

Kunde:

Max Mustermann
1030 Wien
Österreich

Betrieb:

Max Mustermann
1030 Wien
Österreich

Ökologische Basischarakterisierung

Probe:	Schlag 1
Probennehmer:	Max Mustermann
Lage:	HüdM: 200 m
Klima:	NS: 600 mm
Kultur/Ertrag:	W Weizen 8 t/ha
Labor:	water & waste

Ergebnis:

Leicht/mittelschwerer Boden, kalkfrei, pH-Wert_{Wasser} schwach sauer, pH-Wert_{KCl} schwach sauer, Gefahr der Versauerung. Aggregatstabilität sehr schlecht, elektrische Leitfähigkeit günstig, Gehalt organischer Substanz niedrig, Qualität organischer Substanz günstig.

Standort aktuell sorptionsschwach, Calcium-Anteil am potentiellen Sorptionskomplex sehr niedrig, Magnesium niedrig, Kalium günstig. Potentielle Säure sehr hoch.

Mangel an pflanzenverfügbaren Stoffen (Phosphor, Stickstoff, Schwefel, Eisen, Mangan, Kupfer, Zink, Molybdän, Bor), Überschuss an Kalium.

Kontaminationsgefahr durch wasserlösliche Aluminium-Gehalte.

Maßnahmen:

Aufbau von Dauerhumus (Stroh am Feld belassen, Gründüngung, Zwischenfrüchte, Kompost). Zufuhr von Dolomit und Kalk zur Verbesserung und Stabilisierung des Puffersystems. Zufuhr von Calcium (Kalk, Gips), Kalium und Magnesium (Dolomit) zur Optimierung des Sorptionskomplexes.

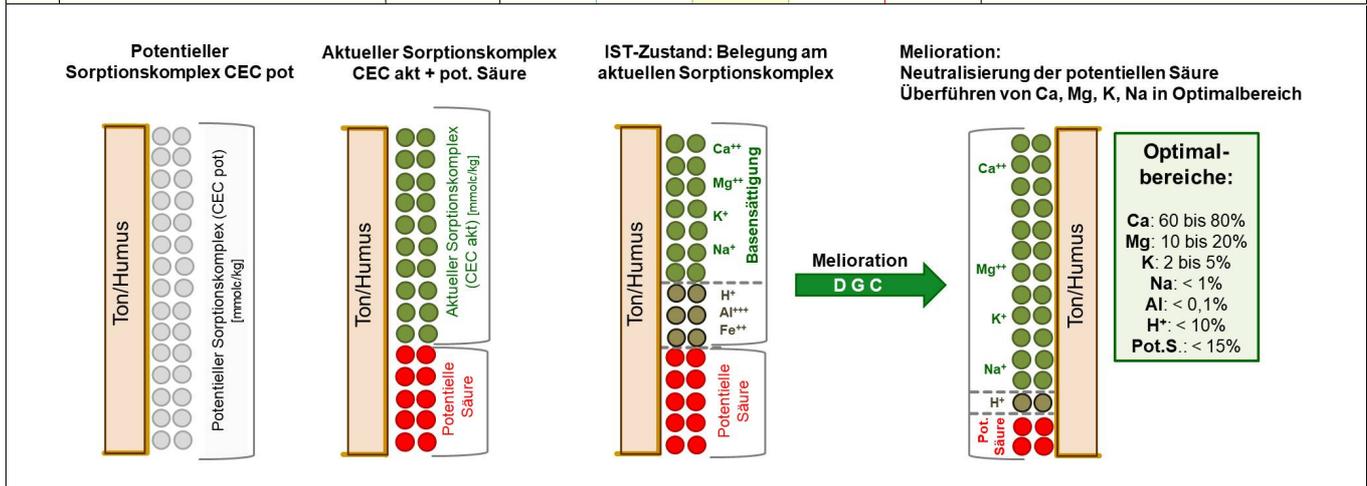
Mobilisierung der Reserven von Phosphor, Eisen und Mangan, Ergänzung von Stickstoff, Schwefel, Kupfer, Zink, Molybdän, Bor (bei Bedarf über Blattapplikationen).

BODENEIGENSCHAFTEN: Probe BD 6973

Schlagname: Schlag 1

BASISEIGENSCHAFTEN		Tiefe: 0 - 30 cm	Skelettgehalt in Vol.-%: 0					Probendatum: 12.10.2017
Parameter	Wert	sehr niedrig	niedrig	günstig	hoch	sehr hoch	Einschätzung	
Bodenschwere (KH)	43	[Bar chart]					leicht/mittelschwerer Boden	
pH Wert H2O [-log H+]	6,9	[Bar chart]					schwach sauer	
pH Wert KCl [-log H+]	6,1	[Bar chart]					schwach sauer	
Kalkgehalt CaCO3 [%]	0,0	[Bar chart]					nicht nachweisbar	
gelöste Stoffe [eL, mS/cm]	0,5	[Bar chart]					günstig	
Org.Substanz = Corg * 1,724	1,8	[Bar chart]					Gründüngung	
C/N Verhältnis der org. Substanz	10,4	[Bar chart]					N Nachlieferung aus org. Substanz	
C/P Verhältnis der org. Substanz	61,8	[Bar chart]					P Nachlieferung aus org. Substanz	
C/S Verhältnis der org. Substanz	120	[Bar chart]					S Nachlieferung aus org. Substanz	
Stabilität organische Substanz	1	[Bar chart]					Umbauprozesse im Gleichgewicht	
Stabilität Aggregate	5	[Bar chart]					Erosionsgefahr sehr hoch	

SORPTIONSKOMPLEX / Kationenaustauschkapazität (Cation-Exchange-Capacity, CEC)								
CEC potentiell	CEC potentiell [mmolc/kg]	126	[Bar chart]					pot mittel sorptionsstark
	Basensättigung in % CECpot	47	[Bar chart]					Gefahr Versauerung
	Ca in % CECpot	33,8	[Bar chart]					sehr niedrig
	Mg in % CECpot	10,3	[Bar chart]					niedrig
	K in % CECpot	2,5	[Bar chart]					günstig
	Na in % CECpot	0,8	[Bar chart]					günstig
	Al in % CECpot	0,0	[Bar chart]					günstig
	NH4N in % CECpot	0,1	[Bar chart]					günstig
	Fe in % CECpot	0,0	[Bar chart]					günstig
	Mn in % CECpot	0,0	[Bar chart]					günstig
	H in % CECpot	0,1	[Bar chart]					aktuelle Säure gering
	pot. Säure in % CECpot	52,4	[Bar chart]					sehr hoch
CEC aktuell	CEC aktuell [mmolc/kg]	60	[Bar chart]					akt sorptionschwach
	Ca in % CECakt	70,9	[Bar chart]					hoch
	Mg in % CECakt	21,7	[Bar chart]					hoch
	K in % CECakt	5,2	[Bar chart]					günstig
	Na in % CECakt	1,6	[Bar chart]					sehr hoch
	Al in % CECakt	0,0	[Bar chart]					günstig
	H in % CECakt	0,3	[Bar chart]					aktuelle Säure gering



MELIORATION in kg/ha – Maßnahmen zur Verbesserung / Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit					
min.	Dolomit* (mit 40% MgCO3)	Gips* (CaSO4 * 2 H2O)	Calk* (CaCO3)	Magnesium (Mg)	Kalium (K)
	2580 kg/ha	770 kg/ha	7070 kg/ha		290 kg/ha
org.	Aufbau Dauerhumus	Stroh am Feld lassen, Zwischenfrüchte, Gründüngungen, Kompost			
	39850 kg/ha				

*Berechnung bezieht sich auf qualitativ hochwertige, feinvermahlene Produkte!

