



Kalkung zwischen Wissenschaft und Praxis

Tagung des VLK und des BAD

Würzburg, 24. April 2024

Dr. Joachim Liebler



Das erwartet Sie

- Ausgangssituation und Prämissen
- Vorprojekt
- Versuchsplanung und -durchführung
- Zwischenergebnisse
- Offene Fragen und Ausblick

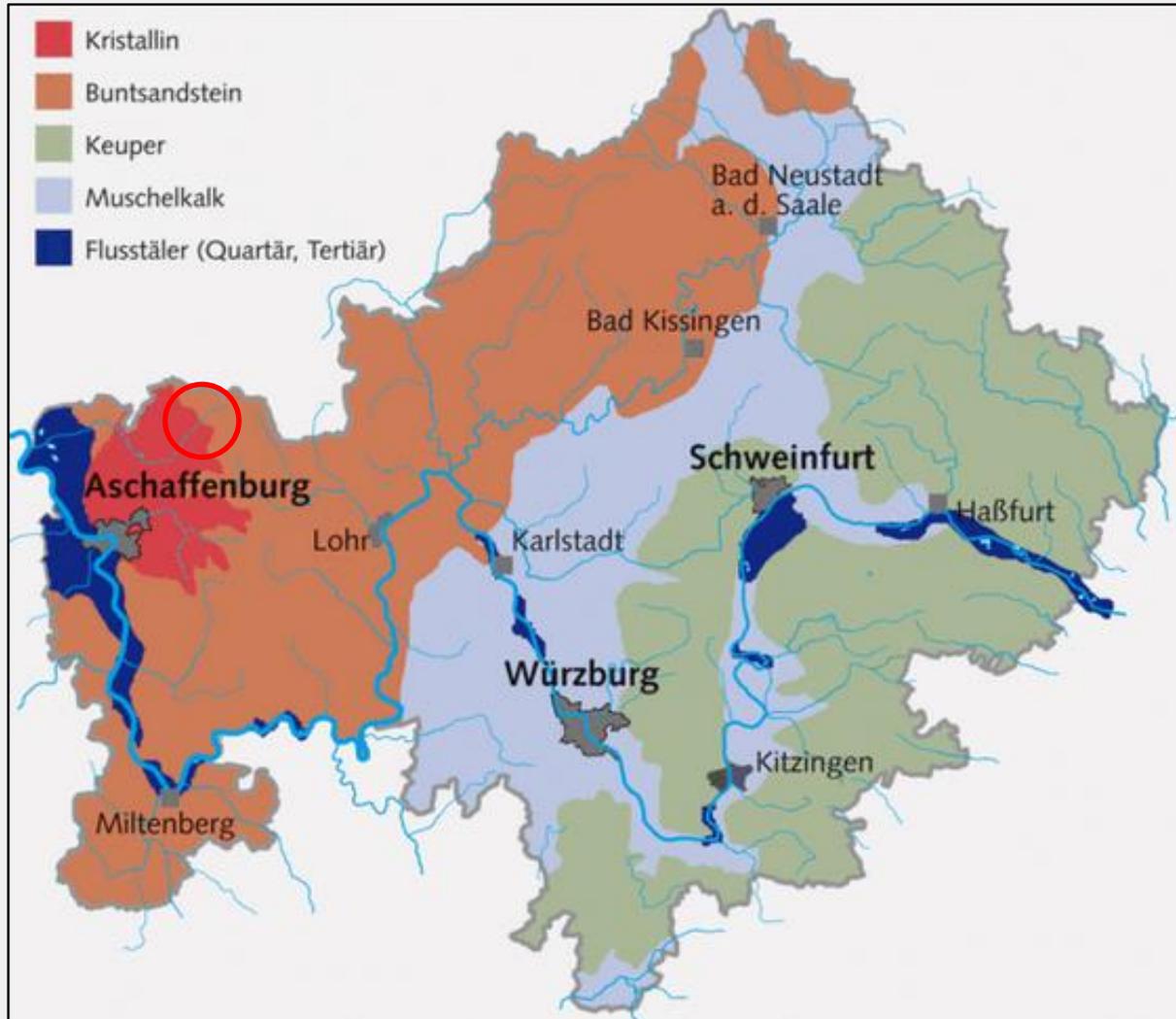


Das erwartet Sie

- Ausgangssituation und Prämissen
- Vorprojekt
- Versuchsplanung und -durchführung
- Zwischenergebnisse
- Offene Fragen und Ausblick



Geologische Karte von Unterfranken







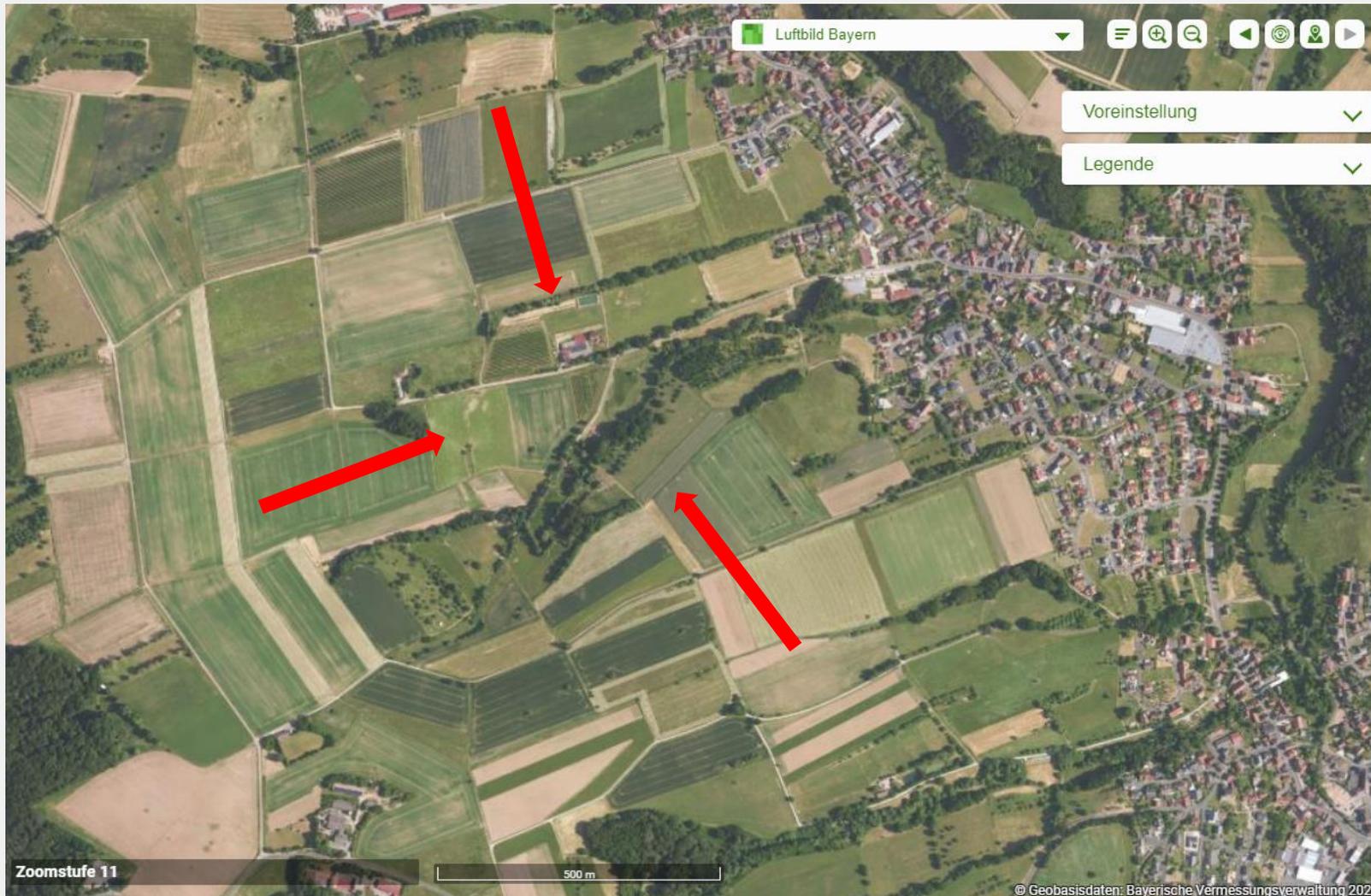


Folge der Starkregenereignisse

- Überlegungen der Kommune zum Bau von Rückhaltebecken
- Kostenschätzungen im sechs- bis siebenstelligen Bereich
- Alternativüberlegung der Landwirte: „Wenn wir es schaffen, dass der Boden bei einem Starkregenereignis 10 mm mehr aufnimmt, sind das pro ha 100 m³.“
- Je nach Größe des Einzugsgebietes ist das ein Vielfaches des Fassungsvermögens eines Beckens.

