



Rheologische Untersuchungen in der Bodenmikromechanik

Dr. Wibke Markgraf

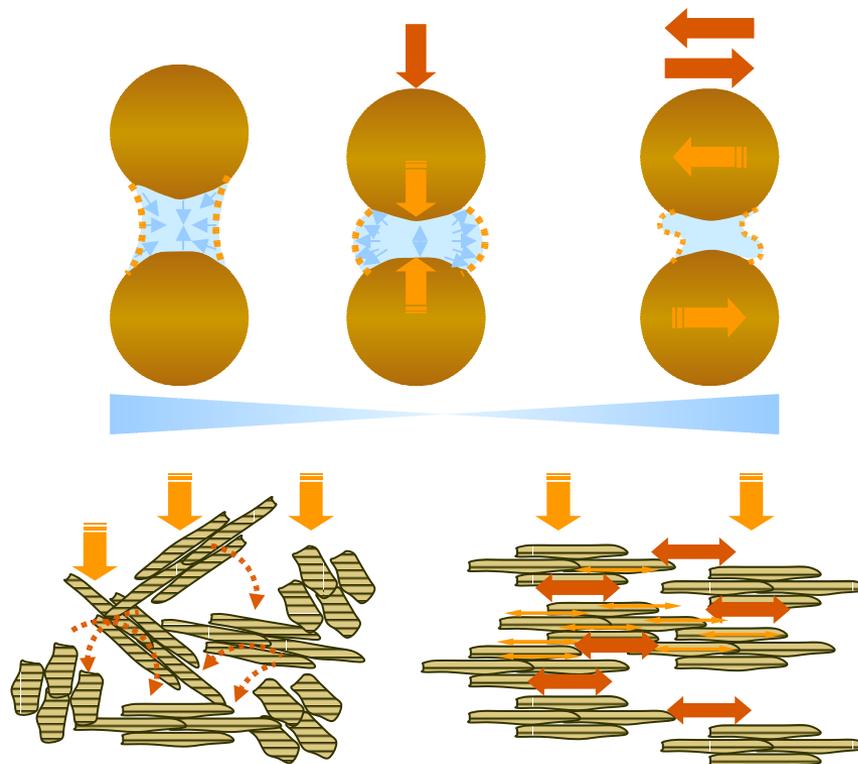
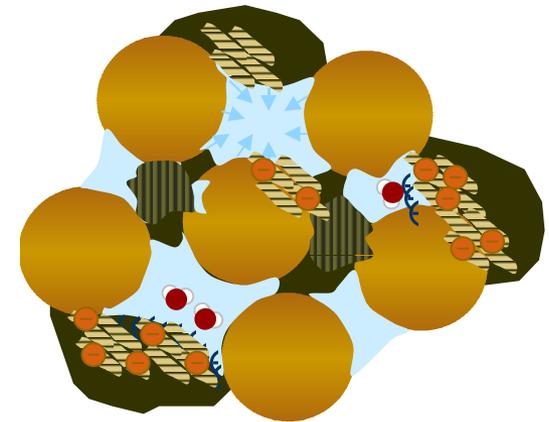
Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



(1) Kräfte- und Struktursystem
Boden – 3-Phasen-System

→ interne/externe Kräfte



(2) Scherververhalten

(b) turbulent

(c) gleitend

(3) physikochemische
Eigenschaften

**mikrostrukturelle
Veränderungen**

G' = Speichermodul [Pa] „gespeicherte Elastizität“

G'' = Verlustmodul [Pa] „Elastizitätsverlust“

$\tan \delta = G'' / G'$

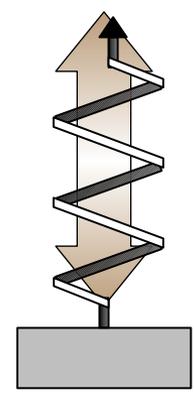
$\tau = G \gamma$ (Hooke)

$\tau = \eta \dot{\gamma}$ (Newton)

