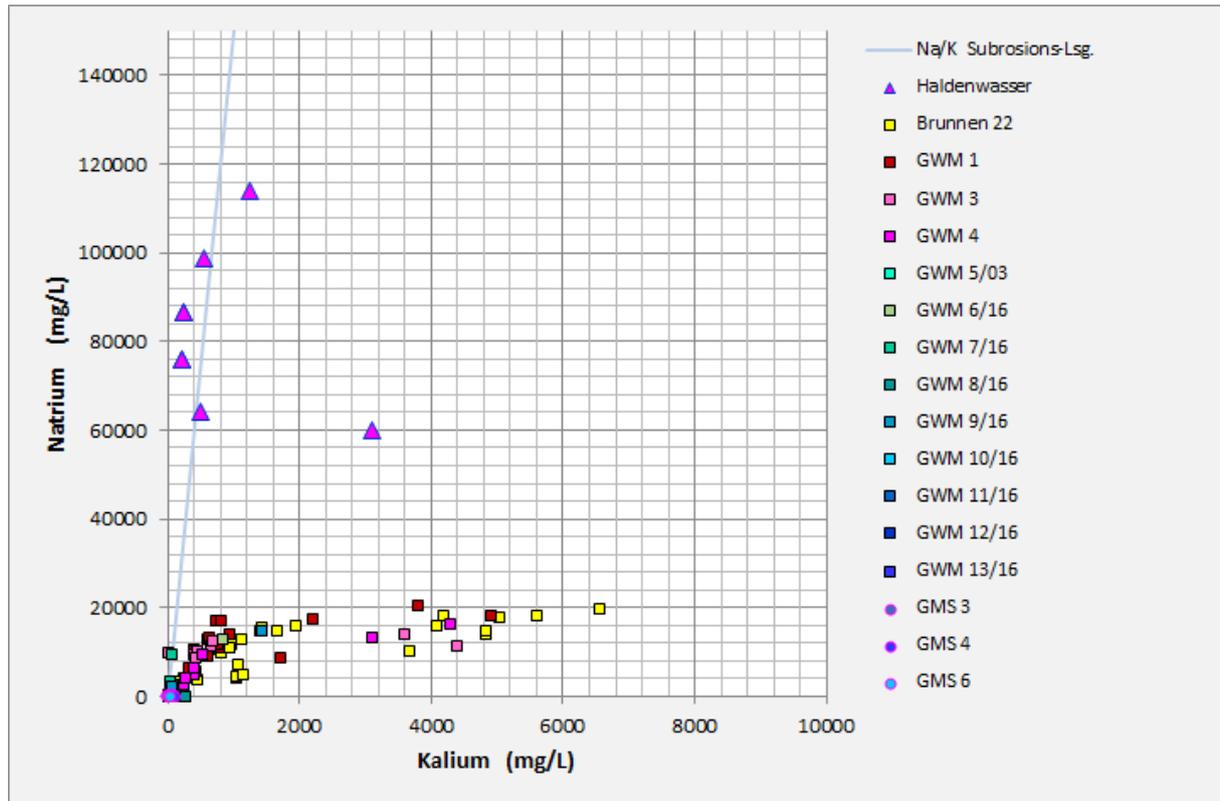


**Abbildung 13** – Na/Cl-Diagramm. Wasseranalysen aus dem Bereich der Kalihalde Wathlingen.

Während die „Haldenwässer“ aus der SW-Ecke der Kalihalde ziemlich genau stöchiometrische Na/Cl-Verhältnisse zeigen, weichen die Wasserproben der Messstellen GWM 1, GWM 3, GWM 4, GWM 9 und Brunnen 22 merklich in Richtung höherer Chloridwerte ab und weisen auf untergeordnete Anteile anderer Chloridsalze hin. Diese Salzkomponenten sind bei der Auflösung von Rückstandssalzen der Kaliwerke zu erwarten, weil die technische Aufbereitung der Kali-Rohsalze niemals zu einer vollständigen Abtrennung der Kaliumsalze (in Wathlingen praktisch ausschließlich Sylvin -  $KCl$ ) vom Steinsalz und weiteren Begleitmineralen führt. In den Rückstandssalzen sind noch 1 bis 3 Prozent  $KCl$  als Rest enthalten (Vgl. Tabellen 3 und 4).

## Natrium/Kalium-Diagramm

Die Na/K-Verhältnisse (Abbildung 14) der zu beurteilenden Wässer werden mit einer Modellkurve für die sehr konstanten, empirisch ermittelten Na/K-Verhältnisse reiner Subrosionslösungen und deren verdünnter Derivate verglichen. Die Kalium-reichen Kaliabwässer und deren Mischwässer weisen ihrem Ursprung gemäß deutlich höhere Kalium/Natrium-Verhältnisse auf.

