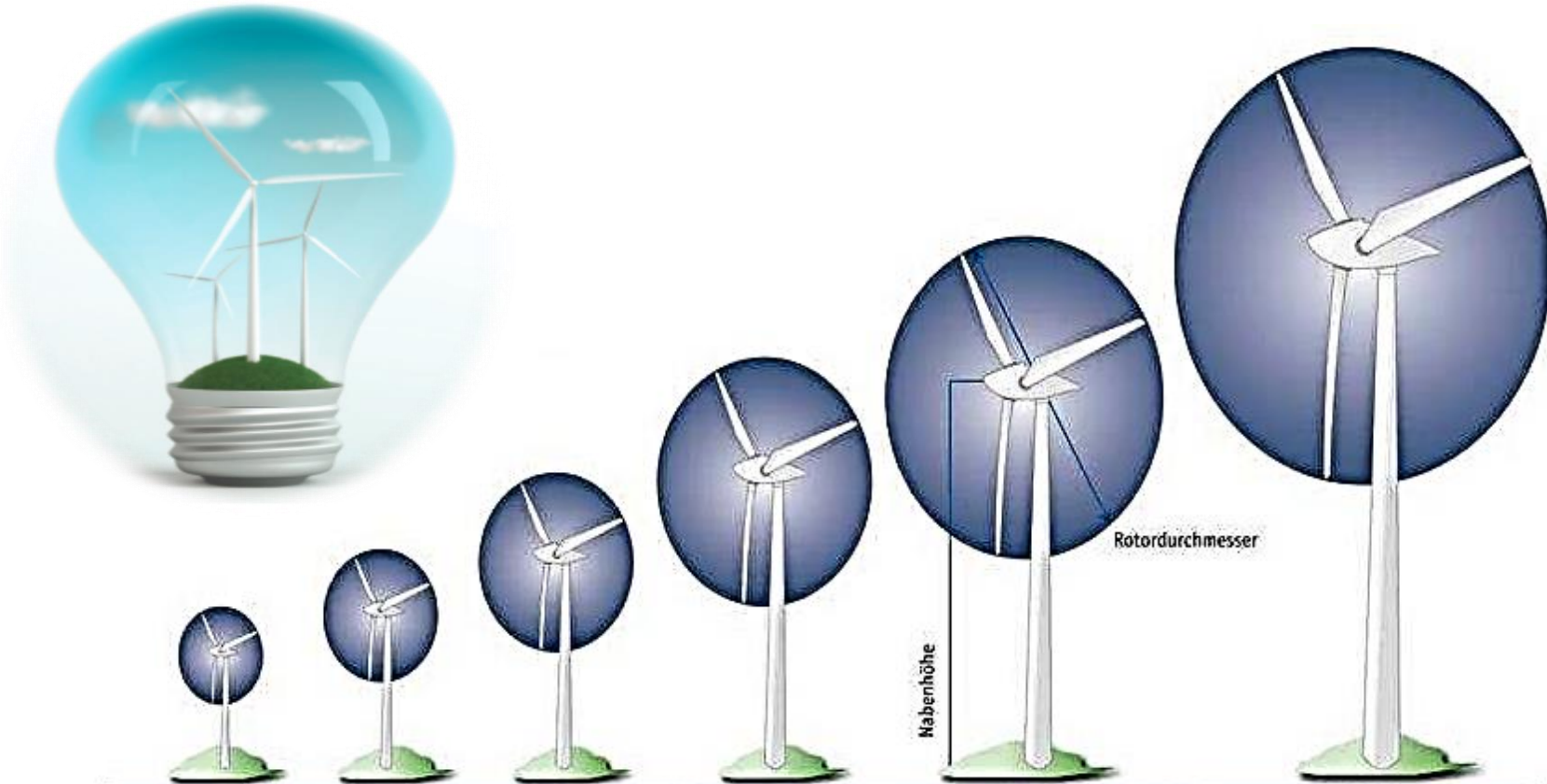


Wirtschaftliche Kranstellflächen und Arbeitsplattformen mit Tensar Geogittern

TensarTech[®] Stratum[®] – Geozellensystem
Windenergietage Linstow 2015 – Stand 9 / Valkensaal

Tensar International GmbH
Dipl.-Ing. (FH) Marcel-Riccardo Wollenburg



	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2008
Nennleistung	30 kW	80 kW	250 kW	600 kW	1.500 kW	3.000 kW	6.000 kW
Rotordurchmesser	15 m	20 m	30 m	46 m	70 m	90 m	126 m
Nabenhöhe	30 m	40 m	50 m	78 m	100 m	105 m	135 m
Jahresenergieertrag	35.000 kWh	95.000 kWh	400.000 kWh	1.250.000 kWh	3.500.000 kWh	6.900.000 kWh	ca. 20.000.000 kWh

Quelle: WeltderEnergie by Reinhard Flötotto (Internet)



Liebherr LTM 1070-4.1 (BJ 2008)



Liebherr LTM 1100-5.2 (BJ > 2010)



Liebherr LTM 1045 (BJ 1987)