PFLANZENERNÄHRUNG: Probe BD 6973



Schlagname: Schlag 1

Kultur: W Weizen

Ertrag: 8,0 t/ha

PLANZENVERFÜGBARE STOFFE zum Zeitpunkt der Probenahme: 12.10.2017							Tiefe: 0 - 30 cm	
Nährstoff [kg/ha]	Wert	sehr niedrig	niedrig	günstig	hoch	sehr hoch	Diff. 1	Einschätzung
Calcium (Ca)	3035							Überschuss
Magnesium (Mg)	570							ausreichend
Kalium (K)	445							extremer Überschuss
Phosphor (P)	15						20	Mangel
Ammoniumstickstoff (NH4-N)	8,8							extremer Überschuss
Nitratstickstoff (NO3-N)	68,5						(80)	Mangel
min. Stickstoff (N min)	77,3						80	Mangel
Sulfat (SO4)	49,9						20	Mangel
Eisen (Fe)	0,4						1,00	starker Mangel
Mangan (Mn)	0,33						0,30	Mangel
Kupfer (Cu)	0,02						0,06	Mangel
Zink (Zn)	0,00						0,70	starker Mangel
Molybdän (Mo)	0,00						0,05	starker Mangel
Bor (B)	0,07						0,25	starker Mangel

ORGANISCH GEBUNDENE NÄHRSTOFFE [kg/ha] und Mineralisierungspotential [kg/ha und Jahr]					
Nährstoff	Org. gebunden gesamt	Einschätzung	Mineralisierungspotential		
org. Kohlenstoff (C org)	47100	Humusaufbau	377	bis	707
org Stickstoff (N org)	4528	niedrige Reserven	36	bis	68
org. Phosphor (P org)	762	hohe Reserven	6	bis	11
org. Schwefel (S org)	391	mittlere Reserven	3	bis	6

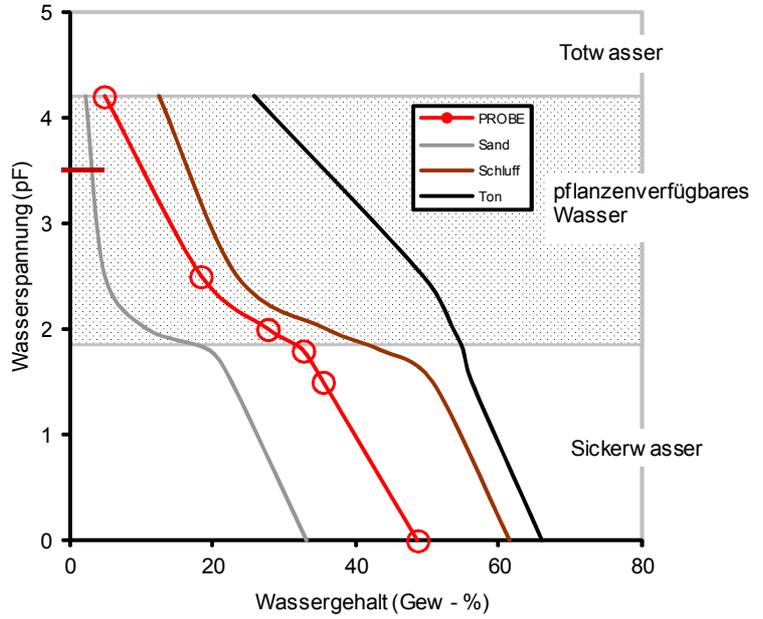
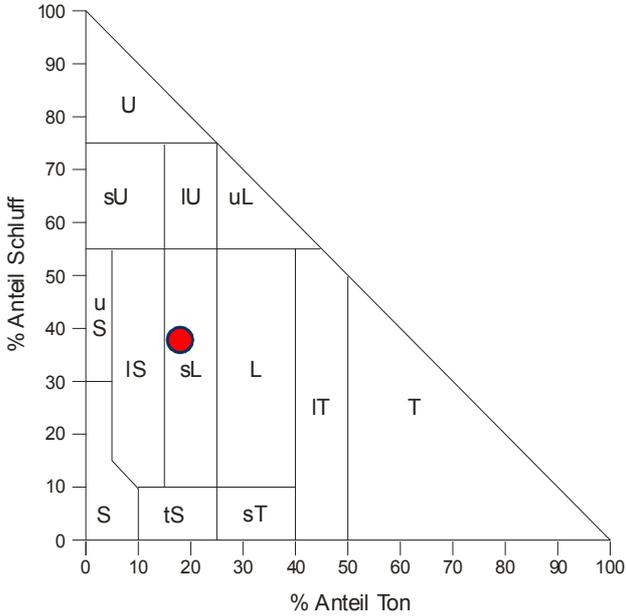
POTENTIELL TOXISCHE STOFFE in der Bodenlösung		
Aluminium (Al)		Kontaminationsgefahr
As, Ni, Cr, Pb, Cd		keine Auffälligkeiten

FRAKTIONEN: wasserlöslich, austauschbar, Reserve					
Bodenlösung [mg/l]		Austauschbar [kg/ha]		Reservegehalte [kg/ha]	
Calcium (Ca)	53,06	Calcium (Ca)	2955	Calcium (Ca)	4100
Magnesium (Mg)	14,84	Magnesium (Mg)	548	Magnesium (Mg)	1900
Kalium (K)	16,85	Kalium (K)	422	Kalium (K)	1400
Natrium (Na)	18,61	Natrium (Na)	76	Natrium (Na)	100
Ammoniumstickstoff (NH4-N)	0,39	Ammoniumstickstoff (NH4-N)	8	Stickstoff total (N tot)	4605
Nitratstickstoff (NO3-N)	43,8				
Phosphor (P)	0,29	Phosphor (P)	14	Phosphor min. (P min)	700
				Phosphor total (P tot)	2019
Sulfat (SO4)	25,51			Schwefel total (S tot)	407
Chlorid (Cl)	9,47				
Aluminium (Al)	0,30	Aluminium (Al)	0,00	Aluminium (Al)	8800
Eisen (Fe)	0,25	Eisen (Fe)	0,00	Eisen (Fe)	12900
Mangan (Mn)	0,01	Mangan (Mn)	0,31	Mangan (Mn)	1605
Bor (B)	0,05	Bor (B)	0,00	Bor (B)	5
Zink (Zn)	0,00	Zink (Zn)	0,00	Zink (Zn)	50
Kupfer (Cu)	0,01	Kupfer (Cu)	0,00	Kupfer (Cu)	25
Molybdän (Mo)	0,00	Molybdän (Mo)	0,00	Molybdän (Mo)	0

MOBILISIERUNG:	Phosphor, Eisen, Mangan
ZUFUHR:	Stickstoff, Schwefel, Kupfer, Zink, Molybdän, Bor

¹ Differenz des Pflanzenbedarfs während der gesamten Vegetationsperiode zum Zeitpunkt der Probenahme

Bodenphysikalische Ableitungen PNR.: BD 6973



Österreichisches Texturdreieck OENorm L 1050

Wasserspannung und Wassergehalt

Quelle: Stefan Diringer (2010): Gibt es in der Bodenphysik Möglichkeiten Einzelparameter durch einen einzelnen Summenparameter zu charakterisieren? Wissenschaftliche Diplomarbeit. Institut für Geographie und Regionalforschung, Universität Wien



Detailbild der Bodenprobe

Erläuterungen zu den Übersichtsblättern „Bodeneigenschaften“, „Pflanzenernährung“ und „Bodenphysikalische Ableitungen“

Basiseigenschaften (siehe Übersichtsblatt „Bodeneigenschaften“)