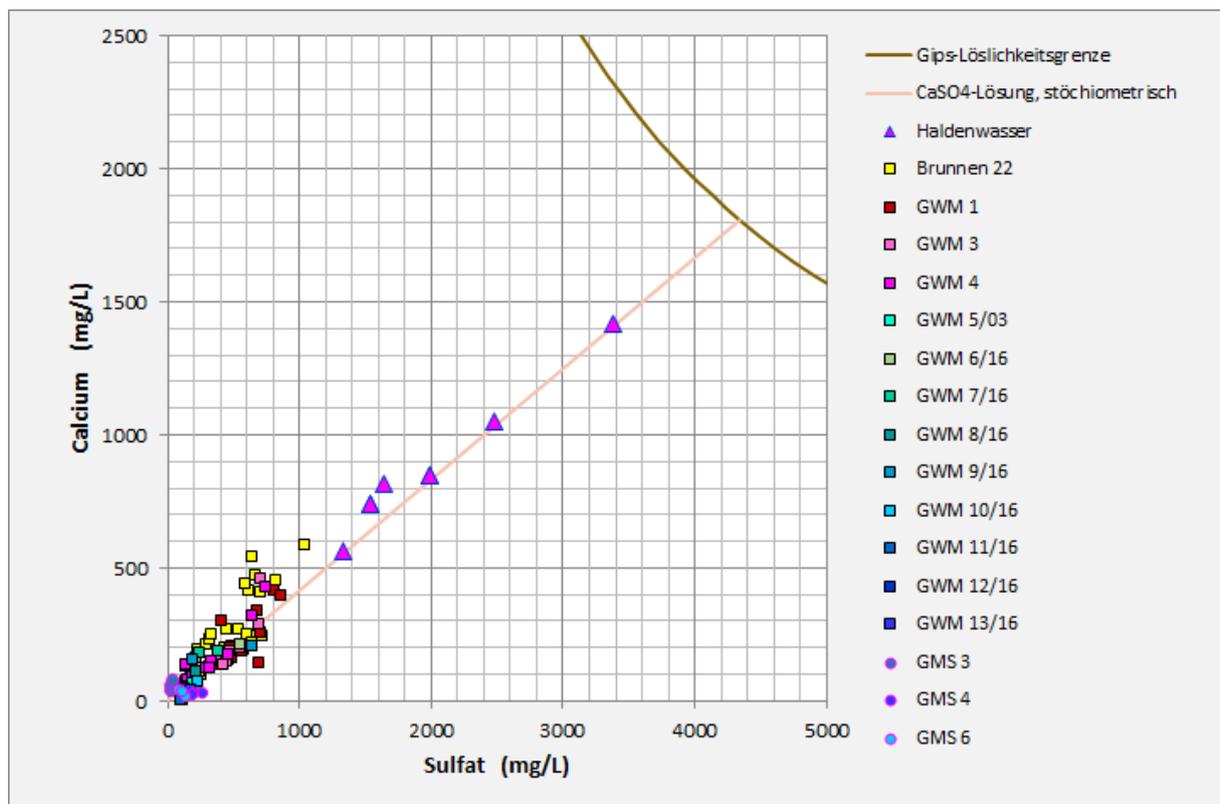


**Abbildung 14** – Na/K-Diagramm. Wasseranalysen aus dem Bereich der Kalihalde Wathlingen.

Auch bei den Na/K-Verhältnissen der Kalihalde Wathlingen ist wieder eine deutliche Sonderstellung der so bezeichneten „Haldenwässer“ gegenüber den Salzwässern der Messstellen GWM 1, GWM 3, GWM 4, GWM 9 und Brunnen 22 zu konstatieren, wobei erstere chemisch durch Auflösung von gewöhnlichem Steinsalz (Abteufhalde, Aus- und Vorrichtungssalze) und letztere durch Ablaugung der aufgeschütteten Fabrikrückstände zu erklären sind.

## Calcium/Sulfat-Diagramm

Die Ca/SO<sub>4</sub>-Verhältnisse (Abbildung 15) geben im Vergleich zu den beiden Modellkurven Hinweise auf mögliche Lösungsgleichgewichte mit Gips bzw. Anhydrit. Die Calciumsulfate sind in Wasser bzw. Salzlösungen nur spärlich löslich, so dass die Darstellungspunkte von Wasseranalysen im Ca/SO<sub>4</sub>-Diagramm nicht jenseits der Löslichkeitskurve von Gips zu finden sind. Andererseits folgen die Darstellungspunkte oftmals der stöchiometrischen Zusammensetzung von CaSO<sub>4</sub>, und geben damit einen Hinweis darauf, dass die korrelierten Konzentrationen von Ca und SO<sub>4</sub> durch Auflösung von Gips und/oder Anhydrit zu erklären sind.



**Abbildung 15** – Ca/SO<sub>4</sub>-Diagramm. Wasseranalysen aus dem Bereich der Kalihalde Wathlingen.

Die Wathlinger Wasseranalysen zeigen somit an, dass ihre Ca- und SO<sub>4</sub>-Konzentrationen durch Auflösung von Gips oder Anhydrit erklärbar sind, wobei die so bezeichneten „Haldenwässer“ deutlich näher an der Gips-Sättigung liegen als die versalzene Grundwässer der Messstellen GWM 1, GWM 3, GWM 4, GWM 9 und Brunnen 22.

## Fazit Geochemie

Als Fazit aus den chemischen Betrachtungen ist somit festzuhalten:

- Die so bezeichneten „Haldenwässer“ aus der SW-Ecke der Kalihalde sind nicht typisch für Haldenlösungen aus Fabrikrückständen der Kaliwerke. Es fehlen die Kalisalz-typischen Bestandteile. Es sind vielmehr NaCl- und CaSO<sub>4</sub>-reiche Salzlösungen, wie sie durch Auflösung gewöhnlicher Anhydrit führender Steinsalz-Formationen entstehen. Solche Salze wurden beim Abteufen des Schachts Niedersachsen, der Auffahrung untertägiger Infrastruktur-Räume und bei der Aus- und Vorrichtung der Kaliabbau zutage gefördert und entlang der Südgrenze der heutigen Kalihalde abgelagert. Da der Ringgraben seinen Scheitelpunkt an der SE-Ecke der Halde hat, erlangen die von diesem Punkt aus westlich gebildeten Haldengrabenwässer ihren Chemismus im Wesentlichen von diesen Abteuf-Salzen. Die mutmaßliche Probenahmestelle „D“ erfasst daher Haldengrabenwässer, die nicht typisch für den weit überwiegenden Teil der Kalihalde sind, welcher aus Fabrikrückständen besteht.
- Die in den älteren und bis in das Salzwasserstockwerk reichenden Messstellen (Brunnen 22, GWM 1, GWM 3, GWM 4, GWM 9) aufgeschlossenen Grundwässer von unterhalb der Süß-/Salzwassergrenze weisen alle Anzeichen von Haldenwässern aus Fabrikrückständen auf, insbesondere erhöhte Br/Cl-Verhältnisse sowie Kalium- und Magnesium-Konzentrationen und sind hinsichtlich ihrer Genese ohne jeden Zweifel als solche Haldenwässer zu interpretieren.
- Analysen von Messstellen mit geringer Tiefe (GWM 5, 8, 10, 11, 12, 13, GMS 3, 4, 6, 1/95A, B, C, 2/95A, B, C) oder von Proben anderer Messstellen aus Tiefen <15 m zeigen im Wesentlichen gering mineralisierte Wässer der oberflächennahen Süßwasserkappe an.
- In den vorliegenden Berichten finden sich keinerlei Angaben zum Chemismus von:
  - Haldengrabenwässern des östlichen Graben-Abschnitts (zwischen dem Grabenscheitelpunkt im SE und dem Rückhaltebecken im NE der Halde)
  - Haldengrabenwässern des westlichen Graben-Abschnitts, strömungsabwärts von „Punkt D“ bis zum Sammelbecken
  - Haldenwässern des Sammelbeckens
  - Versenklösungen
  - Ins Bergwerk zur Flutung eingeleiteten Haldenwässern.

## Feststellungen und Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen ergeben in der Zusammenschau folgende Feststellungen und Schlussfolgerungen:

- Die Kalihalde der Werkes Niedersachsen-Riedel in Wathlingen wurde ohne Basisabdichtung auf sandigem Untergrund der Niederterrassenablagerungen errichtet.
- Kalihalden sind nicht wasserundurchlässig, und Niederschlagswässer können entlang karstartiger Wegsamkeiten in den Haldenkörper eindringen, sich mit Salzen aufsättigen und an der Haldenbasis austreten und/oder in den Haldenuntergrund einsickern.
- Aufgrund von Setzungen des Untergrundes einerseits und der geringen Grundwasserflurabstände andererseits liegen in Wathlingen mindestens die zentralen Teile der Haldenbasis die meiste Zeit im Grundwasser und werden dort mehr oder weniger ständig durch den Grundwasserstrom abgelaut.
- Durch die Dichteunterschiede zwischen Süß- und Salzwasser kommt es zu einer Dichteströmung unterhalb der Halde, die sich seitlich in alle Richtungen ausbreitet und eine Glockenform hat. Gleichzeitig liegt eine regionale Grundwasserströmung nach NW vor, welche sich mit der dichtegetriebenen Strömung überlagert.
- Die Ausbreitung der Haldensickerwässer und der versenkten Haldenabwässer lässt sich anhand vorhandener Grundwassermessstellen untersuchen. Diese belegen einen sprunghaften Anstieg der Mineralisation im Grundwasser ab etwa 15 m Tiefe (unter Flur).
- Die SkyTEM-Untersuchungen kommen zum gleichen Ergebnis, erlauben es aber ein 3-dimensionales Bild der Salzwasserverteilung im Grundwasser der weiteren Umgebung zu erstellen. Dort ist die Ausbreitung der Haldensickerwasserfahne klar zu erkennen.
- Die geochemischen Untersuchungen verschiedener salziger Grundwässer belegen eindeutig eine Entstehung aus Fabrikrückständen der von der Halde ausgehenden Versalzungsfahne. Abweichend weisen die vom Betreiber so bezeichneten „Haldenwässer“ aus der SW-Ecke der Halde („Punkt D“) keinen typischen Kalihaldewasser-Chemismus auf, sondern sind aus den Salzen der Abteufhalde entstanden.
- Durch die jahrzehntelangen und bis heute andauernden Salzeinträge in das Grundwasser ist ein massiver Grundwasserschaden eingetreten, der eine Sanierung erforderlich macht, wenigstens um eine weitere Verschlechterung des Zustands des Grundwassers zu verhindern.
- Aufgrund der aufgezeigten Ablaugungsprozesse an der Haldenbasis kann die Sanierung auf dem Weg einer Oberflächen-Abdeckung keinen Erfolg haben.
- Selbst die Begrenzung der Einsickerung von Niederschlägen in und durch den Haldenkörper hindurch durch eine Abdeckung kann nicht vollständig sein, wie das Beispiel anderer Kalihalden (Hansa-Empelde, Friedrichshall) zeigt. Die Abdeckungen werden zudem nicht dauerhaften Bestand haben, weil durch Erdfälle die Abdichtsysteme ständig wieder zerstört werden.

## Quellenangaben

Aarhus Geophysics (2010) Processing and inversion of SkyTEM data, K + S – Kassel.  
Kassel 2010 - Area 1, 2 and 3, 29-07-2010

BGR (2016) Geowissenschaftliche Ergebnisse zu den Salinargesteinen der Erkundungsbohrung Remlingen 15. Projekt Asse 9A5632000000 Zwischenbericht, Hannover, September 2016

BUND (2017) Kalihalden.

[http://region-hannover.bund.net/themen\\_und\\_projekte/bergbaufolgen/kalihalden/](http://region-hannover.bund.net/themen_und_projekte/bergbaufolgen/kalihalden/)

DWD (2017) Deutscher Wetterdienst. Langjährige Mittelwerte.

[https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/langj\\_mittelwerte.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/langj_mittelwerte.html)

Fugro Consult (2015) Hydrogeologische Auswertung der SkyTem-Befliegungen im Umfeld der Rückstandshalden Königshall-Hindenburg, Niedersachsen-Riedel, Hugo und Friedrichshall. Teil 1 - Standort Niedersachsen-Riedel.

Golder Associates (1998) Untertagedeponie Riedel, Planfeststellungsverfahren, Hydrogeologisches Gutachten. Projekt Nr. 978-3525.

Käding K-C (2005) Bromprofile aus dem Zechstein – ein Beitrag zur Zyκλοstratigraphie. Kali und Steinsalz, 3/2005, 30-43.

Krupp R (2008) Gutachten zur Flutung des Kali- und Steinsalzbergwerkes Niedersachsen-Riedel. Im Auftrag der Bürgerinitiative Umwelt Uetze Burgdorf, 02.01.2008

Krupp R (22.08.2011) Zusammenfassende Darstellung der bisherigen Erkenntnisse über die Versalzung der Brunnen in Gerstungen / Werra. Im Auftrag der Gemeinde Gerstungen / Werra (Thüringen)

Krupp R (04.11.2013) Gefährdung der Gerstunger Brunnen durch Kaliabwasserversenkung. Stand Oktober 2013. Im Auftrag der Gemeinde Gerstungen / Werra (Thüringen)

K+S (2005) Wasserentnahme aus der Fuhse bei Wathlingen für die Flutung des ehemaligen Kali- und Steinsalzbergwerkes Niedersachsen-Riedel. Antragsunterlagen

K+S (2005b) Rahmenbetriebsplanes zur Erweiterung der Rückstandshalde der K+S Kali GmbH, Werk Sigmundshall

K+S (2008) Stillgelegte Halden des Werkes Niedersachsen-Riedel. Konzept zur Nachnutzung/Rekultivierung der Haldengelände. 10.Juli 2008 (H.G. Bähge)

K+S (28.11.2011) Hydrogeologische Bewertung der Bohrung Herfa 5/2011 (su) und ihrer Umgebung  
(und die Entwicklung der Versenkung im Raum Eichhorst).

K+S (2014) Antrag auf Planfeststellung, Hartsalzwerk Siegfried –Giesen. Planfeststellungsunterlage zum Rahmenbetriebsplan, I-27 Geotechnisches Gutachten Rückstandshalde

K+S (2014b) Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf (Haldenerweiterung Hattorf). Band 1.1.1 der Antragsunterlage

K+S (2015) Halde Niedersachsen in Wathlingen südlich von Celle. Rekultivierung und Errichtung einer Recyclinganlage; Entwurf eines Untersuchungsrahmens zur Antragskonferenz gemäß § 52 Abs. 2a BbergG. Stand 10.07.2015. Bearbeitung Bosch & Partner im Auftrag der K + S Entsorgung GmbH, Kassel

K+S (2016) Inaktive Werke, Standort Niedersachsen-Riedel. Grundwasserbeobachtung im Umfeld der Halde Wathlingen im Jahr 2015. (Verfasser: Lukas, Kluge)

K+S (2016b) Aktueller Stand zum Projekt der Abdeckung der Halde Niedersachsen. Informationsveranstaltung in Wathlingen am 07. April 2016. (Verfasser: Gerold Jahn)

K+S (2017) Standort Niedersachsen-Riedel. Grundwasserbeobachtung im Umfeld der Halde Wathlingen im Jahr 2016.

Kühn R (1955) Mineralogische Fragen der in Kalisalzlagerstätten vorkommenden Salze. Kali-Symposium, 1955: 51-105, Bern.

LBEG (2017) NIBIS-Kartenserver. Diverse Themenkarten.

<http://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=1S0kFDT>

<http://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=2R0UCGSN>

Lüttig G (1990) Geotechnologische Betrachtung der Rückstandshalde Niedersachsen-Riedel in Wathlingen. Gutachtliche Stellungnahme, 55 S., BGR Archiv, Nr. 0110156

Nickel (2017) ... *„ich habe dazu nur die Aussage von Herrn Nickel, der behauptet, dass die Halde, als er das Projekt begonnen hat, 23.000 Tonnen Salz in die Fösse geleitet hat und dieser Wert nun bei acht bis neuntausend Tonnen liegt.“* Zitat aus Schriftwechsel vom 13.11.2017 mit Nora Stoewer (Redakteurin, [www.video-arthouse.de](http://www.video-arthouse.de))

NDR.de (2017) Typisch! Der Mann, der einen Berg erbte. Donnerstag, 23. November 2017, 18:15 bis 18:45 Uhr

<http://www.ndr.de/fernsehen/Typisch-Der-Mann-der-einen-Berg-erbte,sendung709308.html>

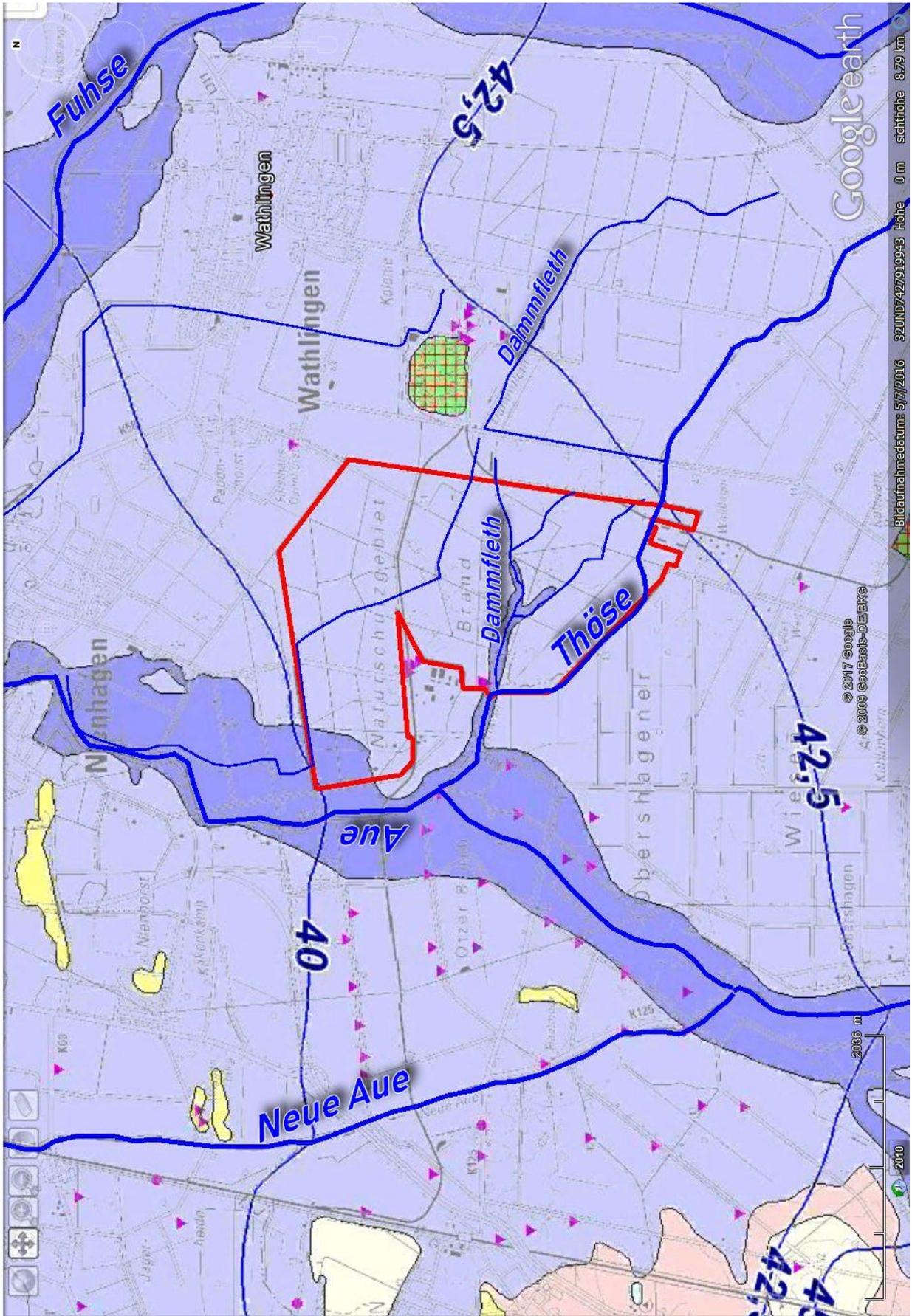
NLWKN (2017) Naturschutzgebiet "Brand". Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz.

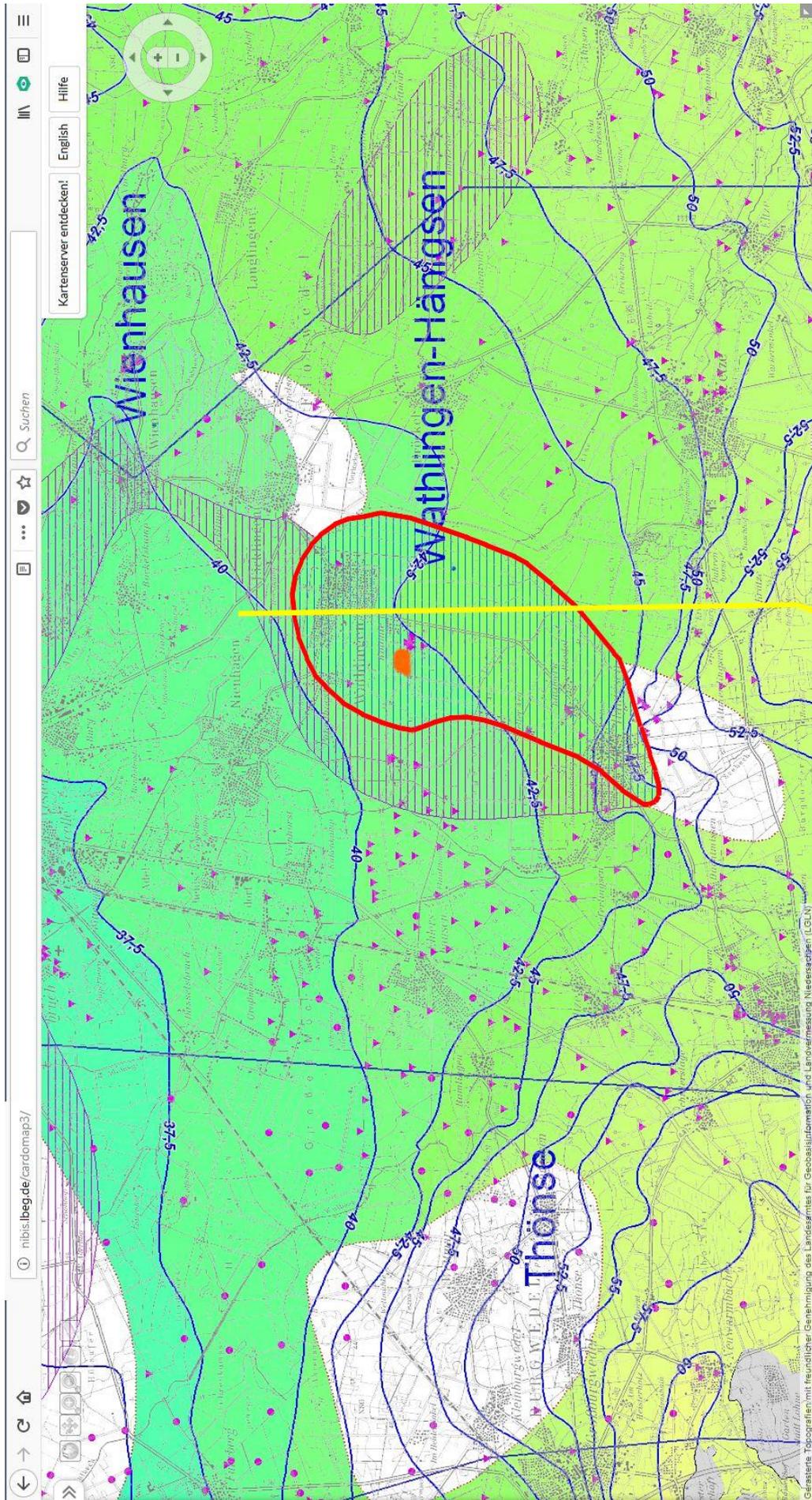
[https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/schutzgebiete/einzelnen\\_naturschutzgebiete/44604.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/schutzgebiete/einzelnen_naturschutzgebiete/44604.html)

Schachl (1987) Exkursion G: Kali- und Steinsalzbergwerk Niedersachsen-Riedel der Kali und Salz AG. Internationales Zechsteinsymposium 87, Exkursionsführer I (71-100), Wiesbaden.

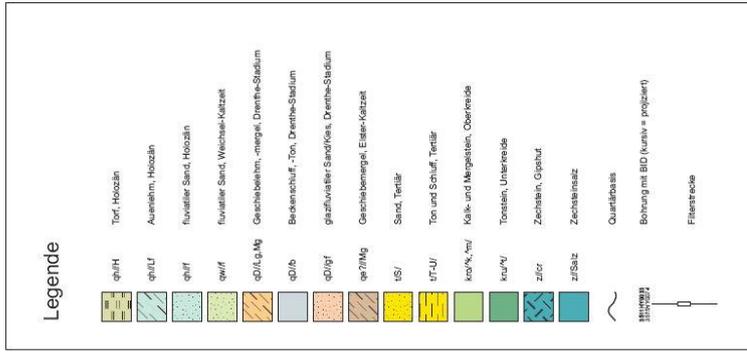
## ANHANG

Im nachfolgenden Anhang werden die Textabbildungen nochmals im A4-Format beigefügt.





**Wietze-Fuhse Lockergestein**  
**Geologischer Schnitt S1**

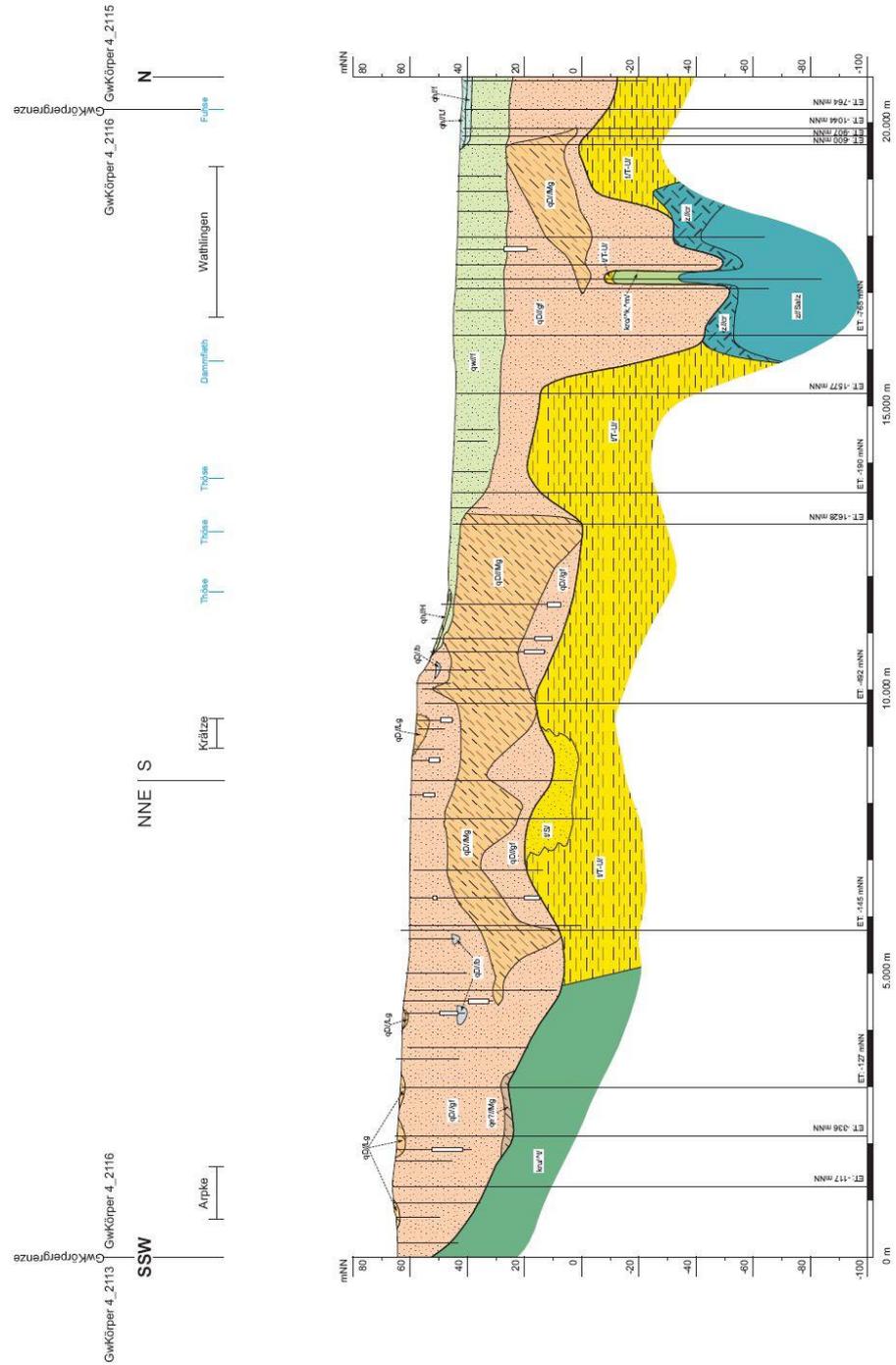


**Hydrogeologie**

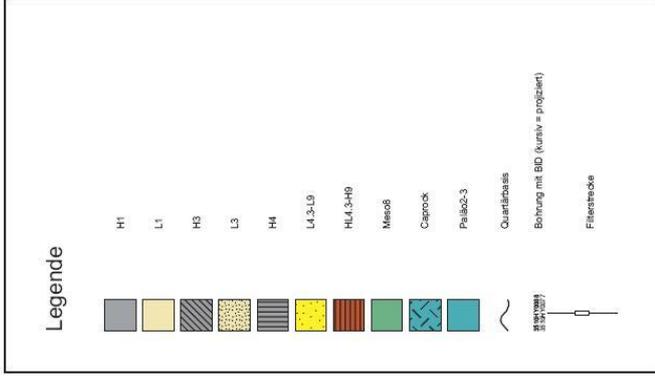
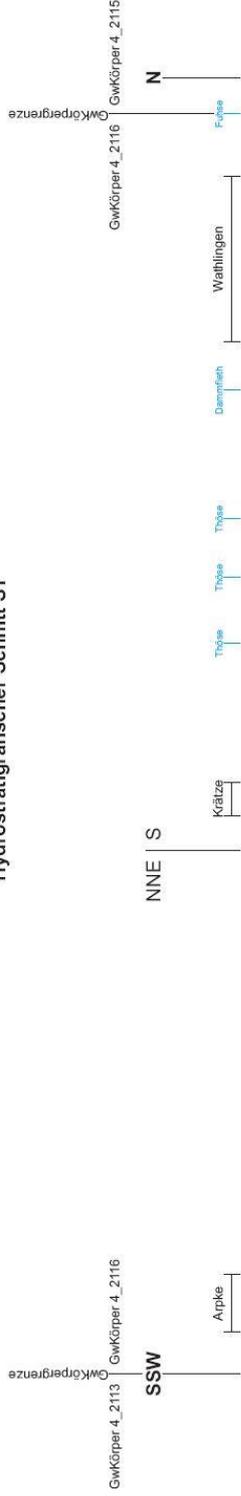
**Wietze-Fuhse Lockergestein**  
**Geologischer Schnitt S1**

Beauftragung:	Datum:	Maßstab:
H. Böhm	Februar 2007	Länge 1 : 50.000 Höhe 1 : 1.000
B. Fiese		

**LBEG**  
 Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie  
 Stillbergweg 2  
 30655 Hannover



## Wietze-Fuhse Lockergestein Hydrostratigrafischer Schnitt S1

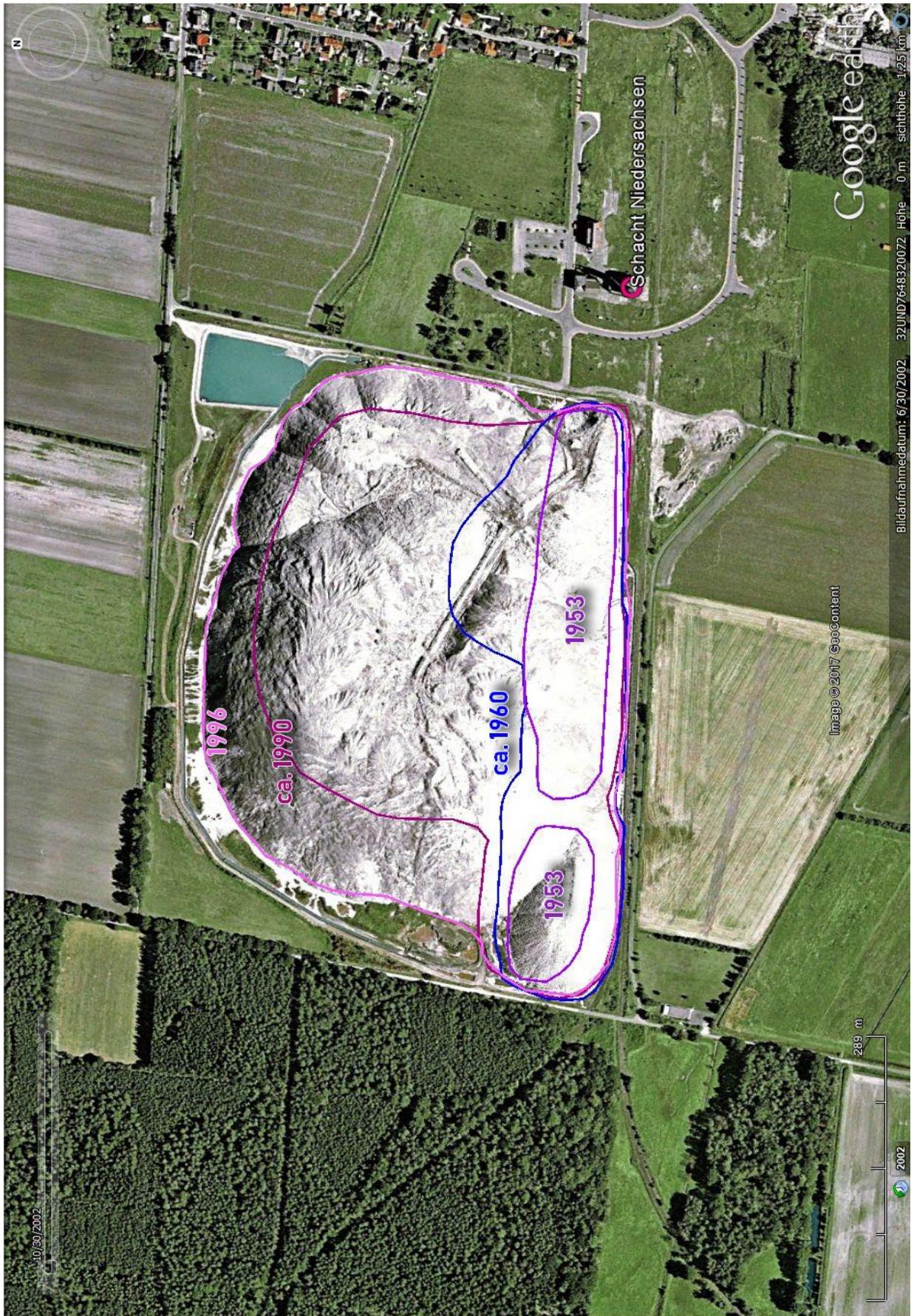


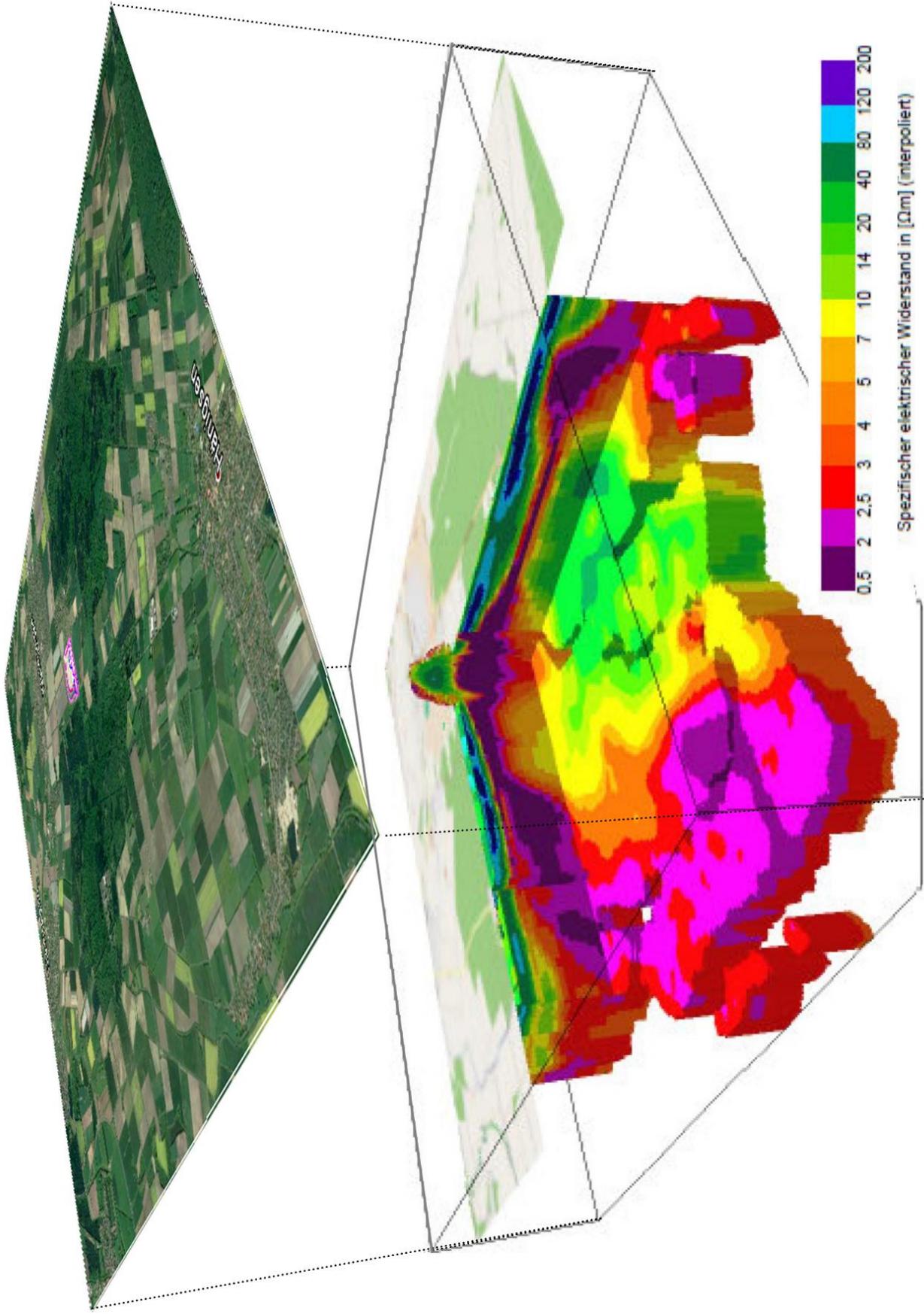
### Hydrogeologie

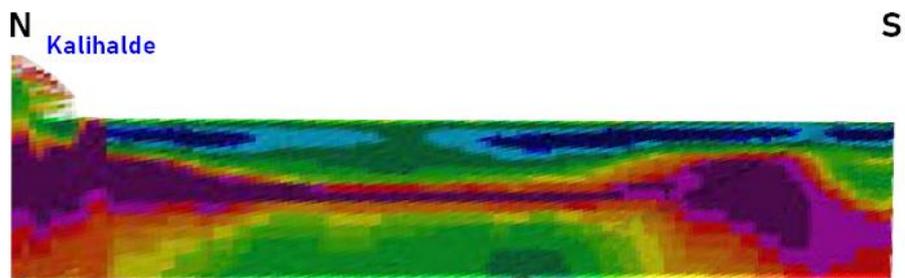
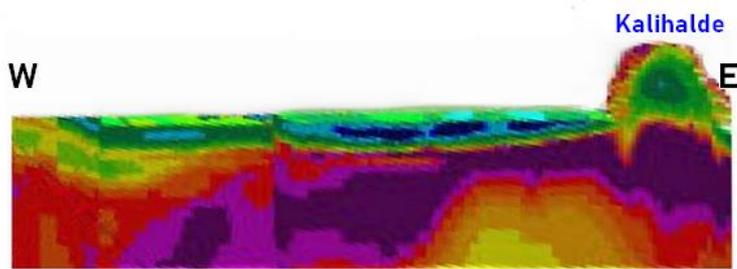
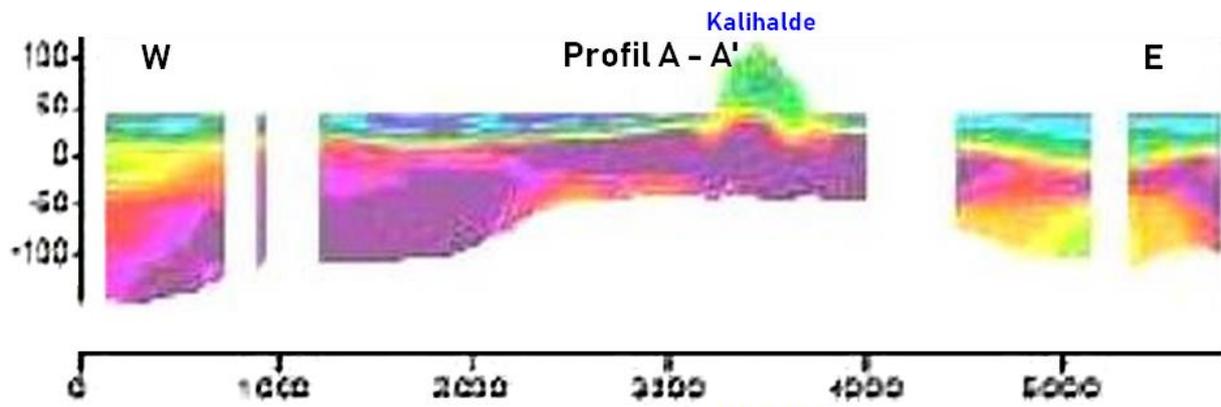
#### Wietze-Fuhse Lockergestein Hydrostratigrafischer Schnitt S1

Bearbeitung:	Datum:	Maßstab:	
H. Röhm	Februar 2007	Länge 1 : 50.000	
Zeichnung:		Höhe 1 : 1.000	
B. Rose			

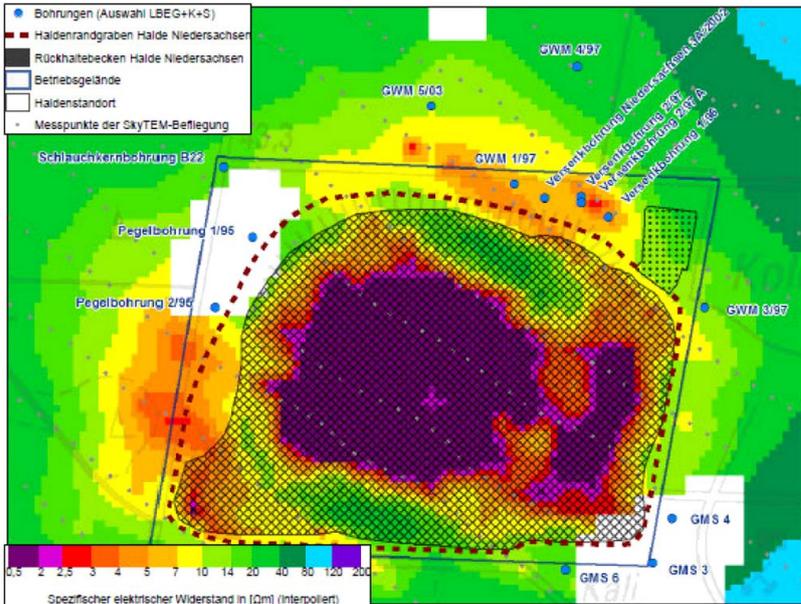
LBEG  
Labor für Bergbau, Energie und Geologie  
Stilleweg 2  
30655 Hannover



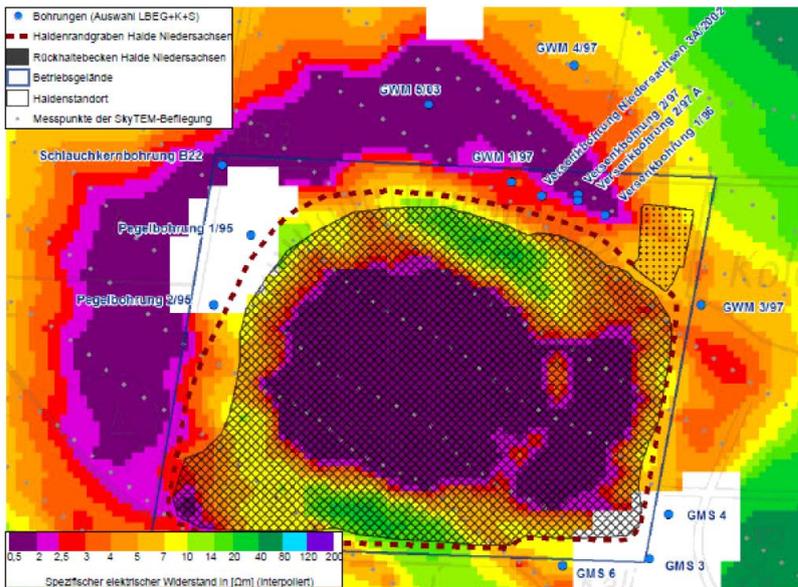




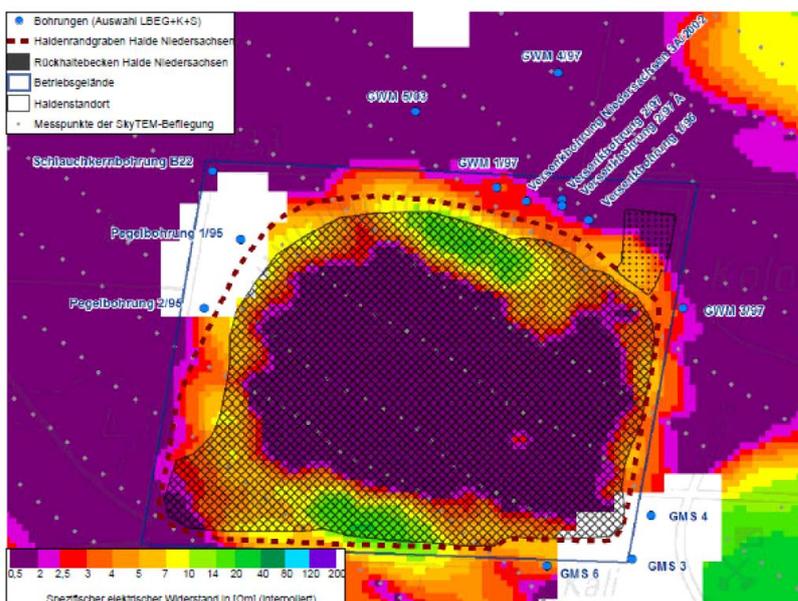
Spezifischer elektrischer Widerstand in [ $\Omega$ m] (interpoliert)



**+30 m NN**



**+25 m NN**



**+20 m NN**