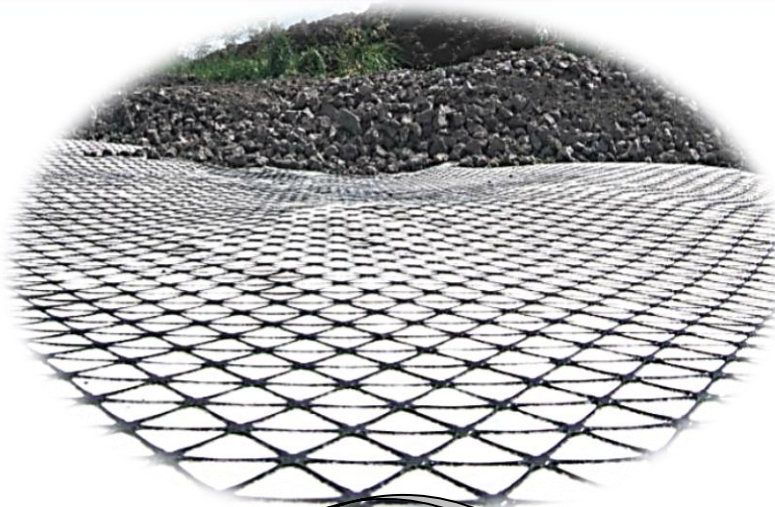
Liebherr LTM 1500-8.1 (BJ > 2010)



Liebherr LTM 1022 (BJ 1981)

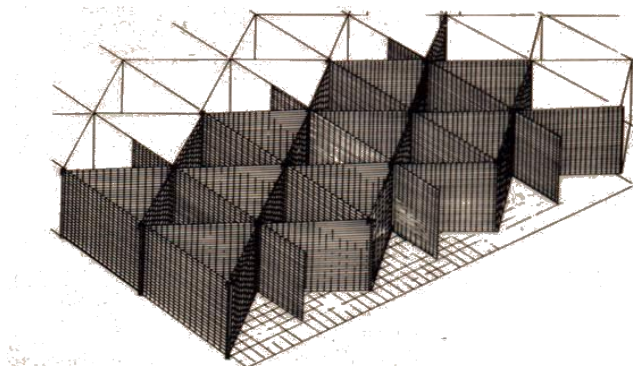


Liebherr LTM 11200-9.1 (BJ > 2010)



Was ist TensarTech® Stratum®?

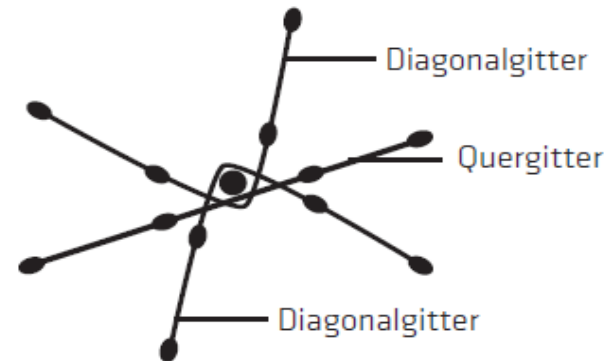
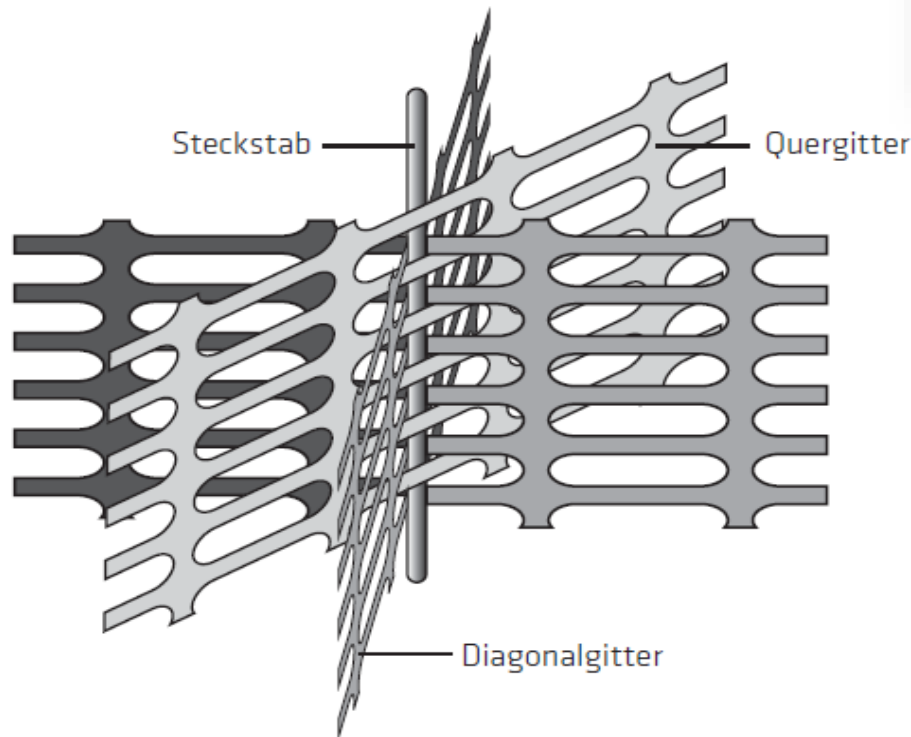
TensarTech® Stratum® ist ein dreidimensionales, biegesteifes Gründungselement aus Geogittern mit einer mineralischen Füllung



Was ist TensarTech® Stratum®?

Mit Hilfe von Steckstäben wird eine offene, dreieckige Zellstruktur geschaffen.

Die einzelnen Zellen werden dann mit Schüttmaterial gefüllt.





... um eine hohe Tragfähigkeit zu gewährleisten!



... um unterschiedliche Setzungen erheblich zu minimieren!



... erlaubt eine direkte Befahrung/ Belastung mit schweren Maschinen!





