

Energie & Infrastruktur

[b]

HAWK

HAWK HOCHSCHULE
FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFT UND
KUNST

Fakultät [b] Bauen und
Erhalten in Hildesheim



Was wäre die Welt ohne sichere Fundamente?

Vermutlich wäre die Welt ein riesiger Schlammsee, in dem
jeder im wahrsten Sinne des Wortes eingetaucht wäre.
Ganz ähnlich, jedoch für kürzere Zeiträume, ist es in vielen
Rundstädten, deren Bauwerke – seien es Kathedralen oder
Industriebauwerke – für zu verbleibenden Anlagen
– vor allem ihre Aufbauten – Probleme und Schwierig-
keiten bereiten. Die Ursache liegt in den weichen Böden,
auf denen diese Bauwerke stehen. Die Lösung liegt in
den Pfahlgründungen.



JACBO
PFAHLGRÜNDUNGEN

JACBO Pfahlgründungen GmbH
• Niederlassung Aase
• Tiefbaustraße 14-16
• E-Mail: info@jacbo.de
• Fax: +49 41 34 44
• Tel: +49 41 34 44
www.jacbo.de



Bauen und Gründen bei weichen Böden
Prof. Dr.-Ing. Georg Maybaum

ERICA ING.DE Projekttag Wasserbau Hochspannungsleitungen, Hochwasserschutz

Energie & Infrastruktur

[b]



Bau von Hochspannungsleitungen – z.B. über die Ems

Referent: *Dipl.-Ing. Carsten Gärtner*, Mitglied der Geschäftsführung
OMEXOM Hochspannung GmbH www.omexom.de

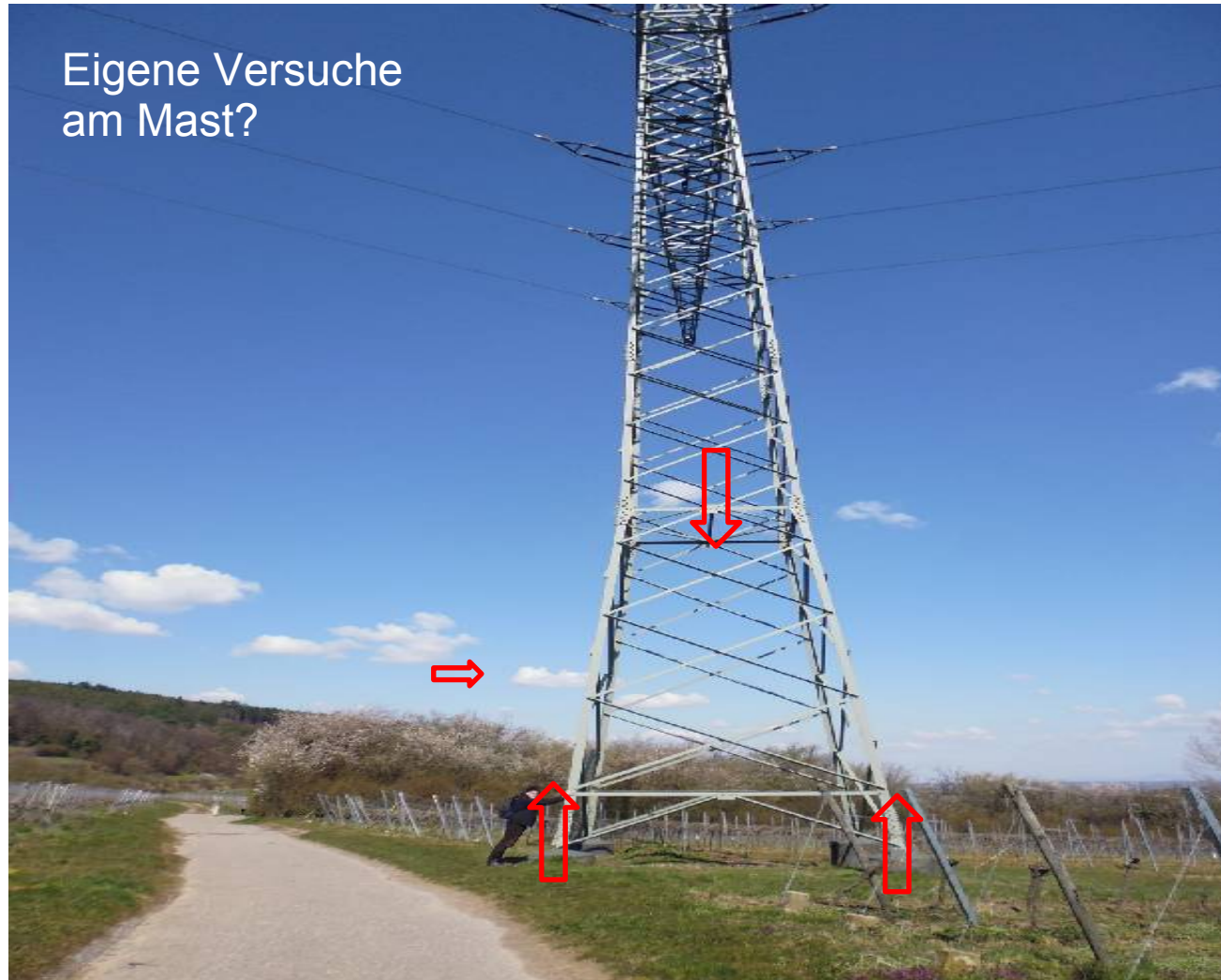
CHOI+SHINE
ARCHITECTS

ERICA ING.DE Projekttag Wasserbau Hochspannungsleitungen, Hochwasserschutz

Energie & Infrastruktur

[b]

Die Energiewende
braucht Baukultur!



Energie & Infrastruktur

[b]

Alles
vergraben?

Flüssigbodentagungen
2014 in Regensburg und
2015 in Muttenz (CH)



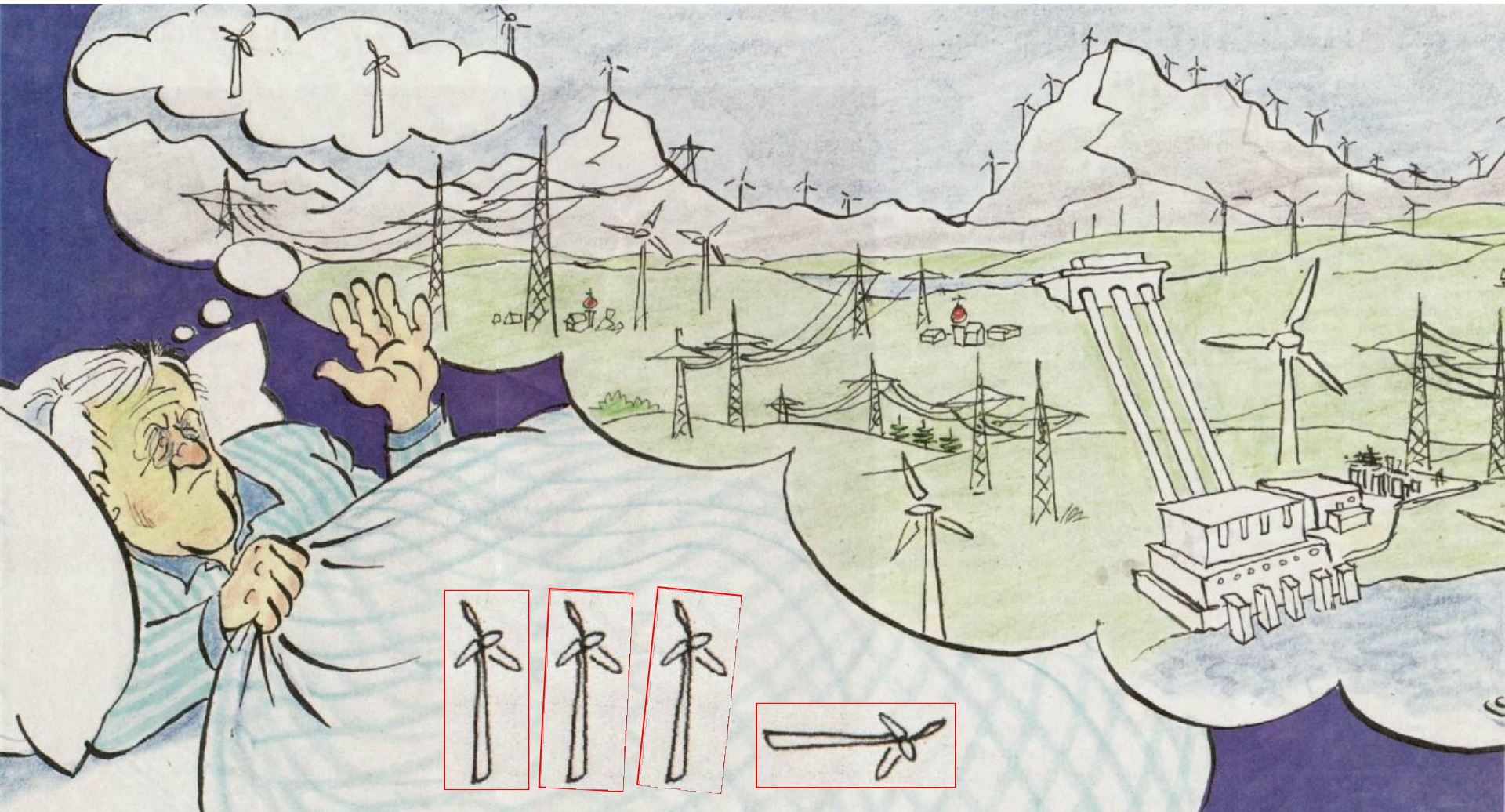
Problemstellung „warmgehende“ Leitungen und Röhre



siehe auch: Florian Menne (Bachelorarbeit, SoSe 2013)
„Maßnahmen der Qualitätssicherung und Überwachung bei der Verwendung und dem Einbau von Flüssigböden“



Nachdenken über Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit bei weichen Böden



Windkraft kippt Windrad

Entwurzelt Orkan Jeanett riss bei Goldenstedt (Kreis Vechta) ein Windrad um

[b]

Hamburger Abendblatt

Motorbrände und Rotorbrüche kommen vor, umgefallen war bisher aber noch nie eine der mehr als 12 000 Windkraftanlagen in Deutschland. Dabei stehen mehr als 90 % von ihnen auf so flachen Fundamenten wie die in Goldenstedt.



Das Goldenstedter Moor und das Dreiecksmoor zählen zu den wertvollsten Naturgebieten im Landkreis Vechta.

