

Die wirtschaftliche und sozialpolitische Situation, wie sie einleitend dargestellt wurde, macht deutlich, daß die Zuckerrohrbetriebe Perus den Weg zur Mechanisierung der Erntearbeiten beschreiten müssen, um ihre Erzeugerpreise senken und wirtschaftlicher produzieren zu können. Das mitgeteilte Ernteverfahren ist ein Schritt auf diesem Wege. Es haften ihm noch viele Mängel an, die sich jedoch durch Verbesserung des Gerätes abschwächen lassen werden.

Die praktische Auswertung von Bodenanalysen in Tansania

Von Eberhard Jelinek

Ein zufriedenstellendes Gedeihen der Kulturpflanzen kann nur dann erwartet werden, wenn Haupt- und Mikronährstoffe in einem günstigen Verhältnis zueinander stehen. Daß Struktur des Bodens und „Lebendverbauung“ eine bedeutende Rolle spielen, bedarf keiner Erläuterung.

Der Pflanze hat die Möglichkeit, den Standort seiner Kulturen durch Düngungs-, Pflege- und Fruchtfolgemassnahmen zu beeinflussen und bei genauer Kenntnis der biochemischen und physikalischen Vorgänge sollte eine weitgehende Annäherung an optimale Lebensbedingungen auf keine unüberwindbaren Schwierigkeiten stoßen.

Es sollen hier praktische Schlußfolgerungen aufgrund von Bodenuntersuchungsergebnissen gezogen werden. Dabei muß man sich aber darüber klar sein, daß dem Aussagewert von chemischen Bodenanalysen für die praktische Düngung Grenzen gesetzt sind. Mit keiner der heute bekannten chemischen oder biologischen Methoden kann man nämlich die Nährstoffaufnahme der Kulturpflanzen aus dem Boden so genau nachahmen, daß die pflanzenverfügbaren Nährstoffmengen sicher erfaßt werden. Daß die chemische Bodenuntersuchung trotzdem eine wertvolle Hilfe für die Betriebsführung ist, wird an einigen Beispielen demonstriert. Die dargestellten Erfahrungswerte beziehen sich auf das tropische Tiefland im ostafrikanischen Raum mit einer jährlichen Niederschlagsmenge von 700 bis 1000 mm.

Bodenproben werden hauptsächlich aus einer Tiefe von 0—20 cm genommen, aber abgesehen von routinemäßigen Reihenuntersuchungen kann es angebracht sein, tiefere Horizonte zu prüfen, besonders wenn unbekanntes Gelände erworben wird. Obwohl die Entnahme von Proben einfach erscheint, sollte man dies doch einem Spezialisten eines Untersuchungsinstitutes überlassen, der folgende Einzelheiten berücksichtigen kann:

Unterschiede in der Farbe und Textur des Bodens, Tiefgründigkeit, Grundwasserstand, Hangneigung, Kulturzustand, durchwurzelter Raum bei Baumkulturen, Fruchtfolge, Erträge und deren Beeinflussung durch

(einseitige ?) Düngung, Ausschließung von Termitenhügeln, Vertiefungen und abgebrannten Flächen.

Es wäre gewiß wünschenswert, eine Probe von jeweils 5 ha untersuchen zu lassen, aber in den meisten Fällen sind die Institute überlastet und lediglich in der Lage, beispielsweise 4 Proben von einer 600 ha großen Sisalanpflanzung anzunehmen.

Bei den drei Untersuchungsbeispielen handelt es sich um folgende Standorte:

Beispiel A: Seehöhe 300 m NN, Niederschläge 1080 mm jährlich, jungfräulicher Ton auf Gneisgestein kurz nach Waldrodung im natürlichen Zustand.

Beispiel B: Küste, Seehöhe 10 m NN, Niederschlag 900 mm jährlich, toniger Lehm auf Korallenfelsen, 8 Jahre unter Sisalkultur.

Beispiel C: Wie unter „B“, Fläche jedoch seit 45 Jahren mit Sisal bestanden, keine Düngungsmaßnahmen, extensive Bewirtschaftung.