Quelle: Tensar

... auch bei sehr schwierigen Bodenverhältnissen

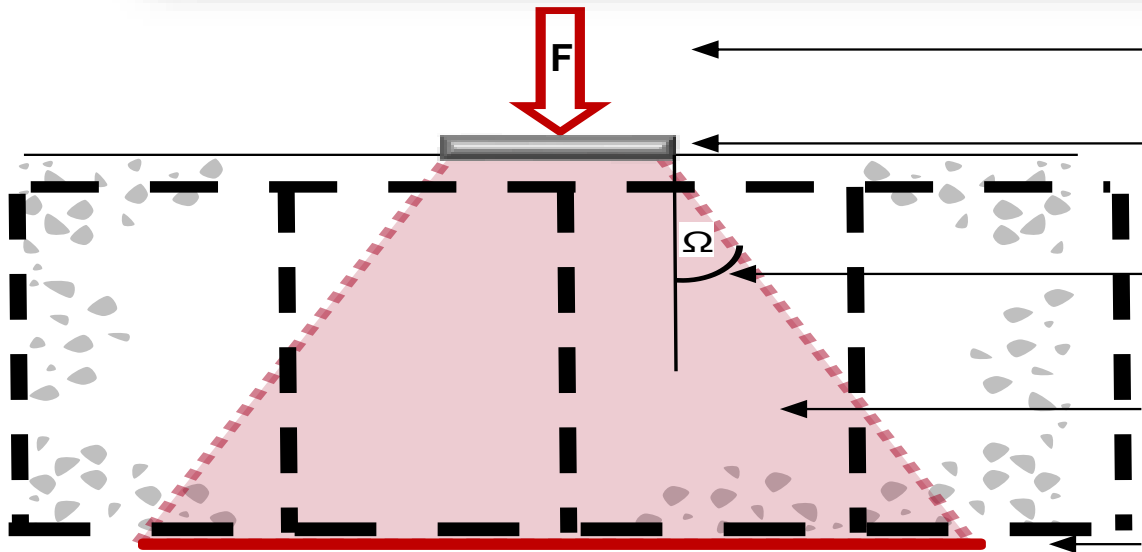
Tensar[®]



Quelle: Tensar



Quelle: Internet, shz.de



Last F (mittig aufgebracht)

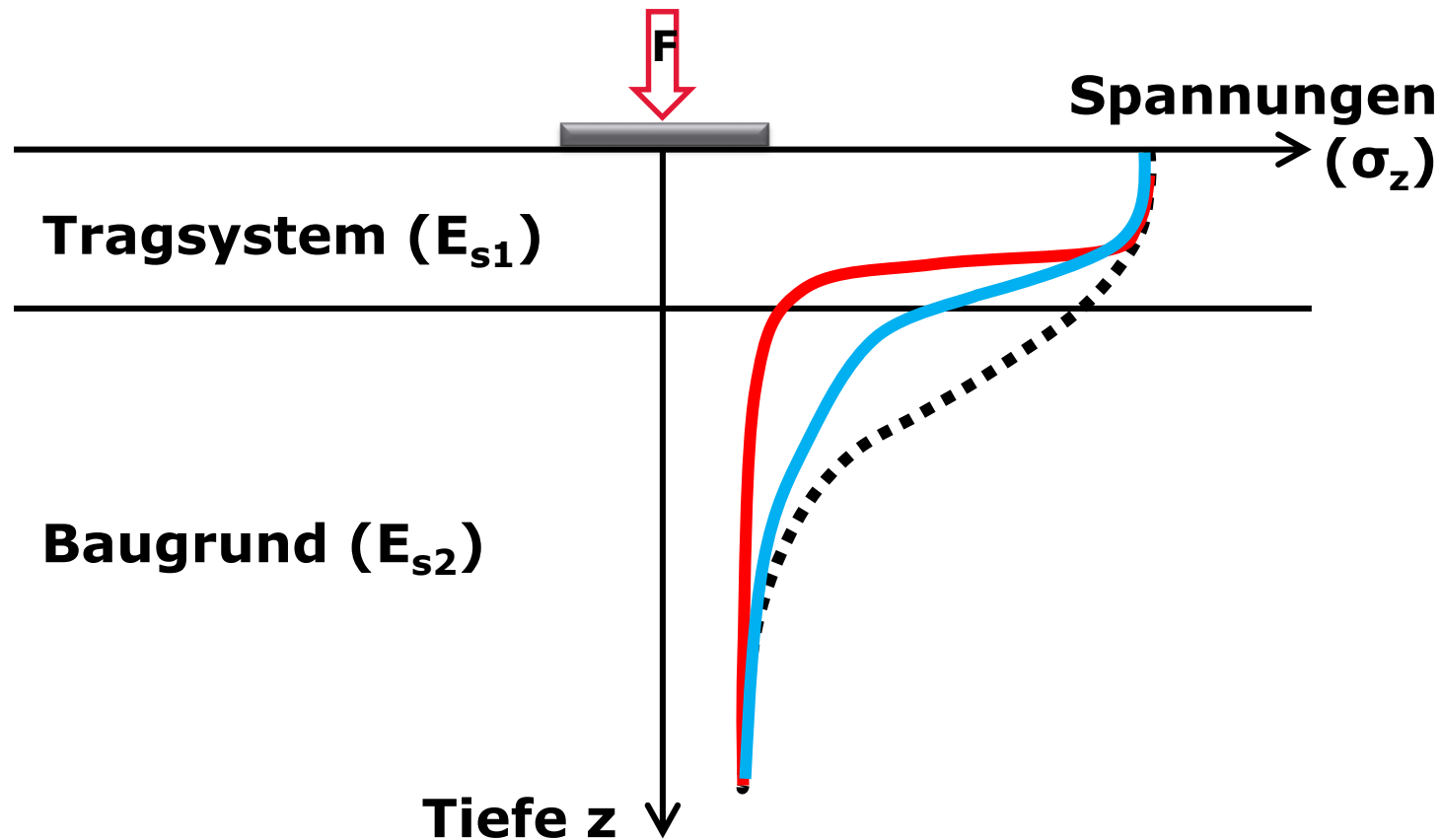
Lasteinleitungsfläche $a \times b$ (biegesteif)