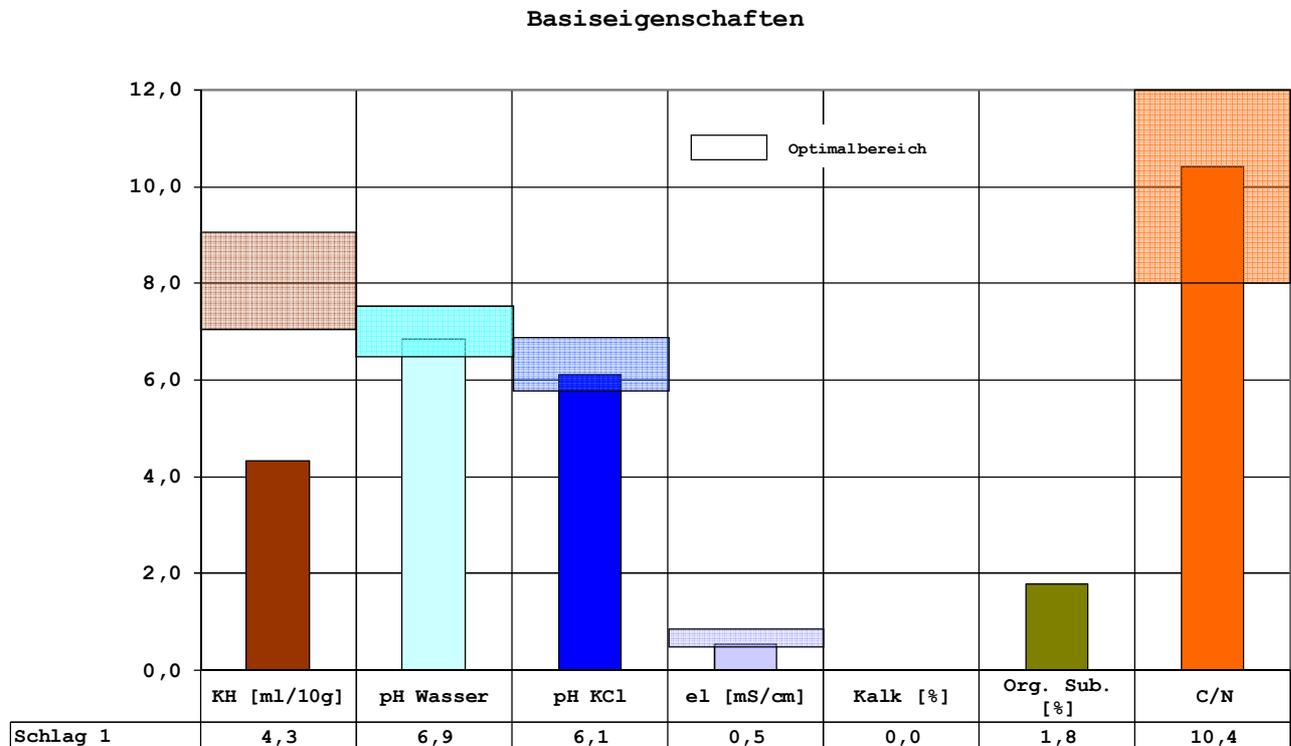


Abbildung: Basiseigenschaften des Bodens

Bodenschwere/Wasserhaushalt

Die sandige/lehmgige **Bodenart** bedingt einen **leicht/mittelschweren** Boden. Bei voller Wassersättigung kann der Boden ~ 4,3 ml Wasser pro 10 g zurückhalten, diese Menge entspricht einer Wassermenge von etwa 850 m³/ha bei 30 cm Tiefe. Bei voller Wassersättigung im Winter/Frühjahr reicht dies aus, um kurze Trockenperioden (Frühsommertrockenheit) unbeschadet zu überbrücken. Sind die angeführten Niederschlagsmengen (~600 mm) günstig über die Vegetationsperiode verteilt, ist vom Standpunkt der Wasserversorgung von ansprechenden Erträgen auszugehen.

Die **pF-Kurve** auf dem Blatt für „Bodenphysikalische Ableitungen“ zeigt, bei welchen Wassergehalten in Gewichtsprozent (Gew.%) welche Saugspannungen (pF-Werte) herrschen. Unterhalb von pF 1,8 ist das Wasser schwach gebunden (Sickerwasser) und nicht pflanzenverfügbar. Von pF 1,8 bis 4,2 liegt der Bereich des pflanzenverfügbaren Wassers. Oberhalb von pF 4,2 ist das Wasser im Boden bereits so stark gebunden, dass die „Kräfte“ der meisten Kulturpflanzen nicht mehr ausreichen, das Wasser dem Boden zu entziehen, die Pflanzen welken („Welkepunkt“). Der energetische „Knackpunkt“ liegt bei pF 3,5. Ab dieser Saugspannung benötigt die Pflanze mehr Energie dem Boden Wasser zu entziehen, als über die Photosynthese gebunden werden kann. Besteht die Möglichkeit einer Bewässerung sollte spätestens bei der Saugspannung von 3,5 (im Diagramm rot markiert) begonnen werden.

Um den aktuellen Zustand der Wasserspannung festzustellen genügt es, eine repräsentative Bodenprobe zu entnehmen. Diese wird im feuchten und trockenen Zustand gewogen, der Gewichtsunterschied entspricht dem Wassergehalt. Mit dem Relativbezug (Wassergehalt in %) kann direkt über die pF-Kurve der Abbildung die Saugspannung der Probe abgelesen werden.

Aggregatstabilität

Die **Aggregatstabilität** ist **sehr schlecht**, beim Ausschütteln der Probe mit Wasser war die überstehende Flüssigkeit **sehr stark getrübt**. Die Trübung beruht darauf, dass Bodenteilchen in Suspension gehen. In der Natur kann dies bedeuten, dass Aggregate beispielsweise durch Regenschlag sowie bei Bearbeitung oder Befahrung des Bodens zerstört werden. Dies kann zu **Verschlämmung** sowie verminderter Infiltrationsfähigkeit des Bodens und damit zu Problemen im Wasser- und Lufthaushalt führen. Die **Erosionsgefahr** ist **sehr hoch**, Maßnahmen zum Erosionsschutz sollten routinemäßig durchgeführt werden. Die Stabilität der Aggregate soll gestärkt werden (Zufuhr von Calcium als flexible Brücke zwischen Tonteilchen).

pH-Wert

Der pH_{Wasser} liegt im schwach sauren Bereich (**6,9**), im Neutralsalz liegt der **pH**-Wert (KCl) bei schwach sauren **6,1**. Das Puffersystem liegt im Bereich des **Austauscherpuffers**. Die Differenz der beiden pH-Werte erlaubt einen Rückschluss auf die biologische Aktivität des Bodens. Als günstig haben sich Differenzen zwischen 0,5 und 1,5 pH-Einheiten erwiesen. Bei der vorliegenden Probe ist mit 0,8 pH-Einheiten vom Standpunkt der Säuresituation eine rege Mikroorganismenaktivität zu erwarten.

Bodenlösung

Die **elektrische Leitfähigkeit** kennzeichnet die Menge an gelösten Salzen, beträgt **0,5 mS/cm** und liegt innerhalb des günstigen Bereiches (0,5 bis 1) für die Vegetationsperiode. ACHTUNG: zu Vegetationsende oder in der Vegetationsruhe sind niedrigere Werte günstiger! Die gelösten Salze (siehe auch wasserlösliche Fraktion am Analyseblatt) sind wichtig für die Pflanzenernährung (über Transpirationssog) und für die Aggregatstabilität.

Der Standort ist **aktuell sorptionsschwach**, bei Niederschlagsereignissen ist mit der **Auswaschung** von Elementen aus der Bodenlösung zu rechnen. Die Anwendung von leicht löslichen Stoffen sollte nur in Ausnahmefällen erfolgen und die Menge unbedingt an das aktuelle Entwicklungsstadium des Pflanzenbestandes angepasst werden.

