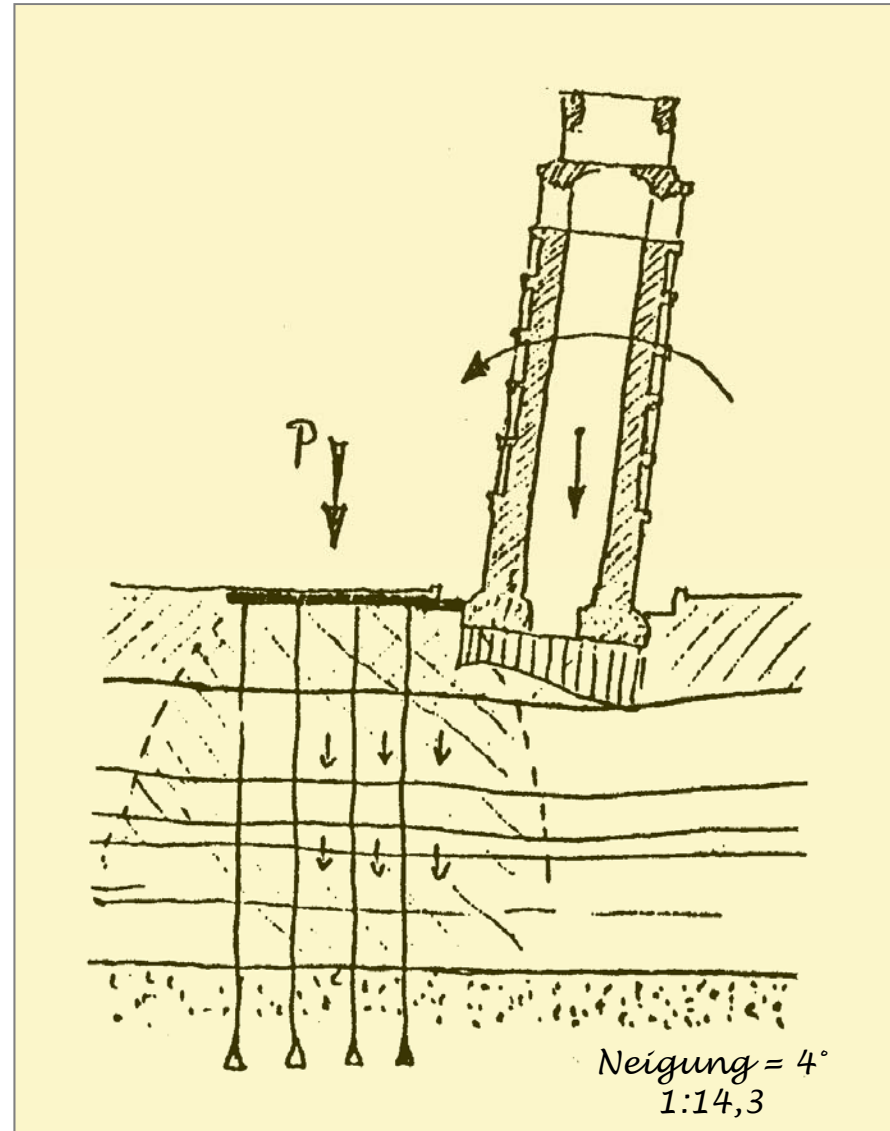


Bergbaufremde Ursachen für Setzungsschäden an Gebäuden

Prof. Dr.-Ing. K. J. Witt



Ursachen und Indikation von Setzungsschäden

- *Einführung*
- **Setzungen und Hebungen**
- **Einwirkungsbedingte Ursachen**
 - Laständerungen*
 - Erschütterungen*
 - großräumige Verformungen*
- **Widerstandsbedingte Ursachen**
 - Schrumpfen / Quellen / Frost*
 - Aufweichen*
 - Zersetzung/Verwitterung*
 - Innere Erosion*
- **Zusammenfassung**

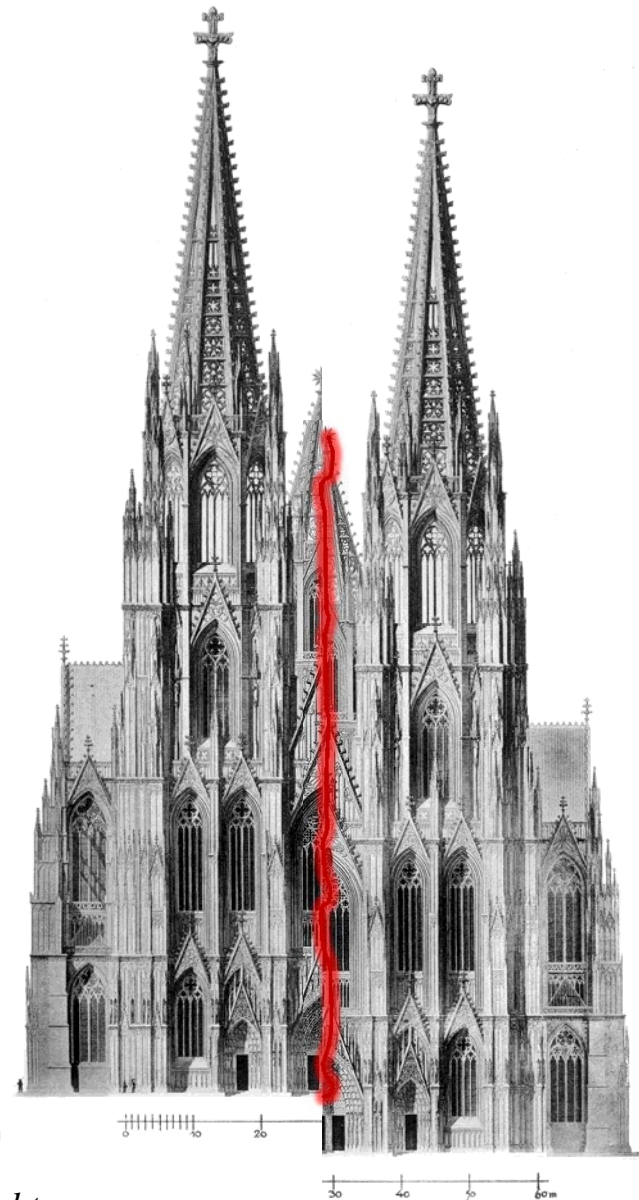
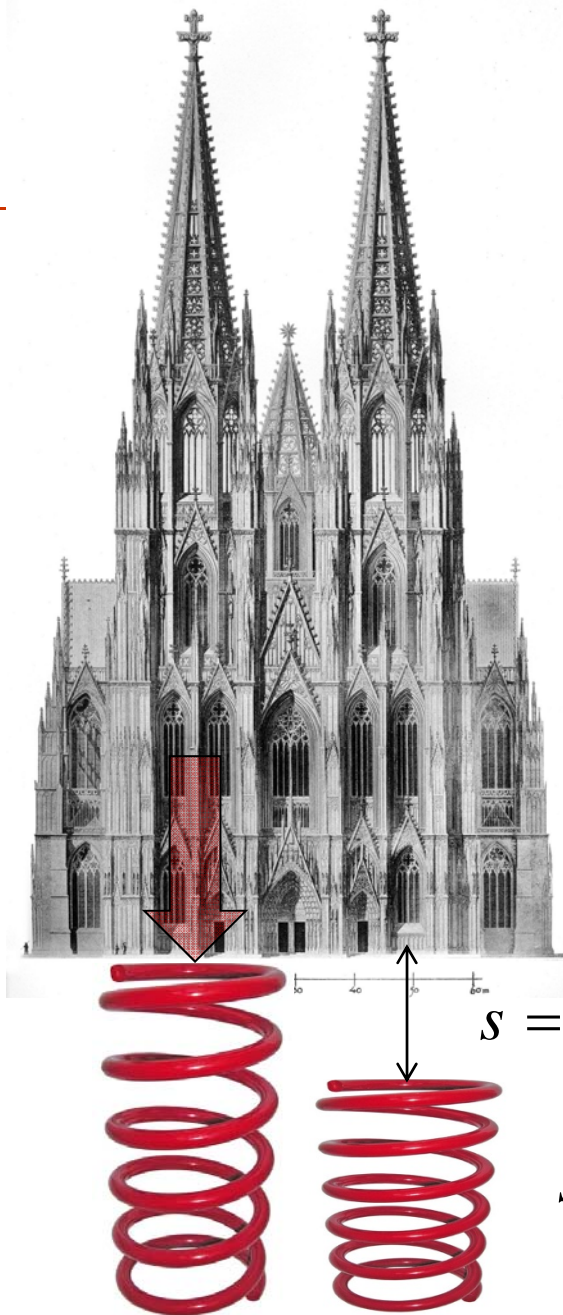


Bild: Hasak, M.: Der Dom zu Köln - Bild 18 Westansicht

Setzungen



Kompression durch Zusatzlast

Schrumpfen von Böden

Vernässung bindiger Böden

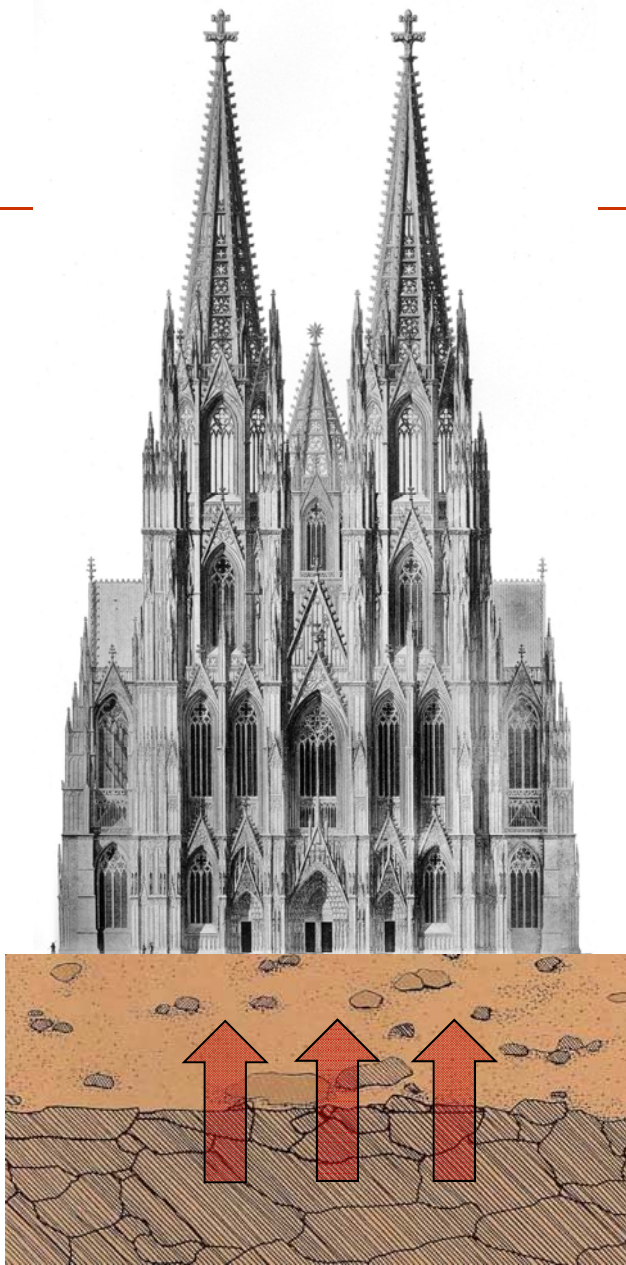
Bodenentzug, Erosion

Grundwasserabsenkung

Zersetzung organischer Anteile

Erdfall

Hebung



Quellen bindiger Böden

Frosthebung

Verträglichkeit von Relativsetzungen

DIN EN 1992 (Eurocode 2): Setzungen sind Einwirkungen



β

$$\tan \beta_{\max} = 1/150 ; \beta_{\max} = 0,38^\circ$$

Verträglichkeit von Relativsetzungen

Potentieller Schaden <i>Bjerrum, 1963</i>	β_{\max}
Grenzwert Mauerwerk, Risse in Wand	1/150
Gefährdung der Struktur, allgemein	1/150
Erkennbare Neigung bei hohen Gebäuden	1/250
Risse in tragenden Wänden	1/300
zuverlässige Rissvermeidung	1/500
Strukturprobleme ausgesteifter Rahmen	1/600

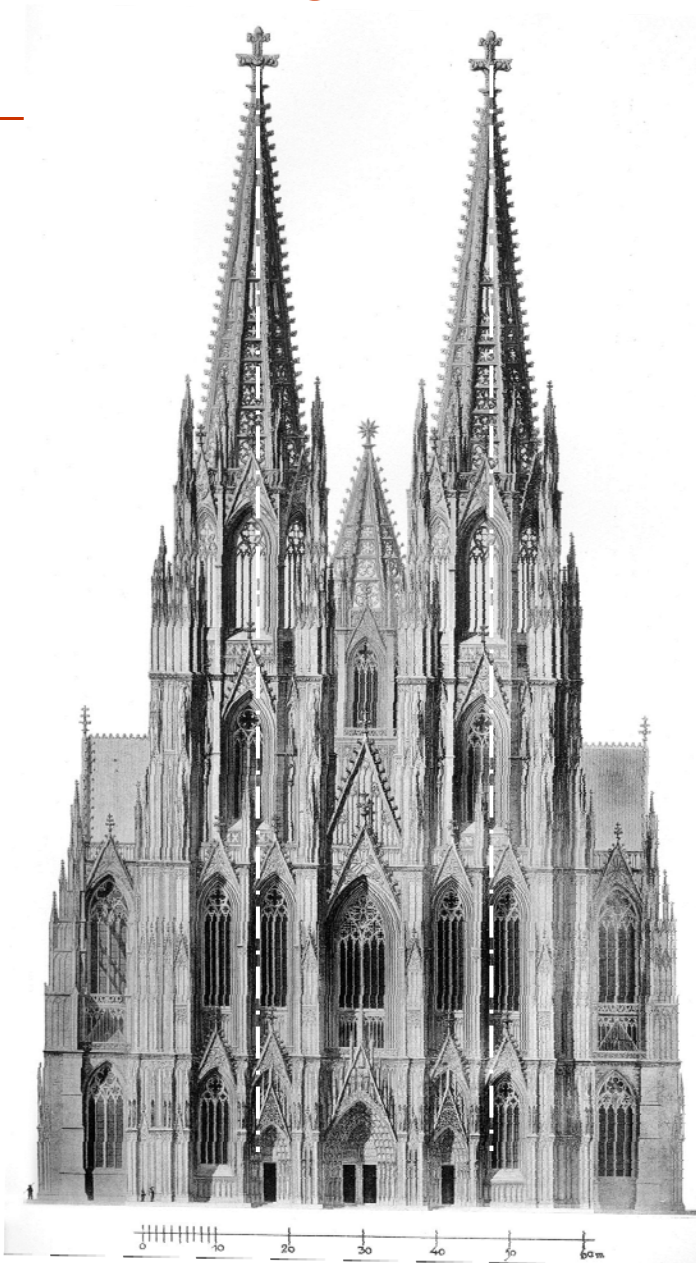
Fundamentabstand 6 m: 1/150 \rightarrow $\Delta s = 40$ mm

