



SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für  
Landwirtschaft, Forsten  
und Gartenbau



## Ackerbautagung

**Auswirkungen langjähriger differenzierter Bodenbearbeitung und Direktsaat  
auf die Nährstoffversorgung und Kationen-Austausch-Kapazität von Böden.**

Bernburg, den 24. November 2010

Iden, den 25. November 2010



[joachim.bischoff@llfg.mlu.sachsen-anhalt.de](mailto:joachim.bischoff@llfg.mlu.sachsen-anhalt.de)

Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (LLFG),  
Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung e.V. Arbeitskreis Sachsen-Anhalt.



joachim.bischoff@lfg.mlu.sachsen-anhalt.de



## 1. Einleitung und Zielstellung.

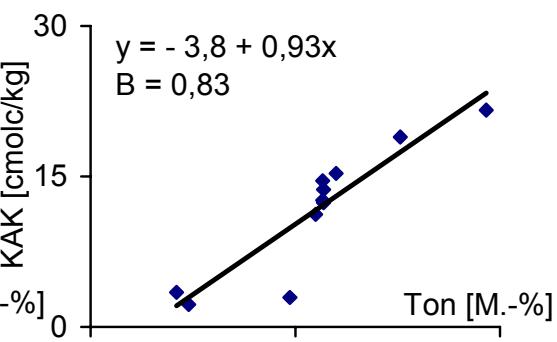
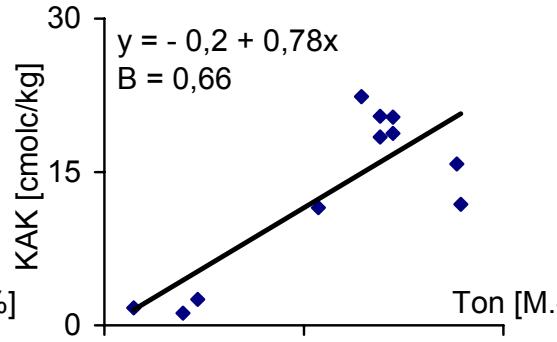
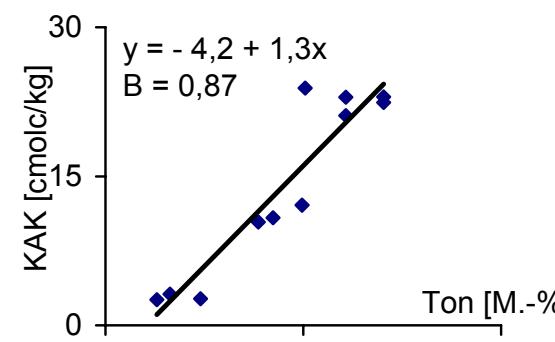
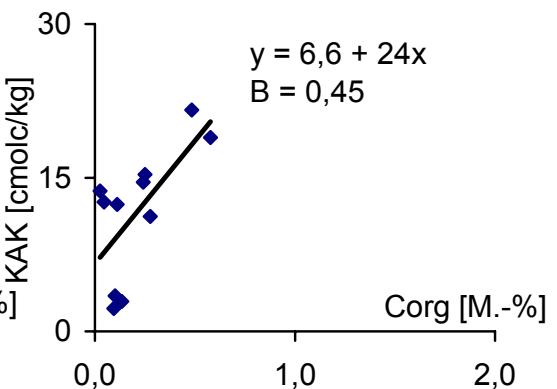
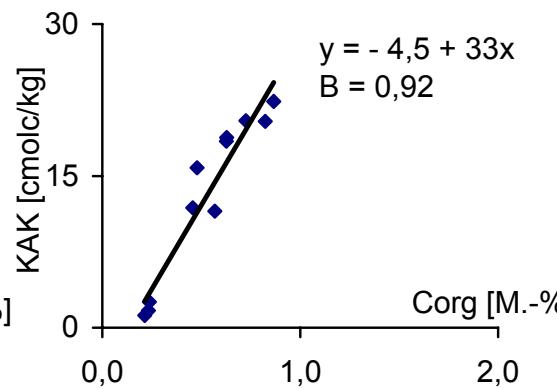
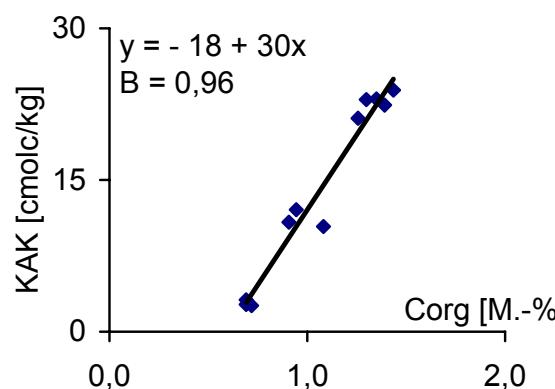
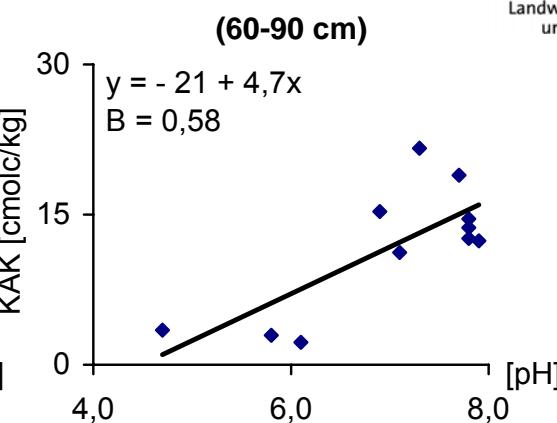
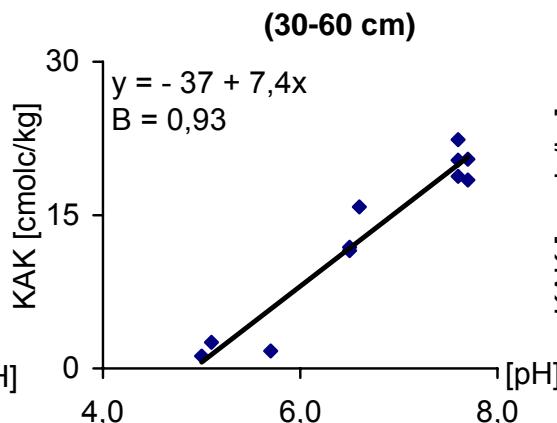
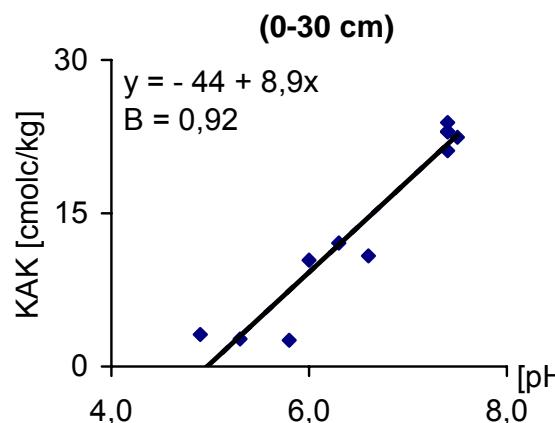
- (1) Die Bodenbearbeitung beeinflusst je nach Wende-, Lockerungs- und Mischeffekt wesentlich die Gehalte und die **vertikale Verteilung der Nährstoffe sowie der organischen Substanz im Boden**.
- (2) Reduzierter mechanischer Bodeneingriff bis hin zum Extrem der Direktsaat reichert **Phosphor, Kalium und organische Bodensubstanz in der Oberkrume an und führt zu abnehmenden Konzentrationen in der Unterkrume** („*Kopflastigkeit der Krume*“).
- (3) Ob durch Humusanreicherung bei konsequenterem Pflugverzicht bis hin zur Direktsaat über die Kationen-Austausch-Kapazität auch das **Nährstoffverhältnis und die Nährstoffverfügbarkeit verbessert werden kann**, sollte in den nachfolgenden Untersuchungen geklärt werden.
- (4) **Ziel der Untersuchungen ist es**, die durch Ionenaustausch mit Bariumchlorid ( $\text{BaCl}_2$ ) als Austauschlösung freisetzbaren Mengen an Kalium ( $\text{K}^+$ ), Natrium ( $\text{Na}^+$ ), Kalzium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) und Aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ) sowie die Kationen-Austausch-Kapazität (KAK) zu bestimmen.



SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für  
Landwirtschaft, Forsten  
und Gartenbau

## Kationen-Austausch-Kapazität (Praxisversuche 2008-2010).





## 2. Material und Methoden.

- (1) Da die KAK mit zunehmendem pH-Wert ansteigt, unterscheidet man: **effektive KAK ( $KAK_{eff}$ )** beim entsprechenden aktuellen pH-Wert des Bodens, **potentielle KAK ( $KAK_{pot}$ )** bei einem Bezugs-pH von 7. Für neutrale Böden ist also  $KAK_{eff} = KAK_{pot}$ , in sauren Böden ist  $KAK_{pot} > KAK_{eff}$ .
- (2) Neben der Kationen-Austausch-Kapazität (KAK) wurden der S-Wert und die Basensättigung (BS) ermittelt:
- (3) KAK ist die **Summe an basischen und sauren Kationen**, die eine bekannte Bodenmenge unter bestimmten Bedingungen austauschbar binden kann.
- (4) **S- Wert ist die Menge an austauschbar gebundenen basischen Kationen** (sorbierte Basen)  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ , angegeben in cmol<sub>c</sub>/kg absolut. trockener Boden.
- (5) BS ist der prozentuale Anteil der austauschbaren basischen Kationen an der Gesamtmenge der austauschbaren Kationen und ein quantitatives Maß für den Sättigungsgrad eines Bodens an basischen Kationen gegenüber der Gesamtmenge an Kationen  **$[(Ca + Mg + K + Na)/KAK * 100\%]$** .



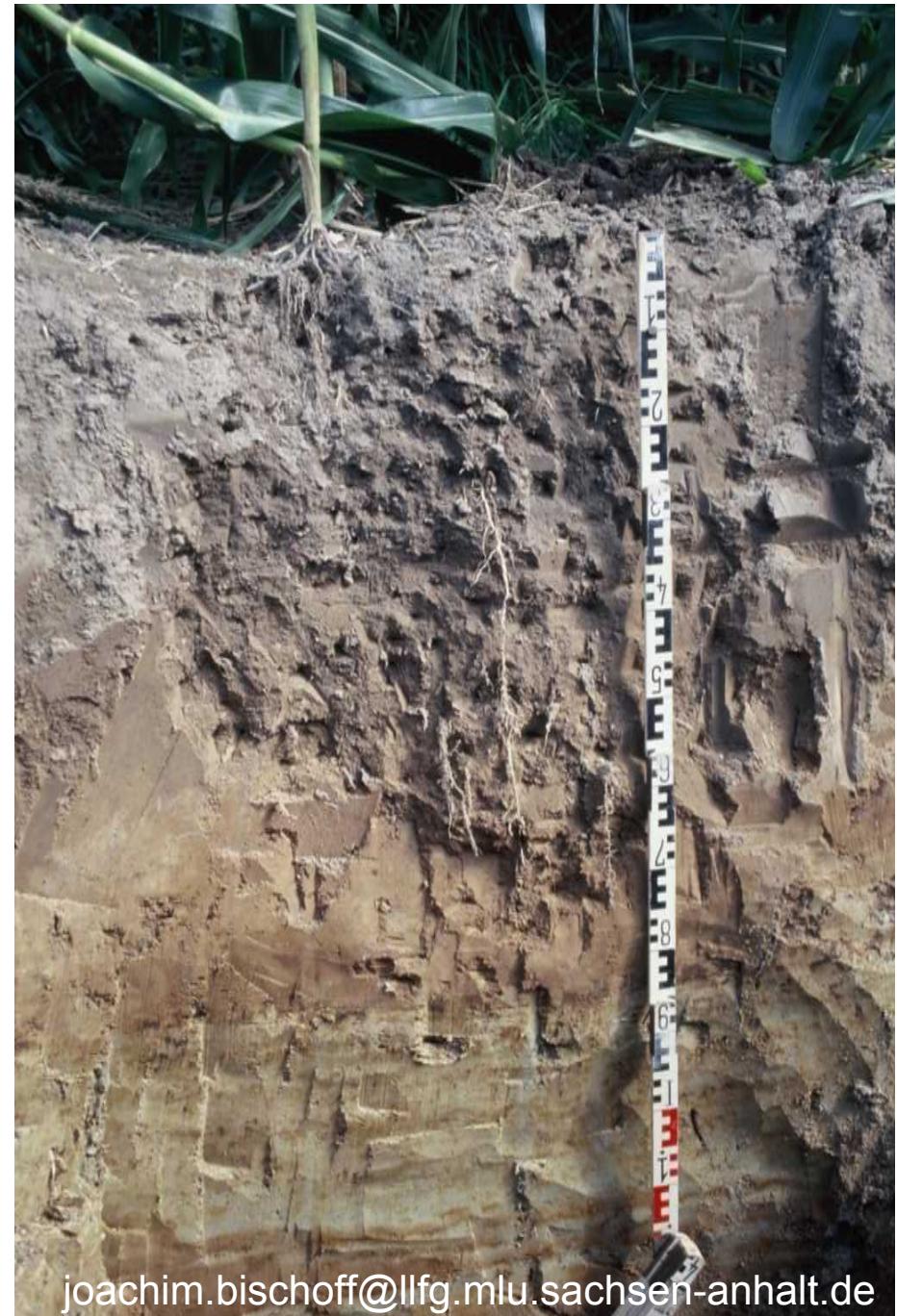
## Kationen-Austausch-Kapazität eines stark tonigen Schluffes (Ut4).