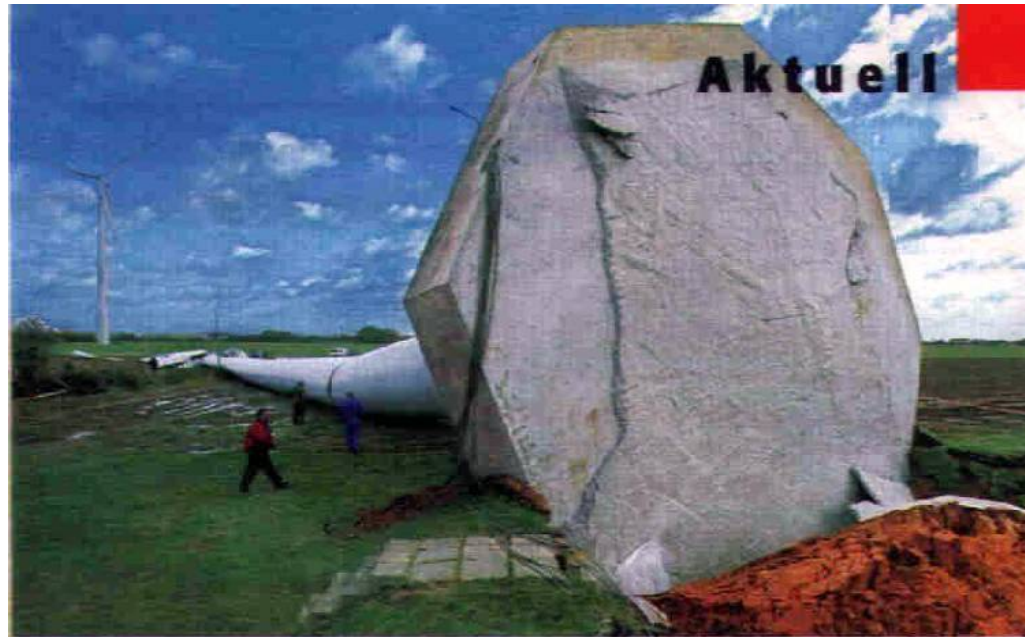
Zusammen mit dem Barnstorfer Moor, dem Drebberschen Moor, dem Vechtaer Moor und dem Oyther Moor bilden sie den Moorkomplex „Großes Moor bei Barnstorf“.

Entwurzelt Orkan Jeanett riss bei Goldenstedt (Kreis Vechta) ein Windrad um

Windkraft kippt Windrad

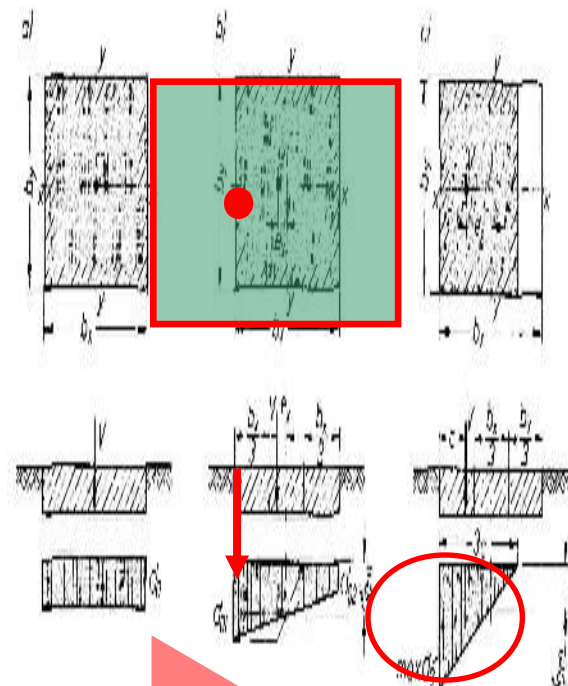
Sohlspannung bei außermittiger Belastung

Klaffende Fuge führt zum Kippen



Entwurzelt Orkan Jeanett riss bei Goldenstedt (Kreis Vechta) ein Windrad um

EQU Grenzzustand bei einem Gleichgewichtsverlust des als starrer Körper angesehenen Tragwerks oder des Baugrunds, wobei die Festigkeiten der Baustoffe und des Baugrunds für den Widerstand nicht entscheidend sind (equilibrium)



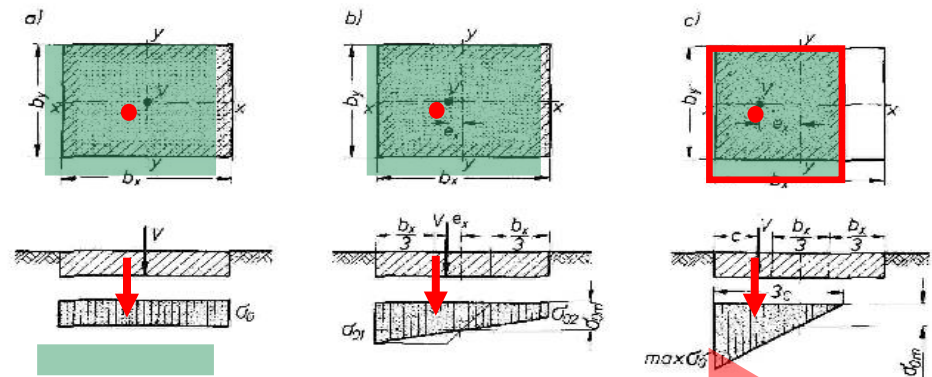
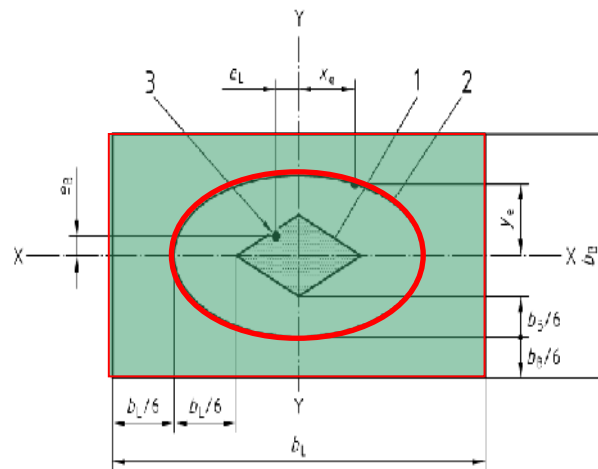
Einfluß der Lage einer Resultierenden auf die geradlinig verteilte Sohlspannung
 a) mittige Belastung, b) Resultierende im Kern, c) Resultierende außerhalb des Kerns

Sohlspannung bei außermittiger Belastung

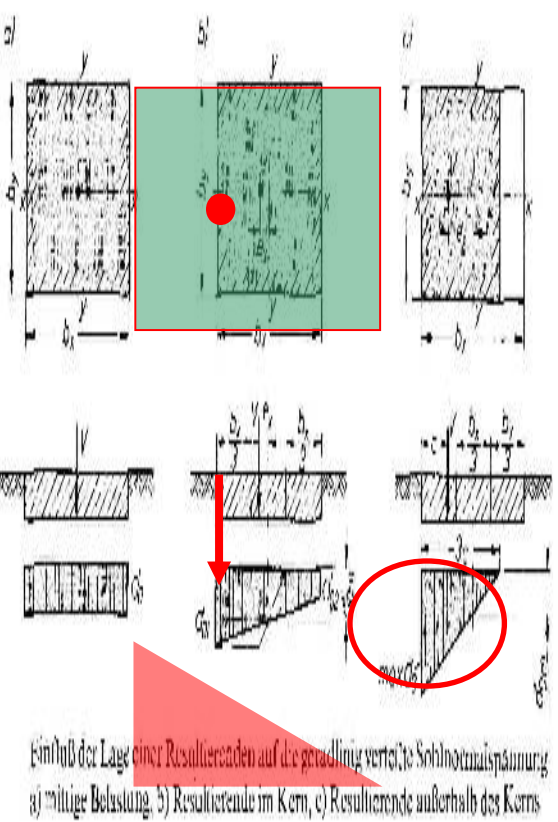
Klaffende Fuge führt zum Kippen

Der Gleichgewichtsnachweis erfolgt einzig und allein über die Geometrie durch die Begrenzung der Ausmitte auf $e \leq b/6$ (1. Kernweite) resp. $e \leq b/3$ (2. Kernweite)

Letztendlich gar keine bodenmechanische Fragestellung

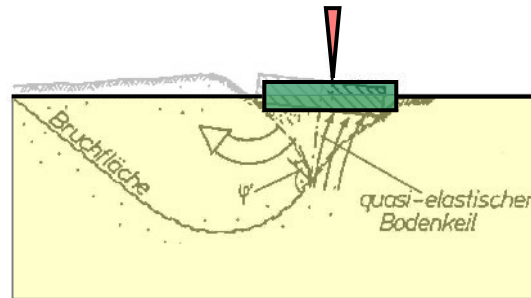


Einfluß der Lage einer Resultierenden auf die geradlinig verteilte Sohlnormalspannung
 a) mittige Belastung, b) Resultierende im Kern, c) Resultierende außerhalb des Kerns



Einfluß der Lage einer Resultierenden auf die geradlinig verteilte Sohlnormalspannung
 a) mittige Belastung, b) Resultierende im Kern, c) Resultierende außerhalb des Kerns

Grundbruch, Versagensmuster



[b]

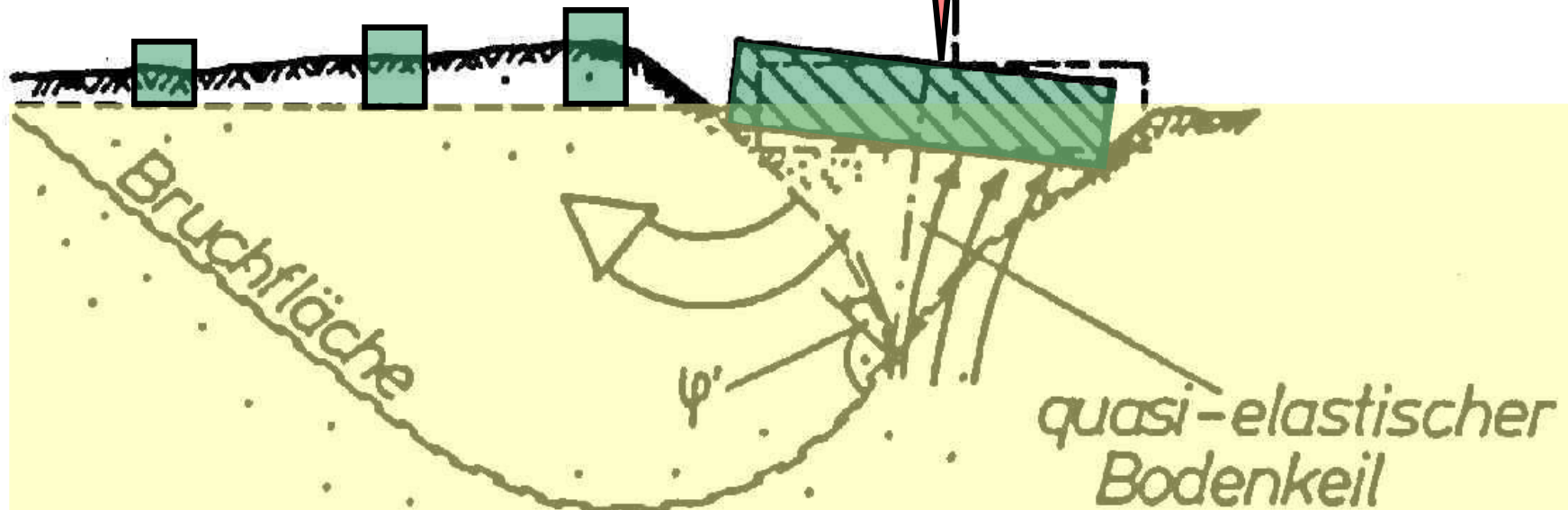


Grundbruch, Versagensmuster

Versagenslast

P
= ?