Verträglichkeit von Relativsetzungen

Grenzwerte EC Standardisierung	Größe
Zielwert Streifenfundament	< 50 mm
Zielwert Einzelfundament	< 25 mm
Größe Setzung Einzelfundamente	50 mm
Größe Relativsetzung Einzelfundamente	20 mm
Relativsetzung Rahmen, flexible Wände/Fassade	10 mm
Größe Schiefstellung	1/500

Fundamentabstand 6 m 1/500 $\rightarrow \Delta s = 12 \text{ mm}$

Verträglichkeit von Relativsetzungen



Rissvermeidung

1:500 $\beta = 0,115^\circ$

Δs Westfassade = 13,3 cm

Turmauslenkung = 31,4 cm

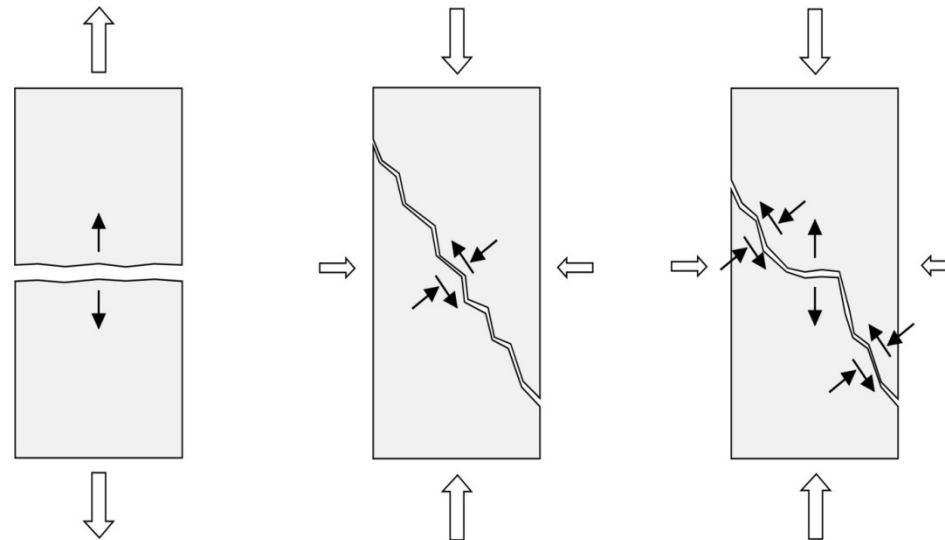
Δ Turmhöhe = 6,6 cm

Bild: *Hasak, M.: Der Dom zu Köln - Bild 18*
Westansicht

Analyse der Ursachen von Setzungsschäden

... *Grundsätzlich* ist das Gebäude in seiner Gesamtheit zu betrachten, die Interaktion der Tragstruktur mit dem Baugrund. Denn die Ursache von Setzungsschäden ist nie allein der Baugrund, sondern immer die wechselseitige Beeinflussung von Gründung und Bauwerk.

Am Anfang steht die Analyse der Tragstruktur der Risse in ihrer lokalen und zeitliche Ausprägung



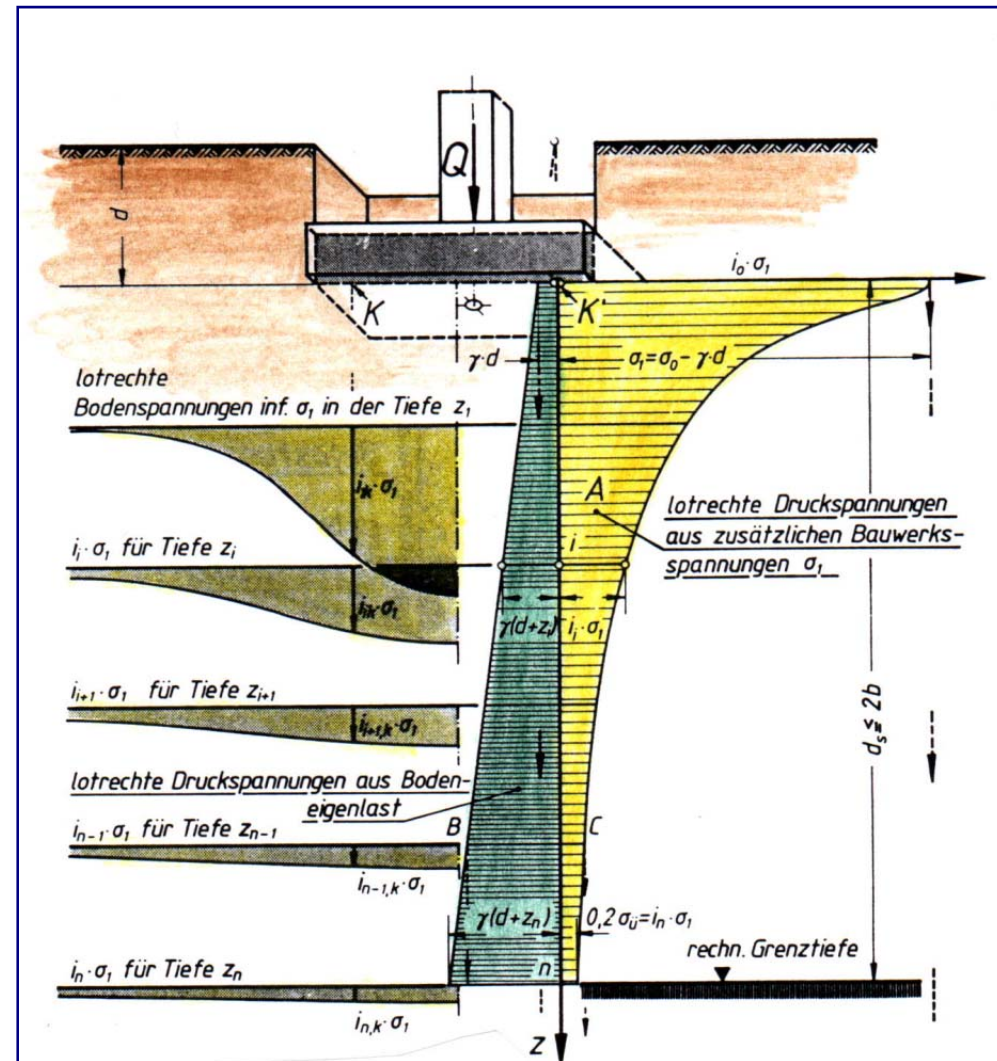
Setzungen infolge Zusatzlast

Steifemodul $E_s = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$

Setzung $s = \sum \frac{\Delta\sigma_i}{E_{s_i}} di$

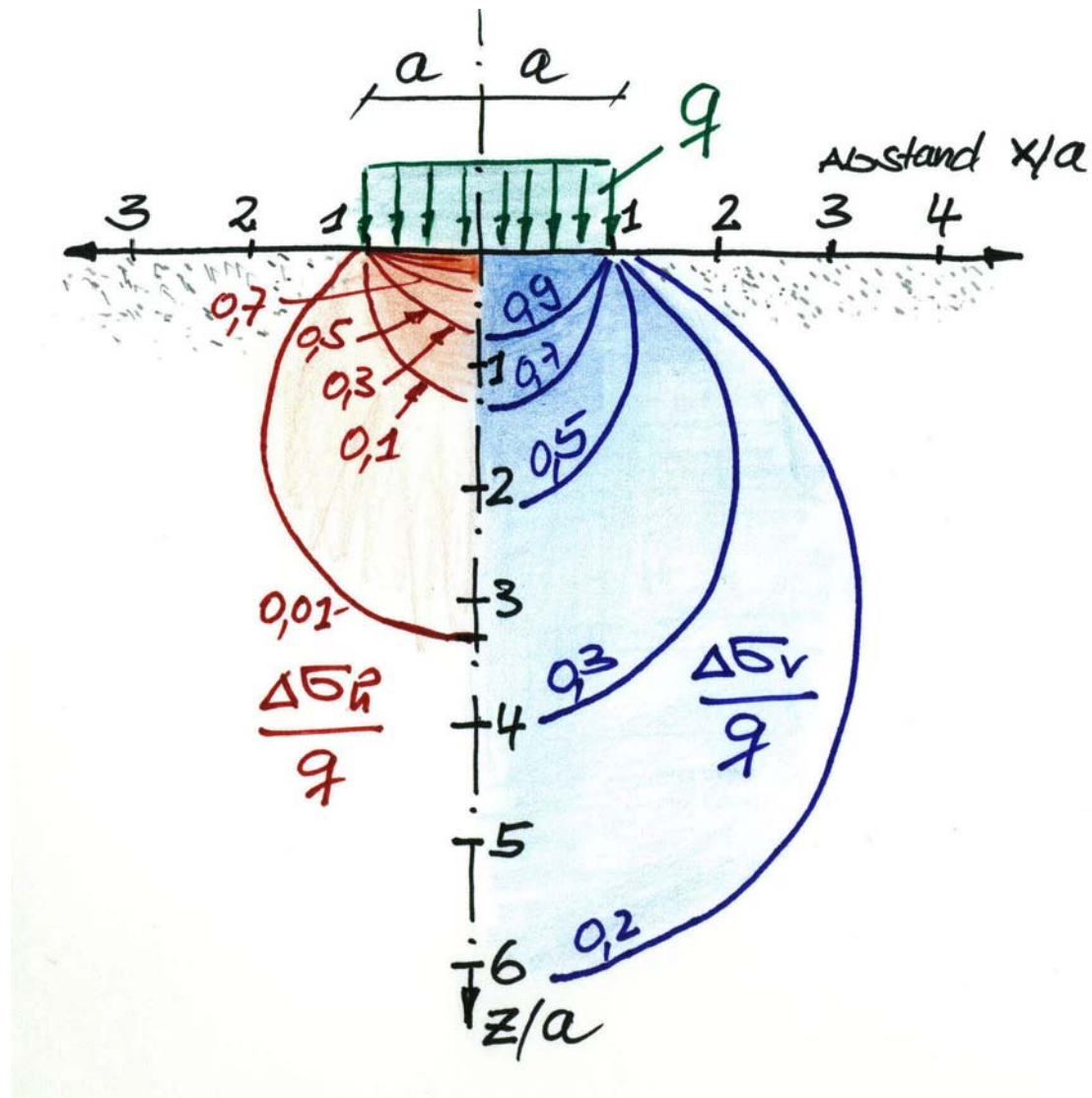
z.B.: Kies.. $E_s = 80-150 \text{ MN/m}^2$