Folgende Elemente sind in der Bodenlösung für die elektrische Leitfähigkeit verantwortlich (siehe wasserlösliche Fraktion am Übersichtsblatt „Pflanzenernährung“):

Tabelle 1: Zusammensetzung der Bodenlösung, Konzentrationen in mg/l

Nährstoff	Schlag 1
Ca	53,06
Mg	14,84
K	16,85
Na	18,61
NH ₄ -N	0,39
NO ₃ -N	43,80
P	0,29
SO ₄	25,51
Cl	9,47
Al	0,30
Fe	0,25
Mn	0,01
B	0,05
Zn	0,00
Cu	0,01
Si	6,42

Die Bodenlösung ist das wichtigste Medium für die Pflanzenernährung. Die Wurzeln können ausschließlich gelöste Stoffe aufnehmen. Die Bodenlösung sollte eine „Idealzusammensetzung“ der einzelnen Nährstoffe besitzen, da die Selektivität der Pflanzenaufnahme für bestimmte Nährstoffe nur aus der „Ideallösung“ optimal funktioniert.

Kalium (**K**) ist im Verhältnis zu Magnesium (**Mg**) und Calcium (**Ca**) in günstiger Konzentration gelöst. Die Phosphor (**P**) Konzentration liegt im **oberen Bereich**. Die **Spurenelementversorgung** ist bis auf Zink (Zn) gut.

Das Verhältnis von $\text{NO}_3\text{-N}$ zu $\text{NH}_4\text{-N}$ ist in Richtung des $\text{NO}_3\text{-N}$ verschoben. Dies ist günstig und deutet auf eine ausreichende Durchlüftung für die stickstoffoxidierenden Bakterien hin.

Die wasserlöslichen Anteile an Aluminium (Al) sind erhöht, eine Kontamination von Nachbarsystemen (z.B. Grundwasserkörper) kann nicht ausgeschlossen werden. Al in der Bodenlösung kann die Aufnahme von Phosphor (P), Calcium (Ca) und Magnesium (Mg) stark beeinträchtigen und kann daher die Ursache für sichtbare P-, Ca- und Mg-Mangelsymptome sein.

Organische Substanz

Der Gehalt an **organischer Substanz** ist für einen Ackerstandort dieser Schwereklasse niedrig und sollte erhöht werden. Dazu sollten Ernterückstände am Feld bleiben (wichtig: Strohrotte!), regelmäßig Gründüngungen und Zwischenfrüchte angebaut sowie Kompost zugeführt werden.

Das C/N Verhältnis von **10,4** ist günstig. Bei optimalem Witterungsverlauf (Temperatur, Feuchte) können durch mikrobiologische Prozesse während einer Vegetationsperiode die am Übersichtsblatt „Pflanzenernährung“ unter „**Mineralisierungspotential**“ angeführten Mengen an Stickstoff (N), Phosphor (P) und Schwefel (S) mineralisiert werden. Die mineralisierten Nährstoffe können von den Pflanzen aufgenommen werden und einen wichtigen Beitrag zu deren Ernährung leisten.

Sorptionskomplex (siehe Übersichtsblatt „Bodeneigenschaften“)

Die organische Substanz und die Tonteilchen können im Boden Nährstoffe anlagern und gegenüber Auswaschung schützen. Da sie eine Ladung besitzen, wirken sie wie „**Magneten**“ und werden als Sorptionskomplex/Austauscher bezeichnet. Die Stärke der Magneten, das heißt die Anzahl der Ladungen, die anlagert werden können, wird Austauschkapazität (international: Cation Exchange Capacity (CEC)) genannt.

Sorptionskomplex potentiell (CEC potentiell): Potential des Standortes

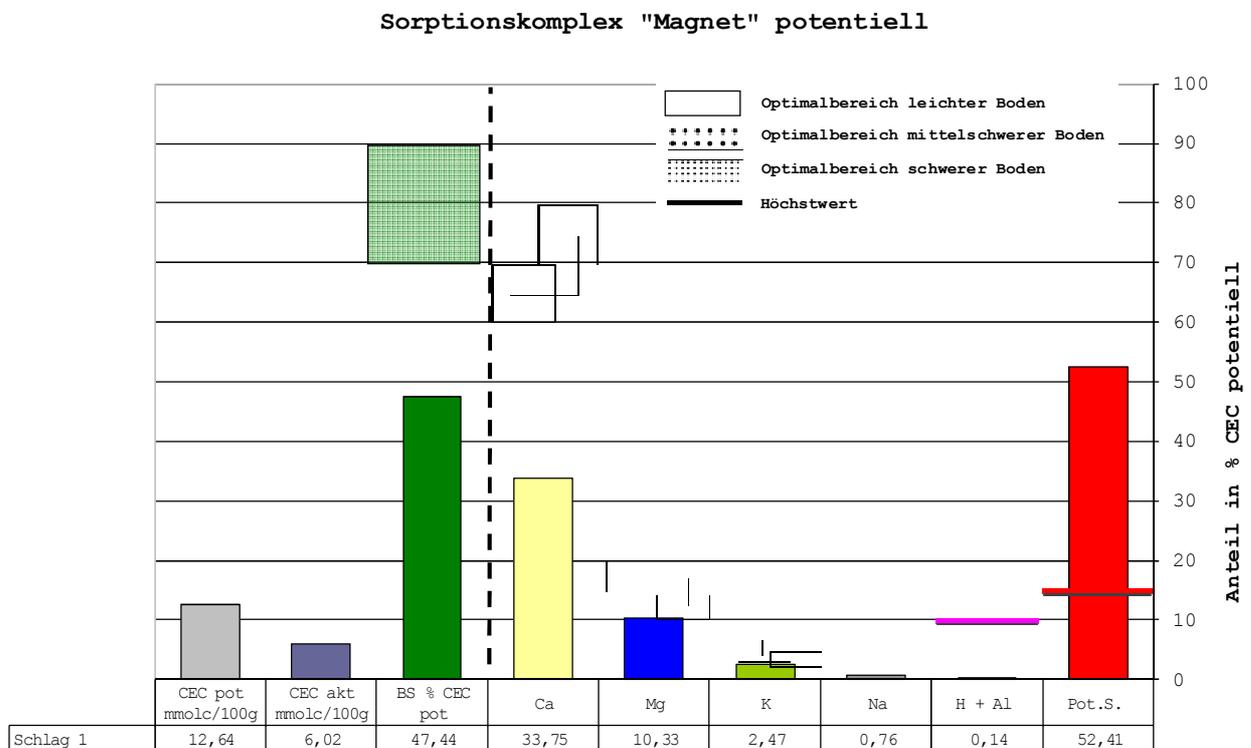


Abbildung: Zusammensetzung des potentiellen Sorptionskomplexes (CEC pot)

Beim untersuchten Boden (s. Abbildung oben) beträgt die Gesamtkapazität (**CEC pot**) des Sorptionskomplexes **12,6 mmolc/100g** und ist auf die organische Substanz und auf die Tonminerale, Oxide und Hydroxide zurückzuführen. Die aktuelle Austauschkapazität beträgt **6 mmolc/100g (=CEC akt)**. Der Boden ist aktuell als **sorptionsschwach** zu bezeichnen.

Die **Basensättigung (BS)**, der prozentuelle Anteil der Summe von Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Kalium (K) und Natrium (Na) am CEC pot, liegt mit 47% deutlich unterhalb des gewünschten Bereiches (70-90%). Das Vermögen weitere Säureinträge abzapuffern ist mäßig ausgeprägt. Es besteht die unmittelbare Gefahr, dass der Standort **weiter versauert** und die **Bodenfruchtbarkeit gefährdet** wird.

Die **Bodenfruchtbarkeit** wird durch das komplexe Zusammenwirken mineralogischer, physikalischer, chemischer und biologischer Wachstumsfaktoren bestimmt. Dazu zählen z.B. der Gehalt und die Verhältnisse an pflanzenverfügbaren Nährstoffen, die Bodenreaktion, die Durchlässigkeit und Speicherkapazität für Wasser und Luft, der Humusgehalt sowie die biologische Aktivität. Diese Faktoren bilden die Grundlage, um in Verbindung mit Witterung und Bewirtschaftung den Ertrag **dauerhaft** und **umweltverträglich** zu optimieren.

