

## Antrag auf Planfeststellung

# Hartsalzwerk Siegfried-Giesen

## Planfeststellungsunterlage zum Rahmenbetriebsplan

### Unterlage I – Bearbeitungsgrundlagen

#### I-24 Geotechnisches Fazit Werksstandort und Brückenbauwerke Grubenanschlussbahn

Erstellung der Unterlage:



(Dipl.-Geol. H.-J. Diesing)  
(Dipl.-Geol. T. Löffler)



Dr. Pelzer und Partner  
Partnerschaft Diesing, Kumm,  
Dr. Pelzer, Dr. Türk  
Lilly-Reich-Str. 5  
31137 Hildesheim



(Dipl. Ing. Ingo Jörren)  
Leiter Baubetriebe

K+S KALI GmbH  
Projektgruppe Siegfried-Giesen  
Kardinal-Bertram-Straße 1  
31134 Hildesheim

Aufgestellt:  
Hildesheim, den 17.12.2014

Antragsteller / Vorhabensträger

**K+S Aktiengesellschaft**  
Bertha-von-Suttner-Straße 7  
34131 Kassel/Deutschland



vertreten durch:

**K+S KALI GmbH**  
**Projektgruppe Siegfried-Giesen**  
Kardinal-Bertram-Straße 1  
31134 Hildesheim

# Hartsalzwerk Siegfried-Giesen

## Planfeststellungsunterlage zum Rahmenbetriebsplan



### Unterlage I – Bearbeitungsgrundlagen

#### I-24 Geotechnisches Fazit Werksstandort und Brückenbauwerke Grubenanschlussbahn

Antragsteller/  
Vorhabensträger:

**K+S Aktiengesellschaft**  
Bertha-von-Suttner-Straße 7  
34131 Kassel/Deutschland



vertreten durch:

**K+S KALI GmbH**  
**Projektgruppe Siegfried-Giesen**  
Kardinal-Bertram-Straße 1  
31134 Hildesheim

Erstellung der Unterlage:

Dr. Pelzer und Partner  
Partnerschaft Diesing,  
Kumm, Dr. Pelzer, Dr. Türk  
Lilly-Reich-Str. 5  
31137 Hildesheim

Datum:

Hildesheim, im Mai 2014



---

# **Vertiefende Baugrunduntersuchungen und orientierende Umweltuntersuchungen für das Hartsalzwerk Siegfried-Giesen (Bestell-Nr. K+S: 6700535934/0001/62M), geotechnisches Fazit Werksstandort und Brückenbauwerke Grubenanschlussbahn**

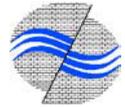
**Proj.-Nr.: 23048/23272**

Auftraggeber: K+S KALI GmbH  
Glückauf Straße 50  
31319 Sehnde

Auftragnehmer: Dr. Pelzer und Partner  
Partnerschaft Diesing, Kumm, Dr. Pelzer, Dr. Türk  
Lilly-Reich-Str. 5  
31137 Hildesheim  
Tel.: 05121/28293-30, Fax: 05121/28293-40

Bearbeiter: Dipl.-Geol. H.-J. Diesing  
Dipl.-Geol. T. Löffler

Hildesheim, den 29.05.2014



## Inhalt

1	Vorgang und Bezug auf weitere Daten- Zusammenstellungen .....	2
2	Fazit Geotechnik der Module am geplanten Werksstandort Siegfried-Giesen .....	3
2.1	Modul E1, T3 (Umspannwerk, Carport Lok, LKW-Zufahrt).....	3
2.2	Modul A1-2 (Büro/Verwaltung) .....	3
2.3	Modul A4 (Sozialgebäude) und Modul L2, T1 (Werkstatt, Magazin).....	4
2.4	Modul T2 (Lockschuppen) .....	4
2.5	Modul E2 (Heizhaus), E3 (20kV-Station), G1 (Schachthalle), G2 (Maschinenhaus) .....	5
2.6	Modul „Brücke“.....	6
2.7	Modul „Becken“ (Regenrückhaltebecken, Stapelbecken Haldenwasser); Verwertung alter RC-Böden im Baufeld Siegfried-Giesen .....	7
2.8	Modul P1 (Aufbereitung), P2 (Kompaktierung), P3 (Granulierung), S1/S2+PS1 (Silos).....	8
2.9	Modul L1 (Verladung) .....	9
2.10	Modul PS2 (Kieserit-Granulat-Schuppen) .....	10
2.11	Modul PS3 (Kornkalischuppen) .....	11
3	Gesamtbewertung des Baugrundes am Werksstandort Siegfried-Giesen .....	13
4	Geotechnisches Fazit Brückenbauwerke Grubenanschlussbahn .....	14

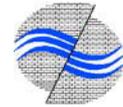


## 1 Vorgang und Bezug auf weitere Daten-Zusammenstellungen

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für die Wiedereröffnung des Hartsalzwerkes Siegfried-Giesen hat das Büro Dr. Pelzer und Partner zuletzt in 2013 weitere vertiefende Baugrunduntersuchungen und orientierend umweltgeologische Untersuchungen für die einzelnen betrieblichen Bauwerksteile bzw. Bauwerksgruppen durchgeführt. Mit Ausnahme der geplanten „Becken“ (RRB, Stapelbecken) wurden für jedes dieser teilweise ingenieurgeologisch zusammengefassten Baugrundabschnitte bzw. Module die standortspezifischen geo- und gründungstechnischen Bedingungen bereits tabellarisch klassifiziert und aufgeschlüsselt. Diese Datenblätter sind jeweils als Anlage 4 bzw. im Einzelfall auch als Anlage 3 den entsprechenden Spezialgutachten beigelegt. Desweiteren werden die bislang gewonnenen Baugrund-Ergebnisse mit Abstimmungs- und Planungsstand Nov. 2013 bereits in einem Übersichtsplan als „geotechnisches Fazit“ visualisiert [Anlage 0]. Im vorliegenden Zusatzbericht schließlich sollen die genannten gutachterlichen Ergebnisse noch einmal schlaglichtartig für das jeweilige Modul oder für mehrere hinsichtlich Baugrundtypus und Gründung ähnliche Module zusammenfassend charakterisiert werden. Kapitel 3 liefert ein Fazit für den Werksstandort. Hinsichtlich Methodik und Nomenklatur wird auf die ausführlichen Darstellungen in den Einzelgutachten verwiesen. Für die geplanten übertägigen Bauwerke des neu zu errichtenden Hartsalzwerkes kommen im gesamten Baufeld nach den orientierenden und vertiefenden Baugrunduntersuchungen 2011 bzw. 2013 grundsätzlich drei natürliche Lastboden-Typen bzw. geologische Gründungsniveaus in Frage. Standortbedingt über dem komplexen Salzstock-Deckgebirge sind diese allerdings mit lateral deutlich schwankenden Flurabständen und bodenmechanischer Ausbildung sehr unterschiedlich bzw. bedingt tragfähig für die Gründung verschiedener Bauwerkskategorien. Die ermittelten geotechnischen Einheiten F, E und P am engeren Werksstandort werden noch einmal kurz charakterisiert (vgl. Datenblätter und Übersicht Anl. 0):

- F:** Flachgründungen auf Lößlehm mittels Streifen-/Einzelfundamenten oder Platten-/Polsterverbund für geringere Bauwerkslasten
- E:** Gründungen auf Geschiebelehm-Komplex, vornehmlich mittels Einzelfundamenten für mittlere Bauwerkslasten [zumeist Fehltiefenausgleiche bis in bodenmechanisch geeigneten sandigen Bereiche notwendig].
- P:** Pfahl- bzw. Spezialtiefründungsverfahren bis auf bzw. in ausreichend mächtigen und dichten, quartären Sand/Kies-Horizonten oder stark veränderlich festem „Felsuntergrund“ des Residualgebirges für hohe Bauwerkslasten bzw. bei nicht ausreichender Tragfähigkeit im oberen Baugrund [komplexe salinar-/quartärgeologische Bedingungen erzeugen erhebliche Tragfähigkeitsunterschiede und zusätzlichen Erkundungsbedarf].