Ap [pH: 7,2; Corg: 1,59 M.-%; Ton: 22 M.-%] Versuchsanlage 1996/ Versj. 2009

Ut4	[cm]	KAK	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S-Wert	BS
			[cmol <sub>c</sub> /kg]				[%]	
P25	0-10	22,5	17,7	1,08	0,75	0,23	19,8	88
	10-20	22,6	17,8	1,10	0,83	0,26	20,0	88
	20-30	23,3	18,0	1,09	0,83	0,27	20,2	87
	30-40	21,7	17,0	1,01	0,58	0,24	18,8	87
M10-15	0-10	22,7	17,0	1,37	0,94	0,26	19,6	86
	10-20	22,5	17,3	1,25	0,68	0,24	19,5	87
	20-30	22,6	17,6	1,19	0,64	0,25	19,7	87
	30-40	21,8	17,7	0,90	0,38	0,32	19,3	89
DS	0-10	22,6	17,8	1,53	0,99	0,26	20,6	91
	10-20	22,8	17,9	1,22	0,63	0,26	20,0	88
	20-30	23,0	18,3	1,30	0,73	0,24	20,6	89
	30-40	22,3	18,9	1,00	0,41	0,29	20,6	92

Bariumchlorid (0,2 n BaCl<sub>2</sub>) als Austauschlösung; S-Wert: Summe basisch wirkender Kationen (Ca, Mg, K, Na); Basensättigung (BS) = [(Ca+Mg+K+Na) / KAK] \* 100%; %-Anteil an KAK (über 100 % sind methodenbedingte Messunsicherheiten im Labor).