Lößlehm $E_s = 8-15 \text{ MN/m}^2$

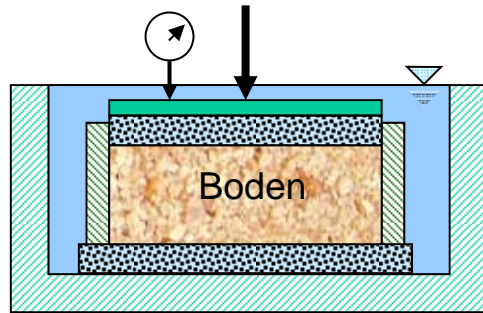


Setzungen infolge Zusatzlast

Lastausbreitung unter Streifenfundament

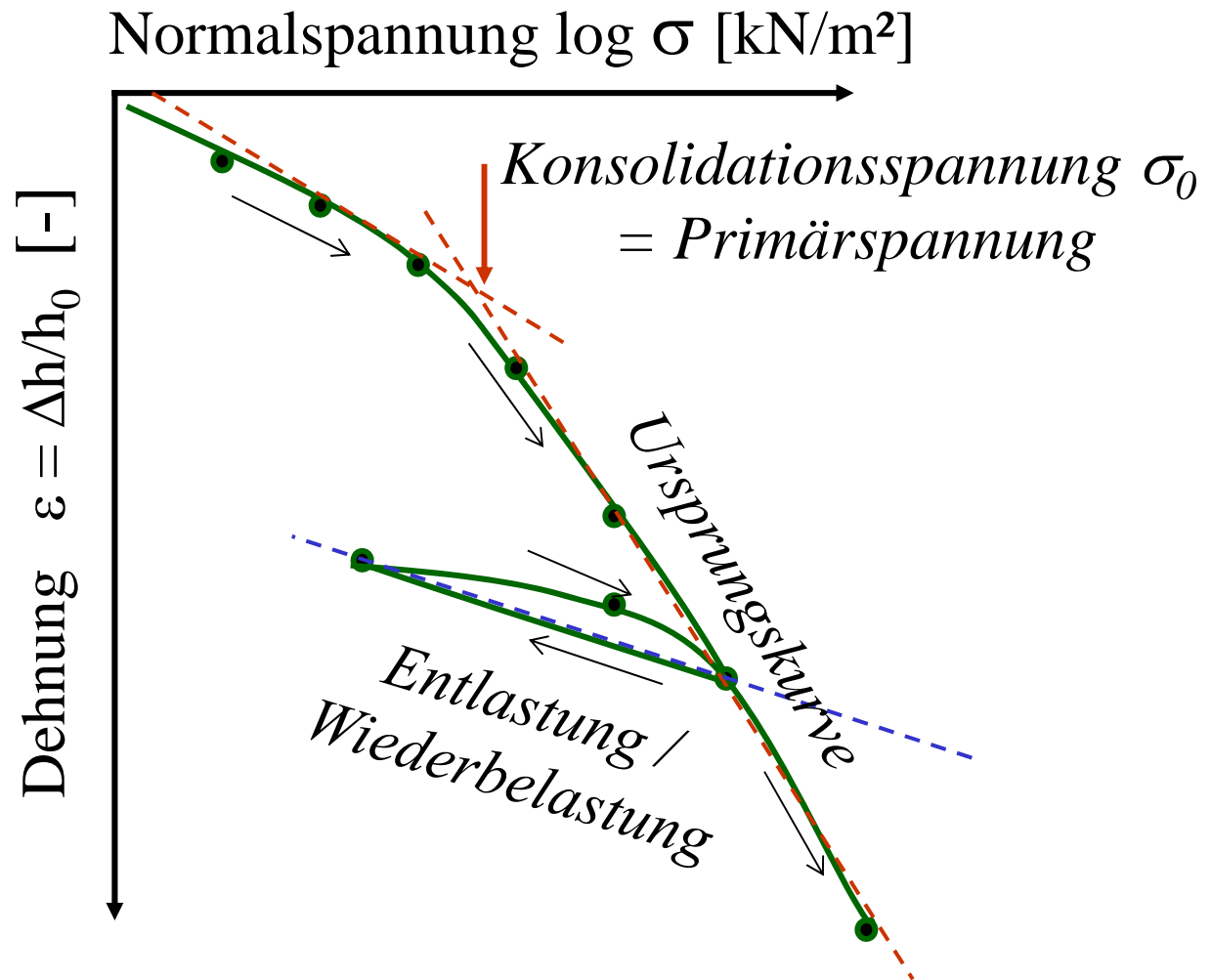


Setzungen infolge Zusatzlast



Steifemodul

$$E_s = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$

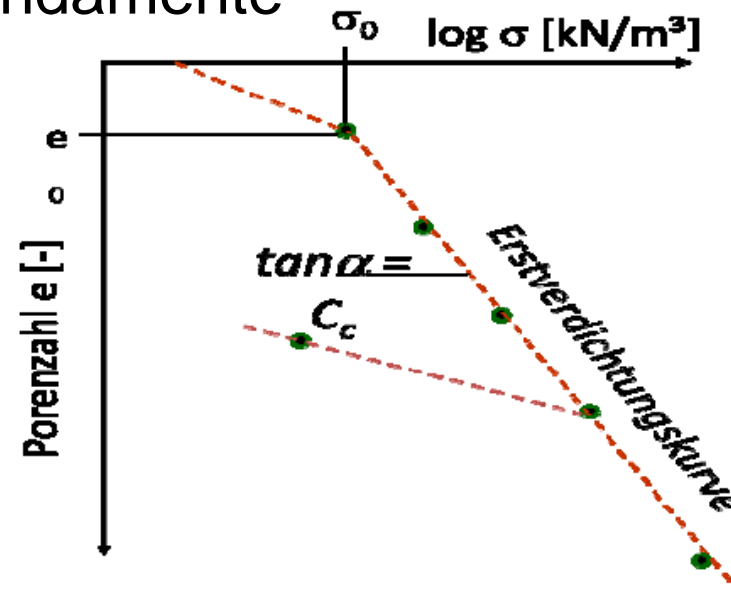


Setzungen infolge Zusatzlast und Spannungsänderungen

Ursachen von Zusatzlasten/Entlastungen

- Nutzungsänderungen im Bauwerk
- Erhöhte äußere Einwirkungen, Wind/Schnee
- Alterung der Tragstruktur, Lastumlagerung
- Setzungen benachbarter Fundamente
- Nachbarbebauung
- Abgrabungen §909 BGB
- Grundwasserabsenkung,
Grundwasseranstieg

→ ... alles hat seine Wirkung



Setzungen infolge Erschütterungen

durch benachbarte Baumaßnahmen
durch Verkehr
durch Maschinen

Effekt

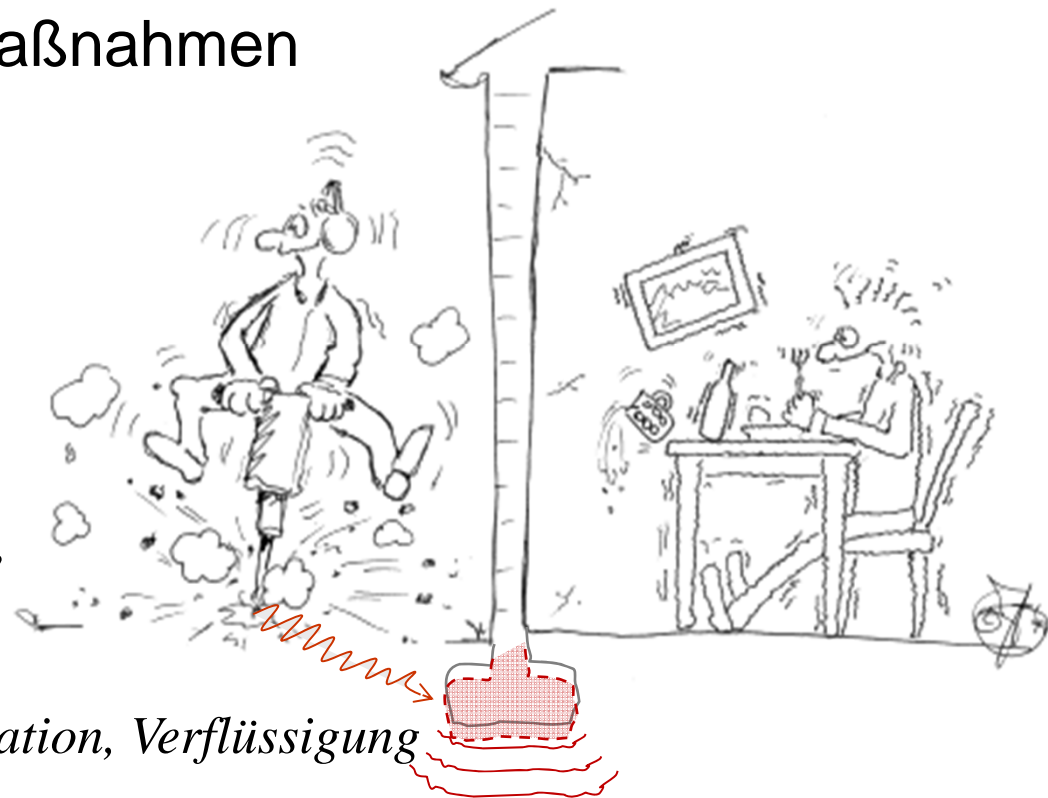
*Aufhebung effektiver Spannungen,
Trägheitskräfte*

Akkumulation plastischer Deformation, Verflüssigung

problematisch vorwiegend nichtbindige Böden

DIN 4150-3:1999-02 : Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen

http://www.bvfs.at/htm/u/Sch_ers.htm



Setzungen infolge Zusatzlast oder Erschütterungen

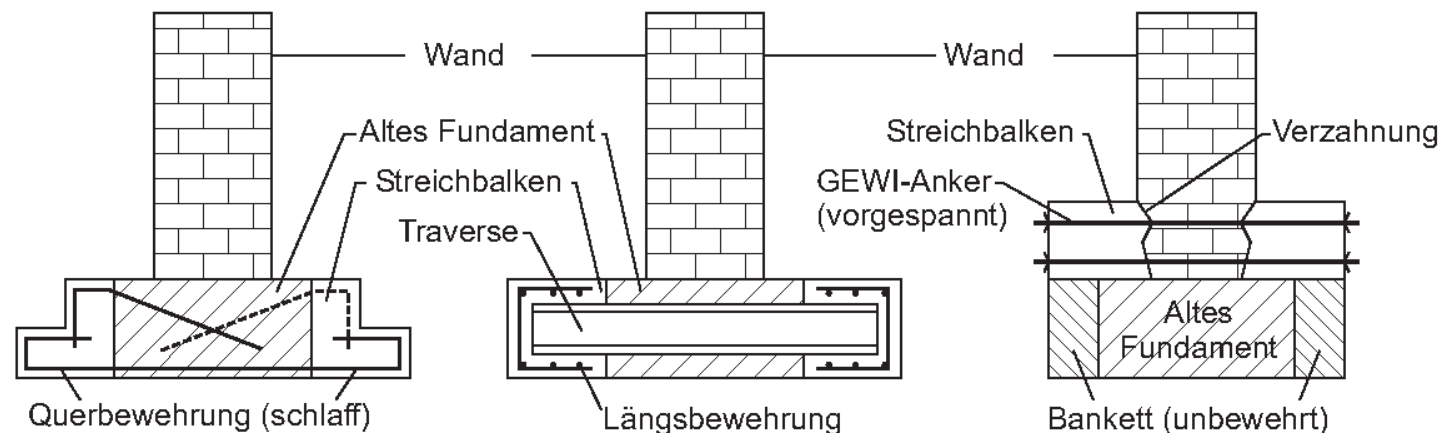
Indikation

Es besteht kein grundsätzliches Tragfähigkeitsproblem

Verbreiterung der Fundamente (vorher)

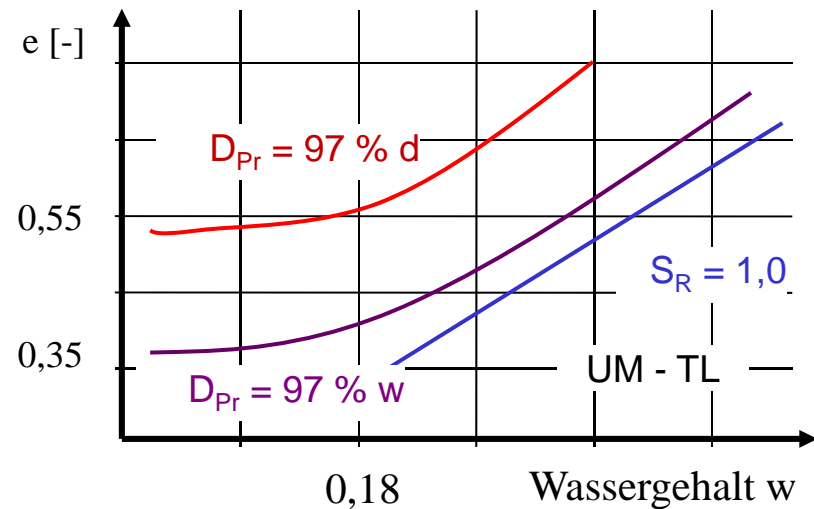
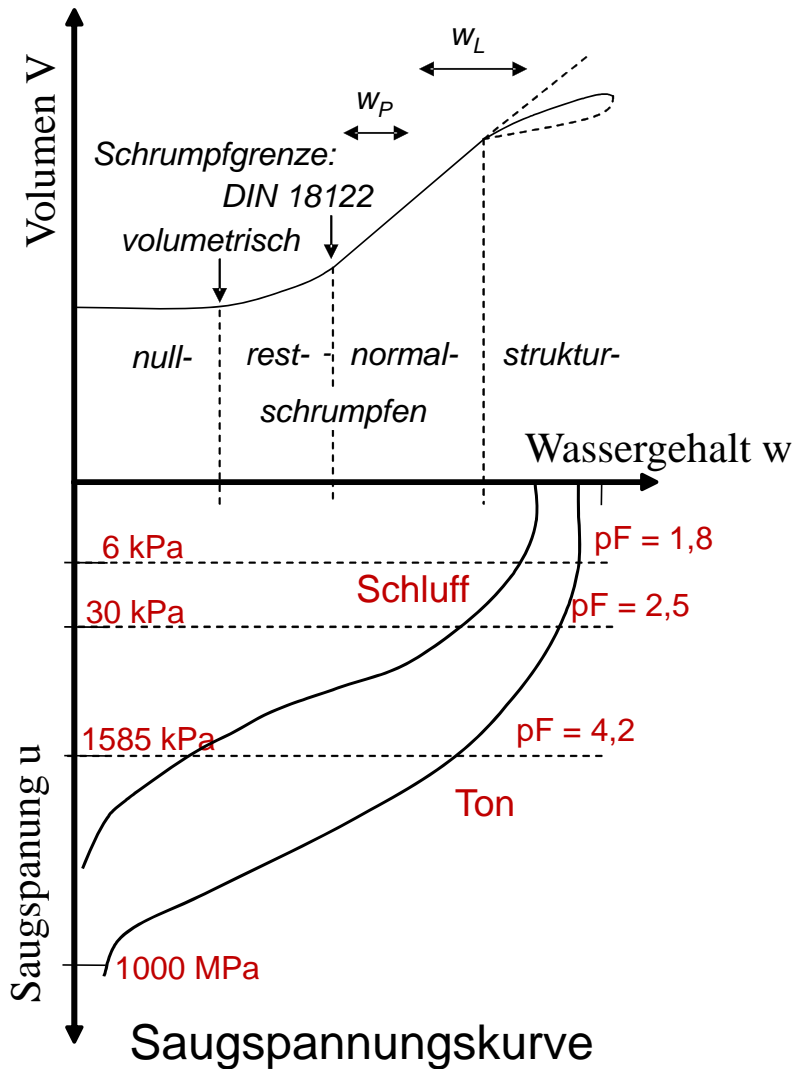
Akzeptieren der Setzungen nach Abklingen (nachher)

Hebungsinjektionen (nachher)

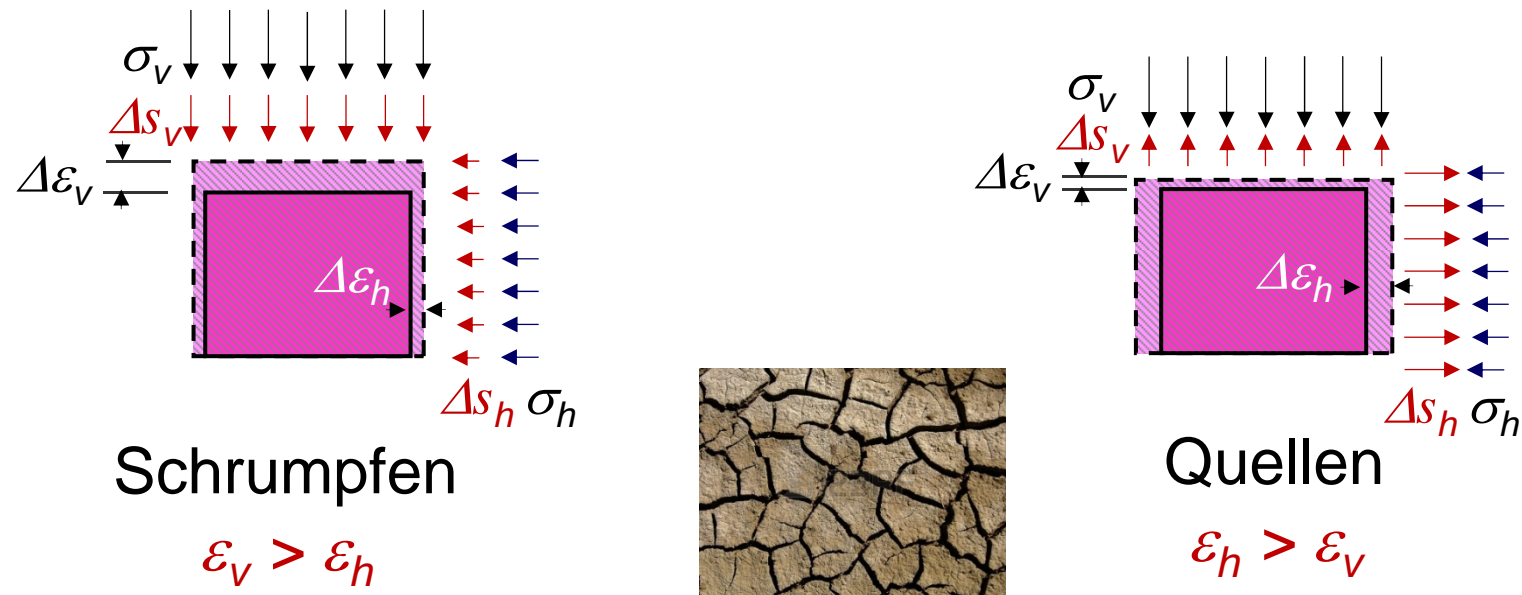


Schrumpfen und Quellen bindiger Böden

bodenmechanische Effekte



Schrumpfen und Quellen bindiger Böden *zyklische Effekte*



Bodenphysikalische Ursache

Thermisch induzierte Feuchteschwankungen

Feuchteentzug durch Vegetation $\rightarrow S_R$ nimmt ab

Bewässerung durch Infiltration $\rightarrow S_R$ nimmt zu

Schrumpfen und Quellen bindiger Böden

sensible Böden

Quell-Schrumpf-Potential	Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$ [%]	Fließgrenze w_L [%]	Tongehalt < 0,002 mm [%]	Gruppe
Sehr hoch	> 35	> 70	> 60	TA, OT
hoch	25 - 40	50 - 70	> 50	UA, TA
mittel	15 - 28	35 - 50	< 30	TM, OU
gering	< 15	20 - 35	< 20	TL, UL, SU

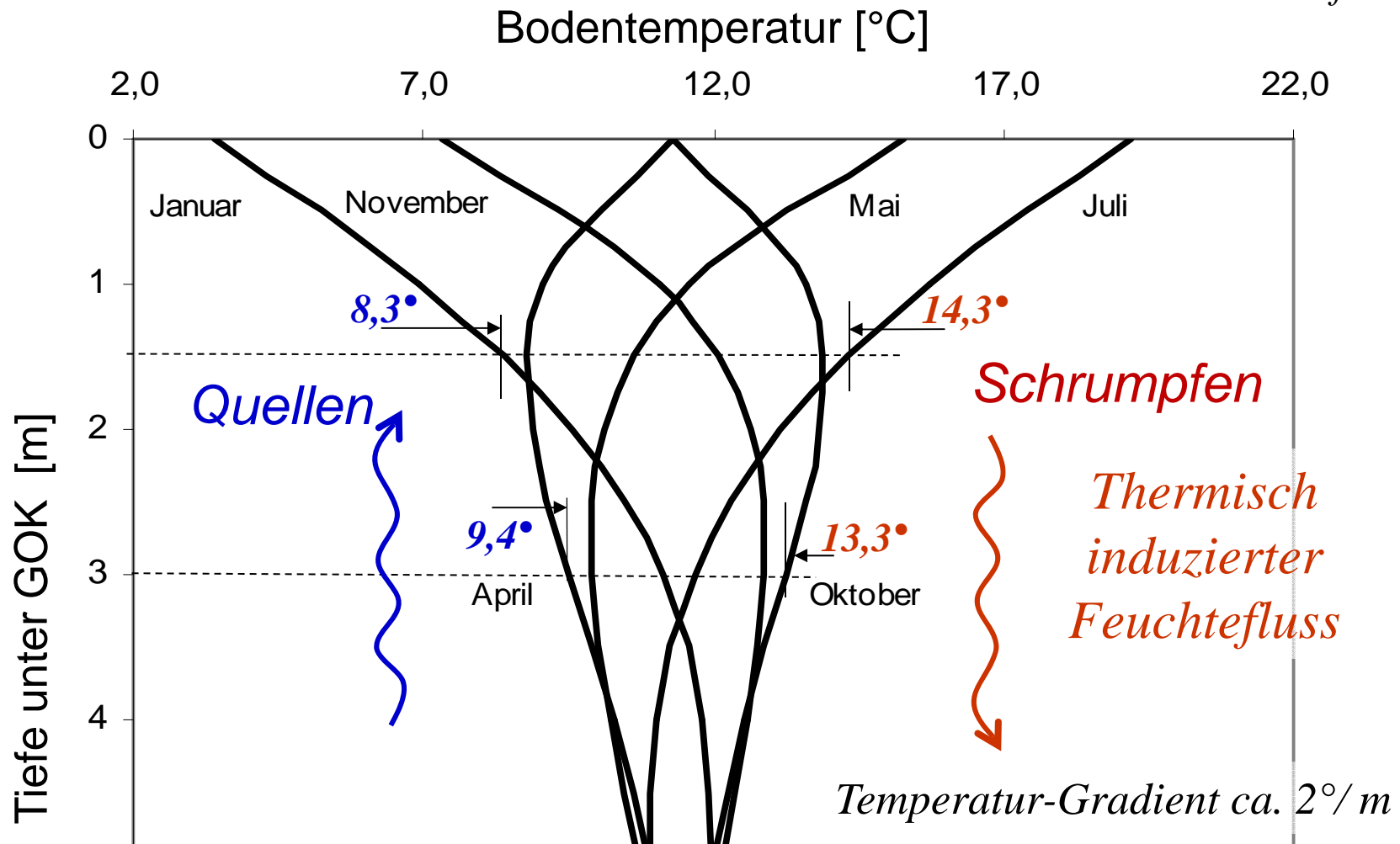
Quellen sulphathaltiger natürlicher Böden und Recyclingbaustoffe

Eigene Erfahrung, sowie Auswertung von Holtz, 1959; Anderson & Lade, 1981; in Bowles, J. E.: Foundation Analysis and design, 5th ed. 1996, Mitchell, J. K. & Soga, K., 2005: Fundamentals of Soil Behavior, 3rd ed. J. Wiley & Sons

Temperaturverlauf im Boden

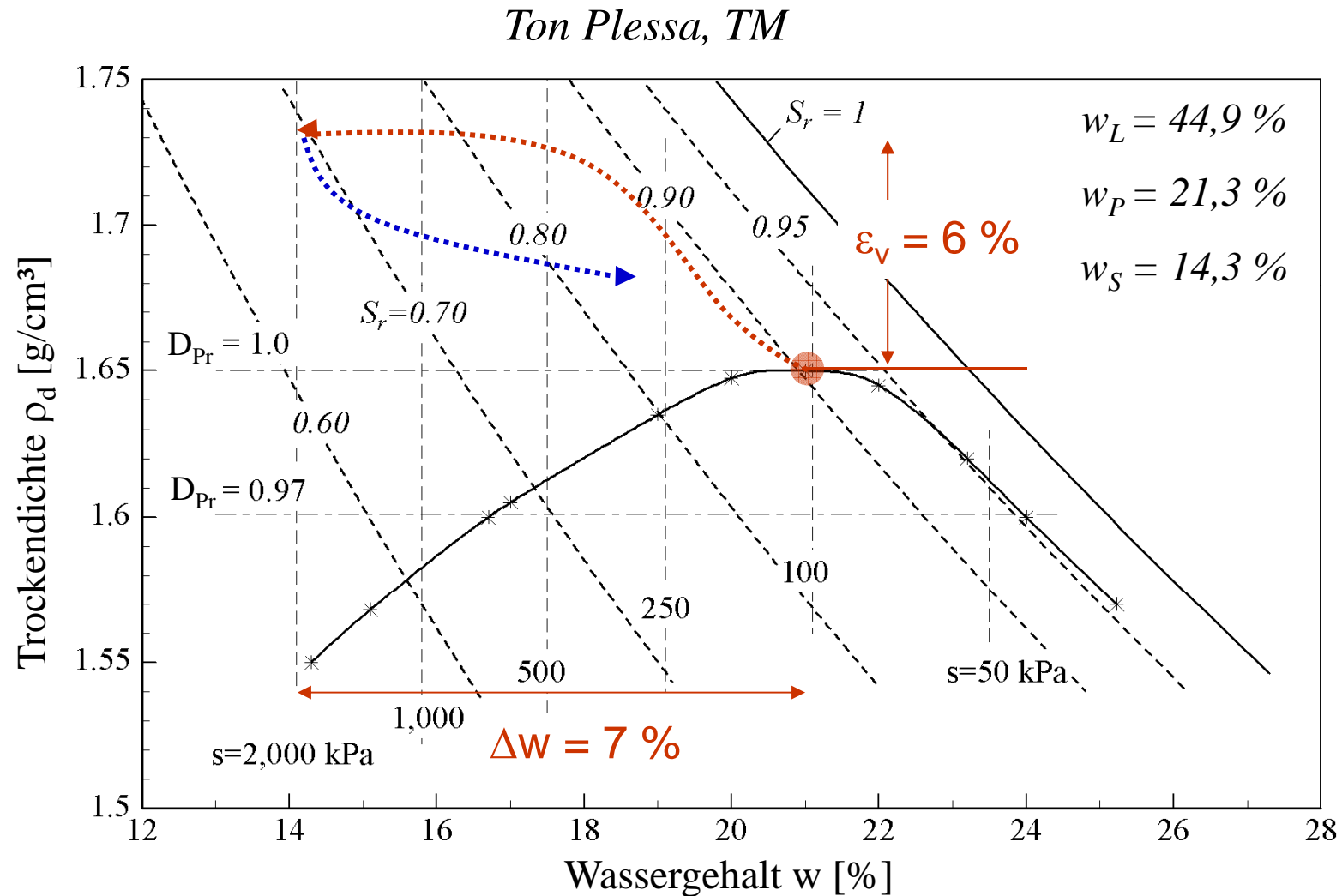
30-jähriges Mittel

Wetterdaten DWD,
Düsseldorf

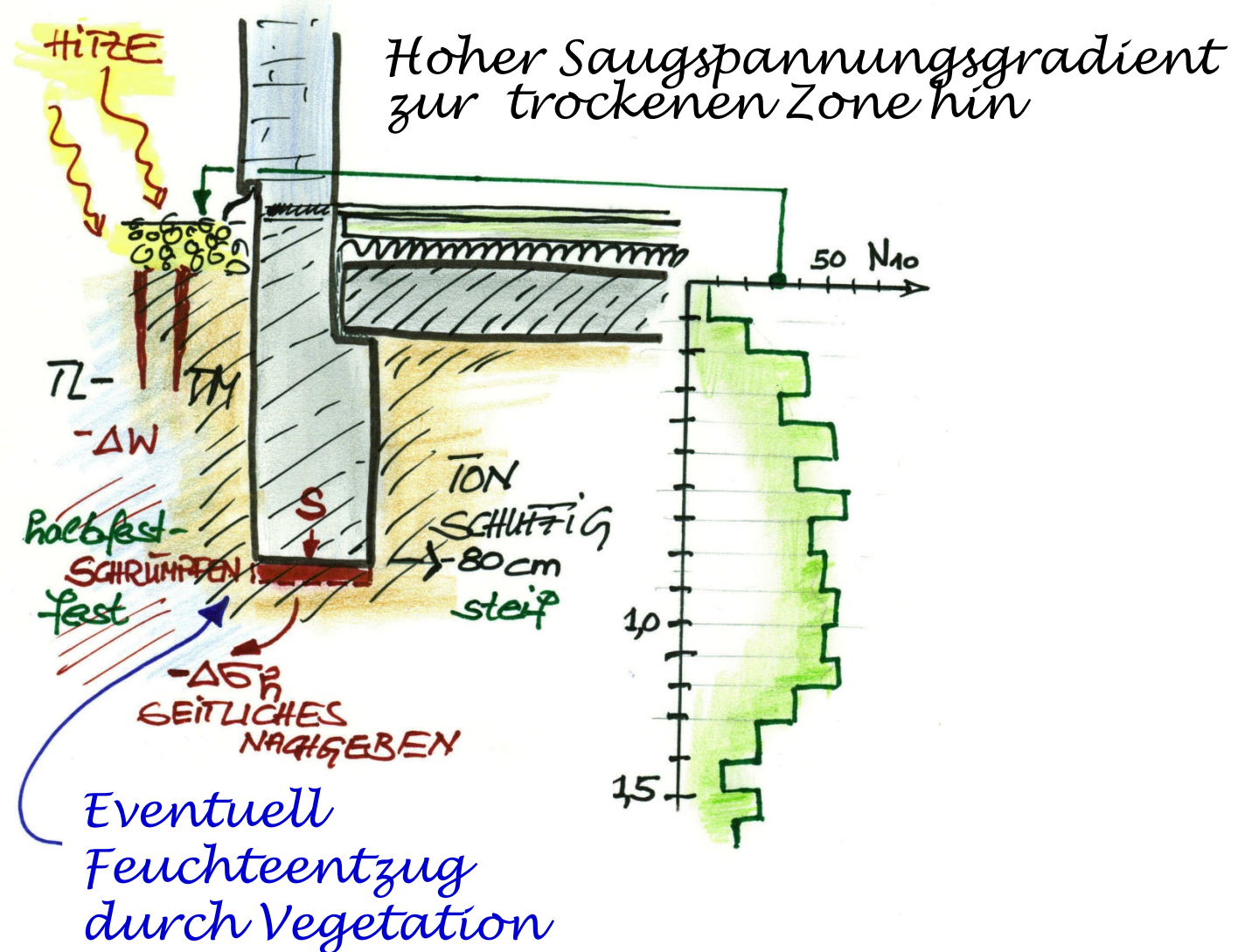


Scholz-Sohlbach, K., 2004: Thermische Effekte der tiefgründigen Bodenstabilisierung mit Brannkalk-Boden-Säulen
Schriftenreihe Geotechnik Weimar, Heft 12

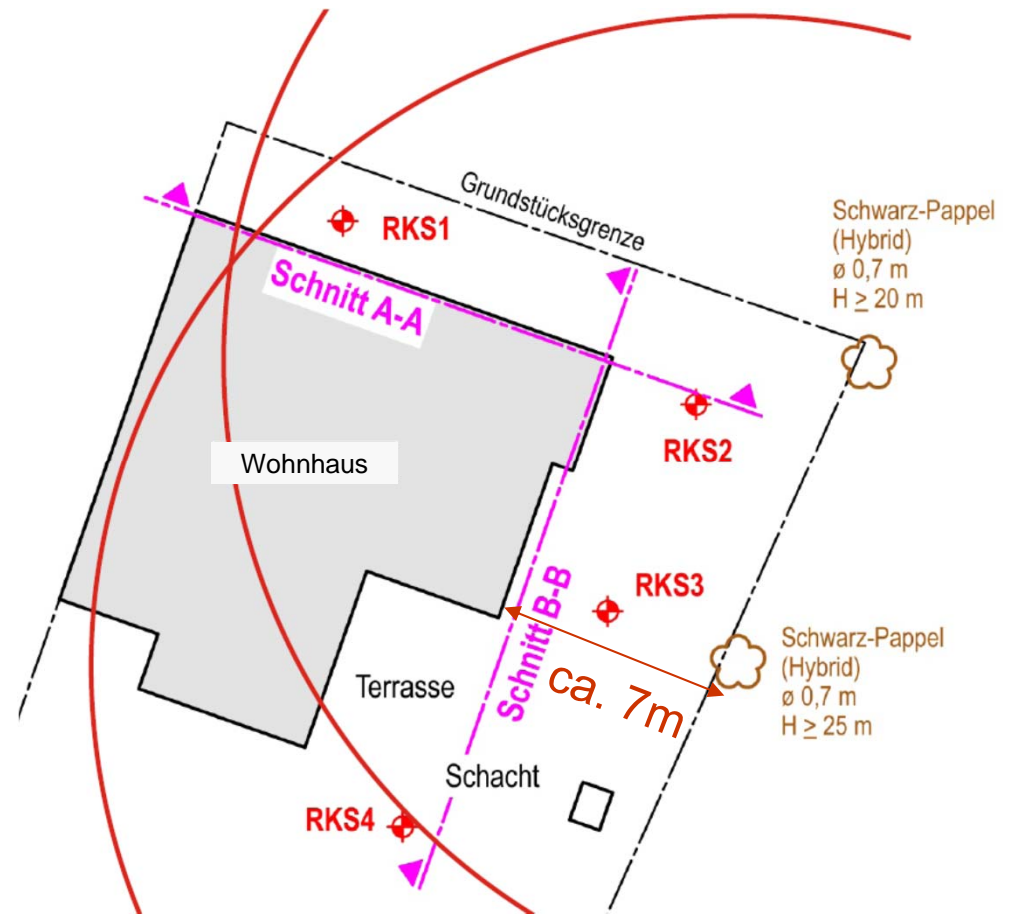
Trocknen bindiger Böden



Thermisch und spannungsinduzierter Feuchtefluss Ursache



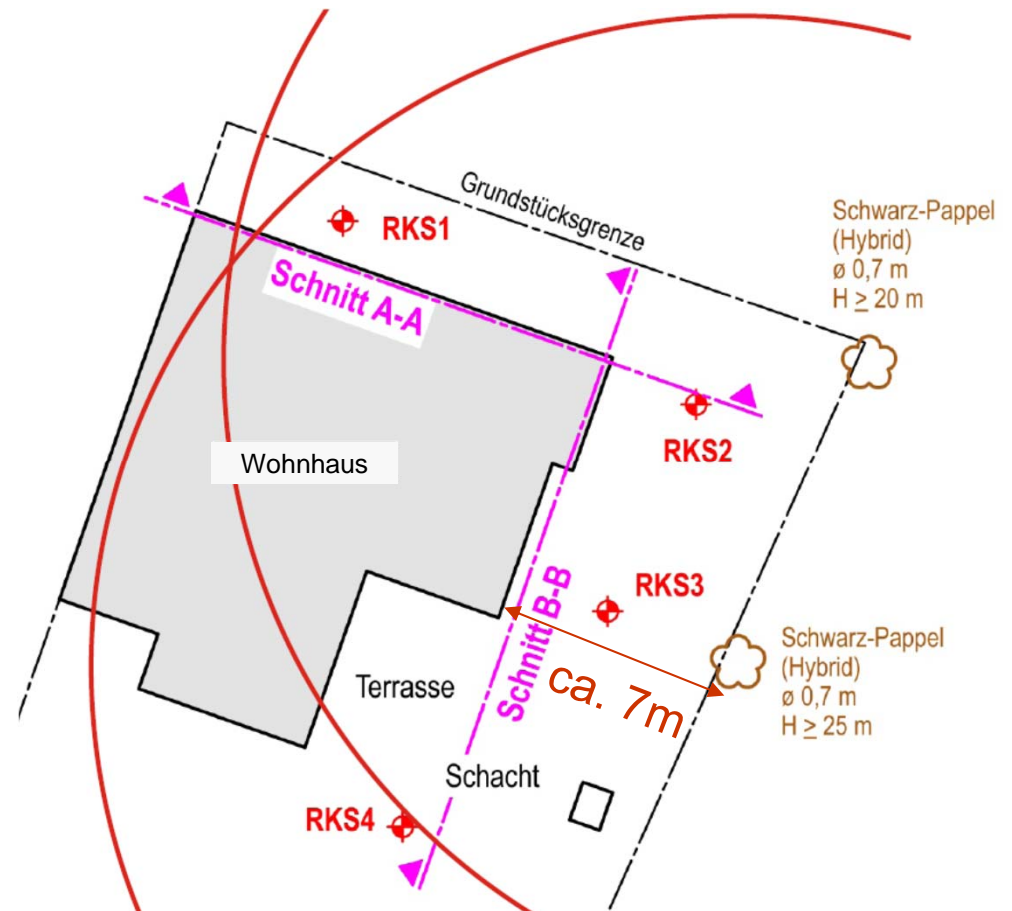
Feuchteentzug durch Vegetation *Beispiel*



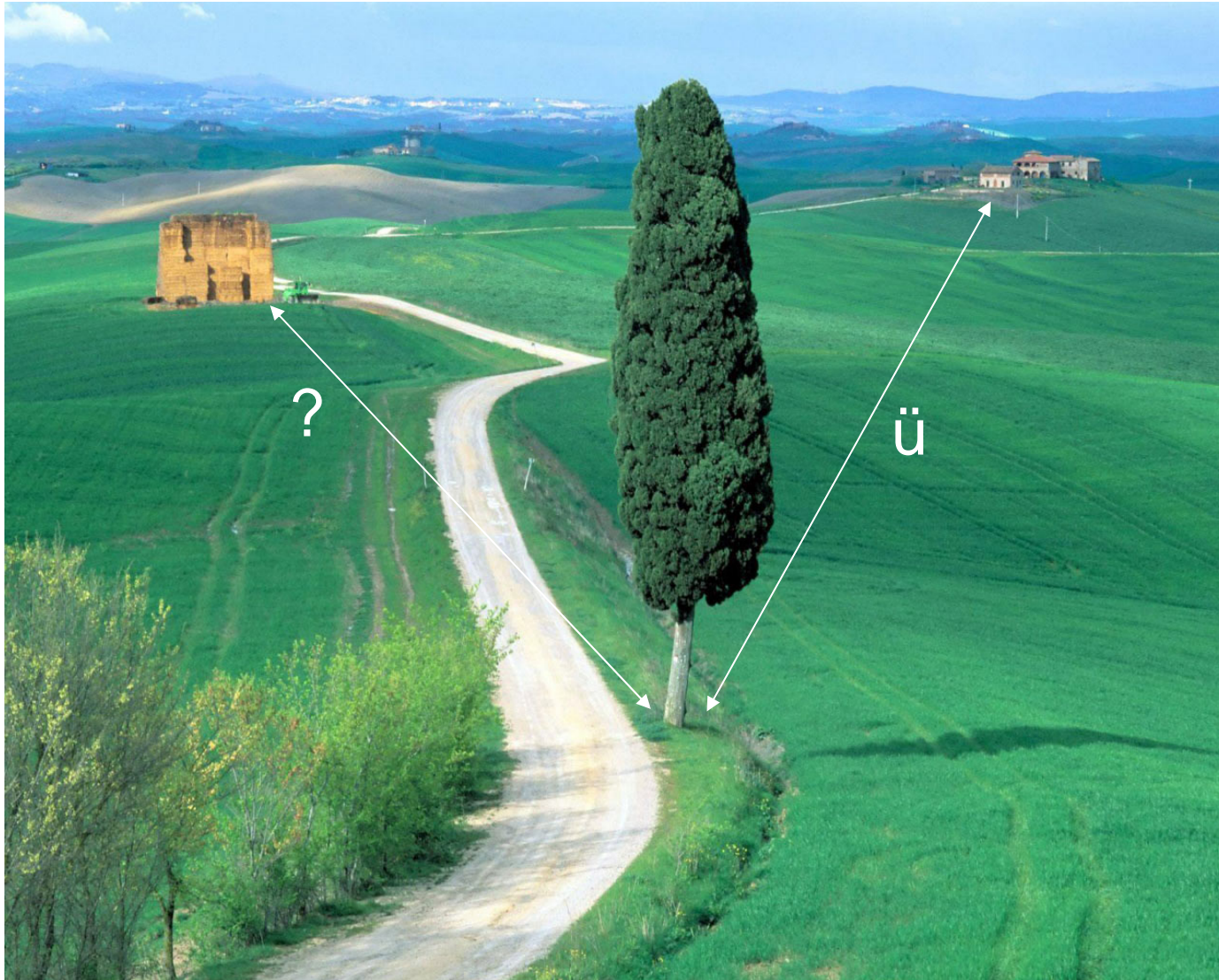
witt & partner
▼ geoprojekt

Feuchteentzug durch Vegetation

Beispiel



Feuchteentzug durch Vegetation *sicherer Abstand ?*



Feuchteentzug durch Vegetation



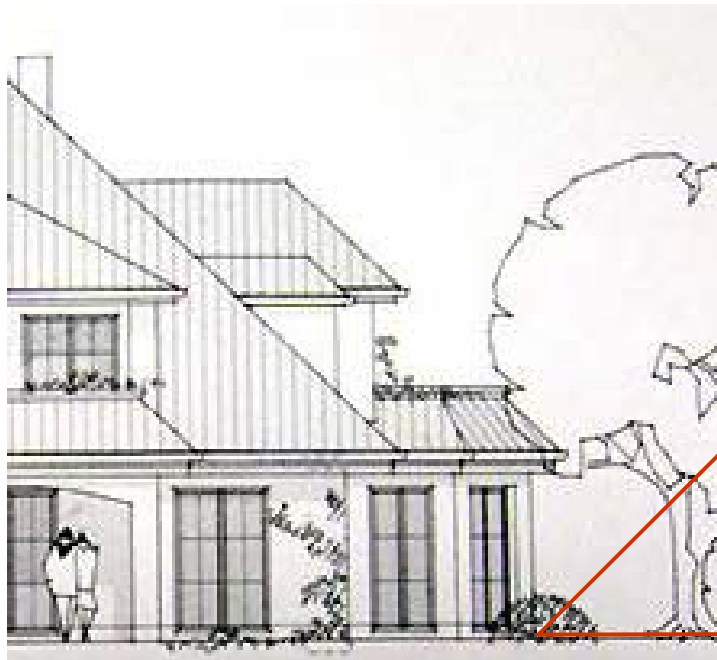
Sicherer Mindestabstand	[m]
Weide	30
Pappel	25
Roßkastanie	20
Esche, Linde, Ahorn	17
Buche	13
Obstbäume, Kirsche, Apfel, Weißdorn	10

Bullivant, R. A. u. Bradbury, H. W. 1996: Underpinning. Blackwell Science

Feuchteentzug durch Vegetation *sicherer Abstand*

Faustregel

Mindestabstand = Baumhöhe



45°



Schrumpfen und Quellen

Indikation

Strategie

Vermeidung von unverträglichen Feuchteschwankungen
in der Lastzone der Gründung

Tiefergründung traditionell (DIN 4123)

Hebungsinjektion nach Schrumpfen

Bewässerung bei Schrumpfen

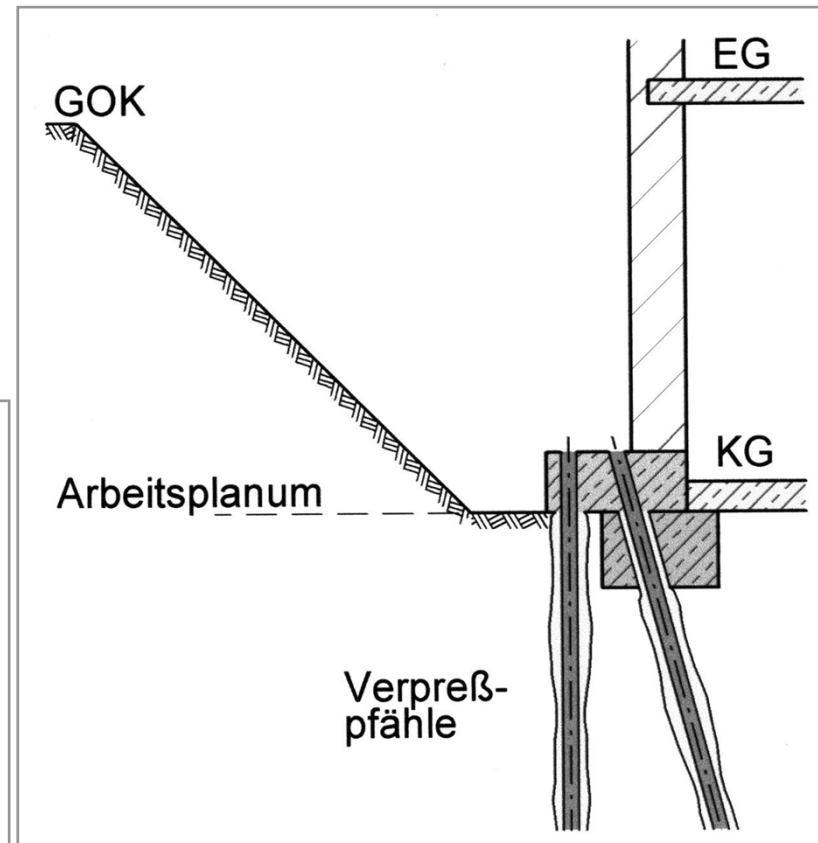
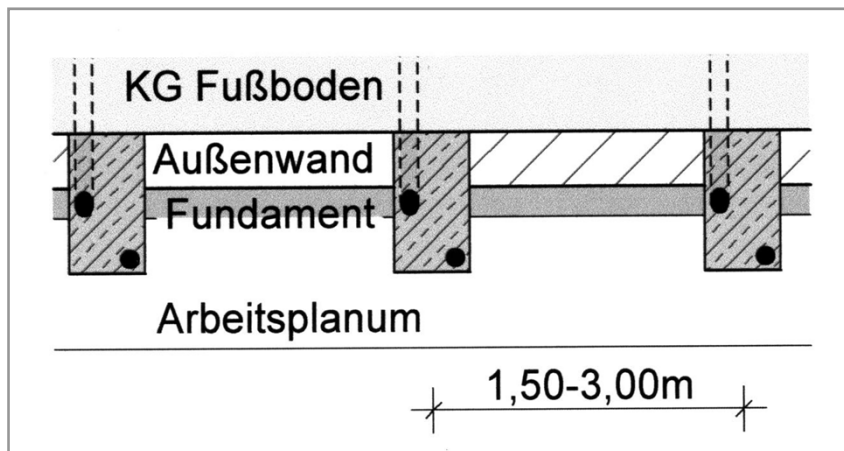
Nachgründung mit Pfählen (bei Quellen zugfeste Verbindung)

Wurzelsperre bei Vegetationseinfluss

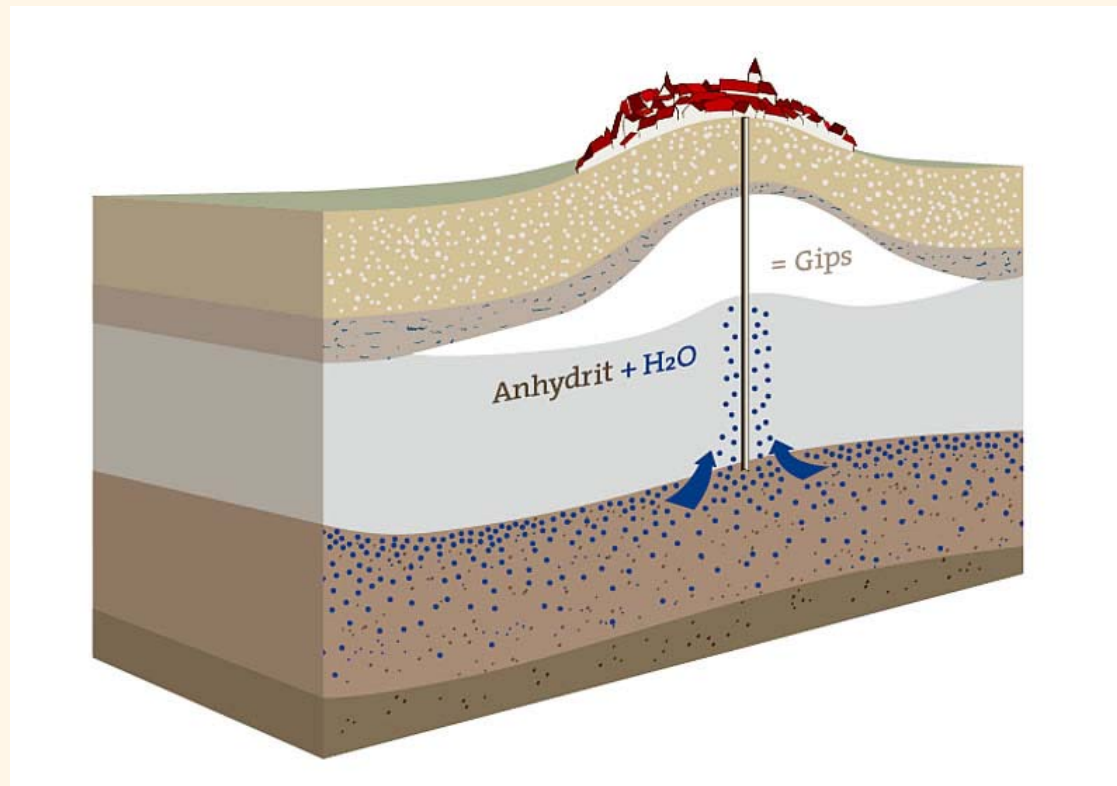
Entfernen oder Rückschnitt der Vegetation

Schrumpfen und Quellen Indikation

Kurzer Balken (Außen)



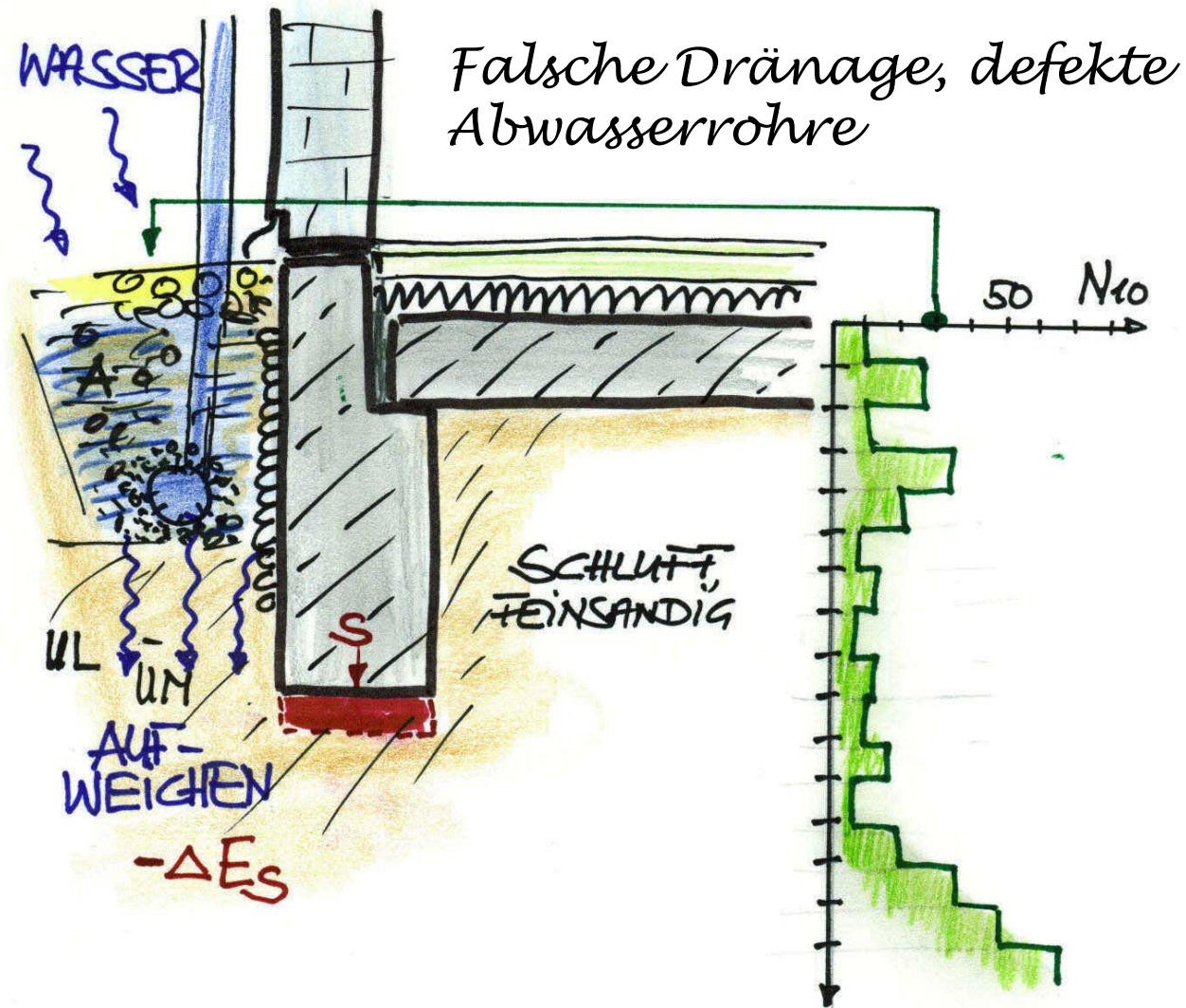
Quellen natürlicher Bodenschichten



⌘(Erd-) wärmende Grüße aus
Staufen im Breisgau

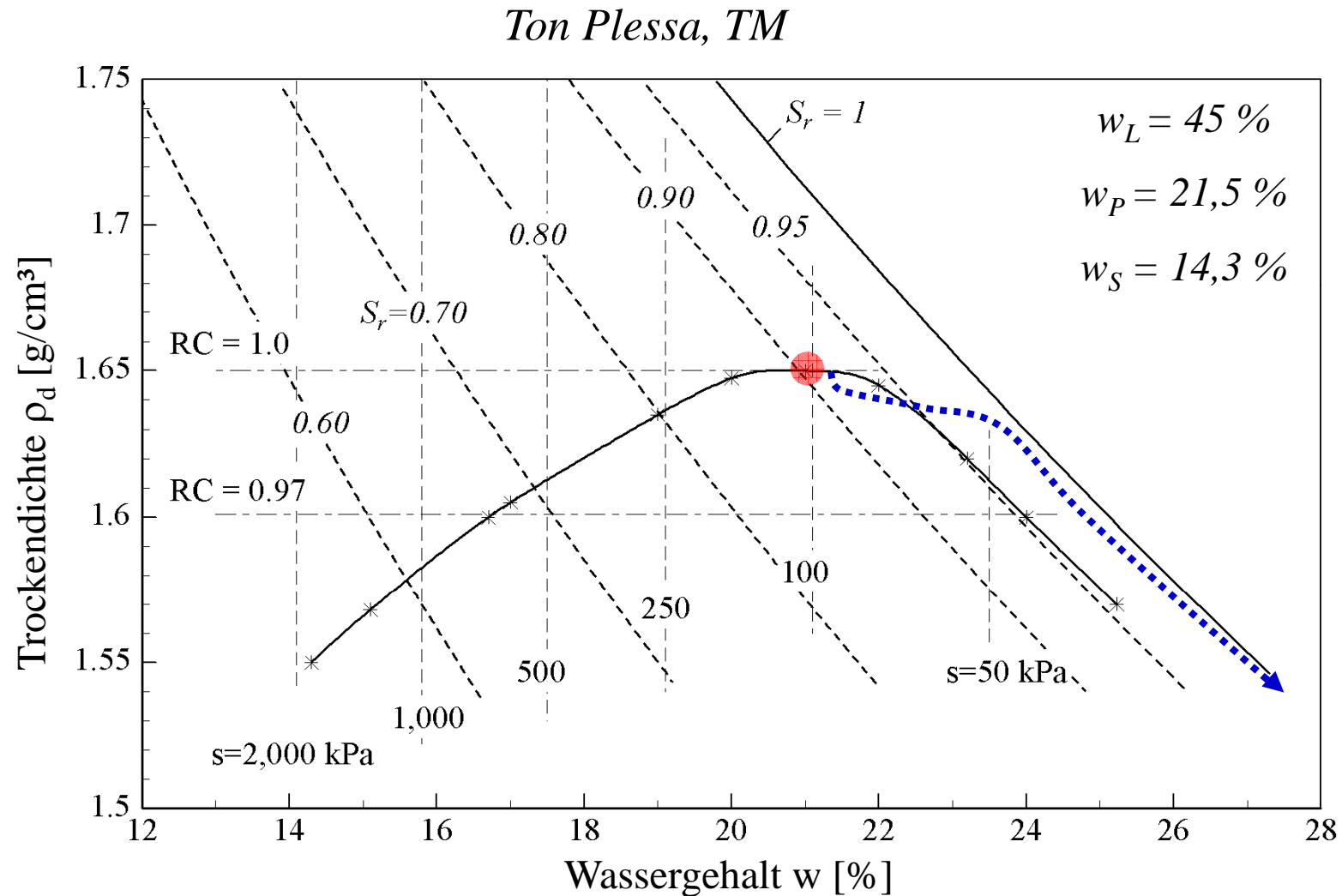
Vernässung schwach bindiger Böden

Ursache

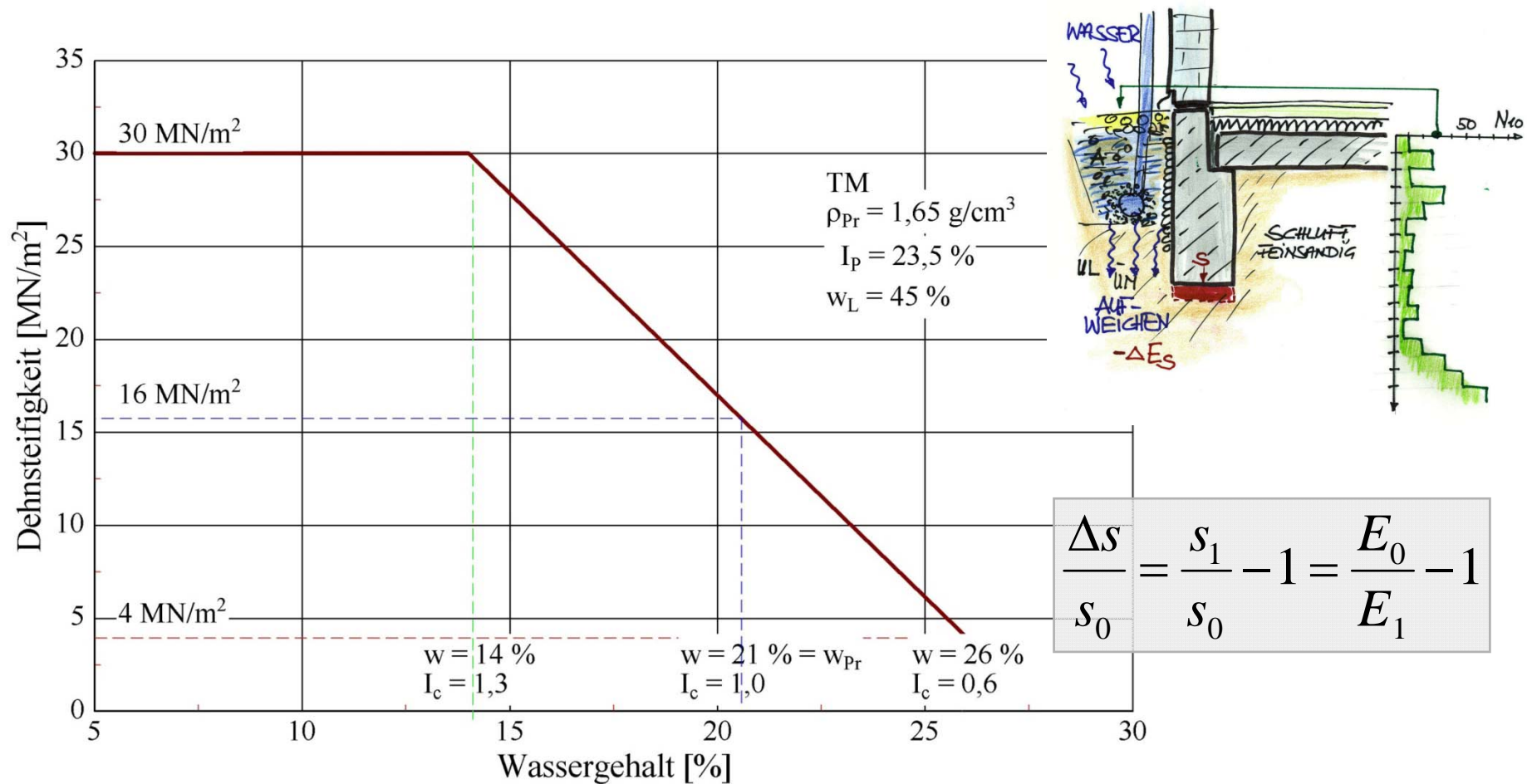


Holtz, W. G., Hilf, J. W., 1961: Settlement of soil foundations due to saturation. Proc. 5th ICSMFE, vol. 1, pp 673 - 679

Vernässung schwach bindiger Böden



Vernässung schwach bindiger Böden



Besonders empfindlich sind leichtplastische und gemischtkörnige Böden mittlerer Wasserdurchlässigkeit

Vernässung schwach bindiger Böden

Indikation

Strategie : Vermeidung, Beseitigung
Tiefergründung in tragfähigen Baugrund

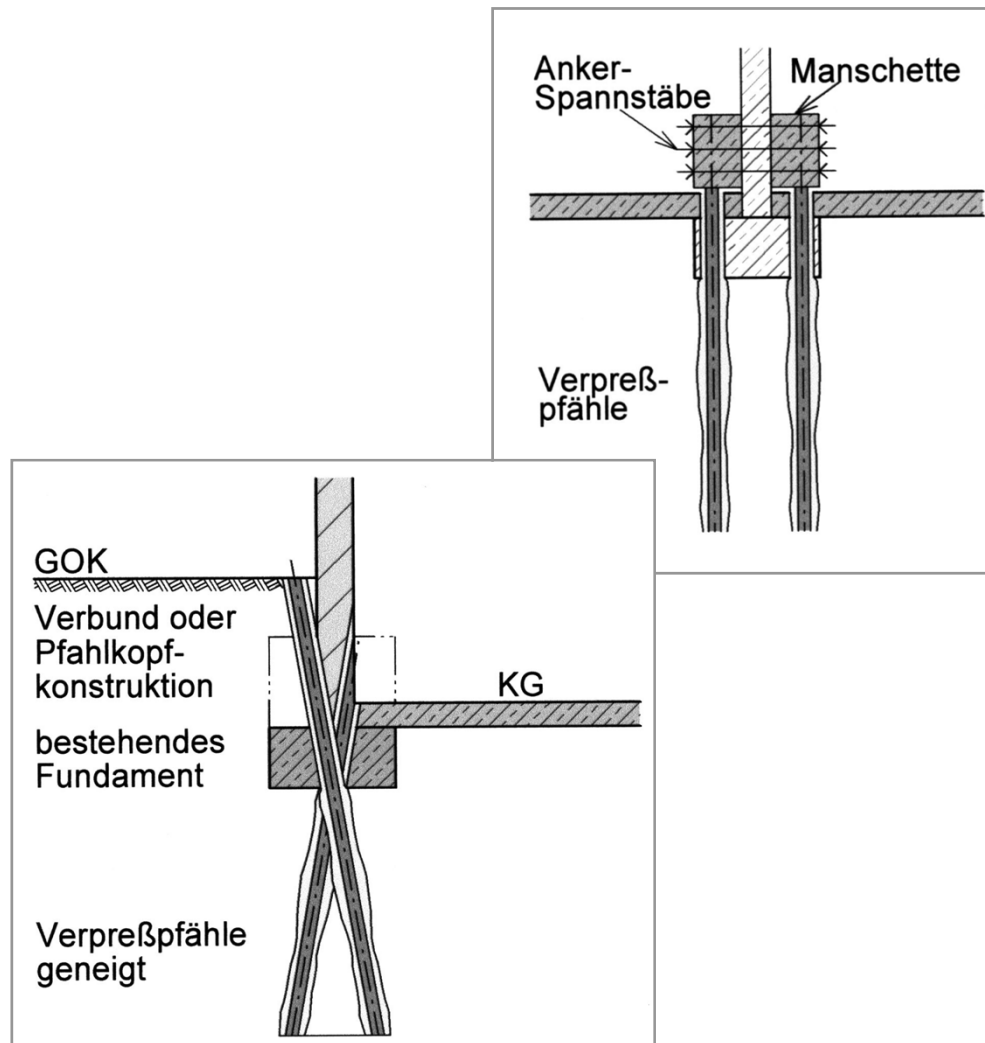


Vernässung schwach bindiger Böden



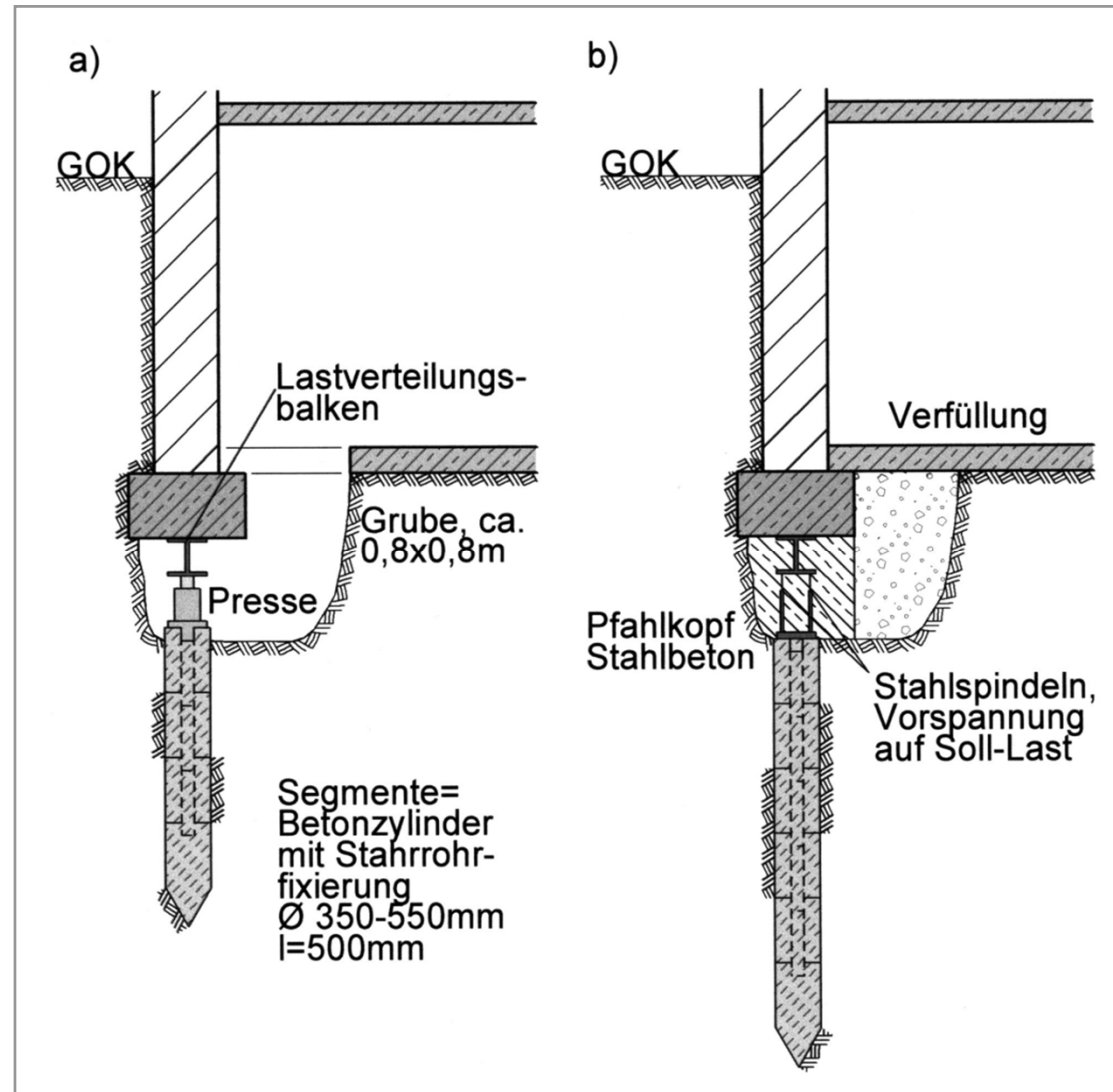
Vernässung schwach bindiger Böden

Indikation



Vernässung schwach bindiger Böden *Indikation*

*Segmentpfähle,
z. B. System Erka*



Vernässung schwach bindiger Böden

Segmentpfähle, System Erka



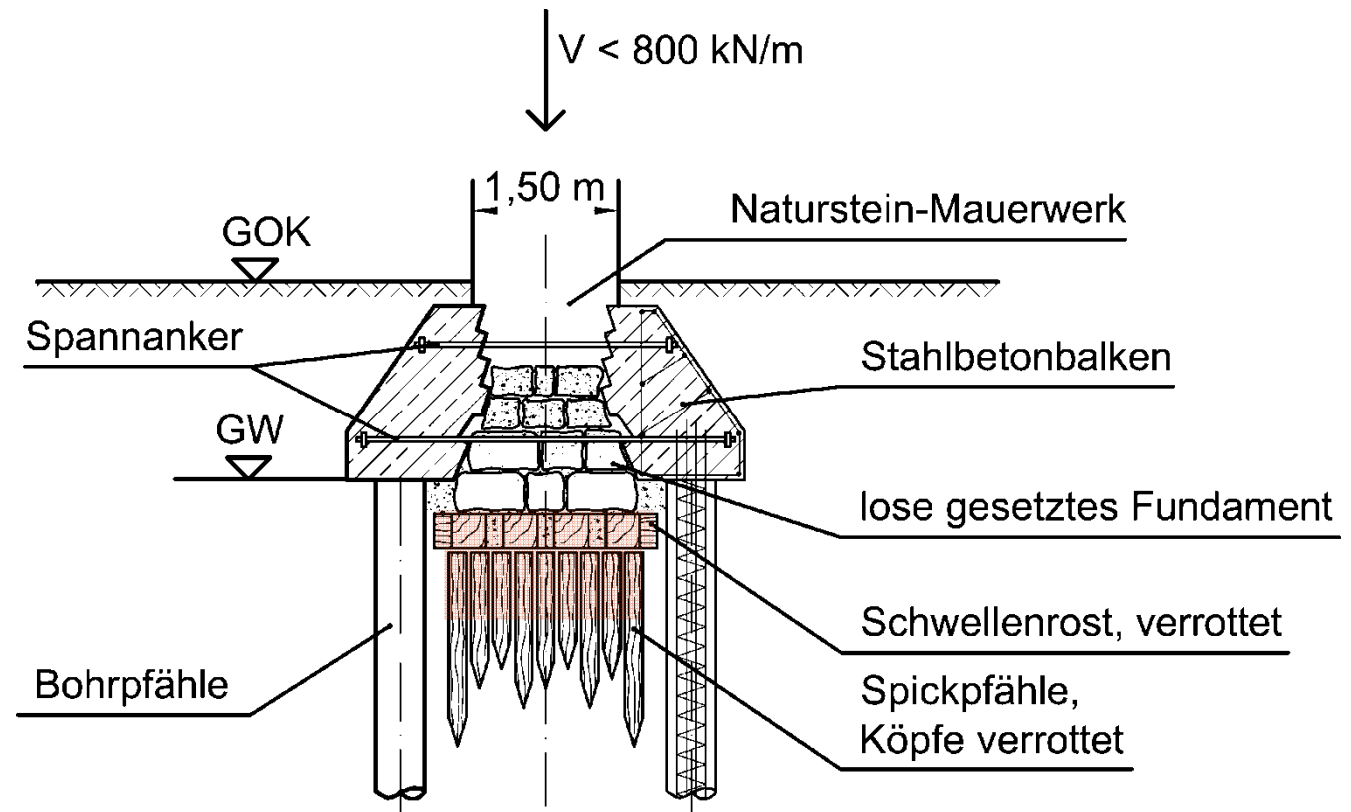
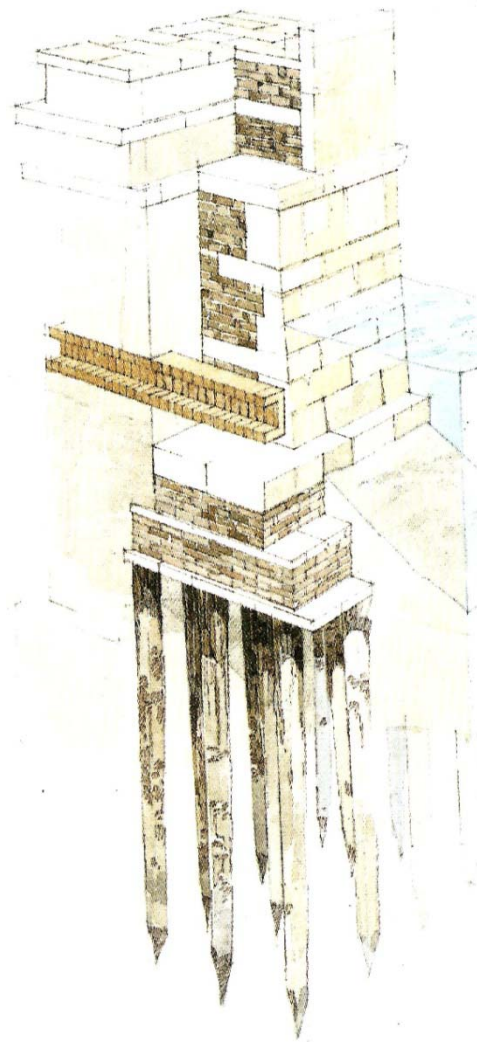
Zersetzung organischer Böden



Zersetzung von Torf und organischen Böden bei Grundwasserabsenkung



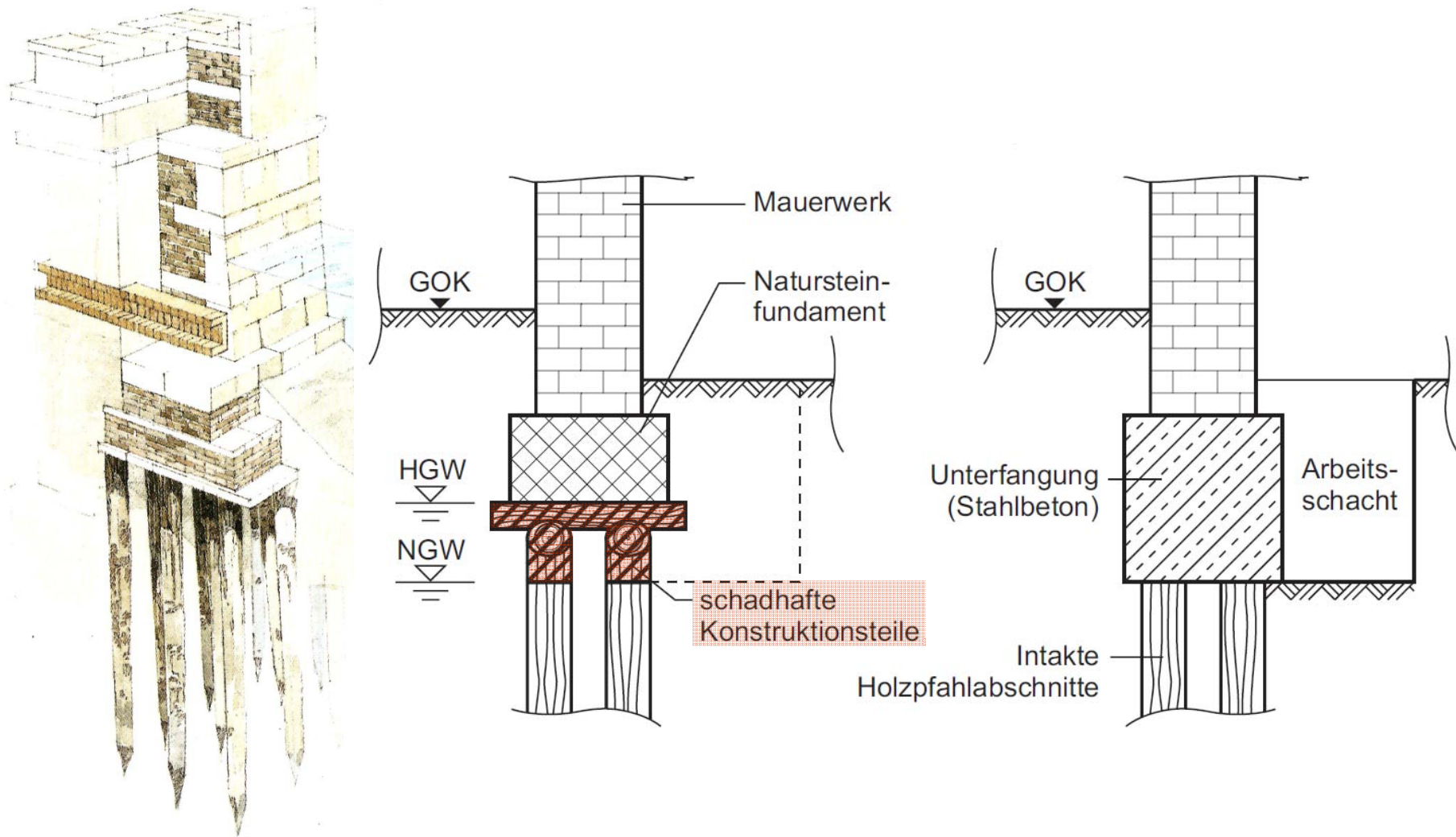
Schäden an Holzpfahlgründungen bei Grundwasserschwankungen



da Mosto, J., Fletcher, C.: *The Science of Saving Venice*

Witt, K. J. 2009 *Unterfangung und Verstärkung von Gründungen. Grundbau-Taschenbuch, Teil 2, Ernst&Sohn, S. 199ff*

Schäden an Holzpfahlgründungen bei Grundwasserschwankungen



da Mosto, J., Fletcher, C.: *The Science of Saving Venice*,

Witt, K. J. 2009 *Unterfangung und Verstärkung von Gründungen. Grundbau-Taschenbuch, Teil 2, Ernst&Sohn, S. 199ff*

Weitere Ursachen

Frost

Hangkriechen

Erdfälle

Untergrunderosion



Schmalkalden 2011



Eisenach/Tiefenort, 2010

Subrosion, Auslaugung ... der schiefste Kirchturm steht in ?



<http://www.kyffhaeuser-nachrichten.de>

Zusammenfassung

Setzungsschäden haben oft regionaltypische Spezifika

Es gibt zahlreiche bergbaufremde, bauwerks- und baugrundbedingte Ursachen von Setzungsschäden an Gebäuden

....wie z. B. Laständerungen, Alterung der Tragstruktur, Erschütterungen, Frost, Vernässung, Austrocknung, Zersetzung und Erosion des Baugrundes, Erosion, Auslaugung, großräumige Bodenbewegungen.....

Aber es gibt keine Standardlösungen für die Beseitigung von Setzungsschäden an Gebäuden

Zusammenfassung

Die Bewertung, Behandlung und Beseitigung von Setzungsschäden an Gebäuden hat drei technische Ebenen

I Analyse des Schadens

II Identifikation der Ursache

III Planung einer angemessenen, nachhaltigen Lösung

... Grundsätzlich ist das Gebäude in seiner Gesamtheit, in seiner Interaktion der Tragstruktur mit dem Baugrund zu betrachten. Denn die Ursache von Setzungsschäden ist nie allein der Baugrund, sondern immer die wechselseitige Beeinflussung von Gründung und Bauwerk

Bergbaufremde Ursachen für Setzungsschäden an Gebäuden

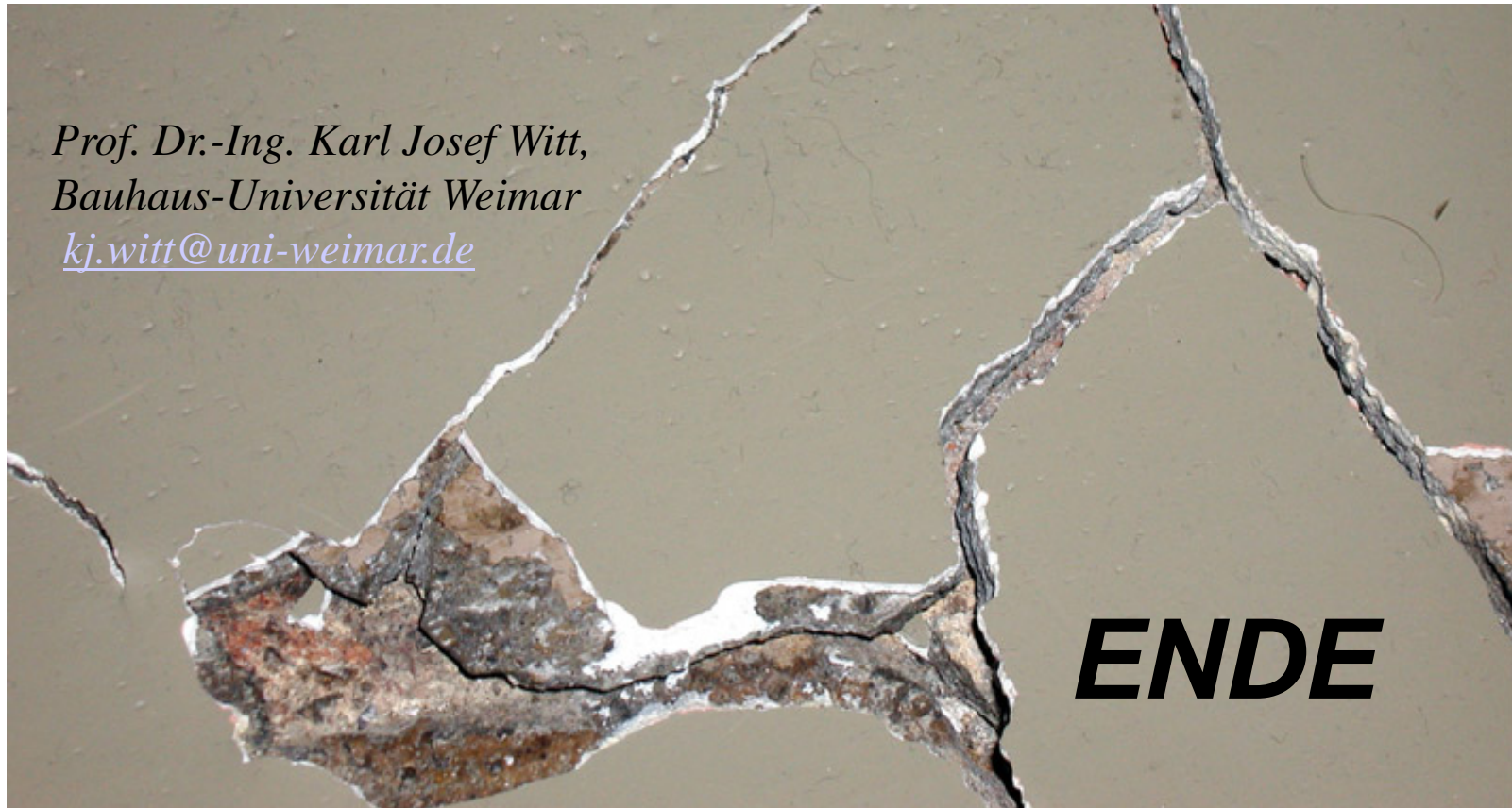


Foto: <http://www.f Fauststadt-staufen.de>