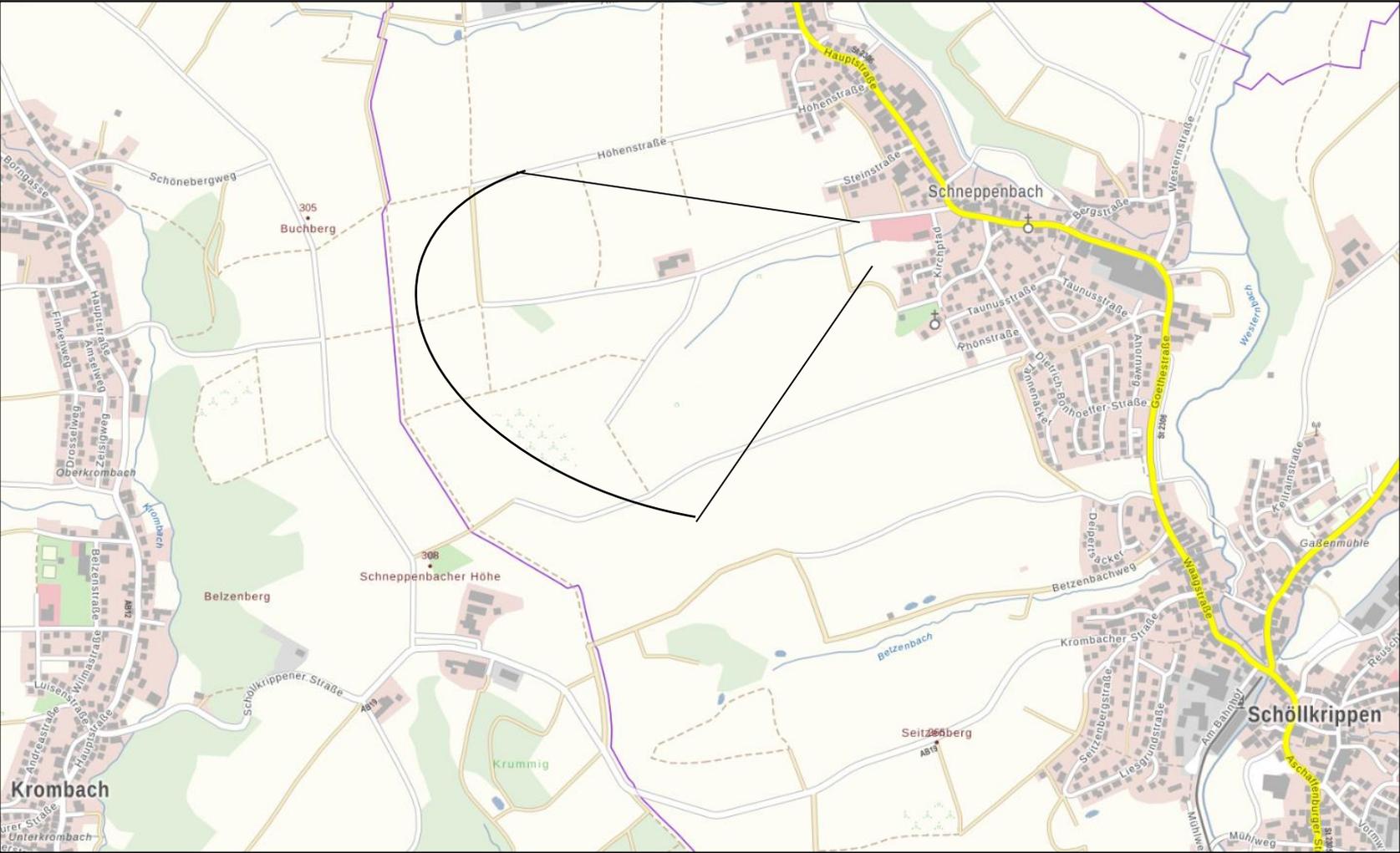


Geländesituation





„Rohrgrund“





boden:ständig - Initiative



Die Praxisplattform für Boden- und Gewässerschutz



NACHRICHTEN



TERMINE



PROJEKTE



AA

Maßnahmen Über uns  Interaktive Karte Planungs-/Umsetzungshilfen

Über uns

Eine Initiative der Bayerischen Verwaltung für Ländliche Entwicklung

In einem boden:ständig-Projekt engagieren sich Menschen, die vor Ort selber konkret an der Lösung eines Problems arbeiten wie z.B. lokale Überschwemmungen nach Starkregen, Erosion, Nährstoffeinträge in Seen oder Wassermangel durch extreme Trockenperioden.

Das Motto von boden:ständig: **Das Machbare jetzt tun!** Landwirte bewirtschaften ihre Fläche so, dass sie Wasser besser speichern können und der Boden dort bleibt, wo er hingehört. Gemeinden und Landwirte engagieren sich gemeinsam, um den Wasserabfluss in der Flur zu bremsen und Wasser in Rückhaltungen zu speichern.



Maßnahmen

Produktionstechnische Maßnahmen



Zwischenfruchtanbau

Pfluglose Bewirtschaftung

Nachhaltige Humuswirtschaft

Mulchsaat mit einmaliger
Bodenbearbeitung

Höhenlinienparallele Bewirtschaftung

Direktsaat

Fruchtfolge

Alternative Biogasfruchtfolgen

Andere Maßnahmen

Landschaftsgestaltende Maßnahmen



Wegenetz mit verzögerten Wasserabfluss

Rückhaltemulde

Pufferstreifen an Bach/Graben

Hangversickerung

Feuchtflächen

Erosionsschutzorientierte Flureinteilung

Begrünte Abflussmulde

Andere Maßnahmen

Gewässerbezogene Maßnahmen



Gewässerverkrautung

Bachrenaturierung

Bachdelta

Bachauenentwicklung

Andere Maßnahmen



Ergebnis der Standardbodenuntersuchung

Laboreingang: 15.04.2010

Labor: Labor
Dr. Janssen

Gillersheim, 19.05.2010

Blatt 4

Untersuchungs-Befund

P₂O₅-, K₂O- und Mg-Gehaltsangaben für Mineralböden in Milligramm/100g Boden, für Moorböden in Milligramm/100 Milliliter Boden. Untersuchung nach der CAL-Methode.

