

# **GROßBAUSTELLE MIT FLÄCHENRECYCLING FÜR DIE GRÜNDUNG EINES PAPIERFABRIKNEUBAUES IM INDUSTRIEGEBIET RUDOLSTADT-SCHWARZA**

Dipl.-Ing. Hermann K. Neff,  
Dipl.-Ing. U. Heinze  
ETN Erdbaulaboratorium TROPP - NEFF und Partner,  
35 410 Hungen/Oberhessen, Königsberger Straße 9  
Tel.:06402/5226-0/Fax-98, E-Mail: etn.geotec@t-online.de

## **2. SYMPOSIUM UMWELTGEOTECHNIK DER DGGT E. V. 29./30.09.2005 TU BERGAKADEMIE FREIBERG/SACHSEN**

### **1 GEOTECHNISCHE AUSGANGSSITUATION**

#### **1.1 FLÄCHENRECYCLING NACH BEBAUUNGSPLAN SCHWARZA-SÜD**

In Rudolstadt an der Saale hatte die Landesentwicklungsgesellschaft (LEG) in den 90er Jahren den Auftrag erhalten für den seit 1935 bestehenden Chemiestandort Schwarza eine umweltfreundliche Neustrukturierung des Industriegebietes herbeizuführen.

Dazu wurde 2001 im Bebauungsplan der Stadt Rudolstadt „Südlich des Saalebogens“ im Stadtteil Schwarza festgelegt, dass die bis 1996 vom früheren Braunkohle-Kraftwerk beschickte Aschehalde abgetragen und das Gelände für eine Industrieansiedlung bebaubar hergerichtet wird.

Die nach LAGA Z 1.2 eingestufte bis 17 m hohe Aschehalde von rd. 1,8 Mio m<sup>3</sup> Inhalt war dazu in den ca. 20 km entfernten Großtagebau Kamsdorf zu verbringen und mit dem Rücklauf der LKW's Schottermaterial aus dem Tagebau für die Baugrundertüchtigung bereitzustellen.

Das dreiecksförmige Industriegebiet von ca. 18 ha wird nach Abb.1 im Osten vom steilen Talhang des Saaletales, im Norden vom Ost-West Saalebogen, zusammen mit der parallel auf einem Damm verlaufenden Preilipper Straße begrenzt.

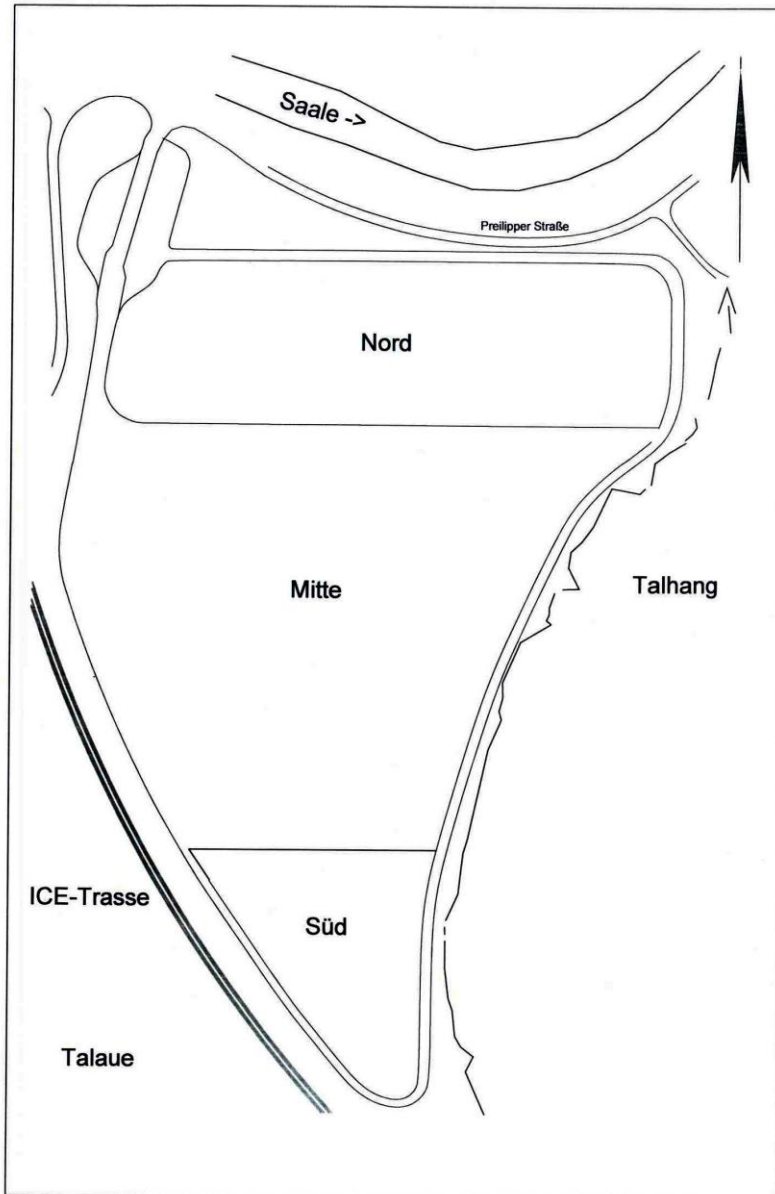
Im Westen bis zum Südende der Bebauungsfläche liegt die ICE Strecke Nürnberg-Leipzig und parallel dazu der Saaletal Wander- und Radweg.

Nach dem rechtskräftigen Bebauungsplan ist die Höhe des neuen Industriegeländes auf NN+202,80 m, die Höhe der saaleseitig an der Preilipper Straße auf NN+203,00 m und damit 0,7 m über HHW 100 = NN+202,30 m festgelegt. Der Saaletal-Wander- u. Radweg liegt i.M auf NN+204,5 m und damit 2,20 m über dem HHW 100 des Bebauungsplans.