Beim untersuchten Boden wird derzeit das Potential der Bodenfruchtbarkeit nicht ausgeschöpft. Die potentielle Säure (**pot.S.**) am Sorptionskomplex ist mit 52% sehr hoch, die Stoffverhältnisse liegen nicht im Optimalbereich, die Anteile von Ca und Mg sind niedrig bzw. sehr niedrig (siehe Abb. oben).

Im Zuge von Austauschprozessen werden Nährstoffe (z.B. Ca, Mg, K) durch Säuren vom Sorptionskomplex verdrängt, die Säuren lagern sich im Gegenzug an. Dieser Prozess der Nährstoffmobilisierung ist für die Ernährung der Kulturpflanzen über die Vegetationsperiode von essentieller Bedeutung.

Zur Aufrechterhaltung dieser Prozesse ist es notwendig, dass Teile der angelagerten Säuren in regelmäßigen Abständen neutralisiert werden. Das Überschreiten einer bestimmten Säuremenge am Sorptionskomplex führt dazu, dass die Säuren immer stärker angelagert werden und nicht mehr an den Austauschreaktionen teilnehmen (= „**Potentielle Säure**“). Durch diese Blockade von Sorptionsplätzen wird die aktuelle Austauschkapazität reduziert (roter Balken in Abbildung oben). Gleichzeitig reduzieren sich die Anteile an Ca, Mg und K, die Differenz zu den optimalen Wertebereichen wird immer größer (gelber/blauer/grüner Balken in Abbildung).

Durch die Zufuhr der Stoffe, die im Übersichtsblatt „Bodeneigenschaften“ unter „**Melioration**“ angeführt sind, werden die potentielle Säure mobilisiert und neutralisiert (roter Balken sinkt) und die Anteile an Ca und Mg wieder in die optimalen Wertebereiche überführt.

Die Mengen an Dolomit/Gips/Kalk sollten pro Anwendung im Normalfall 1.500 kg pro Hektar und Jahr nicht überschreiten.

Nach vollständiger Umsetzung der Melioration sollte das Ertragspotential wiederhergestellt sein. Zur Sicherung des Ertragspotentials müssen danach regelmäßig Bodenpflegemaßnahmen durchgeführt werden.

Sorptionskomplex aktuell (CEC aktuell): IST-Zustand

Auf Grund der Blockade von Bereichen der Austauscherflächen durch die potentielle Säure (pot.S.) können sich Ca, Mg und K nur am noch aktiven Anteil anlagern. Zur Bewertung des aktuellen Zustandes muss deshalb der aktive Anteil als Bezugsgröße herangezogen werden (CEC akt). Dies entspricht der Situation, welche die Pflanzenwurzeln und Mikroorganismen derzeit vorfinden.

Die Verhältnisse der Stoffe zueinander bilden dabei einen wesentlichen Schlüsselfaktor zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit (Pflanzenernährung, Biologie, Aggregatstabilität, Luft/Wasserverhältnisse).

Nachfolgende Tabelle stellt die Verteilung der Stoffe am Sorptionskomplex dar, bei welcher optimale Verhältnisse herrschen (SOLL). Dem SOLL-Zustand ist die Zusammensetzung des aktuellen Sorptionskomplexes der analysierten Bodenprobe gegenübergestellt. Die optimalen Wertebereiche sind abhängig von verschiedenen Basisparametern.

Tabelle 2: Optimalbereiche zu gemessenen Werten am aktuellen Sorptionskomplex in %

	Ca	Mg	K	Na	(H+Al)
SOLL	60-70	13-18	2-5,5	< 1	< 10
Schlag 1	70,9	21,7	5,2	1,6	0,3

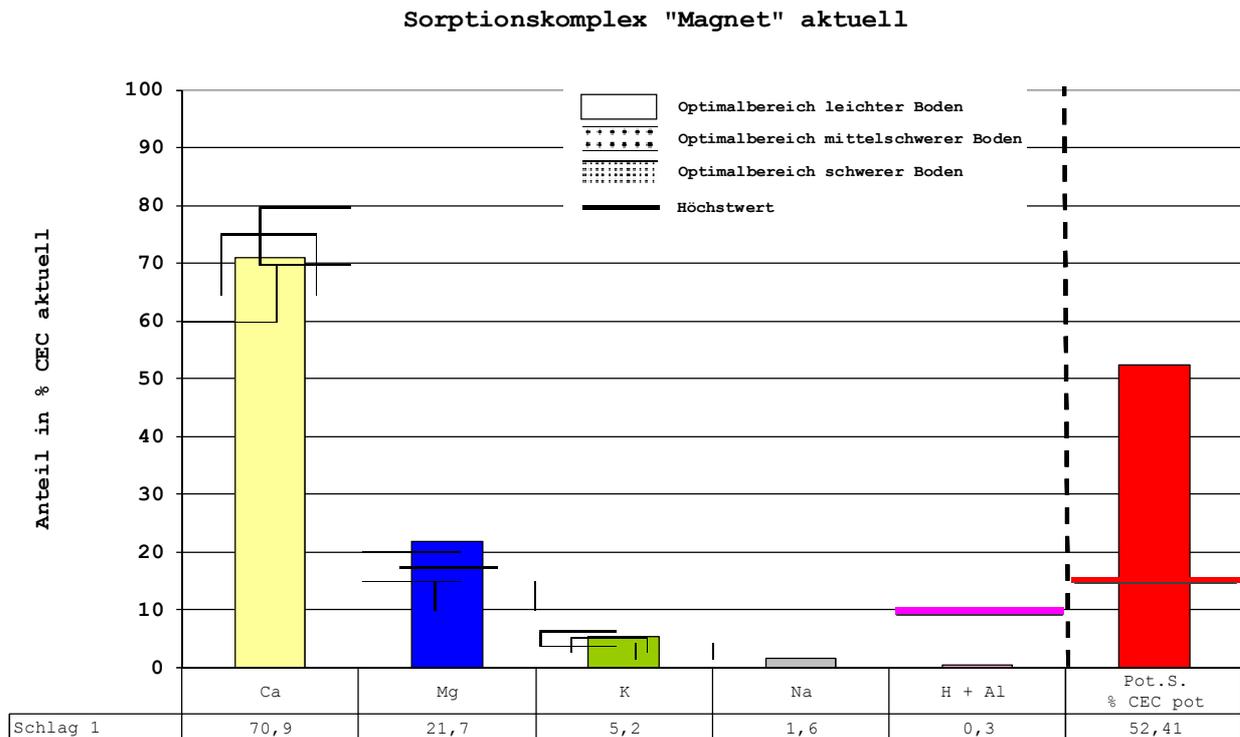


Abbildung: Zusammensetzung des aktuellen Sorptionskomplexes (CEC akt) sowie Anteil der potentiellen Säure (Pot. S.) am CEC pot

Die Pflanzenwurzeln und Mikroorganismen finden eine **ungünstige** Verteilung von Stoffen am aktuell genutzten Anteil des Sorptionskomplexes (**CEC akt**) vor. Der Anteil von **Ca** liegt oberhalb des Optimalbereichs, jener von **Mg** im Überschuss. **K** liegt im Optimalbereich. **Na** ist sehr hoch.

Bei Böden dieser Schwereklasse sollten der Ca-Anteil am Sorptionskomplex zwischen 60 und 70%, jener von Mg zwischen 13 und 18% liegen, um eine optimale Aggregatstabilität zu erreichen.

Der Anteil an **potentieller Säure (pot. S.)** ist sehr hoch (s. oben).