$G = \tau / \gamma$

$\tan \delta < 1$

$G' > G''$



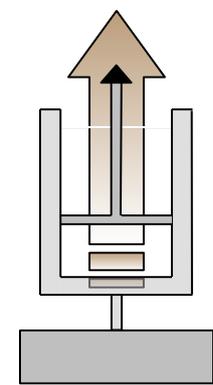
elastisch

$G' = G''$



$\tan \delta > 1$

$G' < G''$



viskos

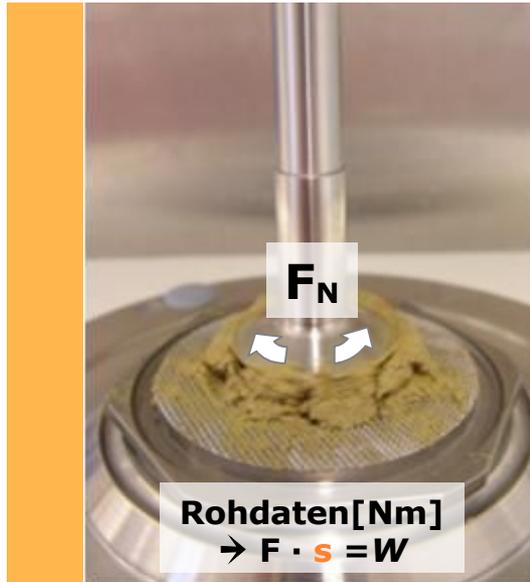
Amplitudentest: Elastizitätsverlust



(un)gesättigt
homogen und
strukturiert



Probenvolumen
4 cm³; d=4mm



Rohdaten[Nm]
→ $F \cdot s = W$

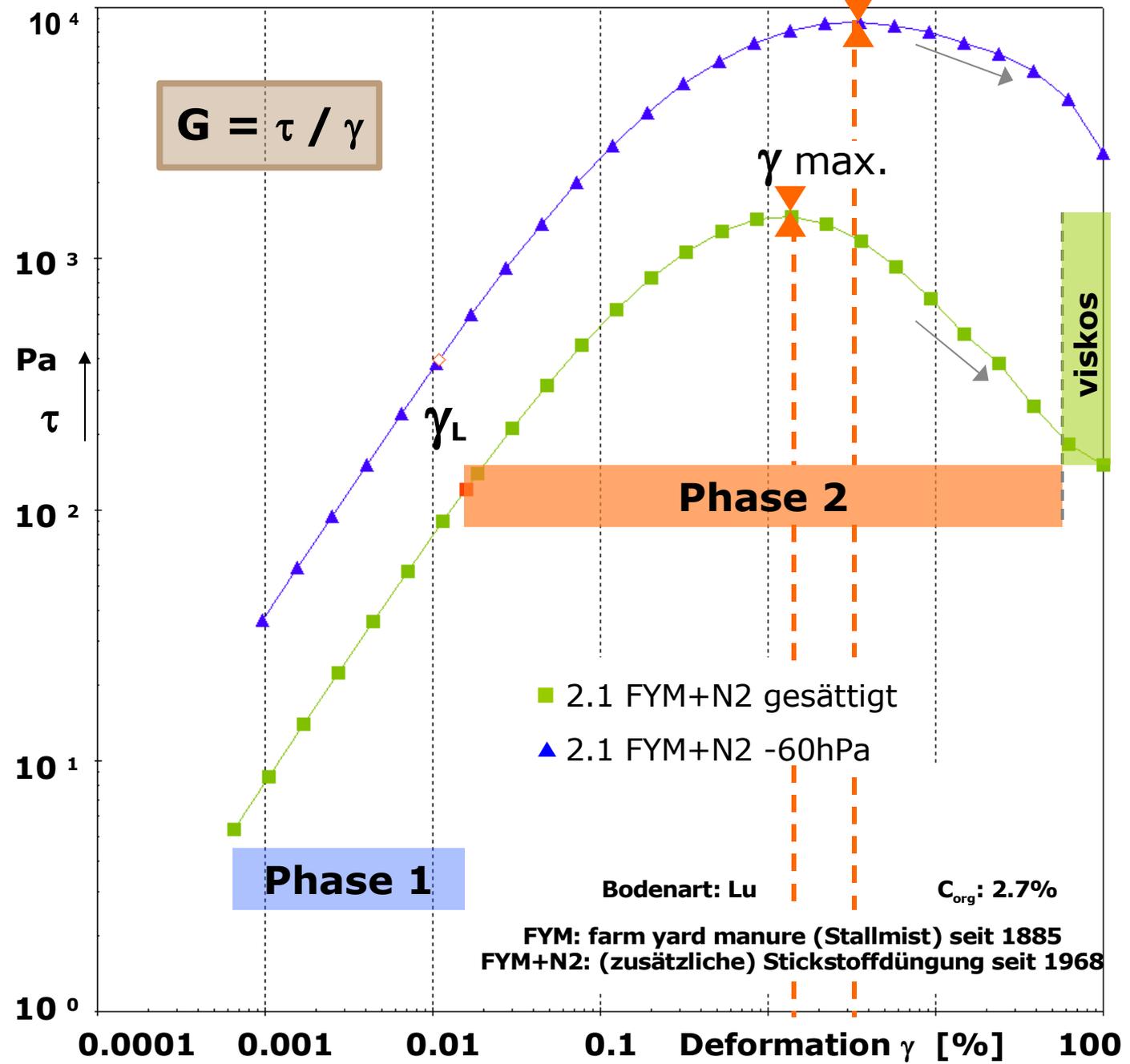


elastisch
HOOKE

