



# JAGAU Ingenieurbüro

GEOTECHNIK + UMWELTTECHNIK

JAGAU Ingenieurbüro, Hertha-Sponer-Str. 17, D-28816 Stuhr-Brinkum

IKEA Verwaltungs-GmbH  
Am Wandersmann 2 – 4

65719 Hofheim-Wallau

über:  
Planungsgruppe  
Skribbe - Jansen GmbH  
Gildenstraße 2 s

48157 Münster

Ihr Zeichen	Ihr Aktenzeichen	Unser Zeichen	Aktenzeichen	Datum
		Jn/ Bs	19512G4HB	01.07.2013

## **BV IKEA Einrichtungshaus Bremerhaven**

### **Verkehrsflächenerweiterung mit Zu- und Abfahrt**

**27572 Bremerhaven, Frederikshavner Str. (B 71)/ Weserstr. (B 6)**

## **Baugrund- und Gründungsgutachten**

Hierzu: Seiten 1 bis 22  
Anlagen 1 bis 6

JAGAU Ingenieurbüro GmbH + Co. KG  
AG Walsrode HRA 110681  
Steuer Nr.: 23-46/205/02706  
Ust-IdNr.: DE 813591386

Komplementärin:  
JAGAU Ingenieurbüro Verwaltungs-GmbH  
AG Walsrode HRB 3639  
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Henning Jagau

D-28816 Stuhr-Brinkum  
Hertha-Sponer-Straße 17  
Tel.: +49(0)421/ 800 53 -0  
Fax: +49(0)421/ 800 53 30

Volksbank Syke eG  
BLZ 291 676 24  
Konto 18 277 000  
DE40291676240018277000  
GENODEF1SHR

D - 2 8 3 5 9 B r e m e n  
Auf den Hornstücken 57  
Tel.: +49(0)421/ 244 95 27  
Fax: +49(0)421/ 244 98 23

Kreissparkasse Syke  
BLZ 291 517 00  
Konto 131 000 7388  
DE29291517001310007388  
BRLADE21SYK

VBI - VDI - DGGT - VSVI - HTG - GSTT  
Dr. Henning Jagau Öffentl. best. Sachverst.  
Erdbau· Grundbau Verkehrsfl.· Alllasten  
www.drjagau.de – mail@drjagau.de

Bankhaus Neelmeyer AG Bremen  
BLZ 290 200 00  
Konto 100 035 3555  
DE69 2902 0000 1000 3535 55 (IBAN)  
NEELDE22 (BIC)



## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Bauvorhaben	3
1.1 Vorbemerkungen	3
1.2 Baubeschreibung	3
2 Baugrund	5
3 Grund- und Schichtenwasser	7
4 Geotechnische Beurteilung der anstehenden Böden	8
4.1 Laborversuche	8
4.2 Kennwerte für erdstatische Berechnungen	11
5 Umwelttechnische Beurteilung der Böden	14
6 Verkehrsflächenerweiterung	15
7 Setzungen	18
8 Anschluss an vorhandene Verkehrsflächen	21
9 Anmerkung	21

## Anlagenverzeichnis

Anl. 1	Lageplan mit Baugrunderkundungspunkten, Maßstab ca. 1 : 1.000
Anl. 2	Lageplan mit Baugrunderkundungspunkt BS-69, ohne Maßstab
Anl. 3	Ergebnisse der Bohrungen und Rammsondierungen DPL10 und DPH
Anl. 4 – 6	Körnungslinien



## **1 Bauvorhaben**

### **1.1 Vorbemerkungen** (Anl. 1 u. 2)

Die IKEA Verwaltungs-GmbH plant und errichtet ein Einrichtungshaus mit zugehöriger Infrastruktur in 27572 Bremerhaven am Knotenpunkt B 6/ B 71 bzw. am Knotenpunkt der Frederikshavner Straße (B 71) mit der Weserstraße (B 6). Das etwa 7 ha große Grundstück befindet sich im Geltungsbereich des rechtskräftigen Bebauungsplans Nr. 346 „Verlegung der B 71“. Das IKEA Einrichtungshaus hat etwa 120 m x 88 m Grundfläche und ist mit umfassenden umliegenden Verkehrsflächen projektiert, s. Anl. 1 u. 2. Das gesamte Grundstück mit Parkflächen umfasst etwa 260 m in West-Ost-Richtung und 260 m in Nord-Süd-Richtung. Die Verkehrsflächenerweiterung entlang der B 6 wird auf einer Länge von ca. 250 m – 300 m projektiert. Die Planung und Bauabwicklung führt die Planungsgruppe SKRIBBE – JANSEN GmbH, Gildenstraße 2s in 48157 Münster aus.

Für die geotechnische Ausarbeitung stand folgende Planunterlage zur Verfügung:

- [1] IKEA Bremerhaven, Neubau eines Einrichtungshauses an der B 6/ B 71, Zeichnung 1.39 a, Maßstab 1 : 1.00, Konzeptstudie, Grundriss ca. 10.500 m<sup>2</sup>, Planungsgruppe SKRIBBE – JANSEN GmbH, Gildenstraße 2s in 48157 Münster, Plan Nr. 1.43 c vom 06.05.2013
- [2] Setzungsmessung Frederikshavner Straße, Zeitraum der Messung 04.12.06 – 22.11.12, Vermessung und Katasteramt Bremerhaven, Dipl.-Ing. Nordhusen

Der entlang der B6 im Bereich der Fahrbahnverbreiterung anstehende Baugrund soll untersucht, beurteilt und für die geplante Verkehrsflächenerweiterung ein Ausführungsvorschlag ausgearbeitet werden. Die bautechnischen Aussagen beziehen sich dabei auf den bekannten Planungsstand zum Zeitpunkt der Bearbeitung.

### **1.2 Baubeschreibung** (Anl. 1 – 2)

Das etwa 7 ha große Baugrundstück ist entlang der Frederikshavner Straße in Nord-West-Richtung etwa 260 m lang und in Ost-Richtung von der Weserstraße ebenfalls mit 260 m Länge projektiert. Die Fläche wird bis dato als landwirtschaftliche Fläche bzw. Grünfläche genutzt.



Die Zufahrt zum Einrichtungshaus erfolgt im Nordwesten über eine Rechtsabbiegerspur als Erweiterung entlang der B 6 auf einer Länge von ca. 250 m (Station 0+000 = Kreuzung B6/B71 bis Station 0+250 = Einmündung auf IKEA Grundstück). Eine Geradeausspur führt den Durchgangsverkehr in nördliche Richtung. Gleichzeitig sieht die Planung eine zweispurige Abbiegerspur vom IKEA-Grundstück zur Abfahrt in südliche Richtung Knotenpunkt B 6/B 71 vor und eine einspurige Rechtsabbiegerspur in nördliche Richtung B6 Bremerhaven. Aus dem Norden ist eine einspurige Linksabbiegerspur zum IKEA-Grundstück projektiert, s. Anl. 2.

Der Verkehr im Bereich des Verkehrsknotenpunktes auf der B 71 in Richtung Westen ist mit Geradeausspur, sowie Links- und Rechtsabbiegerspur im Bestand vorhanden und erfährt keine zusätzliche Verbreiterung.

Im Baugebiet lagert tiefgreifend wenig tragfähiger Klei, der vereinzelt mit Torf versetzt ist, über rolligen Sanden. Die gewachsenen, wenig tragfähigen oberen Böden reichen im Niederungsgebiet der Rohr über 14 m tief unter OK-Gelände auf NN – 12,5 m.

Angeschlossen wird das Grundstück an die Weserstraße (B 6) im Nordwesten für Belieferung und Kundenverkehr und südöstlich der Grundstücksgrenze, an die Frederikshavner Straße (B 71) nur über eine Notüberfahrt.

Die Fahrbahnerweiterung der B6 für den an- und abrollenden Kundenverkehr und anliefernde Transporte mit 38 t bis 40 t LKW soll der Belastungsklasse BK3,2 nach der RStO 12 entsprechen.

Die Weserstraße wird nach den Unterlagen auf etwa NN + 1,4 m bis NN + 1,5 m geführt. Für die Frederikshavner Str. wurden vom Vermessungs- und Katasteramt Bremerhaven durch Herrn Dipl.-Ing. Nordhusen Setzungsmessungen in einem Zeitraum vom 04.12.06 bis 22.11.2012 durchgeführt. Hiernach liegt die Frederikshavner Str. im Bereich des Baugebietes nach neusten Berechnungen auf etwa NN + 1,3 m bis NN + 1,4 m NN. Hierbei sind Setzungen bis 12 cm in 6 Jahren eingetreten. Weiter östlich der B 71 liegt die maximale Setzung bei 27 cm.



## 2 Baugrund (Anl. 3)

Die Geologische Karte Bremerhaven CC 3110 gibt für das Baugelände in den oberen Metern eingebaute Erdstoffe auf holozänen Weichschichten an. Die Basis der pleistozänen gut tragfähigen Böden ist etwa auf NN – 10 m zu erwarten. Bis etwa 1653 rechnete das Baugelände zum freien Wasserraum der unteren Weser ohne Schutz gegen Weserhochwasser.

Grundsätzlich sind im Trassenverlauf 2 unterschiedliche Abschnitte zu betrachten. Im **Abschnitt 1** ab der Kreuzung B 71/ B 6 von Station 0+000 bis 0+100 liegt die geplante Straßenverbreiterung auf bereits auf Straßenhöhe liegendem Gelände mit vorhandenem Rad- und Gehweg. Das gilt grundsätzlich auch für den Verschwenkbereich bis Station 0+140. In diesem Abschnitt wurden die Sondierungen BS-68, RS-61, BS-67, BS-66, SRS-61, BS-65 und die BS-64 unmittelbar neben den vorhandenen Nebenanlagen ausgeführt, s. Anl. 1.

Im weiteren Verlauf im **Abschnitt 2** ab Station 0 + 140 bis zur zukünftigen Zufahrt zum IKEA-Grundstück bei Station 0+250 und darüber hinaus bis Station 0+300 liegt die Verbreiterung im Bereich eines vorhandenen Straßengrabens, dessen Tiefe unter OK-Gelände bzw. OK-Straße von Süden mit einer Tiefe von 0,6 m nach Norden mit einer Tiefe von bis zu etwa 1 m allmählich zunimmt. In diesem Abschnitt wurden die Sondierungen BS-63, RS-60, BS-62, BS-61, BS-60 und SRS-60 unmittelbar neben dem vorhandenen Graben an der straßenabgewandten Grabenseite ausgeführt, s. Anl. 1.

Im Bereich der zukünftigen Notüberfahrt von der Frederikshavner Str. wurde 1 Kleinbohrung, (BS-69) 15 m tief abgeteuft, s. Anl. 2.

Anl. 3 stellt die erbohrten Böden als Säulen und die Schlagzahlen der Rammsondierungen über die Tiefe vor.