Ergebnisse (0—20 cm): der Bodenuntersuchung

	Beispielbetriebe		
	A	B	C
Reaktion (pH-Wert)	7.00	6.90	5.10
Kohlenstoffgehalt in %	3.32	Nicht verfügbar	
Stickstoffgehalt in %	0.26	0.21	0.08
Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis	12.80	Nicht verfügbar	
Phosphor in ppm °)	21	162	31
Kalk (Ca) in m.e. °°)	22.90	12.00	0.88
Magnesium (Mg) in m.e.	9.00	4.10	0.46
Kalium (K) in m.e.	0.55	1.60	0.50
Natrium (Na) in m.e.	0.28	0.15	0.12
Mangan (Mn) in m.e.	0.13	0.08	0.09
Gesamt-Basengehalt in m.e.	32.9	17.9	2.1
Basensättigung in %	91	94	32
Wasserstoff (H) in m.e.	3.10	1.20	4.40

°) ppm = mg je kg Boden

°°) m.e. = austauschbare Kationen in Milliäquivalenten je 100 g Boden;

Bodenreaktion

Ein niedriger pH-Wert muß nicht unbedingt von Nachteil sein, da viele Kulturen nicht nur verhältnismäßig tolerant sind und einen weiten Be-

reich zulassen, sondern in vielen Fällen ein schwach saures Milieu bevorzugen.

Folgendes Schaubild gewährt einen Einblick in die Reaktionsverträglichkeit bekannter Kulturpflanzen des tropischen Tieflandes:

	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
Reis		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			
Baumwolle			XX		
Banane			XX		
Mais			XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Zuckerrohr				XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
Sisal				XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	

Verträglichkeit tropischer Kulturpflanzen gegenüber dem pH-Wert des Bodens

Zu bedenken ist weiterhin, daß zu jeder Bodenart bzw. jedem Bodentyp eine günstigste Bodenreaktion gehört. Bei Lehm- und Tonböden liegt sie beispielsweise bei pH 7, bei Sandböden zwischen pH 5 und 6.

Es ist erwähnenswert, daß ein Boden mit einer pH-Zahl von 6 zehnmal soviel und ein solcher von 5 hundertmal soviel Wasserstoffionen enthält im Vergleich zu pH 7. Die Wasserstoffionenkonzentration darf allerdings nicht gleichgesetzt werden mit der Säuremenge, denn sie gibt lediglich den Säuregrad bekannt.

Liegt der pH-Wert unter 5.0, ist bei Einsetzen der Austauschazidität das Gedeihen vieler Kulturen in Frage gestellt und eine schrittweise durchzuführende „Gesundkalkung“ müßte in Erwägung gezogen werden.

Kohlenstoff

Da die organische Substanz des Bodens zu einem Teil aus Kohlenstoff besteht, gibt die in % C ausgedrückte Zahl einen Hinweis auf den Humusgehalt. Nachstehende Definitionen sind gebräuchlich:

- < 1.4 % C — sehr niedrig
- 1.4—1.8 % C — niedrig
- 1.9—2.6 % C — befriedigend
- 2.7—3.5 % C — gut
- > 3.5 % C — hoch

Während sich das Vorhandensein von Endprodukten des Abbaus organischer Substanzen, der sog. Dauerhumus auf Struktur, Wasserspeichervermögen, Nährstoffadsorptionsfähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Reaktionsveränderung günstig auswirkt, dient die nicht

völlig verrottete organische Substanz als sog. N ä h r h u m u s den Mikroorganismen zur Energiequelle. Durch Überführung der im Nährhumus eingeschlossenen Kernnährstoffe in pflanzenaufnehmbare Verbindungen, gewinnt diese Humusform eine entscheidende Bedeutung. Bakterien spielen beim Mineralisierungsprozeß eine größere Rolle als Pilze. Pilze fixieren organische Substanz stärker und nachhaltender, dominieren allgemein im sauren Bereich und besonders in Lagen über 1000 m NN bei abnehmenden Bodentemperaturen. Im tropischen Tiefland bei Bodentemperaturen von 30 bis 50° C und neutraler Reaktion herrschen Bakterien vor, welche bei optimaler Feuchtigkeit zu einem unerwünscht hohen Humusabbau beitragen können.

Das Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis gibt einen wertvollen Hinweis auf den Grad der Humusqualität. Sinkt das Verhältnis von C zu N unter 9, muß mit einem Verlust von Stickstoff und leicht auswaschbaren Nährstoffen gerechnet werden. Übersteigt es 15, ist der Stickstoff infolge der Anhäufung von Kohlenstoff, nur wenig mobilisierbar. (Einpflügen von Getreidestroh!).

Durch geeignete Kultur- und Düngungsmaßnahmen ist man in der Lage, den Humusgehalt zu beeinflussen. Da eine Stallmistanwendung auf Plantagen infolge ihrer Größenausdehnung nicht in Frage kommt, gewinnt der Anbau stickstoffsammelnder Gründüngungspflanzen (*Pueraria phaseolodis*, *Centrosema pubescens*, *Glycine javanica*) eine große Bedeutung.