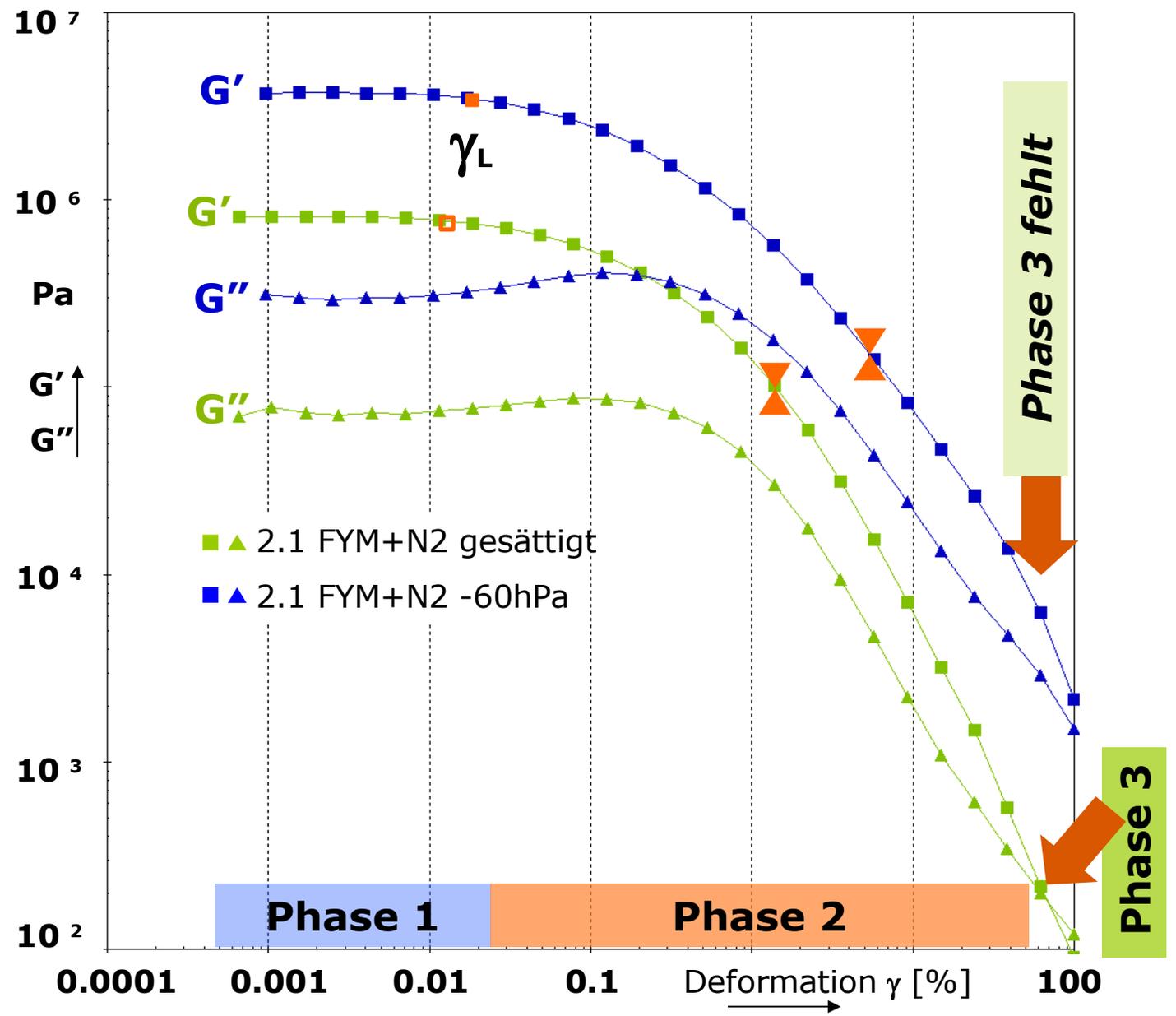


viskos
NEWTON

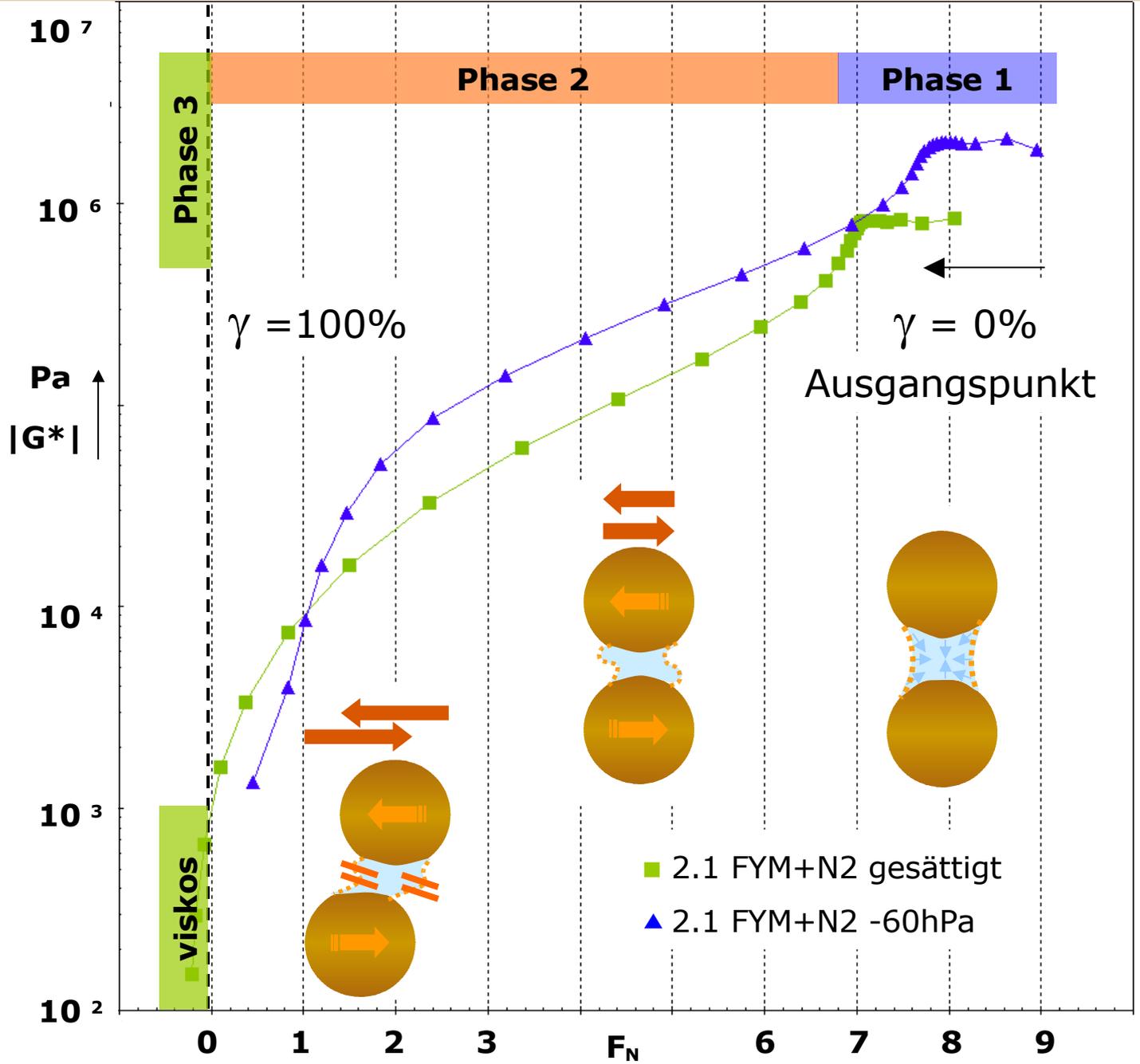
Schubspannung vs. Deformation



Schermoduli G' und G''



Schubmodul vs. Normalkraft



ANWENDUNG

Ein Beispiel aus Südbrasilien

Oxisol und Vertisol

Scherverhalten: Kaolinit vs. Smektit

Aggregation: Fe(hydr)oxide, org. Substanz



	Sand	Schluff	Ton	Na	Mg	Ca
	[%]			[mmol _c /kg]		
sandiger Oxisol (Cruz Alta)	75	7	18	0.4	1.6	4.5
toniger Oxisol NT (Santo Ângelo)	5	19	75	1.1	21.2	43.1
Vertisol (Santana do Livramento)	3	32	65	2.7	157	396

NT no tillage

	pH	C _t	Fe ₂ O ₃	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d
	CaCl ₂	%		‰		[]
sandiger Oxisol (Cruz Alta)	4.1	0.6	2.0	0.6	14	0.04
toniger Oxisol NT (Santo Ângelo)	4.9	1.1	4.1	2.6	102	0.03
Vertisol (Santana do Livramento)	5.5	3.4	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

