

Universität Hohenheim
Institut für Bodenkunde und Standortlehre
Prof. Dr. Karl Stahr



Standortseignung für Baumwolle in einer Kleinlandschaft in Zentralbenin



Studienarbeit der Agrarwissenschaften (B.Sc.)
von Rebekka Maier

Stuttgart, November 2004

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung	3
2	Material und Methoden	4
2.1	Beschreibung des Arbeitsgebietes	4
2.1.1	Geographische Lage	4
2.1.2	Geologie und Geomorphologie	5
2.1.3	Klima	5
2.1.4	Böden im Untersuchungsgebiet	6
2.1.5	Vegetation und Nutzung	7
2.1.6	Baumwollanbau in der Region	8
2.2	Feldmethoden	9
2.3	Labormethoden	10
2.4	Standortsbewertung nach FAO/LSC	11
3	Ergebnisse	15
3.1	Lage und Beschreibung der Profile	15
3.1.1	Profil AB0: Rhodi-Ferric Luvisol (Dystric, Endoskeletal)	16
3.1.2	Profil G4: Petroplinthi-Dystric Luvisol (Mollic, Endoskeletal)	17
3.1.3	Profil G11: Dystri-Chromic Luvisol (Plinthic, Endoskeletal)	18
3.1.4	Profil D2: Eutri-Abruptic Gleysol (Endoskeletal)	19
3.2	Ergebnisse der bodenchemischen Untersuchungen	20
3.2.1	Profil AB0: Rhodi-Ferric Luvisol (Dystric, Endoskeletal)	20
3.2.2	Profil G4: Petroplinthi-Dystric Luvisol (Mollic, Endoskeletal)	21
3.2.3	Profil G11: Dystri-Chromic Luvisol (Plinthic, Endoskeletal)	22
3.2.4	Profil D2: Eutri-Abruptic Gleysol (Endoskeletal)	23
3.3	Ergebnisse der Standortsbewertung	24
3.3.1	Evaluierung des Klimas	24
3.3.2	Evaluierung der Böden	25
3.4	Ergebnisse der Bauernbefragung	27
4	Diskussion	29
4.1	Standortseigenschaften der Böden und ihre Bewertung für den Baumwollanbau	29
4.2	Vergleich der Standortsbewertung mit den Aussagen der Bauern	31
5	Zusammenfassung	35
6	Résumé	36
7	Literaturverzeichnis	37
8	Verzeichnisse	39
9	Anhang	41
10	Danksagung	44

1 Einleitung und Fragestellung

Baumwolle stellt in Benin die wirtschaftlich wichtigste Kultur dar. 20 % des staatlichen Einkommens basiert auf dem Anbau von Baumwolle. Sie ist in Benin die Kultur mit der größten Wachstumsdynamik.

In den letzten Jahrzehnten nahm der Flächenbedarf für die Baumwollproduktion, vor allem in den zentralen und nördlichen Distrikten Benins, stark zu. Zwischen 1987 und 1997 stieg die Gesamtanbaufläche von 64.000 ha auf 376.000 ha an, was einer knappen Versechsfachung und einem jährlichen Wachstum von 19 % entspricht. Die durchschnittlichen Baumwollerträge fielen hingegen landesweit betrachtet um 0,2 % pro Jahr. Die enorme Steigerung der Baumwollproduktion erfolgte somit ausschließlich durch Flächenausdehnung. Diese wurde vor allem durch Abbrennen und Rodung der Savanne geschaffen, einer aus ökologischer Sicht bedenklichen Entwicklung (AKKER, 2000). Zudem lässt bei langjährigem Anbau von Baumwolle die Bodenfruchtbarkeit durch beschleunigten Humus- und Nährstoffabbau schnell nach (YOUNG, 1976).

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Standortseignung für Baumwolle in einer Kleinlandschaft in Zentralbenin. Eine Standortsbewertung für Baumwolle nach der Methode von FAO/LSC (*Land Suitability Classification*) soll für verschiedene, in einer Kleinlandschaft vorherrschende Bodentypen durchgeführt werden. Dabei werden die Boden- und Klimaeigenschaften der Standorte mit den Anforderungen der Baumwollpflanze verglichen (SYS *et al.*, 1993). Ziel der Arbeit ist es, die Ergebnisse dieser Bewertung anhand von Bauernbefragungen mit den tatsächlich erwirtschafteten Erträgen zu vergleichen. Somit soll sowohl die Übereinstimmung der Standortsbewertung mit den Erfahrungen der Bauern vor Ort, als auch die Eignung der Kultur Baumwolle in der untersuchten Region überprüft werden.

2 Material und Methoden

2.1 Beschreibung des Arbeitsgebietes

2.1.1 Geographische Lage

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in Zentralbenin, im *Département* Collines, in der Gemeinde (*Commune*) Savalou (Abb. 2.1). Es handelt sich um einen Teil des Einzugsgebietes des Wasserlaufes Azokan. Das Arbeitsgebiet befindet sich zwischen $7^{\circ} 55'$ und 8° nördlicher Breite sowie zwischen $1^{\circ} 52' 30''$ und $1^{\circ} 56'$ östlicher Länge. Der höchste Punkt liegt bei 213 m ü NN, der niedrigste bei 171 m ü NN. Die wichtigsten Dörfer im Untersuchungsgebiet sind Moussonougo, Agbodrafo, sowie Aglamandjodji (vgl. Tab. 2.4).

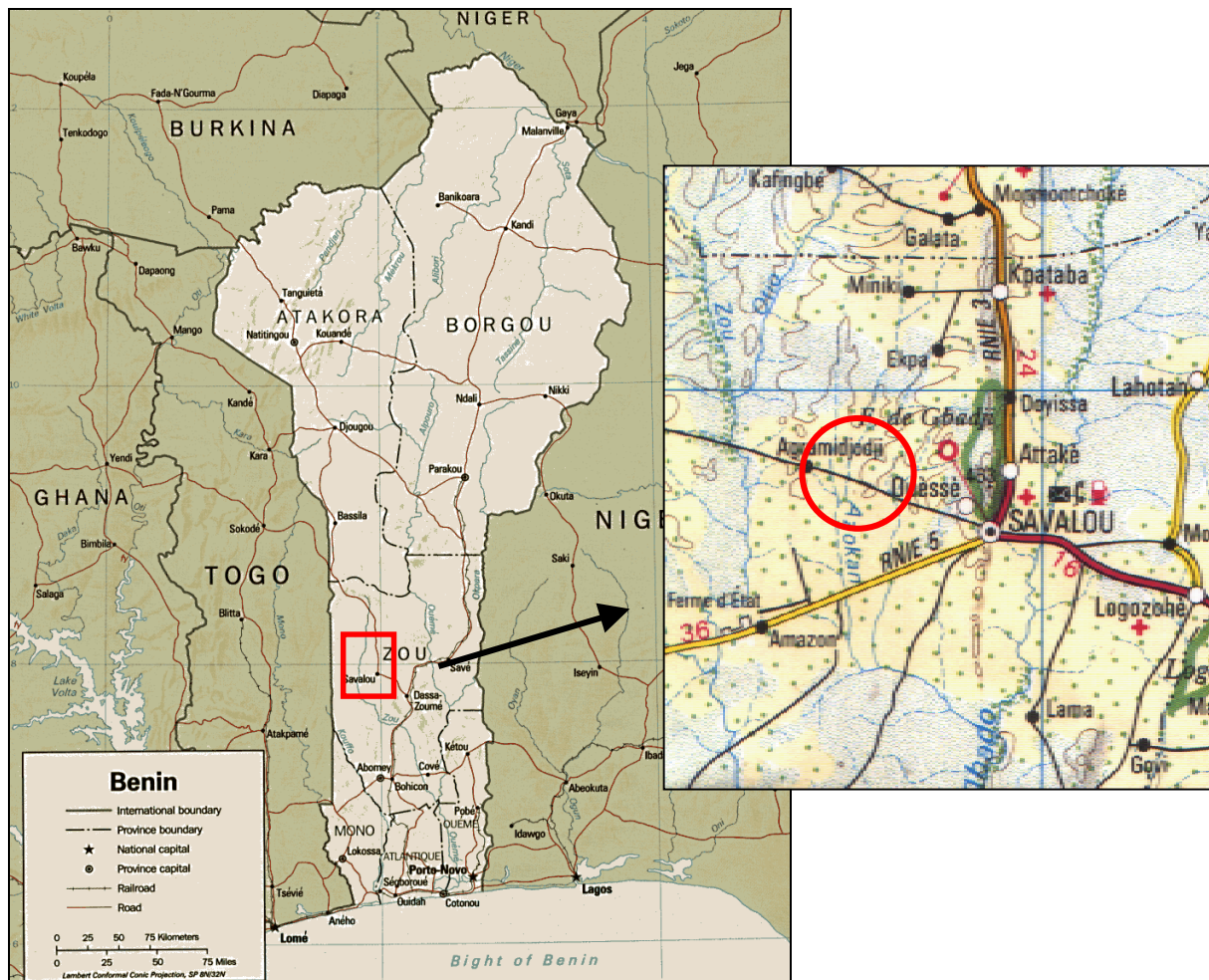


Abb. 2.1: Das Untersuchungsgebiet in Zentralbenin

2.1.2 Geologie und Geomorphologie

Das geologische Substrat, auf dem sich das Untersuchungsgebiet befindet, besteht aus präkambrischen, kristallinen Formationen, welche den kristallinen Sockel bilden. Dieser bedeckt den größten Teil des zentralen und nördlichen Benins. Im Arbeitsgebiet setzt sich die kristalline Rumpffläche hauptsächlich aus heterogenen Migmatiten zusammen, die sich in geraden, parallel eingelagerten Schichten erstrecken; es überwiegt der Gneiss-Amphibol-Typ (AGOSSOU *et al.*, 1983).

Charakteristisch und landschaftsprägend sind weitflächige, wellige Verebnungen (*Pénéplaines*), die sich über Zentralbenin erstrecken, sowie Nord-Süd ausgerichtete Inselbergketten (FRITZ, 1996; IGUÉ, 2000).

2.1.3 Klima

Das Klima in Benin wird durch die Verschiebung der Innertropischen Konvergenzzone (ITCZ) bestimmt, welche zeitlich verzögert dem Zenithstand der Sonne folgt (BOHLINGER, 1998). Savalou befindet sich im Übergangsbereich zwischen einer ein- und zweigipfligen Niederschlagsverteilung mit deutlichen Niederschlagshöchstwerten in den Monaten Juni und Juli, sowie einem schwächer ausgeprägten Peak im Monat September (VOLKOFF, 1966).

In der Trockenzeit weht der *Harmatan*, ein heißer und trockener Wüstenwind von Norden (AKKER, 2000; LEROUX, 2001), während in der Regenzeit ein kräftiger Wind aus südwestlicher Richtung von der Küste ins Landesinnere weht.

Die jährliche Niederschlagsmenge unterliegt starken Schwankungen. In geringer räumlicher Distanz herrschen zum Teil große Unterschiede in der Regenmenge (Tab. 2.1). Während in Dagadoho (ca. 15 km westlich der Stadt Savalou) im Jahr 1999 noch fast 1700 mm Niederschlag zu verzeichnen waren, regnete es 2001 nur 900 mm. Die jährliche Durchschnittstemperatur beträgt 27 °C, die höchsten Temperaturen werden in den Monaten Februar und März, die tiefsten im Juli und August erreicht.

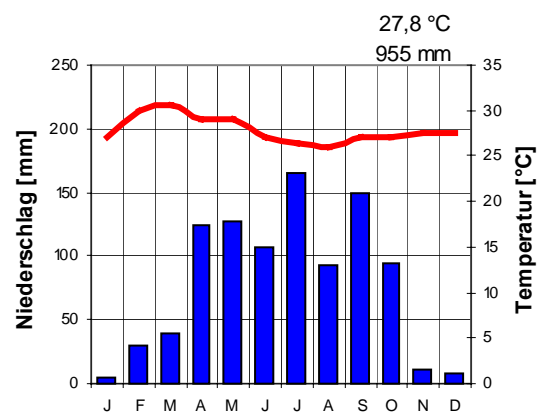


Abb.2.2: Klimadiagramm Savè (ca. 50 km östlich von Savalou) nach Angaben von ASECNA

Jahr	1999	2000	2001	2002	2003	Ø
Niederschlag [mm] in Savalou	1555	978	940	1246	1247	1195
Niederschlag [mm] in Dagadoho	1630	1105	911	1149	1364	1232

Tab.2.1: Jährlicher Niederschlag in Savalou und Dagadoho 1999-2003 (nach INRAB und CARDER Savalou)

2.1.4 Die Böden im Untersuchungsgebiet

Die Böden im südwestlichen Teil der *Commune* Savalou wurden 1983 von AGUSSOU *et al.* untersucht. Die Erkenntnisse dieser Untersuchung werden im folgenden Abschnitt kurz zusammengefasst. Allerdings wurden die Böden dieses Gebietes nach der französischen Klassifikation bestimmt:

Die in dieser Region sehr häufig verbreiteten Böden sind die *sols ferrugineux tropicaux concrétionnés* (eisenhaltige tropische Böden mit Konkretionen; Plinthosols). Es handelt sich um braune oder rote Böden, die in der Regel die höheren topographischen Positionen belegen. Der Gehalt an Konkretionen ist gewöhnlich vor allem im B-Horizont extrem hoch (bis 75 %). Der darunter liegende Horizont weist häufig toniges Material auf oder ist verhärtet.

Im südwestlichen Bereich der *Commune* Savalou bedecken *sols hydromorphes à gley* (Gleye), ca. ein Drittel der Landoberfläche. Diese Böden sind in der Regel dunkel gefärbt mit humifiziertem Oberboden und gräulich fleckigem sowie tonigem Unterboden. Ihre topographische Lage ist auf Senken und Uferbereiche beschränkt und sie werden während der Regenzeit häufig überflutet. Sie sind oft vergesellschaftet mit *sols alluvionaires* (Alluvialböden; Fluvisols), das sind Böden mit geringer oder unvollständiger Profilentwicklung, da sie durch wiederkehrende Überschwemmungen mehrfach von Sedimenten überlagert wurden. Seltener findet man in diesem Gebiet die ebenfalls mit Gleyen vergesellschafteten *sols à alkali* (Alkaliböden; Solonetze), mit typischen durch den hohen Natriumanteil verursachten Säulengefügen (AGUSSOU 1983; VOLKOFF 1966).

