

# **Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf (Haldenerweiterung Hattorf) Phase 2**

**Band 3.14E der Antragsunterlage: Fachgutachten**

**Bestandserfassung und Bewertung des Schutzgutes Boden im Umfeld der ESTA-Rückstandshalde am Standort Hattorf**

## **Anlage:**

Boden- und Vegetationsuntersuchungen auf Weiden der Flur Kammerfeld in der Umgebung der salzhaltigen Quellen 1 und 6 nördlich von Unterbreizbach

Vorhabenträger:

K+S Minerals and Agriculture GmbH  
Werk Werra, Standort Hattorf  
Hattorfer Straße  
36269 Philippsthal



Verfasser:

Regioplus Ingenieurgesellschaft GbR  
Colmarstr. 12  
D-55118 Mainz

## **Impressum**

Fassung vom 17.05.2021

Ansprechpartner: Rainer Gryschko

Telefon: 06131 / 9964875

Fax: 06131 / 9964878

e-Mail: [info@regioplus-ingenieure.de](mailto:info@regioplus-ingenieure.de)

Web: [www.regioplus-ingenieure.de](http://www.regioplus-ingenieure.de)

## **Ergebnisse im Überblick:**

### **Bestandserfassung Boden im Untersuchungsraum:**

- Untersuchungsraum ist mit Ausnahme der Talauen geprägt von Bodenbildungen aus Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins, bereichsweise mit Lössauflagen,
- im Norden des Untersuchungsraumes Verbreitung von Braunerden und podsoligen Braunerden über Buntsandstein,
- Einfluss von Staunässe im Süden und Südwesten des Untersuchungsgebietes (pseudovergleyte Braunerden, Pseudogley-Parabraunerden, Pseudogleye),
- in Talauen von Werra und Ulster Bodenbildungen aus humushaltigen Auenlehmen (Vegen, Gleye, Gley-Vegen).

### **Vorbelastung:**

- acht bisher nicht bewertete Altlastenverdachtsflächen im Untersuchungsgebiet,
- anhand der Dauerbeobachtungsflächen der K+S KALI GmbH sind keine schädlichen Bodenveränderungen feststellbar,
- keine Bodenbelastung durch atmogene Salzeinträge,
- Auftreten schädlicher Bodenveränderungen im Bereich der Quellaustritte des durch Haldenwasser beeinflussten Schwebenden Grundwasserleiters sowie in deren unmittelbarem Umfeld.

### **Bodenfunktionsbewertung des Untersuchungsgebietes:**

- Bewertungskriterien: Natürliches Ertragspotential, Biotopentwicklungspotential, Archivfunktion, Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium,
- hohe Wertigkeiten bei Auen- und Lössböden, geringe bis mittlere Wertigkeit im Buntsandstein.

### **Bodenfunktionsbewertung der Haldenerweiterungsfläche:**

- Dominanz von Böden geringer Wertigkeit,
- mittelwertige Böden im Süden / Südwesten der Erweiterungsfläche,
- hochwertige Böden ausschließlich im Bereich des Ochsengrabens.

**Bestandserfassung und Bewertung  
des Schutzgutes Boden  
im Umfeld der ESTA-Rückstandshalde am Standort  
Hattorf**



im Auftrag von

**K+S Minerals and Agriculture GmbH**

Werk Werra

Hattorfer Straße

36269 Philippsthal

17.Mai 2021

Rainer Gryscho

Marc Murawski

  
**regioplus**

Ingenieurgesellschaft GbR  
Kafkaweg 37  
D-55127 Mainz  
fon 06131 / 9964875  
fax 06131 / 9964878  
info@regioplus-ingenieure.de

Bearbeiter:  
Rainer Gryscho  
Marc Murawski



## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Bestandserfassung .....	3
2.1	Bodenverbreitung .....	3
2.2	Vorbelastungen .....	7
3	Bestandsbewertung .....	10
3.1	Natürliches Ertragspotenzial .....	11
	Erläuterung zur Bestandsbewertung .....	11
	Bodenbewertung .....	11
3.2	Biotopentwicklungspotential .....	13
	Erläuterung zur Bestandsbewertung .....	13
	Bestandsbewertung .....	14
3.3	Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen .....	16
	Erläuterung zur Bestandsbewertung .....	16
	Bestandsbewertung .....	16
3.4	Archivfunktion .....	17
	Erläuterung zur Bestandsbewertung .....	17
	Bestandsbewertung .....	18
3.5	Zusammenfassende Bewertung der Bodenfunktionen .....	19
	Erläuterung zur Bestandsbewertung .....	19
	Bestandsbewertung .....	19
4	Literatur .....	20

## Pläne

Plan 1	Bestandserfassung und Bewertung der Bodenfunktionen
Plan 2	Zusammenfassende Bewertung der Bodenfunktionen

# 1 EINLEITUNG

Die pedologischen und geologischen Gegebenheiten bestimmen die Ausbildung von Vegetation und Wasserhaushalt und prägen damit die Nutzung durch den Menschen, seine Siedlungen und seine unterschiedlichen Lebensverhältnisse und Kulturen.

Böden erfüllen natürliche Funktionen

- als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
- als Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
- als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers.

Darüber hinaus erfüllen Böden Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie Nutzungsfunktionen, z.B. als Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung.

Im Rahmen des Vorhabens „Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf, Werk Werra“ der K+S KALI GmbH ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen, deren Gegenstand, Umfang und Methoden im Scoping-Termin vom 21.09.2011 zwischen K+S und dem Regierungspräsidium Kassel als genehmigende Behörde abgestimmt wurden. Bestandteil der Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) ist es u. A., den Ist-Zustand des Schutzgutes Boden zu erfassen und zu bewerten. Hierbei werden die im BBodSchG beschriebenen Bodenfunktionen bewertet. Mit der Bestandserfassung und Bewertung des Schutzgutes Boden wurde die regioplus Ingenieurgesellschaft GbR, Mainz am 13.03.2013 beauftragt.

Der Untersuchungsraum zur Bestandserfassung und Bewertung des Schutzgutes Boden entspricht der Vorhabensbeschreibung des o. g. Projektes (upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH, Stendal) vom 28.10.2010. Der Untersuchungsraum ist in den anliegenden Plänen dargestellt.