Wie bereits oben angeführt wird zur Abpufferung eines Teiles der potentiellen Säure und zur Harmonisierung der Stoffverhältnisse die Zufuhr der am Übersichtsblatt „Bodeneigenschaften“ unter „**Melioration**“ angegebenen Stoffe empfohlen. Wichtig ist die Zufuhr aller Stoffe, da man ansonsten die Verteilung der Kationen negativ beeinflusst.

Beurteilung der Nährstoffe (siehe Übersichtsblatt „Pflanzenernährung“)

Im Folgenden werden die Nährstoffe Calcium (Ca), Stickstoff (N), Kalium (K), Magnesium (Mg) und Phosphor (P) sowie deren Pools beschrieben.

Calcium

Calcium (Ca) ist einer der wichtigsten Nährstoffe. Ca stabilisiert als „Zellmörtel“ das pflanzliche Gewebe und ermöglicht dadurch erst die Ausnutzung vieler anderer Nährstoffe. Diese Funktion bedingt, dass Ca in der Pflanze nicht mobil ist und somit über die gesamte Vegetationsperiode von den Wurzeln aufgenommen werden muss! Bestimmte Kulturen wie Raps und Leguminosen haben einen höheren Calcium- als Kaliumbedarf!

Ca liegt im Boden in verschiedenen Bindungsformen vor (karbonatisch z.B. Kalk, silikatisch z.B. Feldspäte). Die Nachlieferung erfolgt über Prozesse der Verwitterung (Versauerung). Austauschbares Ca am Sorptionskomplex steht im Fließgleichgewicht mit dem Ca in der Bodenlösung.

Bei *kalkfreien* Böden im Austauscherpufferbereich ist Ca häufig das „Hauptkation“ in der Bodenlösung. Bei erhöhter potentieller Säure im Austauscherpuffer, sowie im Silikat-, Aluminium- und Eisenpufferbereich, kann das Verhältnis der (molaren) Ca-Konzentration zum Aluminium verschoben werden. Dies kann zu Wachstumsdepressionen bis hin zur Wurzeltoxizität führen.

Eine ausreichende Ca-Versorgung kann durch die Zufuhr von verschiedenen Ca-Quellen erfolgen: Dolomit, Gips und Kalk (siehe Melioration). Die Zufuhr an DGC ist mehr als die gezielte Neutralisation bestimmter Säureanteile, es ist auch eine Ca-Düngung!

Stickstoff

Die Stickstoffversorgung ist zum Zeitpunkt der Probenahme mangelhaft. Die Stickstoffernährung der Pflanzen kann durch verschiedene Maßnahmen unterstützt werden:

- biologische N-Fixierung (Knöllchenbakterien, frei lebende N-bindende Bakterien)
- Zufuhr von organischen Stoffen (N organisch gebunden, N mineralisch)
- Zufuhr von mineralischen N-Düngern (Ammonium, Harnstoff, Nitrat, ...).

Welche N-Formen und welche Mengen den besten Ertrag bringen, hängt von den spezifischen Bedingungen des Standortes (z.B. Feuchte, Temperatur, Luftkapazität) und den Ansprüchen der Kultur ab.

Das Mineralisierungspotential liegt bei diesem Standort bei etwa 36 bis 68 kg/ha/Jahr. Die Mineralisierungsrate ist abhängig von den Feuchte- und Temperaturbedingungen sowie von den Milieubedingungen für die Mikroorganismen (Säuremilieu, Nährstoffversorgung).

Fraktionen von K, Mg, P in kg/ha

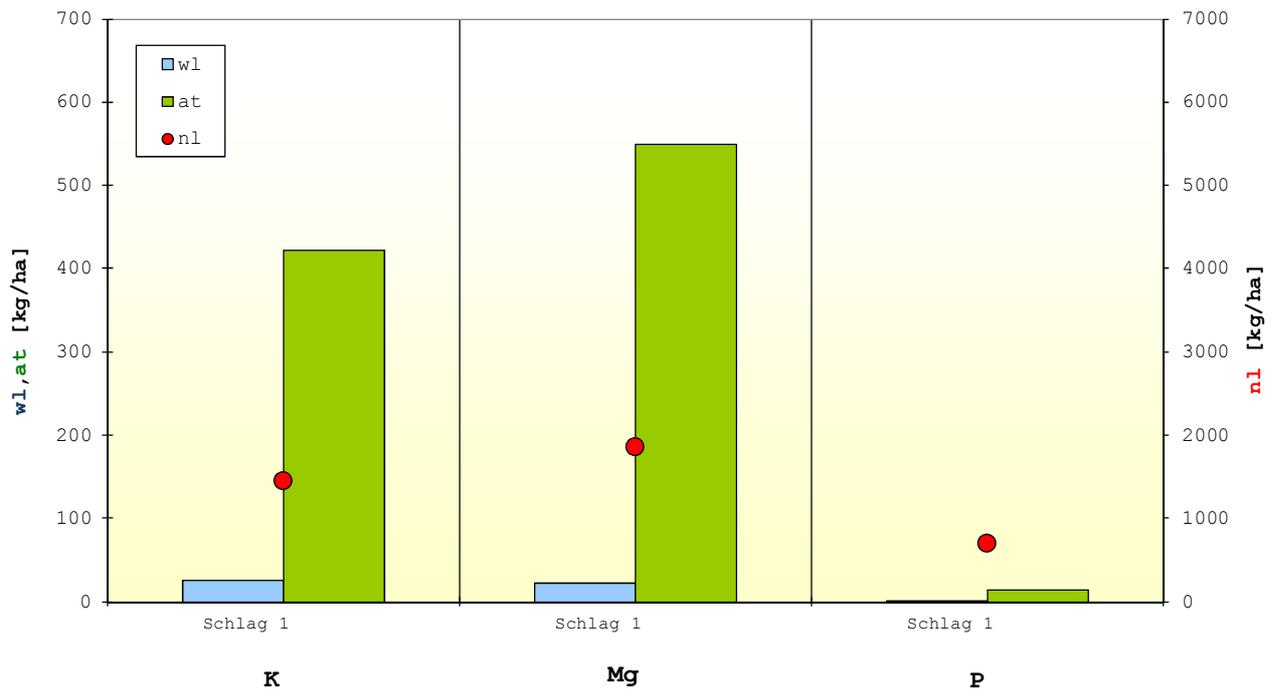


Abbildung: Fraktionen der Nährstoffe K, Mg, P (wl=wasserlöslich, at=austauschbar, nl=nachlieferbar).
Alle Gehalte sind Nettowerte (at ohne wl, nl ohne at und ohne wl)

Die Abbildung oben und die folgenden Tabellen stellen die **pflanzenverfügbaren** (= wasserlöslichen + austauschbaren) Anteile von Kalium, Magnesium und Phosphor zum **Zeitpunkt der Probenahme** dar. Die **nachlieferbaren** Anteile können durch verschiedene Prozesse im Laufe der Vegetationsperiode zum Teil mobilisiert (= pflanzenverfügbar) werden.

Bei dieser **Momentaufnahme** ist es ökologisch nicht sinnvoll, dass die gesamte Menge an Nährstoffen, welche die angeführte Kultur beim angegebenen Ertragsniveau über die gesamte Vegetationsperiode benötigt, in einer leicht verfügbaren Form zur Verfügung steht.

Am Übersichtsblatt „Pflanzenernährung“ sind **Nährstoffe** und **potentiell toxische Stoffe** in verschiedenen Fraktionen (wasserlöslich, austauschbar, Reserve) tabellarisch gegenübergestellt.