2.1.5 Vegetation und Nutzung

Nach der Einteilung durch ADJANOHOUN 1989 (zitiert in BOHLINGER, 2000) gehört das Untersuchungsgebiet zur Guinea-Zone. Diese kann in zwei Subzonen, die nördliche und die südliche Guinea-Zone, unterteilt werden. Die Grenze dazwischen ist fließend und wird anhand klimatischer Faktoren festgelegt. Der Übergangsbereich ist dort, wo noch eine eindeutige kleine Trockenzeit festzustellen ist, auf der Höhe von Savè und Savalou.

Zu den charakteristischsten Bäumen der Guinea-Savanne, die durch ihren lichten Charakter günstige Bedingungen für die Entwicklung einer Krautschicht aufweisen, sind *Daniellia Oliveri*, *Parkia biglobosa*, *Isobertinia doka*, *Khaya senegalensis* (FRITZ, 1996), sowie in feuchteren Bereichen, vor allem auf Böden mit hydromorphen Eigenschaften *Terminalia glaucescens*. In der Krautschicht dominieren *Gardenia*, *Combretum sp.* sowie *Butyrosperum parkii* (VOLKOFF, 1966). Die ursprüngliche Savanne wurde aufgrund der intensiven Landnutzung jedoch weitgehend in Kulturland umgewandelt. In der *Commune* Savalou nahm die landwirtschaftliche Nutzfläche während der letzten zehn Jahre um ein Vielfaches zu. Vor allem für den Anbau von Baumwolle und Yam, aber auch anderen Feldkulturen, wurden zwischen 1989 und 1996 über 30 000 Hektar Kulturland - meist durch Abholzung - dazu gewonnen (Tab. 2.2) (IGUÉ, 2000).



Abb.2.3 Rodung der Savanne für neue Kulturlächen (*Commune* Savalou, Aglamandjodji)

Die ursprüngliche Savannenvegetation hat sich größtenteils nur noch in Form von Galeriewäldern entlang der Wasserläufe, im Bereich der Inselberge sowie in kleineren Sumpfwäldern



Abb. 2.4 Anbau von Yam und Maniok im Arbeitsgebiet

erhalten (BOHLINGER, 1998). Die wichtigsten Feldkulturen sind Mais, Maniok, Yam, Erdnuss, Sesam und Baumwolle (CARDER Savalou, 2003). Vereinzelt wird in Flusstälern und anderen Depressionen Reis angebaut. Auch dem Anbau von Cashew, Mango, Papaya und Ölpalme kommt eine gewisse Bedeutung

zu. Zudem findet man einige Teak-Plantagen, die vor allem zur Herstellung von Holzkohle genutzt werden.

Kulturen	1989 (ha)	1996 (ha)
Mais	1295	9462
Sorghum	1993	3492
Reis	10	217
Yam	0	6570
Maniok	1237	2963
Bohnen	2553	6169
Erdnuss	3703	2657
Baumwolle	1630	12435
Σ	12421	43965

Tab.2.2: Flächenangaben der im Distrikt Savalou angebauten Kulturen in den Jahren 1989 und 1996 nach IGUÉ (2000)

2.1.6 Baumwollanbau in der Region

Baumwolle (*Gossypium spp.*) gehört zur Familie der Malvengewächse und stammt ursprünglich aus den semi-ariden Sommerregengebieten. Es gibt vier *Gossypium*-Arten, wobei heute in Benin ausschließlich die Spezies *Gossypium hirsutum L.* Verwendung findet (PARRY,

1982). Zurzeit wird in der *Commune Savalou* die Varietät H 279-1 angebaut (mündliche Information von INRAB Savalou, 2004).

Der Anbau von Baumwolle spielt in Benin eine herausragende Rolle. 90 % der in Benin produzierten Baumwolle ist für den Export bestimmt. 20 % der Staatseinnahmen stammen aus der Baumwollproduktion, die auch lange Zeit als einzige Kultur durch staatlich organisierte Vermarktungsketten gefördert wurde (AKKER, 2000). Seit 1993 wurde der Baumwollsektor nach und nach privatisiert und die Monopolstruktur weitestgehend aufgelöst. Lediglich zu Beginn jedes Produktionsjahres wird vom Staat der Preis für die Rohbaumwolle einheitlich für ganz Benin festgelegt.

Zu Beginn der Baumwollsaison geben die verschiedenen Entkernungsbetriebe ihre Angebote ab, auf deren Basis dann Kontingente für Rohbaumwolle verteilt werden. Die Entkernungsbetriebe bezahlen einen Vorschuss an die CSPR (*Centrale du Sécurisation des Paiements et du Recouvrement*), um die Finanzierung des genossenschaftlichen Einkaufs von Pflanzenschutz- und Düngemitteln durch die CAGIA (*Coopérative d'Approvisionnement et de Gestion des Intrants Agricoles*) gewährleisten zu können. Die einzelnen Organisationen im Baumwollsektor werden durch die AIC (*Association Interprofessionnelle du Coton*) koordiniert. Sie ist gegenüber dem Staat der offizielle Vertreter des Baumwollsektors.

Auf lokaler Ebene wird der Anbau und die Abnahme von Rohbaumwolle sowie die Beschaffung von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln durch GVs (*Groupement Villageois*) organisiert. GVs sind Produzentenvereinigungen auf Dorfebene, durch die auch der Verkauf der Rohbaumwolle an die Entkernungsfabriken vollzogen wird (AKKER, 2000; mündliche Information von INRAB Savalou, 2004; Infoblatt CARDER ZOU, 2004).

2.2 Feldmethoden

Im Untersuchungsgebiet wurden Transekte entlang von Pfaden, Wegen oder durch die Buschvegetation nach vorausgehendem Freischlagen positioniert und mit den Buchstaben A - G bezeichnet. Auf den einzelnen Toposequenzen wurden alle 250 m Bohrstockproben entnommen und beschrieben. Die genaue geographische Lage wurde anhand eines GPS-Gerätes bestimmt. Die Hangneigung wurde mittels Klinometer festgestellt. Die Profile wurden schließlich auf Baumwollfeldern unter Berücksichtigung der Beschreibungen der Bohrstockproben ausgesucht. Die Benennung erfolgte nach den Buchstaben des entsprechenden Transekts und der Nummer der Bohrstockprobe (Abb. 2.5). Es wurde versucht, die charakteris-

tischsten in dieser Region vorkommenden Bodentypen für die genauere Untersuchung auszuwählen.

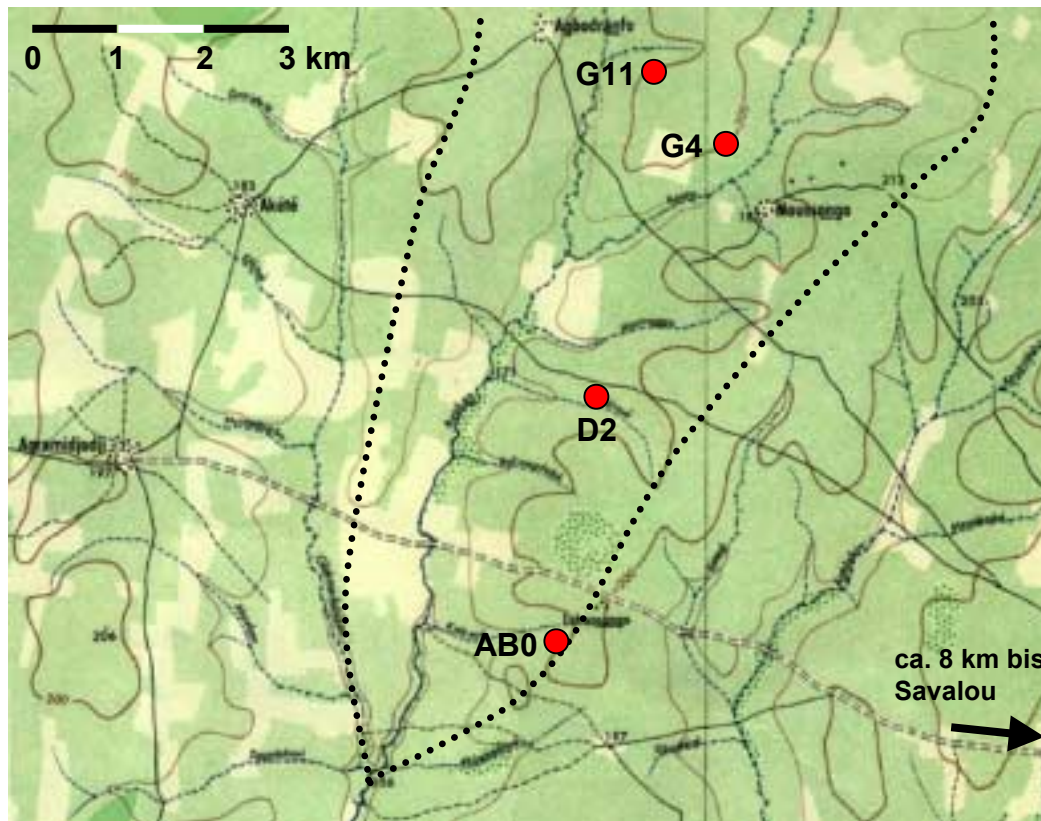


Abb. 2.5: Teil des untersuchten Einzugsgebietes des Wasserlaufs Azokan mit eingezeichneten Profilen

Die Profilsprache wurde gemäß den *Directives pour la description des sols* (FAO, 1994) durchgeführt. Es wurden die Profilbeschreibungsbögen des *Centre National d'Agro-Pédologie* (CENAP heute LSSEE) verwendet.

Die Bauern, die die entsprechenden Flächen bewirtschaften, wurden nach Flächenertrag, Düngemittelgebrauch, sowie Pflanzenschutzanwendungen befragt, um später die Ergebnisse der Standortbewertung für Baumwolle mit den tatsächlichen Erfahrungen der Bauern vergleichen zu können.

2.3 Labormethoden

Vor Beginn der Analysen wurden die Bodenproben luftgetrocknet, gemahlen und auf 2 mm Maschenweite gesiebt. Im *Laboratoire des sciences des sols de l'environnement et de l'eau* (LSSEE) wurden Textur, pH-Wert (H₂O, KCl), Kohlenstoffgehalt, Stickstoffgehalt und ver-

fügbares Phosphor nach den von BOKO & TRANH (1979) beschriebenen Methoden bestimmt. Die Kationenaustauschkapazität (KAK) und die austauschbaren Basen (Na, Mg, Ca, K) wurden in Hohenheim nach den im Bodenkochbuch (HERRMANN, 2001) beschriebenen Methoden analysiert. Es wurden je Analyse und Horizont zwei Proben sowie Blindwerte analysiert. Die potentielle Kationenaustauschkapazität wurde folgendermaßen bestimmt:

Die Feinerde wurde bei pH 7 bis zur Absättigung des Austauschkomplexes mit Natrium in 1 M Na-Acetat geschüttelt. Anschließend wurde mit Ethanol ausgewaschen, bis eine Leitfähigkeit unter $40\mu\text{S}$ erreicht war. Um das Natrium von den Austauschern zu verdrängen, wurde 1 M NH_4 -Acetat zugesetzt. Das freigewordene Natrium wurde schließlich am Flammenphotometer gemessen. Die Bestimmung der austauschbaren Basen und der Basensättigung wurde wie folgt bestimmt:

Zum Austausch der Kationen am Austauschkomplex wurde die Feinerde bei pH 7 mit 1 M NH_4 -Acetat ausgewaschen. Natrium, Calcium sowie Kalium wurden am Flammenphotometer gemessen, während Magnesium am Flammen-AAS (Atom-Absorptions-Spektrometer) bestimmt wurde. Die Basensättigung, eine rein rechnerische Größe, ist der prozentuale Anteil der austauschbaren Neutralkationen an der Kationenaustauschkapazität.

2.4 Standortbewertung nach FAO/LSC

Seit 1960 bemühte sich die FAO verstärkt, die Standortnutzung in ärmeren Gebieten der Erde zu verbessern. Mit der *Land Suitability Classification* (LSC) wurde versucht, ein weltweit anwendbarer Rahmen der Standortbewertung zu erschaffen, um auch in den wirtschaftlich schwächeren Ländern eine optimale Landnutzung zu ermöglichen. Im Gegensatz zu anderen Klassifikationssystemen berücksichtigt die LSC die lokalen Gegebenheiten und versucht, den gesamten Standortkomplex wie Klima, Relief und Boden in die Bewertung mit einzubeziehen. Die Standortbewertung ist sowohl für genau definierte Nutzungstypen als auch für einzelne Kulturpflanzen durchführbar. Das Bewertungsverfahren vergleicht die Eigenschaften und natürlichen Gegebenheiten eines Standorts mit den Anforderungen der Kulturpflanzen. (SYS *et al.*, 1993; SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 2002).

Die Standortbewertung wurde unter Zuhilfenahme der SOTER-Datenbank (*soil and terrain database*) durchgeführt.

Die Methode nach FAO/LSC ist eine semi-quantitative Annäherung der bio-physikalischen Landbewertung, bei der sozioökonomische Komponenten nicht berücksichtigt werden. Sie

basiert auf einigen einfachen Pflanzenwachstumsfunktionen und verschiedenen Übersichtslisten mit Pflanzenansprüchen. Die parametrische Storie-Index-Methode, die eine quantitative Beurteilung der Landeignung ermöglicht, hat sich im Rahmen der LSC durchgesetzt. Numerische Ratings mit einem Maximalwert von 100 und einem Minimalwert von 0 werden je nach Limitationsgrad und Eignungsklasse der Landeigenschaften (*Land characteristics*) verteilt.