[b]

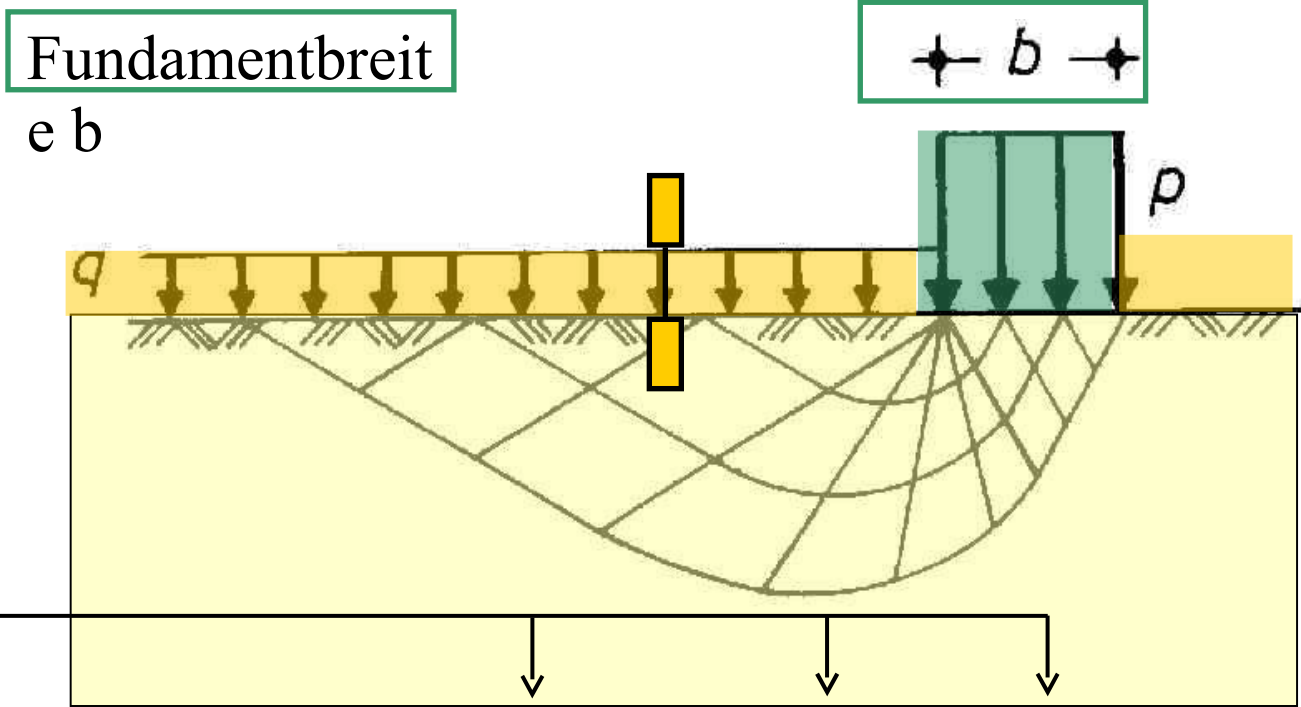


Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit (ULS)*
hier: Grenzzustand des Bodens
hier: Nachweisverfahren 2 (GEO-2)
hier: mit charakteristischen Bodenkennwerten ...

Grundbruch, Versagenslast

Charakteristischer Grundbruchwiderstandes R_n

[b]



Einbindung
g d

Kohäsion c'
Scherfestigkeit τ

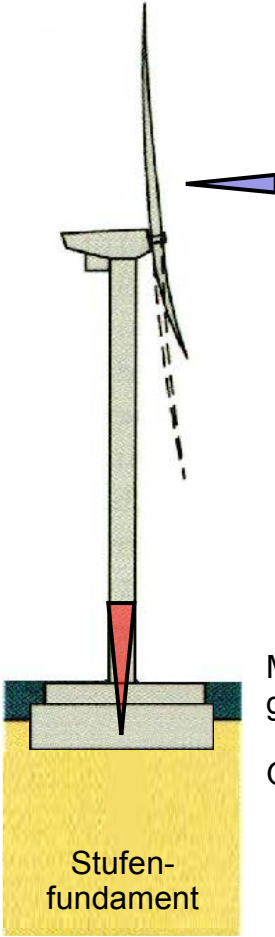
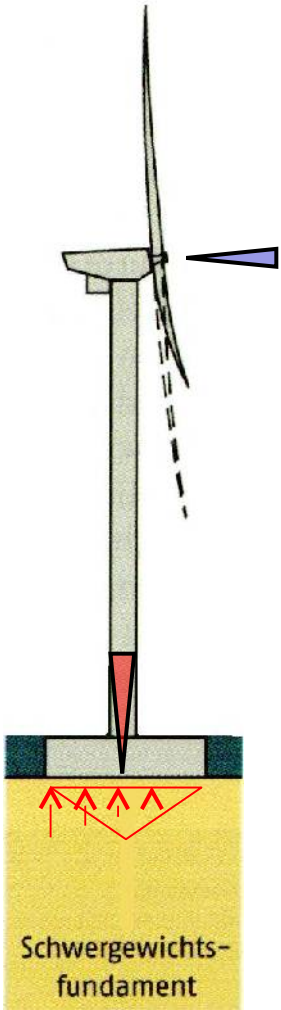
$$R_n = a' \cdot b' \cdot (\gamma_2 \cdot b' \cdot N_b + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d + c \cdot N_c)$$

Einfluss der Gründungsbreite Gründungstiefe Kohäsion

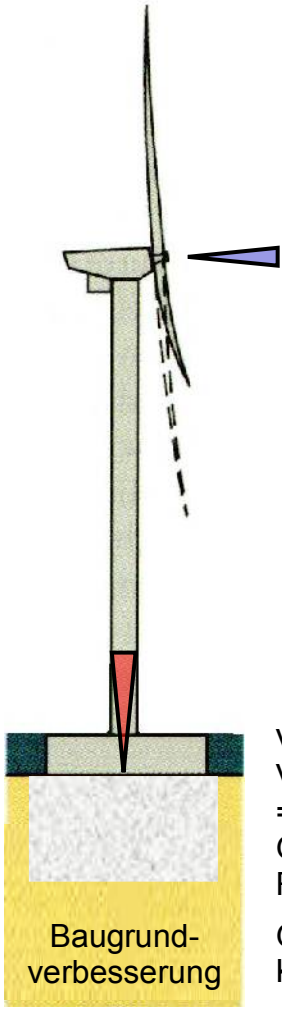
Flachgründung

bei weichen Böden

[b]



Mehr V-Last =>
geringere Ausmitte
Größere Einbindung

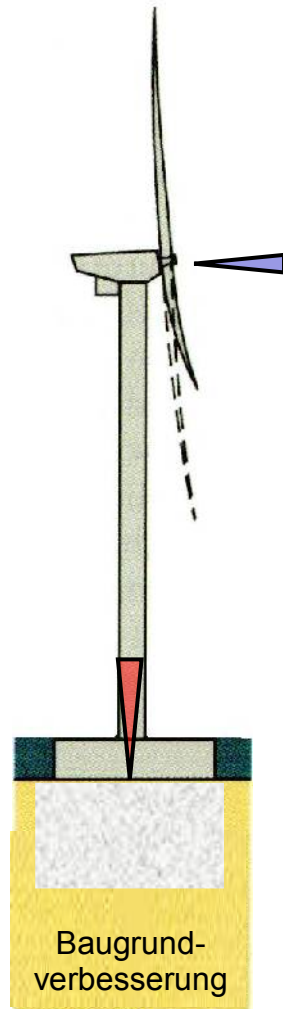


Verdichtung oder
Verfestigung
=>
Größerer
Reibungswinkel
Größere
Kohäsion

Flachgründung

bei weichen Böden

Windkraftanlagen (WKA) werden in der Regel in besonders windexponierten geografischen Lagen errichtet. Anders als bei anderen Bauwerken ist es daher seltener möglich, bei der Wahl des Anlagenstandortes die Gegebenheiten des Untergrundes zu berücksichtigen. Das hat zur Folge, dass oft untergrundverbessernde Maßnahmen erforderlich werden, um die typgeprüfte Standardgründung realisieren zu können. Nicht in allen Fällen ergeben sich daraus jedoch wirtschaftliche Lösungen.



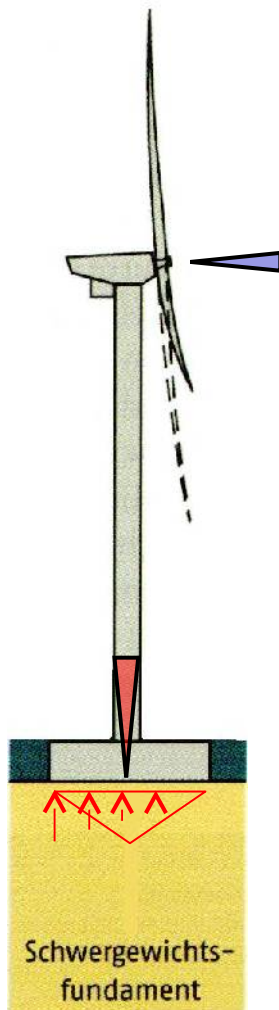
Verdichtung oder
Verfestigung
=>
Größerer
Reibungswinkel

Größere
Kohäsion

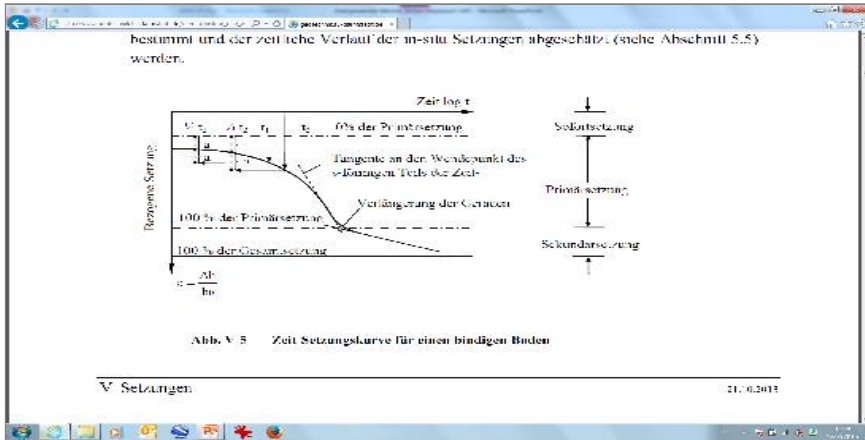
Bodenaustausch
oder
Rüttelstopfverfahren
Dynamische Intensivverdichtung
Injektionsverfahren
Düsenstrahlverfahren
Bodenvermörtelung
...