Kalium

Tabelle 3: verschiedene K-Pools des Bodens, Schlag 1

Element	Verfügbarkeit	Menge kg/ha	Bemerkung
K	wasserlöslich	25,2	ausreichend
K	austauschbar	422	extremer Überschuss
K	nachlieferbar	1450	Reserven sehr hoch

Magnesium

Tabelle 4: verschiedene Mg-Pools des Bodens, Schlag 1

Element	Verfügbarkeit	Menge kg/ha	Bemerkung
Mg	wasserlöslich	22,2	ausreichend
Mg	austauschbar	548	Zufuhr für Melioration
Mg	nachlieferbar	1850	Reserven sehr hoch

Phosphor

Tabelle 5: verschiedene P-Pools des Bodens, Schlag 1

Element	Verfügbarkeit	Konzentration mg/l	Menge kg/ha	Menge in % P total	Bemerkung
P	wasserlöslich	0,29	0,6	0,03	ausreichend
P	austauschbar		14	1	Mangel
P	nachlieferbar		700	35	min. Reserven hoch
P	organisch		762	38	org. Reserven hoch
P	total		2019		Gesamtgehalte hoch

Die P-Konzentration in der **Bodenlösung** beträgt **0,29 mg/l** und liegt an der unteren Grenze des Bereiches für eine gute Pflanzenentwicklung. Insgesamt sind P ca. **15 kg/ha** in **pflanzenverfügbarer** Form vorhanden. Diese Menge ist für die gesamte Vegetationsperiode nicht ausreichend. Es kann aber damit gerechnet werden, dass je nach Temperatur und Feuchteverhältnisse durch mikrobiologische und chemische Prozesse laufend P aus den Reservefraktionen mobilisiert wird.

Der **säurelösliche Reservepool** ist mit P ca. **700 kg/ha** gut aufgefüllt, die **organischen Reserven** sind mit etwa **760 kg/ha** hoch. Zur nachhaltigen Sicherung der P-Versorgung sollten Maßnahmen gesetzt werden die nachhaltig P aus den **Reservepools mobilisieren**. Dazu eignen sich mehrere Strategien wie:

- Verbesserung und Stabilisierung des Puffersystems (z.B. Zufuhr von Dolomit, Kalk)
- Förderung der mikrobiellen Aktivität (z.B. Verbesserung der Durchlüftung, Versorgung mit Spurenelementen, Gründüngungen, Zwischenfrüchte, Stroh am Feld belassen)
- Ionenkonkurrenz (z.B. Silikate)
- Anbau P-aufschließender Pflanzen (z.B. Buchweizen, weiße Lupine)
- Zufuhr P-aufschließender Bakterien (megaterium phosphaticum)

Spurenelemente

Fraktionen von Si, Fe, Mn in kg/ha

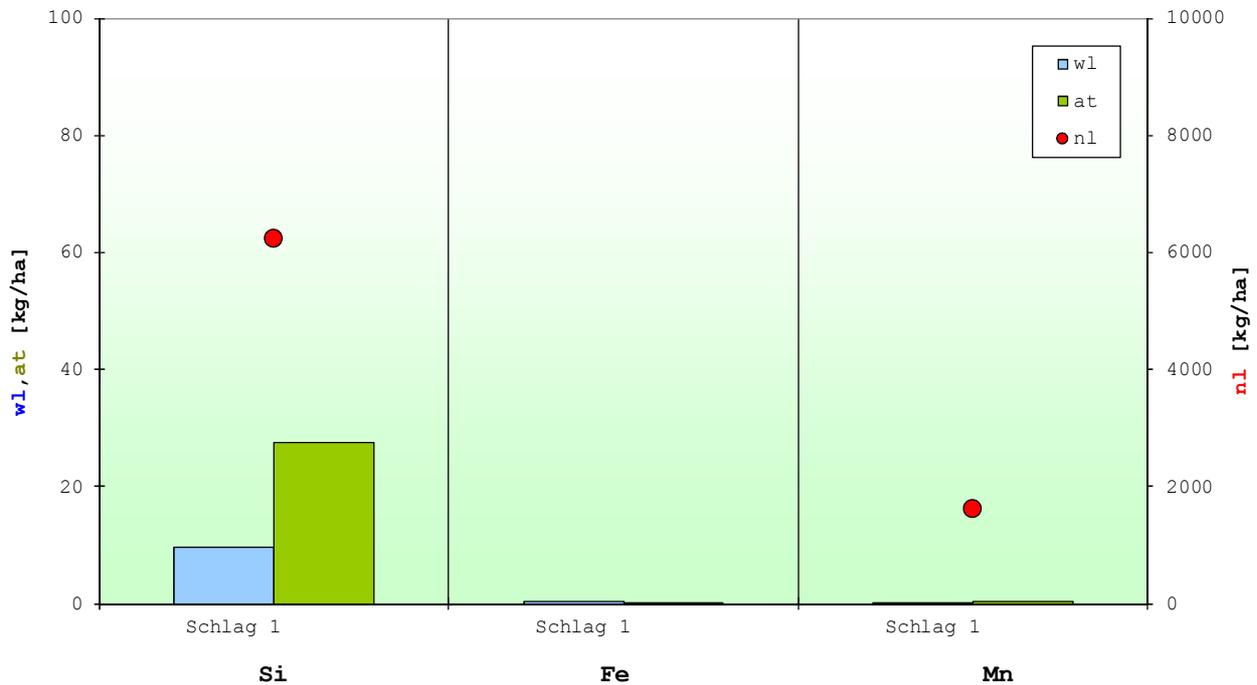


Abbildung: Fraktionen der Nährstoffe Si, Fe, Mn (wl=wasserlöslich, at=austauschbar, nl=nachlieferbar). Alle Gehalte sind Nettowerte (at ohne wl, nl ohne at und ohne wl)

Fraktionen von Cu, Zn, B in kg/ha

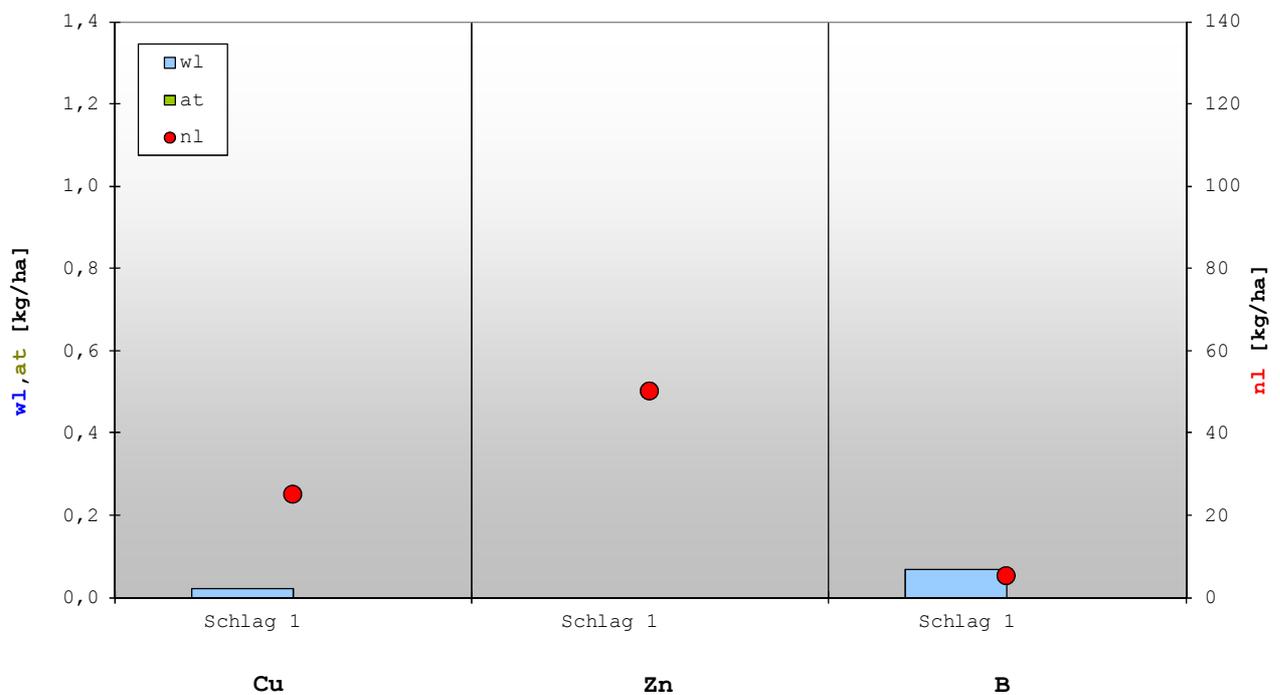


Abbildung: Fraktionen der Nährstoffe Cu, Zn, B (wl=wasserlöslich, at=austauschbar, nl=nachlieferbar). Alle Gehalte sind Nettowerte (at ohne wl, nl ohne at und ohne wl)