Behördliche Vorgaben und Empfehlungen zur Durchführung der UVU wurden im Scoping-Protokoll vom 27.09.2011 (Az.: 34/Hef- 76 d 40-11-314-30) festgehalten. Bezüglich des Schutzgutes Boden wurden Empfehlungen zur Durchführung der Bestandsbewertung gegeben. Durch K+S wurde ein Untersuchungskonzept erstellt, welches am 13.11.2012 mit der Genehmigungsbehörde, dem RP Kassel, Dez. 34 Bergaufsicht und Dez. 31.5 Altlasten/Bodenschutz, abgestimmt wurde. Der Ist-Zustand des Schutzgutes Boden im Untersuchungsraum sollte in Anlehnung an die, in der Arbeitshilfe 'Bodenschutz in der Bauleitpla-

nung' (HMUELV, 2011) dargestellte Vorgehensweise erfasst und bewertet werden. Zudem sollten, neben der Auswertung bestehender Dauerbeobachtungsflächen für Boden / Vegetation im Untersuchungsraum, zusätzliche Bodenuntersuchungen an weiteren Punkten durchgeführt werden, um den Ist-Zustand des Schutzgutes Boden zu erfassen. Demgemäß fanden im Vorfeld der Bestandserfassung / Bewertung zusätzliche Bodenuntersuchungen durch die regioplus Ingenieurgesellschaft GbR, Mainz statt, deren Ergebnisse in der anliegenden Dokumentation „Boden- und Vegetationsuntersuchungen auf Weiden der Flur Kammerfeld in der Umgebung der salzhaltigen Quelle 1 und 6 nördlich von Unterbreizbach“ vom 28.08.2013 (REGIOPLUS, 2014b) erläutert werden.



## 2 BESTANDSERFASSUNG

Die Bestandserfassung erfolgt mit Hilfe der in Tabelle 1 dargestellten Informationsgrundlagen. Das Untersuchungsgebiet umfasst hessisches und thüringisches Landesgebiet. Für die Bundesländer liegen unterschiedliche Datengrundlagen vor. Die Hauptinformationsgrundlage ist in Thüringen die digitale bodengeologische Konzeptkarte (1 : 50.000). In Hessen sind es die Bodenflächendaten (BFD50, 1 : 50.000).

Es werden die im Untersuchungsgebiet vorkommenden Bodeneinheiten und Vorbelastungen der Böden erfasst und beschrieben. Als wesentliche Funktionen werden bei der Bestandserfassung das natürliche Ertragspotenzial und das Biotopentwicklungspotenzial sowie die Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen und als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte bewertet (Tabelle 1).

**Tabelle 1: Informationsgrundlagen und Parameter der Bestandserfassung**

Informationsgrundlagen	Erfassungsparameter
Bodengeologische Konzeptkarte für Thüringen (1: 50.000) Bodenschätzungsfolien für Thüringen  Bodenflächendaten (BFD50, 1 : 50.000) für Hessen Bodenviewer Hessen  Biotoptypenkartierung (WERKRAUM UMWELT, 2010) Altlastenkataster CD mit Lage der Musterstücke der Bodenschätzung (BMF, 2000) Luftbilder  Geologische Karten (1: 25 000) Topographische Karte (1: 25 000)	<b>Rechts- und Planungskategorie:</b> Ausweisung im Untersuchungsgebiet nicht vorhanden  <b>Sachkategorie:</b> Bodeneinheiten der bodengeologischen Konzeptkarte bzw. der Bodenflächendaten  <b>Bodenfunktionen:</b> Ertragspotenzial Biotopentwicklungspotenzial Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen Archiv der Natur- und Kulturgeschichte  <b>Vorbelastungen:</b> Altlasten und Altlastenverdachtsflächen Standorte mit anthropogener Bodenversalzung  <b>Dauerbeobachtungsflächen:</b> Bodendauerbeobachtungsflächen zum Monitoring Boden und Pflanzen der K+S Kali GmbH

### 2.1 Bodenverbreitung

Der Untersuchungsraum wird von den durch Ulster und Werra durchschnittenen Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins geprägt. In den Talauen sind Auenlehme über Sanden und Kiesen abgelagert worden. In Unterhanglage finden sich teils Löss und Lösslehm und auf alten Terrassen pleistozäne Schotter.

Die im Untersuchungsgebiet vorkommenden Bodenformen sind für Hessen in Tabelle 3 auf Grundlage der Bodenflächendaten und in Tabelle 2 auf Grundlage der bodengeologischen Konzeptkarte für Thüringen aufgeführt. In Tabelle 3 sind den in der hessischen Bodenkarte ausgewiesenen Bodeneinheiten die nach bodengeologischer Konzeptkarte vergleichbaren Bodeneinheiten zugewiesen worden.

Die Talauen und Unterhänge sind überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Der mittlere Buntsandstein ist westlich bis nördlich der Halde meist bewaldet. Auf thüringischer Seite und im äußersten Nordwesten des Untersuchungsgebiets ist auf Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins überwiegend Acker- und Grünland vorzufinden.

Im Gebiet des Mittleren Buntsandsteins sind Fließerden über Fließschutt des Mittleren Buntsandsteins bodenbildend. Das Bodenartenspektrum der oberen Bodenhorizonte reicht im Allgemeinen von lehmigem Sand bis zu sandigem Lehm. Diese sandigen Bodenschichten sind häufig von Tonen oder sandig-tonigen Lehmen unterlagert. Im Wald sind die Böden nährstoffarm und meist stark versauert. Aufgrund gehemmter Zersetzung und mangelnder Einmischung der organischen Substanz bilden sich mächtige Humusauflagen.

Weiterhin finden sich mehr oder weniger mächtige, schluffreiche Lössböden oder Mittellagen mit hohem Lösslehmanteil über dem Buntsandsteinmaterial. Im Untersuchungsgebiet ist Staunässe vorallem im südlichen und südwestlichen Teil mit den typischen Böden pseudovergleyte Braunerden, Pseudogley-Parabraunerden und Pseudogleye zu finden. Als Stauschicht wirken Tone des Buntsandsteins oder der Tonanreicherungshorizont (Bt-Horizont) im Lösslehm. Im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes sind die Staunässemerkmale nur selten. Dort haben sich im Buntsandstein meist Braunerden und podsolige Braunerden entwickelt.