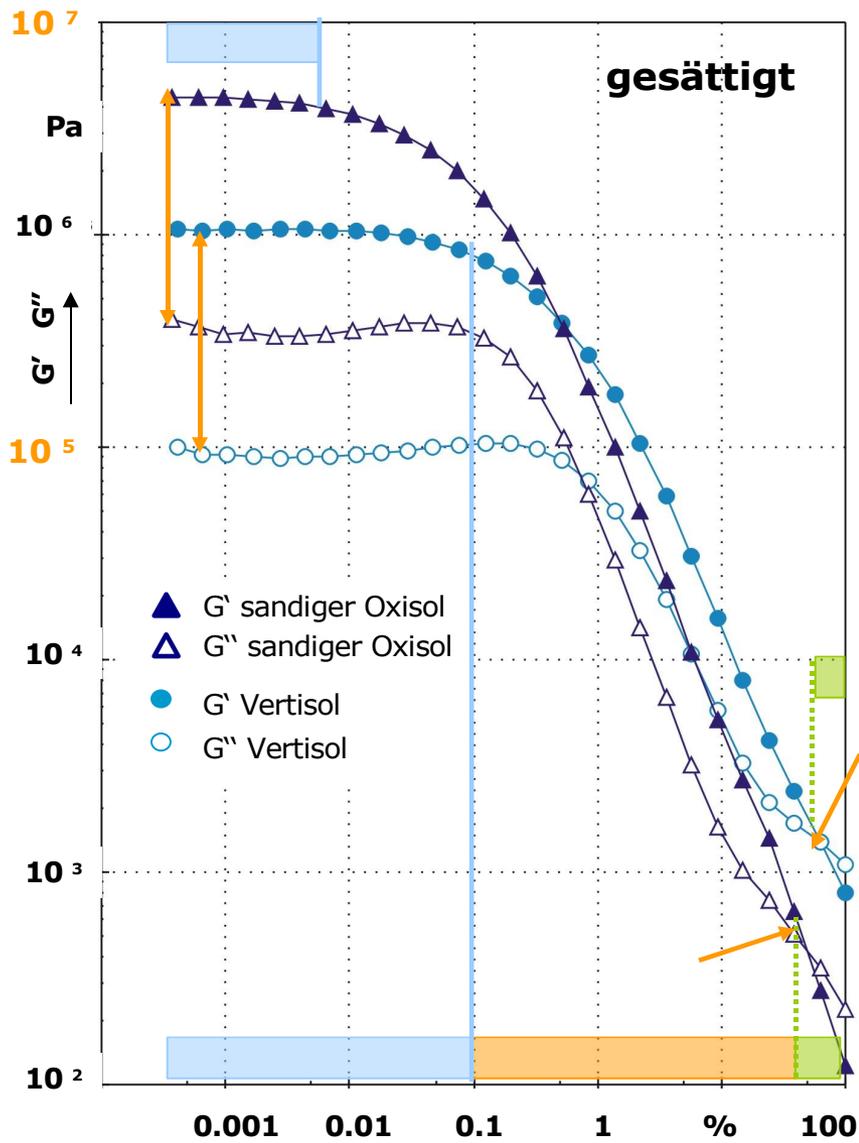
k.A. keine Angabe



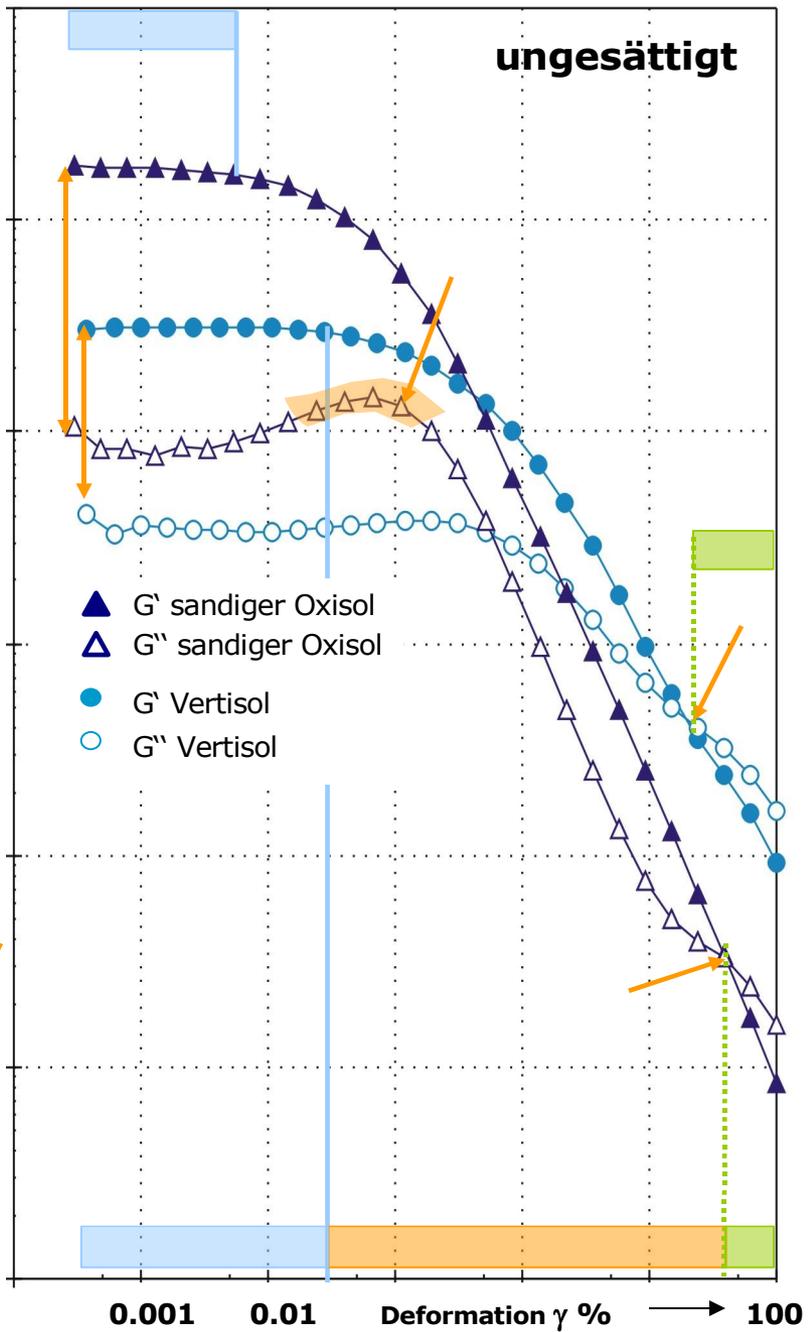