## Verbraunter (Sand-) Boden unter Stauwassereinfluss und Grundwassereinfluss.



joachim.bischoff@lfg.mlu.sachsen-anhalt.de



## Anteil der basisch wirkenden Kationen am Sorptionskomplex (Praxisversuche 2008-2010).

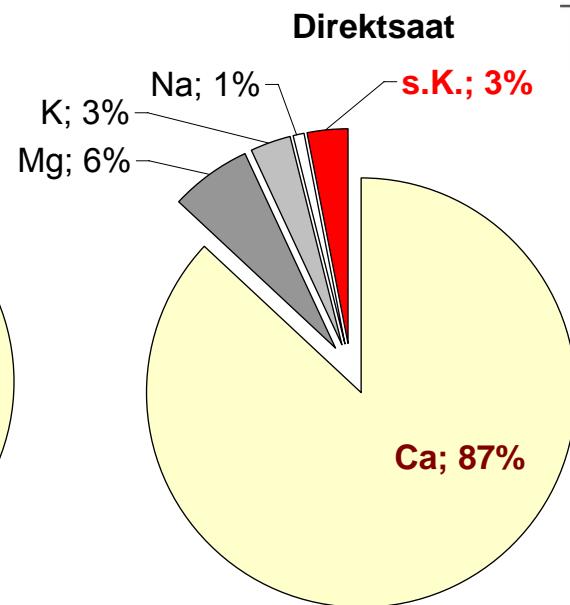
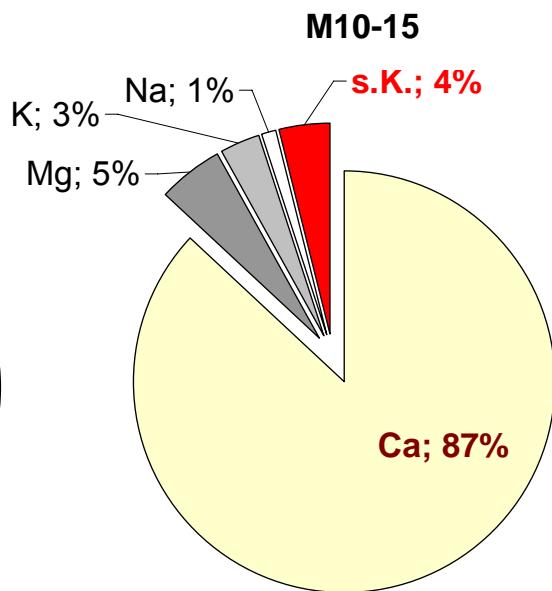
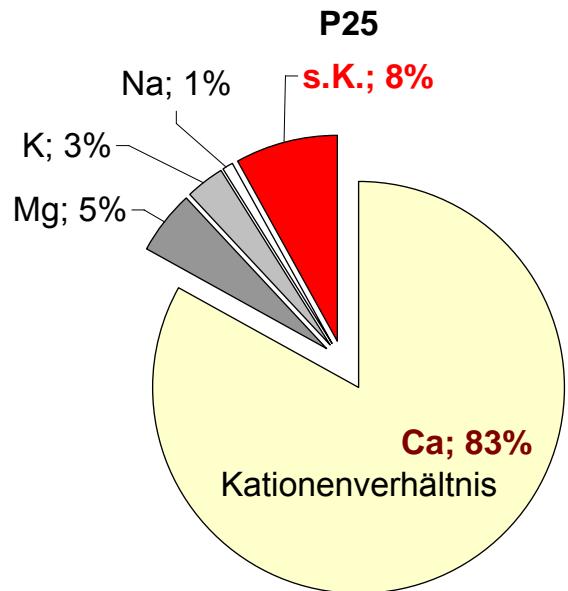
	KAK	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S-Wert	BS
	[cmol <sub>c</sub> /kg]						$\Sigma \text{Ca, Mg, K, Na}$
Ut4	20,7	17,8	1,1	0,6	0,2	19,7	sehr basenreich, basengesättigt
Anteil [%]	mittel - hoch	86	5	3	≤ 1		95
SI4	11,1	6,5	0,4	0,5	0,2	7,6	basenreich
Anteil [%]	mittel	59	3	4	2		68
SI2	6,8	5,6	0,4	0,4	0,2	6,6	sehr basenreich, basengesättigt
Anteil [%]	mäßig	82	6	6	3		97
SI2/ Su2	4,6	1,4	0,3	0,2	0,2	2,1	mittelbasisch
Anteil [%]	mäßig	30	7	4	4		45
Opt. (Lit.)		65-85%	6-12%	3-5%	BERGMANN (1988); SCHEFFER/ SCHACHTSCHABEL (1982).		

Stark toniger Schluff (Ut4) Ap [pH: 7,2; Corg: 1,59 M.-%; Ton: 22 M.-%]  
Versuchsanlage 1996/ Versj. 2008-2010

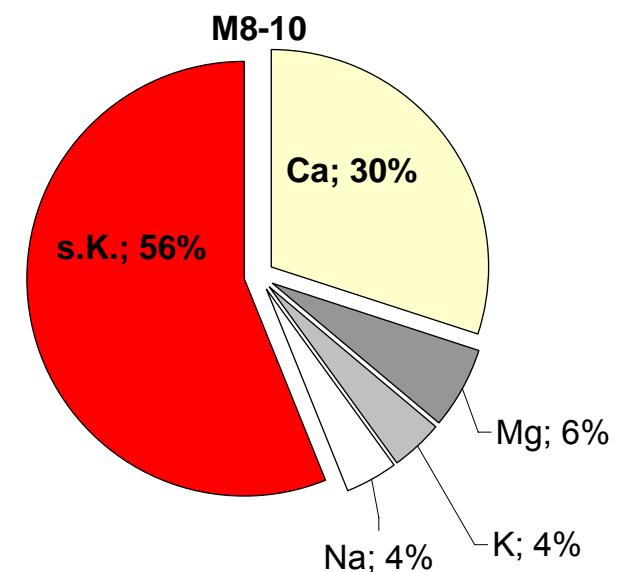
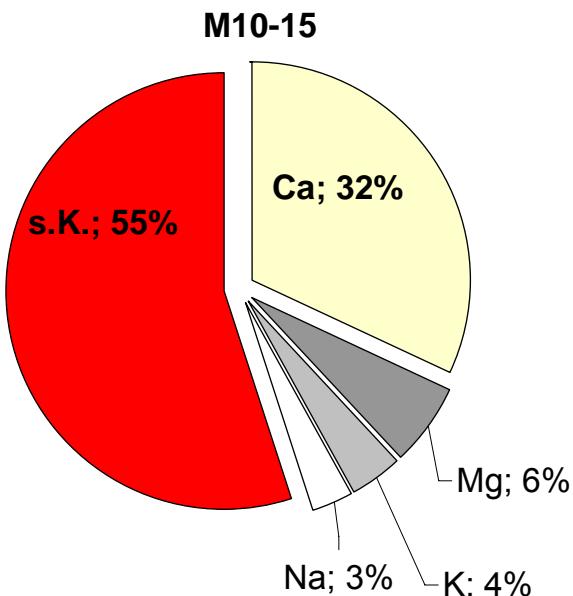
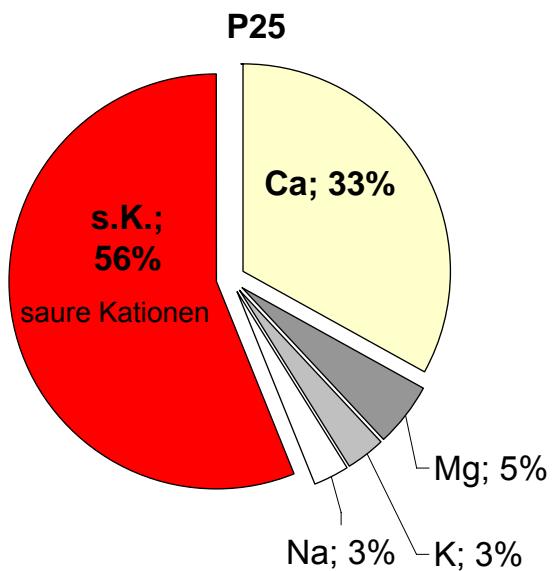


SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für  
Landwirtschaft, Forsten  
und Gartenbau



Schwach lehmig/ schluffiger Sandes (SI2/ Su2) Ap [pH: 4,9; Corg: 0,72 M.-%; Ton: 5 M.-%]  
Versuchsanlage 2004/ Versj. 2008-2010



joachim.bischoff@lfg.mlu.sachsen-anhalt.de



## Kationen-Austausch-Kapazität eines stark tonigen Schluffes (Ut4).

Ap [pH: 7,2; Corg: 1,59 M.-%; Ton: 22 M.-%] Versuchsanlage 1996/ Versj. 2008-2010

Ut4	KAK [cm]	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S-Wert	BS
	0-30	21,3	17,7	1,11	0,69	0,19	19,7
P25	30-60	19,8	17,5	1,04	0,36	0,21	19,1
	60-90	17,6	17,4	1,15	0,25	0,27	19,1
	0-30	20,1	17,6	1,08	0,52	0,19	19,4
M10-15	30-60	18,1	17,7	0,92	0,28	0,26	19,2
	60-90	14,3	14,8	1,00	0,62	0,28	16,7
	0-30	20,6	17,9	1,14	0,53	0,21	19,8
DS	30-60	19,3	18,2	1,02	0,30	0,27	19,8
	60-90	13,6	14,8	1,08	0,20	0,28	16,4

Bariumchlorid (0,2 n BaCl<sub>2</sub>) als Austauschlösung; S-Wert: Summe basisch wirkender Kationen (Ca, Mg, K, Na); Basensättigung (BS) = [(Ca+Mg+K+Na) / KAK] \* 100%; %-Anteil an KAK (über 100 % sind methodenbedingte Messunsicherheiten im Labor).



**Kationen-Austausch-Kapazität** eines schwach lehmigen/ schluffigen Sandes (SI2/ Su2).

Ap [pH: 4,9; Corg: 0,72 M.-%; Ton: 5 M.-%] Versuchsanlage 2004/ Versj. 2008-2010.