In der Werra- und Ulsteraue sind die bei Überschwemmungen abgelagerten humushaltigen Auenlehme bodenbildend. In Abhängigkeit des Grundwasserstandes sind braune Auenböden (Vegen), Gleye oder Gley-Vegen ausgebildet.

**Tabelle 2: Bodenverbreitung im thüringischen Teil des Untersuchungsraums nach bodengeologischer Konzeptkarte.**

Sym- bol	Leitboden- form	Bodenform nach KA5	Boden- verbreitung	Nutzung
<b>Holozän (Auenlage)</b>				
h2l	Lehm-Vega (Auenlehm über Sand- Kies)	Vega aus Fluvi-Lehm und -Schluff (Auen- lehm) teils über Ton-, Schluff- und Kalkmudde, teils über tiefem Fluvi-Kies und -sand.	Ulster-Aue	Grünland
h3l	Lehm-Vega (Nebentäler)	Vega (Braunauenboden), Gley-Vega, teils Vega-Gley	Ulster-Aue	Grünland
<b>Pleistozän (Lössböden und ältere Terrassen)</b>				
l6s	Löss, sandig – Braunerde/- Parabrauner- de z.T. toniger Lehm	Braunerde und Parabraunerde aus Sand- löss und grusführendem (Kryo) Sandlöss, teils flachgründig über tiefem sandigem und tonig-sandigem Buntsandstein	Hänge am nord- östlichen Rand der Halde Hattorf	Acker, Grünland
ds2	Sandig- lehmiger Kies	Pararendzina, Regosol und Braunerde Regosol aus kiesführendem, häufig kies- reichem Fluvi-Sandlehm und Lehmsand, teils flach über Terrassenkies und -sand	Hänge am nord- östlichen Rand der Halde Hattorf im Gewann Köthenäcker	Acker, Grünland
<b>Mittlerer Buntsandstein</b>				
s1	Sandiger Lehm (Bunt- sandstein)	Braunerde und Podsol-Braunerde aus schuttarmem bis schuttführendem (Kryo-) Lehmsand und Sandlehm, teils flachgrün- dige Sandlössdecken	Hanglagen nörd- lich von Unter- breizbach	Acker, Grünland
s2	Lehmiger Sand (Bunt- sandstein)	Braunerde, Podsol-Braunerde und Podsol aus schuttarmem bis -führendem Verwit- terungssand und Lehmsand	Hanglagen nord- westlich von Un- terbreizbach	Wald

**Tabelle 3: Bodenverbreitung im hessischen Teil des Untersuchungsraums nach BFD50 mit Zuordnung vergleichbarer thüringischer Leitbodenformen nach bodengeologischer Konzeptkarte.**

Symbol der Boden- einheit	Leitboden- form	Bodenform nach KA5 (Hessen)	Boden- verbreitung	Haupt- nutzung	Symbol Leitbo- denform Thürin- gen
<b>Holozän (Auen oder Unterhanglagen)</b>					
244	Kolluvisol, Pseudogley- Kolluvisol	Kolluvisole mit Pseudogley- Kolluvisolen aus Kolluvialsand, -schluff oder -lehm über Fließerd- en und/oder Fließschutt (Basis- lage) mit siliziklastischem Sedi- mentgestein	In Unterhang- lagen und bei Taleinschnitten	Wald, Acker	nicht ausge- wiesen
38	Vega, Gley- Vega	Vega mit Gley-Vega aus Auen- schluff und/oder -ton über Auen- lehm oder -ton	Werraue	Grünland Acker	h3l, h2l

Symbol der Bodeneinheit	Leitbodenform	Bodenform nach KA5 (Hessen)	Bodenverbreitung	Hauptnutzung	Symbol Leitbodenform Thüringen
42	Auengley, Vega-Gley	Auengleye mit Gleyen aus Auen-schluff, -lehm und/oder -ton, örtl. Kolluvialschluff	Zellersbach	Grünland	nicht ausgewiesen
51	Gleye, Gley-Kolluvisol, Hanggleye	Gleye mit Gley-Kolluvisolen und Hanggleyen aus fluviatilen, kolluvialen und/oder solifluidalen Sedimenten mit Sand- bis Tonstein	südwestlicher Zipfel des Untersuchungsgebietes	Grünland	nicht ausgewiesen
<b>Pleistozän (Lössböden und ältere Terrassen)</b>					
140	Pseudogley-Parabraunerden	Pseudogley-Parabraunerden mit Parabraunerden aus Löss	nordöstlich Unterbreizbach, Wolfsgraben	Grünland	l6s
108	Braunerden	Braunerden aus Fließerde über Fliebschutt (Basislage) mit Terrassensediment (Pleistozän) oder Anstehendem	nordöstlich Unterbreizbach (Köthenacker, Wolfsgraben)	Acker	ds2
<b>Mittlerer Buntsandstein</b>					
Böden aus Buntsandstein ohne Mittellage mit geringem Lösslehmanteil					
224	Braunerden, podsolige Braunerden	Braunerden mit Podsol-Braunerden aus Fließerde (Hauptlage) über Fliebschutt (Basislage) mit Sand- bis Tonstein	nordwestlicher Teil des Untersuchungsgebiets	Wald	s2 teils auch s1
237	Pseudogleye mit Braunerde-Pseudogleyen	Pseudogleye mit Braunerde-Pseudogleyen aus Fließerde (Hauptlage) über Fliebschutt (Basislage) mit Ton- bis Sandstein	Hangrücken am Westrand der geplanten Haldenerweiterung, FFH-Gebiet Stöckig-Ruppershöhe		
238	Pseudogleye	Pseudogleye aus Fließerde (Hauptlage) über Fliebschutt (Basislage) mit Ton- bis Schluffstein	im Stöckig unterhalb des FFH-Gebiets Stöckig-Ruppershöhe		
242	Braunerde-Pseudogleye, Pseudogley-Braunerden	Braunerde-Hangpseudogleye mit Braunerde-Pseudogleyen und Pseudogley-Braunerden aus Fließerde (Hauptlage) über Fliebschutt (Basislage) mit Ton- bis Sandstein	im Südwesten des Stöckig	Wald	
Böden aus Buntsandstein mit Mittellage und höherem Lösslehmanteil					
232	Pseudogley-Parabraunerden	Pseudogley-Parabraunerden aus Fließerde (Hauptlage) über Fließerde (Mittellage) über Fliebschutt (Basislage) mit Sand- bis Tonstein	vorwiegend Unterhanglagen bei Röhrigshof, Glaam	Acker teils Wald	s1