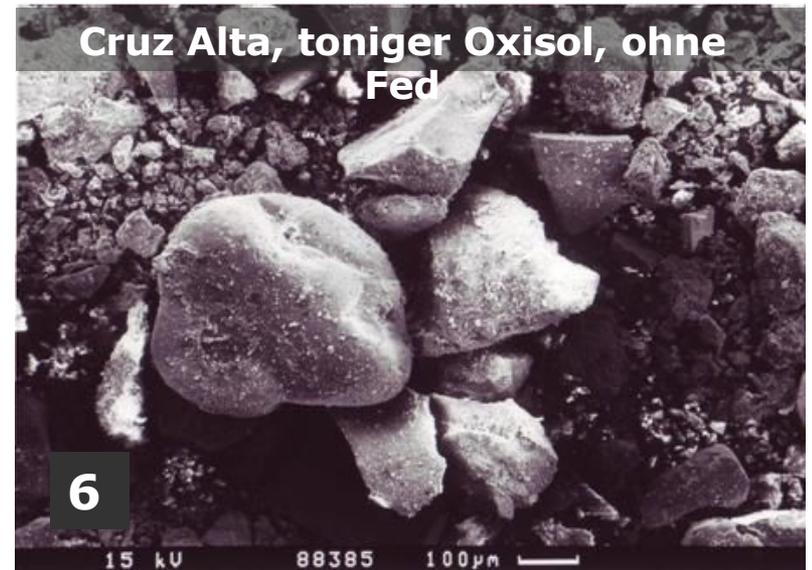
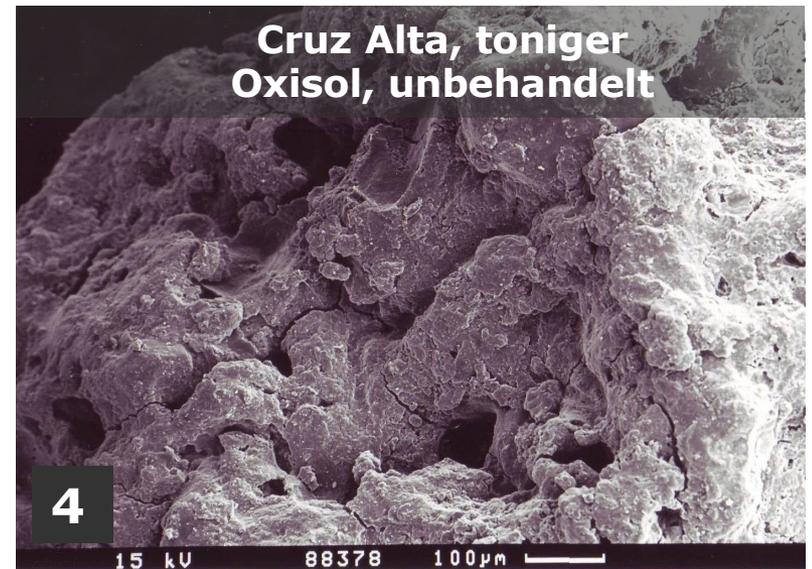
Markgraf and Horn, SSSAJ, 2007