Darüber hinaus liefert Kapitel 4 ein geotechnisches Fazit für die 6 erneuerungsbedürftigen Brückenbauwerke entlang der Trasse der Grubenanschlussbahn nach Harsum, die 2013/2014 untersucht worden sind (Proj.-Nr. 23272, Dr. Pelzer u. Partner). Auch hier kann für die Einzelergebnisse jeweils auf die tabellarischen Datenblätter verwiesen werden.



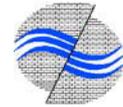
## 2 Fazit Geotechnik der Module am geplanten Werksstandort Siegfried-Giesen

### 2.1 Modul E1, T3 (Umspannwerk, Carport Lok, LKW-Zufahrt)

Für die Hochbauten von voraussichtlich geringerer Kategorie sind begrenzte aber ausreichende Tragfähigkeiten bereits in den oberen bindig-steifen Baugrundeinheiten F+E zu erwarten [ $\sigma_{zul} = 160-220 \text{ kN/m}^2$  bzw. kPa]. Dicht gelagerte Kiessand-Horizonte stehen im mittleren Baugrundtiefen ab rd. 5 m u GOK für eventuell notwendige anspruchsvollere Spezialtiefundungsverfahren mit großer Wahrscheinlichkeit ausreichend verbreitet zur Verfügung [ $\sigma_{zul} = 230 \text{ kN/m}^2$ ]. Auch in Verbindung mit der anspruchsvollen dauerhaft druckwasserhaltenden Böschungssicherung (Verbau) des erheblichen, zwischenzeitlich 7,5 m Höhe erreichenden Geländeversprunges an der Bahntrasse mit verstärkter Grundwassereinwirkung sind weitere geotechnische und geohydraulische Untersuchungen unerlässlich [geschlossene Wasserhaltung, Förderraten bis  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  denkbar]. Der Verkehrsflächen-Oberbau der LKW-Trasse, ist exklusive ggf. nötiger Untergrundverbesserung, voraussichtlich mit mind. 70 cm zu bemessen, aufgrund des anspruchsvollen industriellen Schwerlastverkehrs auf frostempfindlichem Untergrund. Im näheren Umfeld der alten Rückstandshalde ergeben sich naturgemäß in den Auffüllungs-/RC-Böden bis in die oberen natürlichen Böden hinein Chlorid- und Sulfat-Belastungen, die nach weiterer differenzierter Mischprobenanalytik [Schürfe] bei ggf. anlaufenden Erdarbeiten baustellenintern einem Bodenmanagement unterzogen werden sollten.

### 2.2 Modul A1-2 (Büro/Verwaltung)

Trotz voraussichtlich nur überwiegend niedriger bis mittlerer Bauwerkskategorie sind ggf. ungenügende Tragfähigkeiten in der oberen bindig-steifen Baugrundeinheit Lößlehm F zu erwarten [ $\sigma_{zul} \leq 150 \text{ kN/m}^2$ ]. Die Tragfähigkeiten können hier ggf. auf  $\sigma_{zul} = 180 \text{ kN/m}^2$  verbessert werden durch einen Bodenaustausch für Platten/Polster-Flachgründungskonzepte von etwa 0,7 m Einbaumächtigkeit unter Lastschwerpunkten, die z.T. bereits im Zuge des Fehltiefenausgleiches durch die leichte Hanglage des Bauwerks unter der Sohlplatte sowieso notwendig werden [ $\geq 0,5 \text{ m}$  hochwertige Brechkornmische als durchgehende Mindestbettung unter Bodenplatte obligatorisch]. Ein für vorliegende Kategorie erfahrungsgemäß ausreichend bodenmechanisch ausgebildeter Absatzhorizont E steht in gerade noch konventionell erdbautechnisch erreichbaren Baugrundtiefen von rd. 4-4,5 m unter möglichem Baunull bzw. bei 67 m ü. NN zur Verfügung [ $\sigma_{zul} = 220 \text{ kN/m}^2$ ; Einzelfundamente über unbewehrtem Unterbeton; sog. „Baggerpfähle“]. Spezialtiefundungen hinab bis auf 62-63 m ü. NN bzw. etwa 7 m unter Flur, z.B. über RSV/ROB-Methoden, bleiben nur optional und wären hier u.E. noch unwirtschaftlich und wären hier u.E. noch unwirtschaftlich und weiter im Detail hinsichtlich Einheitlichkeit zu erkunden. Die ab bereits 1,5-2 m unter Flur einsetzende Staunässe bzw. lokales Grundwasser sorgt ggf. saisonal ab diesen Tiefen für geotechnisch erschwerte Bedingungen [Angriffsgrad für Beton XA1]. Die weitgehend „natürlich gewachsenen“ potentiellen Aushubböden im westlich der Schachtstraße gelegenen Baugrundsegment weisen mit Ausnahme der LAGA-relevanten aber bodenspezifi-



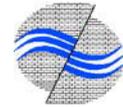
schen TOC-Gehalte in den humosen Ober- und Mutterböden [LAGA Z1.1] keine relevanten Belastungen auf [sonst LAGA Z0]. Sie sind in Abhängigkeit von ihren geotechnischen Eigenschaften demnach frei verwertbar bzw. wiedereinbaufähig.

### 2.3 Modul A4 (Sozialgebäude) und Modul L2, T1 (Werkstatt, Magazin)

Für die Gebäude im nordwestlichen Abschnitt des Betriebsgeländes und bei ihren sich abzeichnenden mittleren Bauwerklasten sind eher ungenügende Tragfähigkeiten in der oberen bindig-steifen Baugrundeinheit Lößlehm F entwickelt [ $\sigma_{zul} \leq 150 \text{ kN/m}^2$ ]. Die Tragfähigkeiten können ggf. auf  $\sigma_{zul} = 180 \text{ kN/m}^2$  einheitlich verbessert werden durch einen frostsicheren Bodenaustausch im Zuge von Platten/Polster-Flachgründungskonzepten mit 0,7-1 m Einbaumächtigkeit [ $\geq 0,5 \text{ m}$  bzw. im Nordabschnitt  $\geq 0,7 \text{ m}$  hochwertige Brechkorngemische als durchgehende Mindestbettung unter Bodenplatte obligatorisch]. Ein für vorliegende Kategorie erfahrungsgemäß ausreichend tragfähiger Absetzhorizont E steht in konventionell gut erdbautechnisch erreichbaren Baugrundtiefen von rd. 2,5-3,5 m unter möglichem Baunull bzw. bei 66-67 m ü. NN zur Verfügung [ $\sigma_{zul} = 220 \text{ kN/m}^2$ ; Einzelfundamente über unbewehrtem Unterbeton bis in Lastböden; sog. „Baggerpfähle“]. Spezialtieferündungen ab 60-62 m ü. NN bzw. etwa 7-10 m unter Flur, z.B. mittels ROB-Verfahren oder Pfähle, bleiben jedoch nur optional für besondere Lastschwerpunkte und wären u.E. insgesamt noch unwirtschaftlich und wären weiter im Detail hinsichtlich lateraler Einheitlichkeit des Absetzhorizontes zu erkunden. Die bei 2-4 m unter Flur unregelmäßig einsetzende Staunässe bzw. ein nur wenig unergiebiges schichtgebundenes Grundwasser sorgt ggf. saisonal für geotechnisch erschwerte Bedingungen in Baugruben entsprechender Tiefen [nicht Beton abgreifend]. Die weitgehend „natürlich gewachsenen“ potentiellen Aushubböden im westlich der Schachtstraße gelegenen bislang weitgehend unbebauten Baugrundsegment weisen einheitlich und mit Ausnahme der LAGA-relevanten aber bodenspezifischen TOC-Gehalte in den humosen Ober- und Mutterböden [LAGA Z1.1] keine relevanten Belastungen auf [sonst LAGA Z0]. Sie sind in Abhängigkeit von ihren geotechnischen Eigenschaften demnach frei verwertbar bzw. wiedereinbaufähig.