- Lastausbreitung Ω (optimiert)

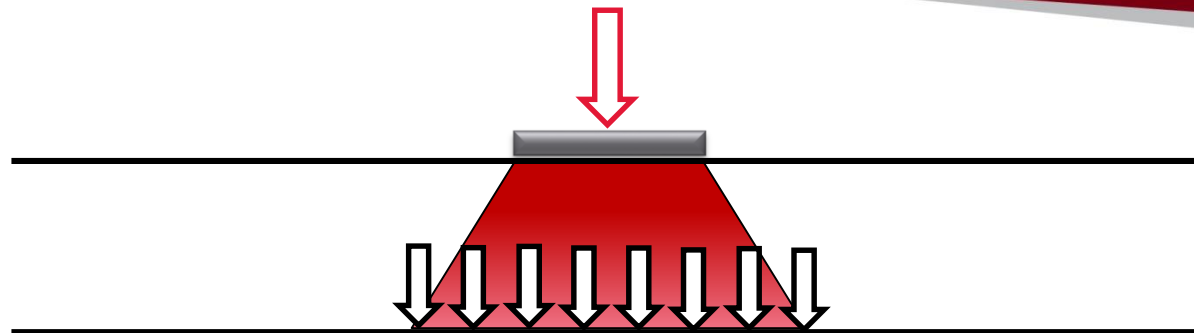
Spannungsumlagerung (isotrop)

Ersatzfläche A' (UK System)

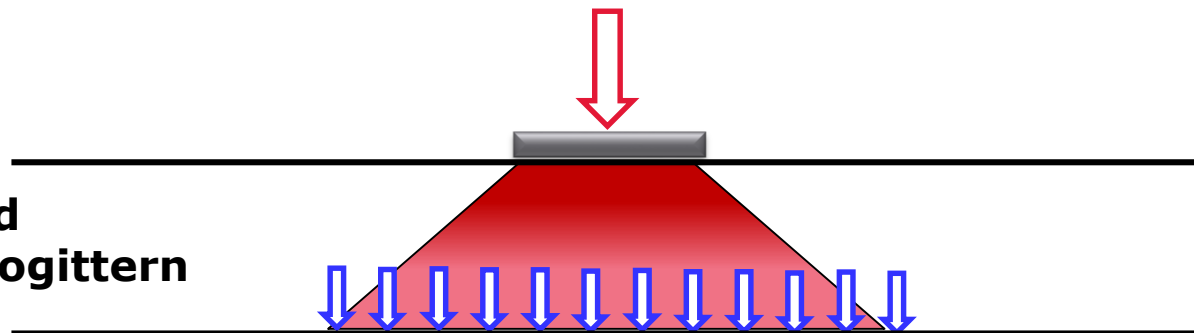
- **Aufbau mit Schotter**
- **Aufbau mit Schotter und horizontal verlegten Geogittern**
- **Aufbau mit dem Geozellensystem TensarTech® Stratum®**