SI2/ Su2	[cm]	KAK	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K +	Na +	S-Wert	BS
		[cmol <sub>c</sub> /kg]	[%]					
	0-30	4,5	1,5	0,24	0,13	0,15	2,0	44
P25	30-60	3,3	1,3	0,23	0,13	0,15	1,8	55
	60-90	4,4	2,7	0,39	0,16	0,18	3,4	78
	0-30	4,7	1,5	0,28	0,19	0,15	2,1	44
M10-15	30-60	2,9	1,2	0,22	0,14	0,16	1,7	59
	60-90	4,2	2,2	0,37	0,17	0,16	2,9	69
	0-30	4,6	1,4	0,26	0,20	0,17	2,1	45
M8-10	30-60	4,2	1,8	0,35	0,23	0,18	2,6	61
	60-90	5,2	2,5	0,44	0,24	0,18	3,4	66

Bariumchlorid (0,2 n BaCl<sub>2</sub>) als Austauschlösung; S-Wert: Summe basisch wirkender Kationen (Ca, Mg, K, Na); Basensättigung (BS) = [(Ca+Mg+K+Na) / KAK] \* 100%; %-Anteil an KAK (über 100 % sind methodenbedingte Messunsicherheiten im Labor).

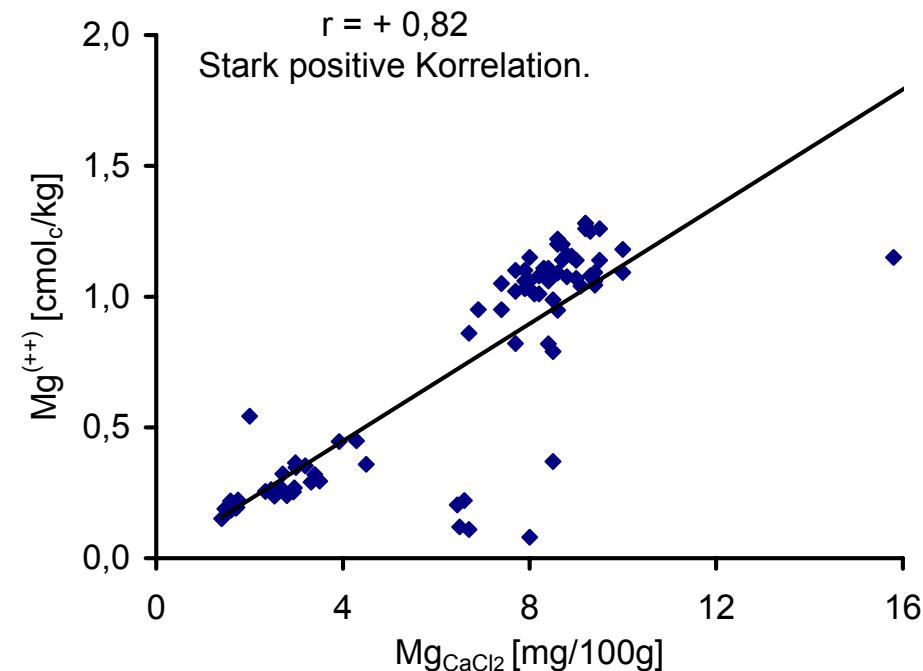
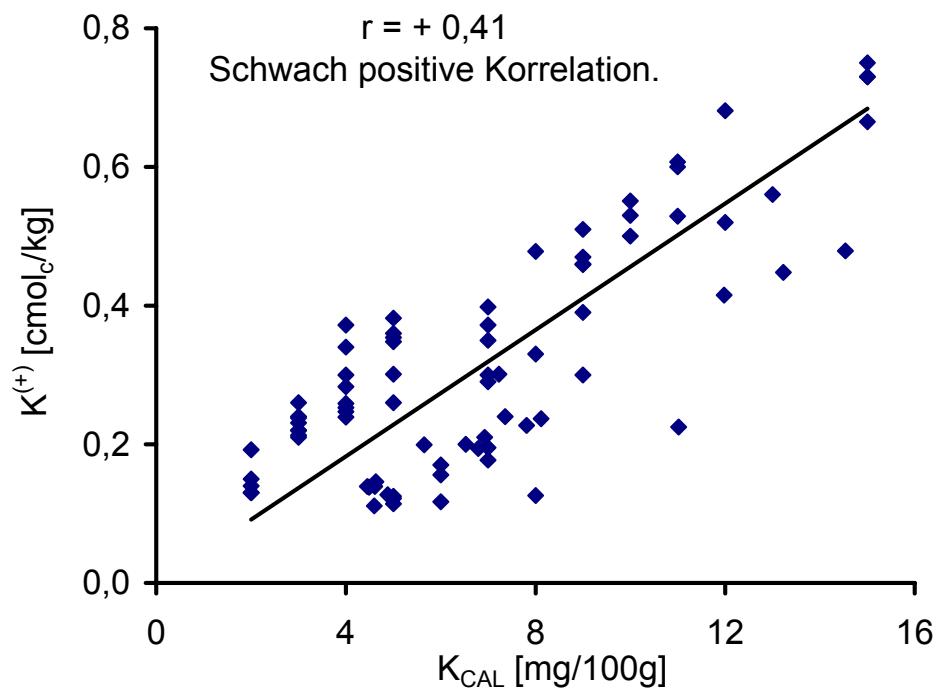