Programmversion: 8.8.1

Feldstück-Bezeichnung	Pr.- Nr.	Flächen- Identifikator (FID) /Teilschlag-Nr.	Boden- nutzung	Bodenart	pH- Wert (CaCl ₂)	Kalk freier Kalk	KALK Versor- gung	PHOSPHAT P ₂ O ₅ Gehalts- mg stufe	KALI K ₂ O Gehalts- mg stufe	MAGNESIUM Mg Gehalts- mg stufe	Analyse- nummer
Au/0160	55		A	04	6,8	-	optimal	8 B=niedrig	10 C=optimal		
Hard /0170	56		A	03	6,7	-	optimal	17 C=optimal	14 C=optimal		
Vo Schultes Gerkh./0780	57		A	04	5,8	-	niedrig	7 B=niedrig	20 C=optimal		
Otto Grau/0250	58		A	03	6,6	-	optimal	12 C=optimal	15 C=optimal		
Reusenberg /0390	59		A	04	7,3	-	hoch	17 C=optimal	23 D=hoch		
Reusenberg hinten/0390	60		A	04	5,4	-	niedrig	12 C=optimal	12 C=optimal		

pH-Wert 6,7 in CaCl₂ (optimal)

Mg-Versorgung routinemäßig nicht bestimmt (bayerische Spezifität)

=> Empfehlung für eine Erhaltungskalkung



Ergebnis der EUF-Untersuchung

Datum: 29.03.2012

Schlag: 170 Haard Größe: 5,4 ha Anbaujahr: 2012

Laborergebnis - akkreditiert nach ISO/IEC 17025

Probenummer	Bodenart	Humus %	Schwefel S	Stickstoff* NO _x -N / Norg	Phosphor* P1 / P2	Kalium* K1 / K2	Calcium* Ca1 / Ca2	Magnesium* Mg	Bor mg/1000 g
	mittel	2,1	2,1	1,1/1,7	4,5/2,0	13/ 6	23/ 24	3,8	0,2
Versorgungsstufe		mittel	E=sehr hoch	B= niedrig	E=sehr hoch	D= hoch	A=sehr niedrig	E=sehr hoch	A=sehr niedrig

Bilanzierungsteil

Nährstoffe in kg / ha	Aufdüngung	Vorfrucht	Zwischenfrucht	Gülle Schw	Nährstoffbedarf	19) Überhang	Bor B
Ca-Versorgung: sehr niedrig					85	0 (-25)	2
Mg-Versorgung: sehr hoch					100	2600	
=> Empfehlung für eine Meliorationskalkung							
					0	0 (-10)	2

EUF-Düngeempfehlung

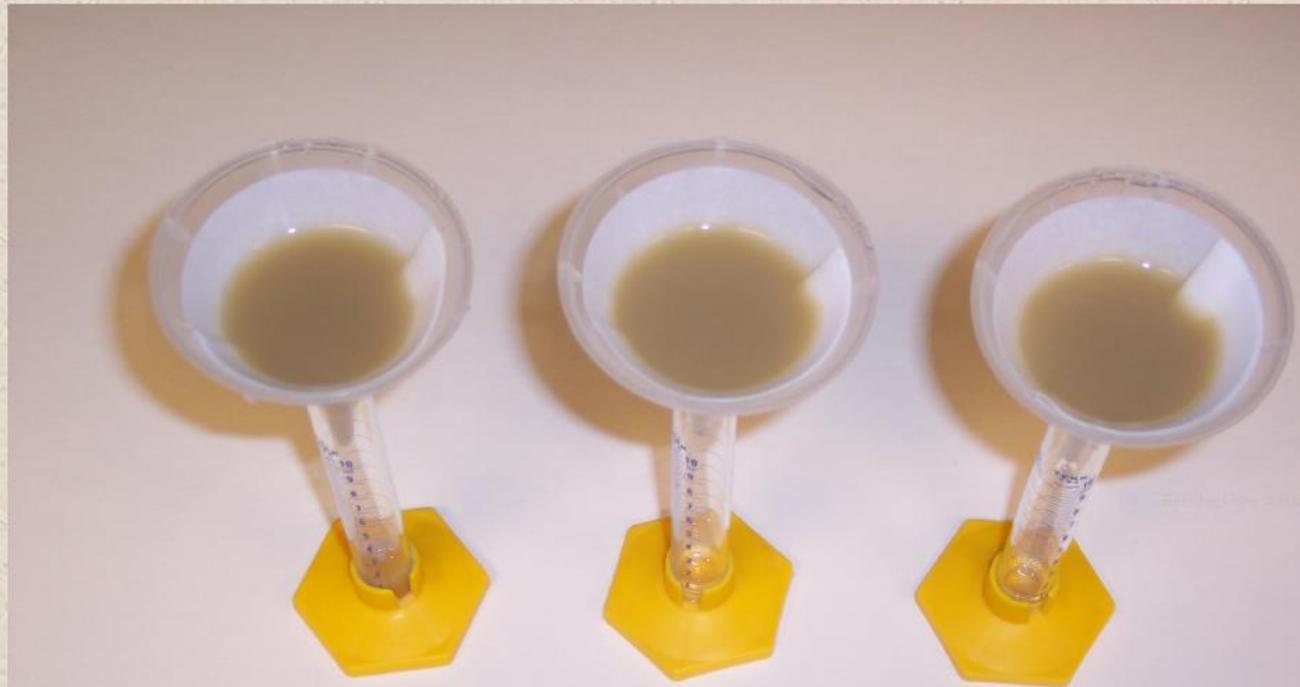


F. Nieschlag: Der fruchtbare Boden (1969)

Der Magnesiumton liegt dicht und ist sehr luftarm. Tone dieser Art (A1a) lassen keine tiefe Durchwurzelung zu. Sie erwärmen sich auch langsam.

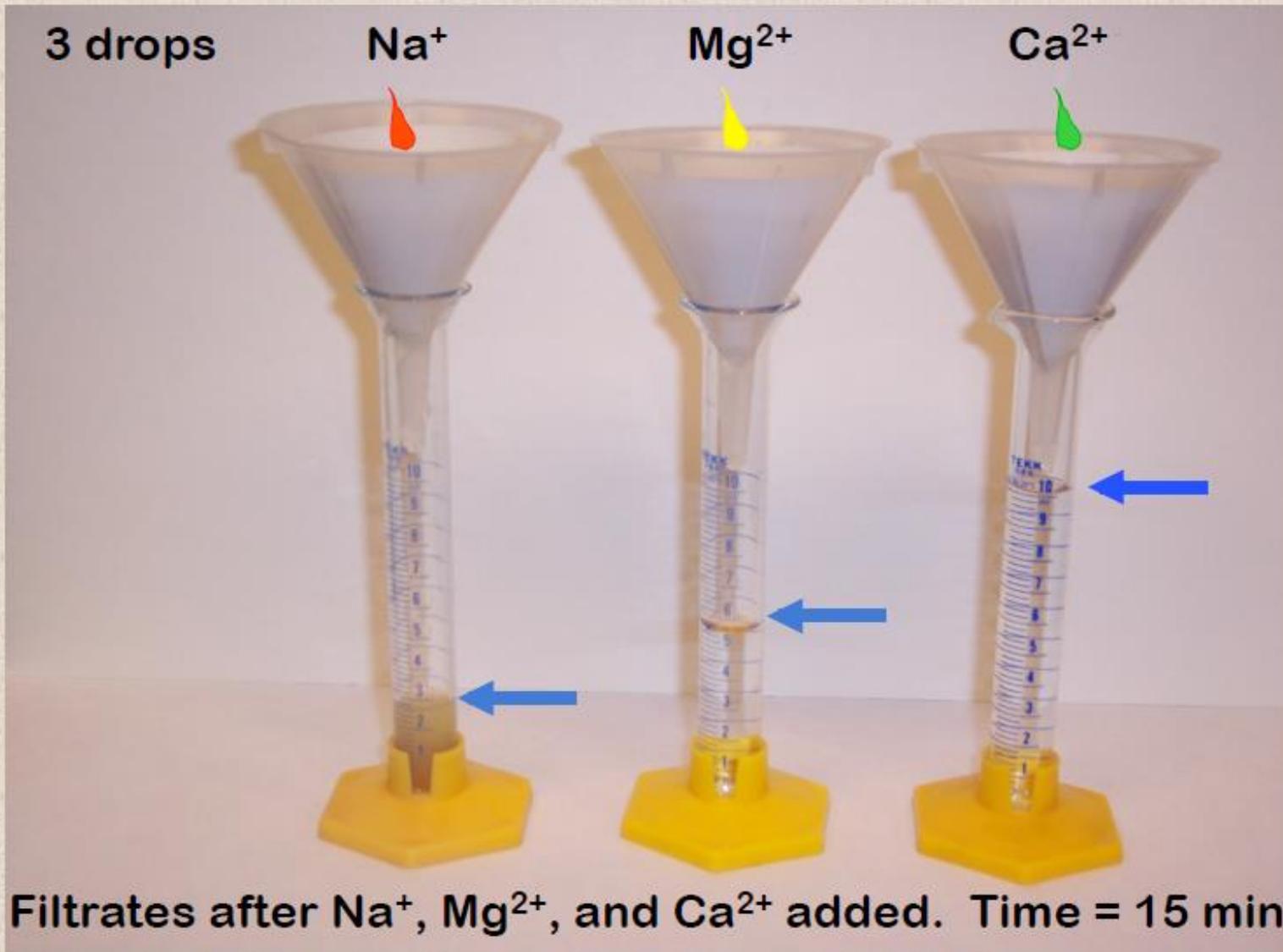
Derartige Böden sind schwierig zu bewirtschaften (Stundenböden). Früher hat man sie hoch aufgepflügt, weil sie keinen Regen verdauen konnten, heute dräniert man derartige Böden. Sie bleiben aber immer wechselfeucht, wenn es nicht gelingt, im Laufe der Zeit das Mg-Ion durch das Ca-Ion zu verdrängen.