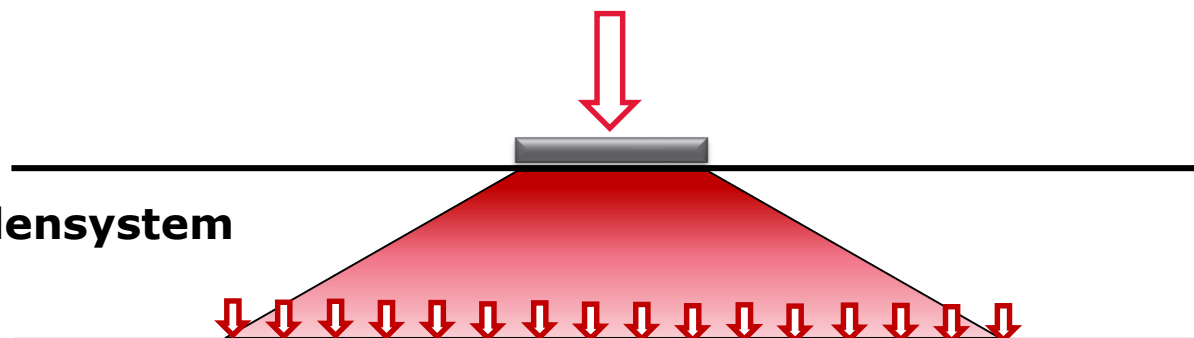
- **Aufbau mit Schotter**

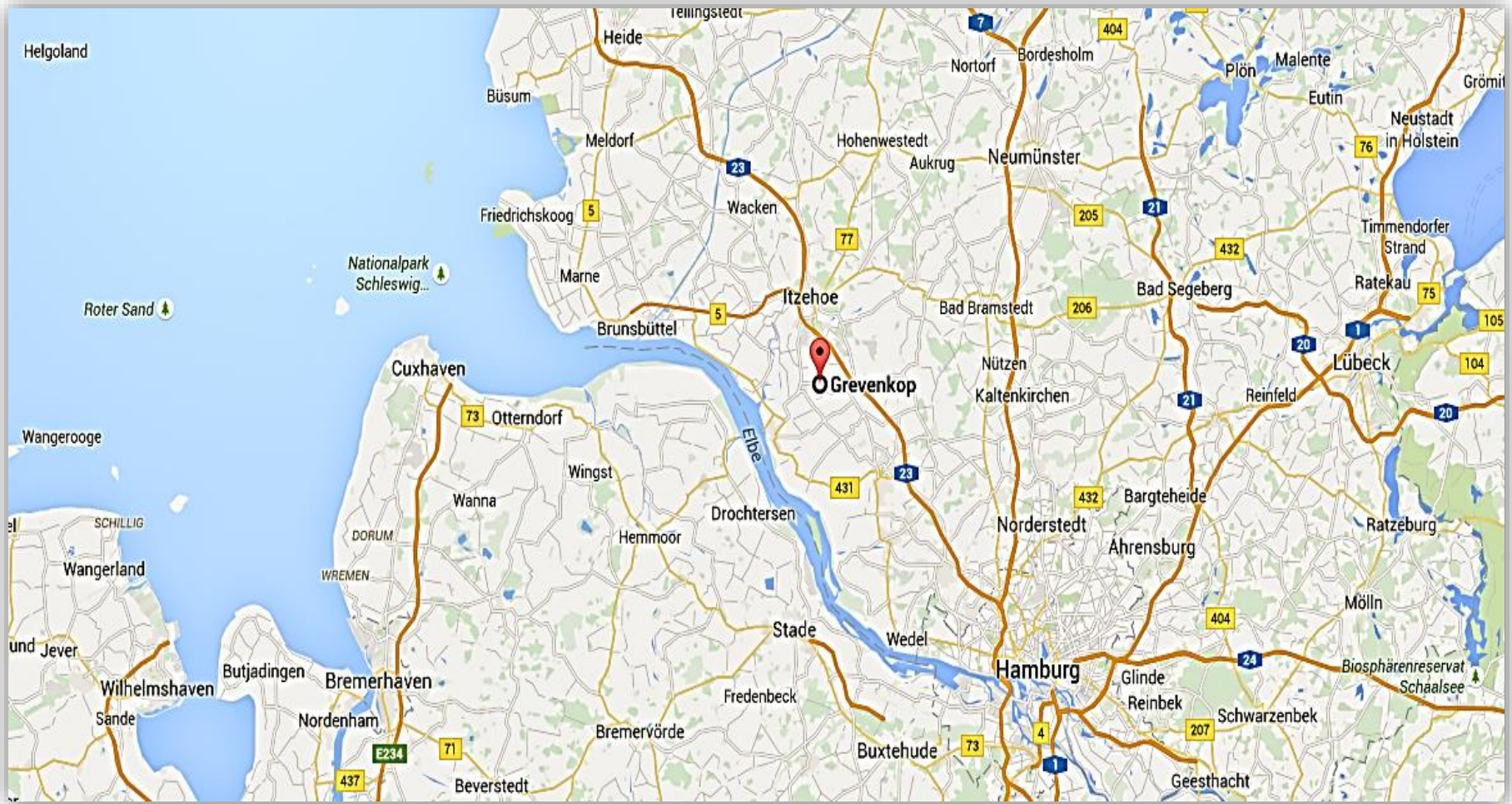


- **Aufbau mit Schotter und horizontal verlegten Geogittern**



- **Aufbau mit dem Geozellensystem TensarTech® Stratum®**





- Für die Sicherung eines Schwerlastkranes (Raupekrane) zur Montage von fünf Windkraftanlagen der Firma Senvion, wurden vom Auftraggeber Bohrpfähle mit aufgesetzten Betonfundamenten als Gründungsvariante standardisiert eingeplant.

Kranstellflächen:

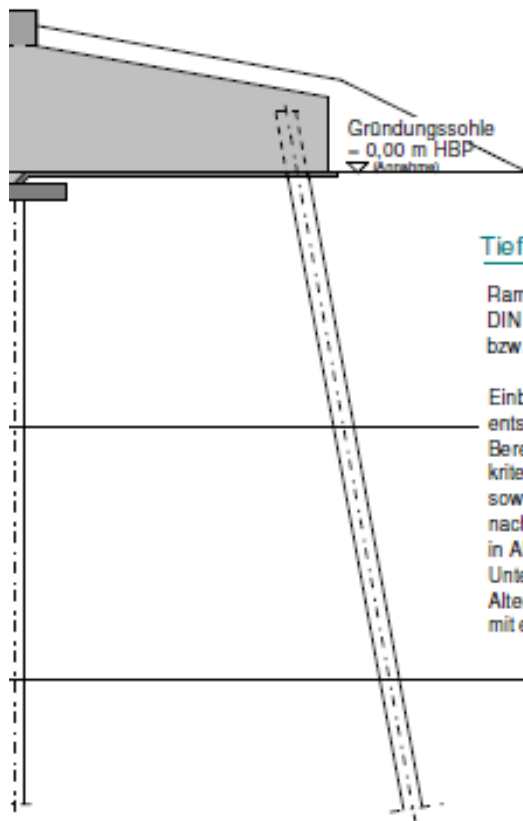
- Aufnahme einer Flächenpressung von 200 kN/m^2 (Daten zu den Abmessungen der „Lastflächen“ sind nicht angegeben)
- Schiefstellung $\leq 2 \text{ cm}$ auf 1 m bei Mobilkränen bzw. $\leq 1 \text{ cm}$ auf 10 m bei Raupekränen
- Nachweis der Tragfähigkeit auf der Tragschicht mit $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ durch Lastplatten-druckversuche gemäß DIN 18 134
- Annahmen: bei Einsatz eines „Raupekranes“, Verstärkung durch 2 Lagen Bongossimatten ($8,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$ / $5,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$) bzw. bedarfsgerecht und gleichwertig mit Belastung unter den Verteilungsplatten von rd. $40 - 50 \text{ kN/m}^2$ bis 296 kN/m^2