Die Anzahl der Parameter soll möglichst niedrig gehalten werden, um Interaktionen zu vermeiden. Für jeden Nutzungstyp bzw. jede Kulturpflanze muss die optimale Durchwurzelungstiefe und die Horizontgewichtung festgelegt werden. Für die *Characteristics* in den einzelnen Kategorien werden Ratings (0-100) festgelegt, die in Abgleichung mit den Bedürfnissen und Anforderungen der Baumwollpflanze (Listen im Anhang) berechnet werden (SYS *et al.*, 1993; GRAEF, 1999; IGUÉ *et al.*, 2000). Folgende Kategorien/Gruppen werden berücksichtigt:

- In die Kategorie *Topography* (Topographie) fließt der Parameter Hangneigung bzw. Gefälle mit ein.
- Die Kategorie *Wetness* (Feuchtigkeit) berücksichtigt mögliche Überflutungsrisiken (Dauer, Gefahr) sowie die Drainageeigenschaften.
- in der Kategorie *Physical soil characteristics* (Physikalische Bodeneigenschaften) wird der Steingehalt, die Textur, die Profiltiefe aber auch der Carbonat- und Gipsgehalt berücksichtigt.
- In der Kategorie *Soil fertility characteristics* (Chemische Bodeneigenschaften) werden die KAK, die Basensättigung, die Summe der Basen, die pH-Werte und der Gehalt organischen Kohlenstoffs bewertet.
- In die Kategorie *Salinity and alkalinity* (Salzgehalt und Alkalinität) fließen die Parameter elektrische Leitfähigkeit und der Anteil austauschbaren Natriums ein.
- In der Kategorie *Climatic requirements* (Klimatische Anforderungen) werden der Niederschlag, die Temperatur und die Luftfeuchte bewertet.

Die einzelnen Kategorien und die Bewertung durch Ratings mit den daraus folgenden Limitationsgraden und Eignungsklassen sind in Tab. 2.3 dargestellt.

Land suit. class *		S1		S2	S3	N1	N2	
Limitation level **		0	1	2	3	4		
Rating		100	95	85	60	40	25	0
Category	Characteristics							
Topography (t)	-slope							
Wetness (w)	-drainage -flooding							
Physical soil characteristics (s)	-texture -coarse fragments -soil depth -CaCO ₃ -gypsum							
Soil fertility characteristics (f)	-apparent CEC -base saturation -sum of bases -pH (H ₂ O; KCl) -organic carbon							
Salinity and alkalinity (n)	-ECe -ESP							
Climate (c)	-precipitation -temperature -humidity							

Tab.2.3: Die für die Bewertung entscheidenden Kategorien mit den jeweiligen Parametern nach SYS *et al* (1993) und GRAEF (1999), verändert

* land suitability classes: S1: very suitable; S2: moderately suitable; S3: marginally suitable; N1: actually unsuitable; N2: permanently unsuitable. ** limitation levels: 0: no; 1: slight, 2: moderate; 3: severe; 4: very severe.

Es zählt gemäß der *Limitation-Method* stets der niedrigste Wert eines Parameters innerhalb einer Gruppe als Gesamtwert (Rating) für die ganze Kategorie. Die Ratings werden für die Boden- und Geländeeigenschaften zu einem Boden-Index, für die klimatischen Eigenschaften zu einem Klima-Index zusammengefasst. Die Ratings für die Klimaeigenschaften Niederschlag, Luftfeuchte und Temperatur werden, wie auch diejenigen für die Bodeneigenschaften, anhand von Vergleichen mit den Anforderungen der Baumwollpflanze vergeben. Zur Berechnung der Klima- und Boden-Indices wird nach der Storie-Methode folgende Formel verwendet:

$$I = A \cdot \frac{B}{100} \cdot \frac{C}{100} \cdot \frac{D}{100} \quad (A, B, C, D \dots : \text{Ratings}; I_{[K,B]} = \text{Klima- oder Boden-Index})$$

Für die gesamte Landevaluierung wird der Klima-Index in ein Klima-Rating umgewandelt. Es wird dabei folgende Umrechnung verwendet:

$I_k < 25$, dann $I_k \cdot 1.6 = R_k$

$25 \leq I_k \leq 92.5$, dann $I_k \cdot 0.9 + 16.67 = R_k$

$I_k > 92.5$, dann $I_k = R_k$

(I_k = Klima-Index; R_k = Klima-Rating)

Der Boden-Index wird schließlich mit dem erstellten Klima-Rating anhand der Storie-Methode zum Land-Index verrechnet. Dieser ermöglicht eine Einteilung in die verschiedenen Eignungsklassen (Tab. 2.4).

INDEX	SUITABILITY CLASS
100-75	S1 : very suitable
75-50	S2 : moderately suitable
50-25	S3 : marginally suitable
25-0	N1 : unsuitable

Tab. 2.4: Index-Werte für die unterschiedlichen Eignungsklassen nach *SYS et al.* (1993)

Die Eignungsklassen können noch genauer definiert werden, indem Art und Grad der Limitierung angegeben wird (siehe Tab. 2.3). Dafür werden die Abkürzungen (t, w, s, f, n, c) der 6 Kategorien, sowie die Zahlen 0-4, welche die Schwere der Limitierung ausdrücken, verwendet.

3 Ergebnisse

3.1. Lage und Beschreibung der Profile

Im Folgenden werden die untersuchten Profile zuerst nach ihrem Erscheinen im Feld und dann anhand der Laboranalysen genauer charakterisiert. Die Böden wurden nach der *World Reference Base for Soil Resources* (FAO, 1998) bestimmt. Die beschriebenen Profile befanden sich auf unterschiedlichen Toposequenzen, werden jedoch in Abb. 3.1 beispielhaft in einer Catena zusammengefasst, wobei ihre topographische Lage beibehalten wurde.

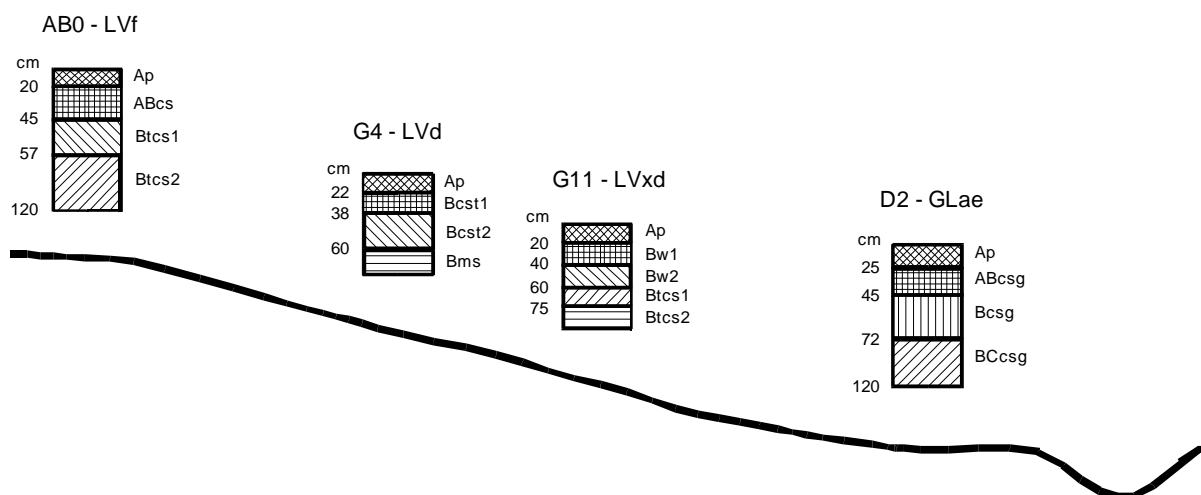



Abb. 3.1: Beispielhafte Catena mit den untersuchten Böden im Arbeitsgebiet

3.1.1 Profil AB0: Rhodi-Ferric Luvisol (Dystric, Endoskeletal)


- WRB-Klassifikation: Rhodi-Ferric Luvisol (Dystric, Endoskeletal)
- Diagnostische Kriterien: Argic B Horizont, Ferric Eigenschaften
- Differenzierungs-Merkmale: Endoskeletal, Dystric, Rhodic
- Lage: N 7° 56,957' und E 1° 54,442' (GPS), 192 m ü NN (bei Lowozougo)
- Ausgangsmaterial: Gneis
- Vegetation: Busch- und Baumsavanne
- Nutzung: Ackernutzung; Anbau von Mais, Baumwolle und Cashew
- Topographische Position des Profils: Kuppe
- Mikrotopographie: Dämme (Mais, Baumwolle)
- Hangneigung: 0,5%

	Hori- zont	Tiefe (cm)	Beschreibung
	A_p	0- 20	7,5 YR 4/3 sandiger Lehm; Subpolyedergefüge mittlerer Stabilität; frische und brüchige Konsistenz; 15% Fe/Mn-Konkretionen; zahlreiche Fein-, Mittel- und Grobporen, gute Durchwurzelung, deutlicher und welliger Übergang
	AB_{cs}	20- 45	5 YR 4/4 sandiger Lehm; Einzelkorngefüge; frische und brüchige Konsistenz; 40% Fe/Mn-Konkretionen; 10% Steingehalt; zahlreiche Poren und mäßige Durchwurzelungsintensität; Krotowinen und Ameisengänge; deutlicher, welliger Übergang
	B_{tcs1}	45- 57	5 YR 4/8 sandiger Lehm; Kohärentgefüge; frische und brüchige Konsistenz; mäßige Anzahl Poren und sehr geringe Durchwurzelung; 50% Fe/Mn-Konkretionen; 10% Steingehalt; einige Ameisengänge; undeutlicher, irregulärer Übergang
	B_{tcs2}	57- 120	2,5 YR 4/6 toniger Lehm; Kohärentgefüge; frische und brüchige Konsistenz; geringe Anzahl an Poren und sehr geringe Durchwurzelungsintensität; 55% Fe/Mn-Konkretionen, zum Teil bröckelig; 15% Steingehalt; mäßige Anzahl Flecken: 10YR 7/8, 5 YR 4/6, 2,5 YR 4/8, schwarze Flecken

Tab. 3.1.1: Beschreibung von Profil AB0 nach der Erscheinung im Feld

3.1.3 Profil G4: Petroplinthi-Dystric Luvisol (Mollic, Endoskeletal)


- WRB-Klassifikation: Petroplinthi-Dystric Luvisol (Mollic, Endoskeletal)
- Diagnostische Kriterien: Argic B Horizont, Petroplinthic Horizont, Mollic A Horizont
- Differenzierungs-Merkmale: Endoskeletal, Dystric, Petroplinthic
- Lage: N 7° 59,771' und E 1° 55,949' (GPS), 207 m ü NN (bei Azokangoudou)
- Ausgangsmaterial: Gneis
- Vegetation: Busch- und Baumsavanne, *Imperata cylidrica* (90%)
- Nutzung: Ackernutzung; Anbau von Mais, Baumwolle und Cashew
- Topographische Position des Profils: Oberhang
- Mikrotopographie: Dämme (Mais, Baumwolle)
- Hangneigung: 0,5%

	Hori- zont	Tiefe (cm)	Beschreibung
	A_p	0- 22	7,5 YR 3/2 lehmiger Sand; mittel ausgeprägtes Subpolyedergefüge; frische und brüchige Konsistenz; viele Poren und gute Durchwurzelung; hohe biologische Aktivität (zahlreiche Ameisengänge); 10% Fe/Mn-Konkretionen; deutlicher und irregulärer Übergang
	B_{tcs1}	22-38	7,5 YR 3/3 sandiger Lehm; mittelmäßig ausgeprägtes Subpolyedergefüge; frische und brüchige Konsistenz; zahlreiche Poren und gute Durchwurzelung; Krotowinen sowie Ameisengänge; 25-30 % Fe/Mn-Konkretionen; Übergang deutlich und irregulär
	B_{tcs2}	38-60	7,5 YR 4/6 sandiger toniger Lehm, schwach entwickeltes Subpolyedergefüge, frische und brüchige Konsistenz; mäßig viele Poren und Wurzeln (fein und mittel); 50% Fe/Mn-Konkretionen
	B_{ms}	<60	Verhärteter Horizont, nicht grabbar

Tab. 3.1.2: Beschreibung von Profil G4 nach der Erscheinung im Feld

3.1.4 Profil G11: Dystri-Chromic Luvisol (Plinthic, Endoskeletal)


- WRB-Klassifikation: Dystri-Chromic Luvisol (Plinthic, Endoskeletal)
- Diagnostische Kriterien: Argic B Horizont, Plinthic Horizont
- Differenzierungs-Merkmale: Chromic, Dystric, Endoskeletal, Plinthic
- Lage: N 8° 00,714' und E 1° 55,841' (GPS), 205m ü NN (bei Azokangoudou)
- Ausgangsmaterial: Gneis
- Vegetation: Busch- und Baumsavanne, *Imperata cylindrica*
- Nutzung: Ackernutzung; Anbau von Baumwolle
- Topographische Position des Profils: Oberhang
- Mikrotopographie: Dämme
- Hangneigung: 1%

	Horizont	Tiefe (cm)	Beschreibung
	A_p	0-20	7,5 YR 3/3 lehmiger Sand; mittel ausgebildetes Subpolyedergefüge; frische und brüchige Konsistenz; zahlreiche Poren und gute Durchwurzelung; 10% Fe/Mn-Konkretionen; Ameisengänge und Krotowinen; deutlicher, irregulärer Übergang
	B_{w1}	20-40	5 YR 4/6 sandiger Lehm; mittel ausgebildetes Subpolyedergefüge; frische und brüchige Konsistenz; zahlreiche Poren und Wurzeln; 10% Fe/Mn-Konkretionen; zahlreiche Ameisengänge; undeutlicher, irregulärer Übergang
	B_{w2}	40-60	5 YR 4/6 sandiger Lehm; mittel ausgebildetes Subpolyedergefüge; frische und brüchige Konsistenz; zahlreiche Poren und Wurzeln; 10% Fe/Mn-Konkretionen; Krotowinen; deutlicher, irregulärer Übergang
	B_{tcs1}	60-75	5 YR 5/6 sandiger toniger Lehm; schwach ausgebildetes Subpolyedergefüge; frische und brüchige Konsistenz; mäßige Anzahl Poren, schwache Durchwurzelung; 60% Fe/Mn-Konkretionen; 15% Steingehalt; Übergang deutlich und irregulär
	B_{tcs2}	>75	Verhärteter Horizont, aber grabbar

