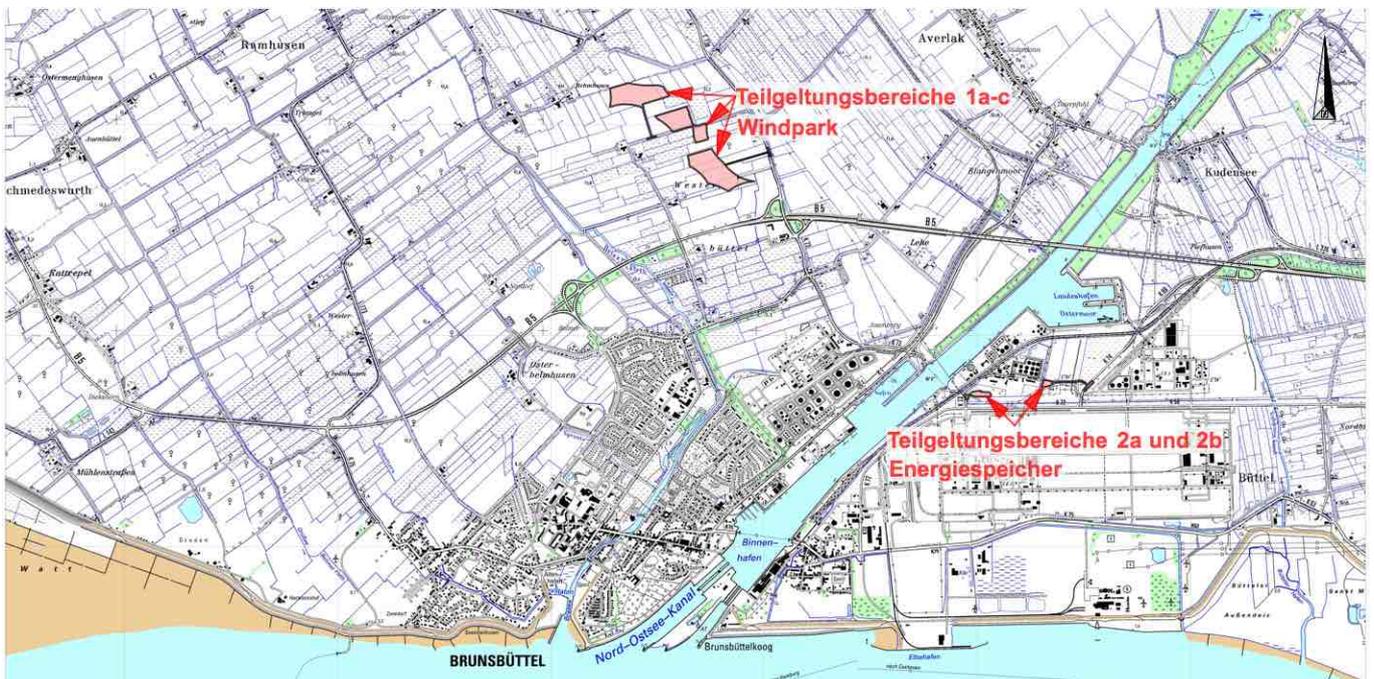


---

# Stadt Brunsbüttel

Vorhabenbezogener B-Plan 77

## VEP 4.7: Neubau Biomasseheizkraftwerk in Brunsbüttel – Baugrundbeurteilung / Gründungsberatung



Vorhabenträger:



**WIND TO GAS**  
Südermarsch

Planungsgesellschaft Wind to Gas  
Brunsbüttel GmbH & Co. KG  
Süderstraße 40  
25709 Marne

Stand:

November 2016  
Satzungsbeschluss

---



ARGE Biomasse  
Heizkraftwerk Brunsbüttel  
Altenmoor 15, 25335 Altenmoor  
üb.: Dipl.-Ing.  
Strube  
Storchenfleth 1  
  
25348 Glückstadt

Gründungsberatung  
Baugrunduntersuchung  
Bodenmechanik  
Erdbaulaboratorium

Tel. 0431 - 79 969 0  
Fax 0431 - 79 969 25  
e-mail: info@grundbau-muecke.de

Ihre Zeichen	Ihre Nachricht	Mein Zeichen	Tag
		360/06 qu/pa-mi	15.05.07

Neubau Biomasseheizkraftwerk in Brunsbüttel

## Baugrundbeurteilung/Gründungsberatung

### 1. Vorgang

In Brunsbüttel ist im Industriegebiet Süd, auf dem Werksgelände der total Bitumen Deutschland GmbH, Werk Brunsbüttel, westlich der Lagerstraße I und südlich der Zufahrtsstraße der Neubau eines Biomasseheizkraftwerkes geplant. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Baukörper als „Schubbodenanlage“, „Kesselhaus“, „Luftkondensator“, „Rauchgasreinigung“ und einen Kamin (Schornstein) sowie entsprechende Büro-/Sozialräume und Nebenanlagen. Zur Installierung der geplanten Bauteile/Baukörper ist für den Bauzustand die Aufstellung eines 500 t – Autokran vorgesehen.

Der Unterzeichner nimmt Im Folgenden, u. a. als Grundlage für die Tragwerksplanung, Ausschreibung und Baudurchführung, zu den Baugrund- und Grundwasserverhältnissen Stellung.