St i c k s t o f f g e h a l t

Zur richtigen Einschätzung des in % angegebenen Gesamtstickstoffgehalts muß bemerkt werden, daß das Gewicht der 0—20 cm tiefen Ackerkrume mit 2.500.000 kg/ha angenommen wird. Daraus ergibt sich: 0,1 % = 2.500 kg.

Man darf annehmen, daß 1 bis 2 % N in aufnehmbarer Form zur Verfügung stehen, wobei N-arme Böden weniger von ihrem Vorrat an die Pflanzen abgeben als N-reiche. Es ergibt sich somit folgende Rechnung:

	Beispielsbetriebe		
	A	B	C
Stickstoffgehalt in %	0,26	0,21	0,08
Stickstoffgehalt in kg/ha	6.500	5.250	2.000
davon 1—2 % in kg/ha	65—130	53—105	20—40

Zu diesen N-Mengen kommen dann noch aus der Luft (Gewitter) und aus der N-Bindung des Bodens durch bestimmte Mikroorganismen gewisse, schwer zu schätzende Stickstoffmengen hinzu.

Da der C/N-Wert im Betrieb C sehr zu wünschen übrig läßt, der N-Gehalt des Bodens durch jahrzehntelangen Raubbau sehr niedrig liegt und der Boden mit pH 5,1 sauer ist, dürfte dieser Boden höchstens 20 kg N/ha liefern können. Die beiden anderen Böden scheinen für mittlere Erträge, auch für N-bedürftige Kulturen, wie Mais, genügend versorgt zu sein.

Zu Beginn der Regenzeit nach längerer Trockenheit erfolgt eine rapide Stickstoffmobilisierung infolge einsetzender mikrobiologischer Tätigkeit. Dieses Stadium intensiver Aktivität herrscht jedoch nur für eine kurze Zeitspanne. Zur Vermeidung von Auswaschungsverlusten und um die Kulturpflanzen während ihrer ganzen Wachstumszeit ausreichend zu versorgen, sollten Stickstoffdünger daher prinzipiell im letzten Drittel der Regenzeit verabreicht werden.

Phosphorgehalt

Der in ppm, d. h. in mg je kg Boden, ausgedrückte Phosphorgehalt schließt leider auch nicht aufnehmbare Formen mit ein und da bei Bodenversauerung freie Aluminium- und Eisenoxyde und bei alkalischen Böden das Kalzium mit Phosphorsäure unlösliche Verbindungen eingehen, handelt es sich hierbei um einen unzuverlässigen Wert.

Ein Gehalt von 21 ppm P würde einer Menge von 52¹/₂ kg/ha entsprechen und da es sich bei „A“ um eine neutrale Bodenreaktion handelt, kann man schätzungsweise annehmen, daß 65 % oder lediglich 34 kg/ha zur Verfügung steht. Bei „C“ muß angenommen werden, daß überhaupt keine pflanzenaufnehmbare Phosphorsäure vorhanden ist, weil es sich um einen stark sauren Standort handelt.

Bei einem P-Gehalt von 25 ppm wird es stets angezeigt sein, Düngungsversuche mit gestaffelten Phosphatgaben anzulegen, möglichst in Zusammenarbeit mit Kalkung, denn eine Reaktionsveränderung vom sauren Bereich in Richtung pH 7 kann bereits durch Bindung von Eisen und Aluminium zu einem guten Ergebnis führen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß eine Kalkung die Humuszersetzung beschleunigt.

Bei der Phosphatdüngung ist zu beachten, daß die Phosphorsäure im Boden schwer beweglich ist, als Oberflächendünger kaum geeignet erscheint und demnach in Tiefen von 15—20 cm, bei Baumkulturen tiefer, einzubringen ist. Bei Kalkung ist ähnlich zu verfahren.

Die austauschbaren Kationen

Kalzium, Magnesium, Kalium und Wasserstoff sollten in einem guten Boden zu folgenden Anteilen vorhanden sein:

Ca	60 %
Mg	20 %
K	8 %
H	12 %

Die gebrachten Standortsbeispiele zeigen folgendes Bild:

	A	B	C
Ca	65 0/0	64 0/0	14 0/0
Mg	25 0/0	22 0/0	7 0/0
K	1 0/0	8 0/0	8 0/0
H	9 0/0	6 0/0	71 0/0

Der unter dem Kapitel „Bodenreaktion“ gebrauchte Ausdruck „Säuremenge“ gewinnt anhand obiger Aufstellung Beweiskraft. In Tanzania, wo es infolge geringer Bevölkerungsdichte und Inaktivität der Einheimischen im Laufe der kommenden hundert Jahre keinen Landhunger geben wird, dürfte Boden „C“ als *irreparabel* angesehen werden. Wollte man diesen Standort durch Gesundkalkung verbessern, müßte man unter Berücksichtigung der Säuremenge (Wasserstoffionen in m.e.) folgendermaßen verfahren.