Symbol der Bodeneinheit	Leitbodenform	Bodenform nach KA5 (Hessen)	Bodenverbreitung	Hauptnutzung	Symbol Leitbodenform Thüringen
240	Pseudogleye mit Parabraunerde Pseudogleyen	Pseudogleye mit Parabraunerde-Pseudogleyen aus Fließerde (Hauptlage) über Fließerde (Mittellage) über Fließschutt (Basislage) mit Ton- bis Sandstein	Osthänge des Stöckig	Wald	
448	Stagnogleye	Stagnogleye aus Fließerde (Hauptlage) über Fließerde (Mittellage) über Fließschutt mit Ton- bis Sandstein	FFH-Gebiet Stöckig-Ruppershöhe	Wald	

## 2.2 Vorbelastungen

In den behördlichen Altlastenkatastern FIS AG (Hessen) und THALIS (Thüringen) sind für das Untersuchungsgebiet acht bisher nicht bewertete Altflächen / Altlastenverdachtsflächen eingetragen (Tabelle 4, Stand 2013). Außerdem wird bei Röhrigshof in einem kunststoffverarbeitenden Betrieb ein Grundwasserschadensfall saniert bzw. gesichert.

**Tabelle 4: Im Untersuchungsgebiet liegende Altlastenverdachtsflächen.**

Nummer in Plan 1	Ortsteil	Arbeitsname	Status
1	Philippsthal	firmeneigene Deponie für Hausmüllähnlichen Gewerbemüll	Fläche nicht bewertet
2	Philippsthal	firmeneigene Deponie für Hausmüllähnlichen Gewerbemüll	Fläche nicht bewertet
3	Philippsthal	Altablagerung Der Paulrain	Fläche nicht bewertet
4	Philippsthal	Illegale Ablagerungsstelle, Philippsthal (Werra)	Fläche nicht bewertet
5	Philippsthal	Altablagerung Auf dem Karoth, Kaliwerk Hattorf, in Betrieb	Fläche nicht bewertet
6	Untereizbach	Altstandort Schindgraben / Spielplatz	Fläche mit Altlastenverdacht, Ersterfassung
7	Untereizbach	Altstandort Sommerliete	Fläche mit Altlastenverdacht, Ersterfassung
8	Philippsthal	Laugenannahmestelle, K+S Standort Hattorf	Fläche nicht bewertet

In der Umgebung der ESTA-Rückstandshalde Hattorf hat die K+S KALI GmbH 14 Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet. Auf diesen werden seit 2010 im 3-jährigen Turnus die Böden und jährlich die Vegetation untersucht (REGIOPLUS, 2014a). Es werden die Schadstoffgehalte (PAK; PCB, Schwermetalle und Arsen) und auf Beeinträchtigungen durch Salzein-

träge hinweisende Parameter (elektrische Leitfähigkeit, Chlorid, Sulfat im Eluat und Bodensättigungsextrakt sowie austauschbare Kationen) untersucht.

Nach den Ergebnissen dieser Untersuchungen liegen im Untersuchungsgebiet keine Schädlichen Bodenveränderungen vor. Die Gehalte der untersuchten Gruppen organischer und anorganischer Schadstoffe sind gering. Polychlorierte Biphenyle (PCB<sub>6</sub>) waren in keinem Fall nachzuweisen. Die Gehalte an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK<sub>16</sub>) liegen im Hintergrundbereich. Bei den PAK war nur der im Überschwemmungsbereich der Werraue gelegene Standort D2 auffällig. Dort waren die Oberbodengehalte im Jahr 2010 (0,93 - 1,3 mg/kg) noch gering, während in den Jahren 2012 und 2013 die Vorsorgewerte mit 3,56 - 5,1 mg/kg überschritten wurden. Die PAK sind hier wahrscheinlich mit Auensedimenten eingetragen worden. Außerdem liegen im Allgemeinen auch die Gesamtgehalte der Schwermetalle (Königswasserextrakt) in bzw. in Nähe des Hintergrundbereichs. Vorsorgewerte wurden lediglich an der außerhalb des Untersuchungsgebiets gelegenen Monitoringflächen D12 bei Kupfer bei der Beprobung des Jahres 2010 überschritten, ohne dass Zusammenhänge zu Halden- bzw. Betriebsstättennähe erkennbar sind. 2013 waren die Cu-Gehalte dort aber sehr gering. Wahrscheinlich waren punktuelle kleinräumige Belastungen für die im Jahr 2010 erhöhten Cu-Gehalte verantwortlich. Im Untersuchungsgebiet haben die Böden im Allgemeinen eine geringe elektrische Leitfähigkeit. Die Sulfat- und Chloridgehalte des Eluats sind gering. Die Na-Sättigung der Kationenaustauschkapazität liegt im normalen Bereich. Es erfolgt damit keine Bodenbelastung durch atmogene Salzeinträge.

Bei den Dauerbeobachtungsflächen wurden erhöhte Salzgehalte nur bei außerhalb des Untersuchungsgebietes gelegenen Dauerbeobachtungsflächen festgestellt. Betroffen ist der im unmittelbaren Ablaufbereich des Haldenwassers aus der alten Teufhalde Hera stark versalzter Boden der Fläche D1 sowie in der Werraue ein durch kapillaren Aufstieg von salzhaltigem Grundwasser beeinflusster Unterboden des Auengleys D7.