Für die gutachtliche Bearbeitung stehen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- 1 Übersichtsplan Maßstab 1 : 1000
- 1 Lageplan Maßstab 1 : 500
- 1 Blatt Grundriss Rauchgasreinigung Maßstab 1 : 100
- 1 Blatt Grundrisse, Schnitte Luftkondensator Maßstab 1 : 100
- 1 Blatt Grundriss Kesselhaus Maßstab 1 : 100
- 1 Blatt Grundriss, Schnitte Schubbodenanlage Maßstab 1 : 100
- 1 Blatt Schnitte Chemikalien Entladung und Heizöltank Maßstab 1 : 100

- 1 Blatt Draufsicht, Schnitt LKW-Waage Maßstab 1 : 100
- 1 Blatt Schnitte Rauchgasreinigung Maßstab 1 : 100
- Ergebnisse aus Drucksondierungen der Fugro Consult GmbH, Lilienthal, vom 07.05.2007
- Prüfbericht des Instituts für Gewässerschutz und Umgebungsüberwachung IGU vom 14.05.2007
- Unterlagen des Unterzeichners aus benachbarten, auf dem Gelände der total Bitumen Deutschland GmbH beratenen Baumaßnahmen aus dem Jahr 2003
- Ergebnisse aus Baugrunduntersuchungen des Unterzeichners vom 07.05. und 08.05.2007
- Ergebnisse als Laboranalysen des Unterzeichners vom 14.05.2007
- Setzungs- und Grundbruchberechnungen des Unterzeichners

## 1.1 Gebäudedaten

### Schubbodenanlage:

Außenabmessungen (gesamt): Länge x Breite  $\cong$  35,22 m x 28,80 m

Höhenlagen (Vorgaben)

- Oberkante Rohsohlen: rd. +1,30 m NN bis rd. -1,30 m NN
- Gründungssohlen: rd. +0,70 m NN bis rd. -1,60 m NN

### Kesselhaus:

Außenabmessungen (gesamt): Länge x Breite  $\cong$  39,67 m x 26,04<sup>5</sup> m

Höhenlagen (Vorgaben)

- Oberkante Rohsohle: rd. +1,30 m NN bis rd. +0,84 m NN
- Gründungssohle: rd. +0,56 m NN bis rd. +0,44 m NN

### Luftkondensator:

Außenabmessungen: Länge x Breite  $\cong$  24,50 x 13,00 m

Höhenlagen (Vorgaben)

- Oberkante Rohsohle: rd. +1,30 m NN
- Gründungssohle: rd. +0,60 m NN

### R a u c h g a s r e i n i g u n g:

Außenabmessungen: Länge x Breite  $\cong$  10,94 x 8,59 m

Höhenlagen (Vorgaben)

- Oberkante Rohsole: rd. +1,30 m NN
- Gründungssole: rd. +0,90 m NN

### K a m i n:

Durchmesser:  $\varnothing \cong$  2,00 m  
Höhe: H  $\cong$  37,00 m

Höhenlagen (Vorgaben)

- Oberkante Fundament: rd. +1,30 m NN
- Gründungssole: rd. -0,20 m NN

## 2. Baugrund

### 2.1 Baugrundaufbau

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden im Grundrissbereich der geplanten Baukörper 3 Rammkernsondierbohrungen gemäß DIN 4021 (BS 1 bis BS 3) bis in eine Tiefe von max. 24,00 m ab Geländeoberfläche sowie 7 Drucksondierungen gemäß DIN 4094 (CPT 1 bis CPT 7) bis max. 37,50 m ab Geländeoberfläche abgeteuft. Ferner wurde ein temporärer Grundwasserbeobachtungspegel zur Entnahme einer Wasserprobe eingebaut.

Die Ansatzpunkte der Sondierungen können dem Lageplan (Anlage 1) entnommen werden.

Sämtliche Sondierpunkte wurden u. a. höhenmäßig eingemessen und auf einen Messpunkt angrenzend an die Zufahrtsstraße westlich der geplanten Baumaßnahme bezogen (HBP = +1,124 m NN).

Die Baugrundsichtung und der Verlauf der Drucksondierungen wurden in den Anlagen 2.1 und 2.2 zeichnerisch dargestellt.

Unterhalb von Aufschüttungen folgt Klei, der von einer Sandschicht durchzogen wird. Den organischen Weichschichten unterlagert wurde Sand bis in die Endteufen reichend erbohrt. In den Sondierungen 2 und 3 wurden unterhalb des Kleis, im Übergangsbereich zum Sand, Torfschichten erbohrt.

### 2.2 Baugrundeigenschaften

Zur bodenmechanischen Kennwertbestimmung standen Bodenproben der Güteklasse 3 und 4 aus Rammkernsondierbohrungen  $\varnothing$  80 mm bis 40 mm zur Verfügung. Im Erdbaulaboratorium wurden Wassergehalte und Kornfraktionen an relevanten Bodenproben ermittelt. Die Einzelergebnisse können den Anlagen 3 und 3.1 entnommen werden. Zusätzlich wurden sämtliche Proben im Erdbaulaboratorium in Augenschein genommen und mit der Feldansprache verglichen. Die Ergebnisse der Drucksondierungen wurden in die Beurteilung der Tragfähigkeitseigenschaften einbezogen.

Die Einstufung der Durchlässigkeitsbeiwerte erfolgte auf der Grundlage von Kornanalysen sowohl durch die Auswertung nach Hazen als auch durch die Einstufung gemäß der Diagramme (Langguth, Voigt, hydrogeologische Methoden).

Die Bodenkennwerte der im Folgenden behandelten Böden sind in Abschnitt 2.3 tabellarisch aufgeführt.

### 2.2.1 Aufschüttungen

Bei den bis zu rd. 1,00 m unter Geländeoberfläche anstehenden Aufschüttungen handelt es sich um Schluffe und gemischtkörnige Sande, die mit humosen/organischen Bestandteilen sowie Wurzel-, Pflanzen- und Ziegelresten versetzt erbohrt wurden. In der BS 1 wiesen die Aufschüttungen schichtweise Schadstoffgerüche auf.

Sämtliche Aufschüttungen, die allgemein den Oberboden darstellen, werden aufgrund ihrer humosen/organischen Bestandteile, nicht auszuschließender Hohlräume und Inhomogenität (unkontrollierter Einbau) als setzungsverursachend und nur sehr bedingt tragfähig eingestuft.

### 2.2.2 Klei

Klei wurde als ortsübliche Bodenart, unterhalb der Aufschüttungen, von einer Sandschicht durchzogen und in den Sondierungen 2 und 3 von Torf unterlagert erbohrt. Hierbei handelt es sich um nach-eiszeitliche, organische Ablagerungen, die teilweise Pflanzenreste aufwiesen.

Nach Feldansprache wurde die Konsistenz des Kleis aufgrund der oberflächennahen Austrocknung zunächst mit steif und folgend mit weich-steif und weich angegeben.

Im Erdbaulaboratorium wurden Wassergehalte von  $w = 43,14\%$  bis  $w = 102,30\%$  ermittelt, die den nach Feldansprache angegebenen Konsistenzbereichen zuzuordnen sind.

Entsprechend den Laboranalysen, der Bodenansprache im Erdbaulaboratorium sowie nach Erfahrungen des Unterzeichners ist davon ausgehen, dass die Eigenkonsolidierung zum Teil abgeklungen

ist. Langfristig ist jedoch unbedingt mit einer weiteren Zersetzung und Komprimierung, insbesondere bei schon geringfügiger Belastung, zu rechnen.

Der Klei wird als setzungsverursachend und nur sehr bedingt tragfähig eingestuft.

Die Einstufung der Steifeziffern (Festigkeit) wurde aufgrund wissenschaftlicher Untersuchungen des Dipl.-Geol. Dr. M. Aai-Omid und Dipl.-Geol. Dr. G. Seifert (siehe Bauingenieur 1980, Nr. 55) u. a. nach Wassergehalten vorgenommen:

Wassergehalte	w = 30 % - 50 %	E = 2000 – 1000 kN/m <sup>2</sup>
	w = 50 % - 150 %	E = 1000 – 500 kN/m <sup>2</sup>

### 2.2.3 Sand

Sande standen dem Klei schichtweise zwischengelagert, in einer Tiefenlage zwischen rd. 7,80 m und rd. 9,80 m unter Geländeoberfläche und einer Mächtigkeit bis zu rd. 5,30 m sowie den organischen Weichschichten unterlagert, bis in die Endteufen reichend an. Hierbei handelt es sich um Fein- und Mittelsande, die unterschiedlich hohe Anteile an Kies und Schluff aufwiesen. Teilweise wurden die „oberen“ Sande mit humosen/organischen Bestandteilen und Kleibändern/-schlieren versetzt erbohrt,

Die Körnungslinien der Anlage 3.1 stellen repräsentativ den Kornaufbau der Sande dar, wonach von eng gestuften Fein- und Mittelsanden der Bodengruppen SU und SE nach DIN 18 196 auszugehen ist.

Nach Einstufung entsprechend dem Bohrfortschritt (normal, normal-schwer zu bohren) und nach den Ergebnissen der Drucksondierungen mit Spitzendrücken von  $q_s = 5 \text{ MN/m}^2$  bis  $q_s \geq 40 \text{ MN/m}^2$  ist von einer locker-mitteldichten Lagerung der „oberen“ Sande und einer dichten Lagerung der im Liegenden anstehenden Sande auszugehen.

Die Sande stellen einen ausreichend bis sehr gut lastabtragungsfähigen Baugrund dar.

### 2.2.4 Torf

Torf wurde ausschließlich in den Sondierungen 2 und 3, unterhalb des Kleis, im Übergangsbereich zum Sand, in Tiefenlagen von rd. 17,30 m (BS 3) und 17,70 m (BS 2) unter Geländeoberfläche und einer Mächtigkeit von rd. 0,20 m (BS 2) und rd. 0,30 m (BS 3) erbohrt.

Hierbei ist, wie auch bei dem Klei, von einer nacheiszeitlich entstandenen Bodenart auszugehen, die nach Feldansprache als zersetzt und stark verfestigt angesprochen wurde.

Im Erdbaulaboratorium wurde ein Wassergehalte von  $w = 100,77\%$  ermittelt.

Die o. g. Bodeneigenschaften weisen auf eine überwiegend abgeschlossene Eigenkonsolidierung hin. Langfristig ist jedoch mit einer weiteren Zersetzung und Komprimierung zu rechnen.

Der Torf stellt einen setzungsverursachenden Untergrund dar.

### 2.3 Bodenkennwerte

Auf Grundlage der Laboranalysen, der Bodenansprache im Erdbaulabor sowie nach Erfahrungen des Unterzeichners an vergleichbaren Verhältnissen und in Anlehnung an die Tabelle E 9-1 der EAU können folgende bodenmechanischen Kennziffern (charakteristische Werte) in Ansatz gebracht werden:

Bodenart	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_k$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$k_f$ [m/s]
Kiessandbodenersatz*	18	11	32,5 – 34	0	40 – 60	$1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-6}$
Aufschüttungen	17 – 19	9 – 11	25 – 30	0 – 6	—	$1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-9}$
Klei	15 – 17	5 – 7	15 – 20	8 – 12	0,5 – 2,0	$1 \times 10^{-8} - 1 \times 10^{-11}$
Sand	18	11	32 – 35	0	20 – 180	$1,5 \times 10^{-4} - 8,5 \times 10^{-5**}$
Torf	11	1	15	2 – 4	0,5 – 1,0	$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-8}$

\* bei entsprechender Verdichtung

\*\* exemplarisch ermittelt

Der anstehende Boden wird nach DIN 18 300 wie folgt klassifiziert:

Aufschüttungen:      Bodenklasse 3, 4  
Klei:                    Bodenklasse 2, 4, 5  
Sand:                    Bodenklasse 3, 4  
Torf:                    Bodenklasse 2

Allgemein ist überwiegend von leicht bis mittelschwer lösbaaren sowie „schichtweise“ fließenden und schwer lösbaaren Bodenarten auszugehen. Aufgrund der lokal festgestellten Schadstoffgerüche in den Aufschüttungen (BS 1) ist allerdings teilweise eine gesonderte Entsorgung zu erwarten.

### 3. Grundwasser

### 3.1 Wasserstände

Während der Bohrarbeiten wurden Wasserstände zwischen 2,00 m und 2,60 m unter Geländeoberfläche bzw. zwischen 1,10 m NN und 2,00 m NN eingemessen. Hierbei ist von Stau-, Schichten- und Sickerwasser auszugehen, das sich erfahrungsgemäß im Klei artesisch auswirken kann. Höhere Aufstaus, jahreszeitlich- und witterungsbedingt, sowie wasserführende Sandschichten und eine Korrespondenz zur nahe gelegenen Elbe sind zu erwarten.

### 3.2 Wasserqualität

Zur Untersuchung der Grundwasserqualität in Hinsicht auf betonschädliche Bestandteile wurde eine Wasserprobe aus einem temporären Grundwasserbeobachtungspegel entnommen.

Die Wasserprobe erwies sich als nicht betonangreifend gem. DIN 4030.

Sämtliche Einzelergebnisse sind der Anlage 4 zu entnehmen.

## 4. Gründung

### 4.1 Gründungsböden

Ausgehend von Höhenlagen der Rohsohlen von rd. +1,30 m NN bis rd. -1,30 m NN (Vorgaben) stehen in den Gründungsebenen (rd. +0,70 m NN bis rd. -1,60 m NN) der geplanten Baukörper Aufschüttungen und Klei an.

Von einer Flachgründung der geplanten Baukörper über den organischen Weichschichten rate ich aufgrund zu erwartender Verformungen, die nach überschlägigen Berechnungen Größenordnungen von  $s \cong 10$  cm bis  $s \cong 20$  cm erreichen können, ab.

Ich empfehle, sämtliche Lasten über Balkenroste abzufangen und mit Pfählen in den tieferen, tragfähigen Untergrund (Sande) abzuleiten.

Zur Ausführung können sowohl Stahlbetonrammpfähle (Ortbeton- oder Fertigpfähle) als auch Bohrpfähle oder Sonderbohrpfähle auf Grundlage der einschlägigen Normen kommen.

### 4.2 Pfahlauslastung

Für die Pfahlgründung stellt der im tieferen Untergrund bzw. unterhalb der organischen Weichschichten anstehende Sand ab einer Tiefenlage zwischen rd. 17,60 m und rd. 17,90 m unter Geländeoberfläche einen sehr gut lastabtragungsfähigen Baugrund dar.

Ein Nachweis der äußeren Tragfähigkeit kann unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte wie folgt erbracht werden:

- statische und dynamische Probelastungen anderer Baustellen bei einem Vergleich der örtlichen Gegebenheiten mit o. g. Bauvorhaben

Sollten keine vergleichbaren Probelastungen für das gewählte Pfahlsystem vorliegen und aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten keine Probelastungen an o. g. Bauvorhaben durchgeführt werden, ist der Nachweis der Tragfähigkeit nach geltenden Normen und Erfahrungswerten zu führen.

Je nach Pfahlsystem können die Kennwerte bzw. zulässigen Lasten der jeweiligen DIN-Normen um 10 % bis 50 % erhöht werden.

Für die Tragwerksplanung und Ausschreibung ist nach den Baugrunduntersuchungen, den Laboranalysen der DIN 1054, den Auswertungen benachbarter, durch den Unterzeichner beratener Bestandsgründungen (u. a. Probelastungen) und nach Erfahrungen des Unterzeichners je nach Pfahlsystem und Pfahlquerschnitt für die Vorermittlung von folgenden Bemessungswerten, Pfahllängen und Pfahlauslastungen/Pfahlwiderständen (charakteristische Werte) auszugehen:

**Bemessungskennwerte (Bruchwerte):**

Bruchwerte im Einbindebereich	Pfahlsystem	
	Bohrpfähle	Rammpfähle
Mantelreibung $q_{s,k} (\tau_{mf})$ [MN/m <sup>2</sup> ]	0,12 – 0,18	0,12 – 0,18
Spitzendruck $q_{b,k} (\sigma_s)$ [MN/m <sup>2</sup> ]	6,00 – 14,00	8,00 – 16,00

**Bohrpfähle:**

Für Bohrpfähle und Sonderbohrpfähle ist je nach System und Querschnitt mit Pfahllängen von L = 20,50 m bis L = 25,00 m bei einer zulässigen Auslastung von V = 1.250 kN bis V = 2.500 kN auszugehen.

**Rammpfähle mit quadratischem Querschnitt aus Stahlbeton und Spannbeton:**

Einbindelängen in den tragfähigen Boden [m]	Charakteristische Pfahlwiderstände $R_{2,k}$ [kN]		
	Seitenlänge [cm]		
	30	35	40
3,00	810 (162)	1.050 (189)	1.320 (216)
4,00	900 (162)	1.155 (189)	1.440 (216)
5,00	990 (162)	1.260 (189)	1.56 (216)
6,00	1.080 (162)	1.365 (189)	1.68 (216)

Zwischenwerte sind gradlinig zu interpolieren.

Die o. g. Pfahlwiderstände basieren auf Mittelwerten für Mantelreibung ( $q_{s,k} = 0,15 \text{ MN/m}^2$ ) und Spitzendruck ( $q_{b,k} = 12,00 \text{ MN/m}^2$ ).

Die in der Klammer angegebenen Werte sind als negative Mantelreibung zu berücksichtigen (siehe auch Blatt 10)

#### **Ortbetonrammpfähle:**

Einbindelänge in den tragfähigen Boden [m]	Charakteristische Pfahlwiderstände $R_{2,k}$ [kN]		
	Pfahlquerschnitt D [cm]		
	Ø 42	Ø 51	Ø 56
3,00	1.120 (178)	1.580 (216)	1.870 (238)
4,00	1.220 (178)	1.700 (216)	2.000 (238)
5,00	1.320 (178)	1.820 (216)	2.130 (238)
6,00	1.420 (178)	1.940 (216)	2.260 (238)

Die o. g. Pfahlwiderstände basieren auf Mittelwerten für Mantelreibung ( $q_{s,k} = 0,15 \text{ MN/m}^2$ ) und Spitzendruck ( $q_{b,k} = 12,00 \text{ MN/m}^2$ ).

Die in der Klammer angegebenen Werte sind als negative Mantelreibung zu berücksichtigen (siehe auch Blatt 10)

Bei „sehr hoher“ Auslastung von Einzelpfählen ist u. a. auch aufgrund der Baugrundverhältnisse die Ausführung von Ortbetonrammpfählen mit wiederzugewinnendem Vortriebsrohr und Fußausbildung (z. B. „Frankipfahl“) in Erwägung zu ziehen. Bei diesem System wird durch die Bodenverdrängung und Verdichtung beim Einrammen des Vortriebsrohres und bei der Fußausbildung mit relativ geringen Pfahllängen eine verhältnismäßig hohe Lastabtragungsfähigkeit erreicht.

Eine Abtreppung (Längenstaffelung) benachbarter hoch/gering ausgelasteter Pfähle unter 1 : 2 ist vorzunehmen, um Spannungsüberlagerungen der Pfähle weitgehend auszuschließen.

Auf einzuhaltende Mindestpfahlabstände  $\geq 3d$  wird hingewiesen.

Negative Mantelreibung muss u. a. je nach Pfahlsystem, -durchmesser, Gründungsart und Geländeaufhöhung zwischen  $E_{n,k} = 50 - 250$  kN/Pfahl angesetzt werden. Zur Ermittlung der „zusätzlichen Pfahllasten“ aus negativer Mantelreibung ist vorab von folgenden Rechenansätzen auszugehen:

$$E_{n,k} = t \times \tau_{n,k} \times \pi \times D$$

$t$  = Mächtigkeit der Weichschichten  $\cong 18$  m im Mittel  
 $\tau_{n,k(-\tau_m)}$  = negative Mantelreibung  $= 5 - 10$  kN/m<sup>2</sup> (Mittelwert = 7,5 kN/m<sup>2</sup>)  
(unter Ansatz von  $\gamma'_k = 17,5^\circ$ )  
 $D$  = Pfahldurchmesser

Für die Pfahlherstellung ist „gespanntes“ Grundwasser nicht auszuschließen.

Für „außen liegende“ Pfähle ist der Ansatz eines Zusatzmomentes aus Seitenschub, z. B. infolge einseitiger Verkehrslasten, zu prüfen und ggf. unter Einbeziehung des Unterzeichners, nachzuweisen. Für die rechnerischen Nachweise ist dann eine horizontale Bettung mit  $k_s = E/d$  ab Geländeoberfläche in den Aufschüttungen linear zunehmend, für die organischen Weichschichten und die „oberen“ Sande mit einem konstanten Verlauf und im „unteren“ Sand auf 1,00 m linear zunehmend sowie anschließend bis in die Endteufe konstant verlaufend anzusetzen. Die Steifemoduli sind dem Abschnitt 2.3 und der jeweilige Schichtenverlauf den Anlagen 2.1 und 2.2 zu entnehmen. Sollten Schrägpfähle ausgeführt werden, kann die zusätzliche Beanspruchung auf Biegung mit einem Erhöhungsfaktor von 3 % bis 6 % des aktiven Erddrucks berücksichtigt werden.

Eine Aufnahme von Horizontalkräften kann über Schrägpfähle oder einen Nachweis mit horizontaler Bettung erfolgen. Zur Ermittlung der maßgebenden Bettungsziffern gilt in Anlehnung an die DIN 4014 folgende Beziehung:

$$k_s = E/d$$

$k_s$  = Bettungsmodul  
 $E$  = Steifeziffer  
 $d$  = Pfahldurchmesser  $< 1,00$  m

Bei  $d \geq 1,00$  m darf mit  $d = 1,00$  m gerechnet werden.

Der Verlauf der Bettung ist analog den o. g. Ansätzen für Seitenschub zu berücksichtigen.

Ich empfehle, an mind. 3 Pfählen (Bauwerkspfählen) Probelastungen durchzuführen, um u. a. eine wirtschaftlichere Bemessung der Pfahllängen und den Ansatz geringerer Sicherheiten, u. a. nach dem Teilsicherheitskonzept, zu erreichen.

Endgültige Pfahllängen müssen nach Festlegung des Pfahlsystems, Vorlage der Pfahlpläne und den Ramm- bzw. Bohrkriterien vor Ort festgelegt werden.

#### 4.3 Herstellungshinweise

Für die Herstellungsarbeiten ist mit erhöhten Ramm- bzw. Bohrwiderständen im Einbindenbereich der Pfähle zu rechnen, denen u. a mit entsprechendem Gerät Rechnung zu tragen ist.

Bei der Ausführung von Rammarbeiten bzw. für Ortbetonrammpfähle ist zur Vermeidung von Schäden bzw. einer Einflussnahme an bereits hergestellten Pfählen bei der Rammung des nächsten/benachbarten Pfahls durch Zusammendrücken des „weichen“ Bodens in „oberen“ Bereichen (erkennbar z. B. am „Herausquetschen“ von Beton) ein räumlicher Abstand von  $5 \times d$  bis  $10 \times d$  bzw. ein zeitlicher Abstand von 6 Std. bis 12 Std. einzuhalten.

Für die Pfahlherstellung sind standsichere Ebenen herzustellen. Der Bodenaufbau im Grundrissbereich der geplanten Baumaßnahme lässt, durch schweres Gerät, unterschiedliche Versackungen erwarten. Ich empfehle, eine 0,40 m mächtige Ziegel-/Betonrecycling-schicht (z. B. Sieblinie  $\varnothing 8/56$  mm) einzubauen. Zusätzlich sind unbedingt lastverteilende „Baggermatratzen“ vorzusehen.

Auf die Einhaltung der Herstellungskriterien nach DIN 4026, DIN 1054, DIN EN 12 699, DIN 4014, DIN EN 12 794, DIN EN 996 und DIN EN 1536 wird hingewiesen.

Der Termin zum Bohr- bzw. Rammbeginn ist dem Unterzeichner rechtzeitig bekannt zu geben.

Die Pfahlprotokolle hergestellter Pfähle sollten dem Unterzeichner zur Beurteilung vorgelegt werden.

Durch Rammarbeiten ist eine Einflussnahme auf die vorhandene, angrenzende Bebauung und Verkehrsflächen sowie Leitungen nicht auszuschließen. Insbesondere flach gegründete Bauteile, Verkehrsflächen und Leitungen können in Mitleidenschaft gezogen werden. Zur Feststellung möglicher Schäden durch etwaige Rammarbeiten sollte ggf. eine Beweissicherung durchgeführt werden, deren Umfang sich u. a. nach den Eigentumsverhältnissen und möglicher Ansprüche stellender Geschädigter richtet.

#### 5. Autokran

Zur Installation der geplanten Bauteile/Baukörper ist nördlich, direkt angrenzend an das Kesselhaus, die Aufstellung eines 500 t – Autokran vorgesehen. Der Kran erwirkt unter ungünstigsten Umständen Pratzenlasten bis zu 1.900 kN, die durch biegesteife, lastverteilende „Pratzenfundamente“ abgetragen werden.

Der Unterzeichner führte exemplarisch für ein Pratzenfundament eine Setzungs- und Grundbruchberechnung gemäß DIN 4019 und DIN 4017 durch.

Folgende Parameter gehen in die Berechnung ein:

- exemplarischer Schichtenverlauf gemäß BS 2 (siehe Anlage 2.1)
- Ansatz der Bodenkennwerte gem. Abschnitt 2.3
- Lastansätze nach Vorgabe der Bauleitung bzw. durch den Kranaufsteller (siehe oben)
- Anordnung eines 0,80 m mächtigen, stabilisierenden „Polsters“
- Ansatz von Grundwasser bis in Geländeoberfläche

Durch die Berechnungen wurde für eine biegesteife, lastverteilende „Pratzenunterlage“ mit  $a/b = 4,60/4,60$  m eine Grundbruchsicherheit von  $\eta_{\text{vorh.}} = 1,81$  ermittelt, die aus grundbautechnischer Sicht für den Bauzustand als ausreichend anzusehen ist.

Setzungen wurden rechnerisch in einer Größenordnung von  $s \cong 17$  cm ermittelt, die sich u. a. aufgrund der in Ansatz gebrachten, nur temporär auftretenden Maximallast realistisch zwischen  $s \cong 3$  cm und  $s \cong 7$  cm einstellen.

Sämtliche Einzelergebnisse sind der Anlage 5 zu entnehmen.

Ich empfehle, für die Aufstellung des Krans unterhalb der lastabtragenden, biegesteifen „Pratzenunterlagen“, ein 0,80 m mächtiges Polster aus 0,50 m Kiessand und 0,30 m Beton-/ Ziegelrecycling (z. B. Sieblinien  $\varnothing$  8/56 mm) anzuordnen. Ferner sollte unterhalb des Kiessandes ein Vlies ( $\geq 300$  g/m<sup>2</sup>) angeordnet werden.

Als Kiessandbodenersatzmaterial kann ortsübliches, gut verdichtbares ( $U \geq 6$ , Bodengruppe SW nach DIN 18 196 oder gleichwertig) Grubenmaterial angeordnet werden. Die Lagerungsdichte des Bodenersatzes muss mind. mitteldichte Lagerung bzw. 100 % der einfachen Proctordichte erreichen.

Für den Nachweis einer ausreichenden Verdichtung des eingebauten „Polsters“ sollte ein  $E_{v2}$ -Wert  $\geq 120$  MN/m<sup>2</sup> in der „Fundamentebene“ nachgewiesen werden.

Für eine etwaige Geländeaufhöhungen ist im Randbereich lastabtragender Fundamente eine Berme  $\geq 2,50$  m einzuhalten sowie eine Böschungsneigung von 1 : 2 nicht zu überschreiten.

Die Kranaufstellung stellt eine Zusatzbeanspruchung für angrenzende Pfähle der Tiefgründung des Kesselhauses dar. Eine Einflussnahme im Bauzustand ist zu gegebenem Zeitpunkt zu prüfen.

Während der Ausführung der Schwerlastarbeiten sind Setzungsbeobachtungen an den Kranpratzen vorzunehmen. Bei erheblichen und progressiven Setzungsdifferenzen ist der Hebevorgang sofort abubrechen bzw. sind weitere Maßnahmen zur Lastminderung, u. a. in Abstimmung mit dem Unterzeichner, vorzunehmen.

## 6. Baugruben

Nach den vorliegenden Unterlagen ist für die Baugruben allgemein von ausreichenden Platzverhältnissen auszugehen, so dass die Baugruben entsprechend der DIN 4124 frei abgeböschert hergestellt werden können. Andernfalls bzw. ggf. in Folge der Baustellenlogistik (Baustelleneinrichtung, etc.) werden lokal Sicherungsmaßnahmen durch Verbauten erforderlich, die dann unter Ansatz der Bodenkennwerte gemäß Abschnitt 2.3 und dem Schichtenverlauf entsprechend den Anlagen 2.1 und 2.2 statisch nachzuweisen sind.

## 7. Trockenhaltung

Während der Bohrarbeiten wurden Wasserstände zwischen 2,00 m und 2,60 m unter Geländeoberfläche bzw. zwischen 1,10 m NN und 2,00 m NN eingemessen.

Hierbei ist von Stau-, Schichten- und Sickerwasser auszugehen, das sich erfahrungsgemäß im Klei artesisch auswirken kann. Höhere Aufstaus, jahreszeitlich- und witterungsbedingt, sowie wasserführende Sandschichten und eine Korrespondenz zur nahe gelegenen Elbe sind zu erwarten.

Der „teilunterkellerte“ Baukörper für die geplante Schubbodenanlage bindet rd. 2,60 m in den Baugrund ein.

Ich empfehle, sämtliche, tiefer in den Untergrund reichende Bauteile als wasserundurchlässige Wannenkonstruktionen gemäß DIN 18 195 zu konzipieren.

Für die Wannenausbildungen sind grundsätzlich die Vorschriften der DIN 18 195 zu beachten. Ein Bemessungswasserstand bis in Geländeoberfläche ist in Ansatz zu bringen.

Die Auftriebssicherheit ist sowohl für den Bau- als auch für den Endzustand zu gewährleisten.

Gegebenenfalls können u. a. in Abhängigkeit der natürlichen Vorflut umlaufende „Begrenzungsdrainagen“ zum „Herabsetzungen“ der Bemessungswasserstände angeordnet werden. Die Ausbildung

der Drainanlagen ist dann gemäß DIN 4095 vorzunehmen. Eine gesonderte Abstimmung mit dem Unterzeichner wird noch erforderlich.

Auf die Ableitung sich ggf. aufstauenden Oberflächenwassers und die Festlegung von Sockelhöhen entsprechend den Gelände- und Verkehrsflächenverhältnissen (endgültige Ausbauhöhen) wird hingewiesen.

Maßnahmen gegen Bodenfeuchte auf Grundlage der DIN 18 195 sind anzuordnen.

Gegebenenfalls sind entsprechende Bodeneinläufe sowie bei in das Gelände einschneidenden Fußbodenebenen Ringdrainagen gemäß DIN 4095 vorzusehen.

Für die Tiefbauarbeiten ist zur Trockenhaltung der Baugruben gegen sich aufstauendes Schichten- und Sickerwasser (u. a. „Tageswasser“ aus Niederschlägen) mit Wasserhaltungsmaßnahmen in Form von offenen Wasserhaltungen (Pumpensümpfe + Drainage) zu rechnen. In Bereichen wasser-gesättigter Sandschichten werden ggf. lokal unterstützend bzw. bei nicht ausreichender Wirksamkeit Kleinfilteranlagen (Vakuum) erforderlich.

## 8. Verkehrsflächen

Angrenzend an die geplanten Baukörper sind Verkehrsflächen und Außenanlagen vorgesehen.

Die Gründungsebenen bzw. der Höhenverlauf der Verkehrsflächen und Außenanlagen wird seitens des Unterzeichners entsprechend dem vorhandenen Geländeverlauf angenommen.

Ausgehend von einer Bodenschichtung entsprechend den Bohrungen im Gebäudebereich stehen unterhalb von Aufschüttungen organische Weichschichten aus Klei und Torf sowie im tieferen Untergrund Sande an.

Auf dem „Planum“ für die Verkehrsflächen und Außenanlagen wird erfahrungsgemäß ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  (siehe ZTVE-StB 94) nicht nachgewiesen werden können.

Ich empfehle einen frostsicheren Oberbau in Anlehnung an die RStO '01 entsprechend der Nutzung/Frequentierung zu wählen ( $\geq 0,80 \text{ m}$ ). Ferner sollten unter der Frostschuttschicht ein Vlies ( $\geq 300 \text{ g/m}^2$ ) und zwischen der Frostschutz- und Tragschicht ein Geogitter (z. B. Tensar SS 30) angeordnet werden, um Setzungen und „Lunkenbildungen“ auszugleichen bzw. zu mindern.

Die zu erreichenden Verdichtungsgrade richten sich nach Tabelle 8 und 9 der ZTVE-StB 94 und ZTV SoB-StB '04.

Um die Trockenhaltung des Verkehrsflächenaufbaus zu gewährleisten und ggf. Frostschäden zu vermeiden, empfehle ich eine „Kofferbettdrainage“ anzuordnen.

**Hinweis:** Auch bei o. g. höherwertigen Verkehrsflächenaufbauten sind Verformungen des Untergrundes nicht auszuschließen bzw. sind Setzungen aus den sensiblen Marschablagerungen zu erwarten, die „dm“-Größenordnungen erreichen können.

## 9. Zusammenfassung

Für den Neubau eines Biomasseheizkraftwerks in Brunsbüttel führte der Unterzeichner auf dem Gelände der total Bitumen Deutschland GmbH, Werk Brunsbüttel, Baugrunduntersuchungen durch.

Im Grundrissbereich der geplanten Baumaßnahme stehen unterhalb von Aufschüttungen zunächst setzungsverursachende, organische Weichschichten und im tieferen Untergrund sehr gut lastabtragungsfähige Sande an.

Aufgrund zu erwartender Setzungen bei einer Flachgründung über den organischen Weichschichten empfehle ich, sämtliche Lasten der Baukörper und Nebenanlagen über Balkenroste abzufangen und mit Pfählen in den tieferen Untergrund abzuleiten.

Sowohl Ramm- als auch Bohrpfähle können ausgeführt werden, wobei der dichten Lagerung anstehender Sande im Einbindebereich der Pfähle u. a. durch die Gerätewahl Rechnung zu tragen ist.

Mit Pfahllängen von  $L \cong 20,50$  m bis  $L \cong 24,00$  m bei einer zulässigen Auslastung von 800 kN bis 2.500 kN ist u. a. je nach Pfahlsystem zu rechnen.

Negative Mantelreibung, eine Abtreppung (Längenstaffelung), Seitenschub, Mindestpfahlabstände und gespanntes Grundwasser sind ggf. zu berücksichtigen.

Zur Aufnahme von Horizontallasten sind Schrägpfähle anzuordnen oder ist ein Nachweis mit horizontaler Bettung zu führen.

Die Wahl des Pfahlsystems sollte u. a. nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten und nach Festlegung der Pfahlauslastung erfolgen.

Ich empfehle, an mind. 3 Pfählen (Bauwerkspfählen) Probelastungen durchzuführen.

Eine standsichere Herstellungsebene ist unbedingt zu gewährleisten.

Auf die Einhaltung der Herstellungskriterien nach den einschlägigen Normen wird hingewiesen.

Endgültige Pfahllängen sind u. a. anhand von Probelastungsergebnissen und der Ramm- bzw. Bohrkriterien vor Ort noch festzulegen.

Für die Aufstellung des Autokrans werden stabilisierende Bodenersatzmaßnahmen und lastverteilende, biegesteife „Pratzenunterlagen“ erforderlich.

Gegebenenfalls sollte eine Beweissicherung an noch zu bestimmenden Gebäuden des Bestandes mit Schwingungsmessungen ruchgeführt werden.

Die Böschungen für Baugruben können bei ausreichenden Platzverhältnissen generell gemäß DIN 4124 frei abgeböschert hergestellt werden.

Für sämtliche, tiefer in den Untergrund einschneidende Bauteile werden wasserundurchlässige Wannenkonstruktionen gemäß DIN 18 195 erforderlich.

Schutzmaßnahmen gegen Bodenfeuchte gemäß DIN 18 195 und ggf. Bodeneinläufe sowie Drainagen gemäß DIN 4095 sind anzuordnen.

Für die Ableitung sich ggf. aufstauenden Oberflächenwassers ist Sorge zu tragen.

Wasserhaltungsmaßnahmen unterschiedlichen Umfangs, u. a. je nach Baugrubentiefe, sind zu erwarten.

Für die Verkehrsflächen und Außenanlagen empfehle ich, einen frostsicheren Oberbau gem. RStO zu wählen und die Anordnung eines Vlies/Geogitters vorzunehmen. Mit Setzungen und Spurrinnenbildungen ist allerdings weiterhin zu rechnen.

Zur Trockenhaltung der Verkehrsflächen sollte eine „Kofferbettdrainage“ angeordnet werden.

Endgültige Details müssen zu gegebenem Zeitpunkt mit dem Unterzeichner abgestimmt werden.

**gez. Mücke**

Dipl.-Ing. Egbert Mücke  
Ing.-Büro für Erd- und Grundbau

Bearbeitung:  
Dipl.-Ing. Quente

Anlagen:

1. Schichtenverzeichnis
- 2.1 und 2.2 Bohrprofile
3. Zusammenstellung der Laborversuche
- 3.1 Körnungslinien
4. Bericht des Instituts für Gewässerschutz und Umgebungsüberwachung IGU (Prüfbericht Nr. 07-I-644/1)
5. Setzungs- und Grundbruchberechnung