Flachgründung bei weichen Böden

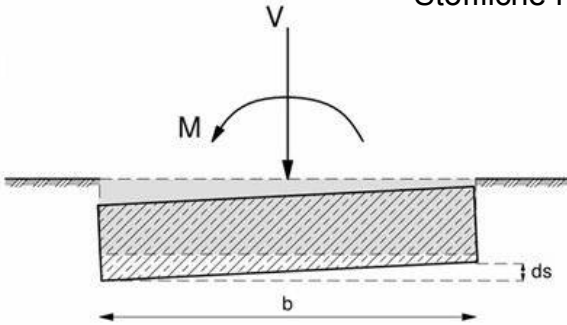
[b]



Zeitabhängiges
Setzungsverhalten

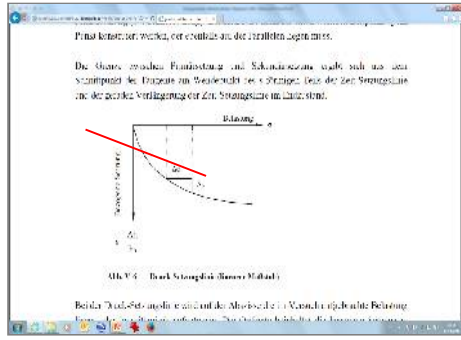


Stoffliche Nichtlinearität



Drehwinkel $\phi = \phi_s / b$ [rad]

Drehfedersteifigkeit $k = M / \phi$ [kN·m/rad]

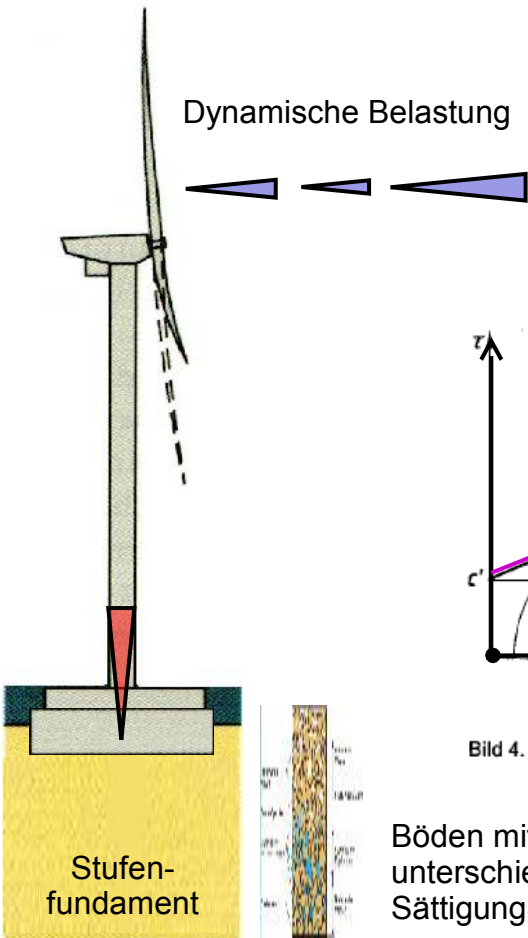
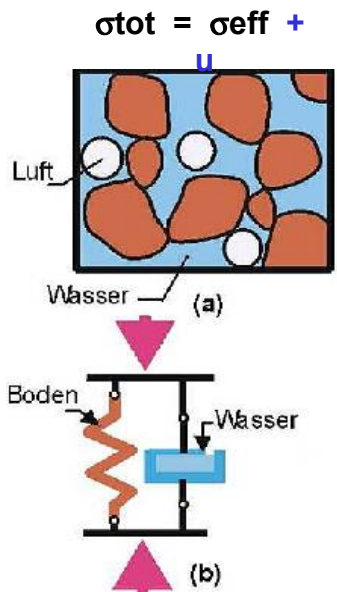


Plastische
Verformungen

Flachgründung bei weichen bindigen Böden

[b]

Drei-Phasen-System



Infolge der dynamischen Belastung ($\square \sigma_{tot}$) εντοστηεν Πορενωασσερ|βερεδρ|χκε (Δu), ωελχη διε εφφεκτιωεν Σπαννυγεν (σ_{eff}) ωερκλειενρ υνδ δαμιτ ΒρυχηζυστTMνδε προωζιερεν!

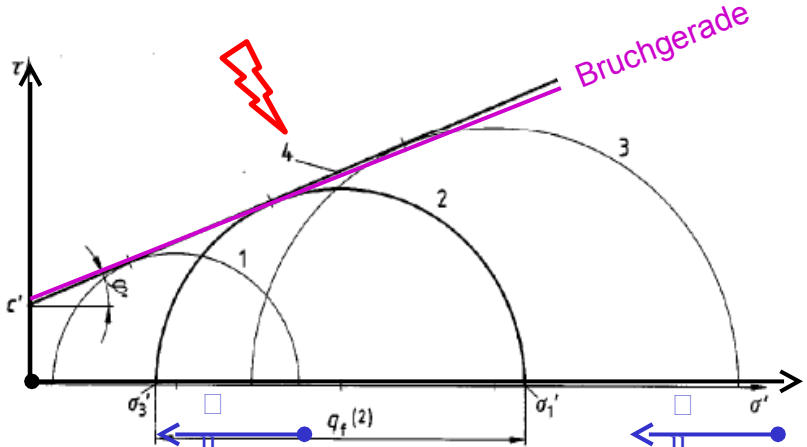


Bild 4. Grenzbedingung nach Mohr-Coulomb im (τ, σ') -Diagramm; 1, 2, 3 (σ_1', σ_3')-Spannungskreise im Grenzzustand. 4 gerade Umhüllende als Grenzbedingung

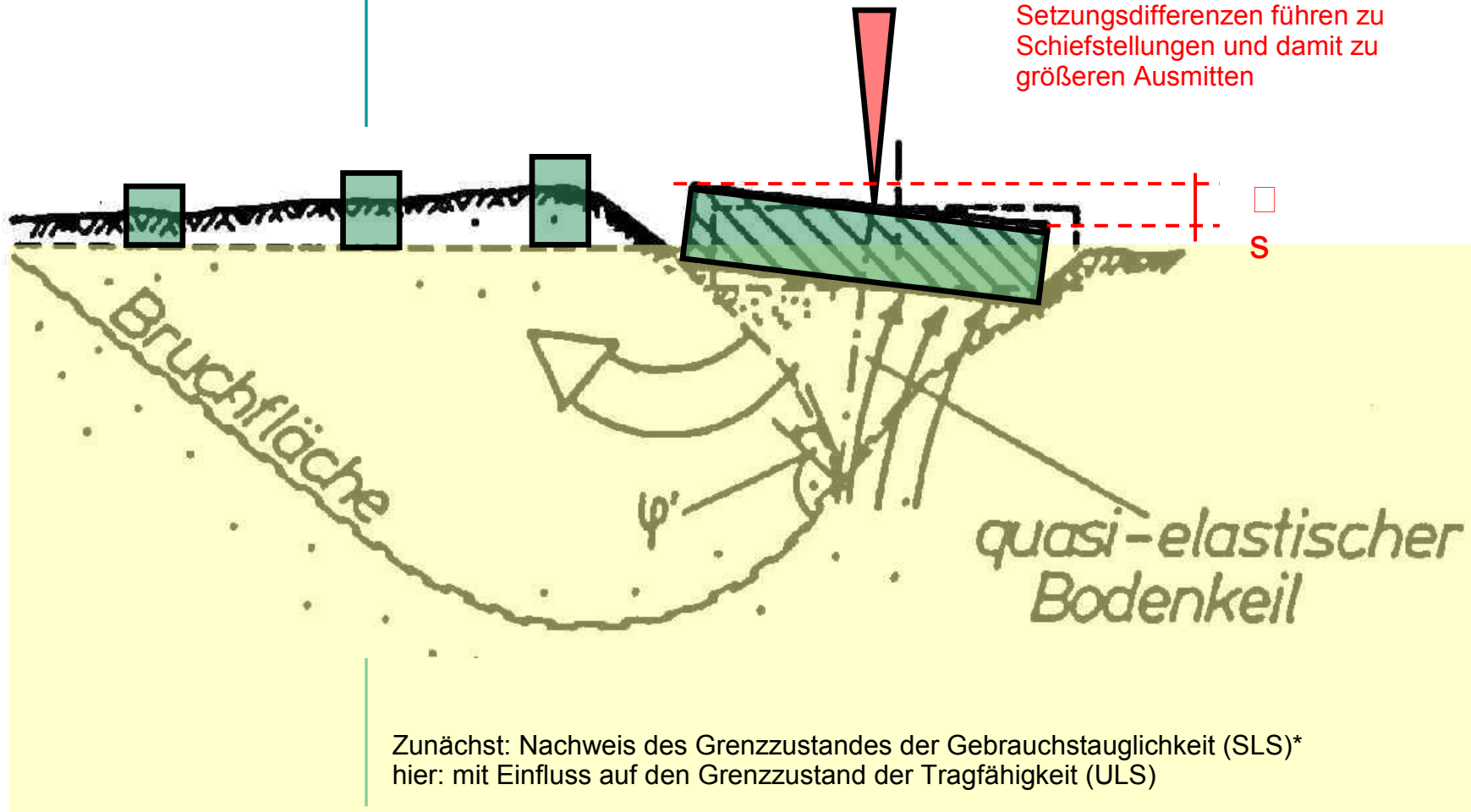
Böden mit unterschiedlicher Sättigung

Grundbruch, Versagensmuster

Schiefstellung

Setzungsdifferenzen führen zu Schiefstellungen und damit zu größeren Ausmitten

[b]