In Haldennähe ist der Schwebende Grundwasserleiter durch Haldensickerwasser beeinflusst (METZLAFF G. & O. JUNGSMANN, 2012). Nördlich von Unterbreizbach in Nähe der Dauerbeobachtungsfläche D10 (siehe Plan 1) speist dieser Grundwasserleiter mehrere, teils nur temporär schüttende Quellen. Die in diesem Bereich durchgeführten Untersuchungen von Böden und Vegetation sind Inhalt eines eigenen Untersuchungsberichts (REGIOPLUS, 2014b). Beeinträchtigungen des Grünlandaufwuchses waren im Bereich der Quellaustritte und zugehörigen Ablaufgräben, wo halophile Pflanzen verbreitet sind, kleinräumig offensichtlich, so dass hier eine schädliche Bodenveränderung vorliegt. Zudem liegt wahrscheinlich auch im Ablaufbereich einer nur sporadisch schüttenden Quelle mit mäßig bis stark salzhaltigen Böden mit hoher Natrium- und sehr hoher Magnesiumsättigung eine schädliche Bodenveränderung vor. Die Salzgehalte lassen nach ABROL ET. AL. (1988) Ertragseinbußen bei vielen Kulturpflanzen bzw. nur für salztolerante Pflanzen eine befriedigende Ertragssituation erwarten. Die Artenzusammensetzung der dortigen Feuchtwiese war zwar unauffällig. Auf den versalz-

ten Böden waren die Gräser aber in Folge der Salzbelastung dunkelgrün verfärbt, was auf vorliegende Wuchsdepressionen hinweist, auch wenn diese augenscheinlich nicht erkennbar waren. In Plan 1 sind daher sowohl die Quellaustritte als auch die durch einen Quellaustritt belasteten Hangrinnen- und Hangfußbereich als schädliche Bodenveränderung ausgewiesen worden.

Die Schadstoffgehalte (PAK<sub>16</sub>, PCB<sub>6</sub> und Schwermetalle) lagen in den salzbelasteten Böden im Hintergrundbereich.

### 3 BESTANDSBEWERTUNG

Bewertet wurden das natürliche Ertrags- und das Biotopentwicklungspotential, die Archivfunktion und die Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einträge. Die Böden der Siedlungsflächen wurden nicht bewertet. Die Vorbelastungen wurden bei der Bestandsbewertung nicht berücksichtigt, da im Untersuchungsgebiet nur Flächen mit Altlastenverdacht vorliegen und die Salzbelastungen nur kleinräumig sind.

**Tabelle 5: Kriterien und Datengrundlagen zur Bewertung der Bodenfunktionen.**

Bodenfunktion	Kriterien	Datengrundlagen
Natürliches Ertragspotenzial	nutzbare Feldkapazität, Grund- und Staunässestufe, Nutzung	BFD50 und bodengeologische Konzeptkarte Biotoptypenkartierung
Biotopentwicklungspotenzial	nutzbare Feldkapazität Grund- und Staunässestufe Nährstoffe (Basen- und Carbonatgehalt)	BFD50 und bodengeologische Konzeptkarte Bodenschätzungsfolie (nur für Thüringen)
Archivfunktion	Besonderheit hinsichtlich Informationswert, Eigenart, Art und Ausprägung von Archiven der Natur- und Kulturgeschichte (s. Tabelle 12, z.B. Paläoböden, Böden mit Merkmalen historischer Landnutzungsformen sowie Standorten von Bodenmessnetzen, Leitprofilen und des Langfristmonitorings)	BFD50 und bodengeologische Konzeptkarte Webbasierte Landesinformationssysteme (Geotope, Bodendauerbeobachtungsflächen) Musterstücke der Bodenschätzung (BMF, 2000)
Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen	Nitratrückhaltevermögen bestimmt aus Feldkapazität und Staunässestufe	BFD50 und bodengeologische Konzeptkarte



### 3.1 Natürliches Ertragspotenzial

#### Erläuterung zur Bestandsbewertung

Das natürliche Ertragspotenzial wurde entsprechend der in der BFD50 für Hessen ausgewiesenen Methode bewertet. Das wesentliche Bewertungskriterium ist die nutzbare Feldkapazität (Speichervermögen für das pflanzenverfügbare Wasser). Bei Grundwasser wird die Bewertung in Abhängigkeit von Bodennutzung und Grundnässestufe nach Tabelle 6 modifiziert. In Abweichung der hessischen Vorgehensweise wurden die sehr stark bis äußerst staunassen Stagnogleye entsprechend der Vorgehensweise für sehr stark bis äußerst grundnasse Böden bewertet.

Für den hessischen Teil des Untersuchungsgebietes konnten die Angaben aus den vorliegenden Bodenkarten übernommen werden. Im thüringischen Landesteil erfolgte die Bewertung durch Zuordnung der mit den Bodeneinheiten der BFD50 vergleichbaren Bodeneinheiten entsprechend Tabelle 6.

**Tabelle 6: Bewertungsmethodik 'natürliches Ertragspotenzial'.**

nutzbare Feldkapazität im Hauptwurzelraum	Nutzung	Ertragspotenzial in Abhängigkeit der potenziellen Grundnässe		
		ohne bis schwach grundnass	grundnass bis stark grundnass	sehr stark bis äußerst grundnass / staunass
sehr gering	Acker Grünland Wald	sehr gering sehr gering sehr gering	gering gering gering	sehr gering gering sehr gering
gering	Acker Grünland Wald	gering gering gering	gering mittel gering	sehr gering gering sehr gering
mittel	Acker Grünland Wald	mittel mittel mittel	mittel hoch mittel	gering gering gering
hoch	Acker Grünland Wald	hoch hoch hoch	hoch hoch hoch	gering mittel mittel
sehr hoch	Acker Grünland Wald	sehr hoch sehr hoch sehr hoch	sehr hoch sehr hoch sehr hoch	gering mittel mittel

#### Bodenbewertung

Im Untersuchungsraum dominiert geringes bis mittleres Ertragspotential bei Böden des Buntsandsteins. Die natürliche Ertragsfähigkeit steigt dabei mit den Lehm- und/oder Lösslehmbeimengungen, so dass im südwestlichen Teil des Stöckig im Allgemeinen höhere Wertigkeiten als im nördlichen Bereich vorliegen.

Ein hohes bis sehr hohes Ertragspotenzial findet sich verbreitet in der Werra- und Ulsteraue sowie bei sehr stark lössgeprägten Böden und Kolluvisolen.