Tab. 3.1.3: Beschreibung von Profil G11 nach der Erscheinung im Feld

3.1.2 Profil D2: Eutri-Abruptic Gleysol (Endoskeletal)

- WRB-Klassifikation: Eutri-Abruptic Gleysol (Endoskeletal)
- Diagnostische Kriterien: Gleyic Eigenschaften im B-Horizont
- Diagnostische Eigenschaften: abrupter Texturwechsel
- Differenzierungs-Merkmale: Endoskeletal, Eutric
- Lage: N 7° 57,751' und E 1° 55,475' (GPS), 180 m ü NN (bei Aoandebo)
- Ausgangsmaterial: Gneis
- Vegetation: Busch- und Baumsavanne, *Imperata cylindrica*
- Nutzung: Ackernutzung; Anbau von Mais, Baumwolle und Cashew
- Topographische Position des Profils: Hangfuß
- Mikrotopographie: Dämme (Mais, Baumwolle)
- Hangneigung: 0,5%

	Hori-zont	Tiefe (cm)	Beschreibung
	A_p	0-25	10 YR 3/2 sandiger Lehm; mittel ausgebildetes Subpolyedergefüge; frische und brüchige Konsistenz; zahlreiche Poren und gute Durchwurzelung; 20 % Fe/Mn-Konkretionen; hohe biologische Aktivität (Regenwürmer und zahlreiche Ameisen); undeutlicher und irregulärer Übergang
	AB_{csg}	25-45	10 YR 4/3 sandiger toniger Lehm; schwach ausgebildetes Subpolyedergefüge; frische und brüchige Konsistenz; mäßige Anzahl Poren und Wurzeln (Grobporen fehlen); 25% Fe/Mn-Konkretionen; zahlreiche feine aber deutliche Flecken: 7,5 YR 4/6, 5YR 5/6; Ameisengänge; Übergang deutlich und wellig
	B_{csg}	45-72	2,5 Y 5/4 Ton; Kohärentgefüge; feuchte und klebende Konsistenz; gering Anzahl Poren und geringe Durchwurzelung (nur Feinwurzeln); 40% Fe/Mn-Konkretionen; 20% Steingehalt; zahlreiche mittlere (5-15mm), deutlich umrissene Flecken: 7,5 YR 5/8, 2,5 YR 4/8; Übergang undeutlich irregulär
	BC_{csg}	72-120	2,5 Y 5/4 Ton; Kohärentgefüge; feuchte und klebende Konsistenz; wenige Poren und kaum Wurzeln (nur Feinporen und -wurzeln); 40% Fe/Mn-Konkretionen (auch >1cm); 30% Steingehalt (zum Teil >10cm Durchmesser); zahlreiche mittlere (5-15mm), deutlich umrissene Flecken: 7,5 YR 5/8, 2,5 YR 4/8

Tab. 3.1.4: Beschreibung von Profil D2 nach der Erscheinung im Feld

3.2 Ergebnisse der bodenchemischen Untersuchungen

3.2.1 Profil AB0: Rhodi-Ferric Luvisol (Dystric, Endoskeletic)

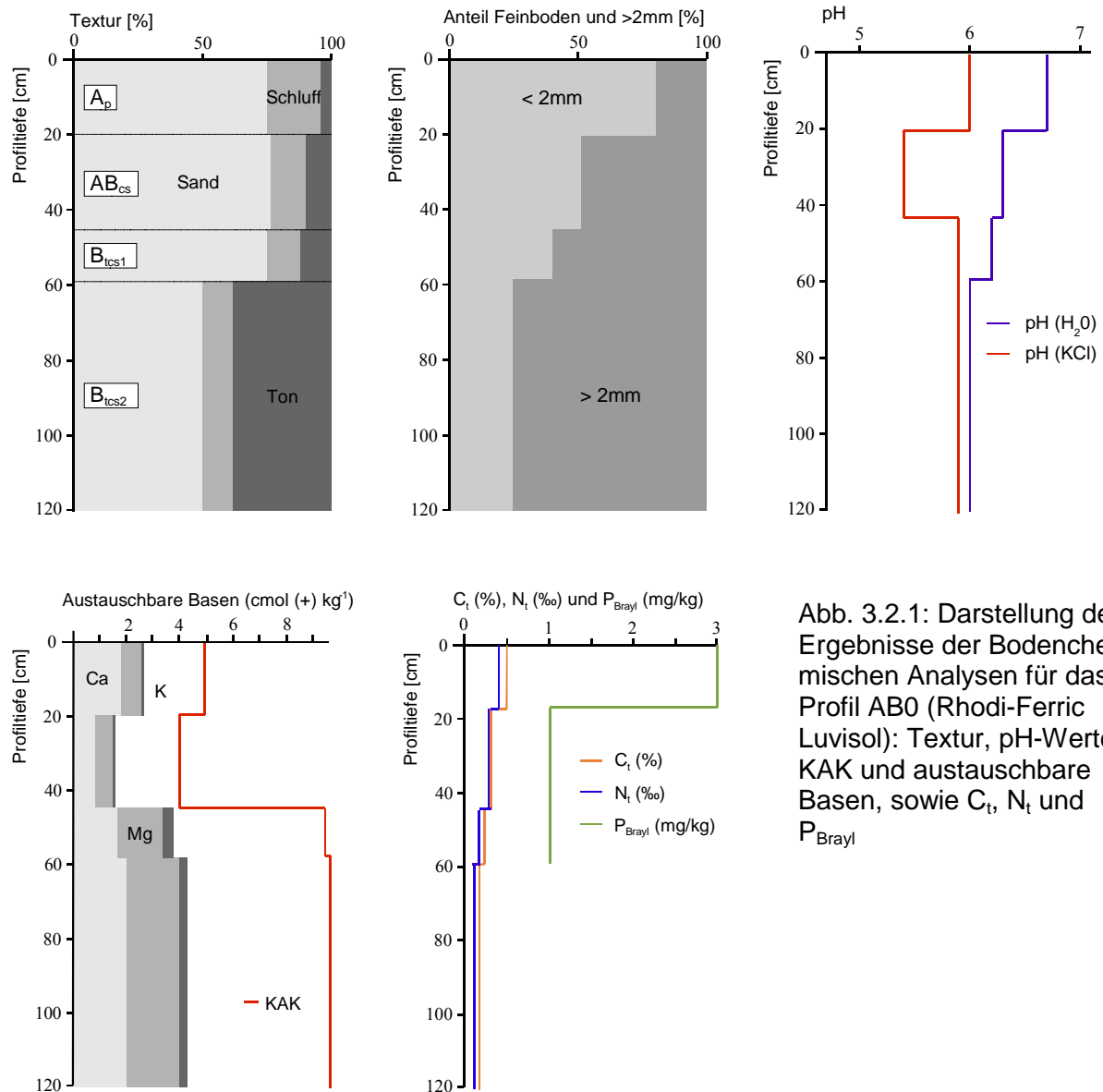


Abb. 3.2.1: Darstellung der Ergebnisse der Bodenchemischen Analysen für das Profil AB0 (Rhodi-Ferric Luvisol): Textur, pH-Werte, KAK und austauschbare Basen, sowie C_t, N_t und P_{Brayl}

Der Sandgehalt ist in allen Horizonten über 50 %, unterhalb von 60 cm steigt der Tonanteil in abruptem Texturwechsel von knapp 10 % im Oberboden auf 35 %. Die Schluffgehalte bleiben in allen Horizonten relativ konstant. Der Anteil von Konkretionen im Unterboden (> 60cm) liegt bei über 75 %. Die pH-Werte befinden sich im leicht sauren Bereich, ab 60 cm Tiefe ist pH (KCl) fast gleich wie pH (H₂O). Die KAK liegt im Oberboden bei 4 cmol(+)/kg und steigt im Unterboden auf 10 cmol(+)/kg an. Die C- und N-Gehalte sind - wie auch der Gehalt an organischer Substanz - niedrig. Die P_{Brayl}-Werte liegen im Oberboden bei 3 mg/kg, sinken unterhalb von 20 cm auf 1mg/kg.

3.2.3 Profil G4: Petroplinthi-Dystric Luvisol (Mollic, Endoskeletal)

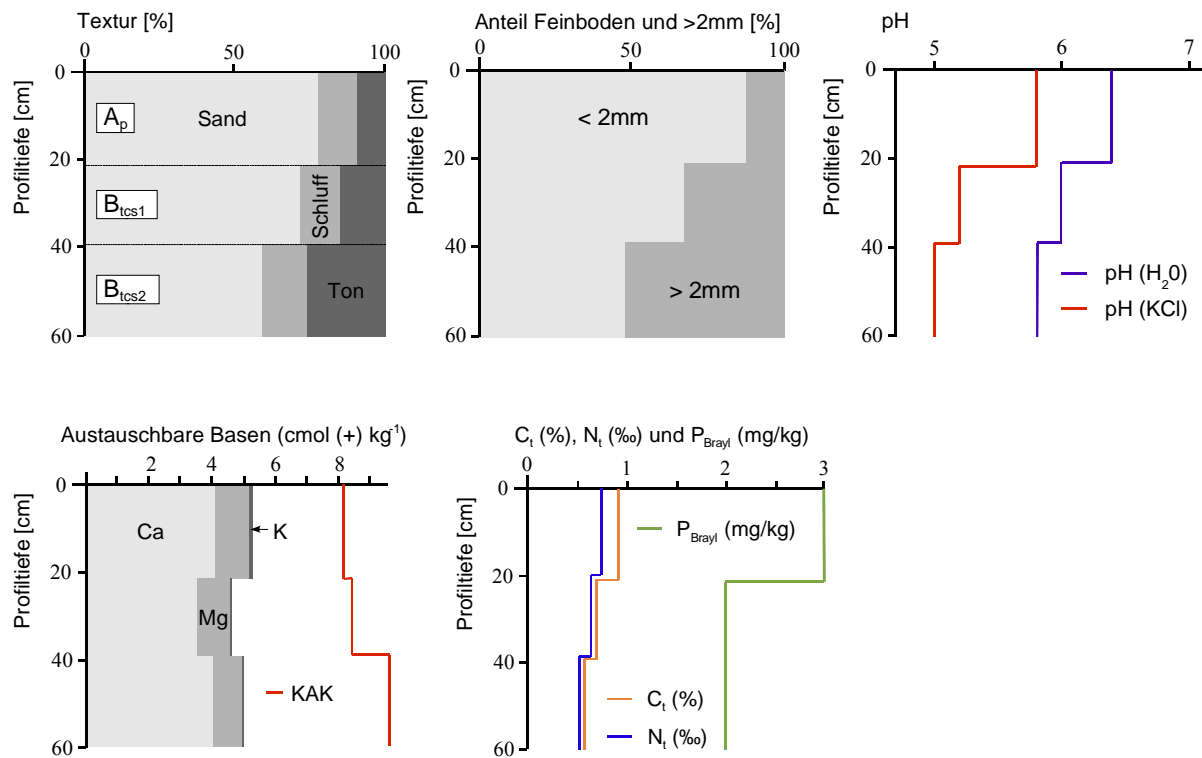


Abb. 3.2.2: Darstellung der Ergebnisse der Bodenchemischen Analysen für das Profil G4 (Petroplinthi-Dystric Luvisol): Textur, pH-Werte, KAK und austauschbare Basen, sowie C_t, N_t und P_{Brayl}

Sand macht den größten Anteil im Boden aus, jedoch nimmt der Tonanteil von 8 auf 23 % und der Anteil Konkretionen von 15 auf 50 % mit der Profiltiefe zu. Lediglich der Schluffgehalt bleibt konstant. In 60 cm Tiefe befindet sich ein petroplinthitischer Horizont, der jedoch nicht beprobt wurde. In der französischen Klassifikation werden nicht grabbare petroplinthitische Horizonte als *cuirasse* bezeichnet.

Der pH-Wert sinkt stetig von 6,4 (H₂O) bzw. 5,8 (KCl) im Oberboden auf 5,8 (H₂O) bzw. 5,0 (KCl) in 60 cm Tiefe.

Die KAK beträgt im Oberboden 8 cmol(+)/kg und steigt schließlich bis auf 10 cmol(+)/kg in 60 cm Tiefe an. Die Basensättigung liegt im Oberboden bei über 50 %, sie sinkt jedoch im unteren Teil des Bt-Horizonts auf unter 50 %.

Der Anteil Organischer Substanz ist hoch (Mollic Horizont), die Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sind dementsprechend ebenfalls höher als in den übrigen untersuchten Böden.