joachim.bischoff@lfg.mlu.sachsen-anhalt.de



**Welche Nährstoffmengen je dm Bodenschicht (TRD: 1,5 g/cm<sup>3</sup>) wären erforderlich, um das Kationenverhältnis im Boden um 1 cmol<sub>c</sub>/kg zu verändern?**

	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
Wertigkeit	2	2	1	1
rel. Atommasse	40,078	24,305	39,098	22,989
Äquivalentmasse	20,039	12,153	39,098	22,989
cmol <sub>c</sub> /kg	1	1	1	1
mval/100g Boden	cmol <sub>c</sub> /kg	cmol <sub>c</sub> /kg	cmol <sub>c</sub> /kg	cmol <sub>c</sub> /kg
mg/100g Boden	mval/100g*Äqm	mval/100g*Äqm	mval/100g*Äqm	mval/100g*Äqm
mg/100g Boden	20	12	39	23
<b>kg/ ha: Analysenwert/ ber. Wert (mg/100g) * Schichttiefe (cm) * TRD (g/cm<sup>3</sup>).</b>				
kg/ ha/ dm	300	180	585	345
<b>kg/ ha Ap (0-30 cm)</b>	<b>900</b>	<b>540</b>	<b>1.755</b>	<b>1.035</b>



## Die austauschbaren Vorräte an Kalium und Magnesium (Kapazitätsgröße).

- Beziehung zwischen K<sup>+</sup> [cmol<sub>c</sub>/kg] und K-CAL [mg/100g].
- Beziehung zwischen Mg<sup>2+</sup> [cmol<sub>c</sub>/kg] und Mg-CaCl<sub>2</sub> [mg/100g].



### 3. Ergebnisse und Diskussion.

- (1) Die Kationen-Austausch-Kapazität und die Mengenverhältnisse der austauschfähigen Kationen sind bei der Umstellung vom Pflug auf Direktsaat **in überschaubaren Zeiträumen nahezu unverändert**.
- (2) Zwischen  $K^+$  [cmol<sub>c</sub>/kg] und K-CAL [mg/100g] besteht eine schwach positive und zwischen  $Mg^{2+}$  [cmol<sub>c</sub>/kg] und Mg-CaCl<sub>2</sub> [mg/100g] eine stark positive Korrelation, so dass die **Kenntnis der Sorptionsverhältnisse im Boden für die praktische Düngung mit K und Mg nicht erforderlich** ist.
- (3) Zur Einstellung von Nährstoffrelationen im Boden, die von den standortspezifischen Kationenverhältnissen abweichen, sind **in der Regel hohe (unwirtschaftliche) Düngergaben erforderlich, um die Anteile am Sorptionskomplex wirksam zu verändern**.
- (4) Der Kationenaustausch sollte zur **Erklärung von standortsuntypischen Veränderungen des pH-Wertes untersucht werden**.



joachim.bischoff@lfg.mlu.sachsen-anhalt.de



joachim.bischoff@lfg.mlu.sachsen-anhalt.de



joachim.bischoff@lfg.mlu.sachsen-anhalt.de



joachim.bischoff@lfg.mlu.sachsen-anhalt.de



joachim.bischoff@lfg.mlu.sachsen-anhalt.de



joachim.bischoff@lfg.mlu.sachsen-anhalt.de



joachim.bischoff@lfg.mlu.sachsen-anhalt.de