Quelle: CraneNetwork, Internet

Prinzipskizze

REpower 3.2M114



Tiefgründung

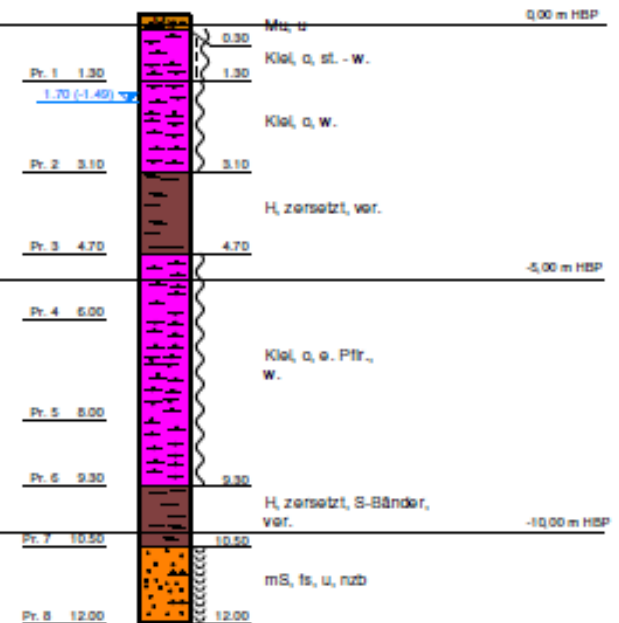
Rammpfähle gem. EC7,
DIN EN ISO 12699
bzw. DIN 4026

Einbindelänge/Absetztiefe
entsprechend statischer
Berechnung und Ramm-
kriterien vor Ort
sowie nach Proberammungen und
nach Probelastungsergebnisse
in Abstimmung mit dem
Unterzeichner festlegen!
Alternativ ist eine Baugrundverbesserung
mit einem Verfahren des Spezialtiefbaus möglich.