3.2.4 Profil G11: Dystri-Chromic Luvisol (Plinthic, Endoskeletal)

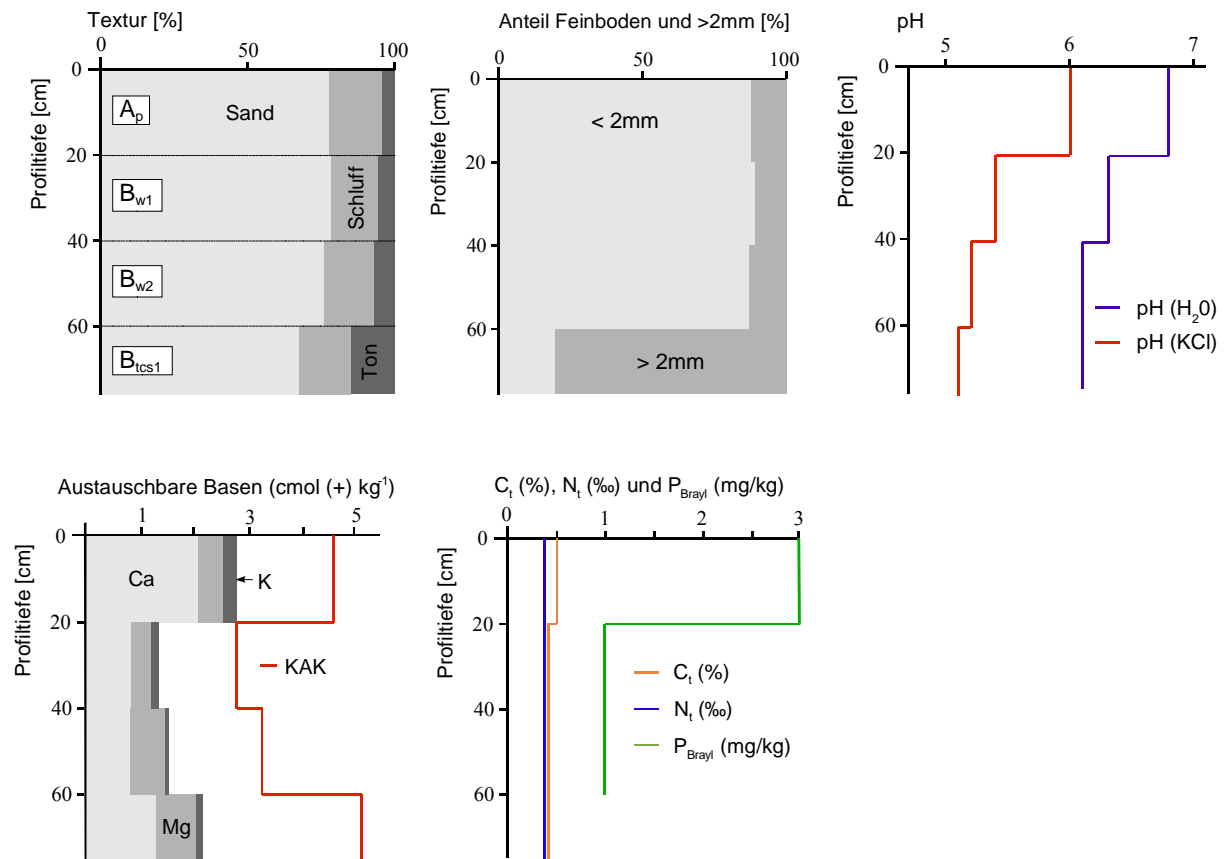


Abb. 3.2.3: Darstellung der Ergebnisse der Bodenchemischen Analysen für das Profil G11 (Dystri-Chromic Luvisol): Textur, pH-Werte, KAK und austauschbare Basen, sowie C_t, N_t und P_{Brayl}

Der Sandanteil beträgt im gesamten Profil über 70 %. Die Schluffgehalte sind in allen Horizonten etwa gleich, lediglich der Tongehalt steigt von knapp 5 % im Oberboden auf 14% in 70 cm Tiefe an. Auffallend ist die plötzliche Zunahme von Konkretionen in 60 cm Tiefe von 10 auf 80 %. Der darunter liegende plinthitische Horizont, der in der französischen Nomenklatur *carapace* genannt wird, wurde nicht beprobt. Der pH-Wert liegt im Oberboden im neutralen bis leicht sauren Bereich, er sinkt im Profilverlauf auf 6 (H₂O) bzw. 5 (KCl). Die KAK ist im gesamten Profil relativ niedrig (< 5 cmol(+)/kg), was auf die geringen Tongehalte zurückzuführen ist. Die Basensättigung ist, mit Ausnahme des A_p-Horizonts, unter 50 %.

Die Kohlenstoff und Stickstoffgehalte sind mit durchschnittlich 0,4 % C, sowie 0,04 % N niedrig. Der Anteil verfügbaren Phosphors beträgt im A_p-Horizont 3 mg/kg, im übrigen Profil 1 mg/kg.

3.2.2 Profil D2: Eutri-Abruptic Gleysol (Endoskeletal)

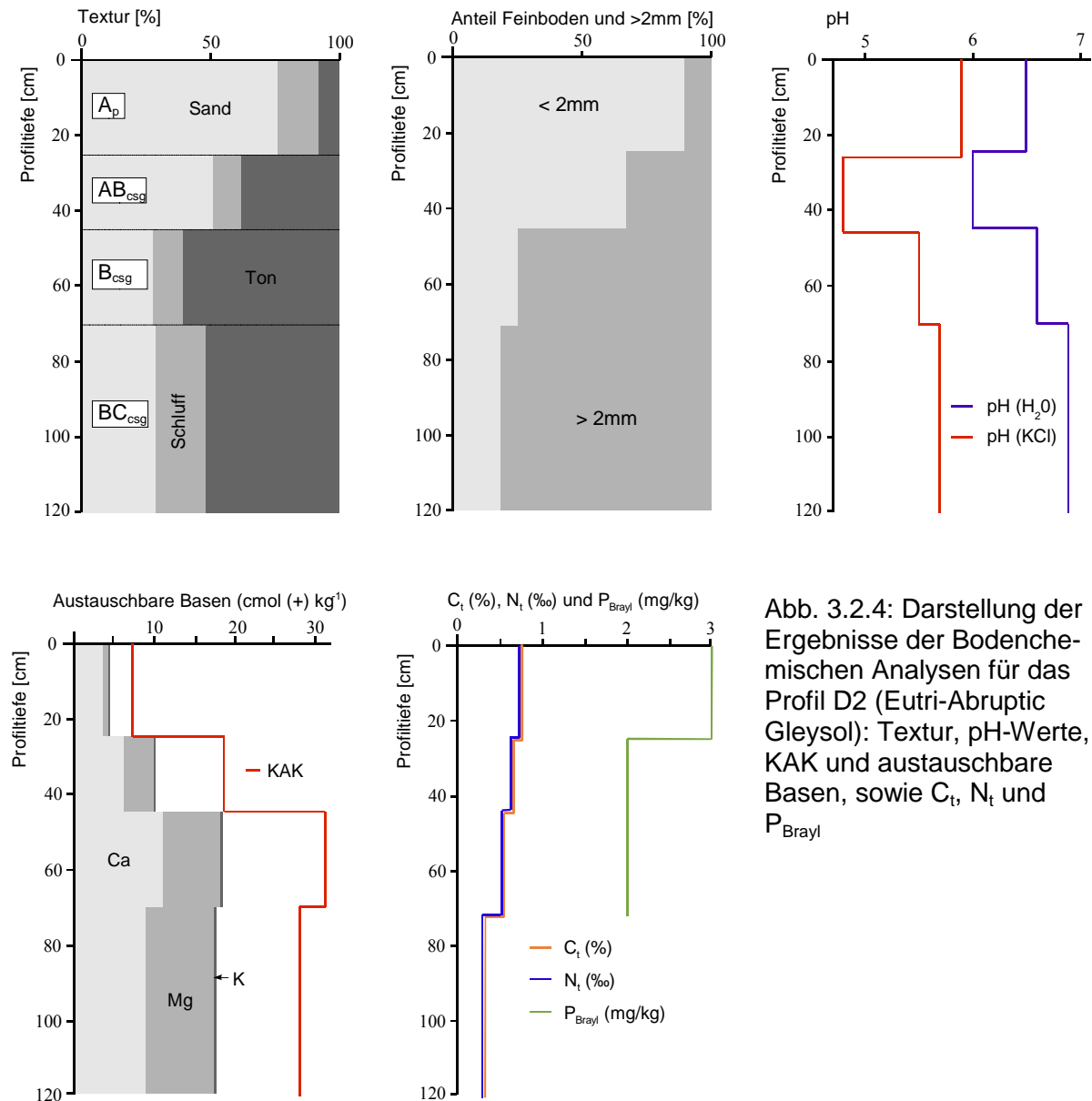


Abb. 3.2.4: Darstellung der Ergebnisse der Bodenchemischen Analysen für das Profil D2 (Eutri-Abruptic Gleysol): Textur, pH-Werte, KAK und austauschbare Basen, sowie C_t, N_t und P_{Brayl}

Auffallend ist ein abrupter Texturwechsel in 45 cm Tiefe; der Tongehalt unterhalb verdoppelt sich und der Steingehalt (v. a. Konkretionen) steigt auf 80 %. Zwischen 25 und 45 cm sinkt der pH-Wert im AB Übergangshorizont auf 4,8 (KCl) bzw. 6,0 (H₂O), er liegt ansonsten im leicht sauren Bereich.

Die KAK ist vor allem im Unterboden relativ hoch (> 30 cmol(+)/kg), was auch auf den hohen Tongehalt zurückzuführen ist. Die Basensättigung beträgt im gesamten Profil > 50 %. Kohlenstoff, Stickstoff und verfügbares Phosphor korrelieren mit der organischen Substanz und nehmen mit zunehmender Tiefe ab. Die Werte für N_t und C_t sind etwa doppelt so hoch wie im bereits vorgestellten Rhodi-Ferric Luvisol (Profil AB0).

3.3 Ergebnisse der Standortsbewertung

3.3.1 Evaluierung des Klimas

Der Klima-Index für Baumwolle wurde mit Temperatur- und Luftfeuchteangaben von der Klimastation Savè (ASECNA) sowie Niederschlagswerten der Station Savalou (CARDER) erstellt. Es wurde davon ausgegangen, dass im Juni ausgesät wurde.

Für Niederschlag, Luftfeuchte und Temperatur sind Ratings (0-100) angegeben, die durch die Abgleichung mit den Klimaanforderungen der Baumwolle bestimmt wurden (Vgl. Tab. 6.1 climatic requirement for cotton im Anhang). Die in Tabelle 3.1 vorliegenden Klima-Indices wurden nach den in Kapitel 2 vorgestellten Methoden berechnet.

Beginn	Ende	Kultur	Monat	Niederschlags Rating	Luftfeuchte Rating	Temp. Rating	Klima- Index
1964	1993	BW	6	72,5	72,5	72,5	38
1997	1997	BW	6	72,5	72,5	72,5	38
1998	1998	BW	6	90	72,5	72,5	47
1999	1999	BW	6	90	72,5	72,5	47
2000	2000	BW	6	72,5	72,5	72,5	38
2001	2001	BW	6	50	72,5	72,5	26
2002	2002	BW	6	90	72,5	72,5	47
2003	2003	BW	6	90	72,5	72,5	47

Tab. 3.1: Klima Indices für die Jahre 1964-1993 (langjähriges Mittel für Savè), sowie für 1997-2003 (Jahreswerte für Savalou).

Durch die Variation der jährlichen Niederschlagsmenge wurden für die einzelnen Jahre unterschiedliche Klima-Indices berechnet. in Abb. 3.3 werden die nach der in Kapitel 2.2 vorgestellten Methode berechneten Klima-Ratings der letzten sieben Jahre dargestellt.

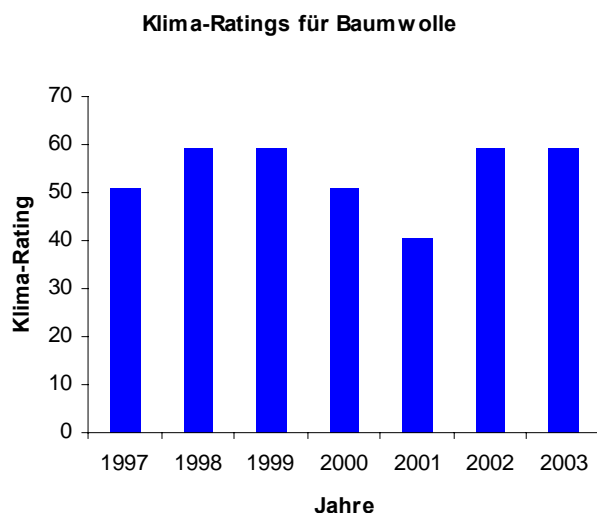


Abb.3.3: Klima-Ratings für Baumwolle zwischen 1997 und 2003

Die Klimaverhältnisse nach den Klimaangaben der Stationen Savè und Savalou ergaben teilweise unterschiedliche klimatische Einschränkungen für den Baumwollanbau in den verschiedenen Jahren (Tab. 3.1). In Tabelle 3.2 wird für die Jahre 1997 bis 2003 der Mittelwert der sieben Klima-Ratings und das Klima-Rating, berechnet aus dem langjährigen Mittel der Klimaangaben (1997-2003), miteinander verglichen.

	Klima-Rating	Limitierungen
Mittelwert der Klima-Ratings von 1997-2003	54	in einzelnen Jahren zu geringe Niederschläge im 5. Monat und in gesamter Wachstumsperiode, aber zu hohe im 6. Monat; zu hohe Luftfeuchte und Nachttemperaturen während Reifestadium bzw. Blüte
Klima-Rating der langjährigen Mittel (1997-2003)	59	selbe Einschränkungen im Bereich der Luftfeuchte und Temperatur, aber kaum Einschränkungen bezüglich der Niederschlagsmenge und -verteilung

Tab 3.2: Vergleich der klimatischen Limitierungen bezüglich Baumwollanbau anhand des Mittelwerts der Klima-Ratings von 1997-2003 und dem Klima-Rating der langjährigen Mittel (1997-2003)

3.3.2 Evaluierung der Böden

Bei der Bewertung der Bodeneigenschaften nach der in Kapitel 2.4 beschriebenen Methode kam es bei allen untersuchten Böden zu erheblichen Einschränkungen (Vgl. Tab. 6.2 im Anhang). In Tabelle 3.4 sind die vergebenen Ratings in den fünf Kategorien sowie die nach der Storie-Methode berechneten Boden-Indices dargestellt. Die Bewertung der einzelnen Parameter innerhalb der Kategorien ist den Tabellen 3.5-3.7 zu entnehmen. Die Parameter mit den niedrigsten Ratings, die gemäß der Methode der maximalen Einschränkung (*Maximum limitation method*) das Rating der gesamten Kategorie festlegen, sind gekennzeichnet.