Nachdem der Industriestandort Schwarza nördlich der Saale weitgehend unstrukturiert ist, stehen auch für das Südgelände die Infrastrukturen für Energieversorgungen aller Art, Kläranlage und neue Bundesstraßen-Verkehrsverbindungen zur Verfügung.

Die Bebauungsplanung wurde ebenso wie die Bauüberwachung für die Baugrundertüchtigung im Auftrag LEG durch das in Schwarza ansässige Ingenieurbüro EPC Engineering und Projektmanagement Consulting GmbH ausgeführt.

**Abb.1:** Industriegebiet „Südlich des Saalebogens“ in Rudolstadt-Schwarza  
Bereich „Nord“, „Mitte“ und „Süd“



## 1.2 BEBAUUNGS-BEDINGUNGEN EINER PAPIERFABRIK-ANLAGE

Eine Papierfabrikanlage modernster Bauart erfordert zur Papierproduktion aus dem Rohstoff Altpapier folgende Hauptbauteile:

**APL:** Altpapier-Lagerfläche für die Stapelung von Altpapier-Ballen als angeliefertes Wirtschaftsgut, d.h. „Schwerlast-Lagerfläche“

**PM:** Papiermaschinen-Gebäude als „Schwerlastbau“ von über 200 m Länge mit Hallenüberbauten für die „Schwerlast - Krahnbahn“

**RTL:** „Rollenturm-Lager“ als Schwerlastbau mit automatischer Stapelung der Papierrollen von ca. 1,4 m Durchmesser und 7,5 m hohen Einzelrollen, die mit 2 Rollen 15 m Stapelhöhe erreichen.

**Silo-Behälter:**

Bis 25 m Höhe und 2.000 m<sup>3</sup> Flüssigkeits-Inhalt

**Nebengebäude:**

Mit geringerer Baugrundbelastung wie Trommelbeschickungsanlage des Altpapierlagers, Werkstattgebäude und Rollen-Handlager neben dem Rollenturm-Lagergebäude

Der Antransport des Altpapier-Rohstoffs und der Abtransport der produzierten Papier-Rollen muß sowohl mit LKW als auch mit der Bahn möglich sein.

Für diesen Schwerlastverkehr ist innerhalb des Werksgeländes eine „Ringstraße“ sowie ein zentraler Bahnanschluß erforderlich.

Diesen allgemeinen Bedingungen entspricht die Größe und der Flächenzuschnitt des neuen Baugebietes Süd von Schwarza.

Für die Schwerlastbauten einer Papierfabrik ist von Gründungsbedingungen der schwierigsten geotechnischen Kategorie 3 gem. DIN 4020/DIN 1054 auszugehen.

Im Rahmen der Ertüchtigung der Bebaubarkeit im Sinne des Babauungsplanes war somit eine gute Bebauungsfähigkeit vergleichbar mit gut tragfähigen und gut abgestuftem Sand-Kies von dichter, setzungsstabiler Lagerung herzustellen und dazu gem. Bebauungsplan „Schottermaterial“ des Großtagebaus Kamsdorf zu verwenden, um relativ setzungsarme zulässige Bodenpressungen bis 350 kN/m<sup>2</sup> zu erreichen.

Dies waren die Voraussetzungen um das Baugelände zu übereignen und dem Investor zur Bebauung freizugeben.

Dabei lag es im Interesse des Papierfabrik-Investors, dass die Baugrundertüchtigung für eine mögliche Werksanlage gezielt vorgenommen wurde. Dazu ist das Gelände gem. Abb.1 in 3 Abschnitte unterteilt worden und zwar

- Bereich Nord, mit Ertüchtigung für normale Bebauung und Lagerfläche
- Bereich Mitte, mit Ertüchtigung für Schwerlast-Bebauung
- Bereich Süd, mit Ertüchtigung für Schwerlast-Bebauung

Die Fremdüberwachung zur erdbautechnischen Qualitätssicherung der Baugrundertüchtigung wurde auf Seiten LEG von Prof. Dr.-Ing. WITT, Bauhausuniversität Weimar in Verbindung mit der MFPA Weimar durch Dipl.-Ing. LEMKE auf der Grundlage der „Erdbautechnischen Angaben“ für die Baugrundertüchtigung wahrgenommen.

Das Gründungsgutachten für den späteren Papierfabrik-Neubau wurde vom Investor zeitlich parallel zur Baugrundertüchtigung an das Erdbaulaboratorium TROPP-NEFF und Partner (ETN) in Auftrag gegeben.

Während der Baugrundertüchtigung hatte ETN nicht nur eine passive Beobachter-Rolle, sondern eine aktive Beteiligung bei der Einhaltung der fristgerechten Ziele der Baugrundertüchtigung einzunehmen, damit das Gelände anschließend an den Investor übereignet und unverzüglich mit dem Neubau begonnen werden konnte.

So wurde ETN durch eine baugrundbegleitende sachverständige Qualitätskontrolle bereits während der Baugrundertüchtigung Gelegenheit gegeben sich im Auftrag des späteren Investors ein eigenes Bild von der Durchführung der Bodenmaßnahmen zu verschaffen, ohne dass hiermit eine technische oder eine rechtliche Abnahme durch den Investor verbunden war.

## **2 BAUGRUNDERKUNDUNG**

### **2.1 VORUNTERSUCHUNGEN DER ASCHEHALDE ALS ALTABLAGERUNG**

Im Rahmen der Bebauungsplanung war mit rund 60 Bohrungen eine eingehende Bohrerkundung der Aschehalde zusammen mit chemischen Analyse-Untersuchungen als Voraussetzung für die Umsetzung der Halde in den Großtagebau-Kamsdorf durchgeführt worden.

Dabei war der gewachsene Untergrund, d.h. der Auelehm des Saaletales nur angebohrt worden. Aus benachbarten Bohraufschlüssen beim Brückenneubau für die Straßenanbindung des neuen Industriegeländes („Zellwollbrücke“) sowie aus der Industrie-Altbebauung war außerdem bekannt, dass unter der ± organisch durchsetzten Auelehm-Deckschicht tragfähiger Saale-Kies über Buntsandstein ansteht, wie er in dem steilen Osthang des Tales sichtbar ist.