Die Tragfähigkeit der Böden wird von ihrer Lagerungsdichte bzw. Konsistenz bestimmt. Für ihre Beurteilung wurden nach der DIN 4094 die Rammsondierungen RS-60 und RS-61 mit der DPL-10 und die SRS-60 und SRS-61 mit der DPH niedergebracht. Die DPL-10 hat 10 kg Schlaggewicht, 50 cm Fallhöhe und 10 cm<sup>2</sup> Spitzenquerschnitt. Bei der DPH beträgt das Schlaggewicht 50 kg, der Spitzenquerschnitt 15 cm<sup>2</sup> bei gleicher Fallhöhe. Bei diesen Verfahren werden die Rammschläge je 10 cm Sondeneindringung ( $n_{10}$ ) gezählt und ausgewertet.



Die Ansatzhöhen der Erkundungspunkte wurden mit GPS gemessen. Das Straßenniveau der Weserstraße (B 6) liegt im Mittel auf NN + 1,4 m. Im Abschnitt 1 wurde an den Ansatzpunkten OK-Gelände auf NN + 1,4 m bis NN + 1,6 m gemessen. Im Abschnitt 2 neben dem Graben liegen die Sondierungen einige Dezimeter tiefer im Mittel auf NN + 1,35 m. Der Erkundungspunkt BS-69 an der Frederikshavner Straße (B 71) steht auf NN + 0,5 m.

### **Bohrungen**

Mit den Bohrungen lagern im Straßenbereich der Weserstraße 0,3 m – 1,4 m unter GOK rollige Auffüllungen, die teilweise mit Schluffstreifen versetzt sind. Die werden mit der BS-64 und BS-68 von Mittelsanden 1,9 m tief unter Gelände unterlagert. 12,4 m bis 13,6 m tief unter GOK wurde Klei in überwiegend weicher bis steifer Konsistenz erbohrt. Der ist in unterschiedlichen Tiefen mit Torf streuender Dicke durchzogen. Mit 4 von 5 tief geführten Bohrungen lagern in Basis der Weichschichten Torfe 3mal 0,5 m bis 0,9 m und 1mal 2,2 m dick. Mit der BS-68 wurden die Weichschichten in 1,9 m bis 13,3 m Tiefe unter Gelände ausschließlich als Klei angesprochen. Die Weichschichten werden ab 12,4 m bis 13,8 m Tiefe unter GOK bis Bohrbruch in 15,0 m Tiefe unter Gelände von Terrassensanden unterlagert, die mit der Tiefe in pleistozäne Sande übergehen.

Die tiefer geführten Bohrungen wurden in etwa 60 m Abständen auf ca. 250 m Länge parallel zur vorhandenen Fahrbahn ausgeführt. Zwischen den tiefer geführten Bohrungen wurden 8 m und 10 m tiefe Bohrungen niedergebracht, um weitere Aufschlüsse zu den Weichschichten mit eingelagerten Torfen zu erhalten.

Die BS-69 wurde nahe der Frederikshavner Straße für die Sonderzufahrt 15 m tief unter GOK abgeteuft. Analog zu den anderen Erkundungen wurde 30 cm dick Mutterboden durchfahren, der von Weichschichten aus Klei und Torf bis 12,4 m Tiefe in weicher bis steifer Konsistenz unterlagert wird. Bis zum Bohrende in 15 m Tiefe unter GOK folgen gute tragfähige Terrassensande.

Vereinfacht ist der Bodenaufbau bezogen auf den zukünftigen Verkehrsflächenaufbau bzw. der Verkehrsflächenerweiterung entlang der B 6 (BS-60 bis BS-68) in Tab. 1 und B 71 (BS-69) in Tab. 2 auf NN aufgeführt, s. f. Seite.



Tab. 1 Weserstraße/ B 6: Auffüllungen – Mittelsand – Klei – Torf – Pleistozäne Sande

Bohrung BS [-]	Ort [-]	GOK Höhe [mNN]	rollige Auffüllungen		Mittelsand		Klei (ohne Torf)		Torf im Klei (Gesamtdicke)		Sande
			$\Delta h$ [m]	Basis [mNN]	$\Delta h$ [m]	Basis [mNN]	$\Delta h$ [m]	Basis [mNN]	$\Delta h$ [m]	Basis [mNN]	Basis [mNN]
BS-60	Norden	+ 1,29	0,30	+ 0,99	-	-	10,3	- 10,6	1,8	- 11,1	< - 13,7
BS-61	Norden	+ 1,37	0,50	+ 0,87	-	-	> 5,8	< - 6,6	1,7	- 5,5	-
BS-62	Norden	+ 1,29	0,30	+ 0,99	-	-	> 7,7	< - 6,7	-	-	-
BS-63	Mitte/ N	+ 1,39	0,25	+ 1,14	-	-	12,5	- 11,3	0,9	- 12,2	< - 13,6
BS-64	Mitte	+ 1,58	1,30	+ 0,28	0,6	- 0,32	> 8,1	< - 7,8	-	-	-
BS-65	Mitte/ S	+ 1,55	0,90	+ 0,65	-	-	> 7,1	< - 6,5	-	-	-
BS-66	Süden	+ 1,61	1,10	+ 0,51	-	-	10,5	- 10,0	2,2	- 12,2	< - 13,4
BS-67	Süden	+ 1,57	1,20	+ 0,37	-	-	> 6,8	< - 6,4	-	-	-
BS-68	Süden	+ 1,40	1,40	$\pm 0,00$	0,5	- 0,50	11,4	- 11,9	-	-	< - 13,6
Ø		+ 1,45	0,8	+ 0,56	0,6	0,14	11,2	$\approx - 11$	$\approx 1,2$	$\approx - 12$	-

Tab. 2 Fredrikshavner Straße/ B 71: Auffüllungen – Klei – Torf – Pleistozäne Sande

Bohrung BS [-]	Ort [-]	GOK Höhe [mNN]	Oberboden		Mittelsand		Klei (ohne Torf)		Torf im Klei (Gesamtdicke)		Sande
			$\Delta h$ [m]	Basis [mNN]	$\Delta h$ [m]	Basis [mNN]	$\Delta h$ [m]	Basis [mNN]	$\Delta h$ [m]	Basis [mNN]	Basis [mNN]
BS-60	Osten	+ 0,49	0,30	0,19	-	-	9,0	- 11,3	3,0	- 11,8	- 14,5

### Rammsondierungen DPL-10

4 m bis 5 m tief unter OK-Gelände liegen die Schlagzahlen mit der RS-60 und RS-61 in den Weichschichten bei  $n_{10} \leq 7,5$ , was für eine lockere bis schwach mitteldichte Lagerung steht. Bis Sondierende in 12 m Tiefe unter GOK steigen die Schlagzahlen kontinuierlich und betragen  $n_{10} \geq 10$  und mit wachsender Tiefe  $n_{10} \geq 20$  bis über 40. Die hohen Schlagzahlen stehen für eine steife Konsistenz des im Grundwasser liegenden Kleis.

### Rammsondierungen DPH

Mit der SRS-60 und SRS-61 betragen die Schlagzahlen bis 8 m Tiefe unter GOK  $n_{10} \leq 4$ . Das steht für eher weiche bindige Böden bzw. weichen Klei. Ab 12,5 m Tiefe unter GOK steigen die Schlagzahlen mit der SRS-60 auf  $n_{10} \geq 10$  in den pleistozänen Sanden. Das steht für eine dichte Lagerung. Die SRS-61 notiert in 12 m Tiefe unter GOK  $n_{10} \geq 5$ . Das sind gering tragfähiger Klei bzw. Torf in weicher bis eher steifer Konsistenz.



### 3 Grund- und Schichtenwasser (Anl. 3)

Mit den Bohrungen wurde Grundwasser 0,9 m – 2,6 m tief unter GOK nivelliert. Bei allen Bohrungen handelt es sich um ein nicht freies Grundwasser über dem anstehenden gering wasserdurchlässigen Klei, s. Tab. 3. Im Mittel steht das Grundwasser etwa 1,6 m bis 1,9 m unter OK-Gelände auf ca. NN – 0,4 m bis NN – 0,5 m.

Im Süden mit der BS-68 wurde freies Wasser in den rolligen oberen Böden 0,9 m tief unter OK-Gelände auf ca. NN + 0,5 m gemessen.

Tab. 3: Grund- und Schichtenwasser: BS-60 bis BS-69 am 27. – 28. März 2013

Bohrung [-]	Ort [-]	Datum dd.mm.jjjj [-]	GOK Höhe [mNN]	1. Wasserstand		Grundwasser	
				$\Delta h$ [m]	Höhe [mNN]	$\Delta h$ [m]	Höhe [mNN]
<b>Weserstraße (B 6)</b>							
	<b>Abschnitt 2 neben Graben</b>						
BS-60	Norden	28.03.2013	+ 1,29	2,9	- 1,61	1,6	- 0,31
BS-61	Norden	28.03.2013	+ 1,37	3,2	- 1,83	1,9	- 0,53
BS-62	Norden	28.03.2013	+ 1,29	2,3	- 1,01	1,7	- 0,41
BS-63	Mitte-Nord	28.03.2013	+ 1,39	2,7	- 1,31	1,9	- 0,53
Ø			<b>+ 1,34</b>	<b>2,8</b>	<b>- 1,44</b>	<b>1,78</b>	<b>- 0,44</b>
	<b>Abschnitt 1 neben Nebenanlagen</b>						
BS-64	Mitte	27.03.2013	+ 1,58	1,8	- 0,22	1,8	- 0,22
BS-65	Mitte-Süd	27.03.2013	+ 1,55	3,7	- 2,15	2,6	- 1,05
BS-66	Süden	27.03.2013	+ 1,61	1,7	- 0,09	1,7	- 0,09
BS-67	Süden	27.03.2013	+ 1,57	3,1	- 1,53	3,1	- 1,53
BS-68	Süden	27.03.2013	+ 1,40	0,9	+ 0,50	0,9	+ 0,50
Ø			<b>+ 1,54</b>	<b>2,1</b>	<b>- 0,54</b>	<b>2,0</b>	<b>- 0,5</b>
<b>Frederickshavner Straße (B 71)</b>							
BS-69	Nordosten	28.03.2013	+ 0,49	1,1	- 0,61	1,1	- 0,61

Die Wasserstände unterliegen in Abhängigkeit von Dauer und Intensität der Niederschläge jahreszeitlichen Schwankungen. Das Maximum stellt sich in der Regel im Frühjahr und das Minimum im Herbst ein.

Der Wasserstand in den anstehenden Gewässern mit dem freien Wasserstand in der Weser bei Niedrigwasser geregelt. Nach vorliegenden Unterlagen liegt der Wasserstand in der nörd-





lich fließenden *Rohr*, ein Gewässer II. Ordnung, in die die vorhandenen Straßengräben im Untersuchungsgebiet entwässern, auf etwa NN – 0,8 m. In den entwässerten Flächen wird dann das Wasser regelmäßig vorwiegend etwa auf NN - 0,4 m bis NN - 0,5 m stehen und in ausgeprägt nassen Zeiten kaum über NN ± 0,0 m steigen.

## **4 Geotechnische Beurteilung der Böden**

### **4.1 Laborversuche** (s. Anl. 4 - 6)

Von den mit den Bohrungen angetroffenen Böden wurden wenig gestörte Kernproben gezogen. Von denen sind im Labor einzelne bodenmechanische Kennwerte bestimmt worden.

Für die allgemeine Beschreibung der Böden dienen ihre Körnungslinien. Die wurden von den durchfahrenen Böden bis 15 m tief unter Gelände analysiert. Für die Auffüllungen stehen die 15 der BS-61 aus 0,4 m Tiefe, die 45 der BS-64 aus 1,2 m Tiefe, und die 55 der BS-65 aus 0,8 m Tiefe. Mit 6 M.-% Feinstem  $\varnothing \leq 0,002$  mm und 17 M.-% Schlämmkorn  $\varnothing \leq 0,06$  mm zählt die Körnungslinie 15 nach DIN 18196 zur Bodengruppe  $\overline{S\dot{U}}$ . Mit 8 M.-% Schlämmkorn  $\varnothing \leq 0,06$  mm zählen die 45 und 55 zur Bodengruppe SU.

Die Körnungslinie 63 der BS-66 aus 1,0 m Tiefe beschreibt mit 8 M.-% Schlämmkorn  $\varnothing \leq 0,06$  mm die gewachsenen Sande mit Schluffanteil und gehört zur Bodengruppe SU.

Die Pleistozänen Sande aus 14,9 m Tiefe werden durch die 75 der BS-66 vorgestellt. Mit  $\leq 5$  M.-% Schlämmkorn  $\varnothing \leq 0,06$  mm rechnen die Sande nach DIN 18196 zur Bodengruppe SE. Die unterlagernden pleistozänen Terrassensande, die unter NN – 10 m bis NN – 12 m anstehen, sind gut wasserdurchlässig. Nach Hazen/ Beyer sollte in dichter Lagerung deren Wasserdurchlässigkeit mit etwa  $k_f \geq 5 \times 10^{-4}$  m/s bis  $2 \times 10^{-4}$  m/s angesetzt werden. Wegen der geringen Wasserdurchlässigkeit des überlagernden dick anstehenden Kleis hat der Wasserdruck in den pleistozänen Sanden auf den Wasserstand in den oberen Böden vernachlässigbaren Einfluss.

Für den Klei stehen Körnungslinie 31 der BS-63 aus 1,5 m Tiefe, 48 der BS-64 aus 3,7 m Tiefe, die 57 der BS-65 aus 3,0 m Tiefe, die 66 der BS-66 aus 5,3 m Tiefe, die 78 der BS-78 aus 2,1 m Tiefe und die 102 der BS-69 aus 2,0 m Tiefe unter Gelände, s. Anl. 3 bis 6. Mit 13 M.-% bis 35 M.-% Feinstem  $\varnothing \leq 0,002$  mm und 80 M.-% bis 90 M.-% Schlämmkorn



$\varnothing \leq 0,06$  mm sind das organisch durchsetzte tonige Böden OU bis OT nach DIN 18196. Sie sind kaum wasserdurchlässig und wirken als Wasserstauer. Die Wasserdurchlässigkeit beträgt in diesen bindigen Böden  $k_f \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s bis  $5 \times 10^{-11}$  m/s.

In Tab. 4 sind von repräsentativen Proben des Kleis, darin eingelagerten holozänen gering und unterlagernden stärker zersetzten Torfen die Wassergehalte, Feucht-, Trockendichten und Glühverluste angegeben.

Das geht einher mit einer weichen Konsistenz der holozänen Böden, die wegen der streuenden Dicke und Beschaffenheit des Torfes ungleichmäßige Setzungen in Verkehrsflächen bei aufgebracht zusätzlichen Lasten bewirkt. Das stellt sich unabhängig vom Verkehrsflächen-aufbau ein.

Tab. 4: Wassergehalte, Feucht-, Trockendichten und Glühverluste

Probe Nr. [-]	Bohrung Nr. [-]	Tiefe [m]	Bodenart [-]	Wassergehalt w [M.-%]	Dichte		Glühverlust $V_{GI}$ [%]
					feucht $\gamma$ [t/m <sup>3</sup> ]	trocken $\gamma_d$ [t/m <sup>3</sup> ]	
1	BS-60	1,7	KI	27,6	1,93	1,52	3,6
4		5,0	HN	240,2	1,13	0,33	31,4
16	BS-61	2,0	KI	53,7	1,64	1,07	7,9
20		6,8	HN	457,5	1,05	0,19	68,9
24	BS-62	2,8	KI	67,7	1,61	0,96	6,0
31	BS-63	1,5	KI	22,1	2,03	1,66	2,8
48	BS-64	3,7	KI	34,1	1,87	1,40	3,8
56	BS-65	1,9	KI	26,3	1,95	1,54	3,7
57		3,0	KI	64,2	1,64	1,00	6,7
64	BS-66	2,7	KI	38,7	1,83	1,32	3,4
66		5,3	KI	46,5	1,74	1,19	4,2
73		12,7	HN	127,1	1,39	0,61	30,6
78	BS-67	2,1	KI	27,0	1,95	1,54	3,1
87	BS-68	3,0	KI	66,8	1,62	0,97	5,6
102	BS-69	2,0	KI	104,5	1,42	0,69	9,5
105		4,6	HN	463,9	1,00	0,18	71,1
110		10,2	HN	201,5	1,00	0,33	23,6
112		12,2	HN	266,7	1,10	0,30	47,8

Über dem regelmäßigen Grundwasser auf etwa NN - 0,5 m hat der Klei vergleichsweise geringe Wassergehalte in der Spanne von 20 M.-% bis 30 M.-% bei Feuchtdichten um 1,9 t/m<sup>3</sup>. Unter dem Grundwasserspiegel mit die Wassergehalte in der Spanne von 40 M.-% bis 105 M.-% bei 1,4 t/m<sup>3</sup> bis 1,7 t/m<sup>3</sup> Feuchtdichte hat der Klei bzw. haben die Bodengruppen



OU und OT eine geringe und streuende Dichte und als Konsequenz geringe und streuende Steifemoduln. Dazu tragen nicht gleichmäßig eingelagerte Torfe mit hohen organischen Anteilen bei. Der im Klei gebettete Torf hat 127 M.-% bis 464 M.-% Wassergehalt in Verbindung mit ca. 1,0 t/m<sup>3</sup> bis 1,1 t/m<sup>3</sup> und vereinzelt bis 1,4 t/m<sup>3</sup> Feuchtdichte. Damit hat der Torf sehr geringe Trageigenschaften und wird unter der höheren vertikalen Belastung gegenüber dem seitlichen Horizontaldruck mit der Zeit weiter den Wassergehalt mindern und in eine wachsende Feuchtdichte wechseln. Das ist mit Kriechen und Konsolidation verbunden. Die Trageigenschaften des Torfs sind gegenüber denen des Kleis deutlich geringer.

## 4.2 Kennwerte für erdstatische Berechnungen

Auf der Grundlage der Bohrerergebnisse und Laborversuche in Verbindung mit umfangreichen Erfahrungswerten gelten für die im Neubaugrundriss Weserstraße (B 6) anstehenden Böden für erdstatische Berechnungen die Bodenklassifikationen in Tab. 5 und die Bodenkennwerte und -moduln in Tab. 6. Für die Frederikshavner Straße gelten die Bodenklassifikationen in Tab. 7 und die Bodenkennwerte und -moduln in Tab. 8.

Tab. 5: Weserstraße/ B 6: Bodenklassifikationen der Böden

Bodenschicht, OK-Gelände im Mittel $\approx$ NN + 1,5 m Tiefen t [m] und absolut t' [mNN]	Bodengruppe* nach DIN 18196	Bodenklasse** nach DIN 18300
rollige Auffüllungen, mit U-Streifen versetzt, teilweise humos d $\approx$ 0,15 m – 1,4 m; 0,0 m $\leq$ t $\leq$ 1,4 m + 1,6 – + 1,3 mNN $\geq$ t' $\geq$ + 1,1 – + 0,3 ( $\pm$ 0,0) mNN	A [SE, SU, S $\bar{U}$ ]	3 – 4
Mittelsande versetzt mit Pflanzenresten (BS-64, BS-68), d $\approx$ 0,5 – 0,6 m; 1,3 – 1,4 m $\leq$ t $\leq$ 1,9 m $\pm$ 0,0 – + 0,28 mNN $\geq$ t' $\geq$ - 0,3 – - 0,5 mNN	SE, SU	3
Klei; d $\approx$ 10,3 m – 12,5 m; 0,3 – 0,5 m $\leq$ t $\leq$ 12,7 – 13,3 m + 1,1 – - 0,5 mNN $\geq$ t' $\geq$ - 10,0 – - 11,9 mNN	OU, OT	4 – 5
Torf; BS-60, BS-61, BS-63, BS-66 in 0 bis 3 Lagen im Klei eingelagert, d <sub>ges</sub> $\approx$ 0,0 – 2,2 m; 3,8 – 12,7 m $\leq$ t $\leq$ 6,9 – 13,6 m - 2,5 – - 11,3 mNN $\geq$ t' $\geq$ - 5,5 – - 12,2 mNN	HN	(2), 4 – 5
Pleistozäne Sande, BS-60, BS-63, BS-66, BS-68 12,4 – 13,8 m $\leq$ t $\leq$ 15 m (Bohrende) - 11,1 – - 12,2 mNN $\geq$ t' $\geq$ - 13,7 mNN (Bohrende)	SE	3

\* Bodengruppen bzw. Bodenklassifikationen nach DIN 18196 für bautechnische Zwecke

\*\* Boden- und Felsklassen nach DIN 18300

( ) untergeordnet



Die Bodenkennwerte und –moduln sind im Wesentlichen Mittelwerte, s. Tab. 5 u. 7. Je nach Berechnungsverfahren können Streuwerte von  $\pm 5 \%$  berücksichtigt werden. Größere Streuungen stellen sich bei den Steifemoduln ein. Die sind in der Tab. 6 u. 8 berücksichtigt.

Tab 6: Weserstraße/ B 6: Charakteristische Bodenkennwerte und –moduln

Bodenschicht, OK-Gelände $\approx$ NN + 1,5 m t [m]: Tiefe unter OK-Gelände t' [mNN]: Tiefe bezogen auf NN	Wichte $\gamma_k / \gamma'_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Scherparameter		
			$\varphi'_k$ [°]	$c'_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
rollige Auffüllungen, mit U-Streifen versetzt, teilweise humos, $d \approx 0,15 \text{ m} - 1,4 \text{ m}$ ; $0,0 \text{ m} \leq t \leq 1,4 \text{ m}$ $+ 1,6 - + 1,3 \text{ mNN} \geq t'$ $t' \geq + 1,1 - + 0,3 (\pm 0,0) \text{ mNN}$	18,5/ 10,5	40 – 60	32,5	-	-
Mittelsande versetzt mit Pflanzenresten (BS-64, BS-68), $d \approx 0,5 - 0,6 \text{ m}$ ; $1,3 - 1,4 \text{ m} \leq t \leq 1,9 \text{ m}$ $\pm 0,0 - + 0,28 \text{ mNN} \geq t' \geq - 0,3 - - 0,5 \text{ mNN}$	18,5/ 10,5	30 – 50	32,5	-	-
Klei; $d \approx 10,3 \text{ m} - 12,5 \text{ m}$ ; $0,3 - 0,5 \text{ m} \leq t \leq 12,7 - 13,3 \text{ m}$ $+ 1,1 - - 0,5 \text{ mNN} \geq t' \geq - 10,0 - - 11,9 \text{ mNN}$	17,0/ 7,0 14,0/ 4,0	1 – 2,5 0,6 – 1,2	20,0 17,5	15 10	25 20
Torf; BS-60, BS-61, BS-63, BS-66 in 0 bis 3 Lagen im Klei eingelagert, $d_{\text{ges}} \approx 0,0 - 2,2 \text{ m}$ ; $3,8 - 12,7 \text{ m} \leq t \leq 6,9 - 13,6 \text{ m}$ $- 2,5 - - 11,3 \text{ mNN} \geq t' \geq - 5,5 - - 12,2 \text{ mNN}$	10,5/ 0,5	0,5 – 1	17,5	2,5	15
Pleistozäne Sande, BS-60, BS-63, BS-66, BS-68 $12,4 - 13,8 \text{ m} \leq t \leq 15 \text{ m}$ (Bohrende) $- 11,1 - - 12,2 \text{ mNN} \geq t' \geq - 13,7 \text{ mNN}$	19,0/ 11,0	70 – 110	35,0	-	-



Tab. 7: Frederikshavner Str./ B 71: Bodenklassifikationen der Böden

Bodenschicht, OK-Gelände im Mittel $\approx$ NN + 0,5 m Tiefen t [m] und absolut t' [mNN]	Bodengruppe* nach DIN 18196	Bodenklasse** nach DIN 18300
Oberboden/ Mutterboden, d $\approx$ 0,3 m; 0,0 m $\leq$ t $\leq$ 0,3 m + 0,5 mNN $\geq$ t' $\geq$ + 0,2 mNN	OH	1
Klei, d $\approx$ 3,3 m; 0,3 m $\leq$ t $\leq$ 3,6 m + 0,2 mNN $\geq$ t' $\geq$ - 3,1 mNN	OU, OT	4 – 5
Torf, d = 1,1 m; 3,6 m $\leq$ t $\leq$ 4,7 m - 3,1 mNN $\geq$ t' $\geq$ - 4,2 mNN	HN	(2), 4 – 5
Klei, d = 4,2 m; 4,7 m $\leq$ t $\leq$ 8,9 m - 4,2 mNN $\geq$ t' $\geq$ - 8,4 mNN	OU, OT	4 – 5
Torf, d = 1,4 m; 8,9 m $\leq$ t $\leq$ 10,3 m - 8,4 mNN $\geq$ t' $\geq$ - 9,8 mNN	HN	(2), 4 – 5
Klei, d = 1,5 m; 10,3 m $\leq$ t $\leq$ 11,8 m - 9,8 mNN $\geq$ t' $\geq$ - 11,3 mNN	OU, OT	4 – 5
Torf, d = 0,5 m; 11,8 m $\leq$ t $\leq$ 12,3 m - 11,3 mNN $\geq$ t' $\geq$ - 11,8 mNN	HN	(2), 4 – 5
Pleistozäne Sande 12,3 m $\leq$ t $\leq$ 15 m (Bohrende) - 11,8 mNN $\geq$ t' $\geq$ - 14,5 mNN (Bohrende)	SE	3

\* Bodengruppen bzw. Bodenklassifikationen nach DIN 18196 für bautechnische Zwecke

\*\* Boden- und Felsklassen nach DIN 18300

() untergeordnet



Tab 8: Frederikshavner Str./ B 71: Charakteristische Bodenkennwerte und –moduln

Bodenschicht, OK-Gelände $\approx$ NN + 0,5 m t [m]: Tiefe unter OK-Gelände t' [mNN]: Tiefe bezogen auf NN	Wichte $\gamma_k / \gamma'_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Scherparameter		
			$\phi'_k$ [°]	$c'_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Oberboden/ Mutterboden, $d \approx 0,3$ m; $0,0 \text{ m} \leq t \leq 0,3 \text{ m}$ $+ 0,5 \text{ mNN} \geq t' \geq + 0,2 \text{ mNN}$	17,0/ 7,0	-	-	-	-
Klei, $d \approx 3,3$ m; $0,3 \text{ m} \leq t \leq 3,6 \text{ m}$ $+ 0,2 \text{ mNN} \geq t' \geq - 3,1 \text{ mNN}$	14,0/ 4,0	0,6 – 1,2	17,5	10	20
Torf, $d = 1,1$ m; $3,6 \text{ m} \leq t \leq 4,7 \text{ m}$ $- 3,1 \text{ mNN} \geq t' \geq - 4,2 \text{ mNN}$	10,5/ 0,5	0,4 – 0,7	15,0	2,5	15
Klei, $d = 4,2$ m; $4,7 \text{ m} \leq t \leq 8,9 \text{ m}$ $- 4,2 \text{ mNN} \geq t' \geq - 8,4 \text{ mNN}$	17,0/ 7,0 14,0/ 4,0	1 – 2,5 0,6 – 1,2	20,0 17,5	15 10	25 20
Torf, $d = 1,4$ m; $8,9 \text{ m} \leq t \leq 10,3 \text{ m}$ $- 8,4 \text{ mNN} \geq t' \geq - 9,8 \text{ mNN}$	10,5/ 0,5	0,5 – 1	17,5	2,5	15
Klei, $d = 1,5$ m; $10,3 \text{ m} \leq t \leq 11,8 \text{ m}$ $- 9,8 \text{ mNN} \geq t' \geq - 11,3 \text{ mNN}$	17,0/ 7,0 14,0/ 4,0	1 – 2,5 0,6 – 1,2	20,0 17,5	15 10	25 20
Torf, $d = 0,5$ m; $11,8 \text{ m} \leq t \leq 12,3 \text{ m}$ $- 11,3 \text{ mNN} \geq t' \geq - 11,8 \text{ mNN}$	11,0/ 1,0	0,8 – 1,2	20,0	2,5	25
Pleistozäne Sande $12,3 \text{ m} \leq t \leq 15 \text{ m}$ (Bohrende) $- 11,8 \text{ mNN} \geq t' \geq - 14,5 \text{ mNN}$ (Bohrende)	19,0/ 11,0	70 – 110	35,0	-	-

## 5 Umwelttechnische Beurteilung der Böden

Die abfallrechtliche Verwertung bzw. Entsorgung von Erdaushub wird in den Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Heft 20, geregelt.

In den Flächen der Verkehrsflächenerweiterung stehen fast ausschließlich natürlich gewachsene bindige Niederungsböden an. Unter etwa 0,15 m bis vereinzelt 1,4 m dicken rolligen Auffüllungen, die lokal mit gewachsenen Sanden unterlagert werden, folgt bindiger mit organischen Anteilen versetzter gewachsener Klei mit eingelagerten natürlich gewachsenen Torfen. Das sind natürliche Böden des Küstenbereichs. Sie sind vorläufig im Sinne der LAGA als nicht belastet einzustufen. Wegen natürlich enthaltener organischer Anteile sind die nicht tauglich für einen Einsatz in sandigen Gegenden, sondern aufgenommene Massen sollten in umliegenden Niederungsgebieten nahe der Küste eingesetzt werden.



Genauere Angaben zu den vorliegenden gewonnenen Bodenproben lassen sich mit umwelt-technischen Untersuchungen zusammenstellen.

## 6 Verkehrsflächenerweiterung

### 6.1 Allgemeines

Die Verkehrsflächenerweiterungen an der Weserstraße B 6 lassen sich entlang des zukünftigen Baugrundstückes nicht klassisch dauerhaft setzungsarm ausführen. Die Setzungsmessungen der Frederikshavner Straße, durchgeführt vom Vermessungs- und Katasteramt Bremerhaven, bestätigen sowieso anfallende Setzungen im Dezimeterbereich.

Setzungen in den zu erweiternden Verkehrsflächen lassen sich mindern, wenn der Verkehrsfächenaufbau in seiner tieferen Lage ausreichend dick mit leichten Baustoffen ausgeführt wird. Um zusätzliche Setzungen aus langfristigem Kriechen im Bereich der Erweiterung möglichst gering zu halten, sollte die Belastung des Untergrundes durch die eingebauten Leichtbaustoffe einschließlich Oberbau grundsätzlich die zuvor vorhandene Belastung aus dem bisherigen Untergrundaufbau unterschreiten.

Um Setzungen mit Gewichtsreduzierung entgegen zu wirken, sollte der Klei unter dem zukünftigen Straßenoberbau in den oberen Lagen durch Blähton oder vergleichbare, ökologisch für die Umgebung im Nassgebiet zugelassene Leichtbaustoffe wie Glasschaumschotter oder Hartschaumstoffe aus expandiertem Polystyrol (EPS) ausgetauscht werden. Leichtbaustoffe aus EPS werden in der Regel als Blöcke verbaut. Der Einsatz dieser Blöcke nahe am Grundwasser verlangt gegenüber Blähton erhöhte Anforderungen insbesondere an das Einbauplanum, das ein vollflächiges Aufliegen der unteren Lage der Blöcke sicherstellen muss.

Grundsätzlich sind im Trassenverlauf 2 unterschiedliche Abschnitte zu betrachten. Im **Abschnitt 1** ab der Kreuzung B 71/ B 6 von Station 0+000 bis 0+100 liegt die geplante Straßenverbreiterung auf bereits auf Straßenhöhe liegendem Gelände mit vorhandenem Rad- und Gehweg. Das gilt grundsätzlich auch für den Verschwenkbereich bis Station 0+140. Im weiteren Verlauf im **Abschnitt 2** ab Station 0 + 140 bis zur zukünftigen Zufahrt zum IKEA-Grundstück bei Station 0+250 und darüber hinaus bis Station 0+300 liegt die Verbreiterung im Bereich eines vorhandenen Straßengrabens, dessen Tiefe unter OK-Gelände bzw. OK-



Straße von Süden mit einer Tiefe von 0,6 m nach Norden mit einer Tiefe von bis zu etwa 1 m allmählich zunimmt.

Im Abschnitt 1 treten infolge der Straßenverbreiterung Mehrlasten aus dem schwereren Straßenoberbau gegenüber den anstehenden Deckschichten und aus der späteren Verkehrsbelastung auf. Diese Zusatzlasten können weitgehend durch den Unterbau von Leichtbaustoffen kompensiert werden. Im Abschnitt 2 wirken zusätzlich erhebliche Lasten aus der Verfüllung des vorhandenen und im Zuge der Erweiterung zu überbauenden Straßengrabens. In diesem Abschnitt werden die zu erwartenden Setzungen durch den Einsatz von Leichtbaustoffen im Unterbau gegenüber einer „klassischen“ Bauweise lediglich verringert. In diesem Abschnitt sollte in jedem Falle nach Herstellung des Unterbaus aus Leichtbaustoffen eine Vorbelastung durch Sandüberschüttung über einen längeren Zeitraum wirken. Ist das aus Zeitgründen mit dem vorgesehenen Bauablaufplan nicht möglich, sind die Gräben ggf. vor Herstellung des Unterbaus zu verfüllen und möglichst hoch zu überschütten, so dass ein Teil der späteren Setzungen vorweggenommen werden.

Bei den vorliegenden Randbedingungen mit zeitweise hoch anstehendem Grundwasser sollte aus geotechnischer Sicht eher ein schüttbarer Baustoff, wie Blähton oder Glasschaumschotter, eingesetzt werden. Der Bodenaustausch kann mit Einsatz von schüttbaren Stoffen variabel tief ausgeführt werden. Nahe dem Grundwasser können die Arbeiten ohne größere Anforderungen an die Aushubgenauigkeit, wie das bei blockartigen Baustoffen erforderlich ist, ggf. im Andeckverfahren mit vergleichsweise kleiner Arbeitsgrube ausgeführt werden. Nachfolgend wird eine Baugrundentlastung mit Blähton betrachtet, die im Raum Bremerhaven bei vergleichbaren Projekten erfolgreich eingesetzt wurde. Grundsätzlich sind aber auch andere Leichtbaustoffe einsetzbar.

## **6.2 Einsatz von Blähton zur Baugrundentlastung**

Blähton wird wie alle Leichtbaustoffe in der Regel über dem mittleren Grundwasserstand eingesetzt. Beim Einsatz unterhalb des Grundwasserspiegels hat der Einbau im Schutze einer Wasserhaltung zu erfolgen, da der Blähton im erdfeuchten Zustand wegen der geringen Wichte nicht auftriebssicher ist. Erst nach nahezu vollständiger Wassersättigung der Blähtonkörner (Wassereinwirkungsstufe WES 3) bei einer Wichte von  $\gamma \geq \approx 7 \text{ kN/m}^3$  treibt Blähton nicht mehr auf. Das ist insbesondere für etwaige Bau- und Zwischenzustände und beim Verlegen von Leitungen zu berücksichtigen.





Bei Blähton tritt eine Wasseraufnahme durch Erdfeuchte, Niederschläge und Grundwasser auf, die zu einer Erhöhung der für die Baugrundentlastung ansetzbaren Wichte führt.

Das „Merkblatt über die Verwendung von Blähton als Leichtbaustoff im Unterbau und Untergrund von Straßen“ [MVB] unterscheidet 5 Wassereinwirkungsstufen WES 1 bis WES 5:

### **Definition der Wassereinwirkungsstufen [MVB]**

- WES 1 erdfeuchte Blähtonschüttung; dauerhaft über dem Grundwasser
- WES 2 mäßige bis stark durchfeuchtete Blähtonschüttung; über Grundwasser mit temporärem Wasseranstieg
- WES 3 Blähtonkörner wassergesättigt; Haufwerksporen luftgefüllt; im Wasserwechselzone
- WES 4 Blähtonkörner wassergesättigt, Haufwerksporen wassergefüllt; unterhalb des Grundwasserspiegel (*Auftrieb ist abzuziehen*)
- WES 5 Blähtonschüttung unter Auftrieb; trockener Blähtonschüttung unterhalb des Grundwasserspiegels (Anfangszustand)

Ausgehend von einer Schüttdichte von  $0,35 \text{ g/cm}^3$  bzw. einer Schüttwichte von  $3,5 \text{ kN/m}^3$  ist eine Zunahme von 15 M.-% (Erhöhungsfaktor  $f_1$ ) infolge Einbau und Verdichtung auf etwa  $4 \text{ kN/m}^3$  anzusetzen. Für die einzelnen Wassereinwirkungsstufen ergeben sich dann folgende Wichten:

### **Wichten für Blähton in Abhängigkeit der Wassereinwirkungsstufe**

Schüttdichte  $\rho_b$  im Trockenzustand =  $0,35 \text{ g/cm}^3$  = Schüttwichte  $\gamma_b \approx 3,5 \text{ kN/m}^3$

Erhöhungsfaktor (Einbau und Verdichten)  $f_1 = 1,15$

WES 1	Erhöhungsfaktor $f_2 = 1,25$	$\gamma_{\text{WES1}} \approx 5,0 \text{ kN/m}^3$
WES 2	Erhöhungsfaktor $f_2 = 1,50$	$\gamma_{\text{WES2}} \approx 6,0 \text{ kN/m}^3$
WES 3	Erhöhungsfaktor $f_2 = 2,00$	$\gamma_{\text{WES3}} \approx 8,0 \text{ kN/m}^3$
WES 4	$\gamma_{\text{WES3}} + \approx 3,7$	$\gamma_{\text{WES4}} \approx 11,7 \text{ kN/m}^3$
WES 4'	unter Auftrieb	$\gamma'_{\text{WES4}} \approx 1,7 \text{ kN/m}^3$

Ausgehend von einem Verkehrsflächenoberbau auf  $\text{NN} + 1,4 \text{ m}$  und einem regelmäßigen Wasserstand (bei entsprechender Entwässerung) unter  $\text{NN} - 0,5 \text{ m}$  und einem temporär möglichen Wasseranstieg auf  $\text{NN} \pm 0,0 \text{ m}$  kann für den Tiefenbereich von OK-Blähtonschüttung bis  $\text{NN} \pm 0,0 \text{ m}$  die Wassereinwirkungsstufe WES 1 und von  $\text{NN} \pm 0,0 \text{ m}$  bis  $\text{NN} - 0,5 \text{ m}$  die



Wassereinwirkungsstufe WES 3 angesetzt werden. Unterhalb des regelmäßigen Grundwasserspiegels ist die Wassereinwirkungsstufe WES 4 anzusetzen. Von der nach dem Merkblatt für Blähton anzusetzenden Wichte  $\gamma_{\text{WES4}} \approx 11,7 \text{ kN/m}^3$  ist die Auftriebskraft von  $10 \text{ kN/m}^3$  abzuziehen, so dass  $\gamma'_{\text{WES4}} \approx 1,7 \text{ kN/m}^3$  beträgt. Für den anstehenden Klei kann nach Abs. 4.1 für die Ermittlung der Entlastung bis Kote NN  $\pm 0,0 \text{ m}$  eine Wichte von  $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$  unter Kote NN - 0,5 m eine Wichte unter Auftrieb von  $\gamma' = 7 \text{ kN/m}^3$  angesetzt werden.

Für den Abschnitt 1 im Bereich mit vorhandenen Nebenanlagen ergibt sich dann bei Ansatz des unter Absatz 6.3 angegebenen Verkehrsflächenaufbaus folgende rechnerische Entlastung:

Tab. 9: Rechnerische Entlastung durch Blähtoneinbau im Abschnitt 1

		geplanter Aufbau				vorhandener Aufbau				
Tiefe	Tiefe	Bodenart	Dicke	Wichte	Belastung	Bodenart	Dicke	Wichte	Belastung	Entlastung
[m]	[mNN]	[-]	[m]	[kN/m³]	[kN/m²]	[-]	[m]	[kN/m³]	[kN/m²]	[kN/m²]
0	1,4									
		22 cm Asphalt	0,22	22	4,84	Sand	0,22	18,5	4,07	-0,77
-0,22	1,18									
		30 cm Schotter	0,3	19	10,54	Sand	0,3	18,5	9,62	-0,92
-0,52	0,88									
		48 cm FSS Sand	0,48	18,5	19,42	Sand	0,48	18,5	18,5	-0,92
-1	0,4									
		40 cm BlähtonWES1	0,4	5	21,42	Klei	0,4	17	25,3	3,88
-1,4	0									
		50 cm Blähton WES3	0,5	8	23,42	Klei	0,5	7	28,8	5,38
-1,9	-0,5									
		50 cm Blähton WES4*	0,5	1,7	22,27	Klei	0,5	7	32,3	10,03
-2,4	-1									

\* WES4' =  $11,7 \text{ kN/m}^3 - 10 \text{ kN/m}^3$  (wegen Auftrieb)

Nach vorstehender Aufstellung erreicht die Baugrundentlastung infolge des 1,4 m dicken Blähtoneinbaus unter dem 1 m dicken Verkehrsflächenaufbau etwa  $10 \text{ kN/m}^2$ . Die aus dem Straßenverkehr anfallenden setzungswirksamen Verkehrslasten bei einer Befahrung mit PKW und schweren LKW werden in etwa gleicher Größenordnung angenommen, so dass der unter dem Blähton anstehende Untergrund effektiv nicht zusätzlich durch Straßenausbau belastet wird.

Für den Abschnitt 2 im Bereich des zu verfüllenden Grabens lässt sich durch den vorstehenden Blähtoneinbau aufgrund der vorhandenen Geometrie bzw. der geringen Vorbelastung keine rechnerische Entlastung des Untergrundes nachweisen. Ein tiefer Blähtoneinbau ist technisch kaum möglich. Gegenüber einer klassischen Bauweise ohne Leichtbaustoffe las-



sen sich aber durch den vorstehenden Unterbau aus Blähton als Leichtbaustoff wie im Abschnitt 1 die sowieso auftretenden Setzungen mindern. Damit sich hier mit der Flächennutzung nicht unkontrollierte Setzungen einstellen, sollte die Fläche in der Bauzeit über etwa 6 Monate mit einer etwa 1 m überhöht aufgebrauchten Schüttung vorbelastet werden.

### 6.3 Verkehrsflächen für LKW in Anlehnung an Belastungsklasse BK3,2

Nach den Angaben und Abschätzung der rechnerisch zu erreichenden Baugrundentlastung kann ein möglicher Verkehrsflächenaufbau wie folgt ausgeführt werden:

#### Verkehrsflächen für LKW in Anlehnung an Belastungsklasse Bk3,2

≈ + 1,4 mNN	10 cm	Asphaltdecke
	12 cm	Asphalttragschicht
	30 cm	Schottertragschicht 0/32 nach ZTV SoB-StB 04/Fassung 2007 $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ , $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$
≈ + 0,4 mNN	≈ 48 cm	Material für Schichten aus frostunempfindlichen Material nach ZTV SoB-StB 04/Fassung 2007 Sande SE mit ≤ 5 M.-% Schlämmkorn $\varnothing \leq 0,06 \text{ mm}$ $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ , $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$
≈ ± 0,0 mNN	≈ 40 cm	Leichtbaustoff / Blähton (z. B. AR 8/16-340) Wassereinwirkungsstufe WES 1 mit $\gamma_{\text{WES1}} = 5 \text{ kN/m}^3$
≈ - 0,5 mNN	≈ 50 cm	Leichtbaustoff / Blähton (z. B. AR 8/16-340) Wassereinwirkungsstufe WES 3 mit $\gamma_{\text{WES3}} = 8 \text{ kN/m}^3$
≈ - 1,0 mNN	≈ 50 cm	Leichtbaustoff / Blähton (z. B. AR 8/16-340) Wassereinwirkungsstufe WES 4* mit $\gamma_{\text{WES4}} = 1,7 \text{ kN/m}^3$ Die Blähtonschüttung ist in ein Geotextilvlies der Geotextilrobustheitsklasse GRK 3 einzubauen.
≈ - 1,0 mNN	≥ 240 cm	<b>Gesamtdicke des Verkehrsflächenaufbaus</b>

Für den vorstehenden Verkehrsflächenoberbau wurde ein regelmäßiger Wasserstand unter NN – 0,5 m mit temporär möglichen Wasseranstieg auf NN ± 0,0 m angesetzt. Das ist durch die Entwässerungsplanung sicher zu stellen.



Für den Einbau des Blähtons insbesondere der unteren Lagen ist eine Wasserhaltung vorzusehen und die Auftriebssicherheit zu gewährleisten.

Die Blähtonschüttung darf erst nach Einbau der ersten  $\geq 30$  cm dicken Einbaulage aus Sande SE mit schweren Radfahrzeugen befahren und mit mittelschweren und schweren Walzen verdichtet werden.

## **7 Setzungen**

Unabhängig von dem leichten Verkehrsflächenaufbau werden sich infolge Kriechen im tiefen Baugrund Setzungen einstellen. Bei bis  $\approx 2$  m dick lagernden Torfen werden sich über Jahre Setzungen im Zentimeterbereich einstellen. Die fallen hier ebenso wie unter den vorhandenen Verkehrsflächen an, die seit Jahrzenten im Verlauf der Weserstraße genutzt werden.

Im Abschnitt 2 im Bereich nach der Verschwenkung der Fahrbahn mit zu überbauendem Graben lassen sich einstellende Setzungen in der Bauzeit mit etwa 10 cm bis 20 cm ansetzen. Damit sich hier mit der Flächennutzung nicht unkontrollierte Setzungen einstellen, sollte die Fläche in der Bauzeit über etwa 6 Monate mit einer etwa 1 m überhöht aufgebrachten Schüttung vorbelastet werden.

Grundsätzlich wird auch im Abschnitt 1 eine Vorbelastung wie im Abschnitt 2 empfohlen. Zusätzlich in der Bauzeit anfallende Setzungen lassen sich im Abschnitt 1 mit ca. 2 cm bis 5 cm abschätzen. Die lassen sich ausreichend berücksichtigen, wenn die Aushubtiefe etwa 5 cm höher als nach Tiefenangaben aufgeführt angelegt wird.

Nach Beendigung des Bodenaustausches werden sich aufgrund der inhomogenen, wenig tragfähigen Böden weitere Setzungen einstellen. Die sollten mit Setzungsmessungen alle etwa 6 bis 12 Monate verfolgt werden.

Bei dem gering tragfähigen tiefen Baugrund werden sich unabhängig von dem leichten Verkehrsflächenaufbau infolge Kriechen im Tiefen in den Verkehrsflächen Mängel vor Ablauf einer sonst gewöhnlichen Gebrauchszeit von etwa 20 Jahren einstellen. Die rühren aus den gering tragfähigen holozänen Böden her, die bis etwa 12 m bis 14 m tief unter Gelände lagern. Bei bis  $\approx 2$  m dick lagernden Torfen im mächtigen Klei werden sich über Jahre Setzungen im Zentimeterbereich einstellen. Die fallen hier ebenso wie unter den vorhandenen Ver-



kehrsflächen an, die seit Jahrzehnten im Verlauf der Weserstraße genutzt werden. Während der Nutzungszeit werden daher in den ersten Jahren erhöhte Aufwendungen für die Straßenunterhaltung erforderlich. Im ungünstigsten Fall ist die Asphaltdecke bereits nach einigen Jahren zu überarbeiten bzw. zu erneuern.

Starre Fahrbahnen, die tief gegründet werden, lassen sich nicht ausführen, weil die nicht im Verbund mit den bestehenden Straßen ausführbar sind.

## **8 Anschluss an vorhandene Verkehrsflächen**

Der Anschluss an bestehende Verkehrsflächen sollte mit treppenförmiger Abstufung ausgeführt werden. Die einzelnen Stufenhöhen im Blähton lassen sich mit etwa 0,5 m angeben. Im Verkehrsflächenoberbau sollten die einzelnen Lagen nicht senkrecht sondern ca. 0,3 m bis 0,5 m seitlich verschoben fortgesetzt in Querrichtung und in  $\geq 1,5$  m Abstand in Längsrichtung werden.

Der neue Straßenaufbau mit Blähtonunterbau sollte in Anlehnung an das „Merkblatt über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund“ ausgeführt werden. Dieses schlägt vor, den Straßenaufbau mit Abtreppung zu bestehenden Verkehrsflächen mit  $\geq 2$  m Abstand zu in Betrieb verbleibenden Verkehrsflächen herzustellen. Es ist davon auszugehen, dass für die Herstellung des Leichtbaustoffunterbaus unter der Fahrbahnerweiterung ein etwa 2 m bis 3 m breiter Streifen der vorhandenen Fahrbahn aufzunehmen ist.

Für die Ausführungsplanung ist bei den neuen Entwässerungsgräben zu berücksichtigen, dass ein regelmäßiger Wasserstand unter NN – 0,5 m mit temporär möglichen Wasseranstieg auf NN  $\pm 0,0$  m angesetzt wurde.

## **9 Anmerkung**

Das vorliegende Baugrund- und Gründungsgutachten wurde auf Grundlage zur überlassener Unterlagen, ergänzender Annahmen und ausgeführter Baugrunderkundungen erstellt. Bei wesentlicher Planungsänderung wie für Geländehöhen oder mit den Arbeiten abweichend festgestellten Baugrundverhältnissen sollten die getroffenen Aussagen und Empfehlungen überprüft und ggf. an die geänderten Randbedingungen angepasst werden.



Für Rückfragen und Beratungen bei der weiteren Planung und der Bauausführung stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

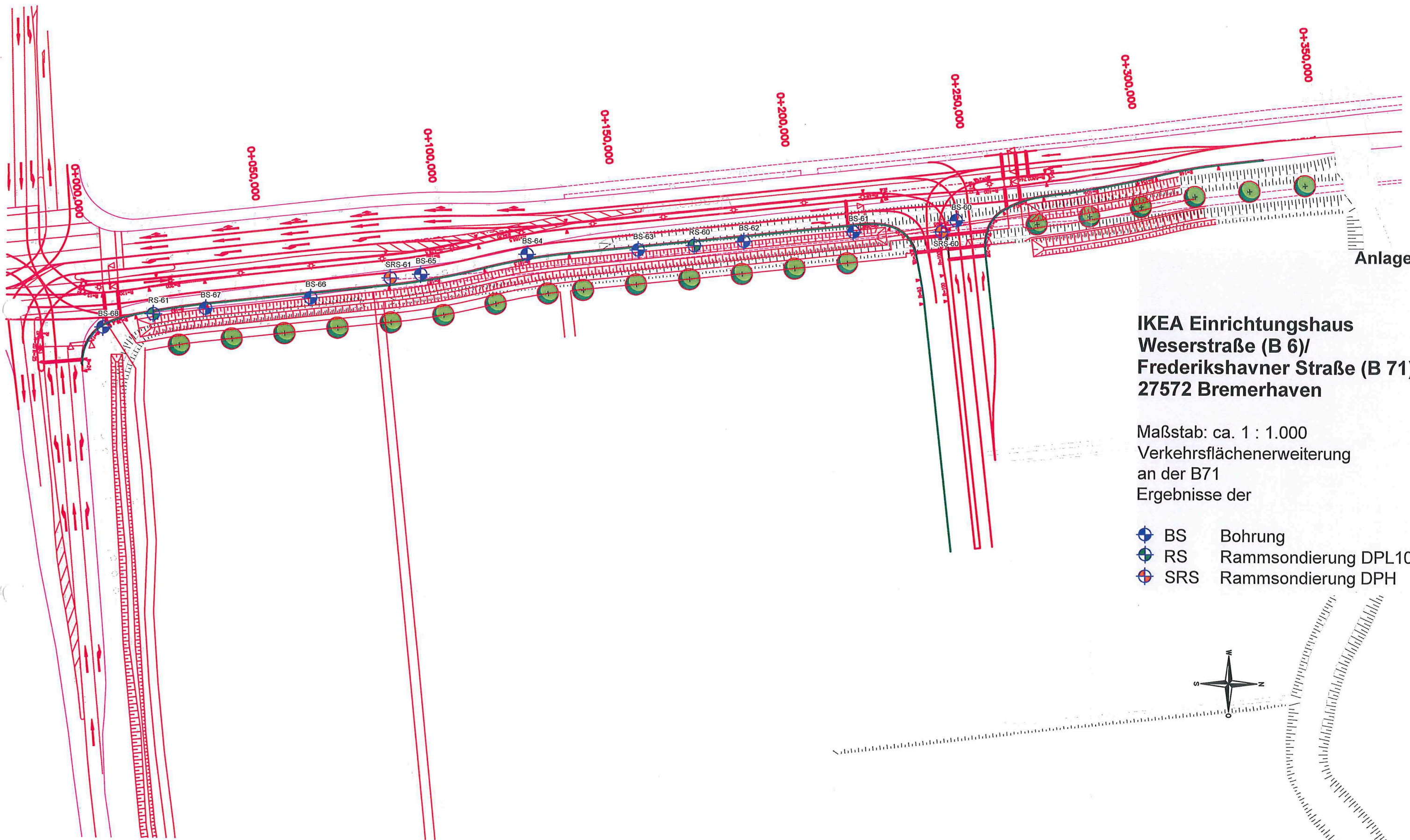
JAGAU Ingenieurbüro

ppa. Frank Janssen

Tim Bartels

Anlagen








Anlage 1

**IKEA Einrichtungshaus  
Weserstraße (B 6)/  
Frederikshavner Straße (B 71)  
27572 Bremerhaven**

Maßstab: ca. 1 : 1.000  
Verkehrsflächenenerweiterung  
an der B71  
Ergebnisse der

-  BS Bohrung
-  RS Rammsondierung DPL10
-  SRS Rammsondierung DPH



**JAGAU Ingenieurbüro**  
GEOTECHNIK - UMWELTTECHNIK  
VBI - VDI - DGGT - VSVI - HTG - GSTT

28857 Syke      28359 Bremen      eMail:  
Leipziger Straße 19 - 21      Auf den Hornstücken 57      mail@drjagau.de  
Ruf: 04242/ 50504      Ruf: 0421/ 2449527      Internet:  
Fax: 04242/ 6112      Fax: 0421/ 2449823      www.drjagau.de



**IKEA Einrichtungshaus  
Weserstraße (B6)/  
Frederikshavner Straße (B71)  
27572 Bremerhaven**

Lageplan  
ohne Maßstab

● BS Bohrung

GEBÄUDEHÖHE= ca. 12 m

800 STELLPLÄTZE IN DEN FREIANLAGEN

**ZUSÄTZLICH ERFORDERLICHE ÖFFENTLICHE VERKEHRSFLÄCHE**  
(Quelle: Verkehrliche Machbarkeitsstudie zur Anordnung eines IKEA Marktes in Bremerhaven, Büro BFR)

- zusätzlich zur vorhandenen Erschließung erforderliche Fahrbahn- bzw. Verkehrsinselfläche
- vorgeschlagene Umverlegung des Rad- und Fußweges

- Zufahrt PKW
- Abfahrt PKW
- Anlieferung
- ÖPNV
- Anbauverbotszone Bundesstrasse (20m)
- ÜBERFLURHYDRANT DN 100
- RINGLEITUNG DN 150

Nr.	28.02.2012	Verkehrsplanung B71 evtl. Sperrkör	
Nr.	28.02.2012	Verkehrsplanung B71 evtl. Sperrkör	
EDATE:	DATUM:	ÄNDERUNG:	GEZ:

**IKEA**  
BAUHERR:  
IKEA VERWALTUNG - GbR  
ALF WANDERMANNS  
ESTER HOFFMANN-UTZAU  
UNTERSCHAFT:

TELEFON 04121 891-1200  
FAX 04121 891 1111

STANDORT:  
**BREMERHAVEN**

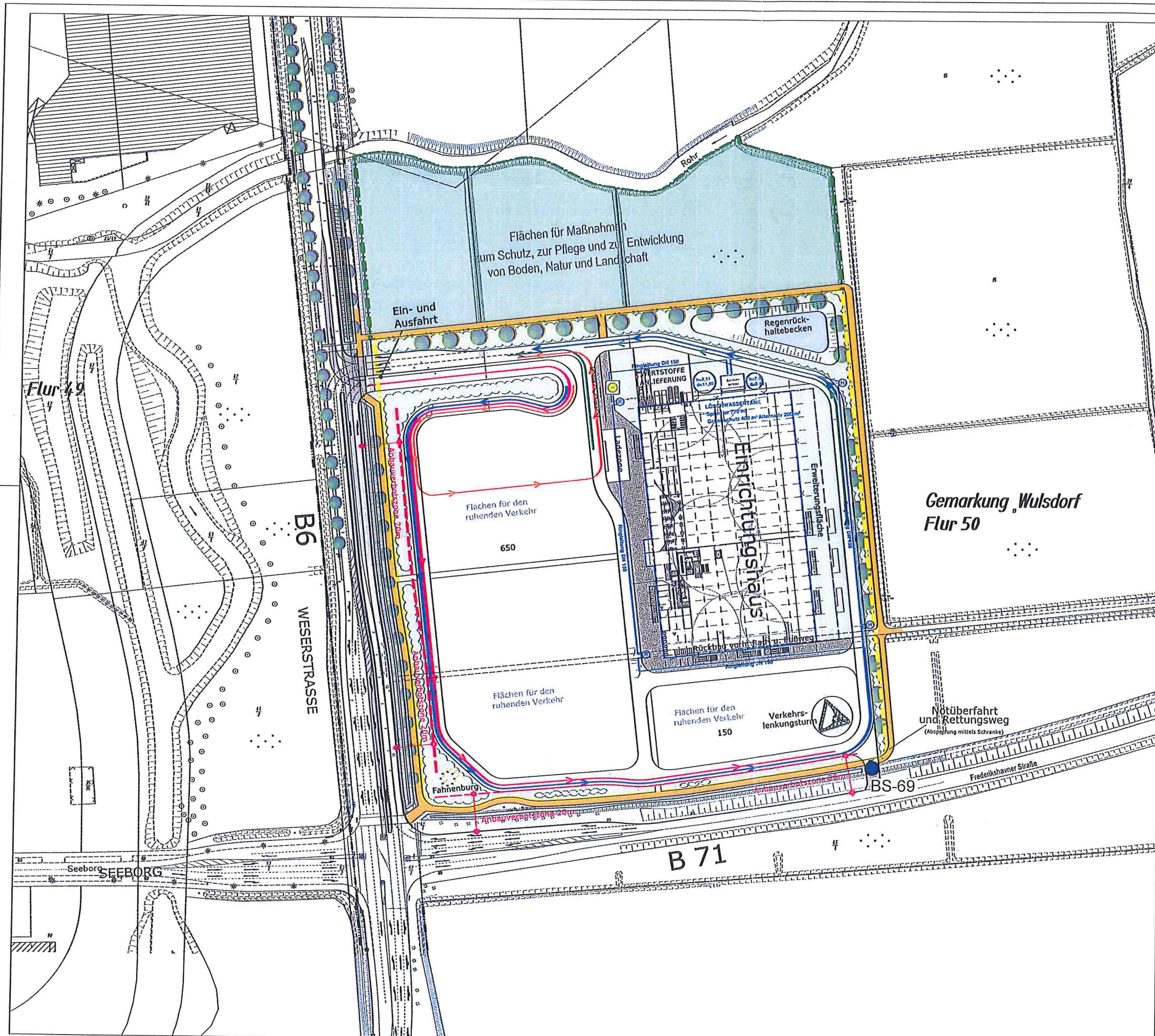
PROJEKT:  
**NEUBAU  
EINES EINRICHTUNGSHAUSES**

PLANBEZEICHNUNG:

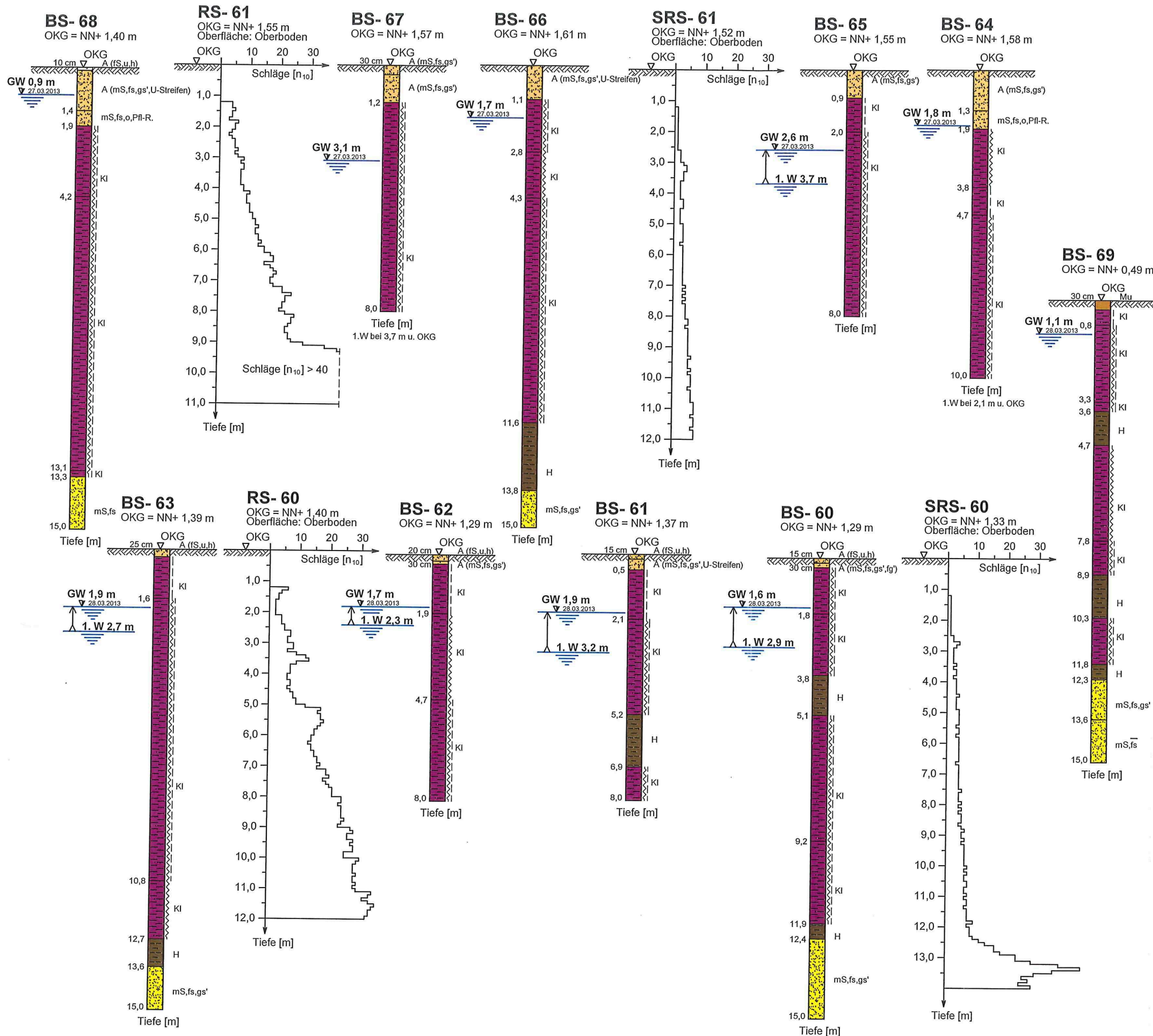
**JAGAU Ingenieurbüro  
GEOTECHNIK + UMWELTTECHNIK  
VBI - VDI - DGGT - VSVI - HTG - GSTT**

28857 Stuhr-Brinkum  
Hertha-Sponer-Str. 17  
Tel.: 0421/ 800 53 0  
Fax: 0421/ 800 53 30  
eMail: mail@drjagau.de

28359 Bremen  
Auf den Hornstücken 57  
Tel.: 0421/ 2 44 95 27  
Fax: 0421/ 2 44 98 23  
Internet: www.drjagau.de







**IKEA Einrichtungshaus  
Frederikshavner Straße  
27572 Bremerhaven**

Verkehrsflächenerweiterung

Maßstab 1 : 125

Ergebnisse der

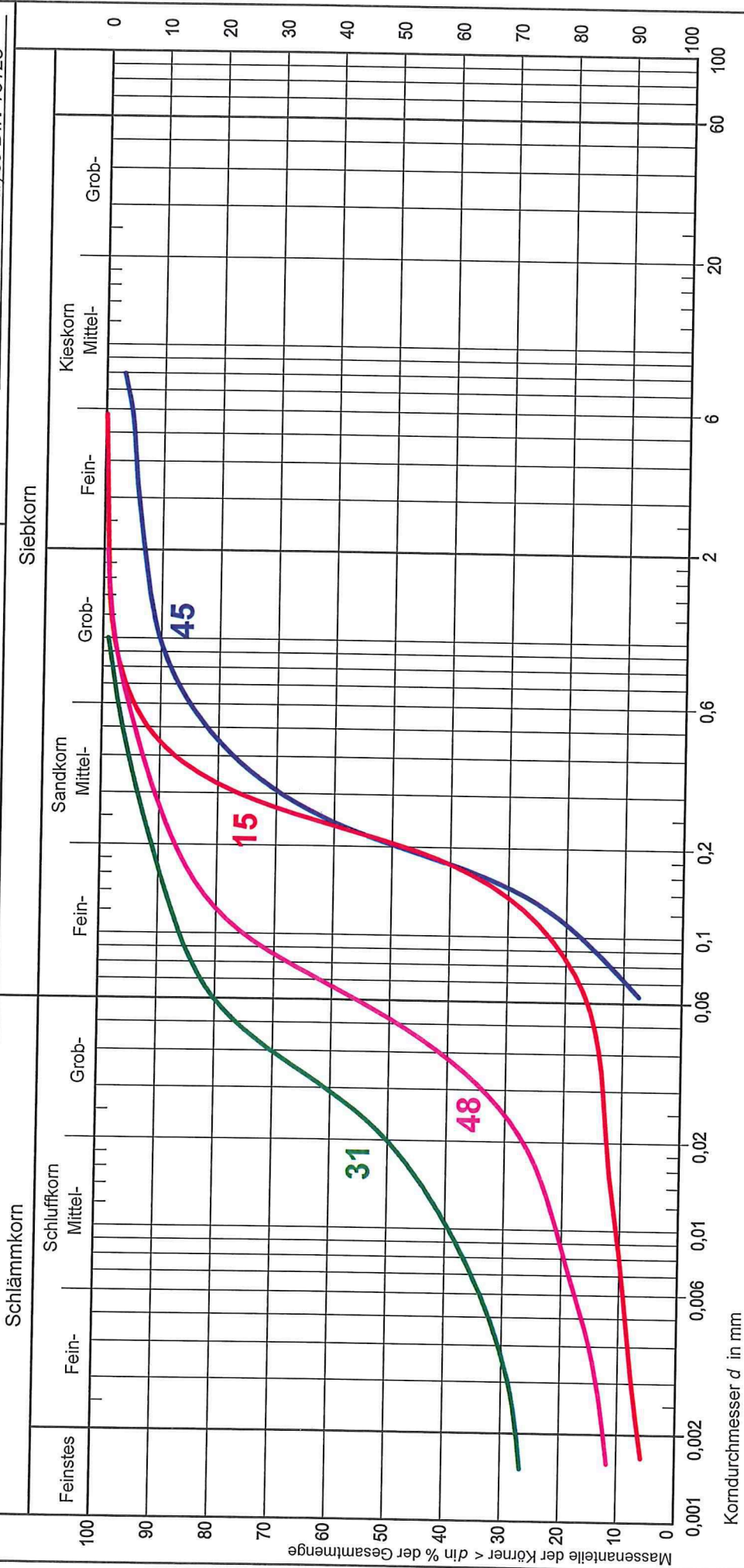
- BS Bohrsondierungen
- RS Rammsondierungen DPL10
- SRS Rammsondierungen DPH

Bezeichnung der Bodenarten nach DIN 4022 Teil 1			
Benennung		Kurzzeichen	
Bodenart	Beimengung	Bodenart	Beimengung
Auffüllung		A	
Pflanzenreste		Pfl.-R.	
Sand	sandig	S	s
Grobsand	grobsandig	gS	gs
Mittelsand	mittelsandig	mS	ms
Feinsand	feinsandig	fS	fs
Kies	kiesig	G	g
Grobkies	grobkiesig	gG	gg
Mittelkies	mittelkiesig	mG	mg
Feinkies	feinkiesig	fG	fg
Mu- Boden		Mu	
Klei		Kl	
Steine	steinig	X	x
Schluff	schluffig	U	u
Torf, Humus	torfig, humos	H	h
organisch			o
Konsistenzen:			
	breiig	weich	steif
		halbfest	fest

**JAGAU Ingenieurbüro**  
GEOTECHNIK - UMWELTTECHNIK  
VBI - VDI - DGGT - VSVI - HTG - GSTT

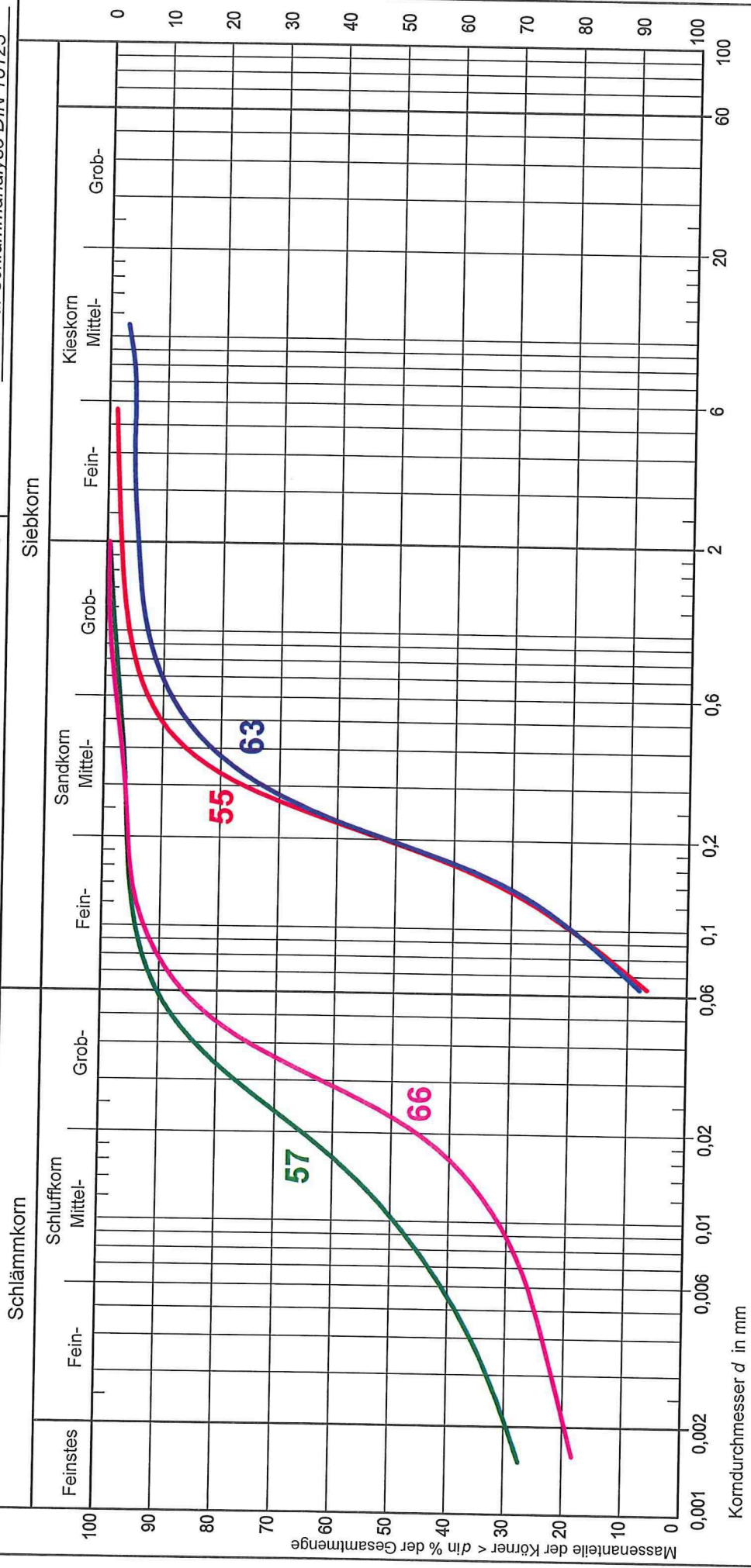
28816 Stuhr-Brinkum  
Hertha-Sponer-Straße 17  
Ruf: 0421/ 800 53 - 0  
Fax: 0421/ 800 53 - 30  
eMail: mail@drjagau.de

28359 Bremen  
Auf den Hornstücken 57  
Ruf: 0421/ 2449527  
Fax: 0421/ 2449823  
Internet: www.drjagau.de

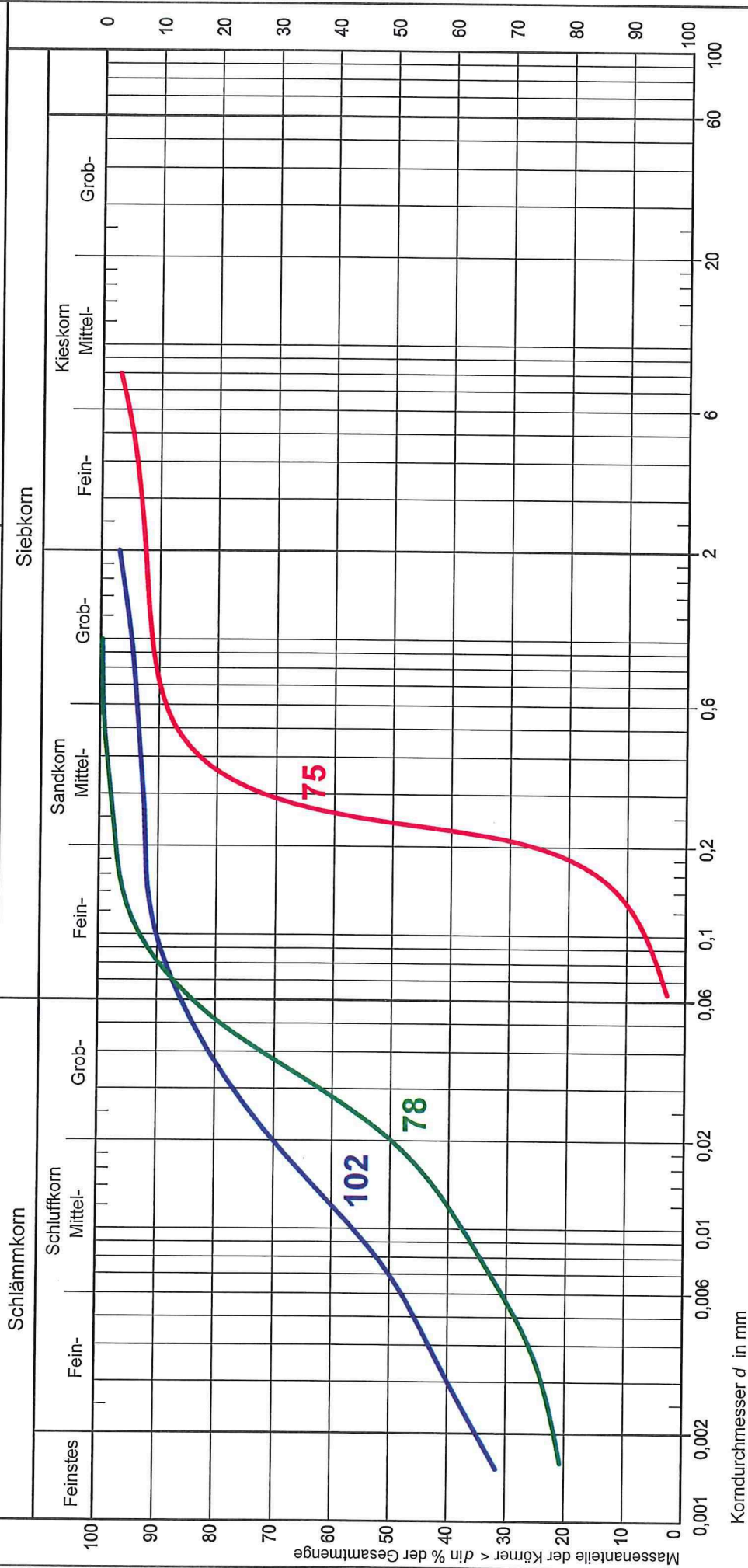


Anlage 4		Bemerkungen (z.B. Kornform)	
Kurve Nr:	15	45	48
Bodenart:	A (mS, fs, gs, U-Streifen)	KI	KI
Tiefe:	0,4 m	1,2 m	3,7 m
$C_u = d_{60} / d_{10}$ :	29	3,3	-
Entnahmestelle / Ort:	BS-61	BS-64	BS-64





Anlage 5		Bemerkungen (z.B. Kornform)	
Kurve Nr:	<b>55</b>	<b>57</b>	<b>66</b>
Bodenart:	A (fS,ms,gs',u')	KI	fS,ms,gs',u' KI
Tiefe:	0,8 m	3,0 m	5,3 m
Cu = d60/d10:	3,2	-	3,4
Entnahmestelle / Ort:	<b>BS-65</b>	<b>BS-66</b>	<b>BS-66</b>



Anlage 6	
Kurve Nr.	75
Bodenart:	mS,fs,gs' KI
Tiefe:	14,90 m
C <sub>u</sub> = d <sub>60</sub> / d <sub>10</sub> :	2,0
Entnahmestelle / Ort:	BS-66
	BS-78
	BS-69
	102
	KI
	2,0 m
	-
Bemerkungen (z.B. Kornform)	