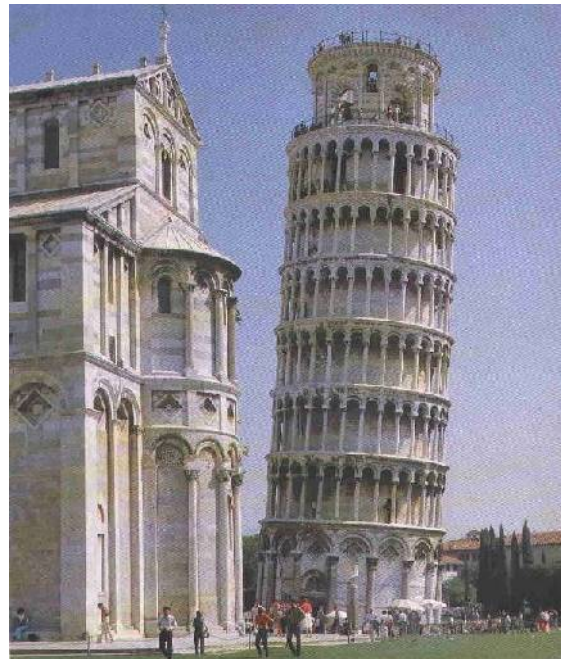
Zunächst: Nachweis des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit (SLS)*
hier: mit Einfluss auf den Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)

Geotechnische Ingenieurleistungen

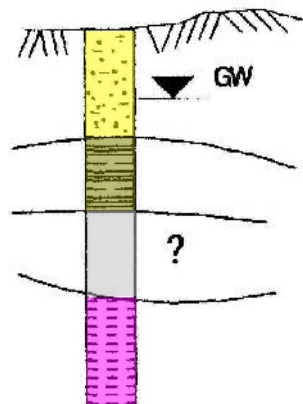
Beurteilung der Wechselwirkung zwischen Baugrund und Bauwerk

mit dem Ziel standsicherer und gebrauchstauglicher Bauwerke

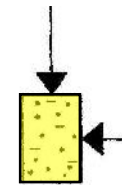
[b]



1. Baugrunderkundung



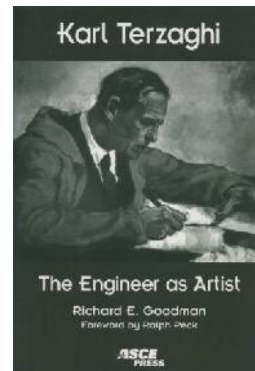
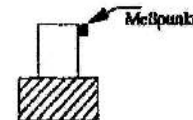
2. Laborversuche



3. Berechnungen



4. Baubegleitende Kontrollen und Messungen



Karl Terzaghi
(1883 – 1963)

*Theoretische
Bodenmechanik*
(1954)

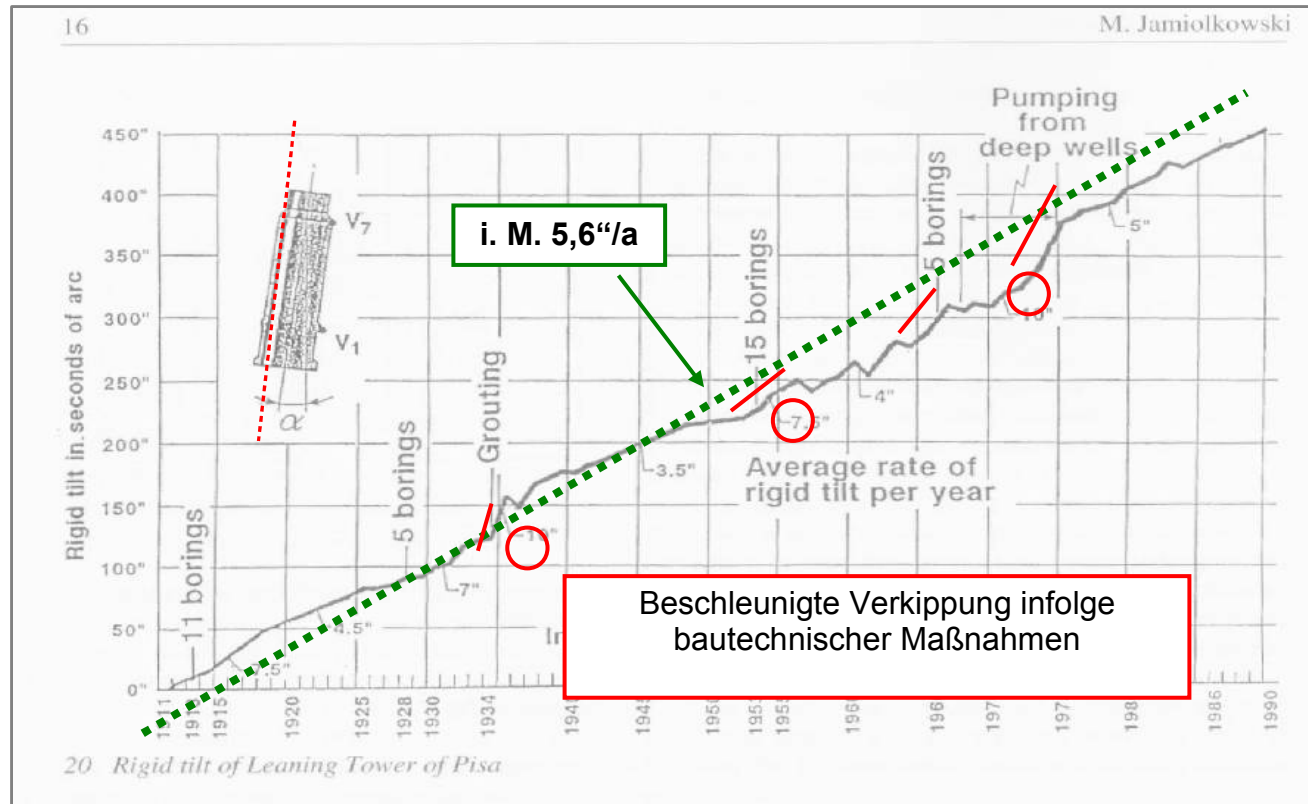
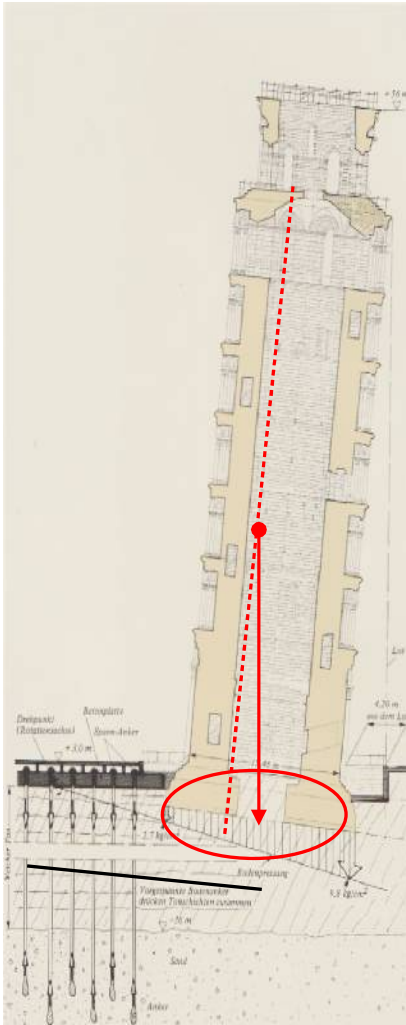
Flachgründung mit Kreisfundamenten

Standicherheit und Gebrauchstauglichkeit

Problematik und

Vergebliche Versuche der Rückstellung (1911 / 1990)

[b]



[b]



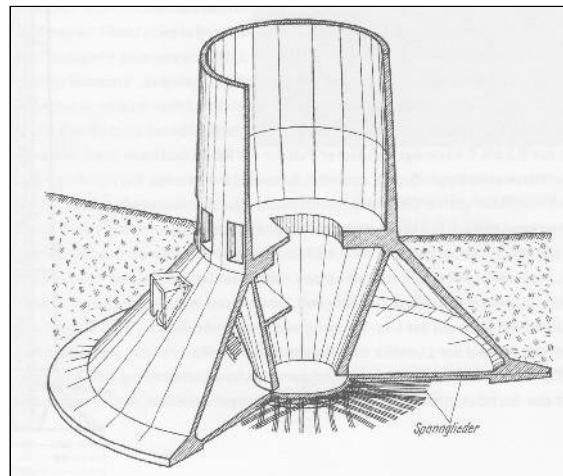
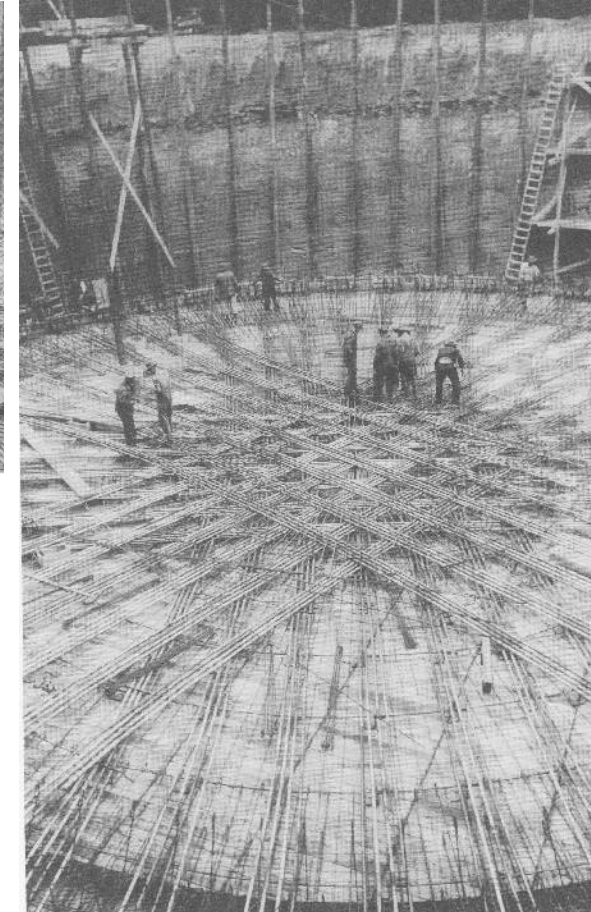
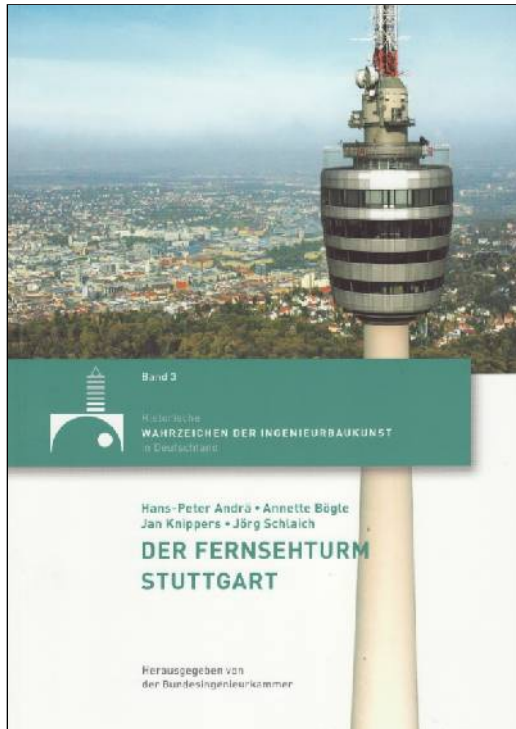
Geglückte Versuche der Rückstellung (1995)

8 4'9

Flachgründung mit Kreisfundamenten

Fernsehturm Stuttgart (Fritz Leonhardt, 1954)

[b]



Zwischenfazit

Die sichere und wirtschaftliche Dimensionierung von Flachgründungen bei weichen bindigen Böden setzt

- eine genaue Kenntnis der (dynamischen) Einwirkungen,
- eine verlässliche Setzungsberechnung und
- eine zuverlässige Abschätzung der Porenwasserdrücke voraus.