turbulent vs. gleitend

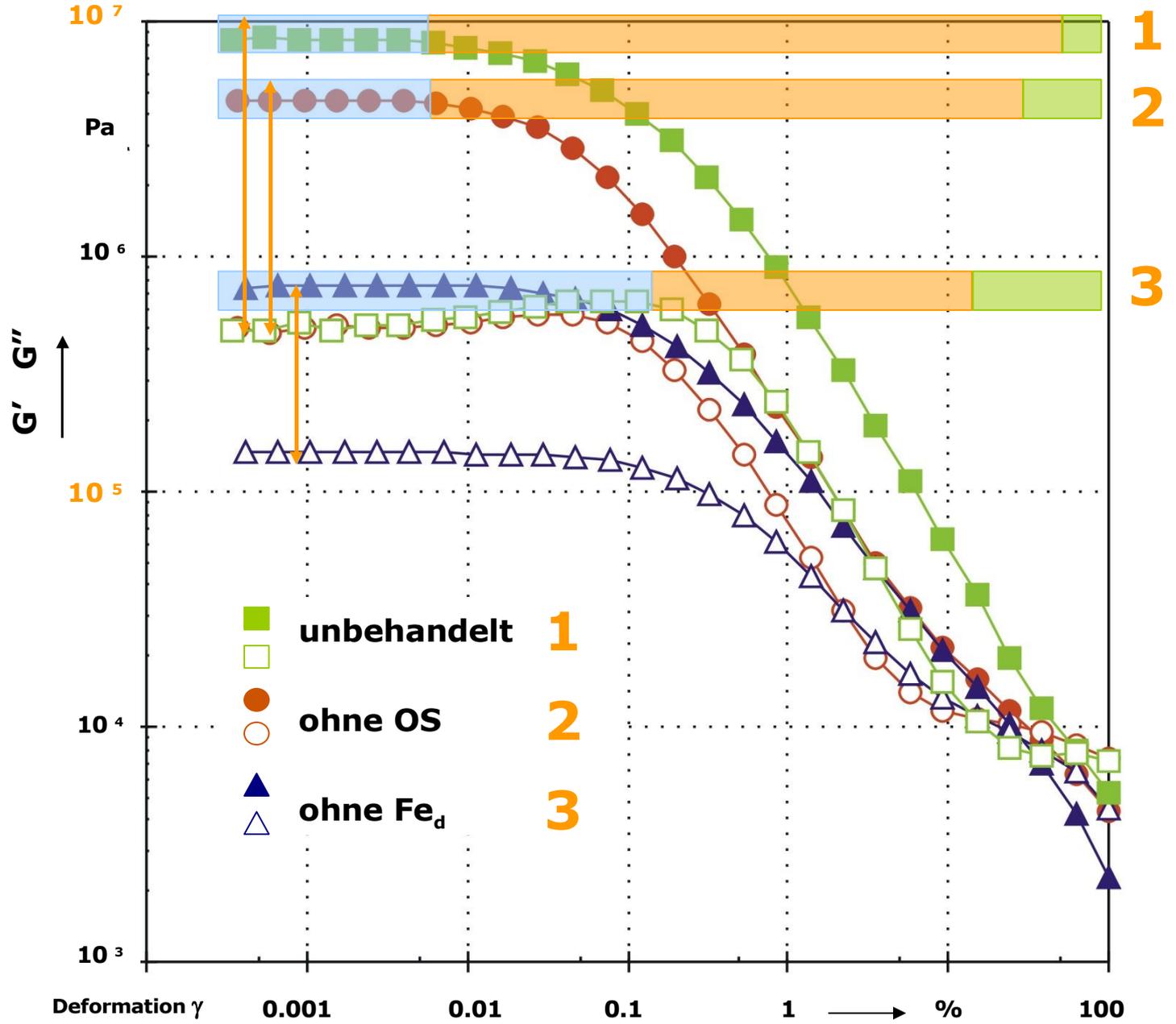


10⁸





toniger Oxisol (NT) ungesättigt





Rheometrie ist eine geeignete Methode, um mittels Speichermodul G' und Verlustmodul G'' **interpartikuläre und intergranulare Effekte** zu untersuchen, die beeinflusst werden durch:

1. Chemische Faktoren

Kationeneinfluss $\rightarrow \Psi_0$: Wertigkeit, Ausprägung Hydrathülle

DW; Na-Ionen Dispergierung und Quellung

Ca-; Al-Ionen Zementierung und Aggregation

2. Physikalische Faktoren

Textur, Partikelform: Rheometrie $\rightarrow G', G'', \text{LVE range}, \gamma_L$