Profil	Wetness	Gefälle	Phys-Eig.	Chem-Eig.	Sal-Alk	Boden-Index
AB0	100	100	48,5	50	100	24,3
G4	100	100	72,5	90	100	65,3
G11	50	100	59	50	100	14,8
D2	72,5	100	72,5	72,5	100	38,1

Tab. 3.3: Ratings der einzelnen Kategorien der Standortmerkmale und Boden-Indices der untersuchten Böden

Profil	Überflutung	Drainage	Wetness
AB0	100	100	100
G4	100	100*	100
G11	100	50*	50
D2	100	72,5*	72,5

Tab. 3.4: Einzelne Ratings und Gesamt-Rating der Kategorie *Wetness*
Mit * gekennzeichnete Werte sind limitierende Parameter in der Kategorie

Profil	Steingehalt	Textur	Gips	Karbonate	Profiltiefe	Phys-Eig.
AB0	48,5*	73	100	100	100	48,5
G4	76	75	100	100	72,5*	72,5
G11	90	59*	100	100	72,5	59
D2	80	75	100	100	72,5*	72,5

Tab. 3.5: Einzelne Ratings und Gesamt-Rating der Kategorie „physikalische Bodeneigenschaften“. Mit * gekennzeichnete Werte sind limitierende Parameter in der Kategorie

Profil	Basensättigung	pH	Basensumme	KAK	Corg	Chem-Eig.
AB0	72,5	100	50*	100	72,5	50
G4	90*	90*	90*	100	90*	90
G11	90	100	50*	100	72,5	50
D2	90	100	90	100	72,5	72,5

Tab. 3.6: Einzelne Ratings und Gesamt-Rating der Kategorie „chemische Bodeneigenschaften“. Mit * gekennzeichnete Werte sind limitierende Parameter in der Kategorie

Die starke Limitierung von Profil AB0 (Rhodi-Ferric Luvisol) bezüglich Baumwollanbau ist vor allem auf die zu geringe Summe austauschbarer Basen sowie den niedrigen Gehalt an organischem Kohlenstoff in der Gruppe der chemischen Bodeneigenschaften zurückzuführen. Zu hohe Steingehalte bzw. Konkretionen und hoher Sandanteil wirken limitierend im Bereich der physikalischen Eigenschaften.

Profil G4 (Petroplinthi-Dystric Luvisol) weist von den untersuchten Böden nach der Bewertung die geringsten Einschränkungen auf. In der Kategorie der physikalischen Eigenschaften besteht eine Limitierung durch mangelnde Tiefgründigkeit, zu hohen Grobbodenanteil und zu sandige Textur. Im Bereich der chemischen Eigenschaften sind die Basensumme und Basensättigung, der Anteil der organischen Substanz und der pH-Wert für das Rating von 90 verantwortlich.

Profil G11 (Dystri-Chromic Luvisol) weist sehr starke Einschränkungen in fast allen Kategorien auf. Ein niedriges Rating von 50 wird in der Kategorie *Wetness* wegen der schnellen Sickerung des Wassers durch die sehr sandige Textur vergeben. Diese ist auch in der Gruppe der physikalischen Eigenschaften für den niederen Wert verantwortlich. Bei den bodenchemischen Parametern wirkt die geringe Basensumme limitierend.

Die Einschränkungen von D2 (Eutri-Abruptic Gleysol) werden durch mangelnde Drainage in der Kategorie *Wetness*, Behinderungen des Wurzelwachstums durch massive Unterbodenhorizonte und einem hohen Steingehalt in der Kategorie „physikalische Bodeneigenschaften“ verursacht. Zu geringer Gehalt an organischem Kohlenstoff sowie leichte Einschränkungen durch den Gehalt austauschbarer Kationen und der Basensumme sind die einschränkenden Parameter in der Kategorie der chemischen Bodeneigenschaften.

Bezüglich des Gefälles, werden alle untersuchten Böden mit einem Rating von 100 als sehr geeignet eingestuft.

Die Boden-Indices werden mit den erstellten Klima-Ratings (Kapitel 3.3.1) anhand der Storie-Methode zu Land-Indices verrechnet. Die Schwankungen der Klima-Ratings während der letzten Jahre wirken sich auch auf die Land-Indices aus (Tab. 3.7):

Profil	Land-Index 1999	Land-Index 2000	Land-Index 2001	Land-Index 2002 und 2003	Durchschnitt 1999-2003
AB0	14,3	12,4	9,7	14,3	12,7
G4	38,9	33,3	25,9	38,9	34,3
G11	8,7	7,5	5,9	8,7	7,7
D2	22,5	19,4	15,2	22,5	19,9

Tab. 3.7: Land-Indices der untersuchten Böden zwischen 1999 und 2003 sowie der Durchschnittswert der Jahre 1999-2003

Die Land-Indices der Böden G11 und AB0 und D2 entsprechen der Eignungsklasse N1 (*actually unsuitable*), während G4 mit einem Land-Index zwischen 25,9 und 38,9 in die Eignungsklasse S3 (*marginally suitable*) fällt.

3.4 Ergebnisse der Bauernbefragung

Die Bauern werden von den technischen Beratern des CARDER angehalten, Pflanzenschutzbehandlungen mit Aphiziden und Akariziden sowie Düngungen mit NPK und Harnstoff durchzuführen, um die Baumwollerträge zu optimieren. Die tatsächlichen Behandlungen weichen zum Teil von der angeratenen Menge und Ausbringungsweise ab (Tab. 3.8).

Nach Auskunft von CARDER Savalou sowie den Mitarbeitern der *Site d'Expérimentation de Coton* in Savalou wird den Bauern empfohlen, 200 kg NPK-Dünger zwei Wochen nach der Saat und 50 kg Harnstoff ca. 45 Tage nach der Saat pro Hektar auszubringen. Insgesamt wird zu 6 Pflanzenschutzspritzungen geraten, wobei die ersten vier Behandlungen mit Akariziden (Endosulfan oder Phaser) gegen *Heliocoverpa spp.* (Baumwollkapselwurm) sowie die fünfte

und sechste mit Aphiziden (Conquest) gegen Blattläuse und Raupen erfolgen sollte. Es wird empfohlen, die erste Behandlung zwischen dem 45. und 50. Tag und die folgenden Spritzungen jeweils in 14 tägigem Abstand zur ersten Behandlung durchzuführen. Das optimale Mischungsverhältnis der Pflanzenschutzmittel mit Wasser wird mit 1: 9 angegeben.

Boden [Profil]	Rhodi-Ferric Luvisol [AB0]	Petroplinthi-Dystric Luvisol [G4]	Dystri-Chromic Luvisol [G11]	Eutri-Abruptic Gleysol [D2]
Wohnort und Distanz Dorf-Feld	Lowozougo ca. 1 km	Doysa ca. 10 km	Azokangodo ca.1,5 km	Ouessé ca.5 km
NPK-Dünger** [kg/ha]	200	150	165	150
Harnstoff** [kg/ha]	100	50	80	50
Ausbringung	NPK zwei Wochen nach Saat; Harnstoff nach der Blüte ausgebracht	NPK und Harnstoff gemischt: 1.Hälfte zu Beginn der Kultur; 2. Hälfte vor der Kapselöffnung	Ausbringungsweise unbekannt	NPK und Harnstoff gemischt und zu Beginn der Kultur ausgebracht
Pestizide [l/ha]	6	2,5	5	3
Mischung Pestizid[]:Wasser[]	1:9	1:4	1:9	1:0,5
Zahl der Anwendungen	7	5	5	4
Erträge Baumwolle* im Jahr 2003 [t/ha]	2,5	0,7	1,2	0,9
Sonstiges	Erstes Jahr Anbau von Baumwolle	In guten Jahren 1,4 t/ha Baumwolle	In guten Jahren 1,5 t/ha Baumwolle	In guten Jahren 1,3 t/ha; in schlechten 0,8 t/ha Baumwolle

Tab. 3.8: Angaben der Bauern zur Bewirtschaftung ihrer Baumwollfelder, mit den Profilen AB0, G4, G11 und D2

*Ertragsangaben in Rohbaumwolle

**Zusammensetzung: NPKSB: 14-23-14-5-1 und Harnstoff: 45 N

4 Diskussion

4.1 Standorteigenschaften der Böden und ihre Bewertung für den Baumwollanbau

Die Eignung der untersuchten Böden für den Baumwollanbau soll nun anhand der Ergebnisse der Standortbewertung nach FAO/LSC diskutiert werden. In Tabelle 4.1 sind die für die Produktion von Baumwolle einschränkende Faktoren in Ratings angegeben.

Profil	AB0	G4	G11	D2
Topographie (t)	100	100	100	100
-Hangneigung	100	100	100	100
Wetness (w)	100	100	50	72,5
-Drainage	100	100	50	72,5
-Überflutung	100	100	100	100
Phys. Bodeneigenschaften (s)	48,5	72,5	59	72,5
-Textur	73	75	59	75
-Steingehalt	48,5	75,5	90	80
-Profiltiefe	100	72,5	72,5	72,5
Chem. Bodeneigenschaften (f)	50	90	50	72,5
-KAK	100	100	100	100
-Basensumme	50	90	50	90
-Basensättigung	72,5	90	90	90
-pH (H ₂ O; KCl)	100	90	100	100
-organischer Kohlenstoff	72,5	90	72,5	72,5
Salzgehalt und Alkalinität (n)	100	100	100	100

Tab. 4.1: Übersicht der Einschränkungen (ausgedrückt in numerischen Ratings) bezüglich Baumwollanbau nach FAO/LSC

Für die Produktion von Baumwolle sollten auf Grund der hohen Erosionsgefahr Böden ohne oder mit nur schwachem Gefälle genutzt werden (MATTHEWS, 1989). Diese Voraussetzung erfüllen alle untersuchten Böden.

Nach YOUNG (1976) sollte Baumwolle auf Böden mit guten Drainageeigenschaften angebaut werden, da durch Staunässe vor allem im vegetativen Stadium Kümmerwuchs auftreten kann. Von den untersuchten Böden weist D2 (Eutri-Abruptic Gleysol) anhand der massiven Struktur im Unterboden Einschränkungen bezüglich der für den Baumwollanbau geeigneten Drainageeigenschaften auf. Die massive Struktur des Gleysol kann für eine mangelhafte Infiltration des Niederschlagswassers verantwortlich sein, womit die Baumwollpflanze wegen ungenügender Sauerstoffzufuhr nur wenige Tage zurechtkommt (YOUNG, 1976). Hydromorphe Eigenschaften wurden bereits im Feld anhand zahlreicher Rostflecken, grünlich-grauem B-

Horizont (Munsell-Farbton 2,5 Y 5/6), und einer wesentlich feuchteren Konsistenz als in den übrigen untersuchten Böden festgestellt.

Im Dystri-Chromic Luvisol (G11) wurde trotz der sehr guten Drainageeigenschaften durch den hohen Sandanteil lediglich ein Rating von 50 in der Kategorie *Wetness* vergeben (Tab. 4.1), da sandige Böden eine niedrigere Wasserhaltekapazität besitzen und somit für die Baumwollpflanze die Gefahr der Austrocknung besteht (OOSTERHUIS & HAKE, 2001). Ideale Böden müssten nach SYS *et al.* (1993) eine lehmige bis lehmig-tonige Textur aufweisen, um eine ausreichende Wasserversorgung der Baumwollpflanze zu gewährleisten. Bereits IGUÉ (2000) beschrieb beträchtliche textuelle Einschränkungen für den Baumwollanbau durch zu hohen Sandanteil auf Luvisolen in Zentralbenin.

Im weiteren Bereich der physikalischen Bodeneigenschaften kommt es vor allem durch hohe Steingehalte und einige zum Teil nur begrenzt durchwurzelbare Horizonte zu Restriktionen. Alle untersuchten Böden weisen hohe Gehalte an Konkretionen auf. Bei der Durchführung der Standortbewertung werden die Gehalte, sofern im obersten Horizont bereits vorhanden, in den einzelnen Horizonten gemittelt und fließen so in die Evaluierung ein. Daraus erfolgte für das Profil AB0 (Rhodi-Ferric Luvisol) ein Rating von 48,5. In diesem Profil konnten jedoch anhand von Beobachtungen im Feld und dem Vergleich mit den anderen wesentlich besser bewerteten untersuchten Böden keine deutlichen Einschränkungen festgestellt werden. IGUÉ (2000) stellte ebenfalls Einschränkungen für den Anbau von Baumwolle durch hohe Gehalte an Konkretionen fest.

Die Durchwurzelbarkeit stellt vor allem im Profil G4 (Petroplinthi-Dystric Luvisol) durch einen petroplinthischen Horizont in 60 cm Tiefe ein Problem dar. Obwohl sich die Hauptmasse der Baumwollwurzel innerhalb des obersten Meters befindet (OOSTERHUIS & BOURLAND, 2001), können in tiefgründigen und gut durchwurzelbaren Böden noch bis in 2,5 m Tiefe einzelne Feinwurzeln gefunden werden (PARRY, 1982). In der Standortbewertung wird für die Einschränkung durch den verhärteten Horizont in G4 ein Rating von 72,5 gegeben. Die Restriktionen bezüglich der Gründigkeit im Profil G11 und im Profil D2 werden gleich eingeschätzt, obwohl sich dort der plinthische Horizont bzw. die massive Struktur in 75 cm Tiefe befindet.

Auch die chemischen Bodeneigenschaften weisen, mit Ausnahme des Profils G4, einige Einschränkungen auf. Der Stickstoffgehalt liegt im durchwurzelbaren Bereich bei allen Böden unter 0,1 % und wird - wie auch das verfügbare Phosphor mit weniger als 10 mg / kg Boden in allen untersuchten Böden - als gering eingestuft (YOUNG, 1976). Der Gehalt an verfügbarem N und P korreliert mit der organischen Substanz. Diese ist in den Böden AB0 und G11

mit weniger als 1 % als gering einzustufen (nach SYS, 1976 zitiert in IGUÉ, 2000). Bei langjährigem Anbau stellt der Verlust organischer Substanz ein Problem dar, was sowohl einen Rückgang des Stickstoff- und Phosphatangebots mit sich bringt als auch die Gefügestabilität negativ beeinflusst (YOUNG, 1976). Im Gleysol (D2) ist trotz mittlerer Gehalte an organischer Substanz der Gesamtstickstoffanteil mit unter 0,1 % sehr gering. Da sich eine mangelnde Drainage negativ auf die N-Mineralisierungsrate auswirkt (IGUÉ, 2000), können ebenfalls niedrige Gehalte an verfügbarem N im Boden D2 angenommen werden.

4.2 Vergleich der Standortbewertung mit den Aussagen der Bauern

Im Kapitel 3.4 wurden die Erträge der Bauern auf den verschiedenen Böden dargestellt. Im Folgenden soll diskutiert werden, ob die Resultate der Standortbewertung und die Richtlinien bezüglich der Erträge nach SYS *et al.* (1993) mit den von den Bauern für das Jahr 2003 genannten Erträgen übereinstimmen.

Da alle befragten Bauern auf ihren Feldern zwischen 150 und 200 kg NPK-Dünger und zwischen 50 und 100 kg Harnstoff aufbrachten, sollte dies auch in der Standortbewertung berücksichtigt werden, indem die Ratings für die Gruppe der chemischen Bodeneigenschaften angepasst werden. Auf den Feldern G4 und D2 wurde zwar etwas weniger Dünger aufgebracht als auf den übrigen Feldern, jedoch waren die chemischen Eigenschaften dieser Böden auch deutlich vorteilhafter als bei AB0 und G11. Daher wird der Einfachheit halber bei allen Böden von einem Rating von 100 in der Kategorie „chemische Bodeneigenschaften“ ausgegangen. Dadurch steigen die Boden Indices, welche die Eignung der Böden aufzeigen, deutlich an.

Es wird auch davon ausgegangen, dass im Profil AB0 der hohe Anteil an Konkretionen von 60 % in 60 cm Tiefe, der das niedere Rating der Kategorie „physikalische Bodeneigenschaften“ bedingt, die Bodeneignung für Baumwolle nicht stärker beeinträchtigt als das bei den übrigen Böden der Fall ist. Werden diese Umstände in der Evaluierung berücksichtigt, ergeben sich folgende Boden-Indices (Tab. 4.2):

Profil	Wetness	Slope	Phys-fert	Chem-fert	Sal-Alk	Boden-I	Land-I
AB0	100	100	73*	100*	100	73	43,1
G4	100	100	72,5	100*	100	72,5	42,8
G11	50	100	59	100*	100	29,5	17,4
D2	72,5	100	72,5	100*	100	52,6	31

Tab. 4.2: Boden- und Land-Indices (mit klimatischem Rating vom Jahr 2003) bei Veränderung der chemischen Bodeneigenschaften und des Anteils an Konkretionen im Profil AB0. Mit * versehene Werte wurden verändert.

Durch die Korrektur der chemischen Bodeneigenschaften entsprechen die Bodenindices nun anderen Eignungsklassen. Sowohl AB0, D2 als auch G4 weisen nach den Anpassungen einen Index zwischen 50 und 75 auf, was der Eignungsklasse S2 (*moderately suitable*) entspricht. G11 gehört nun mit einem Bodenindex von 29,5 in die Eignungsklasse S3 (*marginally suitable*). Wird die klimatische Eignung mit den Klimawerten vom Jahr 2003 mit einbezogen, sinken alle Böden in ihrer Eignung um eine Stufe (Boden- und Land-Index Tab. 4.2). Zur Erstellung des Klima-Ratings waren nur die Niederschlagswerte aus Savalou zugänglich. Die Luftfeuchte- sowie die Temperaturangaben stammen aus Savè, einem ca. 50 km östlich von Savalou befindlichen Städtchen. Da nach WELLER (2002) die Niederschläge von Ost nach West zunehmen (Tab. 4.3), kann davon ausgegangen werden, dass auch die Luftfeuchte- und Temperaturwerte in Savalou von denen in Savè abweichen.

Niederschlag	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Ø
Savè [mm]	1076	885	1436	988	951	1040	1490	1123
Savalou [mm]	1223	1102	1555	978	940	1246	1364	1201

Tab. 4.3: Niederschläge der Jahre 1997-2003 und Durchschnittswerte über diesen Zeitraum in Savè und Savalou (nach Angaben von ASECNA)

Nach SYS *et al.* (1993) wird ein bezüglich Klima und Boden optimaler von Kleinbauern erzielter Baumwollertrag von 3-4 Tonnen Baumwollsamens je Hektar angegeben. Dieser kann im kommerziellen Anbau bis auf 5 Tonnen steigen.

Die Erträge der befragten Bauern wurden in Kilogramm Rohbaumwolle, also dem Gewicht von Faser und Samen, angegeben. Nach PARRY (1982) beträgt das Samengewicht der Rohbaumwolle ca. 65 %, die übrigen 35 % sind die Faseranteile. Allerdings hängt das Gewicht der Baumwollsamens sowohl von der Sorte als auch von den Anbaubedingungen (Klima, Düngung) ab. Im Folgenden wird von einem Verhältnis Samen zu Fasern von 65 zu 35 ausgegangen.

Um die Erträge der Bauern auf den untersuchten Böden mit den Ertragsangaben von SYS *et al.* (1993) vergleichen zu können, müssen die berechneten Land-Indices in Relation zu den

Ertragsangaben gesetzt werden. Daher wird für den Optimalertrag von 4 Tonnen Baumwollsaamen die Eignungsklasse S1 (75-100 % des Optimalertrags) angenommen. Die Eignungsklasse S2 entspricht 50-75 %, die Klasse S3 25-50 % und die Klasse N1 12,5-25 % des Optimalertrags von 4 Tonnen. Die Ergebnisse der Berechnung sind in Tabelle 4.3 dargestellt.

Profil	2003 erzielter Ertrag* t/ha	Eignungsklasse	Land-Index	Optimalertrag* von 4 t verrechnet mit Land Index
AB0	1,63	S3	43,1	1,72
G4	0,46	S3	42,8	1,71
G11	0,78	N1	17,4	0,71
D2	0,59	S3	31,0	1,24

Tab. 4.4: Im Jahr 2003 erzielte Erträge der befragten Bauern und nach Eignungsklassen und Land-Indices berechnete Optimalerträge nach SYS (1993)
*Samengewicht

Die tatsächlich erzielten Erträge von AB0 und G11 und die nach der oben genannten Methode berechneten Erträge sind nahezu identisch. Die berechneten Erträge der Böden D2 und G4 hingegen weichen sehr stark von den tatsächlichen Erträgen ab. Um diese Abweichung zu erklären, müssen sozioökonomische Gesichtspunkte hinzugezogen werden. So leben die Bauern von D2 und G4 5 und 10 km von ihren Feldern entfernt, im Gegensatz zu den Bauern der Felder AB0 und G11, deren Felder sich in geringer Distanz zum Wohnort befinden. Es ist anzunehmen, dass die Pflegemaßnahmen (Unkraut, Düngeranwendungen, Pflanzenschutzspritzungen, etc.) bei einer kurzen Wegstrecke der Bauern wesentlich häufiger und effektiver durchgeführt werden können. Auch die ökonomische Situation hat Einfluss auf den Zustand der Felder und somit auch auf die Erträge. Der Besitzer des Feldes G11 bewirtschaftet die Fläche nicht selbst, sondern setzt Arbeitskräfte gezielt zur Pflege ein. Er hat, wie auch der Besitzer des Feldes AB0, einer der reichsten Bauern der Gegend, keine finanziellen Probleme, die vom CARDER empfohlene Menge an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln aufzubringen. Die Zahl der Familienmitglieder spielt ebenfalls eine große Rolle; so werden Ehefrauen und Kinder zur Pflege der Baumwollfelder eingesetzt. Die Bewirtschafter der Felder G4 und D2, sind stets alleine für die Bewirtschaftung ihrer Felder verantwortlich. Die beiden Bauern gaben bei den Befragungen an, vor allem beim Pflanzenschutz zu sparen, da ihre finanzielle Situation es nicht erlaube, die vom CARDER geratenen Mengen anzuwenden. Sowohl die Ausbringungsmenge als auch die Art und Anzahl der Behandlungen wich im Jahr 2003 bei beiden Bauern von den Empfehlungen ab. Bereits NEEF (1999) stellte fest, dass der Einsatz von Dünger und Pflanzenschutzmitteln wesentlich von der Kaufkraft der Bauern und häufig auch von ihrem Ausbildungsstand abhängt.

Auch bodenbedingte Ursachen, die bei der Evaluierung eventuell zu wenig berücksichtigt wurden, könnten für die starke Diskrepanz verantwortlich sein. So wurde beispielsweise in der Kategorie der physikalischen Eigenschaften im Profil G4 aufgrund des petroplinthischen Horizonts in 60 cm Tiefe ein Rating von 72,5 berechnet, bedingt durch die geringe durchwurzelbare Bodentiefe. Eine Überlegung wäre, dass sich der verhärtete Horizont innerhalb des 1 ha umfassenden Baumwollfeldes in manchen Bereichen näher an der Oberfläche befindet und das Wurzelwachstum der Baumwollpflanze dadurch wesentlich stärker beeinträchtigt wird.

Da die sozioökonomischen Bedingungen bei der Durchführung der Standortbewertung nicht berücksichtigt wurden, bei den untersuchten Böden diese Komponente jedoch eine wichtige Rolle spielt, ist ein Vergleich der Ergebnisse der physischen Standortbewertung mit tatsächlich erzielten Erträgen sehr schwierig. Bei optimalen Bedingungen im sozioökonomischen Bereich, wie einer ausreichenden Zahl an Arbeitskräften und der Möglichkeit, die vorgeschriebenen Dünger- und Pflanzenschutzbehandlungen durchzuführen, stimmen die Ergebnisse der Bauernbefragungen und der Standortbewertung, wie in Boden G11 und AB0 gezeigt, überein. Diese Arbeit kann jedoch lediglich Tendenzen aufzeigen, die gegebenenfalls in umfangreicheren Untersuchungen unter Berücksichtigung der individuellen sozialen und wirtschaftlichen Stellung der Bauern genauer überprüft werden müssten.

5 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde die Standortseignung für Baumwolle in einer Kleinlandschaft in Zentralbenin überprüft. Die Überprüfung wurde anhand der Standortbewertungsmethode nach FAO/LSC (*Land Suitability Classification*) durchgeführt. Zudem wurden die Bauern, welche die entsprechenden Felder bewirtschafteten, nach ihren Erträgen befragt, um diese mit den Ergebnissen der Standortbewertung zu vergleichen.

Das Arbeitsgebiet befindet sich im Flusseinzugsgebiet des Azokan im südwestlichen Teil der *Commune* Savalou und betrifft das präkambrische kristalline Grundgebirge. Das geologische Ausgangsmaterial ist Gneis.

Es wurden Transekte angelegt und vier Profile in unterschiedlichen topographischen Positionen auf Baumwollfeldern für die Untersuchungen ausgewählt. Durch Laboranalysen (Textur, pH-Wert, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt, verfügbares Phosphor, KAK und austauschbare Basen) wurden die Böden genauer charakterisiert und die einzelnen Parameter flossen in die Standortbewertung ein.

Die Bewertung des Klimas und der Böden ergaben geringe bis keine Eignung (*marginally suitable - not suitable*) für den Anbau von Baumwolle. Im Bereich des Klimas waren dafür vor allem zu geringe Niederschläge während der gesamten Vegetationsperiode und zu hohe Luftfeuchte während der Reifephase sowie hohe Nachttemperaturen verantwortlich. Die Böden zeigten vor allem im Bereich der physikalischen Eigenschaften starke Einschränkungen durch hohen Gehalt an Konkretionen sowie hohe Sandanteile. In drei der vier untersuchten Böden waren Restriktionen bezüglich des Wurzelwachstums durch plinthitische Horizonte bzw. eine massive Struktur im Unterboden zu verzeichnen. Die chemischen Eigenschaften wiesen in allen Böden Einschränkungen durch geringe Basensättigung und Basensumme sowie einen geringen Anteil an organischer Substanz auf. Die Erträge der Bauern wurden mit den nach der Standortbewertung zu erwartenden Erträgen verglichen. Dabei kam es auf zwei der vier untersuchten Böden zu Übereinstimmungen. Auffallend war eine große Diskrepanz der sozialen und wirtschaftlichen Stellung der einzelnen Bauern. Dies zeigte sich unter anderem an der Zahl der Arbeitskräfte, der Menge der angewendeten Dünge- und Pflanzenschutzmittel und der Distanz zwischen Feld und Wohnort. Bei optimalen Bedingungen im sozioökonomischen Bereich konnte eine Übereinstimmung zwischen den nach der Standortbewertung berechneten Erträgen und den tatsächlichen Erträgen nachgewiesen werden. Bei den Bauern hingegen, die keine optimalen Produktionsbedingungen aufwiesen, zeigten sich erheblich geringere Erträge. Um aus den Ergebnissen der Standortbewertung realitätsnahe Ergebnisse ableiten zu können, müssten die individuellen sozialen und ökonomischen Umstände der Bauern berücksichtigt werden.

6 Résumé

Dans cette étude, l'aptitude des terres d'un territoire représentatif au Bénin a été examinée pour la culture du coton. Les terres ont été évaluées selon la méthode de FAO/LSC (*Land Suitability classification*). De plus, les agriculteurs concernés ont été interrogés sur leurs rendements afin de les confronter aux résultats de l'évaluation des terres.

La zone d'étude se trouve dans le bassin versant de l'Azokan, dans le sud-ouest de la commune de Savalou et couvre le socle cristallin précambrien du Bénin. Le substrat géologique est du gneiss.

Pour cette étude, des transects ont été placés afin de choisir quatre profils de champs de coton de différentes positions topographiques. Des analyses en laboratoire (texture, pH, carbone total, azote total, phosphore assimilable, CEC et bases échangeables) ont permis de caractériser plus précisément les sols et les paramètres spécifiques ont été intégrés à l'évaluation des terres.

Les résultats de l'évaluation des terres et du climat révèlent une disposition faible à nulle (*marginally suitable - not suitable*) pour la culture du coton. Sur le plan du climat, les causes sont les suivantes : précipitations trop basses pendant la période végétative, humidité trop élevée pendant la maturation et température nocturne trop élevée. Concernant les propriétés des sols, la texture sableuse et une trop forte proportion en éléments grossiers (en majorité des concrétions) induisent de graves restrictions. Trois des quatre sols montrent des restrictions au niveau du développement des racines en conséquence d'une structure massive ou d'horizons endurés. Tous les sols étudiés comportent des restrictions chimiques dues à une faible quantité de bases, un taux de saturation des bases insuffisant et une faible quantité de matière organique.

Comparés au rendement des agriculteurs, deux des quatre sols montrent une correspondance. Les différences socio-économiques des agriculteurs sont frappantes, par exemple au niveau de la quantité d'ouvriers, de la quantité d'engrais et de pesticides utilisés et de la distance entre le domicile et les champs.

Dans des conditions socio-économiques optimales, la relation entre le rendement des cultures et le résultat de l'évaluation des terres est démontrée. Les agriculteurs ne jouissant pas de conditions de production optimales obtiennent un rendement considérablement moindre.

Pour obtenir des résultats réels lors de l'évaluation des terres, il faut prendre en considération la situation socio-économique de chaque agriculteur.

Literaturverzeichnis

- Agouso, V., Igué, M., Lokossou, B. (1983) : Etude Pédologique du Site du „ Projet Gari“ à Kpakpassa (Savalou) - Etude Nr. 255 PAP (Projet d'Agro Pédologie).
- Akker, van den E. (2000): Makroökonomische Bewertung der Auswirkungen von technischen und institutionellen Innovationen in der Landwirtschaft in Benin. Verlag Ulrich E. Grauer, Stuttgart. 322 S.
- Bohlinger, B. (1998): Die spontane Vegetation in traditionellen Anbausystemen Benins - ihre Bedeutung und Möglichkeiten des Managements. PLITS 16 (1) 1998, Stuttgart. 175 S.
- Boko, A.K., Tranh (1979): Recueil des méthodes d'analyses des sols pp 35. Projet d'Agropédologie, Agonkanmey, Abomey-Calavi, Bénin.
- CARDER Savalou (2003): Plan de Campagne 2004 -2005. Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche, Bénin. 50 S.
- FAO (1994): Directives pour la Description des Sols. FAO Rome.
- FAO (1998): World Reference Base for Soil Resources. FAO Rome.
- Graef, F. (1999): Evaluation of Agricultural Potentials in Semi-arid SW-Niger -A Soil and Terrain (NiSOTER) Study. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, 54. Universität Hohenheim. 217 S.
- Fritz, C. (1996): Boden- und Standortmuster in geomorphen Einheiten Süd-Benins (Westafrika). Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, 29. Universität Hohenheim. 143S.
- Herrmann, L. (2001): Bodenkochbuch. Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Eigenverlag.
- Igué, A. M. (2000): The Use of a Soil and Terrain Database for Land Evaluation Procedures - Case Study of Central Benin. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, 58. Universität Hohenheim. 235 S.
- Igué, A. M., K. Stahr, U. Weller (2000): Land evaluation analysis in humid and subhumid Benin. In: F. Graef, P. Lawrence, M. von Oppen (eds.): Final Report (1986-1999) of the Special Research Programme 308 „Adapted Farming in West Africa: Issues, Potentials and Perspectives“. Verlag Ulrich E. Grauer, Stuttgart. S. 273-283.
- Leroux, M. (2001): The Meteorology and Climate of Tropical Africa. Praxis Publishing Ltd, Chichester. 548 S.
- Matthews, G.A.; Tunstall, J.P. (1994): Insect Pests of Cotton. University Press, Cambridge, England. 593 S.
- Matthews, G. A. (1989): Cotton insect pests and their management. Longman Group UK Limited, Essex, England. 199 S.

- Neef, A. (1999): Auswirkungen von Bodenrechtswandel auf Ressourcennutzung und wirtschaftliches Verhalten von Kleinbauern in Niger und Benin. Peter Lang, Frankfurt. 290 S.
- Oosterhuis, D. M., Bourland, F. M. (2001): Development of the Cotton Plant. In: Kirkpatrick, T. L., Rothrock, C. S. (eds.). Compendium of Cotton Diseases. APS Press, Minnesota, USA. S. 3-7.
- Oosterhuis, D. M., Hake, K. D. (2001): Environmental Disorders of the Cotton Crop. In: Kirkpatrick, T. L., Rothrock, C. S. (eds.). Compendium of Cotton Diseases . APS Press, Minnesota, USA. S. 61-63.
- Parry, G. (1982): Le cotonnier et ses produits. G.-P. Maisonneuve et Larose, Paris. 502 S.
- Sys, C., van Ranst, E., Debaveye, J. (1993): Land Evaluations, Part I-III: Principles in land evaluation and crop production calculation. General Administration for Development Cooperation, Brussels.
- Scheffer, F., Schachtschabel, P. (2000): Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. 593 S.
- Volkoff, B. (1966): Les sols de la région Ouest-Savalou à 1/100 000. ORSTOM, Cotonou.
- Weller, U. (2002): Land Evaluation and Land Use Planning for Southern Benin (West Africa) BENSOTER. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, 67. Universität Hohenheim. 166 S.

7 Verzeichnisse

Abkürzungsverzeichnis

ASECNA	Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique
AIC	Association Interprofessionnelle du Coton
CAGIA	Coopérative d'Approvisionnement et de Gestion des Intrants Agricoles
CARDER	Centre d'Action Régionale pour le Développement Rural
CENAP	Centre National d'Agro-Pédologie
CSPR	Centrale du Sécurisation des Paiements et du Recouvrement
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations
GV	Groupement Villageois (Produzentenvereinigung auf Dorfebene)
INRAB	Institut National de la Recherche Agronomique du Bénin
ITCZ	Innertropische Konvergenzzone
KAK	Kationenaustauschkapazität
LSC	Land Suitability Classification
LSSEE	Laboratoire des Sciences de Sols de l'Environnement et de l'Eau (ehemals CENAP)
SOTER	Soil and Terrain Database
SONAPRA	Société Nationale pour la Promotion Agricole
USPP	Unions Sous-Préfectorale des Producteurs

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Das Untersuchungsgebiet in Zentralbenin	4
Abb. 2.2: Klimadiagramm Savè	5
Abb. 2.3: Rodung der Savanne für neue Kulturflächen	7
Abb. 2.4: Anbau von Yam und Maniok im Arbeitsgebiet	8
Abb. 2.5: Einzugsgebiet des Wasserlaufs Azokan mit eingezeichneten Profilen	10
Abb. 3.1: Beispielhafte Catena mit den untersuchten Böden im Arbeitsgebiet	15
Abb. 3.1.1: Beschreibung von Profil AB0 nach der Erscheinung im Feld	16
Abb. 3.1.2: Beschreibung von Profil G4 nach der Erscheinung im Feld	17
Abb. 3.1.3: Beschreibung von Profil G11 nach der Erscheinung im Feld	18
Abb. 3.1.4: Beschreibung von Profil D2 nach der Erscheinung im Feld	19

Abb. 3.2.1: Ergebnisse der Bodenchemischen Analysen für das Profil AB0	20
Abb. 3.2.2: Ergebnisse der Bodenchemischen Analysen für das Profil G4	21
Abb. 3.2.3: Ergebnisse der Bodenchemischen Analysen für das Profil G11	22
Abb. 3.2.4: Ergebnisse der Bodenchemischen Analysen für das Profil D2	23
Abb. 3.3: Klima-Ratings für Baumwolle zwischen 1997 und 2003	24

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Jährlicher Niederschlag in Savalou und Dagadoho 1999-2003	6
Tab. 2.2: In der <i>Commune</i> Savalou angebauten Kulturen in den Jahren 1989 und 1996	8
Tab. 2.3: Für die Bewertung entscheidende Kategorien mit den jeweiligen Parametern	13
Tab. 2.4: Index Werte für die unterschiedlichen Eignungsklassen	14
Tab. 3.1: Klima Indices für die Jahre 1964-1993 sowie für 1997-2003	24
Tab. 3.2: Vergleich der klimatischen Limitierungen bezüglich Baumwollanbau	25
Tab. 3.3: Ratings der einzelnen Kategorien der Standortmerkmale und Boden-Indices	25
Tab. 3.4: Einzelne Ratings und Gesamt-Rating der Kategorie <i>Wetness</i>	26
Tab. 3.5: Einzelne Ratings und Gesamt-Rating der physikalischen Bodeneigenschaften	26
Tab. 3.6: Einzelne Ratings und Gesamt-Rating der chemischen Bodeneigenschaften	26
Tab. 3.7: Land-Indices der untersuchten Böden zwischen 1999 und 2003	27
Tab. 3.8: Angaben der Bauern zur Bewirtschaftung ihrer Baumwollfelder	28
Tab. 4.1: Übersicht der Einschränkungen bezüglich Baumwollanbau nach FAO/LSC	29
Tab. 4.2: Boden- u. Land-Indices nach Anpassung der chemischen Bodeneigenschaften	32
Tab. 4.3: Niederschläge der Jahre 1997-2003 in Savè und Savalou	32
Tab. 4.4: 2003 erzielte Erträge der befragten Bauern und berechnete Optimalerträge	33

8 Anhang

Climatic Requirements Cotton (growing cycle 150-180 days)

Climatic Characteristics	Climatic class, degree of limitation and rating										
	S1		S2		S3		N1		N2		
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	
	100	95	85	60	40	25	0				
Precipitation of growing cycle (mm)	1050-900 1050-1200	900-750 1200-1400	750-625 1400-1600	625-500 > 1600	-	-	<500				
Precipitation of vegetative stage (mm) (1st– 2nd month)	50-65 50-35	> 65 < 35	- -	- -	-	-	-				
Precipitation of yield form. stage (mm) (5th month)	200-150 200-300	150-100 300-400	100-50 > 400	< 50 -	-	-	-				
Precipitation of ripening stage (mm) (6th month)	< 25	25-50	50-75	75-100	-	-	>100				
Mean temp. of growing cycle (°C)	> 26	26-24	24-22	22-20	-	-	< 20				
Mean max. temp. of growing cycle (°C)	> 32	32-28	28-26	26-24	-	-	< 24				
Average max. temp. warmest month (°C)	> 34	34-30	< 30	-	-	-	-				
Mean temp. of vegetative stage (°C) (1st + 2nd month)	> 30	30-25	25-20	< 20	-	-	-				
Mean DAY temp. of flowering stage (°C) (3 + 4th month)	20-30	30-35	35-40	> 40 < 20	-	-	-				
Mean night temp. of flowering stage (°C) (3 + 4th month)	12-18	18-22	22-27	> 27 < 12	-	-	-				
Mean temp. of ripening stage (°C) (6th month)	> 26	26-24	24-22	22-20	-	-	< 20				
Relative humid. of ripening stage (°C) (6th month)	< 50	50-65	65-75	75-80	-	-	> 80				

Anhang 1: Liste der klimatischen Anforderungen von Baumwolle nach der die Vergabe von Limitationsgrad und Rating erfolgt (nach Sys *et al.*, 1993)

Landscape and soil requirements - Cotton (growing cycle 150-180 days)

Land Characteristics	Class, degree of limitation and rating scale									
	S1		S2		S3		N1		N2	
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
	100	95	85	60	40	25	0			
Topography (t)										
Slope (%) (3)	0-4	4-8	8-16	16-30	30-50	> 50				
Wetness (w)										
Flooding	F0	-	-	F1	-	F2+				
Drainage (4)	good	-	moderate	imperfect	poor,	poor,				
(5)	imperfect	-	moderate	good	but	not				
					drainab	drainab				
Physical soil characteristics (s)										
Texture/struct.	C<60s, SiC Co, SiCL, Si, SiCL, CL	C<60v, SC, C>60s, L	C>60v, SL SCL	FS, S, LS, LcS	-	Cm, Cs, SiCm				
Coarse frag (vol%)	0-3	3-15	15-35	35-55	-	>55				
Soil depth (cm)	> 100	100-75	75-50	50-25	-	<25				
CaCO ₃ (%)	0-10	10-20	20-30	30-40	-	>40				
Gypsum (%)	0-3	3-6	6-10	10-15	-	>15				
Soil fertility characteristics (f)										
Apparent CEC (cmol(+)/kg clay)	> 24	24-16	< 16 (-)	< 16 (+)	-	-				
Base saturation(%)	>80	80-50	50-35	< 35	-	-				
Sum of basic cations (cmol(+)/kg soil)	> 6.5	6.5-4	4-2.8	2.8-1.6	< 1.6	-				
pH (H ₂ O)	6.7-6.4 6.7-7.0	6.4-6.0 7.0-7.6	6.0-5.6 7.6-8.0	5.6-5.2 8.0-8.5	< 5.2 -	- > 8.2				
Organic carbon (%)										
(6)	> 2.0	2-1.2	1.2-0.8	< 0.8	-	-				
(7)	> 1.2	1.2-0.8	< 0.8	-	-	-				
(8)	> 1.8	0.8-0.4	< 0.4	-	-	-				
Salinity and Alkalinity (n)										
Ece (mmhos/cm)	0-8	8-10	10-12	12-16	16-22	> 22				
ESP (%)	0-15	15-20	20-30	30-40	-	> 40				

Anhang 2: Anforderungen von Baumwolle an Böden nach der die Vergabe von Limitationsgrad und Rating erfolgt (nach Sys *et al.*, 1993)

- (3) For topography: Low level of management animal traction or hand work
(4) For drainage: Medium and fine textured soils
(5) For drainage: Coarse textured soils (sandy families)
(6) For organic carbon: Kaolinitic materials
(7) For organic carbon: Non kaolinitic, non-calcareous materials
(8) For organic carbon: Calcareous materials

9 Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle allen danken, die zu dieser Arbeit beigetragen haben.

Herzlichen Dank an Prof. Dr. K. Stahr für die Überlassung des Themas und an Dr. Thomas Gaiser für die Betreuung der Arbeit.

Dr. Sabine Fiedler danke ich für die Übernahme der Zweitkorrektur.

Ein besonderer Dank geht an Dr. Mouinou Igué für die umfassende Unterstützung während des Aufenthalts in Benin; er hat viel zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen.

Vielen Dank an Dr. Mensah und die Mitarbeiter des LSSEE für den freundlichen Empfang und die Hilfsbereitschaft. Ich danke Herrn Lawani und seinem Team, die einen Teil der Laboranalysen durchführten.

Für die Hilfe im Gelände möchte ich mich vor allem bei Aristide Akakpo und Mesmin vom LSSEE und François Honnou vom CARDER Savalou sowie den Bauern auf deren Feldern die Profile gegraben wurden, bedanken.

Für die Einweisung im Labor geht mein Dank an Annerose Böttcher und Karin Breuer.

Bei Mark Hoschek und Christian Biernath möchte ich mich herzlich für das Korrekturlesen der Arbeit bedanken. Meiner Schwester Gisela Maier und Hervé Liardon danke ich für die Korrektur der französischen Zusammenfassung.

Und schließlich ein herzliches Dankeschön an meine Eltern für ihre Unterstützung.

Diese Arbeit wurde im Rahmen des Projekts Rivertwin durchgeführt und unterstützt.