[b]

Schmidt et.al.:
 „... Übertragbarkeit der charakteristischen Lasten vom Tragwerk auf die Gründung...“



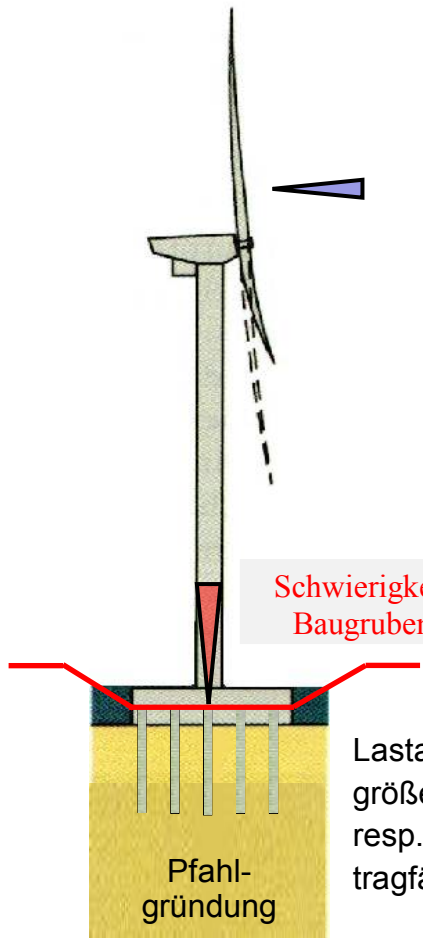
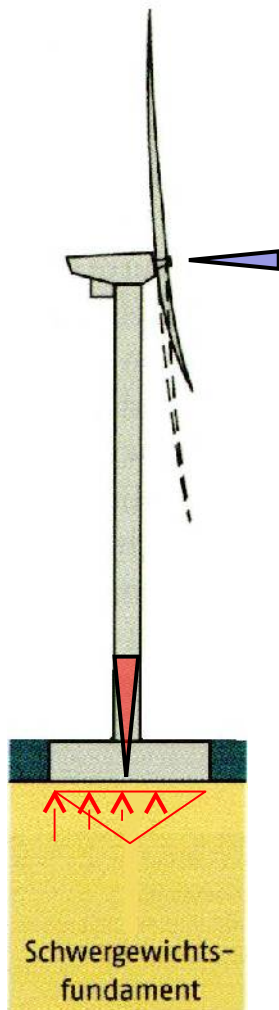
Vrettos et.al.:
 „... Grenzen der DIN 4019...“
 Setzungsberechnung

Herrmann et.al.:
 „... Klassifizierung von feinkörnigen Böden...“

Besser gleich eine Tiefgründung wählen?

Tiefgründung bei weichen Böden

[b]



Schwierigkeiten bei der Pfahlherstellung

Schwierigkeiten bei der Baugrubenerstellung

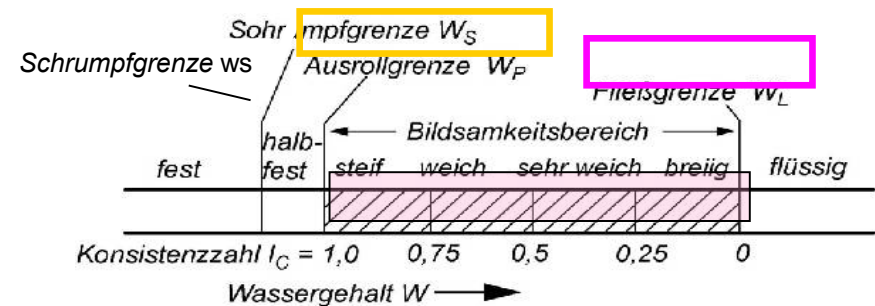
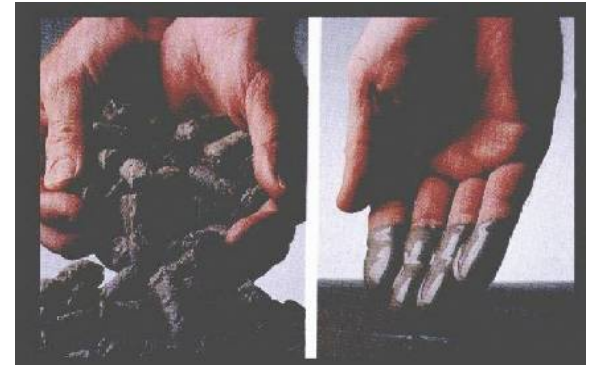
Lastabtrag in größerer Tiefe resp. tragfähigerer Schicht



Konsistenzgrenzen (DIN 18 122)

bei bindige Böden

[b]



Grenzen

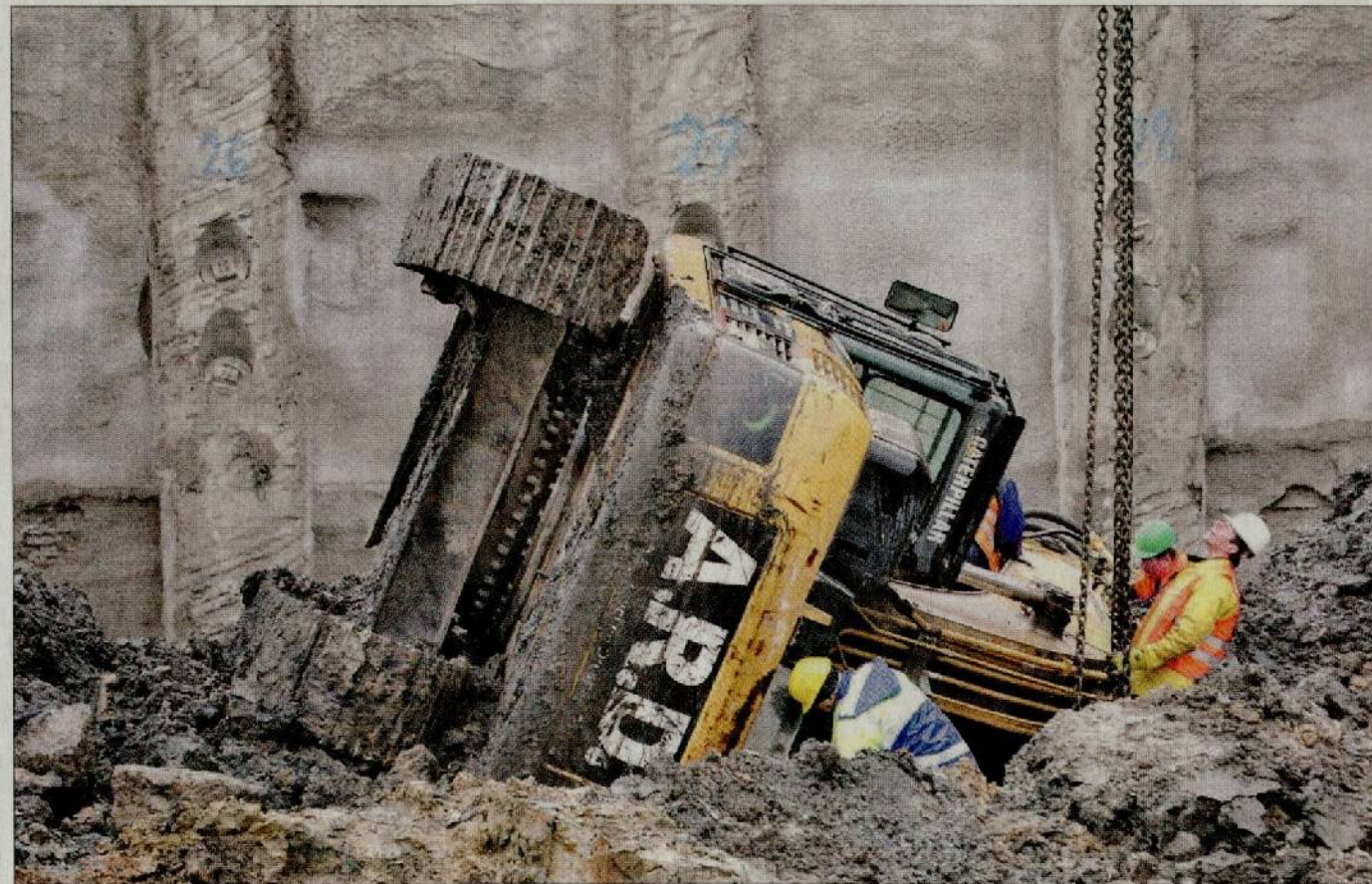
bei bindige Böden

Bagger stürzt in Grube

Weiterer Unfall auf der Arneken-Baustelle

Hildesheim (cha). Nur zwei Wochen nach dem tödlichen Unfall auf der Großbaustelle an der Arnekenstraße ist es gestern erneut zu einem schweren Zwischenfall gekommen. Am Vormittag rutschte der Bagger eines Subunternehmers aus Dresden in die Baugrube. Der 43-jährige Fahrer des Kettenfahrzeugs blieb unverletzt. Er hatte zuvor Lastwagen mit Erde beladen. Als ein etwa drei mal vier Meter großes Stück Erde unter den Ketten wegbrach, kippte das Arbeitsgerät in die Tiefe. Der Fahrer schwenkte noch geistesgegenwärtig mit der Schaufel in Fallrichtung, um das Baufahrzeug abzufedern. Doch dies gelang dem Mann nicht. Mit den Ketten nach oben blieb das Fahrzeug in der Grube liegen. Stunden brachten Mitarbeiter eines Bergeunternehmens damit zu, den Untergrund zu befestigen, damit der eingesetzte Kran nicht ebenfalls absackte.