Quelle:
Nieschlag



**Clay suspension added to funnels.
Time = 0 minutes.**

Quelle:
Bigham



Quelle:
Bigham



Das erwartet Sie

- Ausgangssituation und Prämissen
- **Vorprojekt**
- Versuchsplanung und -durchführung
- Zwischenergebnisse
- Offene Fragen und Ausblick



Vorprojekt



UP&B

BÜRO FÜR MULTIFUNKTIONALE UMWELT-
PLANUNG UND BERATUNG (UP&B)

Dr. Michael Link



AGROFOR
CONSULTING & PRODUCTS
Dipl.-Ing. agr. Oliver Wegener



Abschlussbericht zur Konzeptstudie:
„Boden- und Erosionsschutz im Kahlgrund-
Spessart“

Auftraggeber:

Kommunale Allianz Kahlgrund-
Spessart
Marktplatz 1
63825 Schöllkrippen

Bearbeitung:

Michael Link sowie
Oliver Wegener

Bearbeitungsstand:

29.01.2020



Perkolationsuntersuchung

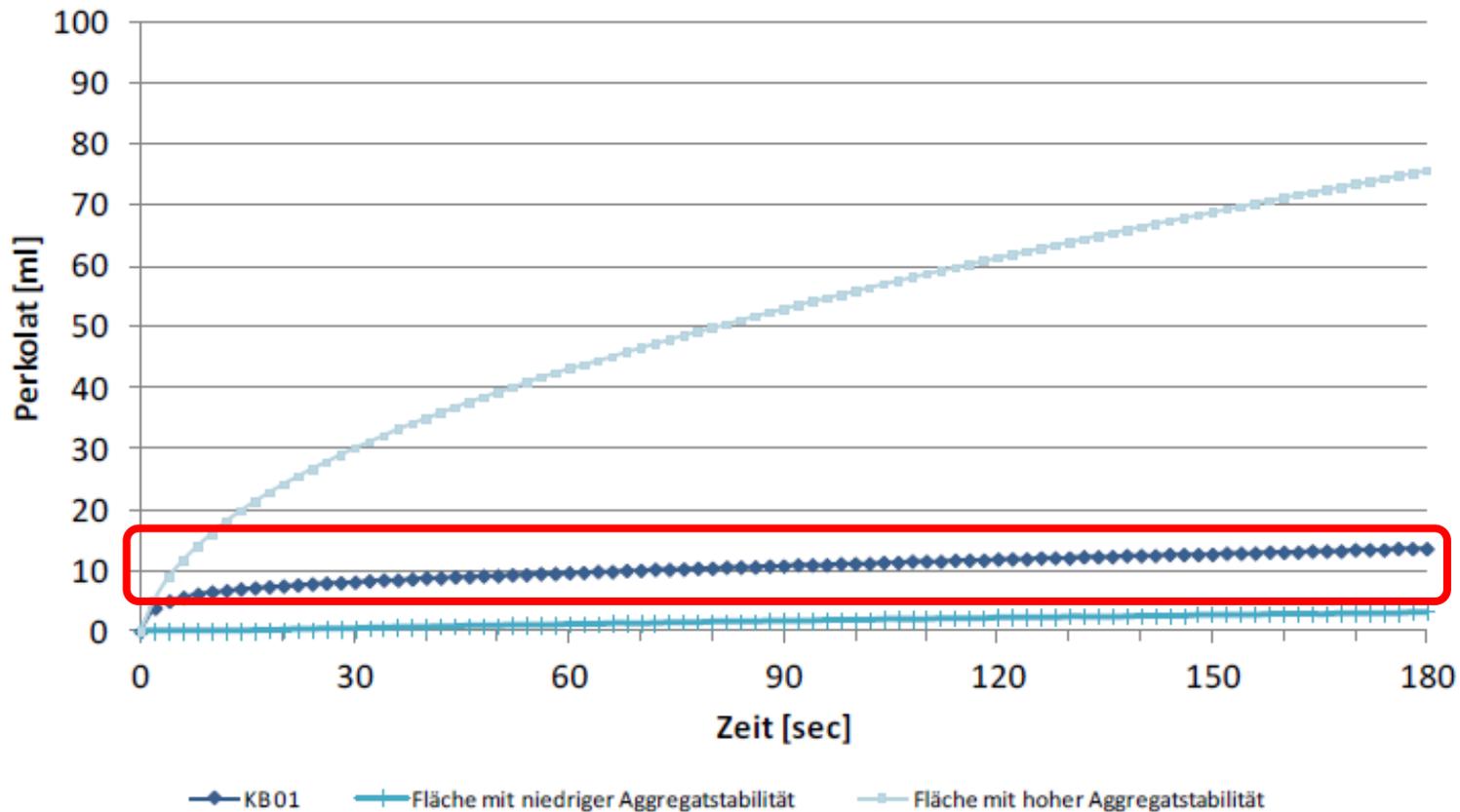


Abb. 5.1: Perkolationsanlage zur Bestimmung der Aggregatstabilität (Foto: O. Wegener)



Aggregatstabilität I

Aggregatstabilität (Perkolationsmethode)
Vergleich der Ackerflächen im Untersuchungsgebiet





Aggregatstabilität II

BASISEIGENSCHAFTEN		Tiefe: 0 - 25 cm		Skelettgehalt in Vol.-%: 0			Probendatum: 22.02.2019
Parameter	Wert	sehr niedrig	niedrig	günstig	hoch	sehr hoch	Einschätzung
Bodenschwere (KH)	58						mittelschwerer Boden
pH Wert H2O [-log H+]	6,7						schwach sauer
pH Wert KCl [-log H+]	5,5						mäßig sauer
Kalkgehalt CaCO3 [%]	0,0						nicht nachweisbar
gelöste Stoffe [eL, mS/cm]	0,6						günstig
Org.Substanz = Corg * 1,724	1,8						Gründüngung
C/N Verhältnis der org. Substanz	8,3						N Nachlieferung aus org. Substanz
C/P Verhältnis der org. Substanz	40,3						P Nachlieferung aus org. Substanz
C/S Verhältnis der org. Substanz	343						S Fixierung
Stabilität organische Substanz	1						Umbauprozesse im Gleichgewicht
Stabilität Aggregate	4						Erosionsgefahr sehr hoch