### 2.4 Modul T2 (Lockschuppen)

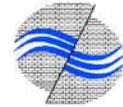
Die hier bis rd. 1,8 m u. GOK (= 67,0 m ü. NN) anstehenden Löß-Lastböden F sind bei einer generell zulässigen Sohlpressung von  $\sigma_{zul} \leq 150 \text{ kN/m}^2$  zwar noch als gering tragfähig einzustufen. Sie kommen aber für eine voraussichtlich baustatisch „einfache“ Lockschuppenkonstruktion und nach ohnehin frostsicherer Ausräumung oberster Auffüllungsböden (0,9 m) in Frage für Streifenfundamente und für die Bodenplatte auf einem bewehrten Brechkorn-Mindestbettungspolster von 0,7 m [ $\sigma_{zul} = 180 \text{ kN/m}^2$ ]. Im Liegenden bis gegen 3,7 m bzw. 5 m u. aktueller GOK [rd. 65,1 m ü. NN] ist die Einheit E auch an Lastschwerpunkten bzw. für Einzelfundamente tragfähig. Dieser Horizont bietet Tragfähigkeitsreserven, die die unmittelbar darunter verstärkt folgenden sehr setzungsproblematischen Weichschichten bis zu einem gewissen Grad abpuffern können [ $\sigma_{zul} = 200 \text{ kN/m}^2$ ]. Im Baugrund-Modul T2 ist in Flur-



abständen ab etwa 8-10 m u. GOK, d.h. im Teufenbereich von rd. 58,5-61,5 m ü. NN, ein optionaler Tiefgründungshorizont „P“ aus hochkonsolidierten Sanden in ausreichender Mächtigkeit erkennbar, dessen laterale geologische Einheitlichkeit bei eventueller Pfahlgründung jedoch aufgrund der geringen Aufschlussdichte lateral schwer prognostizierbar bleibt [ggf. weitere Erkundung]. Die o.g. Lößböden sind am unteren Hangfuß und nahe am Entwässerungsgraben vermutlich dauerhaft bzw. saisonal unterschiedlich stark stauvernässt und daher erfahrungsgemäß erdbautechnisch bei Gründungsarbeiten sehr empfindlich. Das über offene Pumpensümpfe noch beherrschbare Grundwasser, ab etwa 3 m u. GOK bzw. bei 65,5 m ü. NN frei gelotet, ist mäßig betonangreifend [XA2]. Die bei den geplanten Erdarbeiten anfallenden, in einem nicht unerheblichen Umfang aus dem Rückbau der „alten Kalifabrik“ stammenden, Auffüllungsböden [RC-Komponenten] sind als LAGA Z2-Material zu behandeln. Die darunter folgenden, „natürlich gewachsenen“ Aushubmassen gelten durch die technologische oder geogene Sulfat/Chlorid-Einwirkung formal als belastet [Z1.2-Material]. Sie wären entweder nur in hydrogeologisch günstigen Gebieten bzw. in abgedeckten technischen Bauwerken und in Abhängigkeit von ihren geotechnischen Eigenschaften vor Ort wiedereinbaufähig.

## 2.5 Modul E2 (Heizhaus), E3 (20kV-Station), G1 (Schachthalle), G2 (Maschinenhaus)

Bei diesen 4 zentralen Betriebsgebäude am Schacht, mit einem zwangsläufig darauf bezogenen Baunull bei 71,0 m ü. NN, sind bei den angezeigten höheren Bauwerkslasten die ungenügende Tragfähigkeiten im oberen bindig-steifen Baugrundeinheit Lößlehm F geotechnisch problematisch [ $\sigma_{zul} = 120-150 \text{ kN/m}^2$ ]. Zudem sind uneinheitlich künstliche, nicht gründungsfähige Auffüllungs- und RC-Böden, humose Oberböden bzw. alte Baureste im derzeit nicht genau bekannten Ausmaß im jeweiligen Baufenster auszuräumen, abgesehen von dem ausstehenden Rückbau des historischen Bestandes und der Verkehrsflächen [Auffüllungen ca. 0,5-1,5 m; lokal bis 3 m?, daher stark uneinheitlich bzgl. Erdplanum und Fehltiefenausgleiche]. Die Tragfähigkeiten können zum einen auf  $\sigma_{zul} = 150-180 \text{ kN/m}^2$  verbessert werden durch einen frostsicheren Bodenaustausch im Zuge von Platten/Polster-Flachgründungskonzepten mit 0,5-1 m Einbaumächtigkeit [ $\geq 0,5 \text{ m}$  hochwertige Brechkorngemische als durchgehende Mindestbettung unter Bodenplatte obligatorisch]. Der mögliche Absetzhorizont E ist nicht in allen anspruchsvolleren Lastpositionen ausreichend tragfähig bzw. setzungsarm (z.B. Heizhaus), d.h. seine sandigen Einschaltungen oder konsolidierte Geschiebemergel sind nicht einheitlich mit ausreichender Mächtigkeit/Lagerungsdichte entwickelt [daher Schwankungsbreite  $\sigma_{zul} = 180-250 \text{ kN/m}^2$ ]. Sie stehen in erdbautechnisch noch erreichbaren, aber sehr unterschiedlichen und daher bei Ausführung überwachungsbedürftigen Baugruntiefen von rd. 2,5-4,5 m unter Baunull bzw. bei 66,5-69 m ü. NN zur Verfügung [Gründung über Unterbeton bis Lastböden; sog. Baggerpfähle“]. Zur Setzungskompensation von Lastschwerpunkten kann ggf. ein lokales Spezialgründungspolster von bis zu 3,5 m Mächtigkeit bis auf E-Lastböden zielführend sein. Alternativ können Spezialtiefbauverfahren RSV/ROB mit Stopflängen/Absetztiefen von 5 m u. Baunull flächenhaft oder begrenzt auf besondere Lastzonen zur deutlichen Vereinheitlichung/Erhöhung der Tragfähigkeiten im Baugrund eingesetzt werden [max.  $\sigma_{zul} \sim 300 \text{ kN/m}^2$ ]. Spezialtiefgründungen, voraussichtlich ab 61-65 m ü. NN, z.B. mittels



Bohrpfähle oder ROB, können optional für besondere Lastschwerpunkte, z.B. für das anspruchsvolle Schachtgerüst, in Betracht gezogen werden. Sie wären aber in diesem speziellen Baugrundabschnitt, mit komplexer geologischer Verteilung und Ausbildung der quartären Grobhorizonte und des teilweise flurnah aufragenden Residualgebirges, noch weiter im Detail zu erkunden. Die bei 2-3 m unter Flur sehr unregelmäßig einsetzende Staunässe und ein zumeist nur wenig unergiebiges, lokal schichtgebundenes und gespanntes Grundwasser mit sehr unterschiedlichen Zuflusszonen und Pegelständen von 68-71 m ü. NN sorgt ggf. saisonal für geotechnisch erschwerte Bedingungen in Baugruben entsprechender Tiefen [schwach Beton abgreifend, XA1; offene Wasserhaltungen über Pumpensümpfe]. Die auszubauenden, in einem nicht unerheblichen Umfang aus dem Rückbau der „alten Kalifabrik“ Siegfried-Giesen stammenden künstlichen Z2-Auffüllungs- und RC-Böden müssen trotz moderater LAGA Z2-Deklaration der untersuchten Mischprobe bei laufenden Erdarbeiten einer weiteren gutachterlichen Überwachung unterzogen werden. Die „natürlich gewachsenen“ Aushubböden darunter haben in ihrem oberen saisonal stauvernässten Lößpartien eine Beeinflussung durch die alte Rückstandshalde oder die Bauschuttbedeckung erfahren [Z1.2-Material]. Sie sind entweder nur in hydrogeologisch günstigen Gebieten bzw. in abgedeckten technischen Bauwerken oder im Falle der LAGA Z0-Chargen (Geschiebelehm-Komplex, Residualgesteine) in Abhängigkeit von ihren geotechnischen Eigenschaften frei verwertbar bzw. wiedereinbaufähig. Die abschnittsweise vorhandene geringmächtige Asphaltdecke ist in die asbestfreie Verwertungsklasse B einzuordnen.

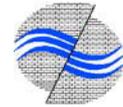
## 2.6 Modul „Brücke“

Die an der heutigen landwirtschaftlichen Wegetrasse unterhalb von ~1,8 m ungeeigneten Auffüllungsböden angetroffenen Löß- und Geschiebelehm Böden der Baugrund-Einheiten F+E weisen nur geringe bzw. begrenzte Tragfähigkeiten auf [für E nur  $\sigma_{zul} = 180 \text{ kN/m}^2$ ], zudem wäre eine vermehrte Fehltiefenkompensation bei Flachgründungen notwendig [Bodenaustausch etc.]. Eine setzungsbegrenzte bzw. setzungseinheitliche Gründung der neuen Brückenwiederlager, ausgehend vom derzeitigen Geländeniveau, dürfte problemloser über konventionelle Bohrpfehlgründungen gelingen [Absetztiefe ab rd. 8-10 m u. GOK bzw. 59-61 m ü. NN]. Alternativ besteht auch die Möglichkeit einer Ertüchtigung des aufnehmbaren Sohldrucks bis zu  $\sigma_{zul} = 300 \text{ kN/m}^2$  im Baugrund über eine Tiefenverbesserung durch RSV-Säulen wie bei den großen Lagerschuppen. Dieses erfordert jedoch einen vermehrten Flächeneinbau von Material bis in einheitlich definierte größere Tiefen von mind. 4-5 m unter Baunull. Eine Aufschüttung der Dämme mit konditionierten Aushubböden im Unterbau [mittels Bindemittel, RC-Zuschlag] aus der Gesamtbaumaßnahme Siegfried-Giesen ist möglich, aber weiter bodenmechanisch und genehmigungsrechtlich zu prüfen (s.u.).



## 2.7 Modul „Becken“ (Regenrückhaltebecken, Stapelbecken Haldenwasser); Verwertung alter RC-Böden im Baufeld Siegfried-Giesen

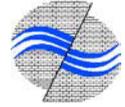
Die Becken liegen nordwestlich der alten Rückstandshalde und weisen derzeit Gelände-Ausgangshöhen von rd. 70 m ü. NN auf. Bei dem Stapelbecken ist eine zusätzliche Eindeichung mit Berme vorgesehen. Bei dem RRB ist voraussichtlich nur ein flaches Retentionsbecken auszuheben. Abgesehen von Zu-/Ablaufbauwerken und vermutlich einer technischen Sohlabdichtung zumindest für das Stapelbecken sind keine Zusatzmaßnahmen angezeigt. Künstliche Füllböden mit technogen/organischen Komponenten, z.T. auch als reine grobkörnige RC-Decke, wurden mit einer Mächtigkeit von rd. 0,5 m erbohrt. Unterhalb der Auffüllung steht die Baugrund-Einheit F (Schwemmlößlehm) bis rd. 2,5 m unter GOK an, deren Basis liegt etwa im Niveau von 67,0-67,5 m ü. NN. Als steif-konsolidierte, teilweise noch leicht humose natürliche Baugrundsicht erlaubt sie zulässige Sohlpressungen von  $\sigma_{zul} \sim 140-180 \text{ kN/m}^2$ . Sie ist für aufgeschüttete Erdbauwerke also ausreichend tragfähig. Die Lößböden blieben auch sommersaisonal ab 1,2 m u. GOK stark stauvernässt und sind daher erdbautechnisch bearbeitungsempfindlich. Im Liegenden ist der Geschiebelehm-Komplex E bautechnisch noch relevant. Hier folgen unterhalb nur geringmächtiger Einschaltungen aus tonig-bindigen Böden unter beiden Becken bis 5 m bzw. 7 m u. GOK (UK = 63,3 m-64,4 m ü. NN) vornehmlich grobkörnige Böden mit Grundwasser, d.h. somit mangelnder Abdichtung. Insgesamt setzt die Wassersättigung der Böden bereits ab etwa 2-3 m unter Flur verstärkt ein [herbstlicher Grundwasserpegel bei rd. 66,8 m ü. NN; Wasser schwach Beton angreifend XA1]. Dadurch wären auch die Erdbaumaßnahmen mit Baugruben- und Dauerböschungen bis in diese Tiefen ohne weitere geotechnische Maßnahmen erschwert [u.a. stärkere Abflachung bzw. Auftriebssicherungen für aufwendige technische Abdichtungen notwendig; falls Versickerungsfähigkeit angezeigt wäre diese im RRB behindert]. Für Dammschüttungen sollte das im Baufeld anfallende gemischtkörnig-bindige Löß-/Geschiebelehm-Material nach seiner Konditionierung durch Bindemittelzugabe verwertet werden, ggf. auch unter Beimischung von rolligen RC-Materialien [Probepackerschürfe, Dosierversuche notwendig]. Der lagenweise bis auf  $D_{Pr} = 97 \%$  verdichtete Einbau erlaubt dann eine Böschungsneigung  $\leq 1:1,5$ . Natürliche, stark tonige „Abdichtungsböden“ sind im Bereich der Gesamtbaumaßnahme Siegfried-Giesen nicht ohne weiteres zu gewinnen. Die gemischtkörnigen Auffüllungen sind im vorliegenden Modul Becken aufgrund des dort konkret gemessenen PCB-Gehaltes als LAGA >Z2 und gefährlicher Abfall einzustufen. Diese könnte ein lokaler Einzelbefund sein. Daher sollten die letztlich dort separierten RC-Materialien in diesem Bauabschnitt noch einmal einer gezielten Analytik hinsichtlich der Parameter PCB, EOX und PAK unterzogen werden. Ansonsten zeigten reine RC-Materialien hart östlich der alten Rückstandshalde als exemplarisch untersuchtes Baustoffmaterial außer einer TOC-Belastung im LAGA Z2-Zuordnungsbereich ansonsten eher nur unauffällige Konzentrationen bei den standortspezifisch kritisch zu bewertenden Parametern PAK, Sulfat und Chlorid. Eine unmittelbare Wiederverwendung der insgesamt im Baufeld vorhandenen, seinerzeit beim Rückbau gebrochenen RC-Materialien im Rahmen von technischen Bauwerken, z.B. im Fahrbahn-Unterbau oder als Bodenaustausch, ist dennoch wünschenswert und denkbar. Die Mengen unter den derzeitigen Rückbauflächen scheinen zwar hier-



für begrenzt zu sein und müssten aufgrund ihrer sich insgesamt abzeichnenden Z2-Zuordnung einem besonderen Bodenmanagement und Genehmigungsverfahren beim Wiedereinbau unterzogen werden [z.B. als Zuschlag anderer Aushub-/Einbaumassen unter hydrogeologisch günstigen Bedingungen]. Die darunter folgenden, „natürlich gewachsenen“ Aushubböden haben offenbar eine Beeinflussung aus der alten Rückstandshalde erfahren, erbrachten aber auch durch ungewöhnlich erhöhte Chrom-Eluierung eine noch einmal zu prüfende LAGA Z1.2-Einstufung. Sie wären entweder nur in hydrogeologisch günstigen Gebieten bzw. in abgedeckten technischen Bauwerken und im Falle der Z0-Böden darunter in Abhängigkeit von ihren geotechnischen Eigenschaften frei verwertbar bzw. wiedereinbaufähig.

## **2.8 Modul P1 (Aufbereitung), P2 (Kompaktierung), P3 (Granulierung), S1/S2+PS1 (Silos)**

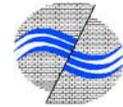
Für diesen Komplex sehr großer Produktionsgebäude und Silos westlich der Schachtstraße, mit einem angezeigten Baunull etwa bei 70,5 m (P3) bzw. 69,8 m (P1/2) ü. NN, sind bei den z.T. sehr hohen Stützlasten die oberen bindigen Baugrundeinheiten aus Lößlehm und die teilweise aufgeweichten Geschiebelehme der Einheiten F+E ohne umfangreiche geotechnische Maßnahmen für eine Gründung ungeeignet, u.a. weil die anvisierten besser tragfähigen Sand-Einschaltungen ungenügend entwickelt sind [ $\sigma_{zul} = 120-150 \text{ kN/m}^2$ ]. Zudem sind bei der geplanten Gebäudesohle bzw. dem Erdplanum bei 67,8 m und 68,5 m ü. NN ohnehin die humosen Mutterböden und Teile der F/E-Böden im jeweiligen Baufenster auszuräumen. Die Tragfähigkeiten der restlichen Einheit F+E können zum einen für eine unabhängig von den aufgehenden Stützenlasten nur mäßig aufgelastete Bauwerkssohle („dünne Platte“) auf  $\sigma_{zul} = 150 \text{ kN/m}^2$  verbessert werden. Hierfür wäre ein Bodenaustausch im Zuge von Platten/Polster-Flachgründungskonzepten mit 1,5 m Einbaumächtigkeit notwendig [nur hochwertige, Geogitter-bewehrte Brechkorngemische]. Alternativ können die Spezialtiefbauverfahren RSV/ROB zur gesamtflächigen, „schwebenden“ Bodenverbesserung unter einer lastaufnehmenden „sehr dicken Platte“ mit Einbaulängen/Absetztiefen bis hinab auf 64,0 m (P1/P2) bzw. 65,0 m (P3) ü. NN bzw. in extremen Lastzonen bis zur OK Tiefgründungshorizont P ab 60-64 m ü. NN bis zu einem gewissen Grad zur systematischen Vereinheitlichung/Erhöhung der Tragfähigkeiten von max.  $\sigma_{zul} \sim 300 \text{ kN/m}^2$  im Baugrund eingesetzt werden [dennoch hochwertige Geogitter-bewehrte Brechkorn-Bettung  $\geq 1 \text{ m}$  notwendig]. Bevorzugt bemessen werden jedoch derzeit durchgehende Bohrpfahlgründungen, voraussichtlich ab 60-64 m ü. NN bzw. 8-13 m u. GOK möglich und vorzugsweise noch in den dicht gelagerten Quartär-Kiessanden ausreichender Mindestmächtigkeit (rd. 3 m). Diese Gründungsart ist ohnehin obligatorisch für die Silos [PS1 ab 63-64 m, S1-2 vermutlich ab 61 m ü. NN]. Die Pfahlgründungsparameter müssen aber in diesem speziellen Baugrundabschnitt, mit komplexer geologischer Verteilung und Ausbildung der verschiedenen quartären Grobhorizonte [ $q_c = 20-40 \text{ MPa}$ ] und einem abschnittsweise flurnah aufragenden Residualgebirge [ab rd. 6-15 m u. GOK;  $q_c = 8-10 \text{ MPa}$ ], noch weiter im Detail erkundet werden. Insbesondere das laterale Aushalten von grobkörnigen Absetzhorizonten ist zu prüfen. Darüber hinaus sind für einzelne konzentriert belastete P-Gebäudeteile (Trep-



penhäuser o.ä.) bereits Großbohrpfähle statisch angezeigt, deren Tragfähigkeit aber durch weitere, umfangreiche ingenieurgeologische Aufschlussarbeiten konkret an den Lastschwerpunkten geprüft werden müssen, insbesondere für das tiefere gebirgsmechanisch komplex entwickelte Halfestgestein im Residualgebirge über dem Salzstock. Die bei 2-3 m unter Flur einsetzende Vernässung und ein wenig unergiebiges, Schichtenwasser (HGW = 70,5 m ü. NN) kann ggf. saisonal für geotechnisch erschwerte Bedingungen in Baugruben sorgen [schwach Beton abgreifend, XA1; offene Wasserhaltungen]. Die weitgehend „natürlich gewachsenen“ potentiellen Aushubböden im bislang weitgehend un bebauten Baugrundsegment weisen einheitlich und mit Ausnahme der LAGA-relevanten aber bodenspezifischen TOC-Gehalte in den humosen Ober- und Mutterböden [LAGA Z1.1] keine relevanten Belastungen auf [sonst LAGA Z0]. Sie sind in Abhängigkeit von ihren geotechnischen Eigenschaften demnach frei verwertbar bzw. wiedereinbaufähig.

## 2.9 Modul L1 (Verladung)

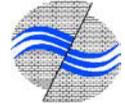
Für dieses große Betriebsgebäude mit einem gleisgebundenem Baunull bei rd. 69 m ü. NN, sind unter den hohen Stützlasten die bindigen Baugrundeinheiten aus Lößlehm F und auch die oberen Geschiebelehme der Einheiten E aufgrund ihrer begrenzten Tragfähigkeiten ungeeignet [ $\sigma_{zul} = 120-150 \text{ kN/m}^2$ ]. Zudem sind künstliche, nicht gründungsfähige Auffüllungs- und RC-Böden von örtlich 1,5-2,5 m Mächtigkeit im Baufenster ohnehin unter den Fundamenten auszuräumen. Die Tragfähigkeiten unter der Bodenplatte können auf  $\sigma_{zul} = 150 \text{ kN/m}^2$  einheitlich verbessert werden, durch einen frostsicheren Bodenaustausch im Zuge von Platten/Polster-Flachgründungskonzepten mit 1 m Einbaumächtigkeit [nur hochwertige, Geogitter-bewehrte Brechkorngemische als Mindestbettung unter Bodenplatte]. Der aufgrund der begrenzten Bohraufschlussdichte für alle Bauwerkspositionen noch nicht einheitlich nachgewiesene Absetzhorizont E, d.h. die hier verstärkt auftretenden sandigen Einschaltungen in günstiger Mächtigkeit/Lagerungsdichte, setzen in erdbautechnisch noch erreichbaren, aber sehr unterschiedlichen Baugrubentiefen von maximal rd. 3,3 m unter Baunull (= 68 m ü. NN) ein. Daher ist bei der Ausführung die erwartete bessere Tragfähigkeit im Baugrund L1 von  $\sigma_{zul} = 300 \text{ kN/m}^2$  weiter in der Fläche zu erkunden und bei Ausführung besonders überwachungsbedürftig. Die Gründung erfolgt bei Bedarf über Unterbeton als Fehltiefenausgleich [sog. „Baggerpfähle“]. Spezialtiefgründungen P, vorzugsweise mittels Bohrpfähle, können für besondere Lastschwerpunkte in Betracht gezogen werden. Sie wären aber in diesem Baugrundabschnitt, mit komplexer geologischer Verteilung und Ausbildung der quartären Grobhorizonte und des Residualgebirges, in größerer Tiefe zu suchen (> 10-20 m) bzw. noch weiter im Detail zu erkunden. Unter einer saisonalen Vernässungszone in den bindigen Deckschichten ist schichtgebundenes und gespanntes Grundwasser vorhanden, mit Zuflusszonen bei 2-4 m unter Baunull. Es hat im Hochsommer 2013 Pegelstände von 69,6 m ü. NN erreicht [schwach Beton abgreifend, XA1]. Voraussichtlich ist daher bei einigen Einzelbaugruben bis auf vollständig gesättigte Sande mit etwas ergiebigeren Förderraten zu rechnen. Wenn möglichst wenige Einzelfundamentgruben gleichzeitig geöffnet werden, ist eine Größenordnung von  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  zu erwarten, die kurzzeitig noch über Wasserhaltungen beherrschbar sein dürften. Die auszubauenden, in einem nicht



unerheblichen Umfang aus dem Rückbau der „alten Kalifabrik“ Siegfried-Giesen stammenden künstlichen Z2-Auffüllungs- und RC-Böden müssen trotz moderater LAGA Z2-Deklaration der untersuchten Mischprobe bei laufenden Erdarbeiten einer weiteren gutachterlichen Überwachung unterzogen werden. Die „natürlich gewachsenen“ Aushubböden darunter haben in ihrem oberen saisonal stauvernässten Lößpartien eine Beeinflussung durch die alte Rückstandshalde oder die Bauschuttbedeckung erfahren [Z1.2-Material]. Sie sind entweder nur in hydrogeologisch günstigen Gebieten bzw. in abgedeckten technischen Bauwerken oder im Falle der LAGA Z0-Böden (Geschiebelehm-Komplex, Residualgesteine) in Abhängigkeit von ihren geotechnischen Eigenschaften frei verwertbar bzw. wiedereinbaufähig.

## 2.10 Modul PS2 (Kieserit-Granulat-Schuppen)

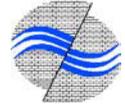
Diese größere Lagerhalle liegt in einem stark künstlich umgestalteten, z.T. noch überbauten Geländeabschnitt mit erheblichen Geländeversprüngen von bis zu 3,5 m, z.B. durch die angrenzende alte Gleistrasse. Bei einem gewählten Baunull bei rd. 71 m ü. NN in Bezug auf die angrenzenden Betriebsgebäude ergeben sich daher bereits reliefbedingt durch den stark wechselnd und vermehrte Aushub- und Fehltiefen unter der Bauwerkssohle. Obligatorisch sind zudem zusätzlich unter Gründungen und Gebäudesohle ungeeignete Auffüllungsböden von örtlich bis zu 1,5 m Mächtigkeit auszuräumen. Bei den hohen Stützlasten und sehr uneinheitlichen und schweren Produktaufschüttungen sind die überwiegend bindig-steifen Löß- und Geschiebelehme der oberen Baugrundeinheiten F+E trotz günstiger Bodenzustände für eine einheitliche Gründung setzungsproblematisch, d.h. ungeeignet [ $\sigma_{zul} = 150-180 \text{ kN/m}^2$ ]. Die normalerweise als Absatzhorizont in E anvisierten besser tragfähigen Sand-Einschaltungen setzen zwar abschnittsweise schon ab 2-3 m ein, liegen aber z.T. auch erst ab 3-5 m unter Baunull, sind also sehr heterogen ausgebildet. Somit ist eine bautechnisch ungünstige laterale Schwankungsbreite von  $\sigma_{zul} = 200-300 \text{ kN/m}^2$  innerhalb der Gründungszone E mit möglichen Setzungsproblemen zu beherrschen. Als weitere gründungstechnisch erschwerende Standortbedingung liegt im Baufenster von PS2 die OK des Residualgebirges sehr stark schwankend und z.T. flurnah zwischen 3,5-10 m u. GOK (ca. 60-70 m ü. NN), reicht also örtlich bis an die setzungsrelevanten Gründungszonen der Einzelfundamente heran bzw. wechselt lateral in den Gründungsachsen mit bodenmechanisch sehr abweichend dichtgelagerten Kiessanden des Quartärs [ $q_c > 15-20 \text{ MPa}$ ]. Für die zuoberst i.d.R. stärker bindig-verwitterten und daher setzungsanfälligeren „Salztone“ wurde eine grundsätzliche Verbesserung der Tragfähigkeiten als potentieller Tiefgründungshorizont P aber erst in den mehr felsartigen „Halbfestgesteinen“ ab Teufen zwischen 10-13 m unter Flur bzw. in wechselnden Niveaus ab etwa 57-64 m ü. NN detektiert [ $q_c > 8-10 \text{ MPa}$ ]. Im Zuge eines Platten/Polster-Flachgründungskonzeptes der Hallensohle und seiner Förderanlagen wäre durch das Spezialtiefbauverfahren RSV optional eine gesamtflächige Bodentiefenverbesserung unter einer lastaufnehmenden „sehr dicken Platte“ denkbar. Mit einer einheitlich mächtigen „schwebenden Stopfschicht“ von mind. 5-6 m Einbautiefe bzw. bis etwa 65 m ü. NN wäre bei dem o.g. komplexen Baugrundaufbau bis zu einem gewissen Grad eine systematischen Vereinheitlichung/Erhöhung der Tragfähigkeiten bis max.



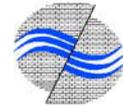
$\sigma_{zul} \sim 300 \text{ kN/m}^2$  im gesamten oberen Baugrund zu erreichen [Platte auf Geogitter-bewehrter Brechkorn-Bettung  $\geq 1 \text{ m}$ ]. Auch dieses bleibt jedoch letztlich, bei zeitweilig erwarteten Schüttgut-Auflastungen der Sohle von bereits bis zu  $300 \text{ kN/m}^2$ , nicht vollständig gewährleistungsfähig hinsichtlich differenzieller Setzungen. Über der oberen Gründungseinheiten F+E kann alternativ eine reduzierte setzungsunempfindliche Bauwerkssohle unter den Schüttgütern vorgesehen werden („dünne Platte“), für die unabhängig von den aufgehenden setzungsarm spezialgegründeten Stützenlasten erhöhte Setzungen in Kauf genommen werden könnten. Für den Fußboden dürfte dann ein Bettungspolster von 0,3 m Mindesteinbaumächtigkeit zzgl. Fehltiefenausgleiche ausreichend sein [dennoch obere Bettung aus hochwertigen, basal Geogitter-bewehrten Brechkornmischungen]. Durch eine räumlich noch erheblich zu verdichtende (Tiefen-) Nacherkundung des Gründungshorizontes P genauer zu bemessen, insbesondere im Residualgebirge, könnten in den Gründungszonen klassische Bohrpfahlgründungen der nur der aufgehenden Bauwerkslasten sogar wirtschaftlicher und verlässlicher sein als RSV-verbesserter Baugrund. Voraussichtlich ist aber hier mit hohen Einbindetiefen  $> 20 \text{ m}$  zu rechnen. Die je nach Ausgangsrelief bei 2-3 m unter Flur einsetzende Vernässung der Böden kann ggf. saisonal für geotechnisch erschwerte Bedingungen bei den Erdarbeiten sorgen. Zeitweilig/örtlich gespanntes, aber letztlich nur gering ergebnisreiches Schichtenwasser wurde sommersaisonal und wieder reliefabhängig sehr unterschiedlich bei rd. 69,2 m und 71,0 m ü. NN im Baufenster gelotet [leicht Beton abgreifend, XA1; offene Wasserhaltungen ggf. ausreichend]. Die auszubauenden, in einem gewissen Umfang aus dem Rückbau der „alten Kalifabrik“ Siegfried-Giesen stammenden künstlichen Z2-Auffüllungs- und RC-Böden müssen trotz moderater LAGA Z2-Deklaration der untersuchten Mischprobe bei laufenden Erdarbeiten einer weiteren gutachterlichen Überwachung unterzogen werden. Die „natürlich gewachsenen“ Aushubböden darunter haben in ihrem oberen saisonal stauvernässten Lößpartien eine Beeinflussung durch die alte Rückstandshalde oder die örtliche Bauschuttbedeckung erfahren [Z1.2-Material]. Sie sind entweder nur in hydrogeologisch günstigen Gebieten bzw. in abgedeckten technischen Bauwerken oder im Falle der LAGA Z0-Chargen (Geschiebelehm-Komplex) in Abhängigkeit von ihren geotechnischen Eigenschaften frei verwertbar bzw. wiedereinbaufähig. Die abschnittsweise vorhandene geringmächtige Asphaltdecke ist in die asbestfreie Verwertungskategorie B einzuordnen.

## 2.11 Modul PS3 (Kornkalischuppen)

Diese sehr große, langgestreckte Lagerhalle wird zwangsläufig einen größeren Hangausschnitt des hier künstlich umgestalteten Geländes umfassen. Bei einem gewählten Baunull bei rd. 70,5 m ü. NN ergeben sich daher bereits reliefbedingt durch den Höhenunterschied von rd. 1 m im Gelände zunehmend Fehltiefen im Nordabschnitt unter der Bauwerkssohle. Obligatorisch sind zusätzlich unter Gründungen und Gebäudesohle ungeeignete Auffüllungsböden von örtlich bis zu 1 m Mächtigkeit auszuräumen. Bei den hohen Stützlasten und sehr uneinheitlichen und schweren Produktaufschüttungen sind die überwiegend bindig-steifen Löß- und Geschiebelehme der oberen Baugrundeinheiten F+E trotz günstiger Bodenzustände für eine Gründung setzungsproblematisch, d.h. ungeeignet [ $\sigma_{zul} = 170$ -



200 kN/m<sup>2</sup>]. Die normalerweise als Absetzhorizont in E anvisierten besser tragfähigen Sand-Einschaltungen sind ebenfalls ungenügend/heterogen ausgebildet, liegen teilweise für konventionelle „Baggerpfähle“ bereits zu tief oder werden von stark tonigen Weichschichten vertreten, welches eine erhebliche laterale Schwankungsbreite von  $\sigma_{zul} = 200-300 \text{ kN/m}^2$  für das gesamte Baufenster bedingt. Im Zuge eines Platten/Polster-Flachgründungskonzeptes der Hallensohle und seiner Förderanlagen wäre durch das Spezialtiefbauverfahren RSV optional eine gesamtflächige, „schwebende“ Bodentiefenverbesserung unter einer lastaufnehmenden „sehr dicken Platte“ möglich. Mit dabei unterschiedlich optimierten Stopflängen/Absetztiefen bis auf Kiessandhorizonte ab 62-66 m ü. NN oder ggf. als einheitlich mächtige „schwebende Stopfschicht“ wäre hierdurch bis zu einem gewissen Grad eine systematischen Vereinheitlichung/Erhöhung der Tragfähigkeiten bis max.  $\sigma_{zul} \sim 300 \text{ kN/m}^2$  im gesamten oberen Baugrund zu erreichen [Platte auf Geogitter-bewehrter Brechkorn-Bettung  $\geq 1 \text{ m}$ ]. Auch dieses bleibt jedoch letztlich, bei zeitweilig erwarteten Schüttgut-Auflastungen der Sohle von bereits bis zu 300 kN/m<sup>2</sup> nicht vollständig gewährleistet hinsichtlich differenzieller Setzungen. Ein modifiziertes Verfahren als unbewehrt pfahlartig wirksame vermörtelte ROB-Säulen, könnte jedoch ggf. unter den Stützenachsen oder Fördertechnikzonen teilweise noch Anwendung finden. Über den Gründungseinheiten F+E kann optional eine reduzierte setzungsunempfindliche Bauwerkssohle vorgesehen werden („dünne Platte“), für die unabhängig von den aufgehenden setzungsarm spezialgegründeten Stützenlasten erhöhte Setzungen in Kauf genommen werden könnten. Für den Fußboden dürfte dann ein Bettungspolster von 0,3 m Mindesteinbaumächtigkeit zzgl. Fehltiefenausgleiche ausreichend sein [dennoch obere Bettung aus hochwertigen, basal Geogitter-bewehrten Brechkorgemischen]. Durch eine räumlich erheblich zu verdichtende (Tiefen-) Nacherkundung genauer bemessen, könnten alternativ in den Gründungszonen klassische Bohrpfahlgründungen sogar wirtschaftlicher sein, voraussichtlich ist aber hier mit > 15-20 m Einbindetiefen zu rechnen. Zu erwarten ist eine komplexe geologische Verteilung und Ausbildung von verschiedenen quartären Grobhorizonte [ $q_c = 15-20 \text{ MPa}$ ] und ein nordwärts zunehmend tiefer liegendes Residualgebirge [ $q_c = 6-10 \text{ MPa}$ ]. Die bei 2-3 m unter Flur einsetzende Vernässung der Böden und zeitweilig bzw. leicht gespanntes, aber letztlich nur gering ergebnisreiches Schichtenwasser kann ggf. saisonal für geotechnisch erschwerte Bedingungen bei den Erdarbeiten sorgen [mäßig Beton abgreifend, XA2; offene Wasserhaltungen ggf. ausreichend]. Die auszubauenden, in einem gewissen Umfang aus dem Rückbau der „alten Kalifabrik“ Siegfried-Giesen stammenden künstlichen Z2-Auffüllungs- und RC-Böden müssen trotz moderater LAGA Z2-Deklaration der untersuchten Mischprobe bei laufenden Erdarbeiten einer weiteren gutachterlichen Überwachung unterzogen werden. Die „natürlich gewachsenen“ Aushubböden darunter haben in ihrem oberen saisonal stauvernässten Lößpartien eine Beeinflussung durch die alte Rückstandshalde oder die örtliche Bauschuttbedeckung erfahren [Z1.2-Material]. Sie sind entweder nur in hydrogeologisch günstigen Gebieten bzw. in abgedeckten technischen Bauwerken oder im Falle der LAGA Z0-Chargen (Geschiebelehm-Komplex) in Abhängigkeit von ihren geotechnischen Eigenschaften frei verwertbar bzw. wiedereinbaufähig.



### **3 Gesamtbewertung des Baugrundes am Werksstandort Siegfried-Giesen**

Für die geplanten zumeist mittelgroßen Verwaltungs- und Betriebsgebäude (A1-3, E1-3, L2, T1-3), ausnahmsweise auch für die größere Verladestation L1, stehen trotz standortspezifischer geologisch komplexer Baugrundbedingungen in Quartär und den Salzstock-Hutgesteinen überwiegend noch ausreichend tragfähige Lastböden für konventionelle Flachgründungen zur Verfügung. Der Baugrund wird nur auf der Ostseite der Schachtstraße im Bereich der „alten Kalifabrik“ im mäßigen Umfang und dabei durch eher geringmächtige und dabei nicht ungewöhnlich belastete Auffüllungen beeinträchtigt (hauptsächlich LAGA Z1-Z2 Aushub). Zum einen sind Bodenverbesserungen in der Größenordnung von 0,5-1,5 m aus geogitterbewehrten Brechkorn-Baustoffen in Zusammenhang für Platten/Polster-Gründungskonzepte auf den Lößböden vornehmlich für die Bauwerkssohlen angemessen. Neben örtlich möglichen Fundament-Einbindungen bereits in den oberen Lößböden kann i.d.R. für eine sichere Gründung in den meisten Fällen über einfache Fehltiefenausgleiche unter den Fundamentsohlen bis auf die besser tragfähigen grobkörnigen Baugrundzonen im Geschiebelehm-Komplex mittels Unterbeton erfolgen (u.a. „Baggerpfähle“). Hierbei sind aufnehmbare Sohldrucke von rd. 200-300 kPa zu erwarten und i.d.R. geeignet für mittlere Lastanforderungen und Fundamentkubaturen. Für die großen Produktlagerschuppen (PS2, PS3) und die darin hoch aufgehaldeten mineralischen Schüttgüter sind naturgemäß aufwendigere Spezialgründungskonzepte angezeigt. Hierbei dürfte jedoch eine einfache Sohlbefestigung, mit in Kauf genommenen höheren Setzungen und unabhängig von den eigentlichen Hochbaugründungen, die wirtschaftlichste Lösung sein. Letztere können über Pfähle oder ROB-Kiesstopfsäulen erfolgen. Auch die sehr großen Produktionsgebäude (P1-3) mit konzentrierten Bauwerkslasten, die setzungsanfälligen Silos (PS1-2, S1-2) und Brückenbauwerke sollten letztlich mittels Bohrpfahlgründungen in die sich bereits systematisch abzeichnenden geeigneten Horizonte bzw. Tiefen gründen. In den betreffenden Baufenstern beginnen sie zumeist ab etwa 8-10 m unter Gelände und wurden entsprechend für die Vorplanungen bodenmechanisch vorbemessen. Hierbei besteht selbstverständlich noch ein in die Fläche und Tiefe gehender direkter Aufschlussbedarf, hinsichtlich vollständiger Ausdehnung, Mindestmächtigkeit, geologischer Parallelisierung und Einheitlichkeit der zumeist dichtgelagerten grobkörnigen Lastzielhorizonte. Neben den notwendigen Einbindetiefen sind Untersuchungen vor allem aber bzgl. der bodenmechanischen Eigenschaften im tieferen Residualgebirge angezeigt, da diese tektonisch-subrosiv überprägten „Halbfestgesteine“ ggf. abschnittsweise als Tiefgründungshorizont bis >20m unter Flur herangezogen werden müssen. Eine saisonal flurnah einsetzende Vernässung der vornehmlich bindigen Böden ist bei den zumeist flachgründigen Erdarbeiten einzukalkulieren. Das hydraulisch sehr unregelmäßig ab etwa 2-3 m unter Flur auftretende, zumeist schichtengebundene Grundwasser ist i.d.R. wenig ergiebig und nur schwach bis mässig Beton angreifend. Es kann voraussichtlich über einfache offene Wasserhaltungen in der Bau-phase beherrscht werden, erfordert aber eine effektive Abdichtung bei entsprechend erdeinbindenden Bauwerksteilen. Nur im Bereich Lok-Carport T3 am Ende des tiefen Bahneinschnittes sind aufwendige geschlossene Wasserhaltungen in Kombination mit Böschungssicherungen angezeigt und weiter zu untersuchen.



#### **4 Geotechnisches Fazit Brückenbauwerke Grubenanschlussbahn**

Entlang der Grubenanschlussbahn sind in der Innerste-Aue drei Flutbrücken (BW261, BW262, BW264) einschließlich ihrer Gründungen zu erneuern. Die erfahrungsgemäß durch fehlende Konsolidierung und z.T. erhöhte Organikreste sehr gering tragfähigen Schwemm- und Auelehme im obersten Baugrund sind zudem ganzjährig wassergesättigt. Es sind flurnahe Grundwasser-Zuflüsse mit dadurch erschwerten Erdarbeiten angezeigt [Wasser gering bis mäßig Beton angreifend, XA/1XA2; sehr geringe Stahlkorrosion]. Auch wenn zumeist mitteldicht-tragfähige Lastböden [ $\sigma_{zul} = 200\text{--}250\text{ kPa}$ ] als randliche Tal- und Kiessande der Innerste in erreichbaren Tiefen von etwa 3-5 m unter GOK anstehen, sind diese bautechnisch nicht unproblematisch und unter einzelnen Widerlagern sogar abwesend (BW262). Fehltiefenausgleiche über Unterbeton für den Kraftschluß der Fundamente bis auf diese Böden oder qualifizierte Brechkorn-Gründungspolster erfordern zudem zwangsläufig aufwendige Arbeiten in der o.g. Grundwasserzone, die für entsprechend tiefere Baugruben geschlossene Wasserhaltungen und einen Baugrubenverbau notwendig machen. Daher sind mittelbare Spezialtiefgründungsverfahren, z.B. über eingepresste Spundbohlen oder möglichst über Pfähle eher anzustreben, die in den tieferen Baugrundabschnitten unterhalb eines bindig-gemischtkörnigen Geschiebelehm-Komplexes ab 15-16 m unter GOK bzw. ab rd. 50 m ü. NN in ausreichender Mächtigkeit und hoher Lagerungsdichte einbinden können und über CPT mittelbar detektiert sind [Bohraufschlüsse als Nacherkundung]. Die nur bei konventionellem Erdbau relevanten Aushubböden wären in ihrer Hauptmasse aus natürlichen Auelehmen als LAGA Z2 zu deklarieren. Die Auffüllungsböden der bestehenden Bahndamm-Schüttung erbrachte jedoch lokal auch erhöhte Belastungen (>Z2/DKI). Für die Innerstebrücke (BW260) bei Ahrbergen sind ähnliche geotechnische Bedingungen anzusetzen, jedoch ist hier unmittelbar am Strombett und durch die hier verstärkt auftretenden, dicht gelagerten Kiessande ein Absetzen der Spezialtiefgründungen vorzugsweise darin ab 6-7 m unter Flur bzw. ab etwa 60 m ü. NN angezeigt. Durch Spezialgründungen würden auch der besondere geotechnische Mehraufwand durch die unmittelbare Flussnähe (Wasserhaltung, Verbau) und die Entsorgungskosten der Aushubböden deutlich reduziert. Auffüllungen und Aueböden, als potentielle Aushubböden, zeigen nämlich die Innerste-spezifischen hohen Schwermetallbelastungen im LAGA >Z2/DKI-Niveau und bedürfen eines besonderen Bodenmanagements. Die Unsinnbach-Brücke (BW258) und die Wegunterführung (BW257) nahe Harsum liegen in einem bodenmechanisch und geotechnisch erheblich abweichenden Baugrundareal. Hier sind nur vergleichsweise geringmächtige Schwemm- bzw. Lößböden über einem tiefgründigen und stark veränderlich festen Kreideton-Verwitterungsprofil anstehend. Am Unsinnbach zeichnet sich durch einen erbohrten Sandhorizont bei rd. 2,5 m u. GOK ein tragfähiger Flachgründungshorizont ab [ $\sigma_{zul} = 260\text{ kPa}$ ]. Dieser lässt allerdings in der bachnahen Grundwassereinflusszone bautechnisch erschwerte Bedingungen durch Verbau und Wasserhaltung für ein konventionelles Bodenaustauschpolster bis auf diesen Lastboden erwarten [Einbau hochwertiger Brechkorn-Baustoffe; Wasser nicht Beton angreifend, sehr gering stahlaggressiv]. Daher ist hier eine optionale Spezialtiefgründung weiter zu prüfen (s.u.) und für beide Widerlager zu untersuchen. Bei der Wegunterführung BW257) ist, bei gegebenem Fehlen des grobkörnigen Absetzhorizontes und zusätz-



lich unter beiden Widerlagern uneinheitlichem Baugrundprofil, vorzugsweise eine Polstergründung angeraten. Diese ist aufgrund der problematischen Setzungseigenschaften im Verwitterungston mit erhöhter Mächtigkeit bis 3 m u. GOK aus Brechkorngemischen verdichtet herzustellen [ $\sigma_{zul} = 200$  kPa; Verbau notwendig, offene Wasserhaltung für wenig ergiebige, aber flurnah gesättigte Vernässung und Schichtenwässer; nicht Beton angreifend, XA1, sehr gering stahlaggressiv]. Der genannte setzungsanfällige Verwitterungston bzw. eine Übergangszone bis ca. 14 m unter Flur aus nur halbfestem Ton/Tonstein zum sehr mürben Tonsteinfels, lassen hohe Absetztiefen für optionale Pfahlgründungen in ausreichend druckfesten Felsen erst ab mindestens 20 m unter Flur erwarten [ $q_{s1k} = 0,07-0,25$  MPa,  $q_{b1k} = 1,25$  MPa]. Die Aushubböden natürlicher Entstehung, die vornehmlich anfallenden werden, bleiben in diesem Abschnitt durchweg als unbelastete LAGA Z0-Böden frei verwertbar.



H.-J. Diesing  
(Dipl.-Geol.)

T. Löffler  
(Dipl.-Geol.)