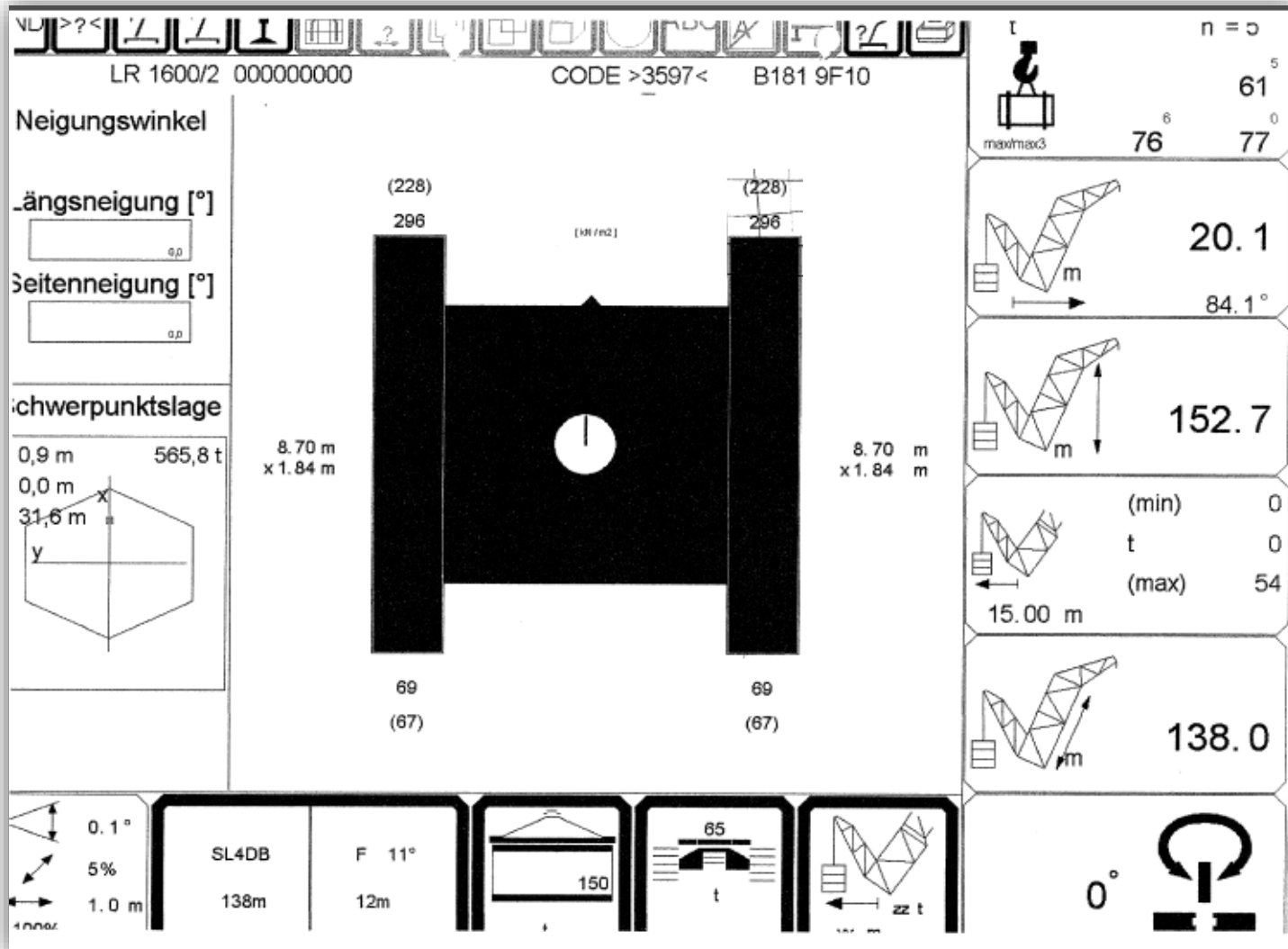
Kranstellfläche

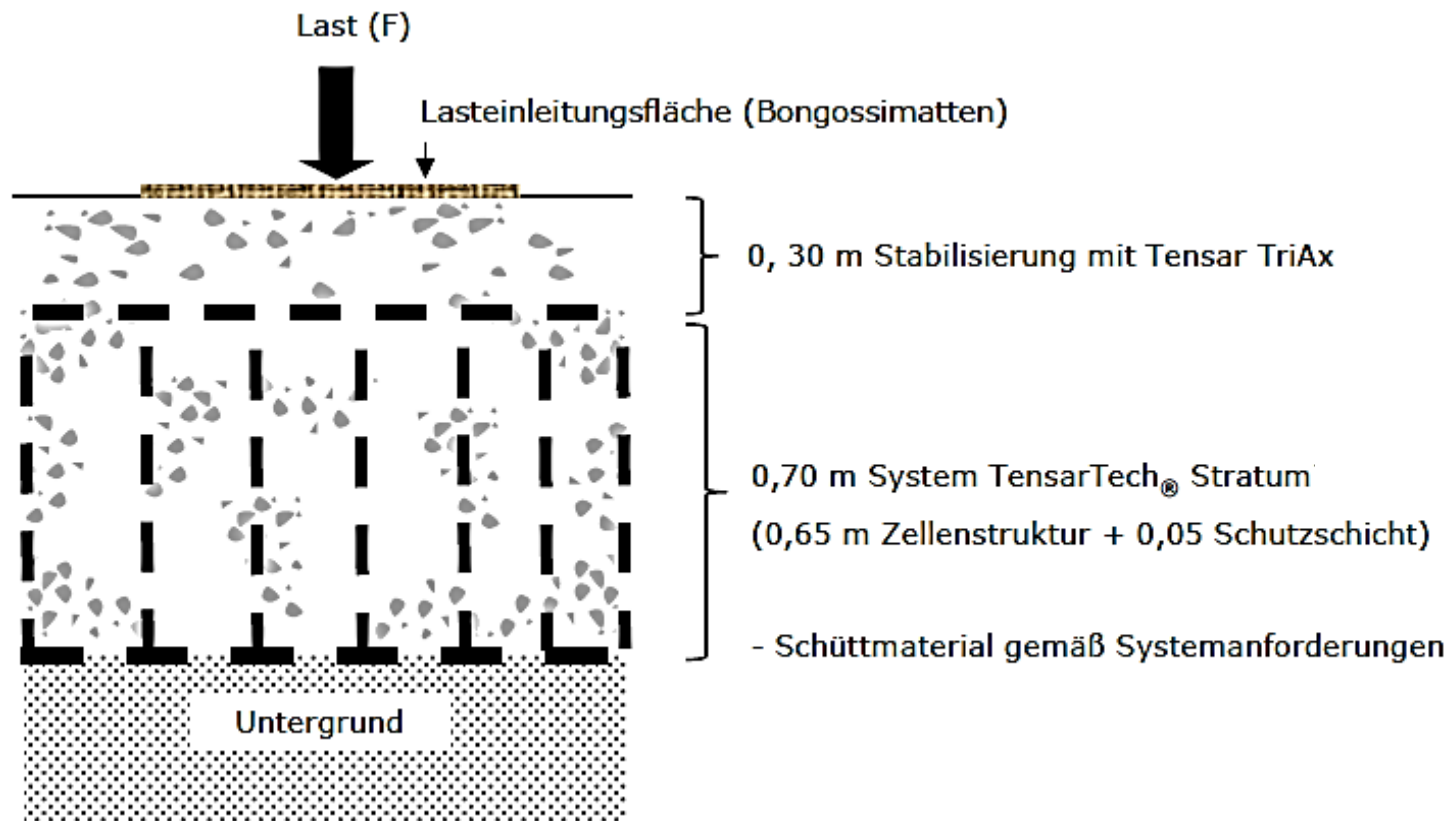
WEA 3/BS 4

+0,21 m HBP



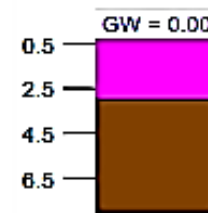
Den organischen Weichschichten wurden für die Berechnungen in Abstimmung mit dem Unterzeichner undrainierte Scherfestigkeiten von $c_u = 6 - 15 \text{ kN/m}^2$ zugeordnet.