Austauscherbelegung KAKeff

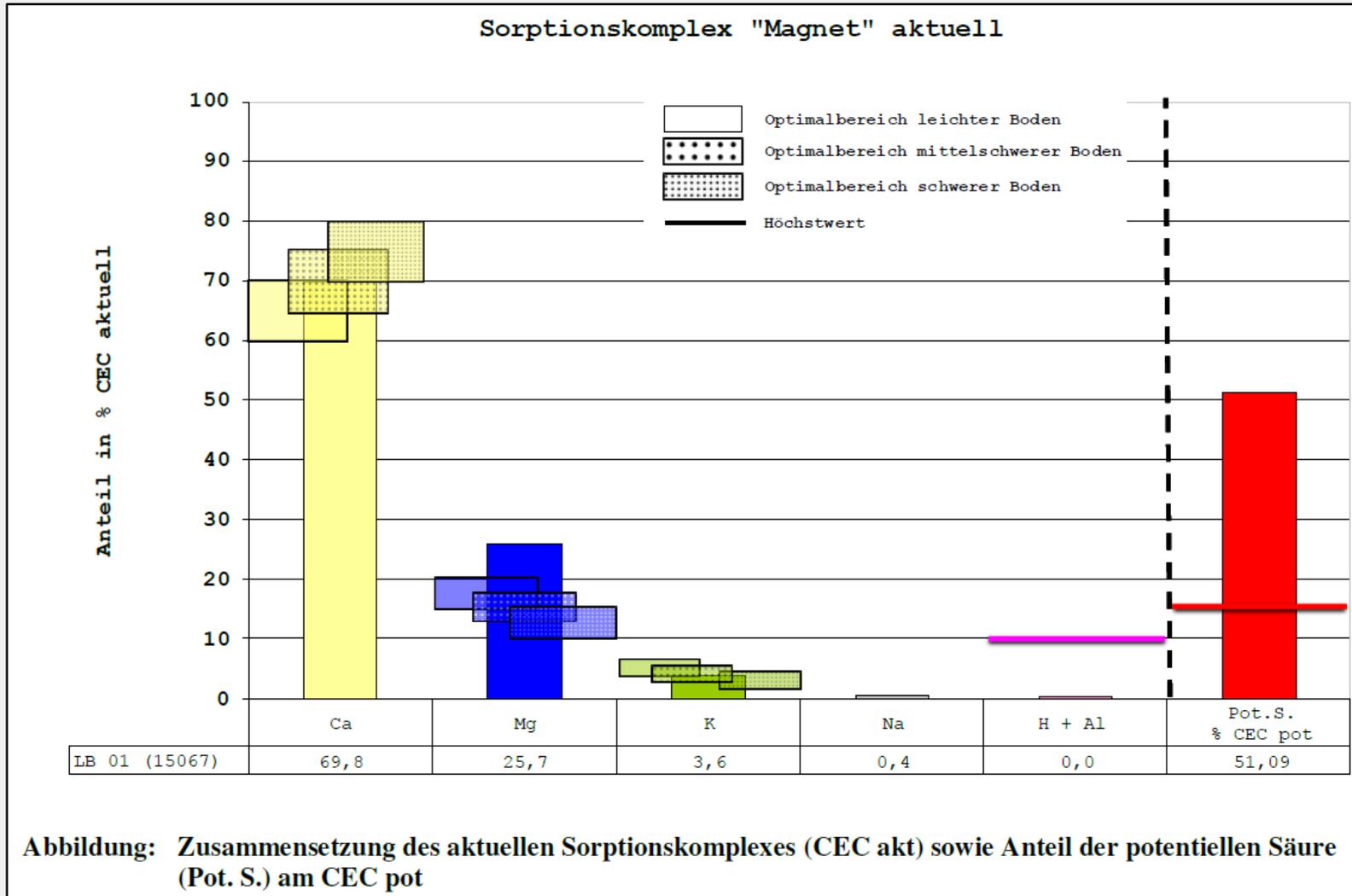


Abbildung: Zusammensetzung des aktuellen Sorptionskomplexes (CEC akt) sowie Anteil der potentiellen Säure (Pot. S.) am CEC pot



Austauscherbelegung KAKpot

Sorptionskomplex potentiell (CEC potentiell): Potential des Standortes

Sorptionskomplex "Magnet" potentiell

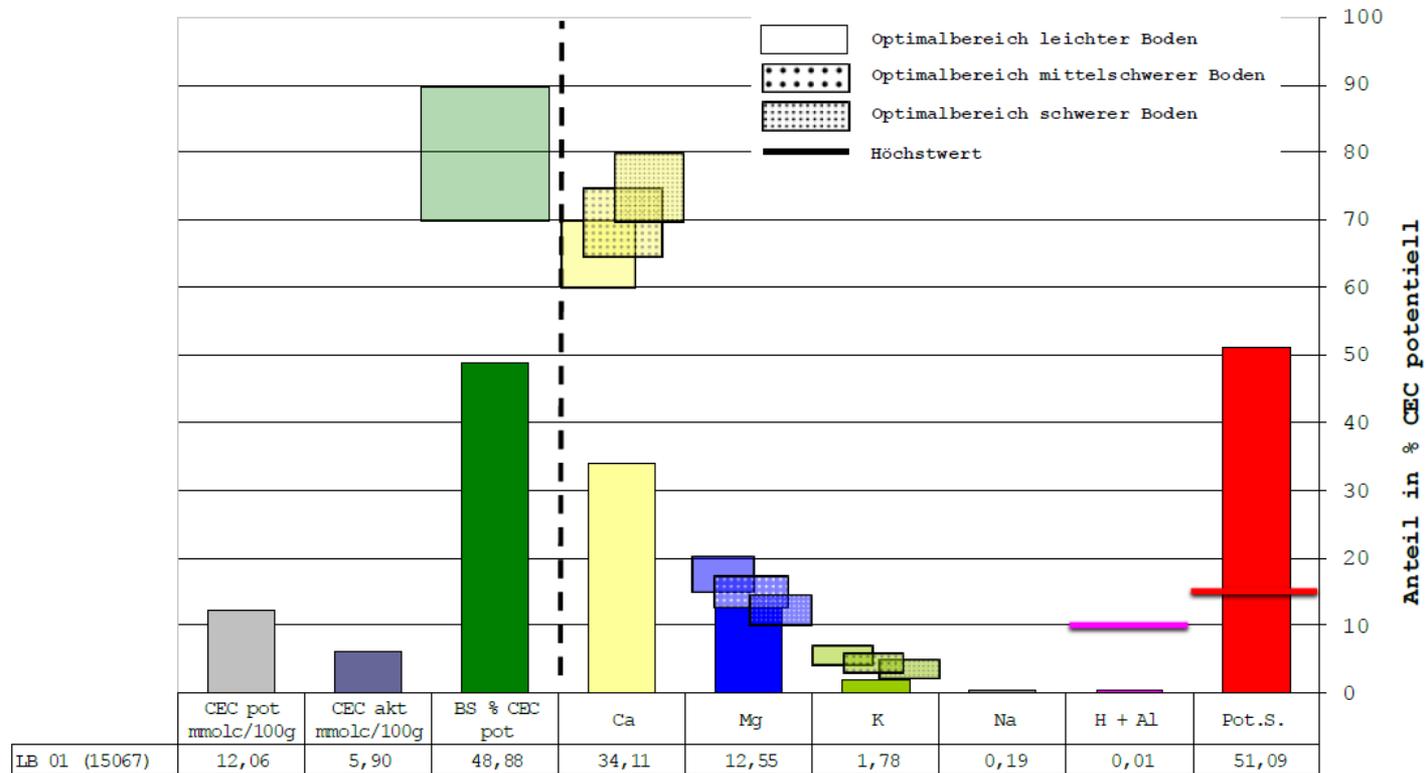


Abbildung: Zusammensetzung des potentiellen Sorptionskomplexes (CEC pot)



Beispielhafte Empfehlung TB Unterfranken

MELIORATION in kg/ha – Maßnahmen zur Verbesserung / Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit					
min.	Dolomit* (mit 40% MgCO ₃)	Gips* (CaSO ₄ * 2 H ₂ O)	Calc* (CaCO ₃)	Magnesium (Mg)	Kalium (K)
	1010 kg/ha	570 kg/ha	5710 kg/ha		330 kg/ha
org.	Aufbau Dauerhumus	Stroh am Feld lassen, Zwischenfrüchte, Gründüngungen, Kompost			
	31150 kg/ha				

*Berechnung bezieht sich auf qualitativ hochwertige, feinvermahlene Produkte!