► Seite 15

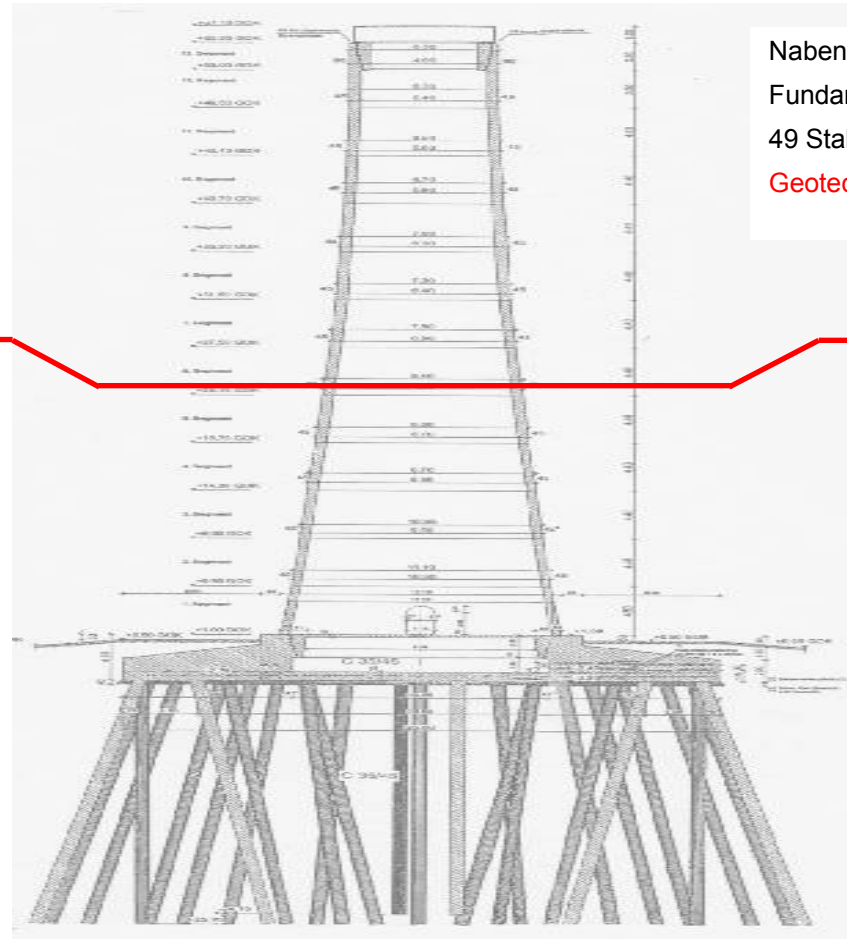
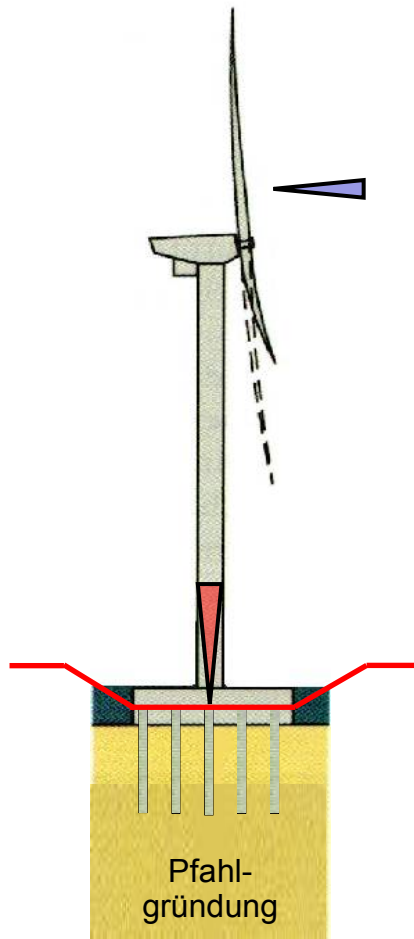


Arbeiter befestigen Ketten an dem verunglückten Bagger. Am späten Nachmittag steht das Fahrzeug wieder.

Foto: Hartmann

Tiefgründung bei weichen Böden

[b]



Nabenhöhe > 90 m
Fundamentdurchmesser 20 m
49 Stahlrohrpfähle, L \square 24 - 26 m
Geotechnische Kategorie 3

- Grundwasserabsenkung erforderlich
- Horizontalbelastung infolge Baubetrieb
- Negative Mantelreibung
- Hohe Maßhaltigkeit
- Zügiger Baufortschritt

Projekttag Wasserbau

Energie und Infrastruktur

[b]

26
S
H
O
L



Tiefgründung mit Ortbetonrammpfählen

Quelle: Projektarchiv SV Georg Maybaum (Pr. Nr. 1501, 2011/12)



[b]



Böschungsbrüche Schiefstellungen der Pfähle

Quelle: Projektarchiv SV Georg Maybaum (Pr. Nr. 1501, 2011/12)



[b]

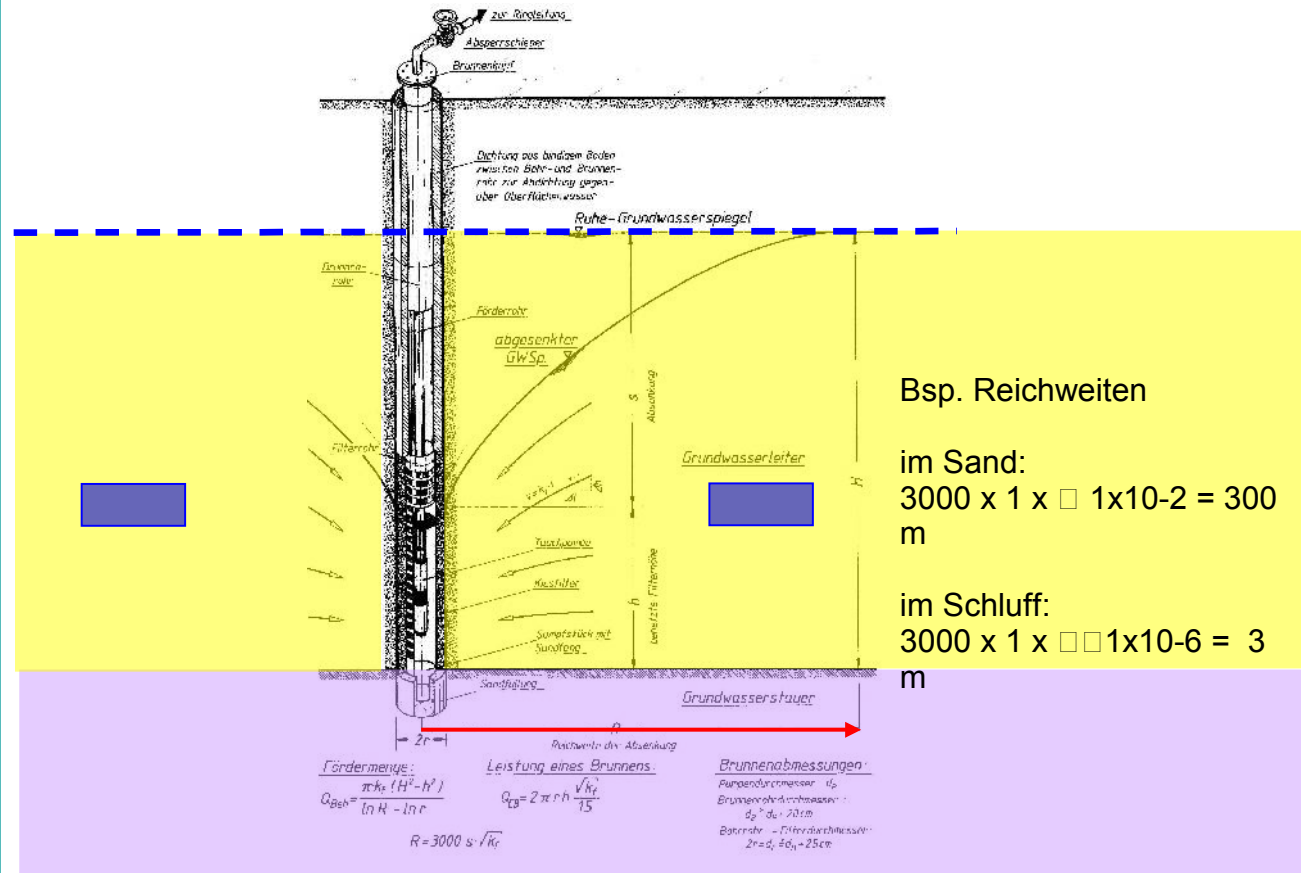
Böschungsbrüche wegen unzureichender Wasserhaltung?

Quelle: Projektarchiv SV Georg Maybaum (Pr. Nr. 1501, 2011/12)

Baugruben in weichen bindigen Böden

Reichweite und Wassermenge sind stark abhängig von Brunnenradius, Brunnentiefe und Durchlässigkeit

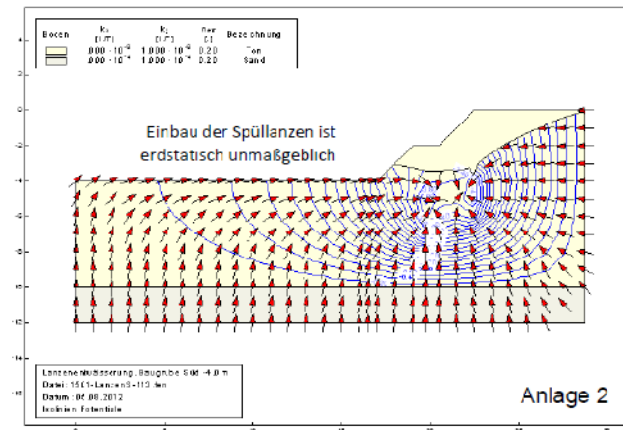
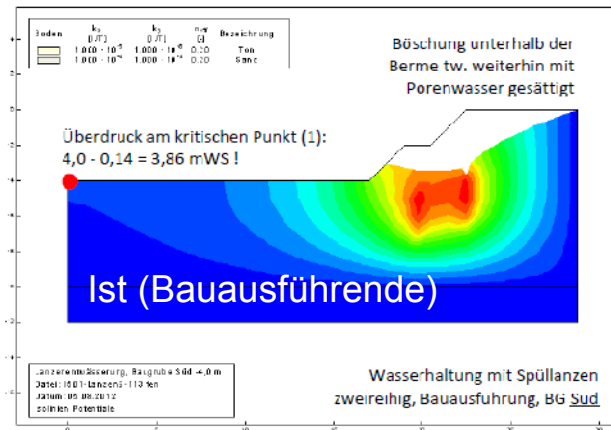
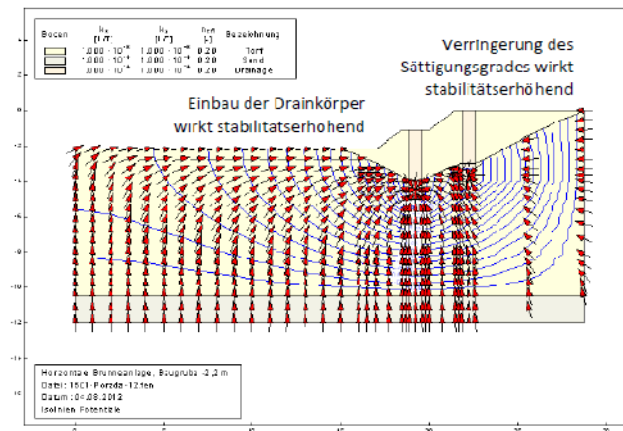
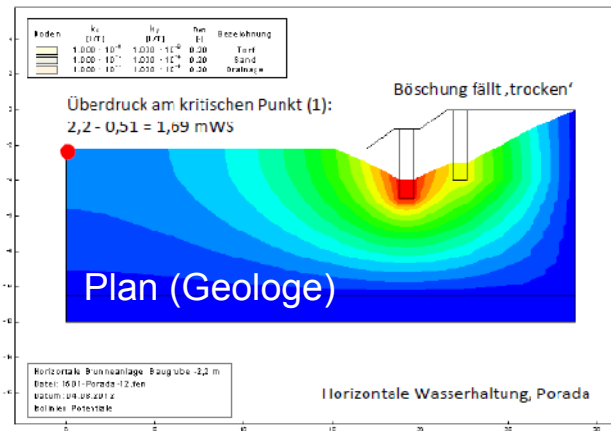
[b]



Baugruben in weichen bindigen Böden

Vorlaufende, umfängliche Wasserhaltung zwingend!