REM \rightarrow visuelle Befunde

Wassergehalt: (un)gesättigt \rightarrow Meniskenkräfte



...um **Scherverhalten** und **mikrostrukturelle Stabilität**



zu untersuchen, die beeinflusst werden durch:

3. **Oberflächenrauigkeit; Aggregierungsgrad**

4. **Tonmineralogie, Fe-(hydr)oxide, organische Substanz**



Rheometrie gibt einen Einblick in

Spannungs-Deformations-Betrachtungen

unter **anhaltenden** oder **oszillierenden**

Bedingungen auf der **Mikroskala**

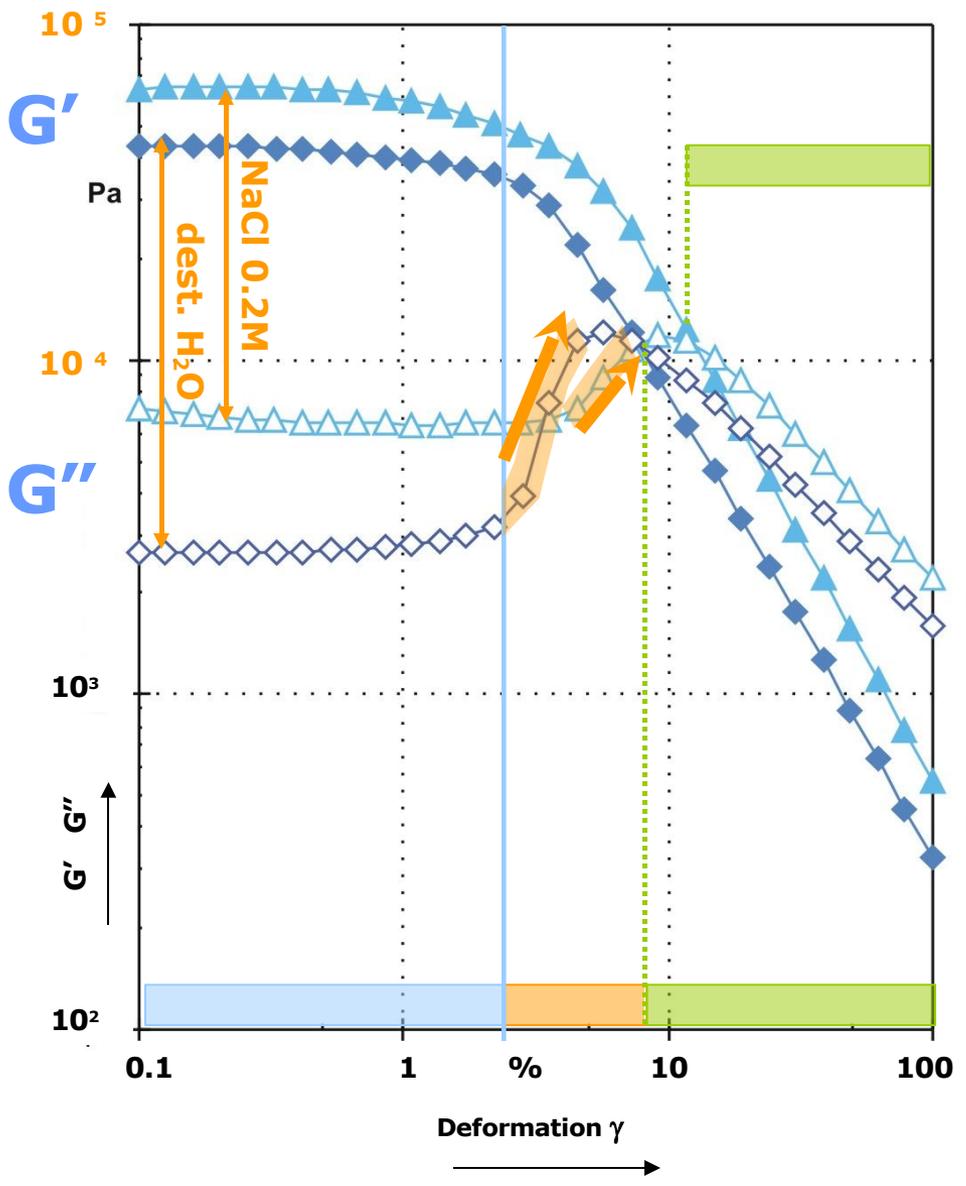
→ ***Einfluss auf hydraulische Eigenschaften und Funktionen***

→ ***Relevanz für Meso- und Makroskala***





Markgraf et al., Soil Till. Res. 91, 2006



G' Speichermodul
 G'' Verlustmodul

- ▲ G' IS 80 NaCl 0.2M
- △ G'' IS 80 NaCl 0.2M
- ◆ G' IS 80 dest. H₂O
- ◇ G'' IS 80 dest. H₂O