Das erwartet Sie

- Ausgangssituation und Prämissen
- Vorprojekt
- **Versuchsplanung und -durchführung**
- Zwischenergebnisse
- Offene Fragen und Ausblick



Variantenplanung (I)

- Variante 1:

Empfehlung Büro Unterfrauner; Mischung aus

Dolomitkalk, **G**ips, **(C)K**ohlensaurer Kalk (DGC) nach

Ergebnis der Bodenuntersuchung mit Produkten der

Fa. Karner

- Variante 2:

Empfehlung Büro Unterfrauner; Mischung aus

Dolomitkalk, **G**ips, **(C)K**ohlensaurer Kalk (DGC) nach

Ergebnis der Bodenuntersuchung mit Alternativpro-

dukten



Variantenplanung (II)

- Variante 3:

Unbehandelte Kontrolle

- Variante 4:

Kalziummenge nach Empfehlung Büro Unterfräuner in Form von Branntkalk; später Teilung der Parzelle und erneute Ausbringung der Kalkmenge auf einer Hälfte

- Variante 5:

Kalkdüngung nach VDLUFA (Bodenart und pH-Wert) mit ortsüblichem Kalk; d. h., weder im Boden noch im Kalk Berücksichtigung des Magnesiumgehaltes



Variantenplanung (III)

Versuchsanlage an Standorten mit unterschiedlichem Ausgangsmaterial der Bodenbildung (Gneisverwitterung und Gneisverwitterung mit Lössauflage)

Parzellengröße ca. 3.000 m²; **nicht** wiederholt



Braunerde aus Lehm über Gneis





Braunerde-Parabraunerde-Pseudogle. aus Löss





Versuchsdurchführung

- Das Büro Unterfrauner begrenzt die jährliche Ausbringungsmenge auf 1.500 kg/ha => bei 7.300 kg/ha Aufteilung auf 5 Gaben => Dauer 5 Jahre (Var. I + II)
- Nullparzelle (Var. III)
- Ausbringung der Kalziummenge nach Empfehlung Büro Unterfrauner in Form von Branntkalk in einer Gabe; nach zwei Jahren erneute Ausbringung auf einer Parzellenhälfte (Var. IV)
- (Erhaltungs-)Kalkung nach VDLUFA (Var. V)



Kalkausbringung





Das erwartet Sie

- Ausgangssituation und Prämissen
- Vorprojekt
- Versuchsplanung und -durchführung
- **Zwischenergebnisse**
- Offene Fragen und Ausblick



Versuchsfläche „Löss“

Bez.	Var.	pH W	pH NS	CaCO ₃ [%]	KAK pot [mmolc/ kg]	Basens. [%]	Ca [%]	Mg [%]	org. Subst. [%]
41-0	DGC Karner	6,9	6,6	0,26	10,46	58,44	43,23	13,63	1,76
42-0	DGC Altern.	6,9	6,0	1,16	9,77	59,88	45,72	12,23	1,69
40-0	Nullp.	6,5	5,6	0,00	9,70	58,95	42,28	15,00	1,81
43-2	BK 2 x	7,3	6,3	0,31	10,83	56,22	43,27	???	
43-1	BK 1 x	7,6	6,6	0,38	10,03	63,62	51,43		
44-0	LUFA	7,6	6,8	0,50	9,47	65,77	52,77	10,65	1,97



Versuchsfläche „Gneis“ (I)

Bez.	Var.	pH W	pH NS	CaCO ₃ [%]	KAK pot [mmolc/ kg]	Basens. [%]	Ca [%]	Mg [%]	org. Subst. [%]
51-0	DGC Karner	7,1	6,4	0,35	9,92	65,65	46,52	16,37	2,15
52-0	DGC Altern.	7,4	6,8	0,79	8,67	69,79	49,40	16,70	1,79
50-0	Nullp.	6,4	5,7	0,00	9,85	58,26	39,99	14,63	2,15
53-1	BK 1 x	7,5	6,6	0,33	8,10	68,01	52,81	11,52	2,02
53-2	BK 2 x	7,7	7,0	0,48	7,92	69,72	56,31	9,48	1,97
54-0	LUFA	6,8	6,1	0,51	9,61	60,77	41,88	15,91	2,19



Versuchsfläche „Gneis II“

Bez.	Var.	pH W	pH NS	CaCO ₃ [%]	KAK pot [mmolc/ kg]	Basens. [%]	Ca [%]	Mg [%]	org. Subst. [%]
61-0	DGC Karner	7,4	6,5	0,25	11,32	64,41	47,67	14,57	2,02
62-0	DGC Altern.	7,4	6,8	0,63	10,08	65,49	48,83	13,76	2,26
60-0	Nullp.	6,7	5,7	0,00	11,61	55,58	40,94	12,51	1,90
63-2	BK 2 x	7,8	6,9	0,38	11,73	67,09	51,93	13,06	1,55
63-1	BK 1 x	7,4	6,3	0,23	11,68	63,86	48,13	13,59	1,69
64-0	LUFA	7,2	6,2	0,40	11,44	63,90	44,98	16,78	1,53

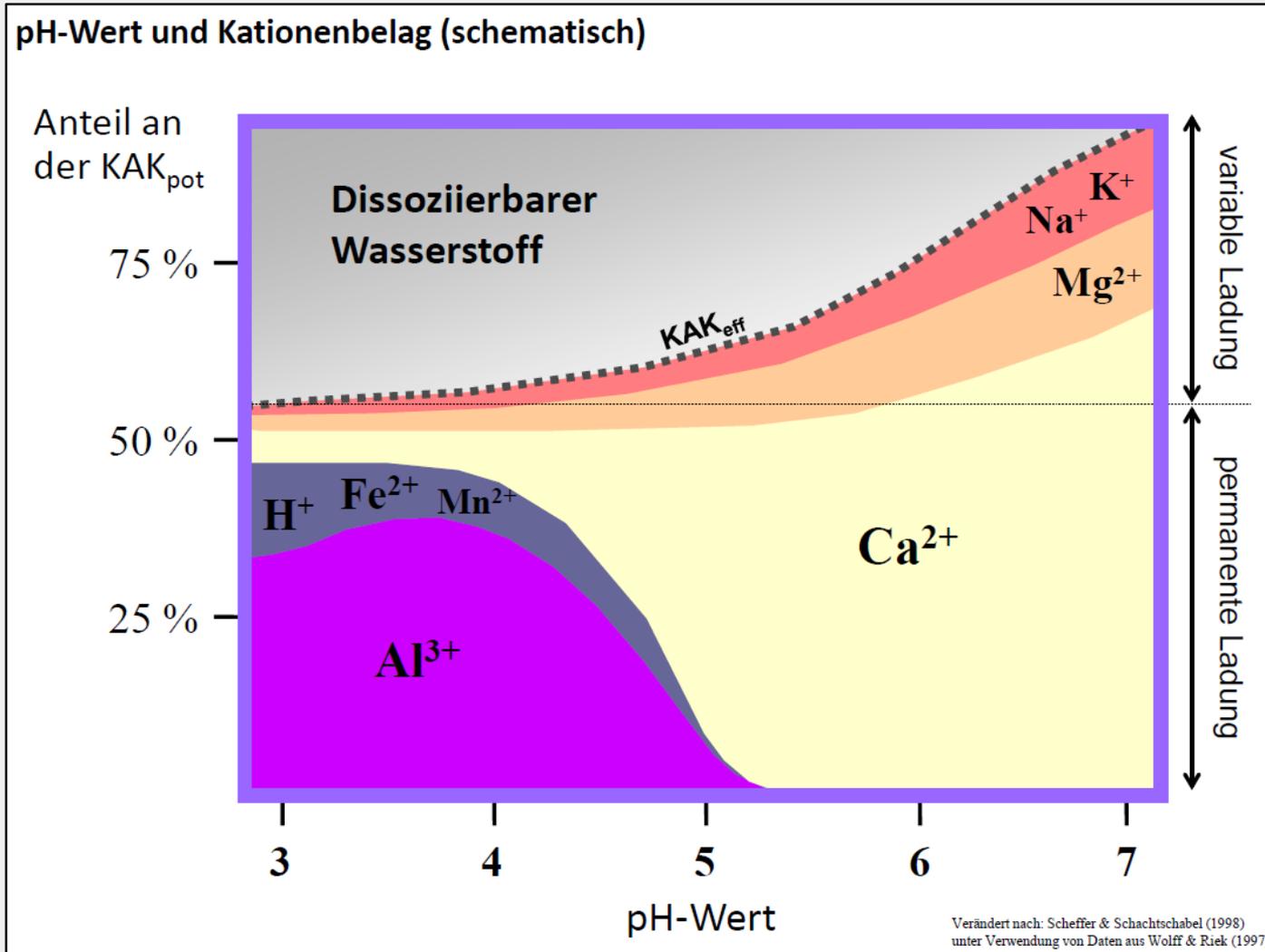


Versuchsfläche „Gneis III“

Bez.	Var.	pH W	pH NS	CaCO ₃ [%]	KAK pot [mmolc/ kg]	Basens. [%]	Ca [%]	Mg [%]	org. Subst. [%]
74-0	LUFA	7,2	6,3	0,33	10,99	61,70	43,98	15,60	1,90
73-2	BK 2 x	7,8	7,1	0,25	9,84	71,14	56,78	11,99	1,90
73-1	BK 1 x	7,5	6,6	0,31	10,51	68,30	52,63	13,35	1,79
70-0	Nullp.	7,0	6,2	0,25	10,51	60,62	43,75	14,62	1,50
72-0	DGC Altern.	7,5	6,8	0,25	10,62	65,25	47,85	14,87	1,50
71-0	DGC Karner	7,4	6,5	1,09	11,04	65,31	46,59	16,86	1,62