[b]



[b]

3
P
O
O
T

**Böschungsbrüche
Schiefstellungen und Bruch der Pfähle
=> Abbruch der weiteren Arbeiten**

Projekttag Wasserbau

Energie und Infrastruktur

Ein erfolgreiches Vorzeigeprojekt

[b]

32
e
i
l
l
o
r
f

Windkraftanlagen
auf der ehemaligen Deponie Georgswerder

Windkraftanlagen

Schwimmende Gründung von Windkraftanlagen auf Deponien am Beispiel der Deponie Georgswerder in Hamburg

Prof. Dr.-Ing. Klaus-Peter Salomo
Dipl.-Ing. Michael Strampe

IGU Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Umweltmanagement

[b]

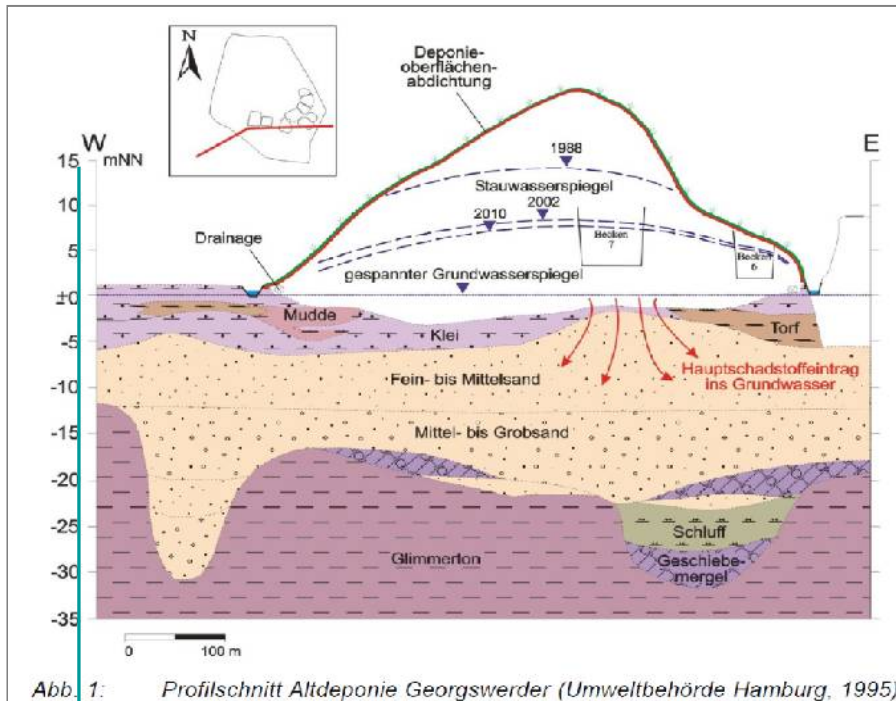


Abb. 1: Profilschnitt Altdeponie Georgswerder (Umweltbehörde Hamburg, 1995)

Profilschnitt Altdeponie Georgswerder (Umweltbehörde Hamburg, 1995)

Abb. 4: Ausführungsvariante der Schwimmenden Gründung

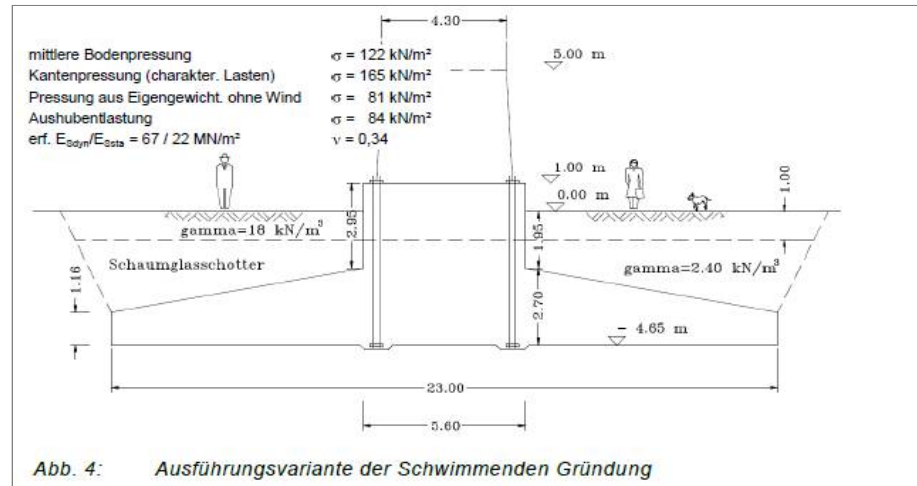


Abb. 4: Ausführungsvariante der Schwimmenden Gründung



Windkraftanlagen



Repowering:
Ersatz der drei älteren Anlagen
durch eine neue WKA

Abb. 4: Ausführungsvariante der Schwimmenden Gründung

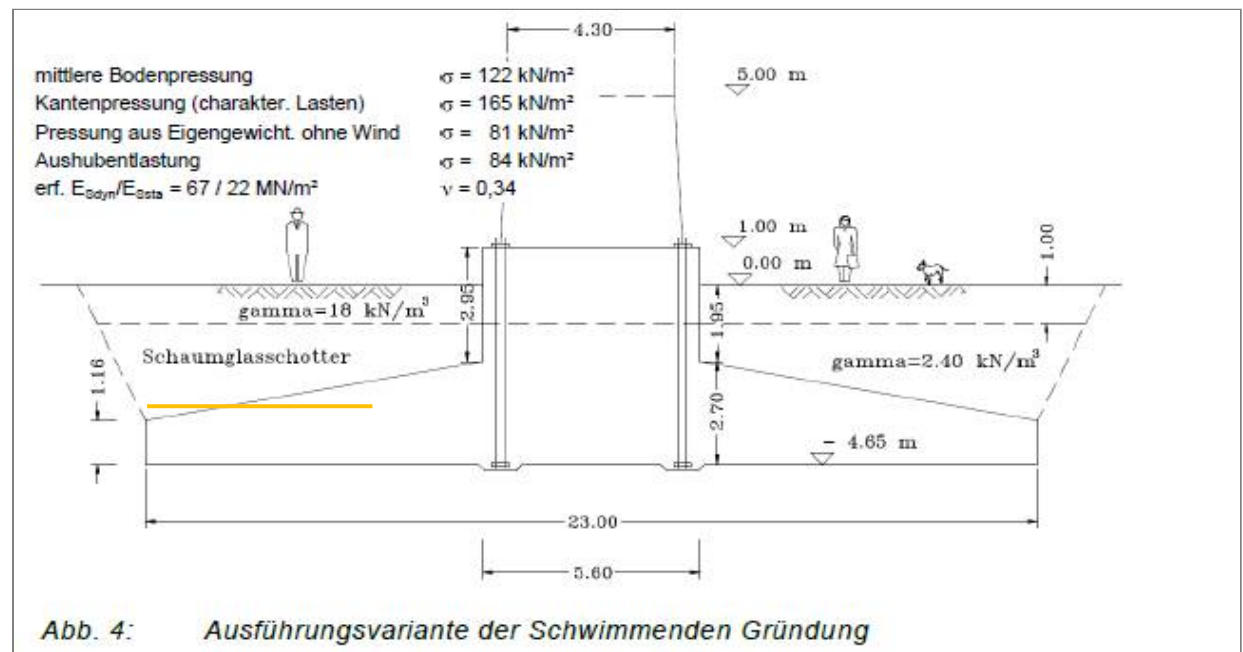


Abb. 4: Ausführungsvariante der Schwimmenden Gründung

Gute Erfahrungen mit der
Altanlage: Eine Aktivierung
der Neigungskorrektur war
nicht erforderlich



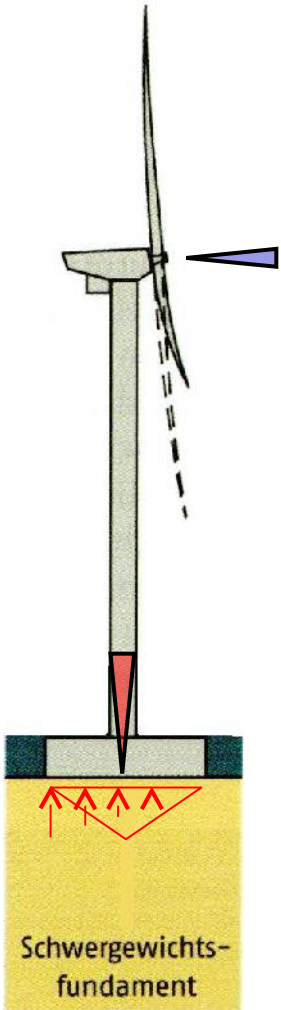
Die Aushubentlastung
entspricht in etwa den
zusätzlichen Lasten der
neuen Anlage

[b]

4
e
i
o
r

Windkraftanlagen Dep. Georgswerder

[b]



Schaumglasschotter



KDB Anschluss



Windkraftanlagen Dep. Georgswerder

[b]



96
e
ll
o
r

Projekttag Wasserbau

Energie und Infrastruktur



2013



2014



2015

[b]

Germany, the Green Superpower

Here's my prediction: Germany will be Europe's first green, solar-powered superpower. Can those attributes coexist in one country, you ask? They're going to have to.

**Windkraftanlagen
auf der ehemaligen Deponie Georgswerder**

Quelle: Fotoarchiv Franz / Maybaum (Hamburg, 26.04.2013) und The New York Times, International Weekly (SZ, 15.05.2015, S. 2)

ERICA ING.DE Projekttag Wasserbau

Hochspannungsleitungen, Hochwasserschutz

Energie & Infrastruktur

Prof. Dr.-Ing. Georg Maybaum

Es gibt in der ganzen Natur
keinen wichtigeren, keinen der Betrachtung
würdigeren Gegenstand als den Boden.

Frédéric Albert Fallou

Altrhein im Süden der Pfalz