**Tabelle 7: Bestandsbewertung des natürlichen Ertragspotenzials.**

Bewertung	Bodeneinheiten	Lage im Untersuchungsraum
sehr hoch	Vega und Kolluvisole und Lössböden Hessen: ABn (38), YKn (244), SS-LL (140) Thüringen: h3l, h2l, loe6s	Werra- und Ulsteraue, nordöstlich der Halde gelegene Lössböden
hoch	lehmige, stark lössgeprägte Böden des Buntsandsteins Hessen: SS-LL (232) Thüringen: -	Unterhanglagen und Taleinschnitte
mittel	lehmreiche Böden des Buntsandsteins und Böden auf älteren Terrassen Hessen: SSn (237), SSn (238), SSn (240), BBn (108) Thüringen: s1, ds2	südwestlicher Bereich des Untersuchungsgebiets, nördlich von Unterbreizbach gelegene Hänge, pleistozäne Terrassen der Ulster
gering	stark grundnasse Auengleye, lehmarme Böden des Buntsandsteins Hessen: BB-SSg (242), BBn (224), GGg (51), SGn (448) Thüringen: s2	im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes verbreitet auf Buntsandsteinhängen
sehr gering	im Untersuchungsgebiet nicht vorhanden	

### **3.2 Biotopentwicklungspotential**

#### **Erläuterung zur Bestandsbewertung**

Geschützte Biotope stellen entweder keine besonderen Ansprüche an die Standorteigenschaften von Böden (z.B. Feldgehölze, Streuwiesen) oder sind an extreme und damit meist seltene Standorteigenschaften gebunden. In besonderem Maße schützenswert sind Biotope, die an extreme und seltene Standorteigenschaften von Böden gebunden sind. Solche Biotope sind insbesondere auf trockenen bis sehr trockenen Standorten (z.B. Trockenrasen) und auf feuchten bis nassen Böden (z.B. Erlen(bruch)wälder, Feuchtwiesen, Seggen- und Röhrichte) sowie auf besonderen Substraten mit ungewöhnlichen Nährstoffverhältnissen anzutreffen.

Das Biotopentwicklungspotential kennzeichnet besondere Standorteigenschaften von Böden. Ob sich bei hohem Biotopentwicklungspotential schützenswerte, natürliche Vegetationsbestände ausbilden, hängt im Wesentlichen von der Bodennutzung ab. Das Biotopentwicklungspotential wird nach der in Hessen für die BFD50 angewandten Methodik zur Standorttypisierung für die Biotopentwicklung mittels der nutzbaren Feldkapazität (Speicherkapazität für pflanzenverfügbares Wasser), der Bodenvernässung (Grund- bzw. Staunässestufen) und dem Nährstoffhaushalt (Basen und Carbonatgehalt) ermittelt. Die Böden des thüringischen Teilgebiets werden dabei entsprechend den jeweils vergleichbaren Bodenformen der hessischen BFD50 bewertet. Beim Biotopentwicklungspotenzial werden nur besondere Eigenschaften und zwar ausschließlich hohe oder sehr hohe Wertigkeiten entsprechend ausgewiesen (Tabelle 8).

Die Bestandsbewertung erfolgt auf Grundlage der BFD50 in Hessen bzw. der bodengeologischen Konzeptkarte in Thüringen im Maßstab 1 : 50.000. Bei diesem Maßstab werden Bodengesellschaften ausgewiesen und es wird stark generalisiert. Die innerhalb der Bodengesellschaften vorliegenden Bodenformen haben zum Teil unterschiedliche Standorteigenschaften, sodass mit dieser Kartengrundlage nur Räume, die Böden besonderen Biotopentwicklungspotentials beinhalten, ausgewiesen werden können. Für die landwirtschaftlich genutzten Flächen des thüringischen Teils des Untersuchungsgebiets lagen georeferenzierte Folien zur Bodenschätzung vor. Diese wurden hinsichtlich der Bewertung für das Biotopentwicklungspotential ausgewertet, ohne dass Klassenzeichen, die auf ein hochwertiges Biotopentwicklungspotenzial schließen lassen, vorgefunden wurden.

**Tabelle 8: Standorttypen für die Biotopentwicklung mit hoher bis sehr hoher Wertigkeit.**

Bewertung	Standorttypisierung von Bodenformen
sehr hoch	Standorte mit extremen Nässeinfluss und Torfbildung Standorte mit potenzieller Auendynamik und oberflächennahem Grundwassereinfluss physiologisch extreme und sehr trockene Standorte
hoch	Standorte mit potenzieller Auendynamik und Grundwassereinfluss im Unterboden sonstige Standorte mit oberflächennahem Grundwassereinfluss Standorte mit potenziell sehr starkem Stauwassereinfluss physiologisch trockene Flugsand- und Terrassenstandorte

### Bestandsbewertung

Ein hohes bis sehr hohes Biotopentwicklungspotenzial ist vorwiegend auf Auenböden in der Werra- und Ulsteraue sowie den Auen von Zellersbach und Ausbach am Westrand des Untersuchungsgebiets beschränkt. Im Untersuchungsraum fehlen Böden mit trockenen (nFK < 60 mm) bzw. extrem trockenen (nFK < 30 mm) Standortseigenschaften.

Im Buntsandstein ist ein hohes Biotopentwicklungspotenzial nur östlich der Ruppershöhe im FFH Gebiet Stöckig-Ruppershöhe auf Stagnogleyen mit äußerst starkem Staunässeinfluß (Bodeneinheit SGn (448)) vorzufinden.

Wegen des geringen Nutzungsdruck sind bei den in der Regel ertragsschwachen, stark bis äußerst grund- bzw. staunassen Böden häufig auch schützenswerte Vegetationsbestände zu finden. In Plan 1 und Tabelle 9 sind die im Untersuchungsgebiet nach Biotoptypenkartierung (WERKRAUM UMWELT, 2010) auf hohe Bodenfeuchte bzw. Vernässung angewiesenen Nutzungstypen hoher Wertigkeit dargestellt. Im Bereich des im FFH-Gebiet Stöckig-Ruppershöhe gelegenen Stagnogleys sind großflächig Birkenbrüche als schützenswerte Biotope ausgeprägt. Dagegen sind in den Auen nur bei einem geringen Flächenanteil der Bodengesellschaften hochwertige Biotope vorzufinden. Dennoch liegt hier bei naturnaher Gewässerentwicklung und natürlicher Auendynamik ein hohes Potenzial für Biotopentwicklungsmaßnahmen vor.