### **2.2 BAUGRUNDUNTERSUCHUNG ZUR BAUGRUNDERTÜCHTIGUNG**

Zunächst wurden 2001/2002 in Abstimmung zwischen Prof. WITT und ETN Kernbohrungen zur weiteren Erkundung des gewachsenen Untergrunds sowohl von der Halden-OK als auch seitlich der Halde bis mind. 10 m in den Sandsteinuntergrund durchgeführt. Während dem Haldenabtrag in 2002/2003 wurde dieses Bohrraster von einer tieferliegenden Abtragungsebene aus mit weiteren Kernbohrungen sowie schweren Rammsondierungen DPH auf ein Raster von ca. 20 x 20 m verdichtet.

Schließlich waren ergänzende Sondierungen nach Erreichen der Sohle der Baugrundertüchtigung nach lokalem Befund vereinbart und auch durchgeführt worden.

### **2.3 SCHICHTENFOLGE**

Nach den Bodenaufschlüssen erreichte die Aschehalde eine Gesamthöhe von rd. 20 m. Dabei waren in den unteren, d.h. älteren Bereichen auch lokale Verfestigungen vorhanden, die einem Übergang zu Tonstein entsprachen. Wie die weiteren Aufschlüsse beim Haldenabtrag gezeigt haben waren aber in gleicher Schichthöhe auch weich gebliebene Partien vorhanden, deren Entstehungs-Bedingungen nicht rekonstruiert werden konnten.

Insbesondere war auffällig, dass der darunter angetroffene gewachsene Auelehm trotz der anzunehmenden hohen Vorbelastung durch die Halde (Wichte = 16 KN/m<sup>3</sup> !) in den organisch durchsetzten Auelehm-Bereichen offensichtlich nicht konsolidiert war, sondern noch eine steif bis weiche Konsistenz mit entsprechend geringen Sondierwiderständen DPL ( $N_{10} \leq 5$ ) aufwies.

Als Besonderheit wurde in einer Kernbohrung in 3-4 m Tiefe unter OK-Urgelände organisches Material angetroffen, dessen Verbreitung im Untergrund aufgrund dieses Aufschlusses nicht eindeutig beurteilt werden konnte. In der freigelegten Sohle der Baugrundertüchtigung stellte sich dann heraus, dass es sich nicht um eine verbreitete

Ablagerung in Form von Torf oder Mudde, sondern um einen im Saalekies mit schluffiger Umhüllung eingebetteten Baumstamm gehandelt hat.

Dementsprechend waren im tiefer ausgekofferten Ertüchtigungsbereich „Mitte“ in der Sohle mehrere Baumstämme aus im wesentlichen hart gebliebenem Holz zusammen mit der schluffigen Bettung zu entfernen.

Der Saale-Kies wird im ETN-Gutachten 2003 wie folgt beschrieben:

„Kies, sandig, z. T. ± schluffig, ± geröllführend, mitteldicht bis dicht gelagert, Mächtigkeit von 0,75 bis max. 3,4 m je nach Tallage. Der Kies ist bezüglich der Kornverteilung heterogen zusammengesetzt und enthält Einschaltungen von ± schluffigen Sandlagen ebenso wie Lagen aus Grobkies + Geröllen mit nur geringen Sand- und Schluffanteilen. Vereinzelt wurden organische Beimengungen in Form von Pflanzenresten festgestellt. Die Höhenlinien bzw. Isolinien der Tiefenlage des Sondier-Rammwiderstandes  $N_{10} \geq 15$ , der schweren Rammsonde DPH sind nach den Kernbohrergebnissen dem oberen Bereich der gewachsenen Kiesschicht zuzuordnen. Allgemein zeigen die Rammdiagramme, dass in Nähe der Kiesoberfläche eine rel. ungleichmäßige Verteilung der Lagerungsdichte vorhanden ist.

Diese Verteilung der Lagerungsdichte zeigen auch die Ergebnisse der Ramm-Sondierungen mit der leichten Rammsonde (DPL) in der gewachsenen Saale-Kies-Auskofferungssohle des Polster-Probefeldbaus im Bereich Süd. Danach geht die oberflächennah mitteldichte Lagerung zwischen 0,5 m und 1 m unter Auskofferungssohle in überwiegend dichte Lagerung über.

Diese Verhältnisse sind nach der Geologie des Baugeländes auf die geologisch wechselhaften Sedimentationsbedingungen im Mittellauf der Saale zurückzuführen.“ Dementsprechend wurden beim Aushub für das tieferliegende Polster im Bereich Mitte Blöcke bis ca. 50 cm Durchmesser angetroffen.

Unter dem Saalekies ist der Fels des „unteren Buntsandsteins“ in den oberen Metern zu Bodenklasse 5 zersetzt und dicht gelagert.

Die Sand- und Tonsteine des unteren Buntsandsteins stehen in Wechsellagerung tiefgründig an. Sie sind mittelhart bis hart und fest gelagert, teilweise verwittert, (Bodenklasse 6 bis 7).

Die Sandsteinlagen mit geringer mineralischer Kornbindung die bei der Bohrkerngewinnung zu Sand zerfallen, sind ebenfalls fest bzw. dicht gelagert.

## **2.4 GRUNDWASSER**

Der Grundwasserspiegel korrespondiert mit dem jeweiligen Saalewasserspiegel im Norden als Vorfluter. Nach der chem. Analyse besitzt das Grundwasser keine betonschädlichen Eigenschaften.

Der Saale-Wasserspiegel wird durch das Saale-abwärts benachbarte Wehr bei Saale-Normalwasser auf ± gleich bleibender Höhe gehalten. Bei Hochwasser wird das Wehr geöffnet.