pH-Wert sowie KAK_{eff} und KAK_{pot}





Feststellungen/Fragen

- An allen Standorten hebt sich die Nullparzelle (im pH-Wert) von den Maßnahmenflächen ab.
- Der pH-Wert scheint schneller auf eine Kalkung zu reagieren als die Austauscherbelegung.
- Bei Branntkalk ist eine (stärkere) Tendenz zur Absenkung der Mg-Gehalte zu beobachten.
- Auch bei pH 7 ist die Basensättigung immer noch erst bei 70 %. $\Rightarrow KAK_{\text{eff}} \ll KAK_{\text{pot}}$, d. h., es ist noch dissoziierbarer H^+ vorhanden. Das ist entgegen der Lehrbuchmeinung.



Feststellungen/Fragen

- Haben wir schon alles an Wirkung gesehen???
- Da (noch) freier Kalk vorhanden ist, ist noch von einer Nachwirkung auszugehen.



Das erwartet Sie

- Ausgangssituation und Prämissen
- Vorprojekt
- Versuchsplanung und -durchführung
- Zwischenergebnisse
- Offene Fragen und Ausblick



Steigender pH-Wert und effektive KAK

Table 2.2. Cation exchange capacity values of various soil materials (in cmol kg^{-1} soil) as determined by different methods

Soil Material	Organic Matter (%)	Soil pH 1:1 H ₂ O	ECEC Bases + Al	CEC ₇ pH 7	CEC _{8.2} pH 8.2
Umbric epipedon	14.0	4.7	14.5	36.7	48.0
Histic epipedon	90	3.7	16.0	103.8	nd
Histic epipedon	50	6.4	139.0	138.0	175.0
Oxisol A horizon	6	5.0	2.0	9.7	22.5
Oxic horizon	2	5.7	0.2	2.6	11.4
Vertisol A horizon	3.5	6.3	50.3	45.0	57.1
Vertisol B horizon	1.0	7.1	41.9	43.0	45.8



Variable Ladung

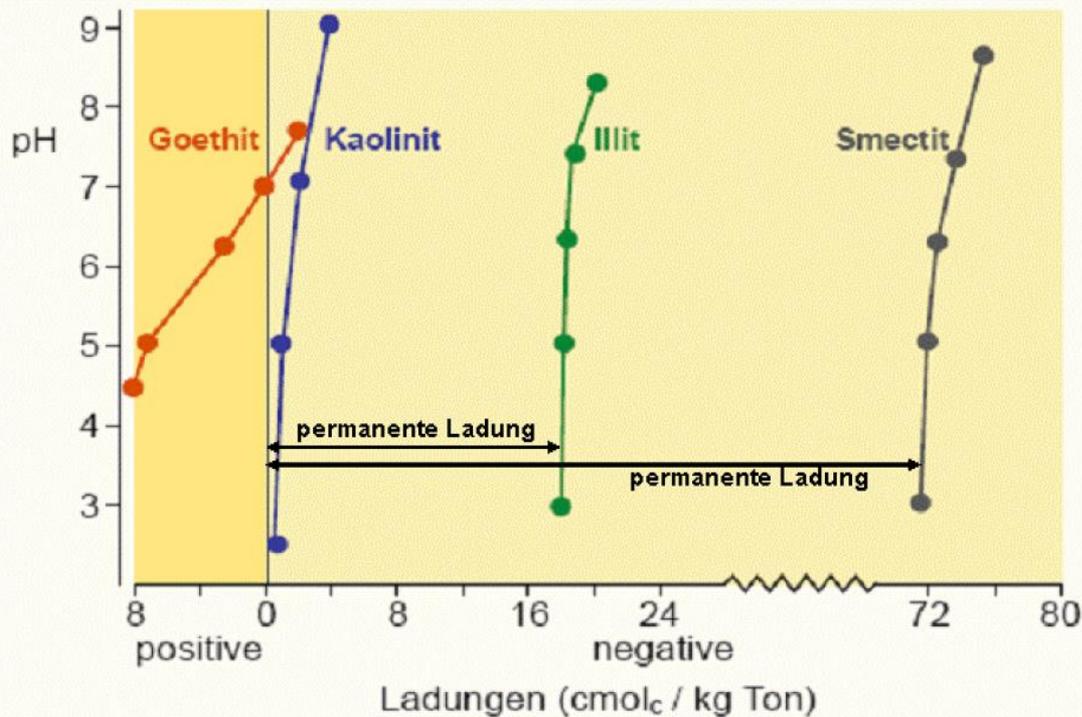
TABLE 8.5 Charge Characteristics of Representative Colloids Showing Comparative Levels of Permanent (Constant) and pH-Dependent Negative Charges as Well as pH-Dependent Positive Charges

Colloid type	Negative charge			Positive charge, cmol _c /kg
	Total at pH 7, cmol _c /kg	Constant, %	pH dependent, %	
Organic	200	10	90	0
Smectite	100	95	5	0
Vermiculite	150	95	5	0
Fine-grained micas	30	80	20	0
Chlorite	30	80	20	0
Kaolinite	8	5	95	2
Gibbsite (Al)	4	0	100	5
Goethite (Fe)	4	0	100	5
Allophane	30	10	90	15



Bodenbestandteil, pH-Wert und Ladung

Ladungsverhältnisse an Tonmineralen



Wild 1995



Offene Fragen

- Welcher Art sind die mineralischen Austauscher?
- Macht eine Kalkung über pH 7 (Neutralsalz) hinaus zur weiteren Erhöhung der effektiven Austauschkapazität Sinn (Erhöhung des Nährstoffspeichervermögens, Verbesserung der Bodenstruktur durch mehr Kalzium im Boden)?
- Oder ist dies kontraproduktiv (Festlegung von Spurenelementen, Verschlechterung der P-Verfügbarkeit, weniger Pilze im Boden)?

Bodenphysik im Bodenprofil



TRD 1,1 – 1,3 g/cm³

TRD 1,6 – 1,8 g/cm³



Bodenchemie im Profil

POT	PUT	KEFF in cmol/z/1000g									
		pH CaCl ₂	CA	MG	K	NA	FE	MN	AL	H-Wert	KEFF
0	-12	7,1	14,5	3,5	0,4	0	0	0,0	0	0	18,3
-12	-25	7	12	4,2	0,3	0,1	0	0	0	0	16,6
-25	-70	5	8	5,5	0,3	0,2	0	0,0	1,1	0	15,2
-70	-105	4,2	4,8	4,5	0,2	0,1	0	0,1	3,6	0,5	13,8
-105	-150	4,2	4	2,9	0,2	0,1	0	0,1	1,4	0,5	9,2