**Tabelle 9: Bestandsbewertung des Biotopentwicklungspotenzials.**

Standorttypisierung für die Biotopentwicklung	Bodeneinheit	in den Bodenformen vorkommende Nutzungstypen	Lage im Untersuchungsraum
<b>Bodengesellschaften mit sehr hohem Biotopentwicklungspotenzial</b>			
Standorte mit extremen Nässeeinfluss und Torfbildung	-	-	nicht vorhanden
Standorte mit potenzieller Auendynamik und oberflächennahem Grundwassereinfluss	stark grundnasse Auengleye und Gleye Hessen: ABn (51), ABn (42)	Nasse, voll entwickelte Gebüsche, Hecken, Säume heimischer Arten (0,37 ha) extensiv genutzte Feuchtweide (0,15 ha)	Zellersbachaue
physiologisch extrem und sehr trockene Standorte	-	-	nicht vorhanden
<b>Bodengesellschaften mit hohem Biotopentwicklungspotenzial</b>			
Standorte mit potenzieller Auendynamik und Grundwassereinfluss im Unterboden	schwach grundnasse Vega mit Gley-Vega Hessen: ABn (38)	Schilfröhrichte (0,57 ha) Nasse, voll entwickelte Gebüsche, Hecken, Säume heimischer Arten (0,25 ha) Hartholzauwald (0,06 ha) Andere Röhrichte (Rohrkolben und Rohrglanzgras) (0,03 ha) Großseggenriede /-röhricht (0,62 ha) Salzwiesen (0,05 ha)	Werra- und Ulsteraue
	Lehm-Vega (Auelehm über Sand-Kies) Thüringen: h2l	Nasse, voll entwickelte Gebüsche, Hecken, Säume heimischer Arten (0,41 ha) Schilfröhrichte (0,09 ha) Nassstaudenfluren (0,21 ha)	Ulsteraue
	Lehm-Vega (Nebentäler) Thüringen: h3l	Schilfröhrichte (0,01 ha)	Ulsteraue
Standorte mit potenziell sehr starkem Stauwassereinfluss	Stagnogley aus Fließerde über Fließschutt Hessen: Sgn (448)	Birkenbrüche (4,52 ha)	FFH-Gebiet Stöckig-Ruppershöhe
sonstige Standorte mit oberflächennahem Grundwassereinfluss	-	-	nicht vorhanden
physiologisch trockene Flugsand- und Terrassenstandorte	-	-	nicht vorhanden

### 3.3 Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen

#### Erläuterung zur Bestandsbewertung

Als Maß für die Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium wird das Nitratrückhaltevermögen der Böden bewertet. Die Bewertung erfolgt auf Grundlage der Feldkapazität und des Staunäseeinflusses entsprechend Tabelle 10. In der Originalmethode wird zusätzlich die Neigung zur Trockenrissbildung berücksichtigt. Die Trockenrissbildung ist aber im Untersuchungsraum nicht relevant, da dort keine Böden mit Neigung zur Trockenrissbildung vorkommen.

Die Feldkapazität ist die Wassermenge, die ein Boden gegen die Schwerkraft zurückhalten kann. In dieser Wassermenge sind Nähr- und Schadstoffe gelöst. Mit steigender Feldkapazität und zunehmendem Staunäseeinfluss sinkt die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers, so dass die beiden Kriterien als ein Maß für die Rückhaltefähigkeit von Schad- und Nährstoffen im Wurzelraum angesehen werden können.

**Tabelle 10: Bewertungsmethodik 'Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen'.**

	<b>Nitratrückhaltevermögen in Abhängigkeit des potenziellen Staunäseeinflusses</b>	
<b>Feldkapazität im Hauptwurzelraum</b>	<b>ohne bis mittel</b>	<b>stark bis äußerst stark</b>
sehr gering	sehr gering	gering
gering	gering	mittel
mittel	mittel	hoch
hoch	hoch	sehr hoch
sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch

#### Bestandsbewertung

Die Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen ist bei Böden auf Buntsandstein im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets gering und bei den lössreicheren Böden im Südwesten mittel. In den Taleinschnitten und bei Auenböden mit zumeist schluffig lehmigen Böden sind hohe Funktionsbewertungen vorzufinden.

**Tabelle 11: Bewertung der Funktion als Abbau-, Ausgleichs und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen.**

Bewertung	Bodenformen	Lage im Untersuchungsraum
sehr hoch	Vega und Lössböden Hessen: ABn (38) Thüringen: loe6s, h3l, h2l)	Werra- und Ulsteraue
hoch	Kolluvisole, Auenböden Thüringen: -	Unterhanglagen und Taleinschnitte, Aue des Zellersbach
mittel	lehmreiche, oft pseudovergleyte Böden des Buntsandsteins Thüringen: s1, ds2	südwestlicher Bereich und Osthänge des Stöckig, pleistozäne Terrassen der Ulster
gering	lehmarne Böden des Buntsandsteins Thüringen: s2	nördlicher Bereich des Stöckig

### 3.4 Archivfunktion

#### Erläuterung zur Bestandsbewertung

Böden konservieren Spuren der Naturgeschichte sowie der historischen anthropogenen Einwirkungen auf Böden und Landschaften.

Böden mit besonderer Bedeutung als Archiv der Naturgeschichte sind Böden, welche besondere Einblicke in die Boden- und/oder Landschaftsentwicklung liefern und zum besseren Verständnis der Natur- und Landschaftsgeschichte und der aktuellen Prozesse in Landschaften beitragen. Zu den naturgeschichtlich bedeutsamen Böden zählen auch Böden, die als typische Leitprofile repräsentativ für eine Landschaft sind und dem Vergleich von Böden und Bodeneigenschaften dienen (Referenzböden). Hierzu zählen z.B. die Musterstücke der Bodenschätzung und Bodendauerbeobachtungsflächen. Bodendauerbeobachtungsflächen sind außerdem als Archivböden bedeutsam, da sie durch Dokumentation langjähriger Untersuchungsergebnisse zum wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn beitragen.

Archive der Kulturgeschichte sind durch historische land- und forstwirtschaftliche Arbeits- und Produktionsverfahren und deren ökologische Wirkungen geprägt.

In Tabelle 12 sind wertgebende Eigenschaften von Archivböden dargestellt. Im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung wird die Besonderheit der wertgebenden Eigenschaften hinsichtlich des Informationswertes, der Eigenart, der Art bzw. Ausprägung bewertet, wobei ausschließlich hohe oder sehr hohe Wertigkeiten betrachtet werden.

**Tabelle 12: Wertgebende Eigenschaften von Archiven der Natur- und Kulturgeschichte (LABO, 2011).**

<b>Archive der Naturgeschichte</b> Besonderheit hinsichtlich Informationswert, Eigenart, Art und Ausprägung von	<b>Archive der Kulturgeschichte</b> Besonderheit hinsichtlich Informationswert, Eigenart, Art und Ausprägung von
rezenten Bodenbildungsprozessen	pedogenen Archiven der Siedlungs- und Landnutzungsgeschichte (Kultosole) und historische Landnutzungsformen
pedogenen Prozessen aus vergangenen geologischen und klimatischen Zeitabschnitten (Paläoböden)	Relikten der Siedlungs- und Landnutzungsgeschichte (Bodendenkmäler, Archäologische Fundstellen)
Prozessen in Mooren zu historischen Klima- und Vegetationsverhältnissen	
(Peri-)glazialprozessen in Böden und morphologischen Elementen bzw. Landschaftsformen	
Ausgangsmaterialien der Bodenbildung	
erdgeschichtlichen Bildungen und Strukturen (Geotope)	
Standorten von Bodenmessnetzen, Leitprofilen und Langfristmonitorings	Standorten von Bodenmessnetzen, Leitprofilen und Langfristmonitorings

### **Bestandsbewertung**

Im Untersuchungsgebiet sind keine Bodeneinheiten vorhanden, die besondere Bedeutung hinsichtlich der in Tabelle 12 genannten Kriterien als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte erwarten lassen.

Es existieren keine ausgewiesenen Geotope, Musterstücke der Bodenschätzung und Bodendauerbeobachtungsflächen. Hinsichtlich des Langfristmonitorings sind die Dauerbeobachtungsflächen der K+S KALI GmbH von hoher Bedeutung als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte. Wegen der geringen Flächengröße sind die Standorte mit besonderer Archivfunktion in den beiliegenden Plänen punktförmig dargestellt worden.



### **3.5 Zusammenfassende Bewertung der Bodenfunktionen**

#### **Erläuterung zur Bestandsbewertung**

Die in Plan 2 dargestellte zusammenfassende Bewertung der Bodenfunktionen erfolgt, indem der Mittelwert zwischen der Bewertung als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen und der Bodenfunktion für das natürliche Ertragspotenzial gebildet wird (sehr gering = 1, gering = 2, mittel = 3, hoch = 4, sehr hoch = 5). Bei Böden mit hohem natürlichem Ertragspotenzial ist wegen der dort oft vorhandenen intensiven Nutzung die Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen besonders bedeutsam. Durch aggregierende Betrachtung der beiden Bodenfunktionen wird diesem Sachverhalt Rechnung getragen.

Böden mit hohem bzw. sehr hohem Biotopentwicklungspotenzial bzw. besonderer Archivfunktion sind unabhängig von der Bewertung der anderen Teilfunktionen besonders schutzwürdig. Bei der Gesamtbewertung wird daher die höchste vorliegende Bewertungsstufe aus Biotopentwicklungspotenzial oder dem Mittelwert zwischen dem natürlichen Ertragspotenzial und der Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium berücksichtigt.

#### **Bestandsbewertung**

Die zusammenfassende Bewertung der Bodenfunktionen zeigt sehr hohe Wertigkeiten bei den Auen- und Lössböden. In den Auenböden sind Biotopentwicklungspotenzial und Ertragspotenzial / Funktion als Abbau-, Ausgleichs und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen von besonderer Bedeutung. Bei den Lössböden ist nur das Ertragspotenzial und die Funktion als Abbau-, Ausgleichs und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen hochwertig.

Im Buntsandstein zeigt die zusammenfassende Bewertung der Bodenfunktionen geringe bis mittlere Wertigkeit. Dabei sind im südwestlichen und östlichen Teil des Untersuchungsgebietes mittlere Funktionsbewertungen vorherrschend, während im Nordwesten geringe Wertigkeiten dominieren.

## **4 LITERATUR**

ABROL I.P., YADAV J.S.P. & F.I. MASSOUD (1988): Salt-Affected Soils and their Management. FAO Soils Bulletin 39, Hrsg.: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. verbesserte und erweiterte Auflage (KA5), 438 S., Hannover.

BARNASCH J., 2010: Auswertung der Hubschrauberelektromagnetik (HEM) 2008 im Bereich der Halde Hattorf, K+S KALI GmbH.

FAO - Food and Agricultural Organization of the United Nations (2006): Guidelines for Soil Description, Fourth Edition.

HMUELV - Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2011: Bodenschutz in der Bauleitplanung - Arbeitshilfe zur Berücksichtigung von Bodenschutzbelangen in der Abwägung und der Umweltprüfung nach BauGB in Hessen.

LABO – Länderarbeitsgemeinschaft Boden (2003): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe im Boden. In: Bodenschutz ergänzbares Handbuch, Beitrag 9006, Hrsg.: Rosenkranz, Einsele, Harreß.

LABO - Länderarbeitsgemeinschaft Boden (2011): Archivböden - Empfehlungen zur Bewertung und zum Schutz von Böden mit besonderer Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte, 160 S.

METZLAFF G. & O. JUNGSMANN (2012): Eigenbericht 2011 zur Grundwasserbeobachtung im Umfeld der ESTA-Rückstandshalde Hattorf, K+S KALI GmbH.

REGIOPLUS INGENIEURGESELLSCHAFT (2014a): Monitoring der Schutzgüter Boden und Pflanzen auf Dauerbeobachtungsflächen im Umfeld der Standorte Hattorf und Unterbreizbach, im Auftrag der K + S KALI GmbH.

REGIOPLUS INGENIEURGESELLSCHAFT (2014b): Boden- und Vegetationsuntersuchungen auf Weiden der Flur Kammerfeld in Umgebung der salzhaltigen Quellen 1 und 6 nördlich von Unterbreizbach, im Auftrag der K+S KALI GMBH.

WERKRAUM UMWELT (2010): Biotoptypenkartierung in Umgebung der Halde Hattorf, im Auftrag der K+S KALI GmbH.