Es soll angenommen werden, daß Kulturen mit verschiedenartigen Reaktionsbereichen zur Anpflanzung gelangen (vgl. die 1. Tabelle):

Sisal (pH 6.0—7.0)

Anwendung von 1 000 kg Kalksteinmehl pro m.e. H wie folgt:

$$1000 \times 4.40 = 44 \text{ dz CaCO}_3 \text{ pro ha}$$

(in 2 Gaben)

Citrus (pH 5.5—6.0)

Anwendung von Kalksteinmehl um lediglich 3.40 m.e. von 4.40 m.e. H zu neutralisieren:

$$1000 \times 3.40 = 34 \text{ dz CaCO}_3 \text{ pro ha}$$

(in 3 Gaben, um die Festlegung von Spurenelementen zu verhindern).

Reis (unter pH 5.5)

Errechnung nach folgender Formel:

$$\frac{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na} + \text{H}}{2} = q$$

$$(\text{H} - q) \times 1000 = \text{Kg CaCO}_3 \text{ pro ha}$$

$$\frac{0.88 + 0.46 + 0.50 + 0.12 + 4.40}{2} = 3.18$$

$$(4.40 - 3.18) \times 100 = 12 \text{ dz CaCO}_3 \text{ pro ha}$$

Es dürfte hiermit klargelegt worden sein, daß lediglich die Menge der austauschbaren Wasserstoffionen, nicht aber der pH-Wert selbst, als Berechnungsgrundlage anzuerkennen ist.

Ein tätiger Boden sollte folgende Minima und Maxima an austauschbaren Basen enthalten:

Element	m.e.	Umrechnungsfaktor	Kilogramm pro ha
Ca	3.0 min.	1000	3000 CaCO ₃
Mg	1.0 min.	400	400 MgO
K	0.4 min.	940	376 K ₂ O
Na	0.2 max.	620	124 Na ₂ O
Mn	0.07 max.	550	38 Mn

Wenn der Natriumgehalt im gesamten Austauschkomplex 15 % überschreitet, tritt Bodenversalzung und Pflanzenschädigung auf. Toxische Nebenwirkungen infolge hoher Manganwerte (Ca/Mn unter 85) wurden auf sauren Böden beobachtet.

Schl u ß b e m e r k u n g e n

Es war nicht möglich, auf Bodentextur und -struktur einzugehen, obwohl eine Gegenüberstellung physikalischer Besonderheiten und resultierende Fragen der Bearbeitung von Interesse wären.

Vorliegende Ausführungen können keineswegs als eine annähernd umfassende Skizzierung der chemischen und biologischen Vorgänge angesehen werden. Es bestand nur die Absicht, wo dies möglich ist, jene Aspekte aufzuzeigen, welche den praktischen Pflanzler interessieren. Eine Auswertung von Analysen dürfte in jedem Falle rationeller sein, als das Befolgen von gelegentlich erscheinenden „Düngungsempfehlungen für durchschnittliche Verhältnisse“.

Eine zuverlässige Auskunft über die notwendigen Düngungsmaßnahmen bekommt man durch den Feldversuch. Hierzu zeigen die Ergebnisse der chemischen Bodenanalyse ihren bedeutenden Wert: sie geben Auskunft, in welcher Richtung und mit welcher Fragestellung der praktische Farmer seine Versuche anlegen muß.

S c h r i f t t u m

- Rijkebusch, P. A. J. Interpretation of Soil Analyses in Relation to the Manuring of Sisal Fields; Mlingano (1965).
- Scott Laboratories, Fertilizing and Liming in Relation to Soil Chemical Properties; Nairobi (1964).
- Karl Schober, Düngerlehre; Wien (1950).
- E. C. J. Mohr & F. A. van Baren, Tropical Soils; The Hague (1959).
- Miller C. E., L. M. Turk und H. D. Foth, Fundamentals of Soil Science. John Wiley & sons inc. New York, 1958.
- Nieschlag, F., Der fruchtbare Boden, DLG-Verlag — Frankfurt/ Main, 1961.