Während der Auskofferung im Abschnitt Süd, der mind. 2,70 m unter OK EG der Bebauung ging, war eine Grundwasserabsenkung um rd. 1,0 m erforderlich.

Im Abschnitt Mitte, wo die Auskofferungssohle für die tieferliegenden Auelehmlagerungen 4,85 m Tiefe erreicht, waren Absenktiefen von ca. 2 m erforderlich, ohne dass bauzeitig ein Hochwasser eingetreten ist.

## 2.5 BODENKENNWERTE

Im Baugrund- und Gründungsgutachten ETN 2003 wird ausgeführt:

### **Einstufung in Bodengruppen und Bodenklassen**

Die Bodenschichten sind in den Schichtenbildern an Hand der Feld- und Laboruntersuchungen nach DIN 4022/4023 benannt und beschrieben, sowie ingenieurgeologisch mit dem Vorbehalt beurteilt, dass der unter den Polstergründungen schrittweise freigelegte gewachsene Untergrund mit einem Sondier-Raster von ca. 10 x 10 m geprüft wird .

Die Einstufung der Bodenschichten erfolgt allgemein für erd- und grundbautechnische bzw. geotechnische Zwecke in Bodengruppen nach DIN 18 196, sowie speziell für VOB-Erdarbeiten in Bodenklassen nach DIN 18 300.

Dazu wird auch auf das Baugrundgutachten Büro NOACK von 2002 nebst MFPA Laborversuchsergebnissen und Prüfberichten Prof. Dr.-Ing. Witt Bezug genommen.

### **Ansatz der Bodenkenngrößen**

Beim Ansatz der Bodenkenngrößen wird von der Bodengruppen-Einstufung nach DIN 18 196, d.h. von der

"Zusammenfassung der Bodenarten in Gruppen mit annähernd gleichem stofflichem Aufbau und ähnlichen bodenphysikalischen Eigenschaften"

ausgegangen und die ausgeführte Feld- und Laboruntersuchung, sowie die vorhandene Versuchserfahrung im Sinne der DIN 1 055, Teil 2 (Lastannahmen für Bauten, Bodenkenngrößen) berücksichtigt.

Danach sind für die Standsicherheitsbeurteilungen die mittleren Berechnungs-Kenngrößen in der Tabelle neben den Bodengruppen und Bodenklassen zusammengestellt.

Schicht DIN 4022/23 Nr.	Bodengruppe DIN 18 196	Bodenklasse DIN 18 300	Berechnungs-Kenngröße
----------------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------

(1) <u>Auffüllung</u> , Asche - Sedimente, ± mineral. verkittet	[SW/SU]	3 bis 5	$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$
(2) <u>Auelehm</u> , Schluff, ± sandig, ± tonig, ± schwach organisch, steif und steif bis weich	TL-TM UM/OU	4	$\gamma/\gamma_{\square a} = 18/11 \text{ kN/m}^3$ $c' = 5 \text{ kN/m}^2$ $\varphi' = 20^\circ$ $E_S = >5.000 \text{ kN/m}^2$
(3) <u>Saalekies</u> , Kies, ± sandig und ± schluffig, locker, mitteldicht und dicht	GW/GU	3	$\gamma/\gamma_{\square a} = 20/11 \text{ kN/m}^3$ $\varphi = 0 \text{ kN/m}^2$ $c' = 35^\circ$ $\varphi' = 80.000 \text{ kN/m}^2$ bis $120.000 \text{ kN/m}^2$
(4) <u>Fels-Zersatz</u> , Sand, schwach schluffig, mineral. gebunden, dicht gelagert	SE/SU	5	$\gamma/\gamma_{\square a} = 20/13 \text{ kN/m}^3$ $c' = 10 \text{ kN/m}^2$ $\varphi' = 32,5^\circ$ $E_S = >40.000 \text{ kN/m}^2$
(5) <u>Fels</u> , Sandstein, verwittert bis unverwittert, wechselnd feste mineral. Bindung	Fels	6 bis 7	$\gamma/\gamma_{\square a} = 22/15 \text{ kN/m}^3$ $c' = 300 \text{ kN/m}^2$ $\varphi' = 35^\circ$ $E_S = 200.000 \text{ kN/m}^2$ bis $250.000 \text{ kN/m}^2$
<b>Polsteraufbau nach Abtrag Schicht (1) und (2)</b>			
<u>Polsterlagen</u> 0/56 mm aus qualitätsgesicherter, erosionsstabil gut abgestufter Körnung verdichtet auf 100 % Proctordichte und $E_{V2} = 100 \text{ MN/m}^2$	GW	3	$E_S = 150.000 \text{ kN/m}^2$
<u>Polsterlagen</u> 0/300 mm aus qualitätsgesicherter, erosionsstabil gut abgestufter Körnung verdichtet auf □ 100 % Proctordichte und $E_{V2} = 100 \text{ MN/m}^2$	GW + Steine	3	$E_S = 125.000 \text{ kN/m}^2$
<u>Saalekies</u> , dicht gelagert in den Polstersohlen auf $E_{V2} \square = 60-80 \text{ MN/m}^2$ verdichtet	GW-GU	3	$E_S = 100.000 \text{ kN/m}^2$

**Tabelle 1:** Bodenkennwerte Baugrundertüchtigung

**\*) Umrechnung Newton in Pond**

$10 \text{ kN/m}^3 = 1 \text{ Mp/m}^3$

$100 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ kp/cm}^2$

$1 \text{ MN/m}^2 = 10 \text{ kp/cm}^2$

$100 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kp/cm}^2$

$\gamma_{\square a} =$  Natürliche Wichte/unter Auftrieb

$c' =$  Kohäsion

$\varphi' =$  Reibungswinkel

$E_S =$  Steifemodul, 1. Belastung

### 3 ERDBAUMAßNAHMEN ZUR BAUGRUNDERTÜCHTIGUNG

Entsprechend den Bebauungs-Absichten des Papierfabrik-Investors bot es sich bei dem Dreiecks-Zuschnitt der Bebauungsfläche an, die Baugrundertüchtigung im Bereich Nord für schwerbelastete Lagerflächen, den Bereich Mitte und Süd für die Bebauung mit Schwerlast-Gebäuden der geotechnischen Kategorie 3 (DIN 4020/1054) vorzunehmen.

Nach den Untersuchungen ETN im Auftrag des Investors war dazu nicht nur der Halden-Abtrag, sondern auch die Auskoffnung der nichttragfähigen Deckschichten des gewachsenen Untergrunds erforderlich.

Die analog den Planums - Definitionen ZTVE-StB 94/97 herzustellenden Bebauungsebenen als „verfestigter oder verbesserter Untergrund“ waren dabei im Bezug auf die projektierte Werksebene-OK EG wie folgt herzustellen:

- Bereich Nord (Lagerflächen) OK-Planum = -0,80 m
- Bereich Mitte (PM-Schwerlast) OK-Planum = -2,85 m
- Bereich Süd (RTL-Schwerlast) OK-Planum = -0,70 m

Die Stärken des im Sinne einer „Baugrundertüchtigung für die bauliche Nutzung“ lagenweise verdichteten Polsteraufbaus waren danach folgende:

- **Polster Nord**, Dicke  $d = \text{ca. } 3\text{-}4 \text{ m}$  nach den örtlichen Gegebenheiten des freigelegten gewachsenen Untergrundes. Polstermaterial Kamsdorf 0/300 mm in der Basis, sonst 0/56 mm, ggf. auch in Sandwich-Bauweise mit Sand-Kiesmaterial aus der Auskoffnung von gewachsenem Boden und Verdichtung auf  $E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$  nach ZTVE
- **Polster Mitte**, Dicke  $d = 2,00 \text{ m}$  auf gewachsenem Sand-Kies einschließlich seitlichem Druckausbreitungsbereich der möglichen Bebauungsfläche. Polsteraufbau ausschließlich mit gut abgestuftem gebrochenem Felsmaterial Kamsdorf der Körnung 0/56 mm, im Hinblick auf mögliche dynamische Beanspruchungen des Baugrundes porenarm- bzw. filter- und erosionsstabil eingebaut und auf  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  verdichtet.
- **Polster Süd**, Dicke  $d = 2,00 \text{ m}$  mit Aufbau wie im Bereich Mitte. Hier wurden zu Beginn der Polsterherstellung in einem Probefeldbau die aus dem Großtagebau Kamsdorf verfügbaren Körnungen überprüft mit dem Ergebnis, dass aus Kostengründen nur im Bereich Nord und Süd die unterste Polsterlage mit Körnung 0/300 verwendet werden konnte. Die aufgehenden Polsterlagen waren dagegen sowohl aus Gründen der Qualität als auch aus Gründen eines zügigen Bauablaufs besonders im Abschnitt Süd und Mitte mit gut abgestuftem, nicht zu bindiger Körnung 0/56 mm mit einem Mindest-Sandgehalt von 20 % herzustellen. Hieraus ergaben sich für die Sieblinien-Nachweise des Steinbruchbetriebes zusammen mit max. 5 % Schlämmkornanteil der Siebliniendurchgang bei 2 mm in der Mindestgröße von 25 % der Proben-Gesamtmenge für den Einbau im Polster Süd und Mitte.

Aus Gründen einer gleichmäßig gering zu haltenden Grundwasserabsenkung und im Hinblick auf die zu erwartenden Grundwasserstandsänderungen wurde als untere Polsterlage ein 0,3 m dickes Gravitations-Flächenfilter aus gebrochener Körnung  $\text{Ø } 2/32 \text{ mm}$  mit beidseitiger Geotextil-Einlage für die Filterstabilität vorgesehen. Auf OK Filter wurde ein reduzierter Plattendruckwert  $E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$  zugelassen. Dementsprechend waren für die



Wasserhaltung flache Pumpensümpfe zusammen mit flachen Rand-Dränagen bzw. Rigolen ausreichend.

**Tabelle 2:** Kontroll-Formular „Erdbau“, Bereich „Mitte“

**ETN-Beurteilung / Bereich Mitte / Nr.:** ..... Az.: 02/4195/2  
**Gegenprüfung Erdbautechnische Anforderungen an Baugrundertüchtigung**  
 LEG-Industriegelände "Süd" Rudolstadt-Schwarza Ortstermin ..... /Uhrzeit.....

<b>Bereich Mitte</b> (Lageplan Prüffläche gem. EPC-Masterplan vom .....			
<b>An- forde- rungen Ziff. 4.2u. 4.3</b>	<b>Teilnehmer</b> ETN	:	.....
	<b>Ortstermin:</b> LEG/EPC	:	.....
	Prof. Witt-MFPA	:	.....
	Erdbau-Fa CTS-Bauer	:	.....
<b>(1)</b>	<b>Auskoffierung bis Sand-Kies</b>	<b>Zeile</b>	<b>Prüf-Bemerkung:</b>
	-Eckpunkt-Koordinaten (gem. Masterplan EPC) .....	1	
	-Baugruben-Querprofile (gem. Anforderungen) .....	2	
<b>(2)</b>	<b>Polster-Material</b> Ø .....mm/Steinbruch .....	3	
	-Eignungsuntersuchung vom .....	4	
	-ETN-Probe Polstermaterial .....	5	
<b>(3)</b>	<b>Sohle Polster / Soll/Ist NN + .....</b>	<b>m</b>	6
	-Sand-Kies/Auskoffierung mit 0/56 zusätzlich .....	7	
	-GW-Haltung/ohne/mit Gravitationsflächenfilter Ø 2/32 mm ..	8	
	-ETN-Proben Sand-Kies/DPL-5-Sondierung .....	9	
	-Geotextil-Einbau .....	10	
<b>(4)</b>	<b>Polster-Streifen Mitte Prüfebene NN+ .....</b>	<b>m</b>	11
	-Korn-Entmischung/Makroporen .....	12	
	-ETN-PL-Versuch/DPL-5-Sondierung .....	13	
	-ETN-Handschruf-Probe bei PL-Punkt...../ ... Lage	14	
<b>(5)</b>	<b>Polster außerhalb Mittelstreifen Prüfebene NN + .....</b>	<b>m</b>	15
	-Korn-Entmischung/Makroporen .....	16	
	ETN-PL-Versuch/DPL-5-Sondierung .....	17	
	-ETN-Handschruf-Probe bei PL-Punkt/...../ ... Lage	18	
<b>(6)</b>	<b>Prüfergebnisse/Erdbau-Fa./MFPA</b>		19
<b>(7)</b>	<b>Ergebnis Gegenprüfung der erdbautechnischen Anforderungen/Freigabe ETN</b>		
	Ohne Vorbehalt / mit Vorbehalt Nachweis für setzungstabile Lagerungsdichte	20	
	<b>Verteiler</b> - Fa. A. JASS-Schwarza-GmbH	21	
	<b>nachrichtlich:</b> - LEG/EPC/Prof.Witt-MFPA/CTS-Bauer		
	<b>Datum/Unterschrift ETN</b>	22	

**Anmerkung:** Polster im Sinne Baugrundertüchtigung für bauliche Nutzung

Aufgrund der Probefeld - Erfahrungen insbesondere mit der Lieferqualität des Kamsdorf - Materials wurde von ETN parallel zur Fremdüberwachung MFPA eine Beurteilung mit dem Kontroll-Formular „Erdbau“ gemäß Tabelle 2 vorgenommen und auf der Baustelle sofort weitergegeben oder per Fax an alle Beteiligten versandt.

Auf diese Weise konnten in Abstimmung mit der Fremdüberwachung Qualitätsdefizite systematisch vermieden oder unverzüglich behoben werden, ohne bis zum nächsten Tag die Auswertung von ergänzenden Laborversuchen oder dgl. abzuwarten.

Als Anhalt für die Baustelle wurden u.a. die Punkte der folgenden Check-Liste im Hinblick auf einen zügigen qualitätsgesicherten Baufortschritt beachtet:

### **Check-Liste zur Baugrundertüchtigung**

- 1** Der verantwortliche Bauleiter der Erdbaufirma hat die erdbautechnischen Bedingungen für die Baugrundertüchtigung des Baugebiets ständig zu beachten.
- 2** Die Fremdüberwachung Prof. Witt/MFPA prüft entsprechend der Leistungsbeschreibung und dem Leistungsverzeichnis zu den beauftragten Erdbauarbeiten.
- 3** Die Plattendruckversuchsergebnisse der Eigenüberwachung der Erdbaufirma werden vom Bauleiter noch am gleichen Tag nebst Lageplanskizze mit handschriftlichen Erläuterungen per Fax als 1. Information an alle Beteiligten weitergesandt.
- 4** Es dürfen nur gebrochene Polstermaterialien mit ausreichend abgestuften Körnungen (Polsterschicht Ø 0/56 mit  $\geq 20$  % Sandanteil) eingebaut werden, um einen porenarmen Lagerungszustand ähnlich einem dicht gelagerten gewachsenen Sand-Kies-Boden zu erreichen.
- 5** Auf sandarmen d. h. entmischten Prüfebenen sind generell keine ausreichenden Plattendruckergebnisse zu erreichen. Diese Bereiche dürfen nicht im entmischten Zustand im Polster belassen werden. Ein ggf. positiver Plattendruck-Nachweis wird deshalb nicht akzeptiert.
- 6** Ist eine Korn - Entmischung nur in den oberen cm vorhanden, darf eine dünne Absandung mit Brechkorn 0/2 mm nebst Plattenrüttler - Nachverdichtung zum Herstellen eines porenarmen Lagerungszustandes erfolgen. Tiefergehende Entmischungen sind stets auszutauschen.
- 7** Materialien, deren Kornverteilung nicht den Anforderungen entspricht, sind bereits bei der Anlieferung – Kontrolle vom Polier bzw. Schachtmeister vom Einbau auszuschließen.
- 8** Gewachsene Schlufflinsen, die in der Polstersohle über dem gewachsenem Sand-Kies-Untergrund anstehen, sind von der Erdbaufirma stets auszutauschen und mit Aufmaß zu dokumentieren.

So war es auch möglich bei Material-Engpässen nach Probefelduntersuchungen auf gleichwertige Materialien anderer Steinbrüche auszuweichen.

Neben der ZTVE - Prüfmethode M 1 mit statistischer Auswertung der Prüfergebnisse bot sich bei der großen Polsterfläche im Bereich Mitte die ZTVE – Prüfmethode mit einem flächendeckenden dynamischen Meßverfahren an. Um diese Methode zuzulassen wurden Probeläufe auf bereits mit Plattendruckversuchen geprüften Flächen durchgeführt. Durch den Einsatz des dynamischen Meßverfahrens konnte dann die Erdbaufirma Bereiche mit geringerer Verdichtung flächendeckend lokalisieren und ergänzend verdichten. Bei den Freigabeterminen zum Weiterbau des Polsters waren dann nur noch wenige Plattendruckversuchs-Stichproben an solchen Stellen erforderlich, die beim Befahren mit der 12 t Walze noch geringe Spurenbildungen aufwiesen.

Bei nicht ausreichendem Prüfergebnis wurde stets das Auflager der Belastungsplatte im Sinne der DIN 18134 aufgegraben und die Kornverteilung nebst Wassergehalt von Hand geprüft und erforderlichenfalls ein Materialaustausch veranlasst.

#### **Prüf-Hinweis**

Für großflächige Polsterschüttungen mit 0/56 mm hat die Kontrolle mit dynamischen Plattendruckversuchen nur eine geringe Aussagekraft. Jedoch hat sich der Einsatz der leichten Rammsonde als gutes Hilfsmittel zum Aufspüren von Defiziten der Lagerungsdichte in tieferen Polsterbereichen erwiesen.

Trotz 2-Schichten Erdbaubetrieb und Einsatz einer 25 m<sup>3</sup> LKW-Flotte von ca. 30 Wagen (Biodiesel !) drohte für die Herstellung der letzten Polsterlage im Bereich Mitte witterungsbedingt ein mehrwöchiger Verzug der Fertigstellung.

Dazu wurde eine 0,25 m tiefe Vermörtelung der Polsteroberfläche mit einer besonders leistungsfähigen Fräse (ca. 600 PS) vorgenommen. Dadurch wurden in der plangemäßen Bauungsebene Werte von  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  verbunden mit einer homogenen Lagerungsdichte des Schüttmaterials  $\emptyset$  0/56 mm sichergestellt.

Anfang Dez. 2003 konnten an Hand der abschließenden Beurteilung und Dokumentation sowohl der Fremdüberwachung als auch der ETN - Begleitung die Polster-Bauungsebenen in allen 3 Bereichen des Baugebietes zur Bauung im Sinne des Bauungsplanes freigegeben werden.

## **4 GRÜNDUNG UND SETZUNGSVERHALTEN DER „SCHWERLAST“-BEBAUUNG**

Die umfangreichen Gründungsarbeiten und die anschließenden Fertigteilmontagen für das Papiermaschinengebäude und das Rollenturmlagergebäude sind ebenso wie die Herstellung des Altpapierlagers und der Verkehrsflächen im zeitlichen Ablauf so fertig gestellt worden, dass eine der weltgrößten Papiermaschinen am 15.12.2004 mit einer Produktionsgeschwindigkeit des 7,5 m breiten Papierbandes von über 1000 m/min (60 km/h !) in Betrieb gehen konnte.

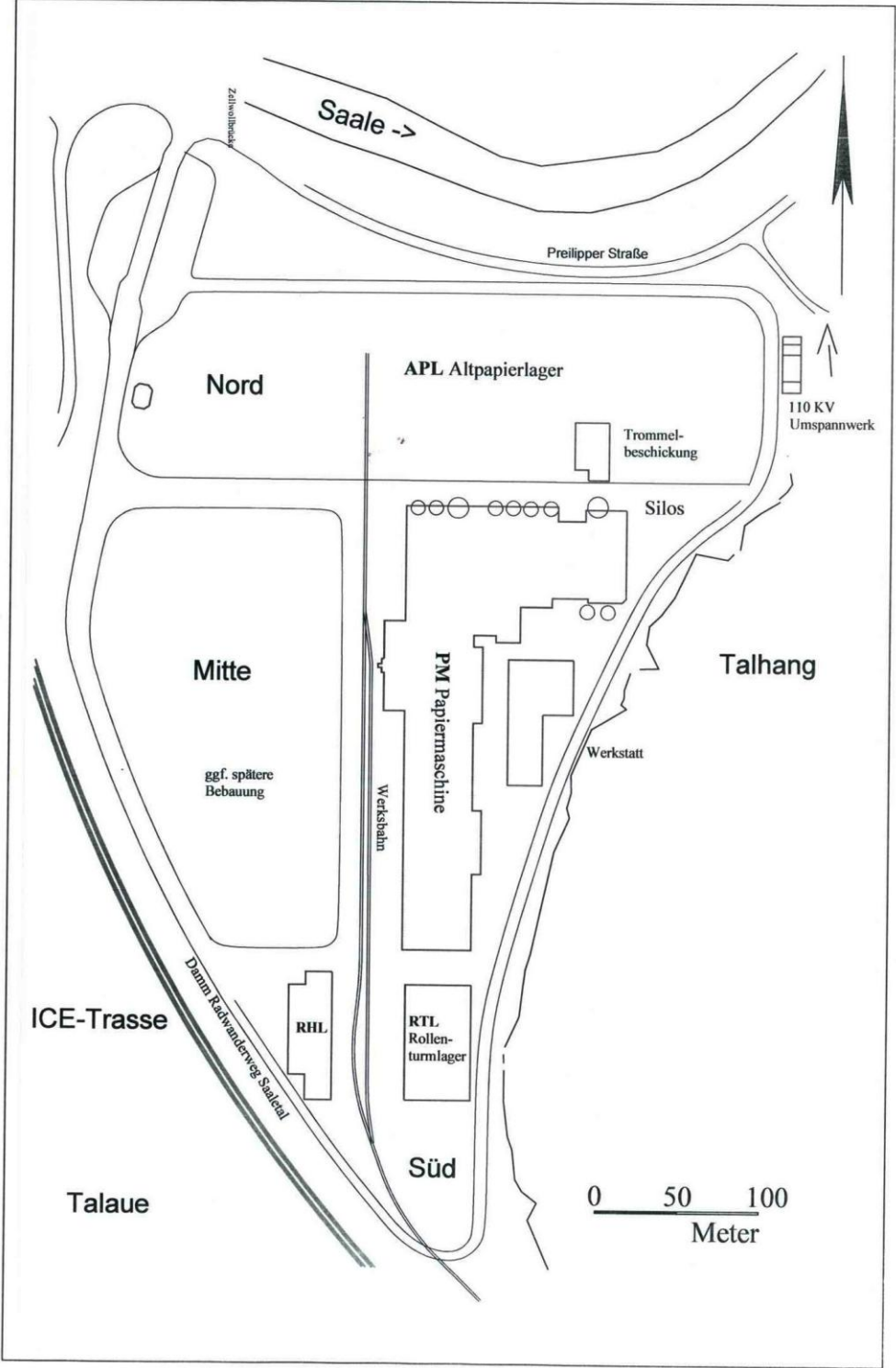
Auf dieser Großbaustelle waren in der 2. Jahreshälfte 2004 im 2-Schichtbetrieb bis zu 1000 Maschinen-Monteur und Bauleute tätig.

Die Anordnung der Bauteile im Industriegelände ist dazu aus Abb. 2 zu entnehmen.

Im Hinblick auf die Gründung der Papiermaschinen- und Stützen-Fundamente wurde zur Frostsicherung das Polster im Bereich Mitte mit Material 0/56 mm ca. 0,5 m hoch überschüttet. Bei Frostwetter konnte dann die Polster - OK unmittelbar vor der abschnittweisen Herstellung der Fundamente frostfrei freigelegt und die Gründung ohne jede Witterungsunterbrechung bis März 2004 erfolgen. Dies war die entscheidende Voraussetzung für die rechtzeitige Fertigteilmontage der Halle und den anschließenden Beginn der Papiermaschinen-Montage im Juli 2004.

Sowohl die 12 m breiten und bis 2,5 m hohen Fundamentblöcke der über 200 m langen Papiermaschine als auch die 2,5 m hohen Köcherfundamente wurden als Unterbau für die mit Betriebseinrichtungen schwer belasteten Hallenfußbodenplatte bei lagenweiser Verdichtung umschüttet. Neben den hohen Fundamentlasten hatte somit das Polster der Baugrundertüchtigung Flächenlasten von mind. 60 kN/m<sup>2</sup> aufzunehmen.

**Abb. 2:** Neubauten in den 3 Baugrundertüchtigungs-Bereichen „Nord“, „Mitte“ und „Süd“ (siehe Abb. 1)



Sobald in der Umgebung des Maschinenfundaments eine gleichmäßig hohe Umschüttung erreicht war, wurde die Wasserhaltung des Basis-Flächenfilters eingestellt und so unter gleichmäßigen Auflastbedingungen der Grundwasseranstieg bis OK Polster, d.h. entsprechend dem korrespondierenden Saalewasserspiegel zugelassen.

Mit der relativ flachen Gründung des Rollenturmlagers konnte bis zum Frostaufgang 2004 ebenso wie mit den sonstigen Nebengebäuden sowie Lager- und Verkehrsflächen gewartet werden.

Ohne auf weitere Details der umfangreichen Gründungs- und Erdbaumaßnahmen einzugehen wird hier über die Setzungsanforderungen im Vergleich mit den gemessenen Setzungen berichtet.

Die Setzungs-Vorgaben von Statik und Anlagenbau als Grenzwerte für die reparaturfreie Gebrauchstauglichkeit ergibt sich aus **Tabelle 3**. Die zugehörigen Ergebnisse der im Dezember 2004, d.h. nach Abschluß der Maschinen-Montage, begonnenen Setzungsbeobachtungen sind ebenfalls aus Tab. 3 zu entnehmen.

Dabei ist zu unterscheiden zwischen den Meßpunkten in Meterrißhöhe an den Maschinenstuhl-Stützen Baubetriebs und den Höhenkontrollen in rd. 8 m Höhe auf dem Maschinenstuhl vom Anlagenbau justiert einbetonierten Fundamentschiene der Papiermaschine zu unterscheiden.

**Tabelle 3:** Toleranzvorgaben und mittlere Setzungen (2004/2005)

Bauteil	Toleranz-Vorgabe Setzung $\Delta S$ [mm]	Meter-Riß Setzung $\Delta S$ [mm]	Fundamentschiene TS Setzung $\Delta S$ [mm]
PM 1 Maschinen	Quer (12 m) $\Delta S = 6$ Längs $\Delta S = 12$	38 Meßpunkte $\Delta S = 1,5 \pm 1,5$	42 Meßpunkte $\Delta S = 1,5 \pm 1,5$
PM 1 Stützen Kranbahn	Raster 7,5 m $\Delta S = 10$	$\Delta S = 1,5 \pm 1,5$	/
RTL-Stützen	Raster 7,5 m $\Delta S = 10$	$\Delta S = 0,5 \pm 0,5$	/
RTL-Bodenplatte	auf 1 m $\Delta S = 1,5$ auf 4 m $\Delta S = 4,5$ auf 15 m $\Delta S = 7,5$	$\Delta S = 0$	/
12 Silo-Türme $H_{\max} = 25$ m	$\Delta S = 20 \pm 7,5$ max $\Delta S = 15$	37 Meßpunkte $\Delta S = 5 \pm 5$	/
110 kV- Umspannwerk H=25 m	$\Delta S = 10 \pm 5$	9 Meßpunkte $\Delta S = 1,5 \pm 1,5$	/

Bei den Fundamentmaschinen-Messungen des Anlagenbaus wird noch unterschieden zwischen den

- Setzungen der Triebseite TS mit  $\Delta S = 1$  bis 3 mm (s. Tabelle 3),  
sowie den
- Setzungen der Führungsseite FS als Unterschied  $\Delta S_{\text{quer}}$  zur Triebseite TS mit  $\Delta S = 1,0 \pm 0,5$  mm.

Hieraus resultiert nur eine geringe Schiefstellungstendenz.

Die Fundamentschienen-Messungen wurden mit 0,2 mm Anhaltengenauigkeit ausgeführt und stimmen gem. Tabelle 3 mit den Ergebnissen der Messungen an den 1-Meterriß-Marken sehr gut überein.

Die Meßkontrollen werden im Hinblick auf das Zeitsetzungsverhalten fortgesetzt, worüber später zu berichten sein wird.

Die nach dem für das neue Industriegebiet Süd im Stadtteil Schwarza von Rudolstadt im Auftrag LEG erfolgte Baugrundertüchtigung hat somit eine einwandfreie u. funktions - sichere Gründung der setzungsempfindlichen Schwerlastgebäude- und Anlagen ermöglicht.

**Unterlagen:**

- [1] Bebauungsplan Nr. 1.2 Industriegebiet Süd Rudolstadt - Schwarza 2001
- [2] Erdbautechnische Angaben zur Baugrundertüchtigung für eine Papierfabrik-Bebauung
- [3] Dokumentation der Baugrundertüchtigung 2003
- [4] Setzungstoleranzen des Anlagenbaues
- [5] Setzungsbeobachtungen im Auftrag des Bauherrn und des Anlagenbaus 2004/2005