Quelle: LfU

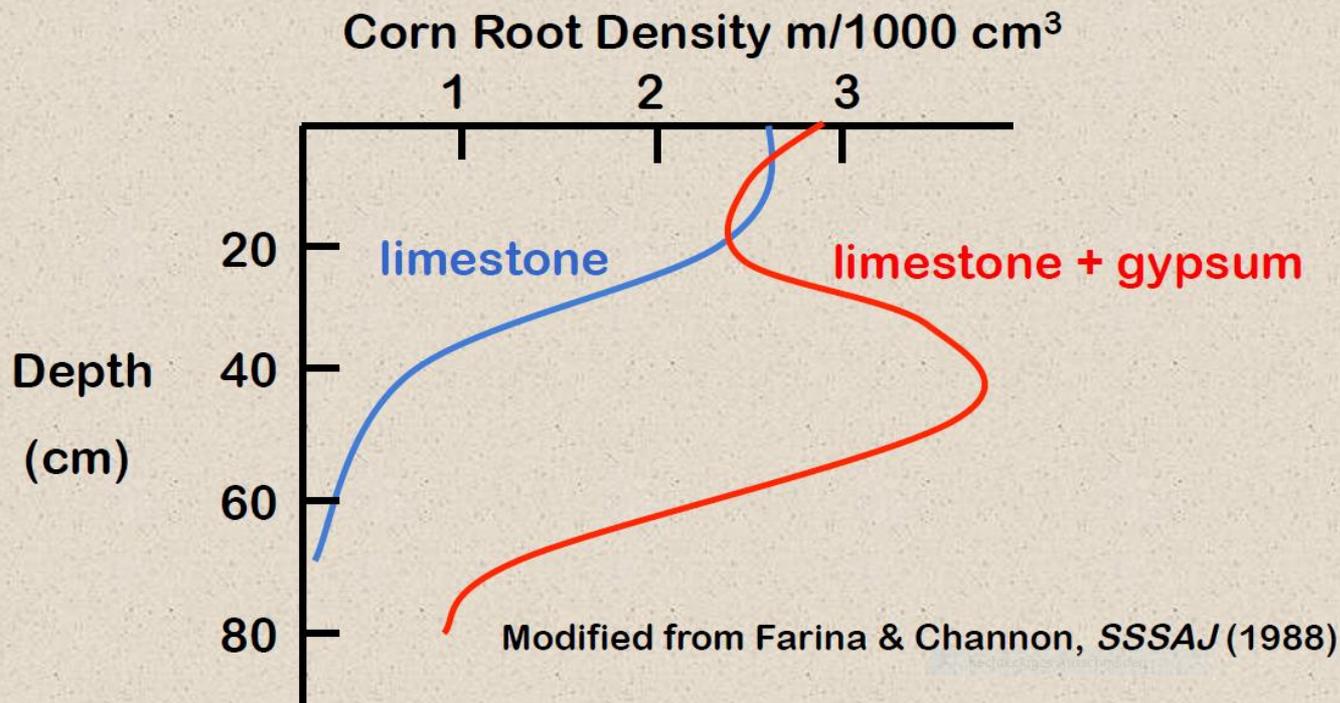
Um eine Verbesserung des Wasserhaushaltes des Standortes zu erreichen, ist eine alleinige Optimierung des Oberbodens nicht ausreichend.

Es muss eine Wirkung in die Tiefe erreicht werden!



Tiefenwirkung von Kalk und Gips

Gypsum **can** ameliorate aluminum toxicity, especially in the subsoil, by forming soluble complexes with Al^{3+} .



Quelle:
Bigham



Fazit und Ausblick (I)

- Als nächster Schritt ist eine Tonmineralanalyse geplant, um die Art der mineralischen Austauscher zu ermitteln (Finanzierung noch zu klären).
- Nach der fünfjährigen Projektdauer wird neben chemischen Bodenuntersuchungen wiederum die Aggregatstabilität bestimmt und Infiltrationsmessungen durchgeführt werden.
- Außerdem wird es eine Tiefenbepr. geben (Unterschied zw. den Var. hinsichtlich Tiefenwirkung der Maßn.?).

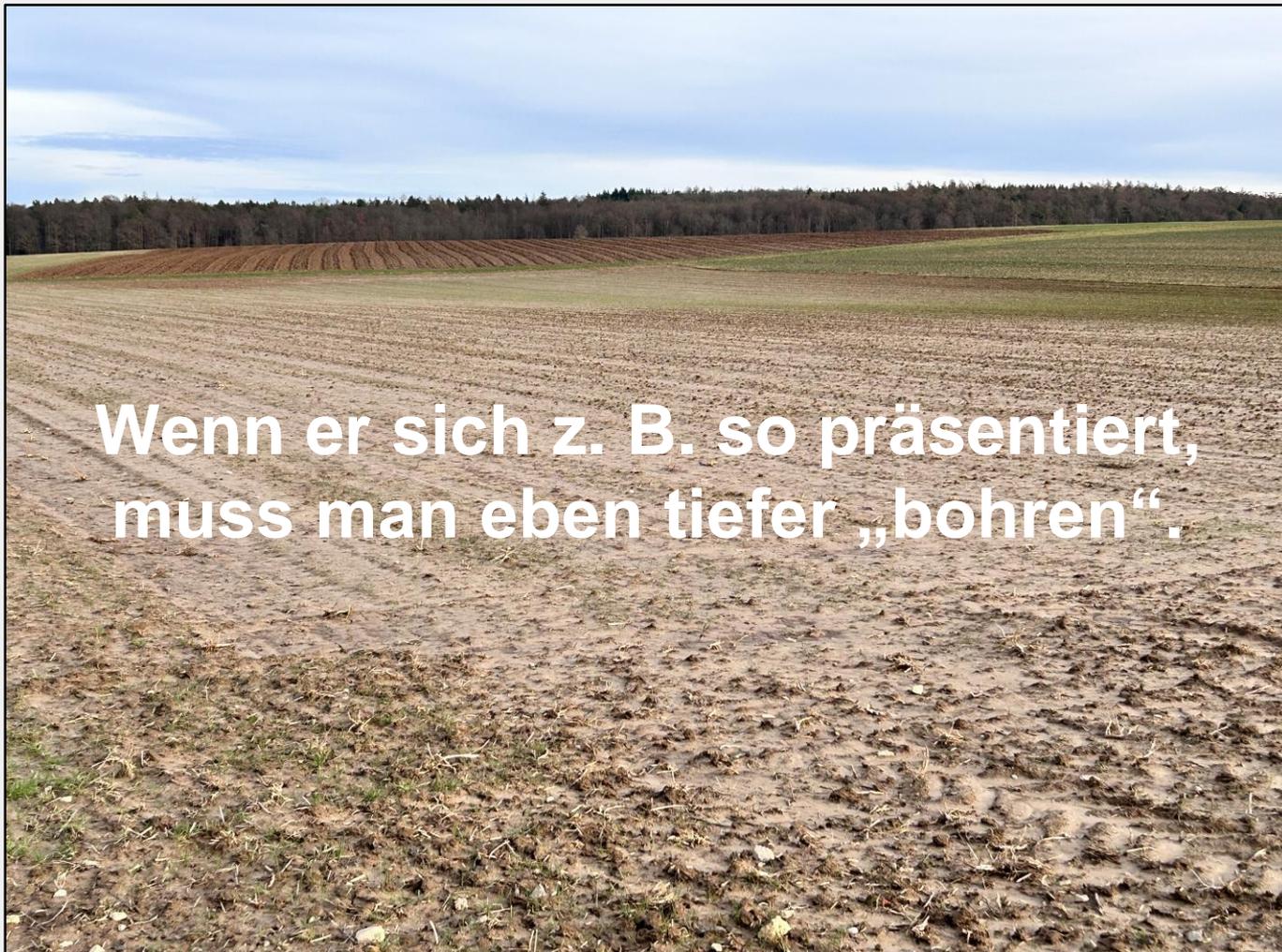


Fazit und Ausblick (II)

- Auf Basis der Endergebnisse wird die weitere Vorgehensweise (Kalken bis zum Erreichen der potenziellen KAK?) diskutiert werden.
- Möglicherweise wird es eine Fortsetzung des Projektes mit Gipsdüngung geben, um eine schnellere Tiefenwirkung zu erzielen.
- Der Vorteil von Gips besteht in seiner höheren Löslichkeit – auch gegenüber Branntkalk.
- Gips ist zudem pH-neutral.



Jeder Boden/Standort ist ein Individuum, den es zu ergründen gilt.



Wenn er sich z. B. so präsentiert,
muss man eben tiefer „bohren“.