

Nährstoff-Versorgung von Kaffee- Pflanzungen (*Coffea canephora* var. *robusta*)

Nutrient-supply of coffee-plantations (*Coffea canephora* var. *robusta*) of the
M'Bomou region in the Republic of Central Africa

Von Ewald Schnug*, Sybille Zahn* und Hans-Peter Pissarek**

1. Einleitung

Für viele tropische Länder stellt Kaffee ein bedeutendes Handelsgut dar, weil hiermit selbst unter kleinbäuerlichen Produktionsbedingungen nennenswerte Mengen für den Export erzeugt werden können. Auch in der Zentralafrikanischen Republik (ZAR) ist Kaffee neben Baumwolle und Nutzhölzern das wichtigste landwirtschaftliche Exportmittel (Le Monde Rural, 1981).

Der Kaffee-Export des Landes erreicht allerdings z.Z. noch nicht die von der OIC (Organisation International du Cafe) erteilten Quoten, weshalb vom staatlichen Beratungsdienst erhebliche Anstrengungen zur Produktionssteigerung unternommen werden. Gezielter Düngung bei Mangel-Ernährung kommt hierzu eine besondere Bedeutung zu, da Kaffee hohe Ansprüche an die Nährstoffversorgung stellt (Heinemann, 1965; Malavolta et al., 1962).

Anliegen der vorliegenden Untersuchungen war es daher zu klären:

1. welches in der Region M'Bomou (ZAR) die wichtigsten Minimumfaktoren der Mineralstoffernährung von Kaffee sind und
2. welche Beziehungen zwischen der Nährstoffversorgung und anderen standort-typischen und produktionstechnischen Faktoren bestehen.

* Dr. Ewald Schnug und Dipl.-Ing.agr. Sybille Zahn, Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Christian-Albrechts-Universität; Olshausenstraße 40; D-2300 Kiel 1

** Dr. Hans-Peter Pissarek, Fachhochschule Osnabrück, Fachbereich Landwirtschaft; Am Krümpel 31 D-4500 Osnabrück

Hierdurch soll nicht zuletzt ein effektiver Einsatz von den in diesem Lande nur beschränkt verfügbaren Düngemitteln ermöglicht werden.

2. Material und Methoden

Felderhebungsuntersuchung: Im November 1983 wurden Pflanzen- und Bodenproben in 51 Kaffee-Plantagen im Umkreis der Stadt Bangassou, dem wichtigsten Kaffee-Anbaugebiet in der Region M'Bomou gezogen. Die Bestände von *Coffea canephora* var. *robusta* wiesen ein Alter von 6-20 Jahren auf. Der letzte Rückschnitt lag mindestens zwei Jahre zurück, Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen waren in den letzten zwei Jahren ebenfalls keine erfolgt.

Beprobte wurden je 10 repräsentative Bäume pro Plantage, wobei in Anlehnung an Forestier (1962) und Loue (1953) von fünf neuausgetriebenen, unbeschatteten Seitentrieben aus halber Baumhöhe gepflückt wurde.

Die Entnahme von Bodenproben erfolgte zum gleichen Zeitpunkt im Abstand von einem Meter vom Stamm der Bäume aus einer Tiefe von 0-25 cm. In dieser Zone weist die Wurzeldichte der Pflanzen ihre größte Intensität auf (vergl. Heinemann, 1965). Die Bodenart der untersuchten Standorte war in allen Fällen toniger Lehm.

Zur Klassifizierung des Probenmaterials dienten folgende Kriterien: das Alter der Bestände, der Pflegezustand der Bäume (ermittelt an Hand der Anzahl Geiztriebe und abgestorbener Äste), Vorkommen von Schattenbäumen (als Reste der ursprünglichen Regenwaldvegetation), Art und Ausmaß der Bodenbedeckung (Brache, Leguminosen, sonstige Dicotyle, Gräser), die Lage im Gelände (Ebene, Hang, Senke) sowie der Bodentyp des Standortes (Sols typiques modaux (roter Latosol), Sols typiques indures (rote Latosole mit Konkretionen), Sols appauvris hydromorphes (gelbe, hydromorph beeinflusste Latosole), Sols remains modaux et indures (rote und gelbe, anthropomorph beeinflusste Latosole)).

Bei der Boden- und Pflanzenanalyse wurden folgende Parameter bestimmt: Bodenuntersuchung lufttrockener Feinerde: pH-Wert konduktometrisch in der 1:2,5 Suspension mit 0,1 m Calciumchlorid-Lösung; verfügbares P, K und Mg mit Calciumlaktat nach Egner-Riehm; verfügbares Fe, Mn, Zn und Cu mit DTPA nach Lindsay und Norvell (1978).

Pflanzenanalyse: N nach Kjeldahl; B colorimetrisch mit Azomethin-H; P, S, Cl, und Si mittels Röntgenfluoreszenzanalyse; K und Ca emissionsspektrometrisch; Mg, Fe, Mn, Zn, Cu und Al atomabsorptionsspektrometrisch; Mo mittels ICP (inductively coupled plasma); (nähere Beschreibung s. Schnug, 1984).

Statistische Verrechnungen erfolgten an der DEC-PDP10 des Rechenzentrums der Universität Kiel unter Verwendung des SPSS-Programmsystems (Nie et al., 1975).

3. Ergebnisse

Zur Charakterisierung der Nährstoff-Versorgung der Böden gibt Tabelle 1 einen Überblick der pH-Werte und verfügbaren Gehalte. Die gemessenen pH-Werte sind charakteristisch für ferralitische Böden unter Regenwaldvegetation (Busch, 1956).

76 % der Böden wiesen den nach Coolhaas et al. (1960) für Kaffee optimalen pH-Wert von 4,2 - 5,1 auf. Lediglich auf 4 % der Standorte wurden niedrigere und auf 20 % höhere Werte ermittelt.

Eine Bewertung der Gehalte an verfügbaren Nährstoffen im Boden wird dadurch erschwert, daß für den Kaffee-Anbau auf den untersuchten Böden Grenzwerte optimaler Versorgung weder für die Laktat-Methode noch für die DTPA-Methode existieren. Ersatzweise werden daher Richtwerte für mitteleuropäische Verhältnisse (vergl. Finck, 1982) bzw. Richtwerte nach Lindsay und Norvell (1978) verwendet. Dies scheint u.a. auch dadurch gerechtfertigt, daß bei Kaffeepflanzen der Bereich maximaler Durchwurzelung (0 -25 cm (Heinemann, 1965)) der Bodentiefe entspricht, für die diese Grenzwerte erarbeitet wurden.

Auffallend niedrig sind die verfügbaren Phosphat-Gehalte der Böden, die im Mittel nur 1,4 mg P_2O_5 /100 g Boden betragen und damit gemessen an den Richtwerten ausnahmslos unzureichend sind.

Die Kali-Gehalte lagen im Durchschnitt aller Proben 50 % unter dem für diese Bodenart (tL) optimalen Wert von 25 mg K_2O /100 g Boden, 80 % der Böden besaßen demnach keine ausreichende Kali-Versorgung.

Der mittlere Magnesium-Gehalt der Böden entsprach dem Grenzwert für eine optimale Versorgung von 17 mg Mg/100 g Boden; 43 % der Böden wiesen niedrigere Gehalte als der Richtwert auf.

Gemessen an den von Lindsay und Norvell (1978) für die DTPA-Methode erarbeiteten Grenzwerte dürfte bei ausschließlicher Beurteilung der Versorgung mit Hilfe der Bodenanalyse auf keinem der untersuchten Böden ein Mangel an Fe, Mn, Zn oder Cu zu erwarten sein.

Bei den **Ergebnissen der Pflanzenanalyse** (Tab. 1) fallen insbesondere die sehr niedrigen Zink-Gehalte der Blätter im Vergleich zu den hohen Kupfer-Gehalten auf. Im Gegensatz zum Verhältnis der mittleren Ertragsgrenze dieser Elemente (Finck, 1982) von normal ca. Zn:Cu = 5:1 lag es in den untersuchten Kaffee-Blättern im Mittel bei 1:2,6.

Die **Bewertung der Pflanzengehalte** (Abb. 1) erfolgte an Richtwerten aus der Literatur (Forestier und Beley, 1966; Forestier, 1964; Malavolta, 1962; Malavolta und Gomes, 1961; Carvajal, 1960; Culot et al., 1958).

Unter Berücksichtigung dieser Literaturangaben ergibt sich für Zink bei allen Proben, für Calcium bei 55 %, Phosphor 45 %, Stickstoff und Eisen 37 %, Magnesium 29 % und Kalium 16 % der Proben eine unzureichende Versorgung (Abb. 1). Mit Schwefel, Bor, Mangan und Kupfer dürften hingegen die Bestände stets ausreichend versorgt sein (Abb.1).

Die Silizium-Gehalte wiesen die für perennierende dicotyle Pflanzen charakteristisch niedrigen Werte auf; auch bei den Aluminium- und Chlor-Gehalten waren keine Auffälligkeiten festzustellen (Tab. 1).

Beziehungen zwischen Boden- und Pflanzengehalten geben nicht zuletzt Auskunft über die Eignung von Bodenuntersuchungsmethoden zur Beurteilung der Nährstoffversorgung (Finck, 1982). Signifikante Korrelationen waren jedoch lediglich zwischen

den Gehalten der Böden an verfügbarem Kali und den K-Gehalten der Blätter ($r=0,40$; $p < 0,001$), sowie den verfügbaren Phosphat und P-Gehalten ($r=0,48$; $p < 0,01$) festzustellen. Für Mg, Fe, Mn, Zn und Cu ergab sich selbst unter Berücksichtigung des pH-Wertes der Böden mittels multipler Regressionsrechnung keine statistisch gesicherten Beziehungen zwischen den Boden- und Pflanzengehalten.

Einen Überblick der signifikanten **Einflüsse standorttypischer und produktionstechnischer Faktoren** auf die Nährstoffversorgung gibt die Tabelle 2:

Mit zunehmendem Alter der Bestände war eine Abnahme der verfügbaren Mg-Gehalte der Böden festzustellen; 15-20 Jahre alte Pflanzungen wiesen um 25 % niedrigere verfügbare Mg-Gehalte auf, als 6-14 jährige Bestände. Die älteren Anlagen zeigten demgegenüber im Vergleich zu Jüngeren um 37 % höhere DTPA-extrahierbare Cu-Gehalte. In Pflanzen mit einem Alter über 15 Jahren lagen zudem die B-Gehalte der Blätter um 21 % niedriger als in Blättern aus Plantagen, die jünger als 10 Jahre waren. Letzteres könnte ebenso wie die in Beständen mit Beschattung festgestellte B-Versorgung (im Vergleich zu Pflanzungen ohne Schattenbäume) auf intensivere Stoffwechselforgänge in jungen oder beschatteten (Heinemann, 1965) Pflanzen zurückzuführen sein, die nach Bergmann (1983) stets auch eine erhöhte Boraufnahme bedingen.

Die Art der Bodenbedeckung zeigte von allen untersuchten Faktoren am häufigsten Wirkung auf die Nährstoff-Versorgung.

Bei einem Unterwuchs aus Dicotylen konnten im Vergleich zu Brache oder Bewuchs mit Leguminosen oder Gräsern um bis zu 57 % höhere DTPA-extrahierbare Mn-Gehalte im Boden und um bis zu 21 % höhere Mn-Gehalte in den Kaffee-Blättern festgestellt werden, die jedoch nicht auf unterschiedliche pH-Werte der Standorte zurückzuführen waren. Unter Dicotylen-Bewuchs waren ebenso wie unter Brache 10 % höhere N- und S-Gehalte in den Blättern nachzuweisen als beim Vorhandensein von Leguminosen oder Gräsern. Leguminosenbewuchs führte dagegen zu 26 % höheren Mg-Gehalten der Blätter im Vergleich zu anderen Unterwuchs-Formen.

Ein schwacher Einfluß der Pflege-Intensität bestand auf die Fe-Gehalte der Blätter, wodurch Blätter aus gut gepflegten Beständen um 12 % niedrigere Fe-Gehalte aufwiesen als Blätter aus schlecht gepflegten Beständen. Dieser Effekt könnte auf das beschleunigte Astwachstum der intensiver beschnittenen Pflanzen zurückzuführen sein, da hierdurch insbesondere bei holzigen Pflanzen die Wurzel den erhöhten Fe-Bedarf kurzfristig nicht mehr decken kann (Bergmann, 1983).

Vergleichsweise gering waren die Unterschiede in der Nährstoff-Versorgung der Kaffee-Pflanzen von verschiedenen Bodentypen der Region:

Auf Böden unter hydromorphem Einfluß konnten um ca. 38 % höhere verfügbare Mg-Gehalte bzw. um 22 % höhere Mg-Gehalte in den Blättern festgestellt werden. Zu einem vergleichbaren Ergebnis kommt Forestier (1964), der auf schlecht drainierten Böden ebenfalls erhöhte Mg-Gehalte in Kaffee-Blättern nachweisen konnte. Die um 10 % höheren Zn-Gehalte der Pflanzen von anthropomorph beeinflussten Standorten könnten, Untersuchungen von Loue (1960) folgend, auf die bessere Durchwurzelbarkeit dieser Böden zurückzuführen sein.

4. Diskussion

Die Landwirtschaft in Entwicklungsländern wie der ZAR weist meist nur eine geringe Ausstattung mit Produktionsmitteln auf. Für die Düngung ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, gezielt jene Nährstoffe den Pflanzen zuzuführen, die am stärksten den Ertrag erhöhen.

In bezug auf die Minimumfaktoren in der Ernährung von Kaffee liegen bislang vorwiegend Untersuchungen für N, P, K, Ca, Mg und in geringerem Umfang zur S-Versorgung vor (Ojeniyi, 1981; Molle, 1957; Forestier und Beley, 1966; Forestier, 1964 und 1959; Loue, 1960 und 1953; Busch, 1956). Die Spurennährstoff-Versorgung von Kaffee fand hingegen geringere Beachtung (Loue, 1958; Loue und Moulimier, 1953). Eine Gesamt-Betrachtung der Versorgung von Kaffee mit allen mineralischen Nährelementen, wie sie in dieser Untersuchung vorgestellt wird, findet sich dagegen in der Literatur nicht.

In den 51 Kaffee-Pflanzungen der Region M'Bomou konnte (bei Orientierung an Richtwerten aus der Literatur (Abb. 1)) festgestellt werden, daß alle Bestände mit Zink, 55 % mit Ca, 45 % mit P, 37 % mit N, 37 % mit Fe, 29 % mit Mg und 16 % mit K unzureichend versorgt waren. Keine Defizite in der Versorgung dürften dagegen bei S, Mn, B und Cu bestanden haben. Eine exakte Beurteilung der Mo-Versorgung ist insofern schwierig, als ein hoher Anteil der untersuchten Proben Mo-Gehalte unterhalb der Nachweisgrenze der ICP von 0,35 ppm Mo aufwies. Die Tatsache, daß Forestier und Beley (1966) den "normalen" Mo-Gehalt von Kaffee-Blättern mit 0,5 ppm angeben und daß der mittlere Mo-Ertragsgrenzwert für perennierende Pflanzen nach Finck (1982) bereits 0,4 ppm beträgt, läßt jedoch darauf schließen, daß auf diesen Standorten die Mo-Versorgung durchaus ins Minimum geraten könnte.

Die Bodenuntersuchung scheint im Gegensatz zur Pflanzenanalyse für eine Diagnose der Nährstoffversorgung der Kaffeepflanzen nur wenig geeignet zu sein. Zwar kommen die beiden Methoden im Hinblick auf die Beurteilung des Probenmaterials bei Magnesium, Mangan und Kupfer zum gleichen Ergebnis, nämlich einer insgesamt ausreichenden Versorgung. Für eine Einzeldiagnose dürften die Bodenuntersuchungsmethoden jedoch ungeeignet sein, da selbst unter Berücksichtigung des pH-Wertes bei P und K lediglich 23 % der Variabilität der Pflanzengehalte aus der Variabilität der verfügbaren Gehalte im Boden zu erklären waren und für die Spurennährstoffe keine signifikanten Beziehungen zwischen Pflanzen- und Bodengehalten zu berechnen waren.

Im Probenmaterial fiel insbesondere das Mißverhältnis der Zn- und Cu-Gehalte in den Pflanzen auf. Im Gegensatz zum Verhältnis der mittleren Ertragsgrenzwerte dieser Nährelemente (Finck, 1982) von Zn:Cu = 5:1 betrug es in den untersuchten Kaffeeblättern durchschnittlich 1:2,6. Da zum einen die DTPA-extrahierbaren Cu-Gehalte der Böden nicht auffällig hoch waren (Abb. 1) und zum anderen phytosanitäre Maßnahmen oder Blattapplikationen als Ursachen einer Kontamination der Proben mit Cu ausscheiden, muß dieses Phänomen physiologische Ursachen haben, deren Natur an Hand vorliegender Daten jedoch nicht zu klären ist. Denkbar wäre u.a. eine verstärkte Cu-Aufnahme infolge der antagonistischen Beziehung zwischen Cu und Zn (Bergmann, 1983) oder Cu und Mo (Schnug und Finck, 1981), da die Versor-

gung der Pflanzen mit diesen Nährelementen recht niedrig ist (Abb. 2 u. 3). Gegen diese Annahme spricht jedoch, daß aus Untersuchungen in anderen Regionen (Verliere, 1973; Forestier und Beley, 1966; Frankart und Croegaert, 1958) ebenfalls mittlere Cu-Gehalte in Kaffeeblättern von 10-40 ppm Cu angegeben werden.

Die hier festgestellten Defizite in der Ernährung der Kaffeepflanzen können zwar durch z.T. recht einfache Düngungsmaßnahmen (z.B. Phosphatdüngung zum Boden; Blattspritzung mit Zinksulfat) behoben werden, im Hinblick auf die in Entwicklungsländern nicht uneingeschränkte Verfügbarkeit von Düngemitteln wäre es jedoch interessant, Einflüsse standorttypischer und produktionstechnischer Faktoren auf die Nährstoffversorgung für eine Verbesserung der Ernährung zu nutzen. Von den hier untersuchten Faktoren erscheint hierzu insbesondere die Wahl der Art des Unterwuchses in den Plantagen geeignet zu sein (Tab. 2). Bei einem Bewuchs aus Dicotylen ist im Vergleich zur Bedeckung mit Gräsern oder brachem Boden eine bessere Versorgung der Kaffeesträucher mit N, S und Mg zu erwarten. Niedrigere Nährelementgehalte als Folge einer Nährstoffkonkurrenz bei bewachsenem Boden, die vielfach als Argument für das "clean-weeding" (Brache) angeführt werden (Coolhaas et al., 1960), konnten in vorliegender Untersuchung nicht gefunden werden.

5. Zusammenfassung

In der Region M'Bomou der Zentralafrikanischen Republik wurden 1983 auf 51 Kaffee-Pflanzungen (*Coffea canephora* var. *robusta*) Boden- und Pflanzenanalysen durchgeführt, um die wichtigsten Minimumfaktoren bei der Mineralstoffernährung sowie Beziehungen zwischen der Nährstoffversorgung und standorttypischen und produktionstechnischen Faktoren aufzudecken. Die Untersuchungen führten zu folgendem Ergebnis:

1. An Hand der Pflanzenanalyse war festzustellen, daß von den Beständen alle mit Zink, 40 - 50 % mit Stickstoff, Phosphor, Calcium und Eisen und 20 - 30 % mit Magnesium und Kalium unzureichend versorgt waren. Die Molybdän Versorgung dürfte ebenfalls nicht in allen Fällen ausreichend gewesen sein. Keine Defizite ergaben sich hingegen in der Ernährung mit Schwefel, Mangan, Kupfer und Bor.
2. In den Blättern trat ein abnormes Verhältnis von Zink:Kupfer von 1:2,6 auf (normal = 5:1).
3. Die Gehalte an pflanzenverfügbaren Nährstoffen im Boden weisen keine deutlichen Beziehungen zu den Ergebnissen der Pflanzenanalysen auf.
4. Bei einem Unterwuchs aus dicotylen Pflanzen konnten in den Kaffeeblättern signifikant höhere Gehalte an Stickstoff, Schwefel und Magnesium gemessen werden. Geringere Gehalte im Vergleich zur Brache als Folge einer Nährstoffkonkurrenz des Unterwuchses waren bei keinem Nährstoff festzustellen.

Summary

In 51 coffee-plantations of the M'Bomou region in the Republic of Central Africa plant- and soil-anlyses were done in 1983 in order to investigate the minimum-

factors in mineral nutrition and interactions between mineral nutrition and soil- and management-factors. The following results were obtained:

1. The plant analyses of younger coffee-leaves showed that (compared with critical values from literature) all of the plants were insufficiently supplied with zinc, 40 - 50 % with nitrogen, phosphorous, calcium and iron and 20 - 30 % with potassium and magnesium. The molybdenum-supply also may be not sufficient in all cases. No deficiencies could be detected in the nutrition with sulfur, manganese, copper and boron.
2. An abnormal ratio of zinc:copper of 1:2,6 (normal = 5:1) was detected in the coffee-leaves.
3. Between the results of soil- and plant-analyses were no significant correlations.
4. Weeding with dicotyle plants results in significant higher nitrogen-, sulfur- and magnesium concentrations in the coffee-leaves. Lower nutrient-concentrations due to nutrient-competition of weeds could not be detected.

Tab. 1: Streubreite, Mittelwerte und Standardabweichung für verfügbare Nährstoffgehalte im Boden und Nährelementgehalte in Kaffeeblättern. (Untersuchungen an 51 Pflanzungen von *Coffea canephora* var. *robusta* in der Region M'Bomou der Zentralafrikanischen Republik)

Parameter	Dimension	Minimum	-	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Boden						
pH-Wert	(pH)	3,9	-	5,8	4,9	0,38
P ₂ O ₅	(mg/100g)	0,4	-	9,4	1,4	1,4
K ₂ O	(mg/100g)	4,3	-	28,9	13,9	6,6
Mg	(mg/100g)	8,0	-	25,0	17,3	4,7
Fe	(ppm)	18,0	-	68,0	31,9	9,9
Mn	(ppm)	9,5	-	82,0	39,7	17,4
Zn	(ppm)	0,6	-	9,9	2,1	1,8
Cu	(ppm)	1,3	-	6,1	3,0	1,0

Fortsetzung Tab. 1:

Parameter	Dimension	Minimum	-	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
Pflanze						
N	(%)	3,9	-	31,4	27,2	2,2
P	(%)	0,9	-	1,7	1,2	0,18
S	(%)	1,7	-	2,7	2,3	0,25
K	(%)	14,1	-	25,5	21,0	2,8
Ca	(%)	7,5	-	17,8	12,9	2,3
Mg	(%)	2,1	-	5,3	3,3	0,7
Fe	(ppm)	40,6	-	91,9	63,2	11,4
Mn	(ppm)	27,1	-	77,8	44,3	9,7
Zn	(ppm)	11,2	-	25,5	17,7	3,7
Cl	(ppm)	160,5	-	580,7	310,0	270,2
B	(ppm)	42,3	-	109,8	64,6	15,0
Mo	(ppm)	NG*	-	0,9	—	—
Si	(%)	0,01	-	0,2	0,06	0,06
Al	(ppm)	7,0	-	98,0	53,2	18,8

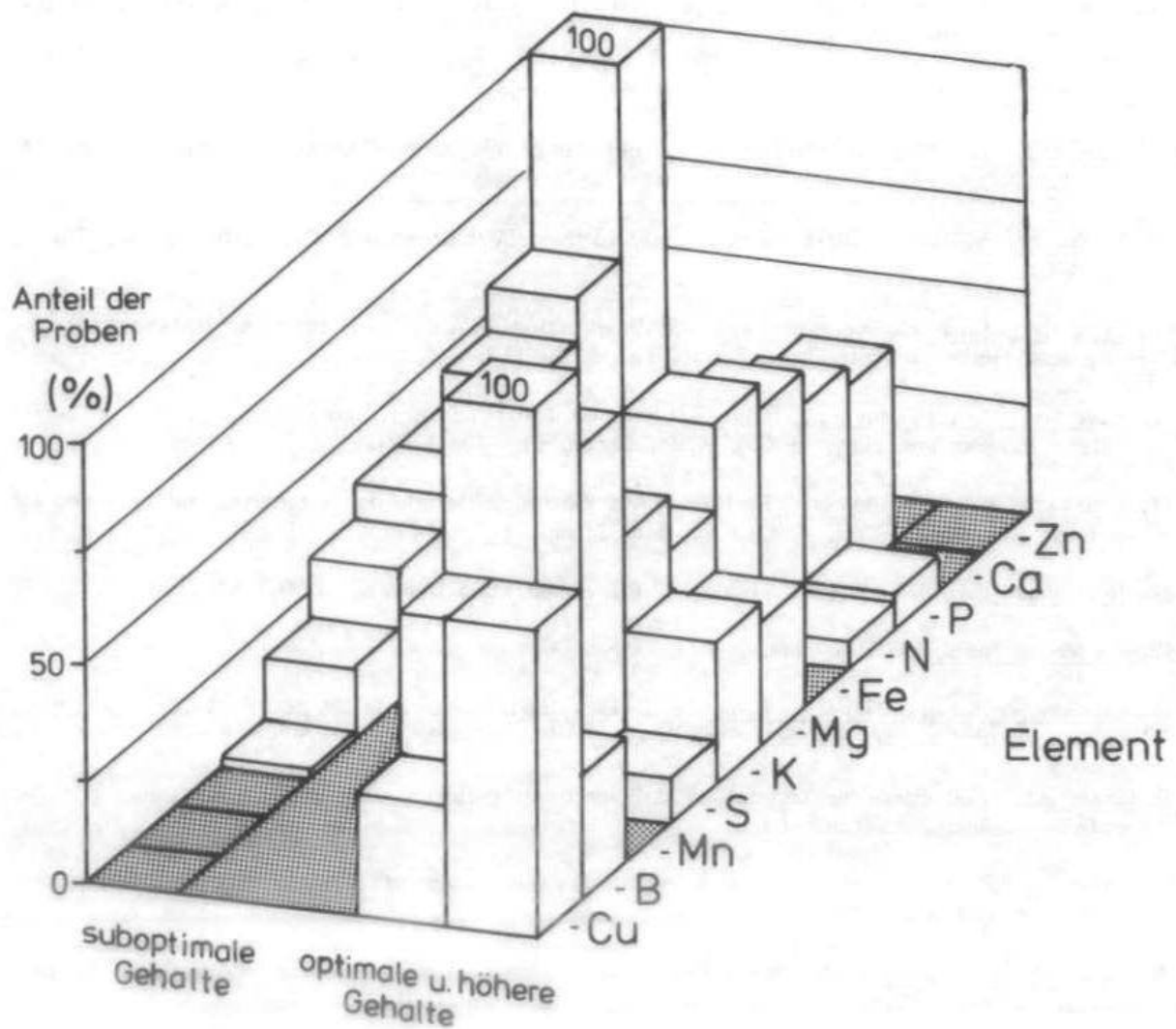
* Nachweisgrenze

Tab. 2: Statistische Sicherheiten (F-Test) für den Einfluß produktionstechnischer und standortspezifischer Faktoren auf verfügbare Nährstoffgehalte im Boden und Nährelementgehalte in Kaffeeblättern. (Untersuchungen an 51 Pflanzungen von *Coffea canephora* var. *robusta* in der Region M'Bomou der Zentralafrikanischen Republik)

Varianzursache	Bodengehalte				Pflanzengehalte						
	Mg	Fe	Mn	Cu	N	S	Mg	Fe	Mn	Zn	B
Baumalter	*	-	-	*	-	-	-	-	-	-	*
Bestandespflege	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-
Beschattung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
Bodenbedeckung	-	-	*	-	**	*	*	-	*	-	-
Lage im Gelände	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Humusauflage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bodentyp	*	*	-	-	-	-	*	-	-	*	-

(- => 0,05; * = $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; Anmerkung: keine signifikanten Einflüsse der Faktoren bestehen auf die Parameter:
Boden: pH-Wert, P_2O_5 , K_2O , Zn / Pflanze: P, K, Ca, Cu, Cl, Mo, Al, Si)

Abb. 1: Nährstoff-Versorgungsgrad von 51 Pflanzungen von *Coffea canephora* var. *robusta* in der Region M'Bomou der Zentralafrikanischen Republik - Anteile der Pflanzenproben mit suboptimalen, optimalen und höheren Nährelementgehalten-
 (Optimalbereiche: in ‰: N = 27 - 31; P = 1,3 - 1,5; S = 1,8 - 2,6; K = 18 - 22; Ca = 13 - 20; Mg = 2,9 - 3,6 / in ppm : Fe = 60 - 120; Mn = 25 - 125; Zn = 20 - 60; Cu = 6 - 15; B = 25 - 60 /Vergl.: Forestier und Beley, 1966; Forestier, 1964; Malavolta, 1962; Malavolta und Gomez, 1961; Carvajal, 1960; Culot et al., 1958).



Literaturverzeichnis

1. Bergmann, W., 1983. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse, Fischer, Jena.
2. Busch, J., 1956. Etude de la nutrition minerale du cafeier Robusta dans le Centre Oubangui. Agron. Trop. 11, 416-447.
3. Carvajal, J.F., 1960. Nitrogen, potassium, magnesium, boron and manganese deficiencies in coffee. Rev. Biol. Trop. 8, 165-179.
4. Coolhaas, C.; de Fluiter, H.J. und Koenig, H.P., 1960. Kaffee. Tropische und subtropische Weltwirtschaftspflanzen. 2. Aufl., Enke, Stuttgart.
5. Culot, J.P.; van Wambeke, A. and Croegaert, J., 1958. Contribution a l'etude des deficiences minerales du cafeier d'Arabie au Kivu. Inst. Natl. Etude Agron. (Congo Belge), serie Scientifique No 73.
6. Finck, A., 1982. Fertilizers and Fertilization, Verlag Chemie, Weinheim.
7. Forestier, J., 1959. La matiere organique dans les sols de Oubangui. Agron. Trop. 14, 323-348.
8. Forestier, J., 1962. Valeur du diagnostic foliaire du cafeier Robusta, Cafe, Cacao, The 6, 191-206.
9. Forestier, J., 1964. Relations entre l'alimentation de cafeier Robusta et les caracteristiques analytiques des sols. Cafe, Cacao, The 8, 89-112.
10. Forestier, J. et Beley, J., 1966. Teneurs en soufre et en oligo-elements des feuilles du cafeier Robusta en Lobaye (R.C.A.) Cafe, Cacao, The 10, 17-27.
11. Frankart, R. et Croegaert, J., 1958. Contribution a l'etude de la nutrition minerale en du cafeier Robusta en Uele. I.N.E.A.C., ser. Scient. 80.
12. Heinemann, C., 1965. Kaffee. Handb. d. Pfl.-ernähr. und Düng. 3, 1133-1167.
13. Le Monde Rural, 1981. Le cafe. 2
14. Lindsay, W.L. and Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42, 421-428.
15. Loue, A., 1953. Etude de carence et deficiencie en potassium, calcium et magnesium chez le cafeier Robusta, I.F.C.C., Paris.
16. Loue, A., 1960. Nouvelles observations sur les oligo-elements dans la nutrition du cafeier. Cafe, Cacao, The 4, 133-149.
17. Loue, A. et Moulimer, A., 1953. Etude de la nutrition du cafeier par la methode du diagnostic foliaire. Centre de Recherches agron. de Bingerville, Bull. 8.
18. Malavolta, E.; Haag, H.P.; de Mello, F.A.F. and do Brasil, M.O.C., 1962. On the mineral nutrition of some tropical crops. Intern. Potash Inst., Berne, Switzerland.
19. Malavolta, E. and Gomes, F.P., 1961. Foliar diagnosis in Brazil. In: Plant analysis and fertilizer problems (p. 180-189). W. Reuther, Ed. Pub. by Amer. Inst. Biol. Sci., Washington, D.C.

20. Molle, A., 1957. L'alimentation minerale du cafeier *Coffea canephora* Pierre. I.N.E.A.C., Bruxelles, ser. scient. 69.
21. Nie, N.H.; Hull, C.H.; Jenkins, J.G.; Steinbrenner, K. and Bent, D.H., 1975. SPSS - Statistical package for the social sciences, 2th. edition, Mc Graw-Hill, New York.
22. Ojeniyi, S.O., 1981. Effect of long-term NPK-Application on secondary and micronutrients of *Coffea canephora* Pierre. *Plant and Soil* 60, 477-480.
23. Schnug, E., 1984 (im Druck) Bestimmung anorganischer Inhaltsstoffe. In: Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik, Band IV: Chemische und biologische Qualitätsbestimmungen von landwirtschaftlichen Erzeugnissen. Kap. 4,3 Auflage.
24. Schnug, E. und Finck, A., 1981. Einfluß verschiedener N-Düngemittel auf die Spurennährstoffgehalte von Mais, Raps und Sellerie unter besonderer Berücksichtigung von Bor und Molybdän. *Landwirtsch. Forsch.* SH 38 736-750.