Bodenkennwerte(k) und Schichtung des Untergrundes:

Bezeichnung	Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]
klei		15.5	5.5	0.0	12.0
Torf		11.0	1.0	0.0	8.0





3. Beurteilung

Die Verformungsmoduli von $E_{v2} > 100 \text{ MN/m}^2$ auf den Tragschichten der Kranstellflächen WEA1, WEA 2, WEA 3 und WEA 5 sind eingehalten worden.

Die Verhältniswerte E_{v2}/E_{v1} der Plattendruckversuche der WEA 1, WEA 2, WEA 3 und WEA 5 von 1,86 bis 2,48 (z. T. nach Anordnung einer erneuten Verdichtung von der Oberfläche her) sind $< 2,5$ und entsprechen Verdichtungsgraden von $D_{pr} = 98 \%$.

Im Bereich der Kranstellflächen der WEA 1, WEA 2, WEA 3 und WEA 5 wurden alle Anforderungen der Spezifikation der Senvion SE eingehalten.

Die Tragschichtmaterialien wurden in den Kranstandorten fachgerecht eingebaut.

WEA 1:

Messstelle	PDV-Nr.	E_{v2} [MN/m ²]
Kranstellfläche	WEA 1/PDV-Nr. 1	118,1
Kranstellfläche	WEA 1/PDV-Nr. 2	130,2

WEA 2:

Messstelle	PDV-Nr.	E_{v2} [MN/m ²]
Kranstellfläche	WEA 2/PDV-Nr. 1	111,3
Kranstellfläche	WEA 2/PDV-Nr. 2	135,4

WEA 3:

Messstelle	PDV-Nr.	E_{v2} [MN/m ²]
Kranstellfläche	WEA 3/PDV-Nr. 1	127,7
Kranstellfläche	WEA 3/PDV-Nr. 2	129,5

WP Projekt Grevenkop				
Kostenvergleich Kranstellfläche --> Bohrpfahlgründung / Tensar Tech Stratum Geozelle				
angenommener Untergrund - Tragschichtwert EV2 ≤ 10 MPa				
Herstellkosten Bohrpfahlgründung KSF --> Größe gemäß z.B. Senvion Spezifikation = 45m x 28m = 1.260m ²				
Pos	Text	Menge	EP	GP
1	Bodenaushub + Entsorgung	1.260m ² x 1,50m = 1.890m ³	6,00 €	11.340,00 €
2	Tragschicht (Betonrecycling) --> Als Arbeitsplattform	1.260m ² x 1,50m = 1.890m ³	24,00 €	45.360,00 €
3	Herstellung Bohrpfahlgründung (laut Planungsbüro)	1 Stück (4x Bohrpfahl + Fund.)	40.000,00 €	40.000,00 €
4	Rückrechnung Betonrecycling im Bereich der Fundamente	4x 8mx3m = 96m ² x1,50m = 144m ³	24,00 €	-3.456,00 €
		Gesamtsumme:		93.244,00 €
Herstellkosten Tensar Tech Stratum (Geozelle) KSF --> Größe gemäß z.B. Senvion Spezifikation = 45m x 28m = 1.260m ²				
Pos	Text	Menge	EP	GP
	Bodenaushub + Entsorgung	1.260m ² x 1,00m = 1.260m ³	6,00 €	7.560,00 €
1	Tensar Tech Stratum --> 600m ² (nur im Kranaufstellflächenbereich) inkl. Montage	600m ²	25,00 €	15.000,00 €
2	Tragschicht (Betonrecycling) --> (nur Material) --> Verfüllung Geozelle)	600m ² x 0,65m = 390m ³	24,00 €	9.360,00 €
3	Lastausgleichsschicht auf Geozelle	600m ² x 0,30m = 180m ³	24,00 €	4.320,00 €
4	Primärlage Geogitter --> Tensar TriAx 170-GD für Lagerfläche	660m ²	3,00 €	1.980,00 €
5	Tragschicht (Betonrecycling) (nur Material) --> Aufbau restliche Kranstellfläche als Lagerfläche	660m ² x 1,00m = 660m ³	24,00 €	15.840,00 €
6	Herstellung Bohrpfahlgründung (laut Planungsbüro)	entfällt	0,00 €	0,00 €
		Gesamtsumme:		54.060,00 €

Kosteneinsparung ≈ 40%

Gezellensystem TensarTech® Stratum®

- International
Zeitraum: 1983–2015
Menge: > 550.000 m² Grundfläche
- National
Zeitraum: 2012–2015
Menge: > 150.000 m² Grundfläche



**TensarTech®
Stratum™**

**Sichere Gründungen auf
extrem gering tragfähigen
Böden**

- Wirtschaftliche Alternative zu säulenartigen Elementen
- Keine Spezialgeräte erforderlich
- Sehr schneller Baufortschritt
- Sicherheit durch Langzeiterfahrungen
- Rechnerischer Nachweis der Standsicherheit
- Optimiertes Lastverformungsverhalten
- Gleichmäßige und kontrollierte Setzungen
- Kraftableitung durch effiziente Spannungsumlagerung
- Abtragung hoher konzentrierter Lasten (z.B. Kranpratzen)





Fragen?

Tensar®



**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit!**

**TensarTech®
Stratum® –
Geozellensystem
Stand 9 / Valkensaal**