Tabelle 6: Spurenelemente in verschiedenen Pools, Schlag 1

Element	Pflanzenverfügbar kg/ha	Reservepool kg/ha	Differenz zum Gesamtbedarf *) kg/ha
Si	37	6240	Si kann P mobilisieren
Fe*	0	12900	1,00
Mn*	0,33	1605	0,30
Cu	0,02	25,0	0,06
Zn	0,00	50,0	0,70
Mo	0,00	0,00	0,05
B	0,07	5,00	0,25
Co	0,00	20,56	keine

*) Differenz des Pflanzenbedarfs während der gesamten Vegetationsperiode zum Zeitpunkt der Probennahme.

* Die Reservegehalte an Eisen (**Fe**) und Mangan (**Mn**) sind hoch. Fe und Mn werden im Boden vor allem durch reduktive Bedingungen (=Luftmangel) und Säure mobilisiert. Nach Niederschlagsereignissen und bei feuchten Bedingungen sind viele Bodenporen mit Wasser gefüllt, Fe und Mn werden ausreichend mobilisiert. In Trockenphasen werden Fe und Mn stark gebunden. Einige Pflanzen wie z.B. Sonnenblumen entwickeln bei Fe-Mangel spezielle Wurzeln (Proteoidwurzeln), um vermehrt Fe aus dem Boden zu mobilisieren. Tritt tatsächlich ein Fe- und Mn-Mangel auf, ist die Zufuhr über das Blatt zu empfehlen.

Toxische Elemente

Die wasserlöslichen Gehalte an Aluminium (**Al**) können Nachbarsysteme (z.B. Gewässer) gefährden. Al in der Bodenlösung kann die Aufnahme von Phosphor (**P**), Calcium (**Ca**) und Magnesium (**Mg**) stark beeinträchtigen und kann daher die Ursache für sichtbare P-, Ca- und Mg-Mangelsymptome sein.

Durch eine Verbesserung des Puffersystems (z.B. Zufuhr von DGC – Dolomit/Gips/Calk, siehe Melioration) wird Al in festere Bindungsformen überführt, das Gefährdungspotential wird reduziert.

Mit freundlichen Grüßen

Univ.Lek. DI. Hans Unterfrauner

Bemerkung: Die Interpretation und die empfohlenen Maßnahmen beziehen sich auf die eingeschickte Bodenprobe. Für die Qualität der Probenziehung und der Bodenprobe wird keine Haftung übernommen.

BODENUNTERSUCHUNG

Auftraggeber:	BoWaSan	Labor Nr.:	agr17-1198.1
Adresse:	Liebenauer Hauptstraße 34	Bezeichnung:	2904 Boden
	8041 Graz	Kulturart:	
Standortbezeichnung:	TR2911	Tiefe:	0-20cm Ertrag: t
Probenahmedatum:			

PARAMETER	SYMBOL	EINHEIT	WERT	PARAMETER	I H ₂ O	II Ausb	III Nachl	IV Gesamt
Bindig.Schwere	KH	-	43,2	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Leitfähigkeit	eL	mS/cm	0,547	Ca	22,92	854,85	911,23	2134
Kalkgehalt	CaCO ₃	%		Mg	6,41	158,65	412,74	3041
Wassergehalt	WGF	%	5,74	K	7,28	122,04	317,69	2439
Reaktion (w)	pH-H ₂ O	-	6,86	Na	8,04	22,05	20,96	101,40
Reaktion (n)	pH-CaCl ₂	-		NH ₄ -N	0,17	2,38		
Reaktion (a)	pH-KCl	-	6,10	H	0,02	0,18		
Austauschkap. (T)	CEC _p	mmolc/100g	12,64	Al	0,13	<0,1689	1952	15280
Basensättigung	BS	% CECp	47,46	Ba	0,03	1,54	50,31	82,81
aktiver T-Ant.	Ta/Tp		0,48	PO ₄	0,39	9,48	642,14	1388
Ca- Anteil an T	Ca%	% CECp	33,75	P	0,13	3,09	209,42	452,68
Mg- Anteil an T	Mg%	% CECp	10,32	NO ₃ -N	18,92			
K- Anteil an T	K%	% CECp	2,47	SO ₄	11,02			
Na- Anteil an T	Na%	% CECp	0,76	Cl	4,09			
NH ₄ -N- Anteil an T	NH ₄ -N%	% CECp	0,13	HCO ₃	20,05			
H ⁺ - Anteil an T	H ⁺	% CECp	0,14	SiO ₃	7,51	21,69	3730	
Al- Anteil an T	Al%	% CECp	<0,01	BO ₃	0,14	<0,46	7,54	83,78
Ba- Anteil an T	Ba%	% CECp	0,02					
Pot.Säureanteil	Sp%	% CECp	52,40	Ag	<0,0030	<0,0375	<2,00	<5,00
Abb.org.Substanz	AOS	%	1,78	Fe	0,11	<0,4504	2844	16700
Org. Kohlenstoff	C _{org}	%	1,04	Mn	0,0044	0,09	354,91	434,60
Ges. Stickstoff	N _t	mg/kg	1000	Cu	0,0058	<0,0385	5,20	10,24
Org. Stickstoff	N _{org}	mg/kg	978,4	Zn	<0,0086	<0,0469	10,60	38,65
Min. Stickstoff	N _{min}	mg/kg	21,6	Co	<0,0006	<0,0160	4,54	8,79
H ₂ O-lösl.Stickstoff	N _l	mg/kg	19,1	Mo	<0,0017	<0,0375	<0,0700	<0,1900
Ges. Schwefel	S _t	mg/kg	90,0	B	0,02	<0,0845	1,39	15,41
Ges. Phosphor	P _t	mg/kg	446,0	Sn	0,0037	0,08	<0,70	<1,70
Org. Phosphor	P _{org}	mg/kg	168,3	Se	<0,0259	<1,1261	<3,60	<9,00
Min. Phosphor	P _{min}	mg/kg	277,7	As	<0,0156	<0,7507	0,80	7,63
C/P-Verhältnis	C/P	m/m	61,6	Ni	0,0056	<0,0338	4,22	18,51
C/S-Verhältnis	C/S	m/m	115,1	Cr	0,0012	0,13	2,68	28,89
C/N-Verhältnis	C/N	m/m	10,4	Pb	<0,0043	<0,0938	12,19	17,18
Rel.H ₂ O-Kapaz.	RWK	%Gew.		Cd	<0,0003	<0,0103	0,12	0,20
Feuchtdichte	FDICHTE	g/l		Hg				
Trockendichte	TDICHTE	g/l		Tl	<0,0259	<0,9384	<4,00	<10,00
Extrverh. I	EXI	l/kg	0,43	V	0,0006	<0,0084	6,64	26,55
Extrverh. II	EXII	l/kg	9,38					
Färbung/Trübung	FT		15					

Ausfertigung: 07.11.17

Probeneingang: 12.10.17
Anmerkung: